

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

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Автономное электроснабжение туристической базы отдыха на озере Щучье

УДК 621.31.031:796.57(571.54)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Е	Сандаков Б.Н.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения электроэнергетики и электротехники	Муравлев И.О.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент школы инженерного предпринимательства	Фигурко Аркадий Альбертович	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель Отделения/НОЦ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООП	Обухов С.Г..	д.т.н. доцент		

Томск – 2018 г.

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

Инженерная школа энергетики

Отделение школы 13.04.02. Электроэнергетика и электротехника

Направление подготовки Возобновляемые источники энергии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ С.Г. Обухов

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6Е	Сандаков Баир Нимбуевич

Тема работы:

Автономное электроснабжение туристической базы отдыха на озере Щучье

Утверждена приказом директора (дата, номер)

19.02.2018, № 1130/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

Район проектирования –озеро Щучье пресное озеро на юго-западе центральной Бурятии; расположено на территории сельских поселений «Жаргаланта» и «Загустайское» Селенгинского района Крупнейшее из Убукунских озёр

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. ОБЗОР ПРИМЕНЯЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ 2. ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНАВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ. 3. РАСЧЕТ НАГРУЗКИ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ПРОГРАММЫ MATLAB SIMULINK 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ 6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНДЖМЕНТ И РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Амелькович Юлия Александровна , доцент отделения контроля и диагностики
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Амелькович Юлия Александровна , доцент школы инженерного предпринимательства
Раздел, выполняемый на английском языке	Матухин Дмитрий Леонидович , доцент школы отделения иностранных языков

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:
1. ОБЗОР ПРИМЕНЯЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Муравлев Игорь Олегович	К.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Е	Сандаков Баир Нимбуевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6Е	Сандаков Баир Нимбуевич

Школа	Инженерная школа энергетики	Подразделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистратура	Направление	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	Объектом исследования является – ветро-электростанция. Данное устройство является энергетическим объектом, которое относится к возобновляемой энергетике. Предназначено для выработки электрической энергии.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>2. Производственная безопасность</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электроопасность 	<p>В данной части необходимо проанализировать вредные и опасные факторы.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 	<p>Ветро-электростанция оказывает влияние на окружающую среду электромагнитные поля,</p>

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	акустический шум, нарушение миграции птиц.
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; 	ЧС: Аварии с разрушением конструкции ветрогенератора, падения опоры ветрогенератора, разрушение основной конструкции генератора и лопастей ветрогенератора. Взрыв электрооборудования.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 	Необходимо рассмотреть мероприятия при компоновке рабочей зоны

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Е	Сандаков Баир Нимбуевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6Е	Сандаков Баир Нимбуевич

Школа	Инженерная школа энергетики	Подразделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30 % премии; 20 % надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент;
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	27,1 отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения ВКР с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей
3. График Ганта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фигурко А.А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Е	Сандаков Баир Нимбуевич		

РЕФЕРАТ

Данная работа содержит в себе 140 л., 31 рис., 47 табл., приложений 1.

База отдыха, экономическая эффективность, возобновляемые источники энергии, генератор, скорость ветра, солнечная инсоляция, ветрогенератор, солнечная панель, имитационная модель, график нагрузки, энергетический баланс.

Цель работы - изучение потенциальных источников возобновляемой энергии на территории Республики Бурятия с целью их дальнейшего использования, а также создание системы электроснабжения на базе возобновляемого источника энергии на территории базы отдыха озера Щучье.

Для достижения поставленной цели использованы расчетные и графоаналитические методы, климатические характеристики заданного региона, пакеты программ Mathcad, Excel, графический редактор Microsoft Visio, Matlab.

Работа проведена с целью оценки эффективности применения солнечных и ветряных источников электроэнергии в составе гибридной электростанции в данном регионе.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- анализ существующих типов и характеристик генерирующего оборудования, представленного в виде солнечных батарей, ВИЭ и дизельных генераторов;
- выбор необходимого типа, мощности и количества источников электроэнергии;
- оценка экономической эффективности внедрения солнечных источников электроэнергии.

В результате исследования выбран источник возобновляемой энергии, рассчитан его потенциал, рассчитаны количественные характеристики потребителей и генерирующих мощностей.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ВИЭ - возобновляемые источники энергии;

ДГУ - дизель-генераторная установка;

АКБ - аккумуляторная батарея;

ЛЭП – линии электропередач;

СЭ – солнечные элементы;

СП - солнечные панели;

СМ – солнечный модуль.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Реферат	7
Обозначения и сокращения	8
Введение	10
1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БУРЯТИЯ.	12
1.1 Общие географические и климатические сведения озера Щучье.	12
1.2 Анализ и оценка современного состояния использования возобновляемых источников энергии Республики Бурятия.....	14
1.3. Ветроэлектростанции, основные характеристики и классификация.....	15
1.4. Солнечные электростанции, классификация и особенности их применения в автономных системах электроснабжения.....	18
2 Определение суточных, сезонных, годовых нагрузок объекта электроснабжения, включая осветительную нагрузку	21
3 Оценка потенциала возобновляемых источников энергииИ	28
3.1 Оценка потенциала энергии ветра	28
3.2 Оценка потенциала использования энергии солнца	31
3.3. Типы солнечных батарей, их характеристики	39
4. Разработка структурной схемы или вариантов схем системы электроснабжения	45
4.1 Определение требуемых генерирующих мощностей и подбор оборудования.....	47
4.2 Техничко-экономическое обоснование принимаемых решений.....	61
5. Моделирование в программе Matlab/Simulink	63
Заключение.....	72
Список используемых источников	73
6. Социальная ответственность	76
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	99
Приложения А	124

ВВЕДЕНИЕ

Согласно Экономической Стратегии Российской Федерации до 2030 года, одними из основных её задач является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора, а так же развитие возобновляемых источников энергии с целью уменьшения пагубного влияния на окружающую среду.

Республика Бурятия – одна из самых густонаселённых областей в Сибири с огромными запасами ископаемого топлива и развитой промышленностью. Большие запасы топлива, его повсеместное использование и низкая стоимость стали основными факторами отсутствия альтернативной энергетики.

В результате повсеместного использованию ископаемого топлива, под угрозой оказалось озеро Щучье с недавнего времени утвержден как памятник природы и имеет глобальное экологическое и рекреационное значение.

Целью данной научно исследовательской работы является изучение потенциальных источников возобновляемой энергии на территории республики Бурятии с целью их дальнейшего использования, а также создание системы электроснабжения на базе возобновляемого источника энергии на территории озера Щучье.

Объектами исследования являются возобновляемые источники энергии, такие как солнце и ветер. И возможность их использования в системе электроснабжения туристического коттеджа с помощью существующего энергетического оборудования.

Предметом исследования является разработка системы электроснабжения туристического коттеджа.

В ходе выполнения работы были проанализированы массивы данных с местных анемометрических станций и данных NASA. Получены численные значения потенциала рассматриваемых источников возобновляемой энергии.

Произведён выбор энергетического оборудования. На основании энергетических и экономических показателей выбран наиболее эффективный источник энергии.

Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании реального энергетического объекта в данном регионе, при капитальном строительстве, а также внедрены в систему автоматизированного проектирования (САПР).

1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БУРЯТИЯ.

1.1 Общие географические и климатические сведения озера Щучье.

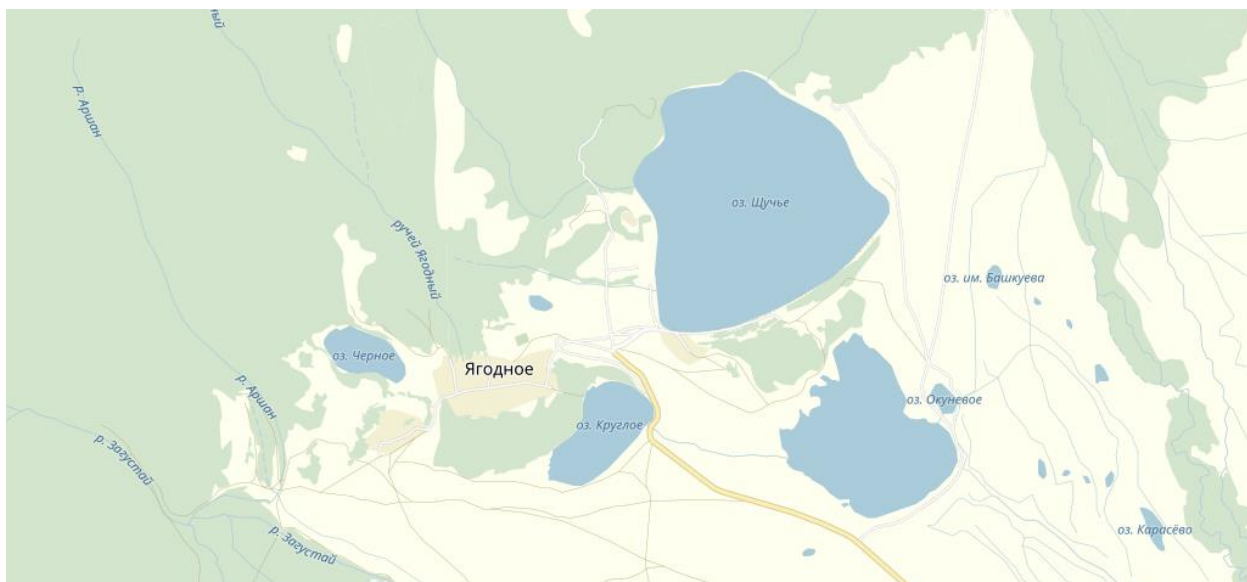


Рисунок 1- схематичная карта со спутника озера Щучье.

Рекреационная местность местного значения «Озеро Щучье» расположена в административных границах муниципального образования "Селенгинский район" в Республике Бурятия.

Рекреационная местность включает акваторию озера Щучье и побережье озера на расстоянии от 200 до 1000 метров. Общая площадь местности – 1516,6 га.

Озеро Щучье – памятник природы, один из первых в Бурятии, взятый под охрану государства в 1976 году. Бурятское название Ангир нуур, что в переводе означает – Турпановое или Шаргай нуур, что означает – Желтое, по цвету птиц – турпанов. Озеро названо Щучьим русскими переселенцами, промышлявшими охотой, рыбалкой, сбором дикорастущих ягод, ореха, которые сбывали по санному пути в г. Иркутск.

Наибольшие отметки высот бассейна озера Щучье не превышает 1445,0 над уровнем Балтийского моря, наименьшие отметки составляют 650 м. Таким

образом максимальное превышение водораздела над водным объектом составляет 794 м.

Озеро Щучье является вторым по величине после озера Гусиное из так называемых озер Гусино-Убукунской группы, расположенных в пределах одной морфологической и тектонической единицы – Гусиноозерской межгорной тектонической впадине мезозойского возраста, ограниченной на северо-западе Солдатским, а на юге Моностойским хребтами.

Озеро Щучье расположено в небольшой обособленной впадине у подножия Солдатского хребта.

Уклон поверхности в 5% и более способствует образованию на поверхности пашни сначала не глубоких промоин, а затем оврагов, материал, выносимый в процессе плоскостного смыва способствует формированию конусов выноса и шлейфов. На территории бассейна преобладают растущие балки и промоины. Характер бортов этих форм рельефа часто меняется от пологих задернованных до круглых. Глубина их меняется от 1, до 3 м, изредка глубже.

Резкоконтинентальный климат, рыхлые и мелкозернистые отложения и оголенные скалы – все это создает благоприятные условия для работы ветра. С деятельностью ветра связано не только наличие останцев, грибовидных скал, ниш и ячеек выдувания, но и наличие перевеянных песков, встречающихся местами на стоках Моностоя. Ветром выдувается мелкозем с поверхности элювия, обогащая его каменистым материалом. Наблюдается и ветровая эрозия почв на распахотных участках, которая особенно выражена на юго-восточном борту Убукунской впадины. В течение дефляционного периода (04-06) месяцы среднее число дней с сильными ветрами – 9, наибольшее – 30.

Для защиты почв от эрозии и восстановления плодородия почв требуется комплекс почвозащитных мероприятий. На склонах распашка земель должна производиться поперек склонов и без запахивания стерни (плоскорезное вспахивание). Для предотвращения склоновой эрозии и

дальнейшего оврагообразования необходимо создание лесополос, которые могут сыграть здесь очень важную роль и в отложении снега. Около таких насаждений, как правило, формируется довольно длинный снежный шлеёф, оказывающий мелиорирующее влияние на склоновые земли.

1.2 Анализ и оценка современного состояния использования возобновляемых источников энергии Республики Бурятия

В XXI веке в широкое использование вовлечены минерально-сырьевые, биологические и рекреационные ресурсы озера Байкал. Особенно сильному воздействию подверглась юго-восточная окраина, с хорошо развитой системой путей сообщения и тесными производственно-технологическими отношениями. В итоге оказались сильно подорванными гидроклиматические, биологические, в первую очередь, лесные, а также почвенные ресурсы.

В результате данных движений нарушается целостность уникальной природной системы озера Байкал.

