

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

---

Институт электронного обучения  
Направление подготовки (специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность  
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Повышение энергонезависимости для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов

УДК 621.311.6:543.3:504.064

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E21	Чикуров Михаил Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Кагиров Артур Геннадьевич	Кандидат технических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента ИСГТ ТПУ	Шулинина Юлия Игоревна	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Романцов Игорь Иванович	Кандидат технических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	Доктор химических наук		

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</b>		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-5, ОК-11, ОПК-2), Критерий 5 АИОР <sup>1</sup> (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС (ОК-12, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ОК-14, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-13, ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
<b>Профессиональные компетенции</b>		
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-11, ОК-15, ОПК-1, ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС (ОК-15, ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12)
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС (ПК-12, ПК-16, ПК-17). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения  
Направление подготовки (специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность  
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Романенко С.В.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1E21	Чикурову Михаилу Михайловичу

Тема работы:

Повышение энергонезависимости для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	676/с от 06.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2017
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования является система электроснабжения для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Обзор литературы по разделам: Анализ использования возобновляемых источников энергии в Томской области, выбор вариантов для электропитания комплекса, выбор аккумуляторной батареи. Главной задачей работы является расчет основных параметров и получение тестовой модели системы электропитания. В результате работы должно быть дано представление: <ul style="list-style-type: none"><li>• о принципе работы системы электропитания;</li><li>• о требуемых параметрах аккумуляторной батареи;</li><li>• о принципе работы контроллера питания;</li><li>• о результатах пробной эксплуатации системы</li></ul>

	электропитания в модельных условиях.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шулинина Юлия Игоревна, ассистент кафедры ИСГТ ТПУ
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович, старший преподаватель кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ, к.т.н.
Иностранный язык	
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Кагиров Артур Геннадьевич	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E21	Чикуров Михаил Михайлович		

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

Институт электронного обучения  
 Направление подготовки 20.03.01: «Техносферная безопасность»  
 Уровень образования: Бакалавриат  
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности  
 Период выполнения (осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

<b>Бакалаврская работа</b>
<b>КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН</b>
<b>Выполнения выпускной квалификационной работы</b>
Срок сдачи студентом выполняемой работы:

Дата контроля	Название раздела модуля/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.02.2017	Получение задания и постановка задачи, определение этапов разработки	5
13.03.2017	Обзор литературы	10
20.03.2017	Рассмотрение и выбор варианта электропитания аналитического комплекса	8
24.03.2017	Расчет и обоснование параметров аккумулятора	6
07.04.2017	Расчет и обоснование параметров солнечной панели	6
14.04.2017	Проведение измерений ВАХ солнечной панели	6
28.04.2017	Анализ работы оборудования	8
19.05.2017	Разработка контроллера заряда-разряда аккумулятора	10
16.05.2017	Измерение КПД контроллера	6
19.05.2017	Пробная эксплуатация системы электропитания	10
26.05.2017	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
02.06.2017	Раздел «Социальная ответственность»	10
10.06.2017	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Кагиров Артур Геннадьевич	Кандидат технических наук		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	Доктор химических наук		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1E21	Чикурову Михаилу Михайловичу

<b>Институт</b>	<b>ИнЭо</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭБЖ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 23100 руб. Оклад инженера – 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент руководителя 30%; Премиальный коэффициент инженера 30%; Доплаты и надбавки руководителя 20%; Доплаты и надбавки инженера 0%; Дополнительной заработной платы 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	-Анализ конкурентных технических решений - SWOT-анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная);- отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической</i>	-Определение эффективности исследования

<i>эффективности исследования</i>	
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценочная карта конкурентных технических решений</i></li> <li>2. <i>График Гантта</i></li> <li>3. <i>Расчет бюджета затрат НИ</i></li> </ol>	

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента ИСГТ ТПУ	Шулинина Юлия Игоревна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E21	Чикуров Михаил Михайлович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1E21	Чикурову Михаилу Михайловичу

Институт	ИнЭо	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
-Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и область его применения	Рабочее место специалиста собирающего установку для повышения энергонезависимости для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</b>	- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие факторов на организм человека: <ul style="list-style-type: none"> <li>• микроклимат</li> <li>• шум</li> <li>• освещение</li> </ul> -приведение допустимых норм с необходимой размерностью; -предлагаемые средства защиты
<b>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды в следующей последовательности</b>	- механические опасности; - электробезопасность; - пожаровзрывобезопасность.
<b>3. Охрана окружающей среды:</b>	- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
<b>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</b>	- перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - превентивные меры защиты.
<b>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны



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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Романцов Игорь Иванович	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E21	Чикуров Михаил Михайлович		

## РЕФЕРАТ

Ключевые слова: ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМОСТЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, КОМПЛЕКС ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ, АККУМУЛЯТОР.

Объектами исследования являются: возобновляемые источники энергии в Томской области, солнечные панели, аккумуляторные батареи, контроллер питания.

Цель работы – повышение энергонезависимости для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов.

В процессе исследования рассматривалась эффективность использования солнечных панелей в Томской области, их применение для электропитания комплекса, заряда аккумуляторных батарей. Проводились измерения ВАХ солнечной панели и измерение КПД контроллера заряда.

В результате исследования была доказана возможность использования солнечных панелей и свинцово-кислотных аккумуляторных батарей для непрерывной автономной работы комплекса экологического мониторинга природных водных объектов.

Область применения: система электропитания может применяться как для комплекса экологического мониторинга, так и для других потребителей малой мощности.

Разработка является эффективной с экономической точки зрения. Это достигается дешевизной используемых материалов и комплектующих, а также простотой эксплуатации.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

### **Определения**

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Фотоэлектрические преобразователи – полупроводниковые устройства, прямо преобразующие солнечную энергию в постоянный электрический ток.

Солнечная панель – объединение фотоэлектрических преобразователей.

Контроллер питания – управляющее устройство, обеспечивающее заряд аккумуляторной батареи и электропитание всего комплекса.

### **Обозначения и сокращения**

ВИЭ – возобновляемые источники энергии.

АКБ – аккумуляторная батарея.

ФЭП – фотоэлектрический преобразователь.

СП – солнечная панель.

ВАХ – вольт-амперная характеристика.

КПД – коэффициент полезного действия.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	15
1 Обзор литературы.....	16
1.1 Перспективы использования ВИЭ в Томской области .....	17
1.1.1 Солнечная энергия.....	18
1.1.2 Ветровая энергия .....	20
1.1.3 Малая гидроэнергетика .....	21
1.2 Фотоэлектрический преобразователь.....	23
1.2.1 Принцип работы ФЭП.....	26
1.3 Аккумуляторные батареи.....	28
1.3.1 Общая характеристика аккумуляторных батарей.....	28
1.3.2 Свинцовые аккумуляторы.....	30
1.3.3 Литий-ионные аккумуляторы .....	31
1.3.4 Сравнение основных характеристик аккумуляторных батарей .....	32
1.3.5 Проточные редокс батареи.....	33
1.3.6 Электрохимические суперконденсаторы .....	34
2 Объект и методы исследования .....	37
3 Расчеты и аналитика .....	38
3.1 Расчет емкости АКБ .....	38
3.2 Расчет мощности СП .....	39
4. Результаты проведенного исследования.....	41
4.1 Анализ работы оборудования .....	41
4.2 Выбор аккумуляторной батареи .....	42
4.3 Расчет и обоснование солнечной панели .....	44
4.4 Контроллер питания .....	45

5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения.....	49
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	49
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	49
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений .....	50
5.1.3	SWOT- анализ .....	51
5.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	53
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	53
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	54
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	55
5.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	57
5.3.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	58
5.3.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	59
5.3.3	Дополнительная заработная плата.....	61
5.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	61
5.3.5	Накладные расходы .....	62
5.3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	63
5.4	Определение эффективности исследования .....	63
6	Социальная ответственность .....	65
	Введение .....	65
6.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. ....	66
6.2	Микроклимат .....	66
6.3	Освещение.....	68

6.4 Механическая опасность.....	69
6.5 Шум и мероприятия по уменьшению его воздействия. ....	70
6.6 Электробезопасность.....	71
6.7 Пожаровзрывобезопасность.....	73
6.8 Экологическая безопасность.....	74
6.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	77
Заключение .....	79
Список используемой литературы .....	80

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы**

На сегодняшний день энергонезависимость автономных потребителей, таких, как комплекс экологического мониторинга природных водных объектов, реализуется главным образом с помощью бензоагрегатов и дизель-генераторных установок, использование которых связано с большими затратами топлива и негативным воздействием на окружающую среду. Кроме того, при их эксплуатации отсутствует возможность оптимизации работы в условиях изменяющегося графика нагрузки.

Для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов требуется автономная система электроснабжения, которая могла бы обеспечивать электропитанием весь комплекс в течение долгого времени при отсутствии ЛЭП в непосредственной близости с местом установки комплекса.

### **Цель работы**

Повышение энергонезависимости для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов.

Для реализации поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. Анализ работы оборудования;
2. Рассмотрение и выбор варианта электропитания аналитического комплекса;
3. Расчет и обоснование параметров аккумулятора;
4. Расчет и обоснование параметров солнечной панели;
5. Разработка контроллера заряда-разряда аккумулятора;
6. Пробная эксплуатация системы электропитания.

## 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Несмотря на развитость электроэнергетической системы России, проблема энергообеспечения остается одной из важнейших в настоящее время. Главным образом данная проблема касается электроснабжения объектов, находящихся в отдаленных районах, для которых установить связь с существующей энергосетью посредством линий электропередач не представляется возможным или же нерентабельно. Вместе с этим отдельно следует выделить и потребителей малой мощности, также не имеющих доступа к сетям электропитания общего и промышленного назначения, и необходимость в электроснабжении носит постоянный характер. К последним можно отнести комплекс экологического мониторинга природных водных объектов.

На сегодняшний день энергообеспечение реализуется главным образом с помощью бензоагрегатов и дизель-генераторных установок, использование которых связано с большими затратами топлива и негативным воздействием на окружающую среду. Кроме того, при их эксплуатации отсутствует возможность оптимизации работы в условиях изменяющегося графика нагрузки.

Таким образом, автономное энергоснабжение является востребованным в различных секторах экономики и географических регионах России, но требует реализации новых решений, направленных на повышение топливной и экологической эффективности при производстве электроэнергии и тепла [1].

Актуальность разработки и создания перспективных источников энергоснабжения автономных потребителей электроэнергии давно признана во многих промышленно-развитых странах. Ограниченность запасов ископаемых источников энергии, а также сложившаяся в настоящее время ситуация с ростом цен на углеводородное топливо, наряду с обострением экологической обстановки, являются факторами, стимулирующими внедрение и использование возобновляемых природных ресурсов в сфере производства электрической энергии. Использование последних неразрывно связано с



применением систем, объединяющих работу ВИЭ с электрической сетью общего назначения.

В США и странах ЕС проблемы ухудшения экологической обстановки и сбережения природных ресурсов, выдвинуты на первый план. Значительную долю рынка в сегменте экологических энергоустановок составляют агрегаты, предназначенные для электроснабжения частных домов, в том числе оборудованных батареями солнечных элементов и автономными электрогенераторами.

Актуальность проблем автономного энергообеспечения в нашей стране и ее развитость за рубежом определяют необходимость исследований и разработок в отношении систем, обеспечивающих независимое энергоснабжение с использованием эффективных средств получения, накопления и преобразования электроэнергии [2].

### **1.1 Перспективы использования ВИЭ в Томской области**

Томская область расположена на юго-востоке Западно-Сибирской равнины. Протяженность Томской области с севера на юг составляет - 600 км, с запада на восток 780 км. Ее площадь составляет 316,9 км<sup>2</sup>, превышая по площади некоторые европейские государства. В области протекает 573 реки, которые относятся к бассейну Оби. Большая часть территории Томской области труднодоступна, так как покрыта лесами и болотами. Численность населения Томской области составляет более одного миллиона человек, городское население - 66%. Средняя плотность населения Томской области - 3,41 человека на 1 км<sup>2</sup>. Климат томской области характеризуется как континентальный с резкими изменениями погоды за короткий период времени. Среднегодовая температура минус 2 °С [3].