Согласно Экономической Стратегии России до 2030 года, её основополагающей задачей является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов, а также всего потенциала энергетического сектора.

Существенное значение в ЭС – 2030 отводится развитию использования развивающихся источников возобновляемой энергии и её носителей. Вовлечение таких возобновляемых источников, таких как геотермальная, ветровая, солнечная, биоэнергия и др., в топливно-энергетический комплекс страны позволит значительно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, со стороны предприятий, и сбалансировать энергетический спрос [5].

Из за большого количества ископаемого топлива и его низкой стоимости в республике Бурятии, долгое время альтернативной энергетики не

уделялось достаточное внимание. Использование и внедрение альтернативных источников энергии носило индивидуальный характер. С вступлением ЭС – 2030 в силу положение дел начало постепенно меняться. Начиная с 2013 года, энергетические и коммунальные службы Бурятии начали постепенное внедрение отдельных солнечных панелей.

Данный проект показал, что альтернативная энергетика в республике Бурятии для снабжения отдалённых населённых пунктов имеет место быть.

1.3. Ветроэлектростанции, основные характеристики и классификация

Наиболее развитой сферой использования возобновляемых природных энергоресурсов является ветроэнергетика. На 2016 год общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 432 гигаватта и, таким образом, превзошла суммарную установленную мощность атомной энергетике. Но на практике, в среднем за год, мощность ветрогенераторов в несколько раз ниже установленной мощности, в то время как АЭС практически всегда работает в режиме установленной мощности [9].

Принцип действия ветродвигателей основывается на вращении ветроколеса с лопастями под напором ветра. Вращающий момент ветроколеса посредством системы передач передается на вал генератора, который вырабатывает электроэнергию.

Кинетическая энергия W воздушного потока с площадью поперечного сечения S , имеющего плотность ρ и скорость V равна:

$$W = \rho \frac{V^3 S}{2} \quad (1)$$

Механическая энергия ветродвигателя $W_{вд}$ определяется коэффициентом использования энергии ветра $\xi = \frac{W_{вд}}{W}$ зависящего от типа ветродвигателя и режима его работы.

Электрическая мощность генератора ветроэнергетической установки может быть определена по формуле:

$$P_{эл} = \pi \rho V^3 \frac{R^2}{2} \xi \eta, \quad (2)$$

где R – радиус ветроколеса; η – КПД электромеханического преобразователя энергии [2].

Ветродвигатели могут быть разделены на две группы по принципу действия: двигатели, у которых вращающий момент образуется в результате разности сил лобового давления потока воздуха на лопасти рабочего колеса относительно оси его вращения, и ветроустановки, которые вращаются под действием аэродинамической подъемной силы.

К первой группе относятся ветродвигатели карусельного, роторного и барабанного типов. Так как рабочее ветроколесо имеет простейшую конфигурацию, то данные ветродвигатели имеют невысокую стоимость и довольно неприхотливы в эксплуатации. Но из-за малого коэффициента использования энергии ветра ξ и тихоходности, эти ветродвигатели не получили широкого распространения. Наибольшая мощность двигателя развивается, когда рабочая плоскость, которая воспринимает действие потока воздуха, движется со скоростью, равной $1/3$ скорости ветра. При этом значение ξ для данных двигателей не превышает $0,18$ [2].

В настоящее время основным типом ветродвигателя является двигатель крыльчатой конструкции, в котором вращающий момент создается за счет аэродинамических сил, которые возникают на лопастях рабочего ветроколеса. В большинстве стран выпускаются и применяются только ветродвигатели крыльчатого типа. Так как они отличаются большими коэффициентами использования энергии ветра и значительно большей быстроходностью. Максимальное значение ξ для быстроходных колес достигает $0,45 \dots 0,48$.

По конструктивному исполнению ветродвигатели делятся на две группы:

- ветродвигатели с горизонтальной осью вращения;
- ветродвигатели с вертикальной осью вращения.

Ветродвигатели крыльчатого типа с горизонтальной осью вращения являются наиболее эффективными, когда поток воздуха находится в перпендикулярной плоскости вращения лопастей. Для обеспечения этого условия в составе ветроэнергетической установки необходимо устройство автоматического поворота оси вращения. В большинстве случаев роль этого устройства выполняет крыло-стабилизатор или соответствующая система ориентации ветродвигателя.

При любом направлении ветра, без изменения своего направления, могут работать ветродвигатели с вертикальной осью вращения.

Исходя из диапазона мощностей, ветроэнергетические установки можно разделить на:

- предназначенные для «большой» энергетики;
- малые ВЭУ, предназначенные для систем автономного электроснабжения.

Ветроэлектрические установки относительно малой мощности, пригодны для электроснабжения небольших, рассредоточенных потребителей. Такие ВЭУ обычно komponуются крыльчатым ветроколесом с горизонтальной осью вращения. Наиболее распространенным профилем лопастей на сегодняшний день являются профили типа NACA 4415, NACA 4418, NFL 416, обеспечивающие быстроходность $Z = 6 \dots 9$ [2].

Непостоянность энергии ветра предполагает в составе станции буферное устройство. Обычно таким устройством в схеме ВЭУ является аккумуляторная батарея. Так как напряжение аккумуляторной батареи кратно

12 В, то ветрогенератор должен быть выполнен на соответствующее напряжение постоянного тока. Современным решением конструкции генератора ветроэлектростанции малой мощности является безредукторный многополюсный синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов и полупроводниковым выпрямителем выходного напряжения якорной обмотки [2]. Стабилизация генерируемого напряжения и оптимальный режим зарядки аккумуляторных батарей обеспечивается регулятором напряжения.

1.4. Солнечные электростанции, классификация и особенности их применения в автономных системах электроснабжения

Солнечные электростанции по принципу действия делятся на: фотоэлектрические и термодинамические. Принцип действия термодинамических СЭС основан на нагревании теплоносителя солнечным излучением с использованием специальных оптических систем, преобразованием тепловой энергии солнца в механическую, а после в электрическую.

Станции, использующие фотоэлектрический принцип основаны на использовании эффекта прямого преобразования солнечного излучения в электроэнергию, который был открыт в 1839 году французским физиком Беккерелем [2]. Фотоэлементами обычно являются кремниевые полупроводниковые фотодиоды.

Поглощая свет, полупроводниковая структура передает энергию фотонов электронам материала, что впоследствии вызывает появление свободных носителей заряда. Свободные носители заряда создают потенциальный градиент в области р-п перехода, из-за воздействия которого через электроприемники протекает электрический ток.

Энергетические характеристики фотоэлементов, главным образом, определяют следующие факторы: интенсивность солнечного освещения, величина нагрузки, рабочая температура.



Рисунок 2.1 - Вольт-амперные характеристики модуля при различной интенсивности солнечного освещения

Снижение интенсивности солнечного излучения сдвигает вольтамперную характеристику фотоэлемента вниз, что означает значительное снижение тока короткого замыкания и незначительное снижение напряжения холостого хода.

Солнечное излучение преобразуется в тепловую энергию теплоносителя по трём принципам:

- применение рассредоточенных коллекторов;
- использование системы с центральной солнечной башней;
- построение солнечного коллектора с центральной трубой [2].

Наибольшее распространение имеют солнечные электростанции с рассредоточенными коллекторами. Солнечное излучение преобразуется в тепловую энергию теплоносителя посредством множества сравнительно небольших концентрирующих коллекторов, которые независимо друг от друга ориентируются на солнце. Концентраторы имеют зеркальную отражательную

поверхность параболической формы. Приемное устройство, в котором происходит передача солнечной энергии жидкости теплоносителя, устанавливается в фокусе концентраторов. Нагретая жидкость от всех коллекторов консолидируется, и ее тепловая энергия используется для получения механической энергии в соответствующих тепловых двигателях.

Вода может использоваться в качестве теплоносителя. Под воздействием концентрированного солнечного излучения вода преобразуется в пар, используемый в паровой турбине. Также теплоносителями в солнечном контуре могут быть различные химические вещества, обладающие высокой теплоемкостью и температурой кипения, такие как: натрий, диссоциированный аммиак, углеводородный оксид дифениля и др. В последнем случае в состав СЭС входит теплообменник, который предназначен для получения водяного пара во вторичном контуре. Далее пар высокого давления поступает на лопатки турбины, которая вращает турбогенератор. Использованный пар после турбины концентрируется и возвращается в энергетический блок, где вода вновь преобразуется в пар [2].

Оптическая система в солнечных электростанциях башенного типа представляет собой комплекс однотипных, автономно ориентируемых зеркал-гелиостатов. На башне устанавливается приемник концентрированного солнечного излучения. Последующие преобразования тепловой энергии в электрическую осуществляются аналогично энергопреобразованию на тепловых электростанциях [2].

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНЫХ, СЕЗОННЫХ, ГОДОВЫХ НАГРУЗОК ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ВКЛЮЧАЯ ОСВЕТИТЕЛЬНУЮ НАГРУЗКУ

Расчет электроприемников ведется по методике [1].

План дома сведен численными значениями в таблицу 2.1

Таблица 2.1 – Помещения коттеджа с указанием площадей и
устанавливаемых электроприборов с установленной мощностью

Помещения	Площадь, м ²	Устанавливаемые электробытовые приборы	Номинальная мощность, кВт
Кухня-столовая	25,9	Эл. плита	10,5
		Холодильник	0,6
		Чайник	1,5
		СВЧ-печь	1,15
		Мультиварка	1
		Вытяжка	0,3
		Телевизор	0,02
		Мясорубка	1,5
		1 розетка на ток 16 А 7 розеток на ток 6 А	0,8
Холл, Тамбур, Терасса	66,5	7 розеток на ток 6 А	0,7
Гостиная	26,3	Домашний кинотеатр	0,8
		Кондиционер	2,2
		7 розеток на ток 6 А	0,7
Спальня 1	12,2	ПК	0,5
		Фен	2,3
		Кондиционер	2,2
		4 розетки на ток 6 А	0,4
Спальня 2	15,1	ПК	0,5
		4 розетки на ток 6 А	0,4
Спальня 3	12,7	Кондиционер	2,2
		4 розетки на ток 6 А	0,4
Спальня 4	16,0	Кондиционер	2,2
		5 розетки на ток 6 А	0,5
Спальня 5	14,2	Телевизор	0,02
		4 розетки на ток 6 А	0,4
Прихожая	4,3	2 розетка на ток 6 А	0,2
Гардероб	7,7	Утюг	2,5
		2 розетка на ток 6 А	0,2

Помещения	Площадь, м ²	Устанавливаемые электробытовые приборы	Номинальная мощность, кВт
Сан узел 1	2,4	1 розетка на ток 6 А	0,1
Сан узел 2	6,0	Стиральная машина	2,2
		2 розетка на ток 6 А	0,2
Сауна	10,6	Телевизор	0,02
		3 розеток на ток 6 А	0,3
Балкон	14	4 розетки на ток 6 А	0,4
Итого:			39,91 кВт

Расчет освещения ведется относительно номинальной или установленной активной мощности $P_{уст}$:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u,$$

Где S – площадь помещений, м²,

$P_{уст}$ – номинальная или установленная мощность, Вт/м²,

K_c – коэффициент спроса, о.е.,

K_u – коэффициент использования, о.е..

В таблице 1.2 приведены рекомендуемые величины коэффициента спроса, коэффициента использования и установленной мощности для различных помещений. В данном проекте будут использованы светильники с светодиодными лампочками.

Таблица 2.2 – Параметры освещения

Помещение	Номинальная или установленная мощность, Вт/м ²	Коэффициент спроса	Коэффициент использования	Рассчитанная мощность, кВт
Гостиная	3,8	0,8	0,8	0,064
Спальня	2,8	0,6	0,6	0,0708
Кухня	2,8	1,0	0,8	0,058

Сауна	0,8	0,8	0,8	0,054
Остальное	2,3	0,8	0,8	0,149

Гостиная: $P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u = 26,3 \cdot 3,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 63,96 \text{ Вт}.$

Спальня – к данной категории относятся пять спальни:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u = (12,2 + 15,1 + 12,7 + 16 + 14,2) \cdot 2,8 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 70,76 \text{ Вт}.$$

Кухня: $P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u = 25,9 \cdot 2,8 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 58,016 \text{ Вт}.$

Сауна: $P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u = 10,6 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 5,427 \text{ Вт}$

Остальное – к данной категории относятся прихожая, гардероб, 2 сан. узла, холл, тамбур, терраса, балкон:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u = (13,9 + 6,9 + 42,8 + 2,9 + 4,3 + 7,7 + 2,4 + 6 + 14) \cdot 2,3 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 148,52 \text{ Вт}$$

Также необходимо учесть уличное освещение, которое принимаем равным 100 Вт.

Таким образом суммарная мощность электрического освещения со светильниками с лампами накаливания:

$$P_{\Sigma} = 0,064 + 0,0708 + 0,058 + 0,0054 + 0,149 + 0,1 = 0,447 \text{ кВт}.$$

Расчет мощностей бытовых электроприемников: установленная мощность выбирается из паспортных данных электроприборов. Расчетная мощность электроприемников: $P = \sum P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u.$

Расчет суммарной активной мощности: $P_{p\Sigma} = \sum P \cdot \cos\varphi$, где $\cos\varphi$ – коэффициент активной мощности, равный 0,92 [1].