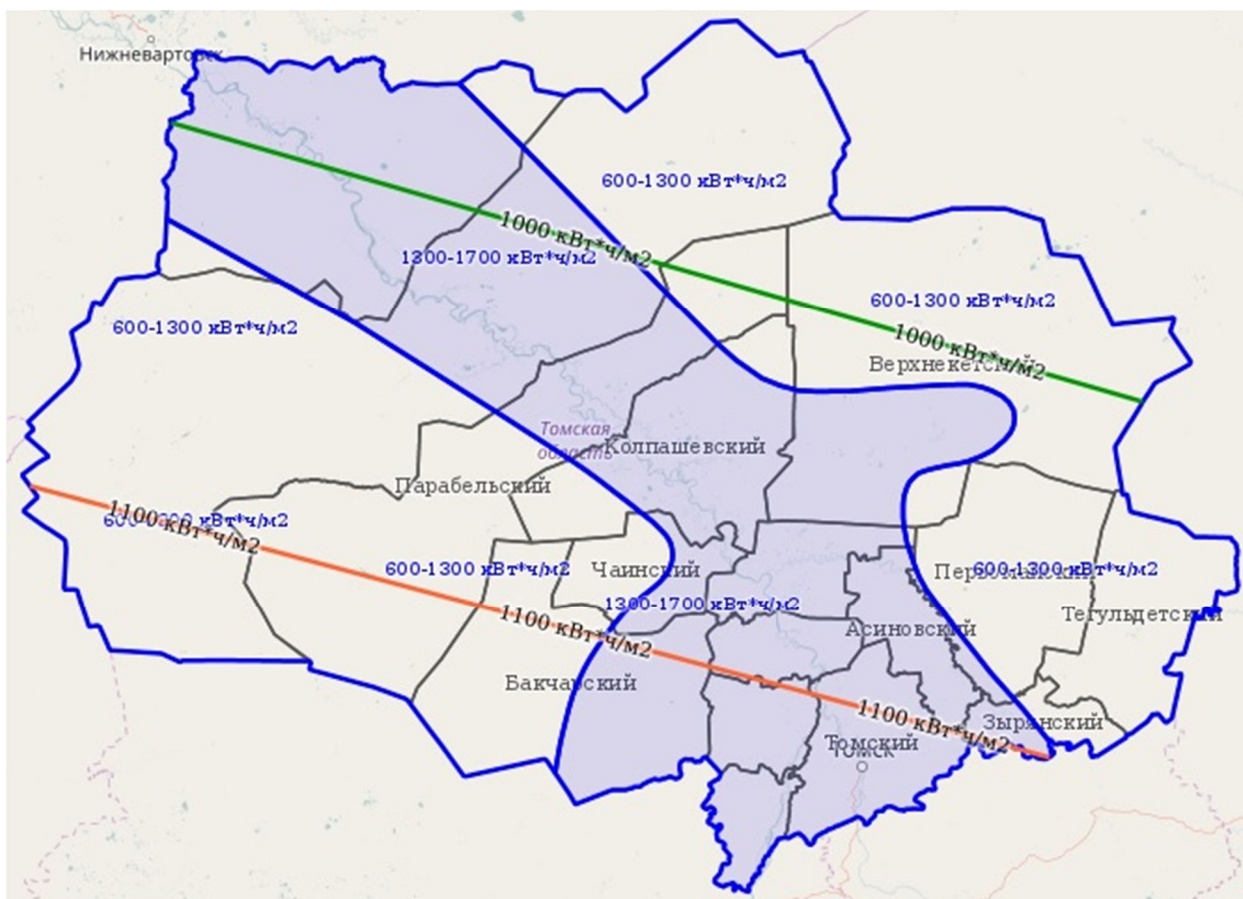


Рисунок 1.1 – Возобновляемые источники энергии в Томской области

### 1.1.2 Солнечная энергия

Для характеристики потенциальных ресурсов солнечной энергии на территории Томской области использовались результаты наблюдений 28 актинометрических и метеорологических станций. Так же были использованы данные гелиографов и наблюдений за облачностью, более многочисленные и наблюдаемые в течении многих лет.

Исследования показали, что распределение потенциальных ресурсов солнечной энергии разграничено на три зоны. Наблюдается рост ресурсов солнечной энергии с северо-востока на юго-запад, это объясняется изменением широты, уменьшением облачности, осадками и другими связанными с ними климатическими условиями.

По потенциальной возможности поступления солнечной энергии на территорию Томской области можно разделить три зоны [5]:

1) Юго-западная часть Томской области. Среднегодовая мощность солнечного излучения, попадающая на горизонтальную поверхность, составляет 1100-1200 кВт · ч/м<sup>2</sup> при средней облачности, открытости горизонта и прозрачности атмосферы. Эти условия обеспечат стабильную эксплуатацию установок, использующих солнечные панели.

2) Центральная часть Томской области. Среднегодовая мощность солнечного излучения, попадающая на горизонтальную поверхность, составляет 1000-1100 кВт · ч/м<sup>2</sup>. Такие условия обеспечат работу средних и малых установок.

3) Северо-восточная часть Томской области. Среднегодовая мощность солнечного излучения, попадающая на горизонтальную поверхность, составляет 900-1000 кВт · ч/м<sup>2</sup>. В этом районе неблагоприятные условия для работы средних и больших установок использующих солнечные панели.

Изучение мощности солнечного излучения позволило сделать выводы о том, что наиболее эффективная работа солнечных панелей в северной и центральной части Томской области продолжится с апреля по август. Период эффективной работы солнечных панелей в южных районах Томской области продолжится с марта по сентябрь. В другие месяцы эффективность солнечных панелей падает в 4-5 раз по сравнению с летними месяцами, это происходит из-за малой высоты солнца и ослабления солнечного излучения атмосферой,

Разделение Томской области на районы по потенциальным возможностям поступления солнечной энергии имеет большое значение при проектировании систем электропитания, использующих солнечные панели, так как это способствует рациональному и оптимальному использованию энергетических ресурсов.

Климатические испытания солнечных панелей в городе Томске проводились с 1 ноября 1996 г. по 31 октября 1997 г. [4] и продемонстрировали надёжность и эффективность их использования в условиях Томской области.

Во время испытаний на квадратный метр поверхности солнечной панели приходилось в среднем  $4,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  солнечного излучения в день.

В ходе эксперимента было выявлено, что для города Томска и Томской области наиболее эффективный период для использования солнечных панелей – это с марта по сентябрь, с 10 ч. утра до 18 ч. вечера.

За год солнечная панель собрала электроэнергии около  $150 \text{ (кВт} \cdot \text{ч)/м}^2$ . Она была установлена неподвижно, под углом  $45^\circ$  к горизонту, и направлена на юг. Применение систем ориентации на солнце (солнечный трекер) позволит повысить количество собранной энергии в среднем на 10-20 % , а в мае-июле - до 30 %.

Эксперимент доказал, что использование солнечных панелей возможно и целесообразно для выработки электрической энергии, это можно использовать для маломощных потребителей в пределах Томска и Томской области [5].

### **1.1.3 Ветровая энергия**

Были проведены наблюдения за изменением скоростей ветра на 35 метеостанциях в Томской области, после чего был разработан ветровой кадастр. Построены карты-схемы распределения удельных мощностей ветрового потока на стандартной высоте расположения ветроизмерительного прибора (10-12 м).

Скорость ветра в летний период минимальна, так же наблюдаются два максимума весной и осенью. Скорость ветра варьирует в пределах  $0,9 - 2,0 \text{ м/с}$ , среднегодовая скорость изменяется от  $2,1 \text{ м/с}$  до  $4,2 \text{ м/с}$ .

На территории Томской области выделено две части:

1) Южная часть Томской области и пойма р. Оби. Здесь мощность ветрового потока изменяется в пределах  $150-200 \text{ Вт/м}^2$  за год (умеренные ветроэнергетические ресурсы);

2) Остальная часть территории Томской области. Здесь мощность ветрового потока меньше  $100 \text{ Вт/м}^2$  (слабые ветроэнергетические ресурсы) [5].

Эти условия не обеспечивают стабильную работу ветроэнергетических установок.

Ресурсы энергии ветра значительно повышаются только на высоте около 50 м. Из-за этого следует обращать внимание только на те проекты, в которых предусмотрена установка ветроколеса на таких высотах. Для увеличения эффективности ветроэнергетических установок необходимо выбирать более «ветреные» участки территории.

В томской области можно применять ветроэнергетические установки для потребителей малой мощности, как по отдельности, так и с дублирующими источником энергии (малые ГЭС, гелиоустановки, дизельные генераторы).

Для системы электропитания потребителей малой мощности, таких как комплекс экологического мониторинга природных водных объектов, экономически не выгодно устанавливать ветроэнергетические установки с ветроколесом находящимся на высоте около 50 м.

Так же, ВЭУ можно использовать для помола зерна, приготовления кормов, подача воды, отопление помещений и теплиц и т. д. Для Томской области возможно применение ВЭУ для объектов сельского хозяйства и лесной промышленности. [5].

#### **1.1.4 Малая гидроэнергетика**

Потенциальные гидроэнергетические ресурсы рек Томской области составляют 2711 тыс. кВт. Это 23,8 млрд. кВт·ч. Наполняемость территории гидроэнергетическими ресурсами оценивается в  $64,8 \text{ тыс.кВт}\cdot\text{ч/км}^2$ , а потенциальный гидроэнергетический ресурс за год (8766 час) составляет  $M_{ГЭ} = 7,4 \text{ кВт/км}^2$ . Если значение  $M_{ГЭ}$  меньше  $5 \text{ кВт/км}^2$ , то использование рек из-за низких напоров будет невыгодно, так как при создании даже небольших подпоров площади затопления и подтопления стали бы очень

большими. В подобных ситуациях использование гидроэнергетических ресурсов рек возможно при помощи микрогидроэнергетических установок, которые не создают подпора воды и затопления территории.

Плоский рельеф, который встречается на большей части Томской области, не подходит для строительства на реках водохранилищ и плотин. Пространства между реками не сильно возвышаются над уровнем воды в малых реках, долины которых слабо врезаны и не разработаны. То же самое можно сказать и о реках, имеющих неразработанные русла, которые протекают в древних выположенных ложбинах стока. Лучшие условия прослеживаются на территориях с более контрастным рельефом, который отличается более существенными перепадами высот. К примеру, сюда можно отнести юго-восточную часть Томской области в предгорьях Кузнецкого Алатау. В других районах тоже имеются возвышенные элементы рельефа и большие разницы в высотах вдоль таких рек, как Обь, Васюган и т.д. Здесь малая река может иметь значительный уклон и глубокий врез русла, поэтому на многих из таких рек вполне допустимо сооружение небольших водохранилищ и плотин. При использовании составленных для Томской области карт вертикальной расчлененности рельефа можно легко найти такие территории.

Энергетический потенциал отдельных малых и средних рек Томской области, на которых проводились гидрологические наблюдения, составляет 4,1 млрд. кВт·ч, в следствии чего можно сделать вывод, что этот потенциал достаточно высок. Таким образом, Томская область обладает определенным потенциалом для малой гидроэнергетики и микрогидроэнергетики. Так же есть и небольшой опыт использования этого потенциала. Возможно возведение плотин в целях энергообеспечения и на малых равнинных реках. Кроме этого, равнинные малые гидроэнергетические станции уже применялись на территории Томской области. Но опыт эксплуатации деривационных установок и погружных гидроагрегатов в регионе практически отсутствует.

Наиболее перспективными территориями для развития гидроэнергетики являются небольшие участки с более высокими уклонами рек, где может

обеспечиваться достаточная скорость течения и напор. Перспективными участками, с точки зрения перспектив средоточия стока воды и наличия резких изменений земной поверхности могут оказаться участки сопряжения высоких территорий между реками равнин-материков с долинами таких рек, как Обь (ее левобережье в районе Чаинского Приобья), Васюган, Парабель и Чая, и их наиболее крупных притоков в нижнем и среднем течении. Здесь может быть выгодно рассмотрение проектов гидроэнергетических установок по деривационной схеме и установке погружных гидроагрегатов непосредственно в потоках или определенной части их поперечного сечения, где за счет сжатия потока возможно создание необходимых скоростей течения [5][6].

## **1.2 Фотоэлектрический преобразователь**

Фотоэлектрические преобразователи (солнечные элементы) – это полупроводниковые устройства, преобразующие солнечную энергию в электричество.

Фотоэлектрический преобразователь имеет большую площадь поверхности и представляет собой полупроводниковый диод. Солнечный свет падает на поверхность полупроводника, образуя электронно-дырочные пары, которые разделяет р-п переход, и снимаются металлическими контактами на передней и тыльной поверхностях элемента. Из фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) собирают фотоэлектрические модули (солнечные панели), а из модулей – солнечные батареи (рис. 1. 2).

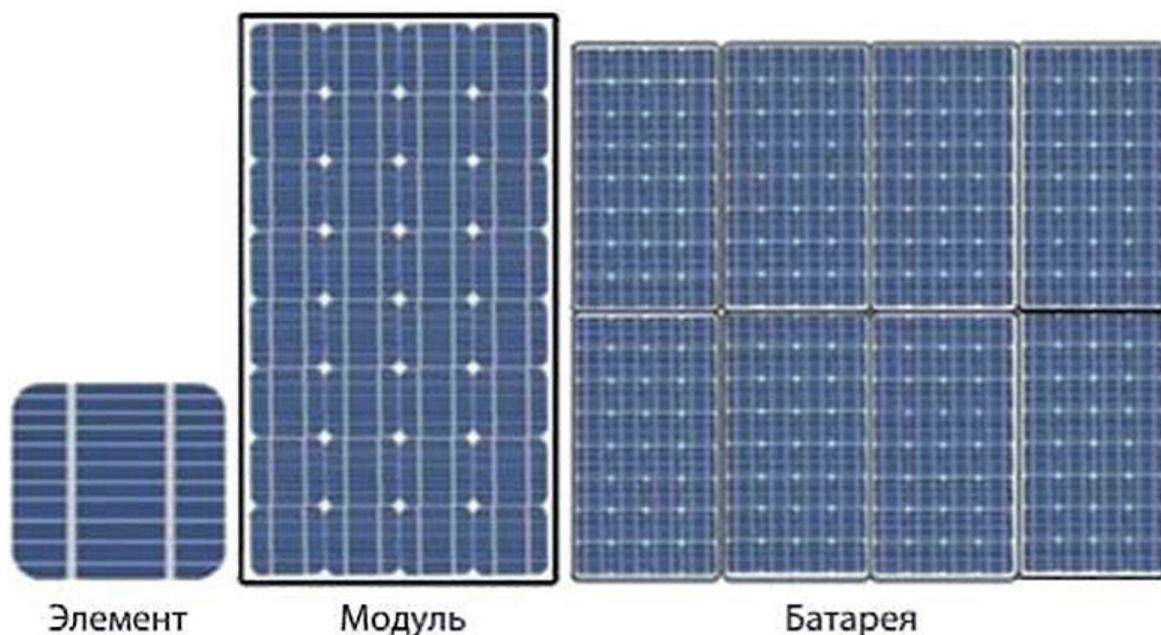


Рисунок 1.2 – Фотоэлектрический преобразователь, фотоэлектрический модуль и батарея фотоэлектрических модулей

Основной материал для производства фотоэлектрических преобразователей – кристаллический кремний. Подложки, которые изготавливают на его основе, используют для производства более 80 % всех солнечных элементов. Несмотря на то, что у кремния не самая лучшая поглощающая способность, он имеет ряд преимуществ по сравнению с другими полупроводниками:

- 1) кремний широко распространен в земной коре в форме оксида кремния;
- 2) кремний не вносит дисбаланс в окружающую среду, он не токсичен и не активен;
- 3) кремниевые технологии хорошо изучены в микроэлектронной промышленности.

Фотоэлектрические преобразователи из арсенида (GaAs) галлия достигают КПД около 25 %. При использовании концентрированного солнечного излучения эффективность может подняться еще на 30 %.

Для производства фотоэлектрических преобразователей используются тонкая пленка теллура кадмия (CdTe) и медь индиевого диселенида (CIS).



Тонкая пленка получается осаждением этих материалов на подложки разных видов (металлические, стеклянные и др. подложки).

Промышленные образцы достигают эффективности в пределах 7–18 %. Тонкая пленка также используется для производства каскадных солнечных элементов. Недостатком материалов является то, что со временем и при повышении температуры ухудшаются их характеристики, а также производство этих материалов – это высокотехнологичный и затратный процесс, связанный с использованием токсичных веществ.

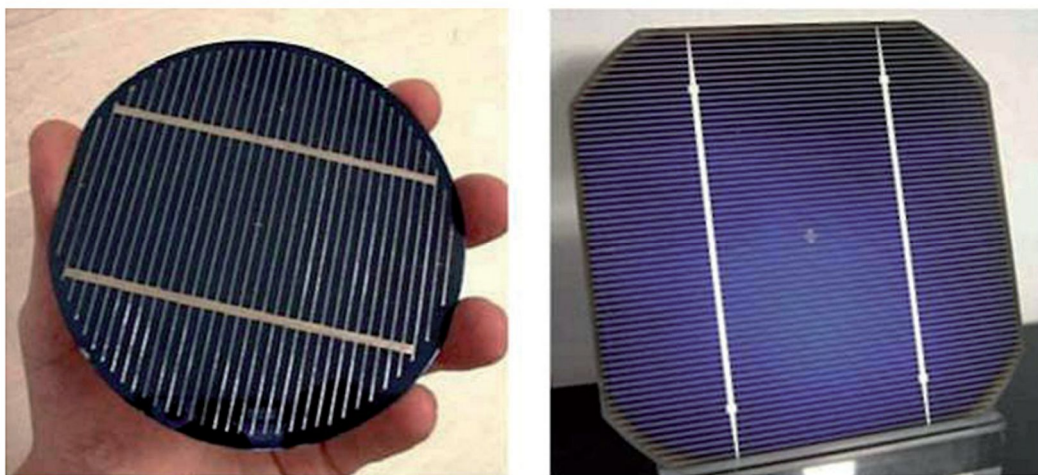


Рисунок 1.3 – Солнечные элементы из монокристаллического кремния круглой и псевдоквадратной формы

Круглая и псевдоквадратная форма современных монокристаллических солнечных элементов, изготовленных из кремния (рис. 1.3), определяются тем, что исходные пластины для производства ФЭП нарезаются из слитка монокристаллического кремния цилиндрической формы.

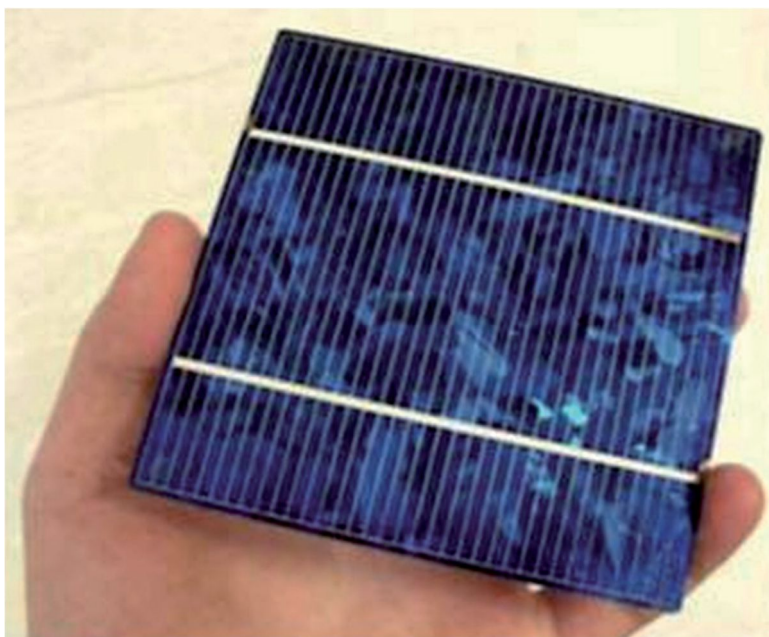


Рисунок 1.4 – Фотоэлектрический преобразователь из поликристаллического кремния

Поликристаллические ФЭП, изготовленные из кремния (рис. 1.4), чаще всего имеют квадратную форму. Это связано с тем, что они изготавливаются из слитков, которые получают литьем в прямоугольные формы. На рис. 4 видна крупнозернистая структура поликристаллов размером примерно до 1 см.

### **1.2.1 Принцип работы ФЭП**

ФЭП представляет собой полупроводниковый диод с большой площадью поверхности. Фактически ФЭП – это полупроводниковая пластина с р-n-переходом и нанесенными металлическими контактами (рис. 1.5).

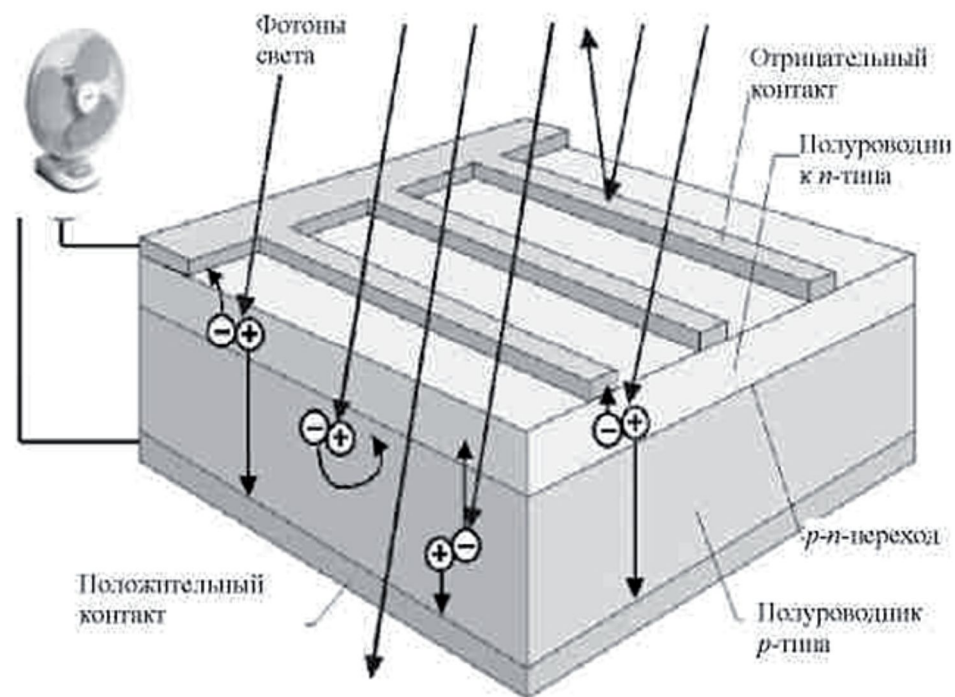


Рисунок 1.5 – Внутреннее устройство фотоэлектрического преобразователя

В качестве исходной пластины берется монокристаллический или поликристаллический кремний p-типа. После высокотемпературной диффузии, например, атомами фосфора, с одной из сторон создается область n-типа. После создания p-n-перехода припаивают металлические контакты. С лицевой освещаемой стороны контакты делают в виде тонкой сетки с токопроводящими шинами. Это предусмотрено для попадания света внутрь полупроводника. На тыльной неосвещаемой стороне контакт может быть сплошным, так как на заднюю сторону свет не попадает. Свет, падая на контакты лицевой стороны полупроводника, отражается. Свет, который попадает на поверхность полупроводника, проходит внутрь и поглощается в области n- и p-типа, генерируя электронно-дырочные пары за счет энергии падающих фотонов света. За счет диффузии электронно-дырочные пары доходят до p-n-перехода, где разделяются электрическим полем этого перехода. При этом в n-области будет накапливаться отрицательный заряд, а в p-области – положительный. Таким образом, на контактах лицевой и тыльной стороны ФЭП возникает

напряжение, а при замыкании внешней цепи на нагрузку пойдет электрический ток.

При освещении ФЭП подключенный к нему вольтметр с высоким собственным сопротивлением покажет напряжение порядка 0,5-0,6 В. Это напряжение называется напряжением холостого хода. При подключении амперметра с малым собственным сопротивлением и облучении ярким солнечным светом амперметр покажет ток короткого замыкания. Плотность тока при этом для современных ФЭП будет порядка 20-35 мА/см<sup>2</sup>, т. е. ток от одного ФЭП составит 1,5-2 А при типичной площади 10×10 см<sup>2</sup> или 15×15 см<sup>2</sup> [7].

### **1.3 Аккумуляторные батареи**

#### **1.3.1 Общая характеристика аккумуляторных батарей**

На сегодняшний день аккумуляторные батареи являются одним из самых экономически эффективных и удобных обратимых накопителей электрической энергии [9-11].

Аккумуляторные батареи не издадут шума, во время работы не загрязняют окружающую среду. Емкость запасаемой энергии может быть увеличена за счет подключения дополнительных батарей. Благодаря своим размерам, они могут быть быстро установлены и расположены практически в любом месте.

Заряд аккумулятора – это не быстрый процесс, продолжительность заряда, как правило, совпадает с продолжительностью разряда. Они быстро реагируют на подключение к нагрузке, и это является важным преимуществом аккумуляторных батарей. Некоторые типы батарей реагируют на изменения в нагрузке в течение 20 миллисекунд. Из-за этого их используют как основные резервные источники питания. Коэффициент полезного действия аккумуляторных батарей находится в диапазоне 70-90 % [9].

Аккумуляторные батареи имеют как достоинства, так и недостатки. Требуется постоянный контроль процесса заряда-разряда, температуры окружающей среды и температуры самой батареи, так как это определяет ее срок службы.

Одна из проблем – это жизненный цикл аккумуляторной батареи, который напрямую зависит от глубины разряда и количества циклов заряда-разряда АКБ. При большой глубине разряда снижается жизненный цикл батареи. На рисунке 1.6 изображена зависимость количества циклов заряда/разряда от глубины разряда. Срок службы батареи Delta GS12-180 снижается при увеличении глубины разряда АБ [12].

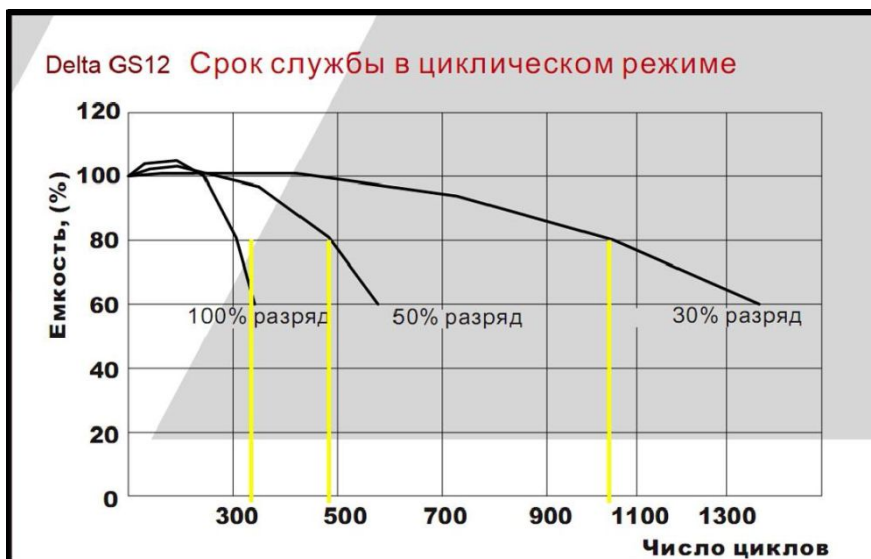


Рисунок 1.6 – Жизненный цикл кислотно-гелиевой аккумуляторной батареи Delta GS12-180.

Максимальный ток разряда является важным параметром для АКБ. Кислотные АКБ разряжают токами 0,3-0,5 от общей емкости. Литий-ионные АКБ способны как кратковременно разряжаться токами до 10 С, так и отдавать большую мощность [9].

Из-за содержания токсических веществ существуют экологические проблемы при изготовлении, использовании и утилизации АКБ [8, 11].

Технологии изготовления аккумуляторных батарей постоянно развиваются.

Основные типы АКБ [9]:

- Свинцовые;
- Никель-кадмиевые;
- Никель-цинковые;
- Никель-железные;
- Никель-металлогидридные;
- Литий-ионные;
- Литий-полимерные;
- Серебряно-цинковые и серебряно-кадмиевые;
- Металл-воздушные;

### **1.3.2 Свинцовые аккумуляторы**

Свинцовые аккумуляторы – это самые распространённые и самые экономичные аккумуляторные батареи. Реагентами в свинцовых аккумуляторах служат свинец (Pb) и диоксид свинца, а электролитом является раствор серной кислоты. Их так же называют свинцово-кислотными аккумуляторами.

Удельная энергия кислотно-свинцовых АКБ составляет 25-40 Вт·ч/кг, а напряжение на электродах аккумулятора составляет 1,8-2 В.

Свинцовые АКБ делятся на четыре основные группы: стартерные, стационарные, тяговые и портативные (герметизированные). Наибольшее распространение получили стартерные аккумуляторы, которые используются для запуска двигателей внутреннего сгорания и энергообеспечения всех устройств автотранспорта.