Таблица 2.3 – Бытовые электропотребители с заданными и рассчитанными характеристиками

Наименование групп электропотребителей или отдельных ЭП	Установленная мощность, кВт	Расчетные коэффициента		Активная, кВт	Примечание
		Спроса K_c	Использования K_n		
Электрическое освещение	0,447	-	-	0,447	Светодиодные лампы
Бытовая розеточная сеть	3,9	-	0,7	2,73	
Кухня					
Эл. плита	10,5	0,5	0,6-0,7	3,15	
Холодильник	0,6	1,0	0,5	0,3	
Чайник	1,5	0,2	1,0	0,3	
СВЧ-печь	1,15	0,2	1,0	0,23	
Мультиварка	1	0,1	1,0	0,1	
Вытяжка	0,3	0,3	0,8	0,072	
Телевизор	0,04	0,6	1,0	0,024	
Мясорубка	1,5	0,05	1,0	0,075	
Спальня x 5					
Телевизор	0,04	0,6	1,0	0,024 (2)	
ПК	2,0	0,4	1,0	0,8 (2)	
Фен	2,3	0,05	0,9	0,104	
Кондиционер	2,2	0,7	0,8	1,232 (3)	
Гостиная					
Домашний кинотеатр	1,0	0,4	1,0	0,4	
Кондиционер	2,2	0,7	0,8	1,232	
Сауна					
Телевизор	0,04	0,6	1,0	0,024	
Гардероб					
Утюг	2,5	0,1	1,0	2,5	
Сан. Узел 2					
Стиральная машина	2,0	0,2	0,6	0,24	
Суммарная	52,551	-	-	17,276	

Зная $\cos\varphi$, можно найти коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg}\varphi=0,426$.

Найдем полную и реактивную суммарную мощность:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg}\varphi; \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Согласно найденным значениям $\cos\varphi$, $\operatorname{tg}\varphi$, P_p , а также типовым данным о сезонных графиках электрических нагрузок жилых объектов сельской местности, [2], строим типовые суточные графики активной и реактивной мощности по сезонам (рисунок 2.1).

Для каждого сезона характерен свой коэффициент сезонности (таблица 2.4 в приложении Б) [2]. После пересчета заносим значения активной и реактивной мощности в таблицу 2.4. В таблице 2.6 сведены сезонные данные полной мощности.

$$\text{Зима: } P_{p100\%} = 15,89 \cdot 0,25 = 3,972 \text{ кВт}, \quad Q_{p100\%} = 6,77 \cdot 0,35 = 2,369 \text{ кВар}$$

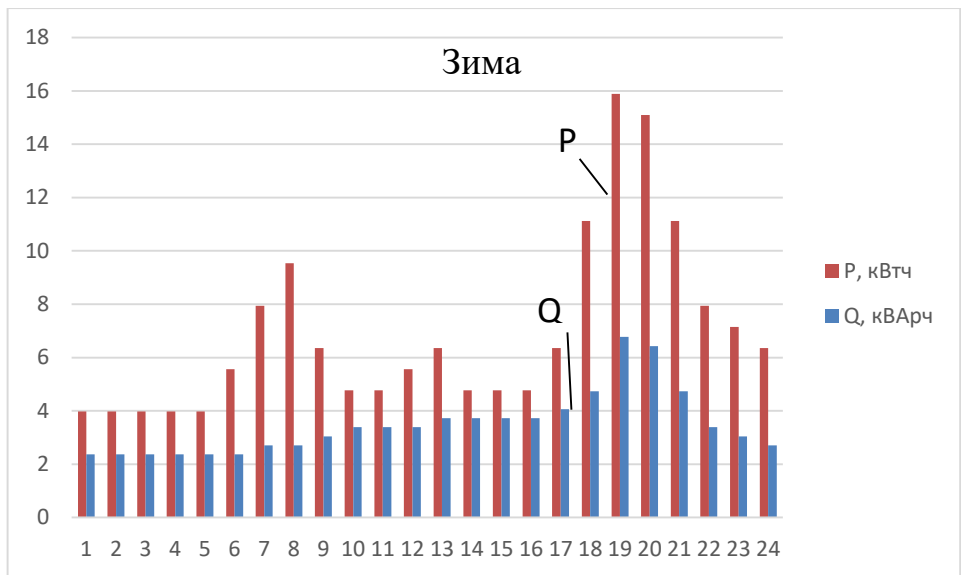
Далее найдём расчётные данные о потреблении электроэнергии. Энергию за сутки найдём по формуле, на примере активной мощности:

$$W_{a.c.} = \sum_{i=1}^{24} P_{pi} \cdot \Delta t, \quad V_{p.c.} = \sum_{i=1}^{24} Q_{pi} \cdot \Delta t$$

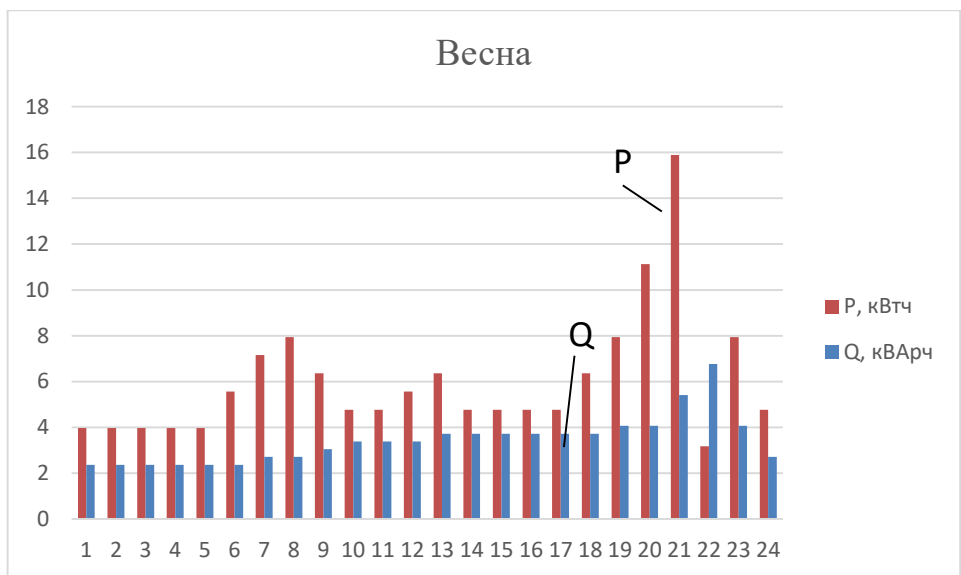
где Δt – дискретизация графика, в данном случае 1 час.

Для определения годового потребления воспользуемся формулой

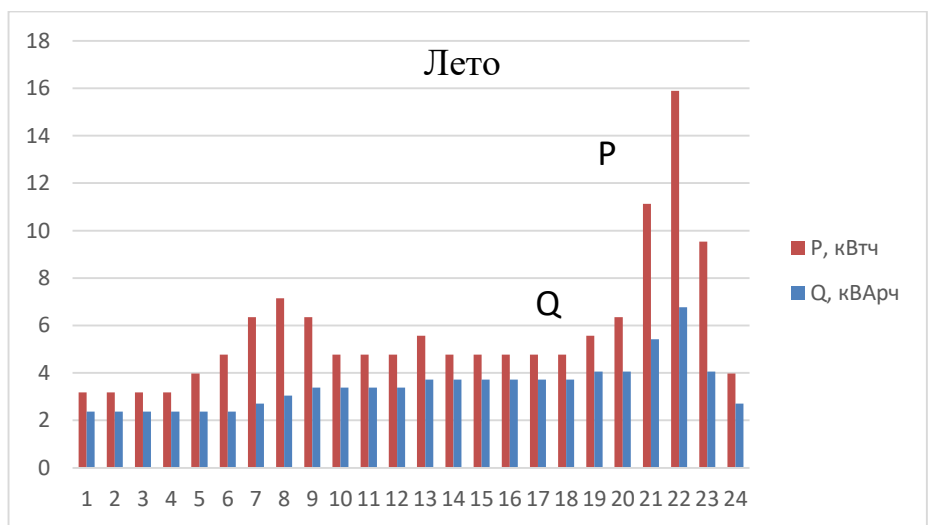
$$W_{a.g.} = 90 \cdot W_{a.c. \text{ зима}} + 90 \cdot W_{a.c. \text{ весна}} + 90 \cdot W_{a.c. \text{ лето}} + 90 \cdot W_{a.c. \text{ осень}},$$
$$V_{a.g.} = 90 \cdot V_{p.c. \text{ зима}} + 90 \cdot V_{p.c. \text{ весна}} + 90 \cdot V_{p.c. \text{ лето}} + 90 \cdot V_{p.c. \text{ осень}}$$



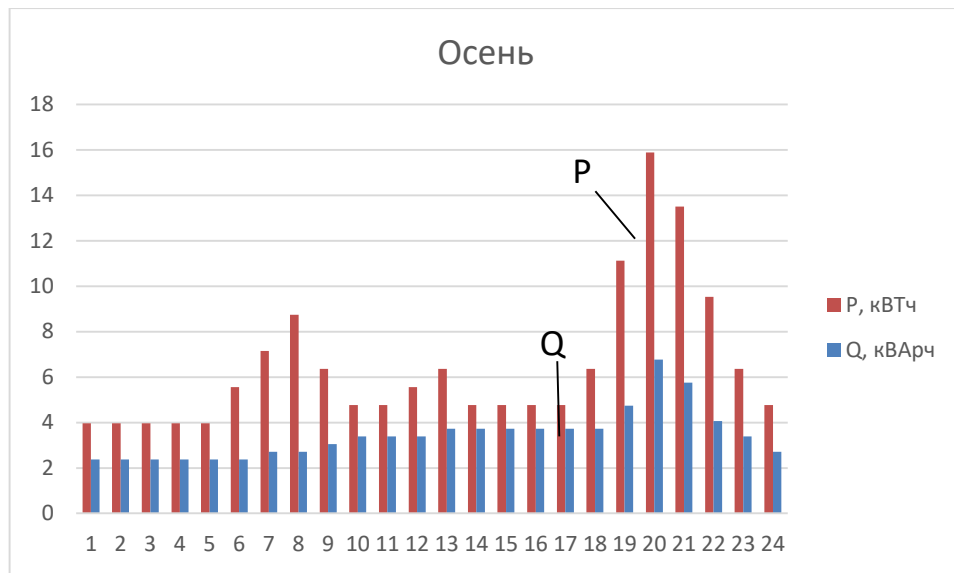
А)



Б)



В)



Г)

Рисунок 2.1 – Сезонные графики нагрузок: А-зима, Б-весна, В-лето, Г-осень
 Расчётные данные о потреблении электрической энергии приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Потребление электрической энергии по сезонам

Сезон	Сутки		Год	
	W_a , кВт·ч	V_p , кВАр·ч	W_a , кВт·ч	W_p , кВАр·ч
Зима	166,05	83,61	54345	29826
Весна	144,6	82,256		
Лето	137,45	82,933		
Осень	155,72	82,594		

3 ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.

3.1 Оценка потенциала энергии ветра

Среднегодовая температура воздуха минус 1,6 °С, среднемесячная температура воздуха наиболее холодного месяца - января, минус 25,7°С, а самого жаркого - июля, плюс 26 ,°С. Абсолютный минимум температуры минус 53°С.

Режим ветра в течение всего года складывается в зависимости от циркуляционных факторов и местных условий. На направление ветра в отдельных пунктах существенное влияние оказывают местные условия: неровности рельефа, направление долин рек, различные препятствия. Преобладающими направлениями ветров в течение года являются ветры южного, юго-западного, северо-западного и северного направлений.

Существенной чертой климата Бурятии является большая продолжительность солнечного сияния — 1900—2200 часов, по данному показателю не уступает, а порой превосходит южные районы России.

Используя метеоданные с сайта www.rp5.ru [28] рассчитаем среднее значение силы ветра по месяцам за три года в промежутке с 2015 по 2017 год включительно. Данные расчёты сводим в таблицу 3.1. Средняя скорость ветра определяется как среднеарифметическое значение, полученное в результате измерений скорости через равные промежутки времени в течение заданного периода: часы, сутки, месяцы, год, несколько лет:

$$V_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i$$

Производители ветрогенераторов, как правило, используют стандартные значения высот башен (12 м, 18 м, 24 м, 30,5 м, 36,6 м), исходя из этого в расчётах скорости ветра на высоте h , h будем принимать равной 12 метрам.

Таблица 3.1 – Среднее значения скорости ветра

Месяц	Скорость ветра, м/с		
	2017	2016	2015
Январь	2.85	2.51	3.1
Февраль	3.12	2.54	2.96
Март	2.49	2.52	3.12
Апрель	2.9	3.71	3.34
Май	3.36	3.47	3.12
Июнь	2.79	2.9	3.05
Июль	2.22	2.35	3.13
Август	2.04	2.6	2.78
Сентябрь	2.74	2.49	2.56
Октябрь	3.02	2.96	3.04
Ноябрь	3.34	2.28	3.67
Декабрь	3.35	2.9	3.2

Известно, что скорость ветра по мере удаления от подстилающей поверхности возрастает и воздушный поток становится более устойчивым. [3] Приближенно скорость ветра на высоте h может быть оценена по формуле:

$$V_h = V_\phi \left(\frac{h}{h_\phi} \right)^\alpha$$

V_ϕ – скорость ветра на высоте флюгера;

h_ϕ – высота флюгера;

α – коэффициент, зависящий от средней скорости ветра на высоте флюгера.