Тяговые аккумуляторы используются для электроснабжения электрокаров, подъемников, шахтных электровозов, электромобилей и других машин. Они действуют в режимах глубокого разряда, имеют большой ресурс и низкую стоимость. В последние годы в основном используются аккумуляторы,

не требующие ухода, в том числе предназначенные для использования в системах автономного энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии.

У свинцово-кислотных АКБ есть как достоинства, так и ряд недостатков. К основным недостаткам можно отнести выделение водорода во время заряда, низкую удельную энергию, высокий саморазряд и невозможность хранения в разряженном состоянии. Свинцово-кислотные аккумуляторы должны храниться в заряженном состоянии. Также в них используется токсичный свинец.

### **1.3.3 Литий-ионные аккумуляторы**

В последнее время активно развивают и используют литий-ионные аккумуляторы. В них углеродистый материал применяется как отрицательный электрод. В него обратимо внедряются ионы лития. Оксид кобальта является активным материалом для положительного электрода, в который также обратимо внедряются ионы лития. В качестве электролита выступает раствор соли лития в неводном апротонном растворителе.

У литий-ионных аккумуляторов высокая удельная энергия. Они сохраняют свою работоспособность даже при низких температурах и имеют большой ресурс количества циклов заряда-разряда. Благодаря своей удельной энергии их производство постоянно увеличивается. Они выпускаются в цилиндрической и призматической формах и применяются в сотовых телефонах, ноутбуках и других портативных устройствах.

Наиболее перспективными являются литий-полимерные аккумуляторы, которые, по сравнению с литий-ионными аккумуляторами, имеют более высокие удельную энергию, ресурс и повышенную безопасность.

### 1.3.4 Сравнение основных характеристик аккумуляторных батарей

В таблице 1.1 приведены основные виды аккумуляторных батарей [13,14].

Таблица 1.1 - Основные характеристики аккумуляторных батарей.

Тип аккумулятора	КПД (%)	Стоимость (€/кВт)	Количество циклов до определенного разряда (%)	Рабочая температура (°C)	Уд. энергия (Вт час/кг)	Саморазряд (%/месяц)
Свинцово-кислотный (малообслуживаемый –flooded type)	72-78	50-150	1000-2000 (70%)	-5÷40	40	2-5
Свинцово-кислотный (регулируемый клапаном)	72-78	50-150	200-300 (80%)	-5÷40	30-50	2-5
Никель-кадмиевый (Ni-Cd)	72-78	200-600	3000 (100%)	-40÷50	40-80	5-20
Сульфид-натриевый (NaS)	89	400-500	2500 (100%)	300÷350	100	0
Литий-ионный	90	700-1000	3000 (80%)	-30÷60	90-190	1
Vanadium redox (VRB) Ванадий редокс	85	360-1000	10000 (75%)	0÷40	30-50	незначительный
Цинк-бромная АБ	75	360-1000	3500 (100%)	0÷40	70	незначительный
Металл-воздушные	50	50-200	<100	-20÷50	450-650	незначительный

При анализе становится видно, что из всего представленного на рынке ассортимента аккумуляторных батарей именно свинцово-кислотные



аккумуляторы (малообслуживаемые) остаются самыми доступными и удобными накопителями электроэнергии для использования в системах повышения энергонезависимости объектов. Это связано с тем, что их стоимость сегодня более чем в 14 раз ниже стоимости литий-ионных аккумуляторов, и в 4 раза ниже стоимости никель-кадмиевых АКБ.

### 1.3.5 Проточные редокс батареи

Проточные редокс батареи появились не так давно. Они отличаются от обычных аккумуляторных батарей тем, что активные вещества здесь находятся не внутри батареи, а в отдельных емкостях, и подаются в батарею только для протекания окислительно-восстановительных реакций на электродах [15]. Среди многих редокс систем практическое применение нашла ванадиевая редокс система. Работа такой батареи основана на том, что ванадий может находиться в растворе в четырёх разных степенях окисления. В её состав входят две ёмкости с электролитом (растворы сернокислых солей ванадия в серной кислоте) в баках, насосы и электрохимический блок, в котором жидкости отделяются друг от друга протонообменной мембраной (рис. 1.7). Одна ёмкость содержит ионы  $V^{5+}$ , а другая  $V^{2+}$ ; ЭДС суммарной реакции составляет  $E = 1,246$  В. При разряде батареи степень окисления ванадия в анодном контуре изменяется с +2 на +3, при этом из состава соли высвобождается один атом водорода, который ионизируется. Протон отправляется на катод через мембрану, а электрон – через внешнюю цепь, где степень окисления ванадия в составе католита изменяется с +5 на +4. Для заряда жидкостей батареи на электроды подают внешнее напряжение, и процесс запускается в обратную сторону.

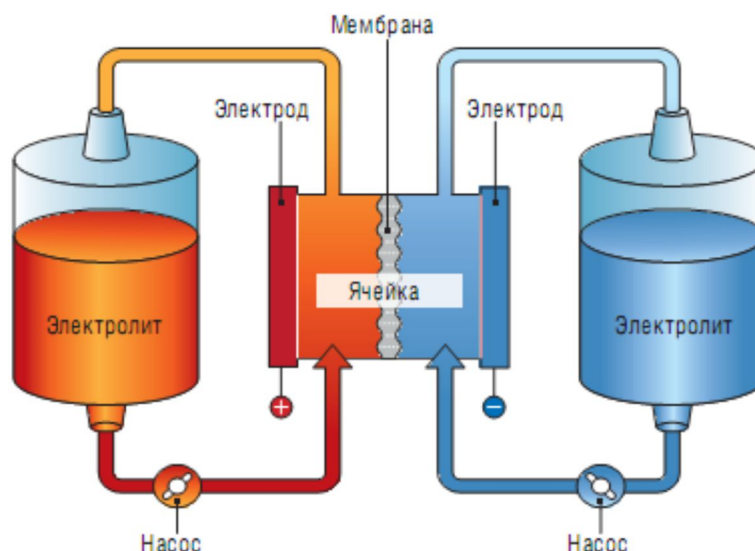


Рисунок 1.7 – Схематическое изображение проточной редокс батареи.

Основные достоинства проточной редокс батареи:

- при использовании больших емкостей для хранения можно достичь практически неограниченную емкость;
- простота в обслуживании;
- быстрое реагирование на изменение нагрузки, не страшна перегрузка.

Вместе с этим, они имеют и ряд недостатков:

- удельная энергия сильно зависит от температуры окружающей среды;
- невысокие значения удельной энергии (30-50 Вт·ч/кг);
- стоимость в несколько раз дороже свинцово-кислотных аккумуляторных батарей;
- сложная система по сравнению с другими батареями.

### 1.3.6 Электрохимические суперконденсаторы

Основное отличие электрохимических суперконденсаторов от обычных аккумуляторных батарей в том, что все электрохимические процессы протекают исключительно на поверхности электрода, что приводит к более высокой скорости протекания электрохимических процессов за счет отсутствия

диффузионных затруднений. Процесс запасания энергии в суперконденсаторах осуществляется за счет разделения заряда на границе электрод – электролит на двух электродах с высокоразвитой поверхностью и максимально возможной разностью потенциалов между ними. Разность потенциалов обычно определяется величиной напряжения разложения электролита. Эта величина лежит в районе 1,23 В для водных электролитов (щелочей и кислот) и в районе 2,5-4 В для органических электролитов [16]. Так как химических превращений веществ в процессе работы суперконденсатора не происходит, ЭСК потенциально имеют неограниченный ресурс. На практике наиболее серьезным недостатком электрохимических конденсаторов по сравнению с суперконденсаторами (ионисторами) является меньшая устойчивость электродных материалов к химической и электрохимической деградации. Это приводит к сокращению максимального количества циклов заряда-разряда до нескольких тысяч или десятков тысяч в зависимости от типа используемого электродного материала. Электродными материалами для электрохимических суперконденсаторов являются, например, нанокристаллические оксиды и гидроксиды никеля и марганца [17].

Преимущества электрохимического суперконденсатора:

- практически идеальная обратимость;
- практически неограниченное количество циклов заряда-разряда (100000-10000000 циклов);
- очень маленькое время заряда: секунды, минуты;
- большой температурный диапазон:  $\pm 50^{\circ}\text{C}$ ;
- высокая надежность (срок службы более 10 лет);
- полная герметичность и отсутствие необходимости обслуживания;
- отсутствие токсичных компонентов.

Основное преимущество электрохимических суперконденсаторов заключается в очень высокой удельной мощности (1-10 кВт/л). Но при этом

реализуется относительно низкое значение удельной энергии (около 1 Вт ч/кг). Таким образом, ЭСК следует использовать там, где нужно передать максимальную мощность за короткое время. Они уже применяются в качестве пусковых источников тока двигателей автомобилей, тракторов, локомотивов, стационарных и судовых двигателей [18].

Современные электрохимические конденсаторы часто имеют асимметричную конструкцию, в которой на одном электроде накопление энергии происходит в двойном электрическом слое, а на другом – благодаря протеканию на электроде фарадеевского процесса. Электрохимические конденсаторы гибридного типа в настоящее время являются наиболее перспективными. Примером гибридного электрохимического суперконденсатора служит разрабатываемая сегодня система С/ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ PbSO<sub>4</sub> [18,19]. Данная гибридная система имеет удельную энергию, уже сопоставимую с удельной энергией кислотного свинцового аккумулятора (15-20 Вт·ч/кг), однако у нее более существенный циклический ресурс (10000 циклов) и меньшее время заряда (20-30 минут) [20].

## **2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Объектом исследования является система электроснабжения для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов.

В процессе исследования применялись методы физического моделирования, так же использовались расчетные методы для определения параметров аккумуляторной батареи, мощности солнечной панели и КПД контроллера.

## 3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

### 3.1 Расчет емкости АКБ

Учитывая напряжение постоянного тока и мощность, можно найти ток потребления, по формуле, А:

$$I = \frac{P}{U}, \quad (3.1.1)$$

где  $P$  – мощность, Вт;

$U$  – напряжение, В.

Далее определяем общую емкость аккумулятора, А·ч:

$$C_{АКБ} = I \cdot T, \quad (3.1.2)$$

где  $I$  – ток потребления;

$T$  – требуемое время автономной работы от аккумулятора.

В комплексе экологического мониторинга природных водных объектов установлено 5 датчиков с мощностью 1 Вт каждый, работающие по 60 сек в час. Датчики работают от постоянного тока с напряжением 12 В.

Находим ток потребления одного датчика, А:

$$I = \frac{1}{12} = 0,083$$

Ток потребления 5 датчиков будет, А:

$$I = 0,083 \cdot 5 = 0,415$$

Датчики должны работать от аккумулятора в течении 48 часов.

Ёмкость аккумулятора для работы датчиков, А·ч:

$$C_{АКБ} = 0,415 \cdot \frac{60 \cdot 48}{3600} = 0,33$$

Так же установлены 5 датчиков ультразвуковой отчистки с мощностью 50 Вт каждый, работающие по 10 секунд в час. Датчики работают от постоянного тока с напряжением 12 В.

$$I = \frac{50}{12} = 4,16$$

Ток потребления 5 датчиков ультразвуковой отчистки будет, А:

$$I = 4,16 \cdot 5 = 20,8$$

Датчики должны работать от аккумулятора в течении 48 часов.

Ёмкость аккумулятора для работы датчиков, А·ч:

$$C_{АКБ} = 20,8 \cdot \frac{10 \cdot 48}{3600} = 2,77$$

Ёмкость аккумулятора, требуемая для работы датчиков мониторинга и датчиков ультразвуковой отчистки будет, А·ч:

$$C_{АКБСум} = 0,33 + 2,77 = 3,1$$

### 3.2 Расчет мощности СП

Количество энергии, вырабатываемое солнечным батареей, рассчитывалось по формуле:

$$W = \frac{k \cdot P \cdot E}{1000}, \quad (3.2.1)$$

где  $E$  – среднемесячное значение солнечной радиации падающее на 1 м<sup>2</sup> за выбранный период, кВт·ч/м<sup>2</sup>;

$P$  – мощность модуля, Вт;

$k$  – коэффициент потерь мощности, его значение в летний период составляет 0,5, в зимний период – 0,7.

Меньшая потеря мощности в зимний период зимой объясняется меньшим нагревом элементов [25].

Мощность солнечной панели рассчитывалось по формуле, Вт:

$$P = \frac{1000 \cdot W}{k \cdot E} \quad (3.2.2)$$

$$W = 15,18 + 0,78 = 15,96$$

Мощность требуемого модуля, Вт:

$$P = \frac{1000 \cdot 15,96}{0,5 \cdot 1000} = 31,92$$



## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### 4.1 Анализ работы оборудования

Система автономного электропитания необходима для обеспечения стабильной работы комплекса экологического мониторинга природных водных объектов и его независимости от внешних сетей электропитания.

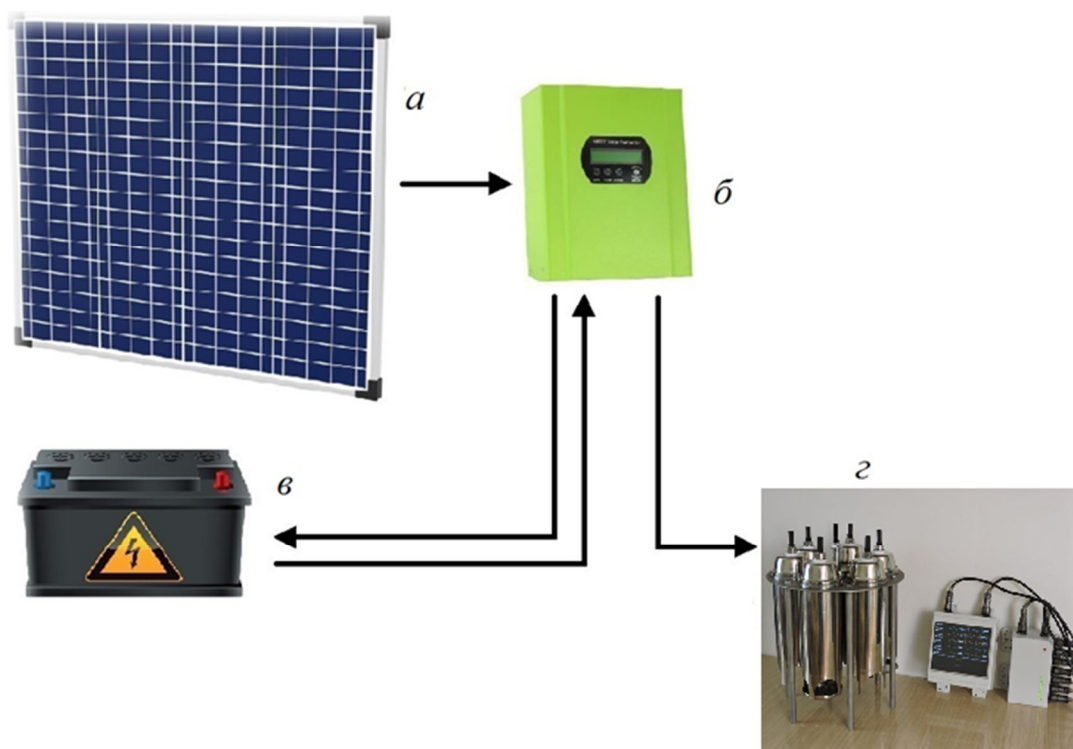


Рисунок 4.1 – Схема системы электропитания: а) солнечная панель; б) контроллер; в) аккумуляторная батарея; г) комплекс экологического мониторинга природных водных объектов

Солнечная панель предназначена для преобразования солнечной энергии в электрическую.

Из предлагаемых на рынке поликристаллических и монокристаллических солнечных панелей была выбрана поликристаллическая солнечная панель, т.к. стоимость монокристаллических панелей выше примерно на 10-15% при одинаковых технических характеристиках, указанных производителем.

Контроллер – это неотъемлемая часть любой системы электропитания, основанной на использовании возобновляемых источников энергии.

На выходе солнечной панели напряжение и сила тока «плавают», и контроллер их стабилизирует.

Основные задачи контроллера:

- поддержание постоянного напряжения для питания комплекса;
- подзарядка АКБ;
- отключение подзарядки при 100% заряде АКБ;
- частичная подпитка от АКБ;
- переключение на питание от АКБ;
- контроль температуры окружающей среды;
- выдача информации об аварии и неисправности.

В системе электропитания комплекса экологического мониторинга природных водных объектов для накопления электрической энергии используются свинцово-кислотные АКБ. Они должны обеспечивать работу комплекса в темное время суток и в пасмурную погоду.

При падении вырабатываемой электроэнергии от солнечной панели происходит частичная подпитка от АКБ для поддержания постоянного напряжения. АКБ поддерживает электропитание всего комплекса при полном отсутствии вырабатываемой электроэнергии от солнечной панели.

При понижении напряжения аккумулятора меньше 11 В, контроллер передает информацию о разряде аккумулятора.

Свинцовые аккумуляторы были выбраны, т.к. они являются самыми распространёнными и самыми экономичными АКБ.

## **4.2 Выбор аккумуляторной батареи**

Для автономной системы желательно производить расчет исходя из 30% разрядного цикла, поскольку в этом случае срок службы аккумуляторов будет

фактически определяться количеством циклов заряда/разряда, а это количество тем больше, чем меньше глубина разрядки.

При эксплуатации аккумулятора в холодное время года, может произойти замерзание электролита, что может быть причиной выхода его из строя. При разряде концентрация электролита снижается, вследствие чего происходит снижение плотности. Чем глубже разряд АКБ, тем ниже плотность электролита.

При 100% заряженности аккумулятора плотность электролита составляет  $1,28 \text{ г/см}^3$ , температура замерзания  $-65 \text{ }^\circ\text{C}$ . При 60% заряженности аккумулятора плотность электролита составляет  $1,21 \text{ г/см}^3$ , температура замерзания  $-28 \text{ }^\circ\text{C}$  [21,22].

Следовательно, потребуется емкость аккумулятора должна составлять не ниже  $11 \text{ А} \cdot \text{ч}$ .

В результате неправильной или длительной эксплуатации свинцово-кислотных аккумуляторов может произойти сульфация пластин, это сокращает срок его эксплуатации. Активное вещество – сульфат свинца переходит в химически неактивное состояние. Из-за этого снижается ёмкость аккумулятора вплоть до ее полной и необратимой потери.

Основной причиной сульфатации пластин являются рекристаллизация сульфата свинца, ведущая к укрупнению размеров кристаллов, и адсорбция на кристаллах сульфата свинца поверхностно-активных веществ, присутствующих в качестве примесей в сернокислом электролите [23].

Для предотвращения сульфации и продления срока эксплуатации, заряд свинцово-кислотного аккумулятора будет производиться импульсным асимметричным током [24].

Рекомендуемый ток заряда  $0,1$  от емкости аккумулятора, напряжением  $13,8 \text{ В}$ . Следовательно, требуемая мощность для заряда аккумулятора будет составлять  $15,18 \text{ Ват}$ .

### 4.3 Расчет и обоснование солнечной панели

Была выбрана солнечная панель TPS – 60П, с запасом по мощности.

- Габариты: 661x628x25 мм
- Температура эксплуатации:  $-40^{\circ}\text{C} - +85^{\circ}\text{C}$
- Максимальная мощность ( $P_{\text{max}}$ ): 60 Вт ( $\pm 5\%$ )
- Максимальное напряжение ( $V_{\text{mp}}$ ): 18 В
- Максимальный ток ( $I_{\text{mp}}$ ): 3.33 А
- Напряжение холостого хода составляет ( $V_{\text{oc}}$ ): 22.32 В
- Ток короткого замыкания оставляет ( $I_{\text{sc}}$ ): 3.56 А

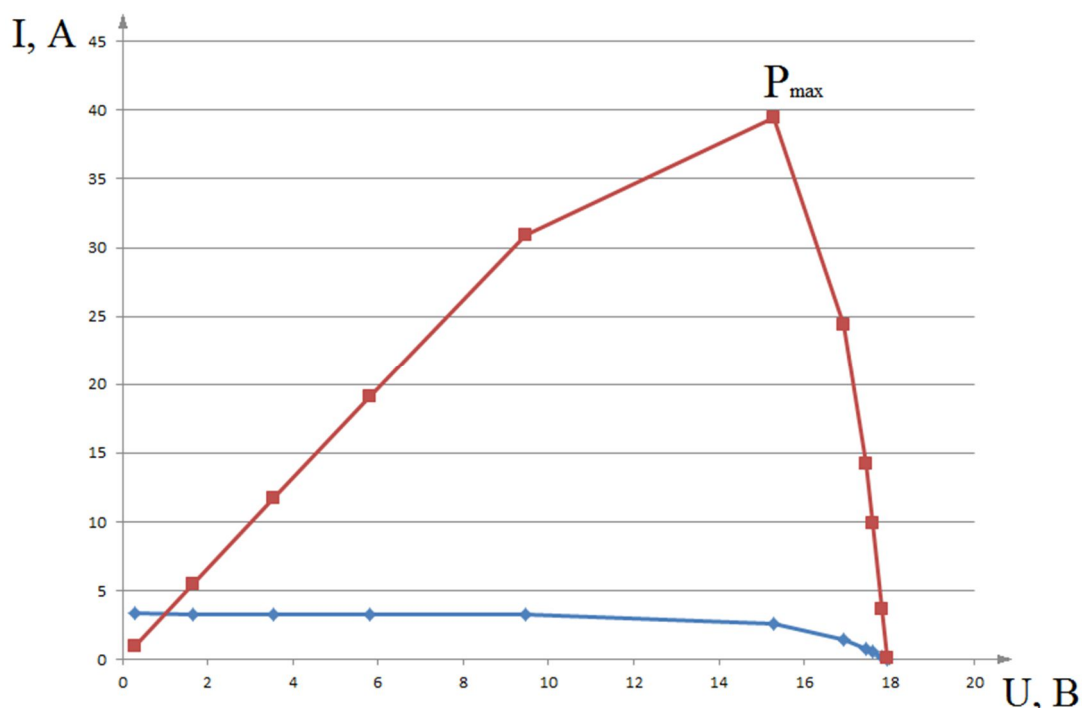


Рисунок 4.2 – Вольт-амперная характеристика солнечной панели TPS – 60П при постоянной освещенности

Эксперимент был проведен при постоянной освещенности ( $E=2,06$  кЛк) с изменением нагрузки.

Максимальное напряжение составило 17,96 В, максимальная сила тока составила 3,3 А. Максимальная мощность 39,45 Вт была при напряжении равном 15,28 В и силой тока 2,58 А.

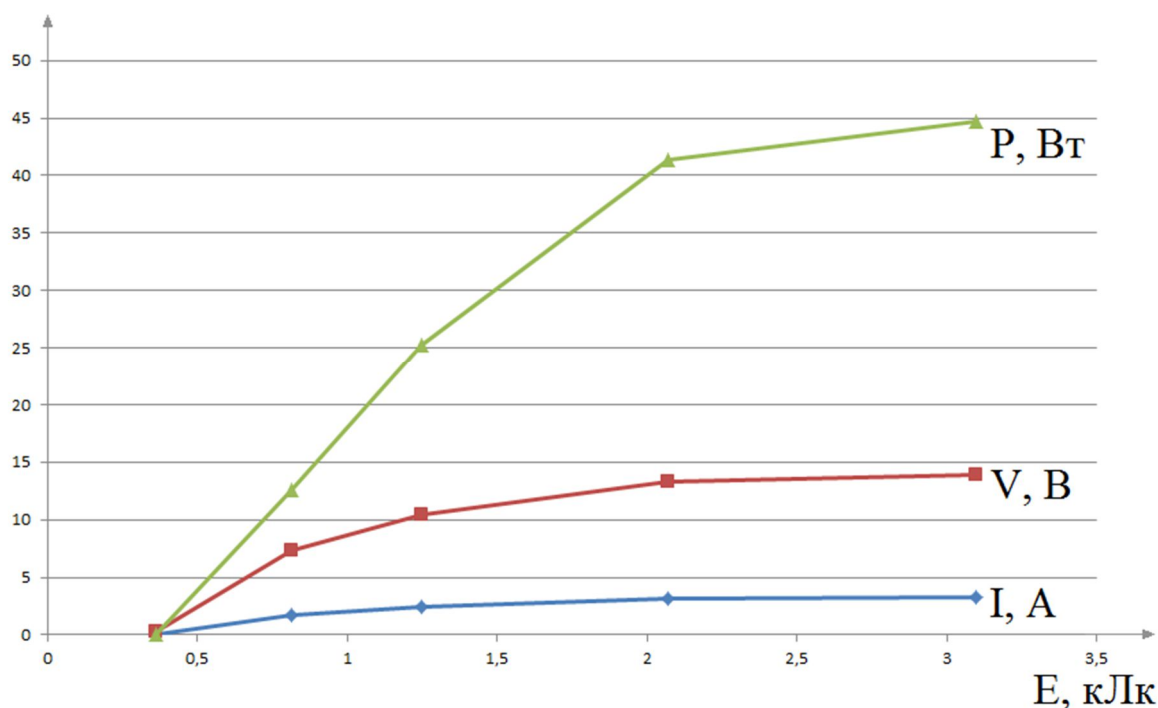


Рисунок 4.3 – Зависимость силы тока, напряжения, мощности от освещенности

Эксперимент был проведен при постоянной нагрузке с изменением освещенности.

Зависимость мощности от освещенности линейна. Постепенно происходит насыщение, при котором ток и напряжение не изменяются.

#### 4.4 Контроллер питания

Контроллер питания системы онлайн мониторинга состоит из следующих структурных частей: солнечной панели, аккумуляторной батареи, устройства мониторинга состояния батареи, контроллера заряда-разряда батареи, микропроцессора, термодатчика, узла аварийной защиты.

Напряжение солнечной панели зависит от многих параметров, главными из которых являются ток нагрузки, освещенность и температура. Различное сочетание вышеперечисленных факторов может привести к ситуации, когда напряжение на солнечной панели будет не только выше, но и ниже напряжения на аккумуляторной батарее. Поэтому реализация контроллера заряда-разряда не возможна на базе только повышающего или понижающего инвертора. В

качестве топологии контроллера заряда-разряда был выбран SEPIC-преобразователь. Этот выбор обусловлен возможностью контроля тока заряда-разряда, способностью преобразователя как повышать, так и понижать питающее напряжение, отсутствием связи с батареей по постоянному току. Последний фактор гарантирует отсутствие токов утечки через схему при аварийном отключении солнечной панели.

В качестве термодатчика был выбран цифровой термометр DS18B20, позволяющий измерять температуру в диапазоне от  $-55$  до  $+125$  °C. Контроль температуры необходим для уменьшения глубины разряда батареи при понижении температуры окружающей среды, поскольку в противном случае снижается ресурс её работы.

В схеме контроллера питания использован тридцати двух битный микропроцессор STM32F030F4P6. Наличие в нём таймеров работающих в режиме широтно-импульсной модуляции, а также 12 битного аналогового-цифрового преобразователя позволили отказаться от применения дополнительного драйвера для управления силовой частью SEPIC. Таким образом, в схеме осуществляется непосредственное управление током и напряжением заряда аккумуляторной батареи от микроконтроллера.

Широтно-импульсный сигнал поступает с вывода микроконтроллера на затвор полевого N-канального транзистора IRF7389. В открытом состоянии ключ замыкает линию питания через катушку индуктивности на землю, а при размыкании ключа генерируемая в катушке электродвижущая сила заряжает разделительный конденсатор на 10 мкФ. Далее напряжение преобразуется на второй индуктивности и через диод SS16 подается на аккумуляторную батарею.