По расположению объект находится в лесотундровой зоне, следовательно, руководствуясь СНиП 2.01.07-85 коэффициент $\alpha=0.4$.

Необходимость поправки скорости ветра по вертикальному профилю, обусловлена оптимизационной задачей. Решение которой, позволит

использовать потенциал ветряной энергии по максимуму. При этом имеется ограничение в виде максимально допустимой высоты башни ветрогенератора.

По данным таблицы строим график средней скорости ветров, рисунок

3.1

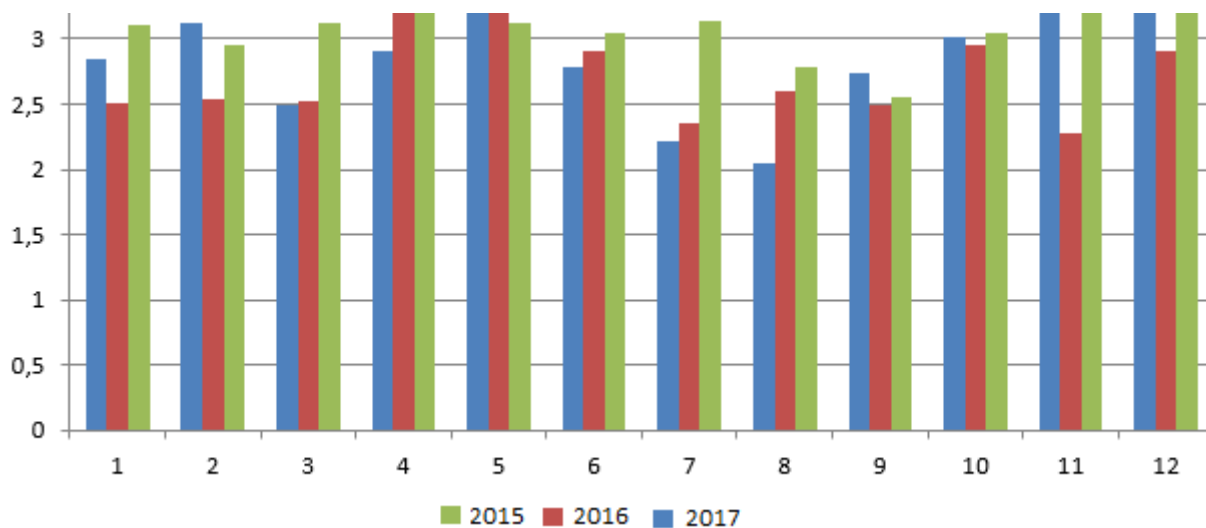


Рисунок 3.1 – Средняя скорость ветра для заданного региона за 2015, 2016, 2017 г.г.

Данные по наибольшему числу дней с сильным ветром > 15 м/с сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Наибольшее число дней с сильным ветром > 15 м/с

Высота флюгера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
12	10	4	6	7	10	4	5	2	4	6	6	5	39

Среднее значение силы ветра за год, для каждого месяца представлены на рисунке 3.2.

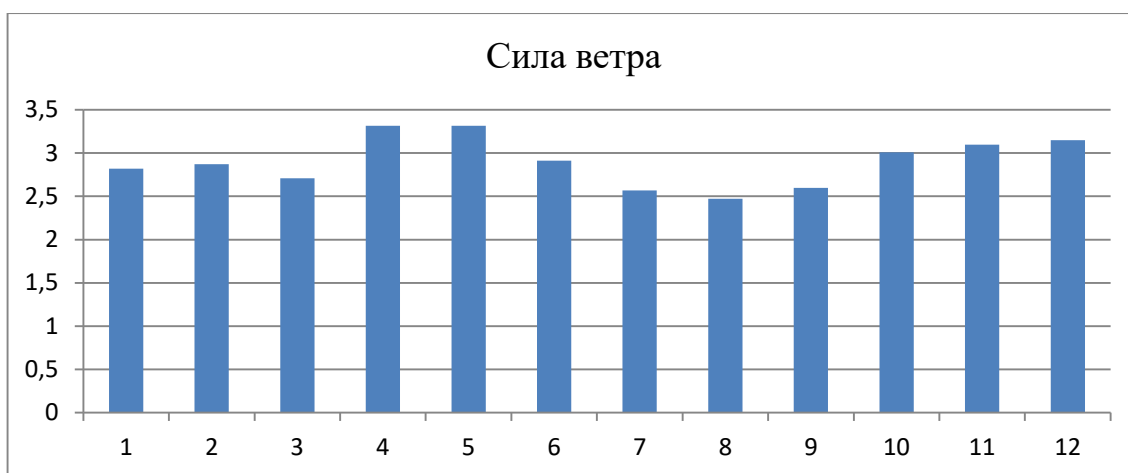


Рисунок 3.2 – Среднее значение силы ветра за год, для каждого месяца.

Из рисунка 3.2 видно, что в среднем скорость ветра составляет 3 м/с. Она опускается ниже 3.5 м/с. Тем самым, данный регион обладает не благоприятным ветроэнергетическим потенциалом.

3.2 Оценка потенциала использования энергии солнца

Солнечная энергия – основной источник энергии, приходящей из космоса на поверхность Земли. Солнце – естественный постоянно действующий термоядерный реактор.

В среднем за год по общей облачности в данном районе наблюдается 247 ясных дней и 118 - пасмурных.

Графики солнечной активности ($\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$) и продолжительность среднего значения солнечного сияния (ч) представлены в таблицах 2.3, 2.4.

В таблице 1 приведены данные о величинах солнечной инсоляции для средних месяцев сезона по расчётам в среде Mathcad на о. Щучье.

Таблица 3.2.1 – Инсоляция солнца по сезонам

Сезоны	Солнечная инсоляция, $\lambda \text{ кВтч} / \text{м}^2 / \text{день}$
Зима	13,2
Весна	18,4
Лето	19,21
Осень	14,4

Расчёт инсоляции в среде Mathcad. В качестве примера произведем расчет для зимы задав координаты о. Щучье $51^{\circ}25'00''$ с. ш. $106^{\circ}32'30''$ в. д. и выбрав день 23 января (23-й день).

$$\begin{aligned}
 S_0 &:= 1395 \\
 N &:= 23 \\
 c &:= 0.43 \\
 \varphi &:= 0.245 \cdot \pi \\
 \gamma &:= 0 \\
 a &:= 0.36 \\
 b &:= 0.38 \\
 n &:= 0.7 \\
 \omega &:= \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{12}, 0, \frac{-\pi}{12}, \frac{-\pi}{6}, \frac{-\pi}{4}, \frac{-\pi}{3} \\
 s &:= \frac{\pi}{12}, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{3}, \frac{5}{12} \pi
 \end{aligned}$$

Расчет

$$\delta := 0.41 \cdot \sin \left[2 \cdot \pi \cdot \frac{(284 + N)}{365} \right]$$

$$\delta = -0.345$$

$$\alpha(\omega) := \text{asin}[(\sin(\varphi) \cdot \sin(\delta)) + (\cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\omega))]$$

$$\theta(\omega, s) := \text{acos} \left[\begin{array}{l}
 (\sin(\delta) \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(s)) \dots \\
 + (-\sin(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \sin(s) \cdot \cos(\gamma)) \dots \\
 + \cos(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \cos(s) \cdot \cos(\omega) \dots \\
 + (\cos(\delta) \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(s) \cdot \cos(\gamma) \cdot \cos(\omega)) \dots \\
 + (\cos(\delta) \cdot \sin(s) \cdot \sin(\gamma) \cdot \sin(\omega))
 \end{array} \right]$$

$$\text{Sort}(\omega) := \frac{S_0 \cdot \sin(\alpha(\omega))}{\sin(\alpha(\omega)) + c} \quad +$$

$$\text{Снакл}(\omega, s) := \text{Sort}(\omega) \cdot \cos(\theta(\omega, s))$$

$$\text{Drop}(\omega) := 0.3 \cdot (S_0 - \text{Sort}(\omega)) \cdot \sin(\alpha(\omega))$$

$$\text{Днакл}(\omega, s) := \text{Drop}(\omega) \cdot [(0.55 + 0.434 \cdot \cos(\theta(\omega, s))) + 0.313 \cdot \cos(\theta(\omega, s)) \cdot \cos(\theta(\omega, s))]$$

$$\text{Qнакл}(\omega, s) := \text{Снакл}(\omega, s) + \text{Днакл}(\omega, s)$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{накл}}\left(\omega, \frac{\pi}{12}\right) d\omega = 754.081$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{накл}}\left(\omega, \frac{\pi}{6}\right) d\omega = 954.107$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{накл}}\left(\omega, \frac{\pi}{4}\right) d\omega = 1.095 \times 10^3$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{накл}}\left(\omega, \frac{\pi}{3}\right) d\omega = 1.164 \times 10^3$$

Следовательно, максимальное количество энергии солнечной радиации приходит на плоскость, наклоненную к горизонту под углом $\pi/3$. Переводим радианы в час.

$$1164 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{рад} = 1164 \cdot 12/3,14 = 4,45 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ч}$$

Таблица 3.2.2 - Значение инсоляции по месяцам года, λ кВтч/м²/день

Месяц	λ , кВтч/м/день
Январь	4,45
Февраль	4,76
Март	5,7
Апрель	6,2
Май	6,5
Июнь	6,63
Июль	6,47
Август	6,11
Сентябрь	5,49
Октябрь	4,79
Ноябрь	4,12
Декабрь	3,99

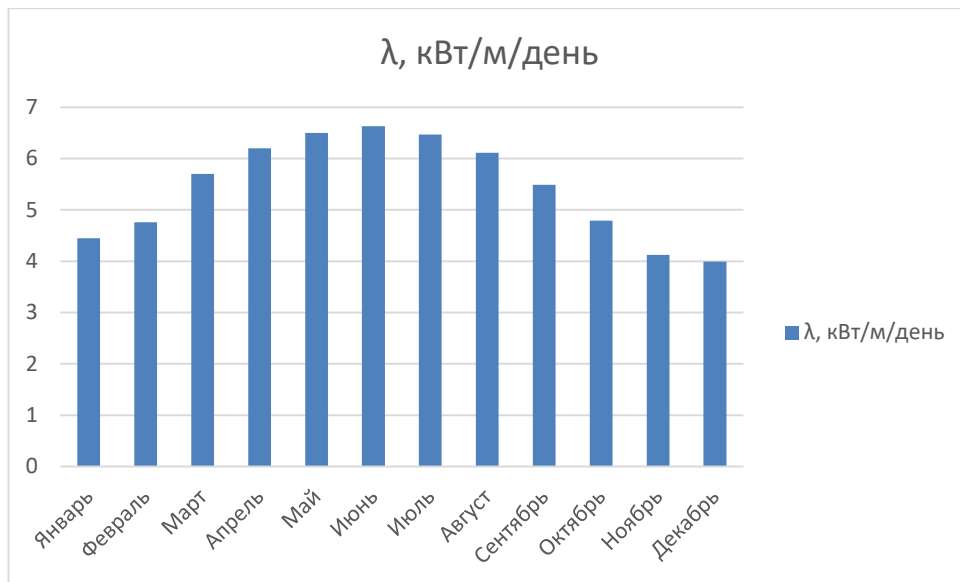


Рисунок 3.2.1 - Инсоляции по месяцам года

В таблице 3 приведены усредненные данные о восходе и заходе солнца, на основе которых вычислена продолжительность светового дня.

Таблица 3.2.3 – Среднемесячная продолжительность светового дня

Сезон	Восход	Закат	Длительность
Зима	09:30:00	16:23:00	06:53:00
Весна	06:32:00	20:56:00	15:24:00
Лето	04:55:00	21:58:00	17:03:00
Осень	08:16:00	18:13:00	9:57:00

Для построения графика значения солнечной энергии в зависимости от времени суток воспользуемся следующим алгоритмом. В качестве примера произведем расчет для зимы. Для каждого часа в сутках отметим наличие или отсутствие солнца, начиная с часа восхода по час заката. Далее подсчитываем количество часов с солнцем, в данном случае $N=9$.

Строить график будем в виде синусоиды, в диапазоне углов от 0 до 180 (восход = 0, закат = 180), поэтому для каждого часа солнечной активности назначим угол, в соответствии с количеством часов продолжительности дня.

Разбиваем 9 часовой интервал на равные промежутки и получаем, что за час угол изменяется на 22,5 градусов.