Обратная связь при заряде осуществляется как по напряжению, так и по току. Напряжение поступает на нулевой канал аналогового-цифрового преобразователя через резистивный делитель напряжения. В качестве датчика тока используется низкоомный резистор. Разряд аккумуляторной батареи при циклическом реверсивном заряде осуществляется путем замыкания плюсового контакта на датчик тока, имеющего потенциал близкий к нулевому, через

нагрузочное сопротивление, обеспечивающее ток разряда на уровне 1% от емкости аккумулятора.

В условиях недостаточной освещенности контроллер заряда-разряда учитывает мощность электроэнергии, которую способна отдать солнечная панель, путём снижения величины зарядного тока. Однако при достаточной освещенности величина зарядного тока в любом случае не превышает 10% емкости аккумуляторной батареи.

В случае возникновения аварии из-за длительного отсутствия генерации напряжения на солнечной панели все устройство переходит в спящий режим и не расходует запасенную энергию в аккумуляторе до момента снятия аварийной блокировки. Однако в случае существенной потери емкости аккумулятора или утечке электролита питание системы онлайн мониторинга может осуществляться непосредственно от солнечной панели в светлое время суток.

На рис. 4.4 изображена упрощенная принципиальная электрическая схема устройства питания системы онлайн мониторинга.

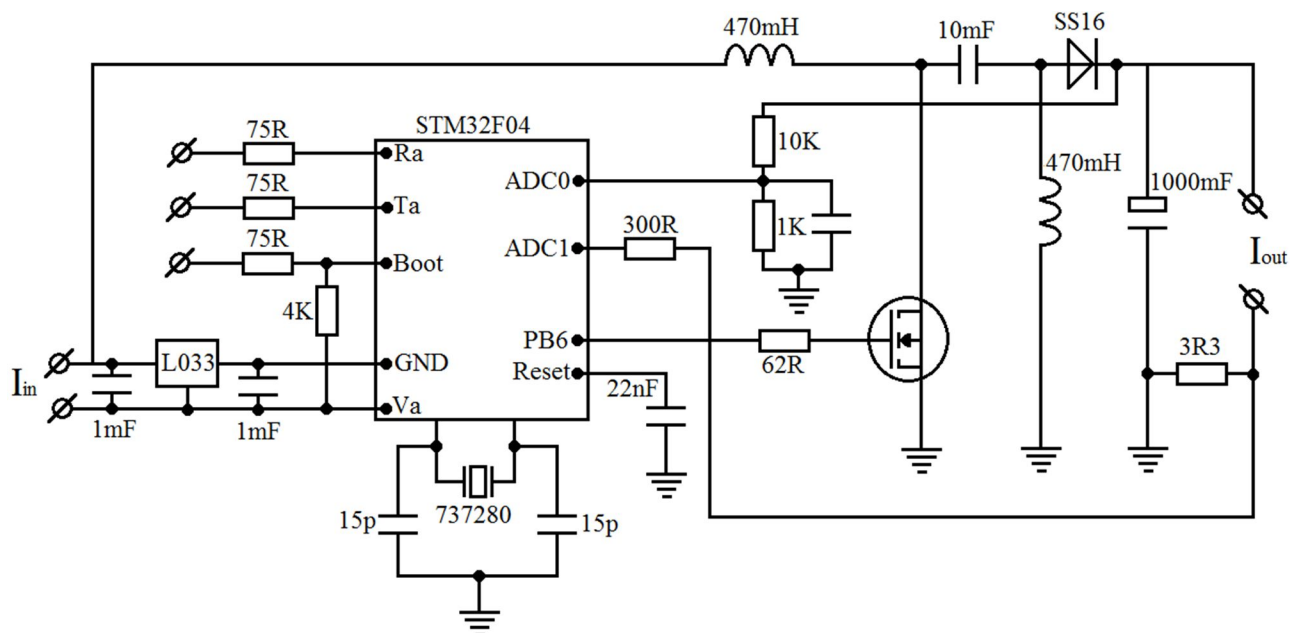


Рисунок 4.4 – Принципиальная электрическая схема устройства питания системы онлайн мониторинга

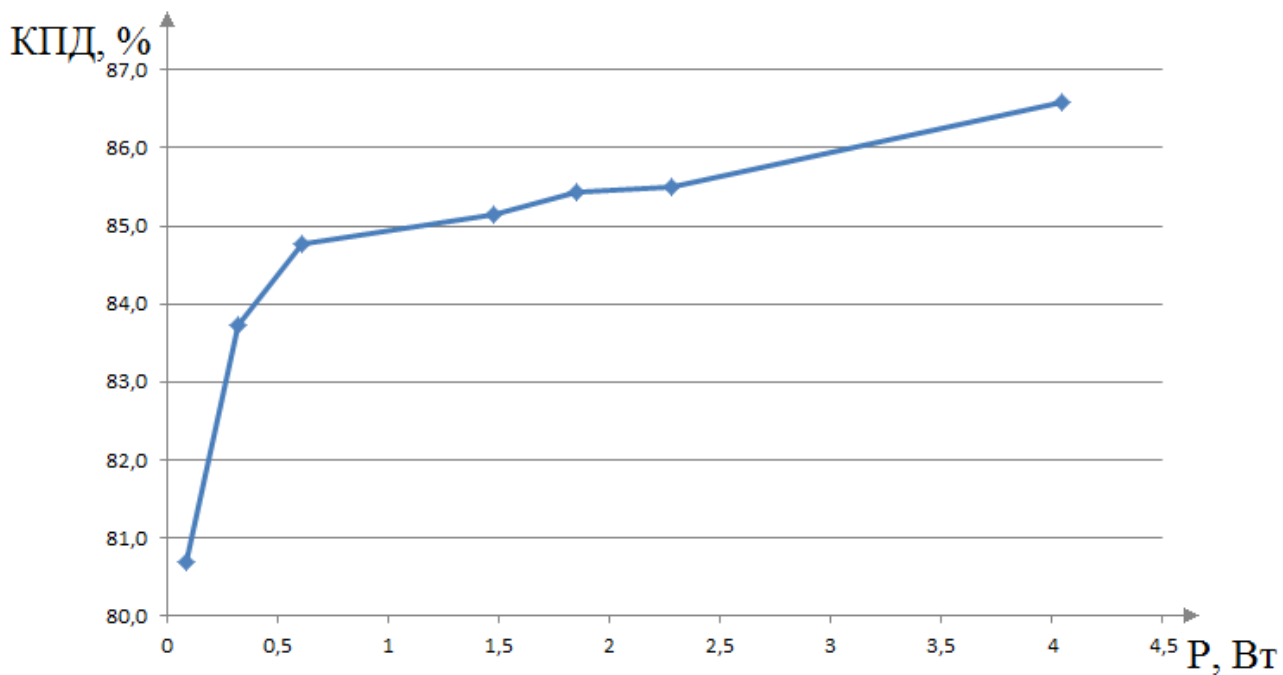


Рисунок 4.5 – Зависимость КПД контроллера заряда-разряда от мощности

КПД быстро растет с увеличением мощности, он будет максимален при номинальной нагрузке.



## **5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ**

### **5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

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

В данной работе рассматривается использование фотоэлектрических установок для повышения энергонезависимости комплекса экологического мониторинга природных водных объектов.

На 70% территории России отсутствует централизованное электроснабжение. На данный момент вся энергонезависимость сводится к использованию дизельных генераторов. Стоимость вырабатываемой дизельными установками электроэнергии может быть крайне высокой и достигать свыше 50 руб. за кВт · ч, что связано в основном с трудоёмкостью доставки топлива в некоторые районы. Это говорит о необходимости использования альтернативных источников энергии, в частности солнечной.

Цель исследования – создание рабочей системы автономного электроснабжения для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов и поддержание его постоянной работы, рассчитать экономические затраты подобной разработки.

В ходе исследования необходимо решить следующие задачи:

1. Определить трудоемкость работ;
2. Разработка графика проведения научного исследования;
3. Рассчитать бюджет научно-технического исследования (НТИ);
4. Выявить эффективность исследования.

## 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения, а также помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы повысить конкурентоспособность исследования.

$\phi$  – научное исследование (разрабатываемая система с фотоэлектрической установкой);

$k1$  – ветроэнергетическая установка;

$k2$  – комбинированная установка использующая возобновляемые источники энергии.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Удобство в эксплуатации	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
2. Влияние погодных условий	0,11	3	3	5	0,33	0,33	0,55
3. Трудозатратность	0,03	5	4	5	0,15	0,12	0,15
4. Надежность	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
5. Уровень шума	0,03	5	4	4	0,15	0,12	0,12
6. Безопасность	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52
7. Выдаваемая мощность	0,09	4	4	5	0,36	0,36	0,45
8. Простота эксплуатации	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	4	4	4	,16	,16	0,16
2. Цена	0,08	4	5	4	,32	,4	0,32
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	5	3	3	,35	,21	0,21
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>49</b>	<b>42</b>	<b>45</b>	<b>4,07</b>	<b>3,48</b>	<b>3,74</b>

Позиция разработки и конкурентов оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – неудовлетворительно, 2 – почти удовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 - хорошо, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Конкурентоспособность разработки составляет 4,07, конкурентоспособность аналогов составляет 3,48 и 3,74.

Данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как простота эксплуатации, надежность, безопасность, предполагаемый срок эксплуатации.

### **5.1.3 SWOT- анализ**

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

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

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках третьего этапа лежит составление итоговой матрицы SWOT-анализа. Результаты учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках исследования.

Составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в табл. 5.2.

Таблица 5.2 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С<sub>1</sub>. Наличие опытного руководителя.</p> <p>С<sub>2</sub>. Более низкая стоимость, по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С<sub>3</sub>. Использование современного оборудования</p> <p>С<sub>4</sub>. Автономность.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл<sub>1</sub>. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство «под ключ».</p> <p>Сл<sub>2</sub>. Большой срок для испытания опытного образца.</p> <p>Сл<sub>3</sub>. Большой срок поставок материалов и комплектующих.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В<sub>1</sub>. Оперативное реагирование на экологические загрязнения.</p> <p>В<sub>2</sub>. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В<sub>3</sub>. Применение в других отраслях.</p>	<p>- В результате низкой стоимости комплекс могут позволить себе многие организации.</p> <p>- В результате использования современных технологий понизятся трудозатраты по монтажу установки.</p>	<p>- При отсутствии навыков в монтаже и эксплуатации, установка не будет эффективна.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У<sub>1</sub>. Появление конкурентных разработок.</p> <p>У<sub>2</sub>. Появление новых технологий.</p> <p>У<sub>3</sub>. Отсутствие спроса.</p> <p>У<sub>4</sub>. Введение дополнительных государственных требований и сертификации к комплексам электроснабжения и к комплексам экологического мониторинга.</p>	<p>- Спрос не будет уменьшаться из-за повышенного внимания организаций к экологическому мониторингу.</p> <p>- При устаревании оборудования, каждый компонент комплекса можно заменить/усовершенствовать.</p>	<p>- Проведение обучения сотрудников организаций по монтажу и обслуживанию комплекса.</p> <p>- Расширить область применения установки электропитания.</p>

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 5.3.

Таблица 5.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Составление и утверждение задания ВКР	Руководитель темы
	2	Подбор и изучение материалов по энергонезависимости и работе всего комплекса	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
Основной этап	5	Проведение практических расчетов и обоснований	Студент
	6	Построение макета установки электропитания и проведение экспериментов	Студент
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, студент
Заключительный этап	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	9	Проведение расчетов и обоснование по теме ВКР	Руководитель, студент
	10	Анализ результатов	Студент
	11	Подведение итогов	Руководитель, студент
	12	Оформление итогового варианта ВКР	Студент

## 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (5.2.1)$$

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

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

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

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.2.2)$$

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

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

$\text{Ч}_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.2.3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.2.4)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Полученные значения  $T_{ki}$  округляем до целого числа.

Таблица 5.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ожг}$ , чел-дни			
Составление и утверждение задания ВКР	1	2	1,4	Научный руководитель	1,4	2
Подбор и изучение материалов по энергонезависимости и работе всего комплекса	7	10	8,2	Студент	8,2	12
Выбор направления исследований	1	2	1,4	Научный руководитель, Студент	0,7	1
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Научный руководитель, Студент	0,9	1
Проведение практических расчетов и обоснований	3	5	3,8	Студент	3,8	6
Построение макета установки электропитания и проведение экспериментов	5	10	7	Студент	7	10
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2	5	3,2	Научный руководитель, Студент	1,6	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	3	2,4	Научный руководитель	2,4	4
Проведение расчетов и обоснование по теме ВКР	2	3	2,4	Научный руководитель, Студент	1,2	2
Анализ результатов	7	8	7,4	Студент	7,4	11
Подведение итогов	6	7	6,4	Научный руководитель, Студент	3,2	5
Оформление итогового варианта ВКР	1	2	1,4	Студент	1,4	2



На основе табл. 5.4 построен календарный план-график (табл. 5.5).

Таблица 5.5 – Календарный план-график

Вид работ	Исполнители	Тк <sub>i</sub> , кал. Дн.	Продолжительность выполнения работ																	
			Апрель			Май			Июнь											
			1	2	3	1	2	3	1	2	3									
Составление и утв. задания	1	2	■																	
Изучение материалов	1	12	■	■																
Выбор направления	2	1		■																
Календарное планирование	2	1		■																
Проведение расчетов	1	6			■	■														
Построение макета	1	10					■	■												
Сопоставление результатов	2	2						■	■											
Оценка эффект.	1	4							■											
Проведение расчетов	2	2								■										
Анализ результатов	1	11									■	■								
Подведение итогов	2	5											■							
Оформление ВКР	1	2												■						

■ - Научный руководитель      ■ - Студент

### 5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} \quad (5.3.1)$$

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

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты занесены в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z <sub>м</sub> ), руб.
Ручка шариковая	шт.	2	57	131,1
Карандаш	шт.	2	70	161
Скрепки	уп.	1	30	34,5
Скобы для степлера	уп.	1	33	37,95
Бумага А4	уп.	1	229	286,25
Файл-вкладыш А4	уп.	1	240	300
Итого			659	<b>903,9</b>

Затраты на материалы будут составлять 903,9 рубля.

### 5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (5.3.2)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p , \quad (5.3.3)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} , \quad (5.3.4)$$

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;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 5.7).

Таблица 5.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (5.3.5)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{тс}$ );

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

$$Z_{мр} = 23100 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45045$$

$$Z_{мс} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0) \cdot 1,3 = 28730$$

$$Z_{днр} = \frac{45045 \cdot 11,2}{223} = 2262,3$$

$$Z_{днс} = \frac{1014 \cdot 11,2}{223} = 1442,9$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (5.3.6)$$

Расчет основной заработной платы сводится в табл. 5.8.

Таблица 5.8 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнители по категориям	З <sub>тс</sub> , руб.	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн.</sub> , руб.	Т <sub>р, раб. дн.</sub>	З <sub>доп</sub> , руб.	З <sub>осн</sub> , руб.	З <sub>зп</sub> , руб
1	Руководитель	23100	45045	2262.3	17	5768,9	38459,1	44228
2	Студент	17000	28730	1442.9	52	11254,62	75030,8	86285,42
Итого:								130513,42

В настоящую статью включена основная заработная плата старшего преподавателя и ассистента, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

### 5.3.3 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5.3.7)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$Z_{\text{допн}} = 0,15 \cdot 38459,1 = 5768,9$$

$$Z_{\text{допс}} = 0,15 \cdot 75030,8 = 11254,62$$

### 5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5.3.8)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 03.07.2016 №243-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30% (пенсионный фонд 22%, фонд соц. страхования – 2.9%, федеральный фонд медицинского страхования – 5.1%).

Отчисления во внебюджетные представлены в табличной форме (табл. 5.9).

Таблица 5.9 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	38459,1	5768,9
Студент-дипломник	75030,8	11254,62
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого	39154,03	

Отчисление во внебюджетные фонды составляет 26102,68 рублей.

### 5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.3.9)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = 170571,25 \cdot 0,16 = 27436,04$$

### 5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 5.10 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Процент от бюджета, %
1. Материальные затраты НИИ	903,9	0,5
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	113489,9	57,4
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17023,52	8,6
4. Отчисления во внебюджетные фонды	39154,03	19,8
5. Накладные расходы	27291,42	13,8
6. Бюджет затрат НИИ	197863	100

### 5.4 Определение эффективности исследования

В ходе исследования была поставлена и выполнена задача – проектирование и создание конкурентоспособной разработки, заключающейся в расчете и сборе системы электропитания для повышения энергонезависимости комплекса экологического мониторинга природных водных объектов.

Потенциальными потребителями являются производственные предприятия и организации, занимающиеся экологическим мониторингом.

В работе был проведен анализ конкурентных технических решений, который позволил сделать вывод, что данная разработка является конкурентоспособной и имеет ряд преимуществ.

Кроме того, в процессе исследования был проведен SWOT-анализ и выявлены сильные и слабые стороны разработки, а также возможности и угрозы.

Также была разработана структура работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта, подсчитаны затраты на создание проекта.

Результаты исследования могут быть использованы как для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов, так и для подобных потребителей малой мощности.

В результате проведения исследования было установлено, что выбранный вариант системы электроснабжения комплекса с солнечными панелями более эффективен, чем системы, использующие другие ВИЭ.

Эффективность исследования заключается в том, что для автономной работы комплекса экологического мониторинга природных водных объектов можно использовать солнечную энергию. Это самый оптимальный и недорогостоящий вариант, так как, по сравнению с дизельными генераторами, здесь не требуется постоянная дозаправка. По сравнению с ветроэнергетическими и гидроэнергетическими установками, в ней нет движущихся деталей, что упрощает техническое обслуживание и исключает риск частых поломок.



## 6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

Социальная ответственность – это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на фирмы и прочие заинтересованные стороны общественной сферы. Это обязательство выходит за рамки установленного законом обязательства соблюдать законодательство и предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

Одним из наиболее важных условий обеспечения социальной ответственности, во время осуществления работ является выполнение концепций безопасности.

Основной причиной несчастных случаев является нарушение технологического процесса, низкий уровень трудовой и производственной дисциплины, личная неосторожность работника.

Перед началом работ, работник должен пройти все инструктажи и подписать соответствующие документы, обязывающие соблюдать меры предосторожности и безопасности.

В данном разделе изложены результаты анализа рабочего места специалиста собирающего установку для повышения энергонезависимости для комплекса экологического мониторинга природных водных объектов, на предмет выявления вредных и опасных факторов и возникновения чрезвычайных ситуаций. Проведена оценка воздействия вредных и опасных факторов в процессе производственной деятельности на работника, общество и окружающую среду. Так же предложен ряд мероприятий по снижению их воздействий и защиты от них.

## 6.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

Работники могут подвергаться воздействию опасных и вредных факторов в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ и ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.

Уровни предельно допустимых концентраций и допустимых уровней не должны превышать норму по госту ГОСТ 12.1.005-88.

Все выявленные вредные и опасные факторы на рабочем месте приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74, ГОСТ 12.1.038-82 и ГОСТ 12.1.005-88)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Производство расчетов	Отклонение показателей микроклимата в помещении		СанПиН 2.2.4.548–96
	Недостаточная освещенность рабочей зоны		СНиП 23-05-95
	Повышенная концентрация вредных веществ		ГОСТ 12.1.005-88
	Шум		ГОСТ 12.1.005-88
		Механическая опасность	ГОСТ 12.2.003–91
		Высокое напряжение	ГОСТ 12.1.038-82
		Пожаровзрывоопасность	ГОСТ 12.1.004-91

## 6.2 Микроклимат

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Источником возникновения является окружающая среда и особенности технологического процесса.

При работе на открытой территории в холодный период года используются СИЗ от холода, имеющие теплоизоляцию. Для избежание локального охлаждения тела и уменьшения общих теплопотерь с поверхности тела используются рукавицы, обувь, головные уборы, имеющие соответствующую теплоизоляцию. Соблюдается режим времени работы (период отдыха и обогрева). В целях нормализации теплового состояния температура воздуха в местах обогрева поддерживается на уровне 21 - 25 °С.

Показатели, характеризующие оптимальные величины микроклимата согласно СанПиН 2.2.4.548-96 и фактические величины в производственных помещениях представлены в табл. 6.2.

Таблица 6.2 – Величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года		Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Оптимальная величина	22-24	21-25	60-40	0,1
	Фактическая величина	21-23	20-24	40-65	0,1
Теплый	Оптимальная величина	23-25	22-26	60-40	0,1
	Фактическая величина	22-25	21-26	40-65	0,2

### 6.3 Освещение

Правильное освещение рабочих мест играет чрезвычайно важную роль, так как при правильной организации оно повышает производительность труда и улучшает качество продукции, способствует уменьшению зрительного утомления и улучшению функционального состояния организма, обеспечивает благоприятную санитарную обстановку труда и благоустройство рабочих помещений.

Требуемый уровень освещения определяется степенью точности зрительной работы. При выполнении работы наименьший размер объекта – 1-5 мм. В соответствии с СНиП 23-05-95 эти условия работы соответствуют V разряду зрительной работы (малой точности). Необходимая освещенность рабочего места всего – 400 лк, в том числе от общего освещения – 200 лк.

Виды освещения:

- естественное освещение;
- искусственное освещение;
- совмещенное.

Естественное освещение проникает через световые проемы наружных ограждающих конструкций.

Естественное освещение осуществляется через световые проемы в наружных стенах зданий (боковое), через световые фонари и световые проемы в стенах в местах перепада высот здания (верхнее) или сочетание бокового и верхнего естественного освещения (естественное комбинированное).

Недостаточное естественное освещение дополняется искусственным.

По назначению искусственное освещение разделяется рабочее, аварийное, специальное.

Рабочее освещение обязательно во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное освещение предусматривается для обеспечения минимальной освещённости в производственном помещении на случай внезапного отключения рабочего освещения. Различают аварийное освещение для временного продолжения работ и аварийное освещение для безопасной эвакуации людей.

К специальным видам освещения относятся: охранное, дежурное, сигнальное и др.

Основные требования к рабочему освещению:

1. Создание достаточной освещённости на рабочих местах согласно нормам.
2. Высокое качество освещения – спектральный состав, близкий к естественному, ограничение прямой и отражённой блёсткости, рациональное направление света, постоянство освещённости во времени.
3. Бесперебойность и длительность работы установки в данных условиях среды.
4. Пожарная и электрическая безопасность осветительных устройств.
5. Экономичность осветительной установки.

При превышении норм естественным освещением, следует использовать жалюзи или шторы. Искусственным, следует использовать светофильтры.

#### **6.4 Механическая опасность**

Механические опасности – опасности, способные причинить травму в результате контакта объекта или его частей с человеком. Такой контакт возможен при выполнении технологических операций или случайном нахождении человека в опасной зоне (пространство, в котором возможно проявление опасностей). Размеры опасной зоны могут быть постоянными (зона между вальцами, ремнем и шкивом) и переменными (зона резания при изменении режима и характера обработки).

К механическим опасностям относят:

- движущиеся машины, механизмы и их части, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- острые кромки, заусенцы, шероховатость поверхности;
- горячие и скользкие поверхности.

В зависимости от возможности защиты человека в условиях взаимодействия его с потенциально опасными объектами можно рассматривать два основных метода:

- обеспечение недоступности к опасно действующим частям машин и оборудования;
- применение приспособлений, непосредственно защищающих человека от опасного производственного фактора.

Коллективные средства реализуются при механизации и автоматизации производственных процессов; определении размеров опасной зоны; применении ограждений, блокировок, световой и звуковой сигнализации; осуществлении отличительной окраски.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) обеспечивают защиту отдельного человека или отдельных органов его с помощью специальной одежды, обуви, защитных касок, масок.

## **6.5 Шум и мероприятия по уменьшению его воздействия.**

Основные источники шума являются производственное оборудование. Допустимый уровень шума на рабочих местах приведен в СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Средства борьбы с шумом, в зависимости от числа лиц, для которых они предназначены, подразделяются на средства коллективной защиты в соответствии с ГОСТ 12.4.011-89 и средства индивидуальной защиты.

Для снижения шума можно использовать звукоизолирующие кожухи. Для защиты органов слуха применяют наушники или беруши (вкладыши, заглушки). Для шумящего оборудования следует использовать звукоуловители.

Для защиты от шума могут применяться следующие основные методы:

- технические устранение причин шумообразования или ослабление его в источнике возникновения;

- планировочные снижение уровня шума по пути его распространения;

- организационные или административные.

## **6.6 Электробезопасность**

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока (ГОСТ 12.1.009-82 ССБТ).

Требования электробезопасности изложены в Межотраслевых правилах по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей, ГОСТах и других нормативных правовых актах.

Требования, содержащиеся в этих актах, распространяются на всех Потребителей, работников всех организаций, независимо от форм собственности и организационно-правовых форм, а также на физических лиц, занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих в электроустановках монтажные, наладочные, ремонтные и строительные работы, испытания и измерения (электротехнический персонал).

При работе с установкой вырабатывающей электроэнергию (солнечной батареей), не исключено попадание рабочего под воздействие электрического тока.

Электрический ток проходя через организм человека может оказывать на него три вида воздействий:

- термическое;

- электролитическое;

- биологическое.

Термическое действие тока подразумевает появление на теле ожогов разных форм, перегревание кровеносных сосудов и нарушение функциональности внутренних органов, которые находятся на пути протекания тока.

Электролитическое действие проявляется в расщепление крови и иной органической жидкости в тканях организма вызывая существенные изменения ее физико-химического состава.

Биологическое действие вызывает нарушение нормальной работы мышечной системы. Возникают непроизвольные судорожные сокращения мышц, опасно такое влияние на органы дыхания и кровообращения, таких как легкие и сердце, это может привести к нарушению их нормальной работы, в том числе и к абсолютному прекращению их функциональности.

Освободить человека от действия тока необходимо как можно быстрее, но при этом надо соблюдать меры предосторожности.

При наличии электрозащитных средств – диэлектрических перчаток, галош, ковриков, подставок – следует их использовать при освобождении пострадавшего от тока.

В случаях, когда руки пострадавшего охватывают проводник, следует перерубить проводник топором или другим острым предметом с изолированными ручками (сухое дерево, пластмасса).

Если пострадавший в результате воздействия напряжения шага упал, его необходимо изолировать от земли, подсунув под него сухую деревянную доску или фанеру.

Первая помощь оказывается немедленно на месте происшествия, если нет опасности, угрожающей пострадавшему или оказывающим помощь.

Приступив к оказанию помощи, нужно позаботиться о вызове врача или скорой медицинской помощи. Это должен сделать не оказывающий помощь, который не может прервать ее оказание, а кто-либо другой.



## 6.7 Пожаровзрывобезопасность

Горение – сложное быстропротекающее химическое превращение, сопровождающееся выделением значительного количества тепла и (обычно) свечением. В большинстве случаев горение представляет собой экзотермическое окислительное взаимодействие горючего вещества с окислителем. Химическое превращение при горении происходит одновременно с физическими процессами: переносом тепла и массы.

Пожар – это неконтролируемое горение, вне специального очага, приносящее материальный ущерб.

Для предотвращения образования горючей среды применяются следующие методы:

- поддержание безопасной концентрации газов, пара или пыли в воздухе, не превышающей нижнего уровня воспламенения;
- герметичность оборудования и изоляция горючей среды;
- замена горючих материалов негорючими;
- правильность размещения горючих веществ и т.д.