Определяем мощность, которую можно получить с 1 м^2 за 1 час, столбец

4:

$$P' = \frac{\lambda}{24} \cdot \sin \varphi_i.$$

Просуммировав полученные значения мощности, заметим, что получившееся значение отличается от величины суточной инсоляции на квадратном метре. Следовательно, необходимо найти поправочный коэффициент:

$$K_{II} = \frac{\lambda}{\sum P'i} = \frac{13,2}{0,278} = 9,54.$$

Используя поправочный коэффициент, найдем значения мощности для каждого часа W:

$$P = P'_i \cdot 9,54.$$

Для остальных сезонов расчёт аналогичен.

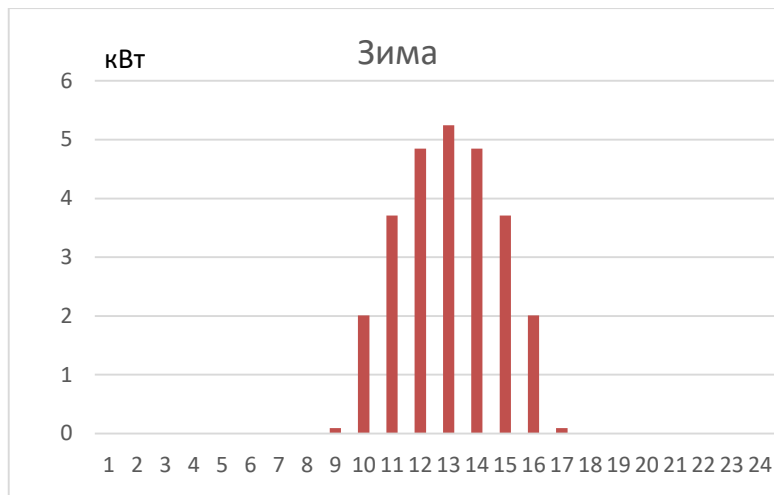
На рисунке 3 приведены суточные графики вырабатываемой активной мощности с квадратного метра под действием солнечного излучения для каждого из сезонов. В таблице 3.2.3 отражены численные значения этих мощностей.

Таблица 3.2.4 – Построение графика энергии солнца, для зимнего сезона

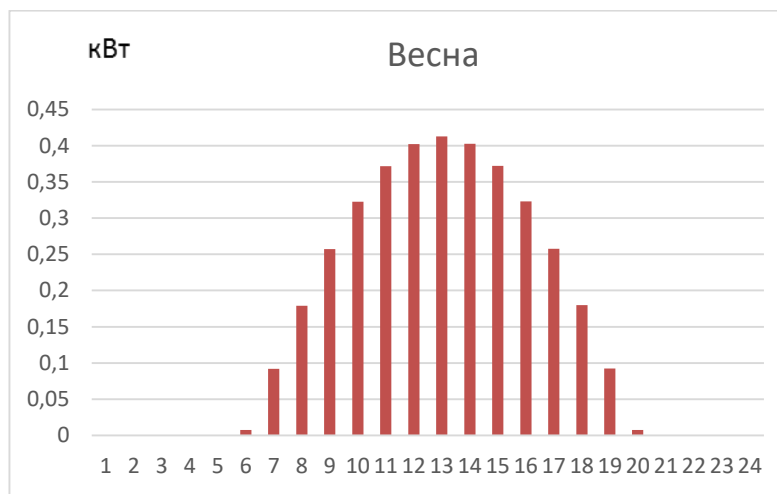
T	flag	φ	P'	P, кВт/м ²	W, кВт·ч/м ²
00:00:00	0	0	0	0	0
01:00:00	0	0	0	0	0
02:00:00	0	0	0	0	0
03:00:00	0	0	0	0	0
04:00:00	0	0	0	0	0
05:00:00	0	0	0	0	0
06:00:00	0	0	0	0	0
07:00:00	0	0	0	0	0
08:00:00	0	0	0	0	0
09:00:00	1	1	0,00095	0,00915	0,00915
10:00:00	1	22,5	0,0210	0,20080	0,20080
11:00:00	1	45	0,0388	0,37103	0,37103
12:00:00	1	67,5	0,0508	0,48477	0,48477
13:00:00	1	90	0,055	0,52471	0,52471
14:00:00	1	112,5	0,0508	0,48477	0,48477
15:00:00	1	135	0,0388	0,37103	0,37103
16:00:00	1	157,5	0,0210	0,20080	0,20080
17:00:00	1	179	0,0009	0,00915	0,00915
18:00:00	0	0	0	0	0
19:00:00	0	0	0	0	0
20:00:00	0	0	0	0	0
21:00:00	0	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0	0
23:00:00	0	0	0	0	0
Итого	-	-	0,278	2,656	2,656

Таблица 3.2.5 - Суточные графики активных нагрузок и вырабатываемой мощности с 1 квадратного метра за счет энергии солнца

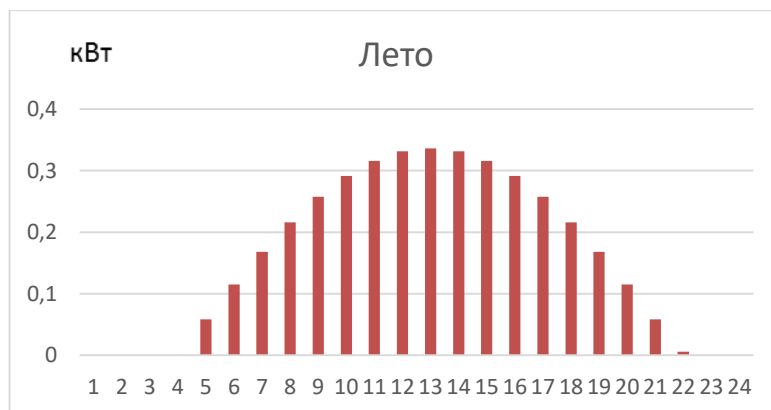
t, ч	Зима		Весна		Лето		Осень	
	Pз	Wз	Pв	Wв	Pл	Wл	Pо	Wo
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0,00058	0,00058	0	0
5	0	0	0	0	0,058	0,058	0	0
6	0	0	0,007	0,007	0,114	0,114	0	0
7	0	0	0,091	0,091	0,168	0,168	0	0
8	0	0	0,179	0,179	0,216	0,216	0,0079	0,0079
9	0,00915	0,00915	0,257	0,257	0,257	0,257	0,1401	0,1401
10	0,20080	0,20080	0,322	0,322	0,291	0,291	0,266	0,266
11	0,37103	0,37103	0,371	0,371	0,315	0,315	0,366	0,366
12	0,48477	0,48477	0,402	0,402	0,331	0,331	0,431	0,431
13	0,52471	0,52471	0,412	0,412	0,336	0,336	0,453	0,453
14	0,48477	0,48477	0,402	0,402	0,331	0,331	0,431	0,431
15	0,37103	0,37103	0,372	0,372	0,315	0,315	0,366	0,366
16	0,20080	0,20080	0,323	0,323	0,291	0,291	0,266	0,266
17	0,00915	0,00915	0,257	0,257	0,257	0,257	0,140	0,140
18	0	0	0,179	0,179	0,216	0,216	0,0079	0,0079
19	0	0	0,092	0,092	0,168	0,168	0	0
20	0	0	0,007	0,007	0,114	0,114	0	0
21	0	0	0	0	0,058	0,058	0	0
22	0	0	0	0	0,005	0,005	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0



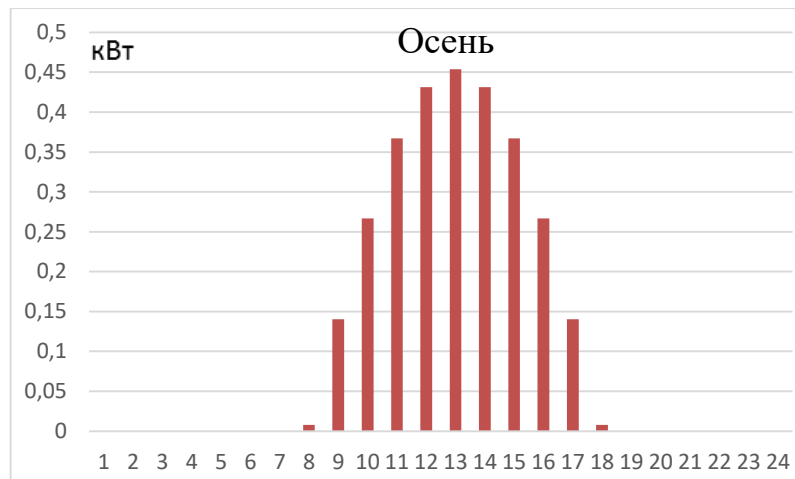
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.2.2 – Сезонные графики вырабатываемой активной мощности за счет солнечной энергии с 1 м^2 а) зима, б) весна, в) лето, г) осень

3.3. Типы солнечных батарей, их характеристики

Солнечная батарея состоит из отдельных солнечных элементов (СЭ), которые соединяясь вместе, обеспечивают необходимую мощность батареи.

Работа СЭ заключается в использовании явления фотоэффекта. Суть фотоэффекта заключается в том, что фотоны света, как основа солнечного излучения, могут выбивать электроны или с поверхности тел (внешний фотоэффект) или только из кристаллической решетки внутри полупроводника (внутренний фотоэффект).

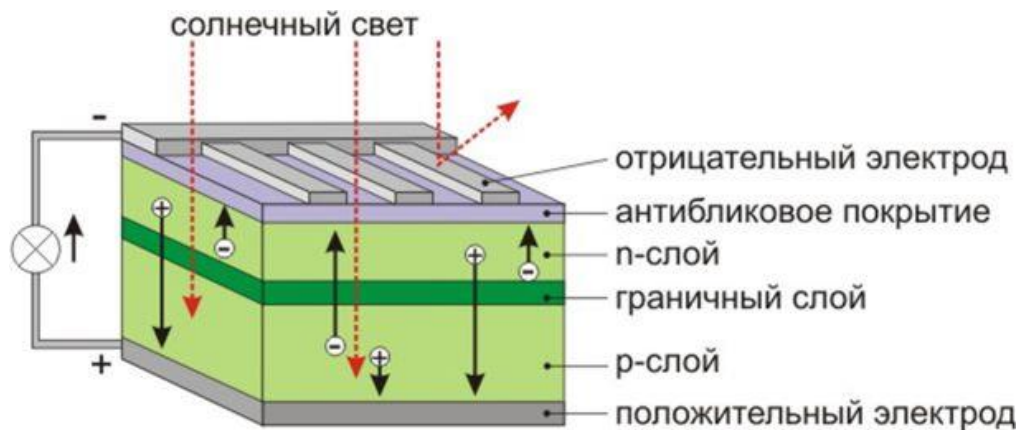


Рисунок 3.3.1 – Структура солнечного модуля

Созданные светом в обоих слоях ФЭП неравновесные носители заряда (электронно-дырочные пары) разделяются на p-n-переходе: неосновные носители (т.е. электроны) свободно проходят через переход, а основные (дырки) задерживаются. Если теперь замкнуть внешнюю цепь, то электроны из n-слоя, совершив работу на нагрузке, будут возвращаться в p-слой и там рекомбинировать (объединяться) с дырками, движущимися внутри ФЭП в противоположном направлении. Для сбора и отвода электронов во внешнюю цепь на поверхности полупроводниковой структуры ФЭП имеется контактная система. На передней, освещенной поверхности преобразователя контакты выполняются в виде сетки или гребенки, а на тыльной могут быть сплошными. При подключении к элементу нагрузки сила тока возрастает пропорционально яркости солнечного света, вплоть до определенного критического значения. [3]

В настоящее время на рынке наиболее распространены пять типов солнечных батарей, различающихся материалами, из которых изготовлены их элементы.

Солнечные панели из монокристаллических фотоэлектрических элементов. Солнечные панели из монокристаллических фотоэлектрических элементов более эффективны, но и более дороги в пересчете на ватт мощности. Их КПД, как правило, в диапазоне 14-16%.

Основной материал - крайне чистый кремний, который проходит несколько стадий очистки от примесей. Данный материал хорошо освоен в области производства полупроводников. Кремниевый монокристалл растет на семени, которое медленно вытягивается из кремниевого расплава. Стержни, полученные таким путем, режутся на части толщиной от 0,2 до 0,4 мм. Затем эти диски подвергаются ряду производственных операций, таких как:

- обтачивание, шлифовка и очистка;
- наложение защитных покрытий;

- металлизация;
- антирефлексионное покрытие.



Рисунок 3.3.2. – Внешний вид панели из монокристаллических фотоэлектрических элементов

Обычно монокристаллические элементы имеют форму многоугольников, которыми трудно заполнить всю площадь панели без остатка. В результате удельная мощность солнечной батареи несколько ниже, чем удельная мощность отдельного ее элемента.

Также солнечные панели изготавливаются на основе поликристаллических фотоэлектрических элементов. Изготовление же поликристаллического кремния намного легче, так как этот материал состоит из случайно собранных разных монокристаллических решеток кремния.

Солнечные панели из поликристаллических фотоэлектрических элементов наиболее распространены ввиду оптимального соотношения цены и КПД среди всех разновидностей панелей. Их КПД составляет 12-15%. У элементов, образующих панель, характерный синий цвет и кристаллическая структура.

Поликристаллический кремний формируется, когда кремниевый расплав охлаждается медленно и находится под контролем. При производстве поликристаллических панелей операция вытягивания, характерная для

производства монокристаллических элементов, не осуществляется, что делает производство менее энергоёмким и более дешёвым. Однако внутри кристалла поликристаллического кремния имеются области, отделённые зернистыми границами, вызывающие меньшую эффективность элементов.

Далее речь пойдёт о тонкоплёночных солнечных батареях. Все данные типы батарей имеют два основных преимущества в сравнении с кремниевыми: хорошая гибкость и низкая масса. С развитием технологий производства и увеличением эффективности преобразования возможно данные преимущества станут ключевыми и приведут к повсеместному распространению таких типов солнечных элементов. Рассмотрим более подробно три основных вида тонкоплёночных солнечных батарей

Солнечные батареи из аморфного кремния. Солнечные батареи из аморфного кремния обладают одним из самых низких КПД. Обычно его значения в пределах 6-8%. Однако среди всех кремниевых технологий фотоэлектрических преобразователей они вырабатывают самую дешёвую электроэнергию из-за дешёвизны производства и как следствия низкой себестоимости элементов.

Аморфный кремний получается при помощи «техники испарительной фазы», когда тонкая плёнка кремния осаждается на несущий материал и защищается покрытием. Эта технология имеет ряд недостатков и преимуществ.

Преимущества:

- процесс производства солнечных панелей на основе аморфного кремния относительно простой и недорогой;
- возможно производство элементов большой площади;
- низкое энергопотребление.

Недостатки:

- Эффективность преобразования значительно ниже, чем в кристаллических элементах;

-Элементы подвержены процессу деградации. Это вызвано более быстрым, чем у кристаллических видов, выгоранием слоев кремния под воздействием солнечной радиации. Поэтому эффективность солнечных батарей на основе аморфного кремния уже через два месяца эксплуатации снижается почти на 20%. В целом их срок службы составляет не более 8-10 лет.

Солнечные панели из теллурида кадмия. Солнечные панели из теллурида кадмия (CdTe) создаются также на основе пленочной технологии. Полупроводниковый слой наносят на подложку в несколько сотен микрометров. Эффективность элементов из теллурида кадмия невелика, КПД около 11%. Однако, в сравнении с кремниевыми панелями, ватт мощности этих батарей обходится на несколько десятков процентов дешевле.

Солнечные панели на основе CIGS. CIGS – это полупроводник, состоящий из меди, индия, галлия и селена. Пленку этого состава получают путем распыления меди, индия и галлия с дальнейшей обработкой парами селена. В сравнении с панелями из теллурида кадмия обладает более высокой эффективностью, его КПД доходит до 15%.

Сегодня на рынке наиболее заметны кристаллические кремниевые элементы (около 85% мирового рынка). Солнечные панели из поли- и монокристаллических фотоэлектрических элементов наиболее распространены ввиду оптимального соотношения цены и КПД среди всех разновидностей панелей.

Тонкопленочные солнечные элементы (около 15% рынка) представляют большой интерес в связи с их постоянным удешевлением, связанным с меньшим использованием чувствительного материала и более дешевыми технологиями. Ожидается, что в силу этих и других факторов стоимость получаемых материалов будет достаточно низкой при массовом производстве и применении СЭ.

При осуществлении выбора солнечных батарей обратим внимание именно на батареи из кристаллического кремния. Выбор в пользу кремниевых а не тонкопленочных элементов обусловлен следующими обстоятельствами:

-Батареи на основе аморфного кремния имеют ярко выраженный недостаток в виде деградации.

-Солнечные панели из теллурида кадмия имеют низкую эффективность преобразования и малое распространение не только на российском, но и на мировом рынке (6% от общего объема батарей).

При выборе солнечных элементов возникает вопрос, сможет ли тот или иной тип фотоэлектрических преобразователей обеспечить необходимую мощность всей системы. Одинаковую мощность всей установки можно получить при помощи любых типов солнечных батарей, однако более эффективные фотоэлектрические преобразователи занимают меньше места, для их размещения понадобится меньшая площадь. Например, если для получения одного киловатта электроэнергии потребуется около 8 кв.м. поверхности солнечной батареи на основе монокристаллического кремния, то панели из аморфного кремния займут уже около 20 кв.м.

Электрические параметры любой солнечной батареи определяются в так называемых стандартных условиях тестирования, а именно при интенсивности солнечного излучения 1000 Вт/кв.м. и рабочей температуре панели 25° С.

Для определения фактической выработки электроэнергии солнечными батареями используем данные о суммарной солнечной радиации и технические характеристики модулей (КПД, площадь рабочей поверхности батареи).

4. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ИЛИ ВАРИАНТОВ СХЕМ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В качестве предложенных вариантов автономного электроснабжения коттеджа будем рассматривать следующие:

- **Вариант 1** Питание коттеджа от двух ветроэнергетических установок с применением аккумуляторов для запаса излишней энергии и дизель-генераторной установкой для резервирования.

- **Вариант 2** Питание коттеджа от солнечных батарей площадью 200 м² с применением аккумуляторов для запаса излишней энергии и использование дизель-генераторной установки для резервирования.

Для варианта 1 структурная схема представлена на рисунке 3.1. Пунктирными линиями обозначены информационные каналы, сплошными линиями – силовые.

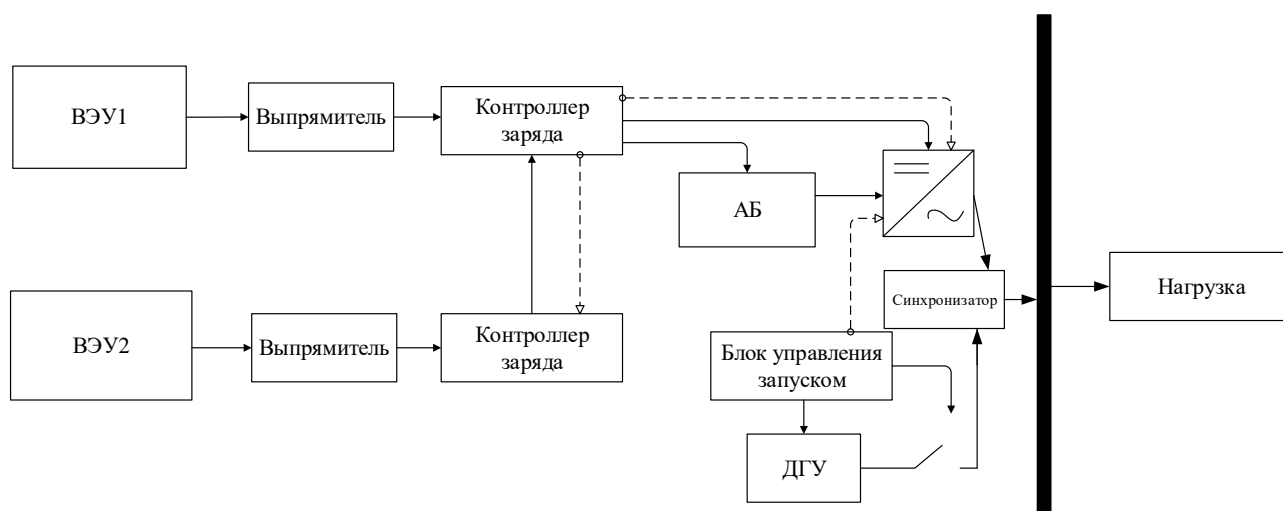


Рисунок 4.1 – Структурная схема для варианта №1

Принцип работы данной системы заключается в следующем. Ветрогенератор при вращении вырабатывает энергию постоянного тока, которая направляется к потребителю через инвертор. В зависимости от инвертора система может быть однофазной или трёхфазной.

В случае избытка энергии, некоторая её часть направляется на аккумуляторы. Аккумуляторы запасают электрическую энергию, которая

оказалась излишней в часы максимума генерируемых мощностей и часы минимума нагрузки потребителей.

В случае, когда вырабатываемая мощность будет преобладать над потребляемой и аккумуляторы будут полностью заряжены в ветрогенераторе, предусмотрено балластное сопротивление. Однако в данном случае излишки энергии будут расходоваться впустую. Что бы использовать энергию более рационально, вместо балластного сопротивления можно использовать полезную нагрузку (нагрев воды, помещения, дежурный свет).

В случае, когда же ветрогенератор не вырабатывает необходимое количество энергии и аккумуляторы разряжены, включается дизель-генератор. Он может покрывать как не достающую часть мощности, так и полностью покрывать её.

Для варианта №2 выбрана схема с соединением элементов энергосистемы на стороне постоянного тока. Структурная схема для этого варианта представлена на рисунке 4.2.

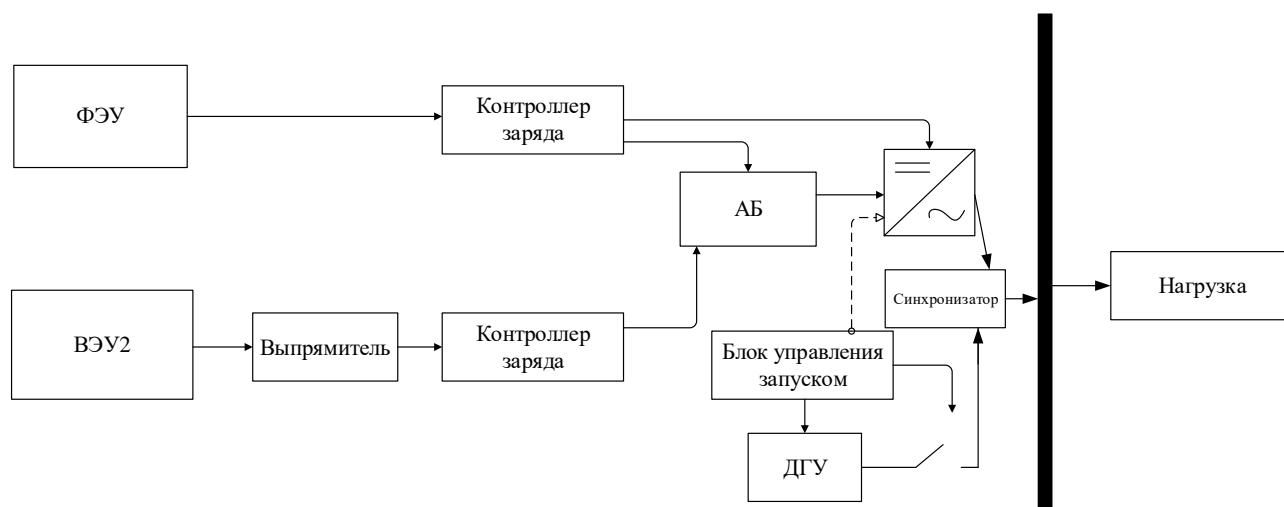


Рисунок 4.2 – Структурная схема для варианта №2

ДГ включается тогда, когда накопленной мощности в аккумуляторе не хватает для обеспечения нагрузки. При выборе ДГ необходимо учесть, чтобы он был с электростартером, для его автоматического запуска по команде блока управления. Если вырабатываемая мощность окажется выше, чем

потребляемая, а аккумулятор заряжен до максимума, излишнюю энергию можно на дополнительном балластном сопротивлении.

Как правило, солнечные модули и ВЭУ генерируют энергию постоянного тока на одном напряжении и через контроллер заряда заряжают аккумуляторные батареи. В периоды максимальных нагрузок, когда глубина разрядки аккумуляторов достигает предельного значения, автоматически должен запускаться дизельгенератор и обеспечить бесперебойное электроснабжение электроприёмников. Для преобразования постоянного тока в переменный в системе предусмотрены инверторы.

4.1 Определение требуемых генерирующих мощностей и подбор оборудования

Выбор намеченных ранее вариантов был произведен с учетом предварительного расчета и определения необходимого количества оборудования для уменьшения использования дизель-генераторной установки и, следовательно, уменьшения потребления топлива.

При выборе оборудования для варианта 1 будем основываться на двух сезонах зимнем и весеннем. При выборе солнечных панелей на весенний сезон, основываемся на том, чтобы не использовать ДГУ в течение суток, а при выборе ДГУ на зимний сезон, когда солнечная активность минимальна, а нагрузка в течение суток максимальна. В летний и осенний сезоны будет проведена проверка работоспособности выработанных алгоритмов работы системы.

Для варианта 1 в качестве солнечных модулей выбирались модули ФСМ 155М [4]. Технические характеристики приведены в таблице 4.1.

В таблице 4.5 приведён расчёт мощности, генерируемой солнечными панелями, а также энергии, запасённой в аккумуляторах. В таблице приведены потребляемая мощность P_n , кВт, мощность, генерируемая солнечными

панелями $P_C = P_{CM} \cdot S \cdot \eta$, кВт. Балансовая мощность, $B = P_C - P_H$, кВт. Выбранная в варианте 1 площадь солнечных батарей позволяет в летний и весенний периоды полностью снабжать электроэнергией коттедж без включения ДГУ.

Аналогично составим таблицы 4.6 - 4.8 для каждого среднего месяца по сезонам.