Предотвращение возникновения в горючей среде источников зажигания достигается следующими методами:

- соответствующая эксплуатация оборудования;
- применение безопасного электрооборудования;
- регламентация максимального нагрева поверхностей, горючих средств;
- применение не искрящего инструмента;
- молниезащита;
- устранение контакта с воздухом и др.

В практике тушения пожаров наибольшее распространение получили следующие способы прекращения горения:

- изоляция горючего вещества от окислителя (например, пеной) или разбавление окислителя негорючими газами до концентраций, при которых невозможны окислительно-восстановительные реакции;

- охлаждение зоны горения или самих горящих веществ ниже температуры воспламенения горючих веществ и материалов;

- интенсивное торможение скорости химической реакции горения путём введения в зону горения ингибиторов – химических веществ, замедляющих реакцию горения;

- механический срыв пламени воздействием на него сильной струёй газа или воды.

Вещества, которые способствуют созданию перечисленных выше условий, называются огнетушащими. Они должны обладать высоким эффектом тушения при относительно малом расходе, быть дешёвыми и безопасными в обращении, не причинять вреда материалам и предметам. Основными огнегасительными веществами являются вода, водяной пар, инертные газы, углекислый газ, пены, галоидоуглеводороды и порошковые составы.

Взрыв – быстропротекающий физический или физико-химический процесс, проходящий со значительным выделением энергии в небольшом объёме за короткий промежуток времени.

При нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей с воздухом не образуются. Образование таких смесей происходит в результате аварий или неисправности. Источником пожара может служить неисправное электрооборудование. При проблеме с зарядом аккумулятора и коротком замыкании, контроллер посылает сигнал о неисправности и размыкает электрическую цепь.

## **6.8 Экологическая безопасность**

Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Все отходы должны храниться и размещаться согласно СанПиН 2.1.7.1322-03.

По сравнению с другими видами энергетики солнечная энергетика в целом является одним из наиболее чистых в экологическом отношении видов энергии.

Наибольшая опасность связана, в основном, с производством некоторых солнечных фотоэлектрических установок, в ходе которого происходит переработка значительного количества вредных веществ для здоровья человека и окружающей среды. Подобное производство, очевидно, должно быть полностью автоматизированным и размещаться на значительном удалении от населенных пунктов. Должны быть приняты и специальные меры защиты самого производства. Что же касается эксплуатации солнечных фотоэлектрических установок, то она практически безопасна.

Аккумуляторная батарея выполняет функции до тех пор, пока не исчерпает свой ресурс, а после ей необходима утилизация.

Безопасная утилизация старых аккумуляторов производят специализированные компании.

Существует несколько технологий данного процесса, но суть у них одна. Первым делом сливается электролит, который в специальных герметичных камерах при высоких температурах нейтрализуется до безопасного состояния.

Следующим этапом идет дробление корпуса аккумуляторной батареи. Это происходит на специальном конвейере, где при помощи мощных дробильных станков аккумулятор разрушается полностью. В результате данного процесса образуется свинцово-кислотная или свинцово-щелочная паста, которая отделяется при помощи фильтров, стоящих сразу после дробилок.

Данная паста оседает на решетчатых фильтрах и направляется в металлическую смесь на дальнейшую переработку. Оставшиеся после дробления куски пластика и металла подаются в емкости, где смешиваются с водой, в результате чего тяжелый свинец оседает на дно, а пластик всплывает

на поверхность. Таким образом происходит отделение неметаллических компонентов от металлических.

Куски пластика собираются с поверхности воды, а затем перерабатываются для вторичного сырья, из которого в дальнейшем будут получены пластиковые гранулы. Данный процесс может проходить непосредственно на самом предприятии, которое занимается утилизацией аккумуляторов, либо сырье направляется на другие заводы по производству пластиковых гранул.

Металлическая масса, осевшая на дне, подлежит дальнейшей переработке вместе с пастой, снятой с решетчатых фильтров. Так как в воде с металлической массой наблюдается некоторое количество кислоты, то ее следует нейтрализовать. Для этого в смесь воды и кусков металла добавляют химикаты, нейтрализующие кислоту. В результате данного процесса на дно выпадает осадок, его удаляют, а воду пропускают через систему фильтров и сбрасывают в канализацию, либо вновь используют в производственном цикле.

Смесь кусочков металлов и металлической пасты нужно освободить от влаги, поэтому все компоненты направляются в печи, откуда выходит сырье уже готовое для плавки. Свинец в плавящейся смеси металлов имеет самую большую плотность. Также он расплавляется гораздо быстрее, поэтому в печи образуется расплавленный свинец, на поверхности которого концентрируются кусочки других металлов, что подлежат удалению.

После отделения расплавленного свинца от других металлов его направляет в тигель, где смешивают с каустической содой. Данный компонент помогает освободить расплавленный свинец от всевозможных примесей. Они удаляются из расплава, а свинец становится пригодным для отлива в формы.

При заливке свинца в формы на поверхности образуется тонкая пленка из оставшихся примесей, которая в итоге легко снимается. Теперь свинец обладает достаточной большой чистотой и может использоваться на производство разных деталей, в том числе и решеток для новых аккумуляторов.

Все вышеперечисленные процессы полностью автоматизированы, что позволяет осуществлять утилизацию аккумуляторных батарей быстро и качественно, тем самым предотвращая загрязнение окружающей среды.

При эксплуатации солнечных фотоэлектрических установок малой мощности не происходит негативного воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу.

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

Охрана труда - система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Законодательство Российской Федерации об охране труда основывается на положениях Конституции РФ (в частности, ст. 37), нормах Трудового кодекса, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов РФ, а также законов и правовых нормативных актов субъектов РФ.

Правительством РФ утверждено Постановление Правительства РФ от 27.12.2010 N 1160 (ред. от 30.07.2014) "Об утверждении Положения о разработке, утверждении и изменении нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда". Им устанавливается, что на территории РФ действует система нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования. Она состоит из межотраслевых и отраслевых правил и типовых инструкций по охране труда, строительных и санитарных норм и правил, правил и инструкций по безопасности, правил устройства и безопасной эксплуатации, свода правил по проектированию и строительству, гигиенических нормативов и государственных стандартов безопасности труда.

Тем же Постановлением утвержден Перечень видов нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования

охраны труда. Указанный Перечень включает в себя следующие виды нормативных правовых актов.

Межотраслевые правила по охране труда (ПОТ РМ), межотраслевые типовые инструкции по охране труда (ТИ РМ). Федеральный орган исполнительной власти, утверждающий документ - Министерство труда и социального развития РФ.

Отраслевые правила по охране труда (ПОТ РО), типовые инструкции по охране труда (ТИ РО). Утверждаются соответствующими органами федеральной исполнительной власти.

Правила безопасности (ПБ), Правила устройства и безопасной эксплуатации (ПУБЭ), инструкции по безопасности (ИБ). Утверждаются Ростехнадзором РФ и Госатомнадзором РФ.

Государственные стандарты системы стандартов безопасности труда (ГОСТ Р ССБТ). Утверждаются Госстандартом РФ и Госстроем РФ.

Строительные нормы и правила (СНиП), своды правил по проектированию и строительству (СП). Утверждаются Госстроем РФ.

Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (санитарные правила - СП, гигиенические нормативы - ГН, санитарные правила и нормы - СанПиН, санитарные нормы - СН). Утверждаются Минздравом РФ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был проведён анализ работы оборудования и рассмотрены возможные варианты электропитания для аналитического комплекса. Выбор варианта энергоснабжения.

Для системы электропитания комплекса была выбрана солнечная панель TPS-60П, аккумуляторная батарея свинцово-кислотного типа напряжением 12 В с емкостью 11 А·ч.

Были сняты экспериментально рабочие характеристики солнечной панели и КПД контроллера заряда-разряда аккумулятора.

В качестве топологии контроллера заряда-разряда был выбран SEPIC–преобразователь. Этот преобразователь способен как повышать, так и понижать питающее напряжение, и гарантирует отсутствие токов утечки через схему при аварийном отключении солнечной панели.

Произведена пробная эксплуатация системы электропитания в модельных условиях. Которая показала, что разработанная система электропитания с использованием солнечной панели и свинцово-кислотного аккумулятора, способна обеспечивать аналитический комплекс необходимым количеством электроэнергии. Так же она обладает необходимой экономической эффективностью и не представляет опасности для окружающей среды и людей при использовании её по назначению.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поппель О.С. Комбинированные энергоустановки на основе ВИЭ // Российский химический журнал, 2008. №6. – с. 95-106.
2. Фролов В.Я. Графики активной и реактивной нагрузки бытовых потребителей/ В.Я. Фролов, А.В. Коротков// Вестник ИГЭУ, 2011. № 5.
3. Литвак В.В., Силич В.А., Яворский М.И. О создании рынка энергии на основе программы энергосбережения Томской области // Энергосбережение по Томски. Сборник статей, докладов и выступлений/ Под. ред. Уйманова В.Н. Томск: изд-во Том. ун-та, 2001. – с. 204.
4. Бакин Н.Н., Ковалевский В.К., Плотников А.П., Ушеренко А.А., Юрченко А.В. Результаты климатических испытаний солнечной батареи в натуральных условиях г. Томска // Оптика атмосферы и океана, Т. 11, № 12. 1998. – с. 1337-1340.
5. Разработка методики оценки эффективности применения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для энергосбережения и повышения энергоэффективности организаций РАО «ЕЭС России» / Отчет о НИР № 20-345. - Томск, 2001. – с. 266.
6. Лукутин Б. В., Обухов С.Г. Перспективы развития малой энергетики в Томской области // Материалы докладов IV Всероссийского совещания «Энергоэффективность и энергетическая безопасность регионов России». – Томск: изд-во ЦНТИ, 2003. – с. 46-49.
7. Тихонов А.В., Тюхов И.И., Юферев Л.Ю., Шахраманьян М.А. Технологии возобновляемой (солнечной) энергетики // Мультимедийный учебно-методический комплекс по физике для повышения квалификации педагогического состава московских учреждений общего образования. – Москва: ООО «НПО СОДИС» 2009г.
8. Smith S. C., Sen P. K., Kroposki B. Advancement of Energy Storage Devices and Applications in Electrical Power System // Proceedings of the IEEE, 2008.



9. Коровин Н. В. Химические источники тока /под редакцией Коровина Н.В., Скундина А.М. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2003 г. – с. 740 стр.
10. Хрусталеv Д.А. Аккумуляторы // Москва, ООО «Изумруд», 2003 г. – с. 224.
11. Ribeiro P. F., Johnson B. K., Crow M. L., Arsoy A., Liu Y. Energy Storage Systems for Advanced Power Applications // Proceedings of the IEEE, 2001. – Vol. 89. – No. 12. – P. 1744–1756.
12. Официальный сайт компании «DeltaBatter». [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <http://www.delta-batt.com/catalog/gel/>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 05.05.2017).
13. J.I. San Martín, I. Zamora, J.J. San Martín V. Aperribay, P. Eguía. Energy Storage Technologies for Electric Applications // International Conference Renewable Energies and Power Quality. (ICREPQ'11) Las Palmas de Gran Canaria (Spain), 13th to 15th April, 2011. – P. 1-7.
14. Divya K.C., Østergaard J. Battery energy storage technology for power systems - An overview // Electric Power Systems Research, Vol.79, 2009. – P. 511-520.
15. Официальный сайт БГУ. [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <https://www.bsu.by/Cache/pdf/524693.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус. (Дата обращения: 05.05.2017).
16. Вольфкович Ю.М., Сердюк Т.М. Электрохимическая энергетика // Т.1 №4., 2001. – с. 14–28.
17. Шурыгина В. Суперконденсаторы. ЭЛЕКТРОНИКА //Наука, Технология, Бизнес 3/2003, – с. 20-24.
18. Официальный сайт компании «Элтон». [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.elton-cap.ru>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус. (Дата обращения: 09.05.2017).
19. Патент US 6,628,504 (2003). Yu.M. Volkovich, P. Shmatko.

20. Кпау З. Р. Исследование эффективности схем энергоснабжения автономных потребителей в Африке на основе солнечной фотоэлектрической станции и электрохимических накопителей энергии // Москва, 2014, – с. 153.
21. Бубенчиков, А. А. Выбор аккумуляторных батарей для систем автономного питания / Бубенчиков А. А., Дайчман Р. А., Артамонова Е. Ю. // Научный аспект, 2015, № 4. – с. 208-215.
22. Шепелев А. О., Артамонова Е. Ю. Расчет емкости аккумуляторных батарей // Молодой ученый, 2016, №17. – с. 99-101.
23. Дасоян М.А., Агуф И.А. Современная теория свинцового аккумулятора // Л.: Энергия, 1975. – с. 312.
24. Дувинг В.Г., Казаринов И.А., Бурашников М.М. Устройство для заряда сульфированного свинцово-кислотного аккумулятора импульсным асимметричным током // Т.: Электрохимическая энергетика, 2012. – с. 21-24.
25. Лебедев Г.М. Расчет солнечной установки автономного электроснабжения // Методические указания к практическому занятию, 2014. – с. 8-14.
26. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 18 ноября 1974 г. № 2551.
27. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: введен в действие Министерством здравоохранения СССР, Всесоюзным Центральным Советом Профессиональных Союзов от 29 сентября 1988 г. № 3388
28. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 10 марта 1976 г. № 579.

- 29.ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация: введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 27.10.1989 г. № 3222.
- 30.СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: введен в действие постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 1 октября 1996 г. № 21.
- 31.СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение: утвержден приказом Министерства РФ от 27 декабря 2010 г. №783.
32. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности: введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 6 июня 1983 г. № 2473.
33. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности: введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 06 июня 1991 г. № 807.
34. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов: введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 30 июля 1982 г. № 2987.
35. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования: введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 28 июня 1976 г. № 1581.
36. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.
- 37.СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления: введен в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 30 апреля 2003 г. № 80.

38. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения: введен в действие постановлением Госстандарта России от 23 мая 1994 г. № 155.