Таблица 4.1 – Характеристики солнечной панели ФСМ 155М

Тип элементов	монокристаллический кремний (JA Solar)
Число элементов и соединений:	36 шт. (156x156 мм)
Эффективность элементов (КПД):	18%
Максимальная мощность при стандартных условиях (STC), Вт:	155 Вт (+ до 6 Вт)
Номинальное напряжение, В	12
Ток короткого замыкания (Isc), А:	8,53 А
Напряжение в точке максимальной мощности (Vmp), В:	19
Ток в точке максимальной мощности (Imp), А:	8,15
Размер солнечного модуля, мм.:	1476 x 667 x 35
Вес, кг:	12
Температура эксплуатации:	от -40°C до +85°C
Максимальное напряжение системы:	3000 В постоянного тока
Стоимость, руб.	11300

Выбираем инвертор MAP·SIN·PRO·48·18 [5] Инвертор оснащён контроллером заряда АКБ.

Таблица 4.2 – Характеристики инвертора MAP·SIN·PRO·48·18

Максимальная мощность (режим активной нагрузки), кВт	18
Пиковая мощность (5 сек), кВт	25
Номинальная мощность, кВт	12
Габариты (ШхГхВ), см	21×41×56
Масса без упаковки, кг	54,30
Цена, руб.	130500

В качестве аккумуляторных батарей выбираются аккумуляторы марки Prosolar-R RA12-200DG [6].

Таблица 4.3 – Технические характеристики гелевой аккумуляторной батареи марки Prosolar-R RA12-200DG

Номинальное напряжение	12 В
Емкость	200 Ач
Высота с клеммами	240 мм
Высота	268 мм
Длина	520 мм
Ширина	220 мм
Вес	61 кг
Стоимость, руб.	32130

Энергия, которую можно запасти в одном аккумуляторе, равна:

$$W_A = \frac{0,7 \cdot U \cdot I \cdot t}{1000} = \frac{0,7 \cdot 12 \cdot 200}{1000} = 1,68 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

В данном случае 0,7 – коэффициент, позволяющий учесть то, что аккумулятор разряжается не полностью. Из таблицы 4.5 энергия, которую необходимо выработать в часы, когда нагрузка больше, чем вырабатываемая солнечными панелями мощность, равна 29,321 кВт·ч. Для определения количества аккумуляторов разделим эту энергию на энергию, вырабатываемую одним аккумулятором, и получим:

$$N = \frac{W}{W_A} = \frac{29,321}{1,68} = 17,45.$$

Таким образом, количество аккумуляторов равно 16 штукам.

Наибольшая мощность нагрузки за зимний (самый нагруженный) период $P=8,946$ кВт. Выберем дизельную электростанцию ЭнергоХолдинг SDMO T16K [7], характеристики которой представлены в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Характеристики дизельной электростанции ЭнергоХолдинг SDMO T16K

Мощность	кВт	12,8
Мощность	кВА	16
Расход топлива	л/ч	3,4
Емкость бака	л	50
Габаритные размеры, (ДхШхВ)	мм	1410x720x1050
Объем двигателя	кб. см	1758
Двигатель		Diesel
Модель		S4L2 SD
Частота вращения	об/мин	1500
Номинальная мощность	кВт	12
Количество и расположение цилиндров		4L
Генератор		Mecc Alte
Модель		ECO3-2L
Напряжение	В	400/230
Частота	Гц	50
Стоимость	Руб.	626130

Для варианта №2 (таблицы 4.9-4.12) в качестве солнечных модулей были выбраны те же модули, что и ранее, но только площадью 50 м^2 . Следовательно, максимальная мощность, которую они могут выдать снизилась в 3 раза, и их количество также уменьшилось в 3 раза (50 штук). Была выбрана та же самая ДГУ, так как величина зимнего максимума мощности не изменилась. Однако для данного варианта отсутствуют аккумуляторные батареи, то есть вся энергия от солнечных панелей сразу идет на питание нагрузки

Инвертор также выбираем той же марки и мощности.

Таблица 4.5 – Баланс мощности для средних суток среднего месяца зимы

t, ч	P_c , кВт	P_n , кВт	Б, кВт	Устройство	
1	0	2.236	-2.236	ДГУ	
2	0	2.236	-2.236	ДГУ	
3	0	2.236	-2.236	ДГУ	
4	0	2.236	-2.236	ДГУ	
5	0	2.236	-2.236	ДГУ	
6	0	3.131	-3.131	ДГУ	
7	0	4.473	-4.473	ДГУ	
8	0	5.367	-5.367	ДГУ	
9	0	3.578	-3.578	ДГУ	
10	0.089	2.683	-2.594	СП/ДГУ	
11	3.005	2.683	0.322	СП	
12	4.863	3.131	1.732	СП	
13	4.865	3.578	1.287	СП	
14	3.011	2.683	0.328	СП	
15	0.097	2.683	-2.586	СП/ДГУ	
16	0	2.683	-2.683	ДГУ	
17	0	3.578	-3.578	ДГУ	
18	0	6.262	-6.262	ДГУ	
19	0	8.946	-8.946	ДГУ	
20	0	8.498	-8.498	ДГУ	
21	0	6.262	-6.262	ДГУ	
22	0	4.473	-4.473	ДГУ	
23	0	3.131	-3.131	ДГУ	
24	0	2.683	-2.683	ДГУ	
Итого	-	15.930	91.686	-75.756	-
Энергия при $P_{св} > P_n$	15.743	12.075	3.668	-	-
Энергия при $P_{св} < P_n$	0.187	79.611	-79.424	-	-

Таблица 4.6 – Баланс мощности для средних суток среднего месяца весны

t , ч	P_c , кВт	P_n , кВт	B , кВт	Устройство	
1	0	1.789	-1.789	АБ	
2	0	1.789	-1.789	АБ	
3	0	1.789	-1.789	АБ	
4	0	1.789	-1.789	АБ	
5	0	1.789	-1.588	АБ	
6	2.394	2.504	-0.110	АБ/СП	
7	4.684	3.22	1.464	СП	
8	6.769	3.578	3.191	СП	
9	8.559	2.862	5.697	СП	
10	9.975	2.146	7.829	СП	
11	10.956	2.146	8.810	СП	
12	11.458	2.504	8.954	СП	
13	11.460	2.862	8.598	СП	
14	10.961	2.146	8.815	СП	
15	9.984	2.146	7.838	СП	
16	8.571	2.146	6.425	СП	
17	6.784	2.146	4.638	СП	
18	4.701	2.862	1.839	СП	
19	2.412	3.578	-1.166	АБ/СП	
20	0	5.009	-4.991	АБ	
21	0	7.156	-7.156	АБ	
22	0	1.431	-1.431	АБ	
23	0	3.578	-3.578	АБ	
24	0	2.146	-2.146	АБ	
Итого	-	109.890	65.111	44.779	-
Энергия при $P_{св} > P_n$		104.864	30.764	74.100	-
Энергия при $P_{св} < P_n$		5.026	34.347	-29.321	-

Таблица 4.7 – Баланс мощности для средних суток среднего месяца лето

t , ч	P_c , кВт	P_n , кВт	B , кВт	Устройство	
1	0	1.252	-1.252	АБ	
2	0.187	1.252	-1.065	АБ/СП	
3	1.594	1.252	0.342	СП	
4	3.152	1.252	1.900	СП	
5	4.640	1.565	3.075	СП	
6	6.025	1.878	4.147	СП	
7	7.275	2.504	4.771	СП	
8	8.363	2.817	5.546	СП	
9	9.264	2.504	6.760	СП	
10	9.959	2.817	7.142	СП	
11	10.431	2.504	7.927	СП	
12	10.671	1.878	8.793	СП	
13	10.673	1.878	8.795	СП	
14	10.436	1.878	8.558	СП	
15	9.967	2.191	7.776	СП	
16	9.276	1.878	7.398	СП	
17	8.377	1.878	6.499	СП	
18	7.292	1.878	5.414	СП	
19	6.044	2.191	3.853	СП	
20	4.661	2.504	2.157	СП	
21	3.174	4.383	-1.209	АБ/СП	
22	1.616	6.262	-4.646	АБ/СП	
23	0.023	3.757	-3.734	АБ/СП	
24	0	1.565	-1.565	АБ	
Итого	-	143.100	55.718	87.382	-
Энергия при $P_{св} > P_n$		138.100	37.247	100.853	-
Энергия при $P_{св} < P_n$		5.000	18.471	-13.471	-

Таблица 4.8 – Баланс мощности для средних суток среднего месяца осени

t , ч	P_c , кВт	P_n , кВт	B , кВт	Устройство	
1	0	2.012	-2.012	ДГУ	
2	0	2.012	-2.012	ДГУ	
3	0	2.012	-2.012	ДГУ	
4	0	2.012	-2.012	ДГУ	
5	0	2.012	-2.012	ДГУ	
6	0	2.817	-2.817	ДГУ	
7	0.064	3.622	-3.558	СП/ДГУ	
8	1.132	4.428	-3.296	СП/ДГУ	
9	2.153	3.22	-1.067	СП/ДГУ	
10	2.964	2.415	0.549	СП	
11	3.485	2.415	1.070	СП	
12	3.665	2.817	0.848	СП	
13	3.487	3.22	0.267	СП	
14	2.968	2.415	0.553	СП	
15	2.158	2.415	-0.257	СП/ДГУ	
16	1.138	2.415	-1.277	СП/ДГУ	
17	0.006	2.415	-2.409	СП/ДГУ	
18	0	3.22	-3.220	ДГУ	
19	0	5.635	-5.635	ДГУ	
20	0	8.051	-8.051	ДГУ	
21	0	6.843	-6.843	ДГУ	
22	0	4.83	-4.830	ДГУ	
23	0	3.22	-3.220	ДГУ	
24	0	2.415	-2.415	ДГУ	
Итого	-	23.220	78.888	-55.668	-
Энергия при $P_{св} > P_n$		16.569	13.282	3.287	-
Энергия при $P_{св} < P_n$		6.651	65.606	-58.955	-

Таблица 4.9 – Баланс мощности для средних суток среднего месяца зимы

t, ч	P _с , кВт	P _н , кВт	Б, кВт	Устройство	
1	0	2.236	-2.236	ДГУ	
2	0	2.236	-2.236	ДГУ	
3	0	2.236	-2.236	ДГУ	
4	0	2.236	-2.236	ДГУ	
5	0	2.236	-2.236	ДГУ	
6	0	3.131	-3.131	ДГУ	
7	0	4.473	-4.473	ДГУ	
8	0	5.367	-5.367	ДГУ	
9	0	3.578	-3.578	ДГУ	
10	0.030	2.683	-2.653	СП/ДГУ	
11	1.002	2.683	-1.681	СП/ДГУ	
12	1.621	3.131	-1.510	СП/ДГУ	
13	1.622	3.578	-1.956	СП/ДГУ	
14	1.004	2.683	-1.679	СП/ДГУ	
15	0.032	2.683	-2.651	СП/ДГУ	
16	0	2.683	-2.683	ДГУ	
17	0	3.578	-3.578	ДГУ	
18	0	6.262	-6.262	ДГУ	
19	0	8.946	-8.946	ДГУ	
20	0	8.498	-8.498	ДГУ	
21	0	6.262	-6.262	ДГУ	
22	0	4.473	-4.473	ДГУ	
23	0	3.131	-3.131	ДГУ	
24	0	2.683	-2.683	ДГУ	
Итого	-	5.310	91.686	-86.376	-

Таблица 4.10 – Баланс мощности для средних суток среднего месяца весны

t, ч	P _с , кВт	P _н , кВт	Б, кВт	Устройство	
1	0	1.789	-1.789	ДГУ	
2	0	1.789	-1.789	ДГУ	
3	0	1.789	-1.789	ДГУ	
4	0	1.789	-1.789	ДГУ	
5	0	1.789	-1.722	ДГУ	
6	0.798	2.504	-1.706	СП/ДГУ	
7	1.561	3.22	-1.659	СП/ДГУ	
8	2.256	3.578	-1.322	СП/ДГУ	
9	2.853	2.862	-0.009	СП/ДГУ	
10	3.325	2.146	1.179	СП	
11	3.652	2.146	1.506	СП	
12	3.819	2.504	1.315	СП	
13	3.820	2.862	0.958	СП	
14	3.654	2.146	1.508	СП	
15	3.328	2.146	1.182	СП	
16	2.857	2.146	0.711	СП	
17	2.261	2.146	0.115	СП	
18	1.567	2.862	-1.295	СП/ДГУ	
19	0.804	3.578	-2.774	СП/ДГУ	
20	0	5.009	-5.003	ДГУ	
21	0	7.156	-7.156	ДГУ	
22	0	1.431	-1.431	ДГУ	
23	0	3.578	-3.578	ДГУ	
24	0	2.146	-2.146	ДГУ	
Итого	-	36.630	65.111	-32.672	-

Таблица 4.11 – Баланс мощности для средних суток среднего месяца лето

t, ч	P _с , кВт	P _н , кВт	Б, кВт	Устройство	
1	0	1.252	-1.252	ДГУ	
2	0.062	1.252	-1.190	СП/ДГУ	
3	0.531	1.252	-0.721	СП/ДГУ	
4	1.051	1.252	-0.201	СП/ДГУ	
5	1.547	1.565	-0.018	СП/ДГУ	
6	2.008	1.878	0.130	СП/ДГУ	
7	2.425	2.504	-0.079	СП/ДГУ	
8	2.788	2.817	-0.029	СП/ДГУ	
9	3.088	2.504	0.584	СП	
10	3.320	2.817	0.503	СП	
11	3.477	2.504	0.973	СП	
12	3.557	1.878	1.679	СП	
13	3.558	1.878	1.680	СП	
14	3.479	1.878	1.601	СП	
15	3.322	2.191	1.131	СП	
16	3.092	1.878	1.214	СП	
17	2.792	1.878	0.914	СП	
18	2.431	1.878	0.553	СП	
19	2.015	2.191	-0.176	СП/ДГУ	
20	1.554	2.504	-0.950	СП/ДГУ	
21	1.058	4.383	-3.325	СП/ДГУ	
22	0.539	6.262	-5.723	СП/ДГУ	
23	0.008	3.757	-3.749	СП/ДГУ	
24	0	1.565	-1.565	ДГУ	
Итого	-	47.700	55.718	-16.804	-

Таблица 4.12 – Баланс мощности для средних суток среднего месяца осени

t, ч	P _с , кВт	P _н , кВт/ч	Б, кВт	Устройство
1	0	2.012	-2.012	ДГУ
2	0	2.012	-2.012	ДГУ
3	0	2.012	-2.012	ДГУ
4	0	2.012	-2.012	ДГУ
5	0	2.012	-2.012	ДГУ
6	0	2.817	-2.817	ДГУ
7	0.021	3.622	-3.601	СП/ДГУ
8	0.377	4.428	-4.051	СП/ДГУ
9	0.718	3.22	-2.502	СП/ДГУ
10	0.988	2.415	-1.427	СП/ДГУ
11	1.162	2.415	-1.253	СП/ДГУ
12	1.222	2.817	-1.595	СП/ДГУ
13	1.162	3.22	-2.058	СП/ДГУ
14	0.989	2.415	-1.426	СП/ДГУ
15	0.719	2.415	-1.696	СП/ДГУ
16	0.379	2.415	-2.036	СП/ДГУ
17	0.002	2.415	-2.413	СП/ДГУ
18	0	3.22	-3.220	ДГУ
19	0	5.635	-5.635	ДГУ
20	0	8.051	-8.051	ДГУ
21	0	6.843	-6.843	ДГУ
22	0	4.83	-4.830	ДГУ
23	0	3.22	-3.220	ДГУ
24	0	2.415	-2.415	ДГУ
Итого	-	7.740	-71.148	-

4.2 Технико-экономическое обоснование принимаемых решений

Произведем сравнительный анализ рассматриваемых вариантов и выберем наиболее экономичный из них.

Произведем расчет расхода топлива для ДГУ. Для этого мощность небаланса для каждого среднего дня среднего месяца сезона, которую покрывают с помощью дизеля, умножим на 90 дней. Затем, учитывая, что на производство 1 кВт·ч энергии с помощью ДГУ необходимо израсходовать 0,212 г дизельного топлива и, используя оптовую цену на топливо (36500 рублей/тонну [8]) произведем перерасчет в рубли.

Для варианта 1:

$$\begin{aligned}W_{\text{д.год}} &= 90 \cdot W_{\text{нб.зим}} + 90 \cdot W_{\text{нб.ос}}; \\W_{\text{д.год}} &= 90 \cdot 79,424 + 90 \cdot 58,955 = 12454,11 \text{ кВт} \cdot \text{ч}; \\G &= \frac{W_{\text{д.год}} \cdot 0,212}{1000} = \frac{12454,11 \cdot 0,212}{1000} = 2,64 \text{ т}; \\C_{\text{т}} &= G \cdot 36500 = 2,64 \cdot 36500 = 96360 \text{ руб.}\end{aligned}$$

Для варианта 2:

$$\begin{aligned}W_{\text{д.год}} &= 90 \cdot W_{\text{нб.зим}} + 90 \cdot W_{\text{нб.вес}} + 90 \cdot W_{\text{нб.лет}} + 90 \cdot W_{\text{нб.ос}}; \\W_{\text{д.год}} &= 90 \cdot 86,376 + 90 \cdot 32,672 + 90 \cdot 16,804 + 90 \cdot 71,148 = 18630 \text{ кВт} \cdot \text{ч}; \\G &= \frac{W_{\text{д.год}} \cdot 0,212}{1000} = \frac{18630 \cdot 0,212}{1000} = 3,95 \text{ т}; \\C_{\text{т}} &= G \cdot 36500 = 3,95 \cdot 36500 = 144175 \text{ руб.}\end{aligned}$$

Итоговые результаты технико-экономического сравнения сведем в таблицу 4.2.1. Из таблицы видно, что второй вариант из-за стоимости аккумуляторных батарей существенно превышает по стоимости первый вариант. Однако следует учесть, что средней срок службы солнечных панелей 25 лет, а средний срок службы аккумуляторных батарей 10 лет.

$$\Delta C = (Cm_2 - Cm_1) \cdot t = (144175 - 96360) \cdot 25 = 1195375 \text{ руб.}$$

С учетом того, что 2 раза через каждые 10 лет придется обновить полностью аккумуляторные батареи, получим, что стоимость двукратной замены приблизительно равна 1156680. При реализации первого варианта за 25 лет можно сэкономить порядка 40000 рублей в сравнении со вторым вариантом. Это является несущественной суммой, поэтому примем к реализации второй вариант, потому как он имеет меньшую сумму затрат на строительство всей системы.

Таблица 4.2.1 – Результаты технико-экономического сравнения

	Вариант №1	Вариант №2
Стоимость ДГУ	626130	
Стоимость солнечных панелей, руб.	150·11300=1695000	50·11300=565000
Стоимость контроллеров заряда, руб.	-	-
Стоимость инверторов, руб.	109900	
Стоимость аккумуляторов, руб.	18·32130=578340	-
Стоимость дизельного топлива в год, руб.	96360	144175
ИТОГО, руб.	3105730	1445205

5. МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ MATLAB/SIMULINK

Моделирование в программе Matlab/Simulink. Строим имитационную модель ветрогенератора. Структура модели приведена на рисунке 5.1.

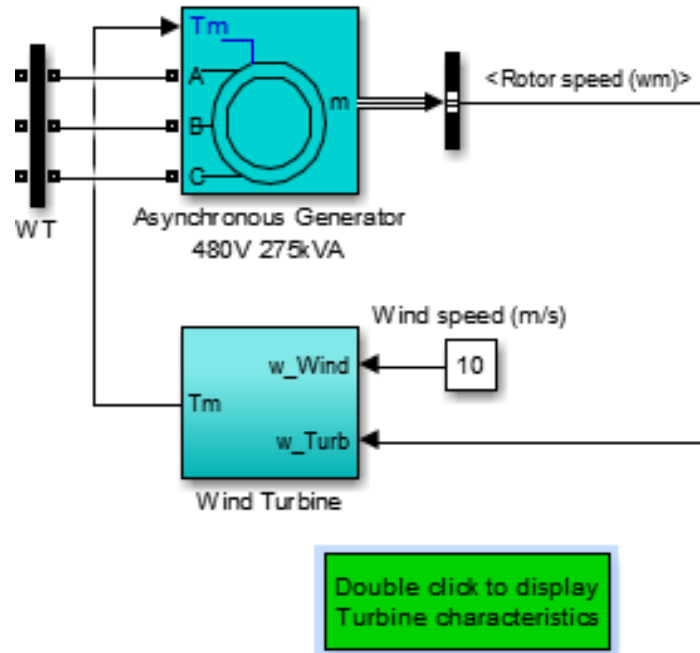


Рисунок 5.1 – Структурная схема ветрогенератора

Данный ветрогенератор представлен в виде универсальной модели. Данная модель состоит из асинхронной машины и блока для создания крутящего момента, что представляет собой механическую составляющую ветрогенератора (блок Wind turbine, представлен на рисунке 5.2.).

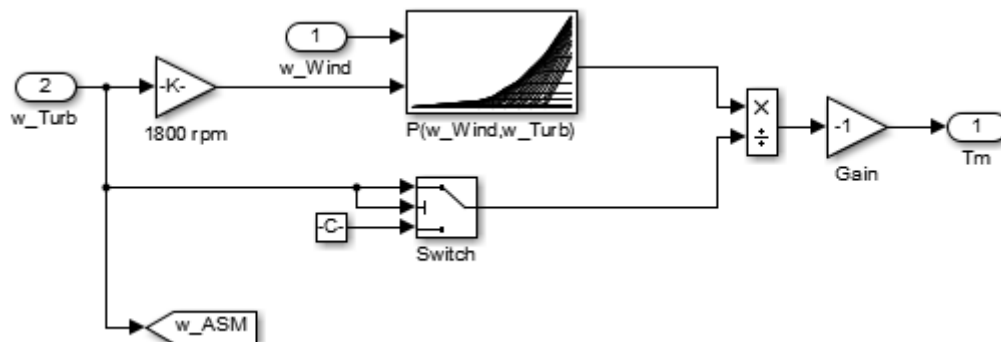


Рисунок 5.2 – Блок модели ветрогенератора

Если изменять параметр в процессе моделирования: скорость ветра «Wind speed», то будет происходить изменение выдачи ветрогенератором активной мощности. На рисунке 5.3. представлена модель энергосистемы(ЭС), с внедрением в неё ветрогенератора. Сценарий моделирования будет следующий: в энергосистему, состоящую из нагрузки, генератора (шина бесконечной мощности), трансформатора, длинной ЛЭП (20 км), будет подключаться ветрогенератор для дальнейшего его исследования. Будет рассмотрена его способность выдавать активную мощность в сеть и возможность восстанавливаться после КЗ, как вблизи ветрогенератора, так и при удаленном КЗ.

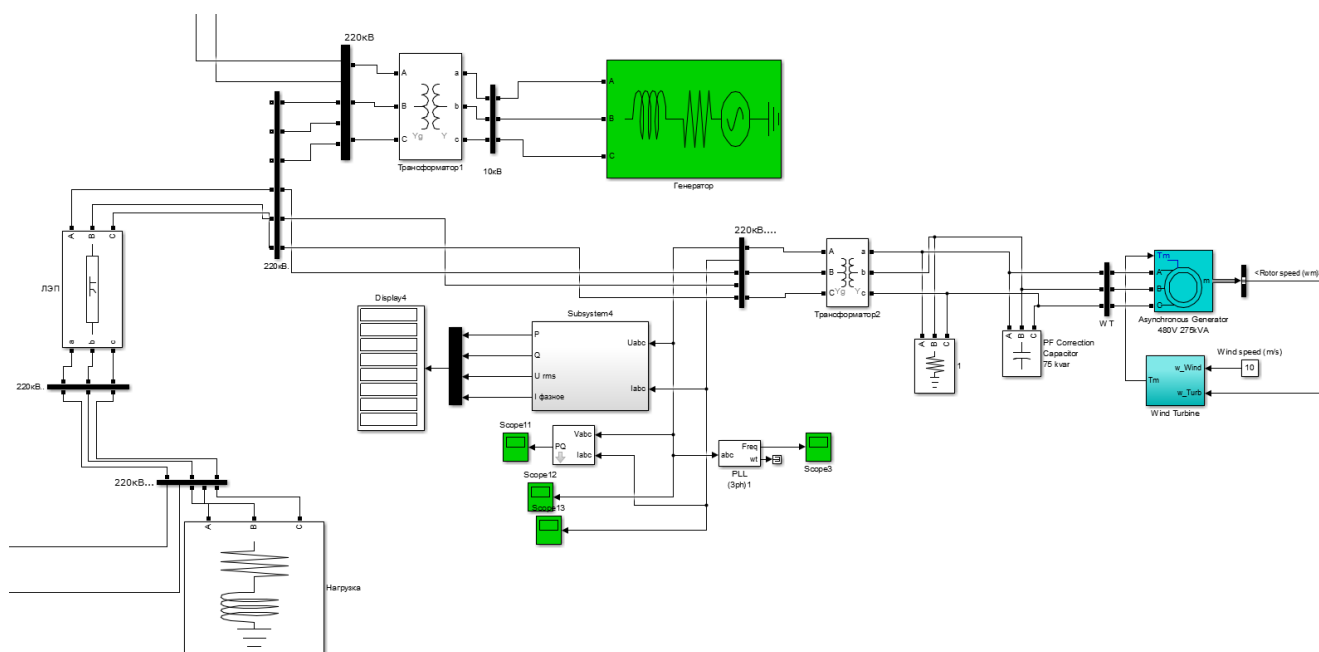


Рисунок 5.3 – Модель ЭС

Сценарий 1. Выполним моделирование установившегося режима и проследим за характером поведения ветрогенератора в энергосистеме. Задача заключается в обеспечении нагрузки мощностью равной 4,1 МВт. Контролируемые параметры, частота сети, активная мощность нагрузки, выдача активной мощности ветрогенератора, скорость вращения асинхронной машины уровень напряжения нагрузки.

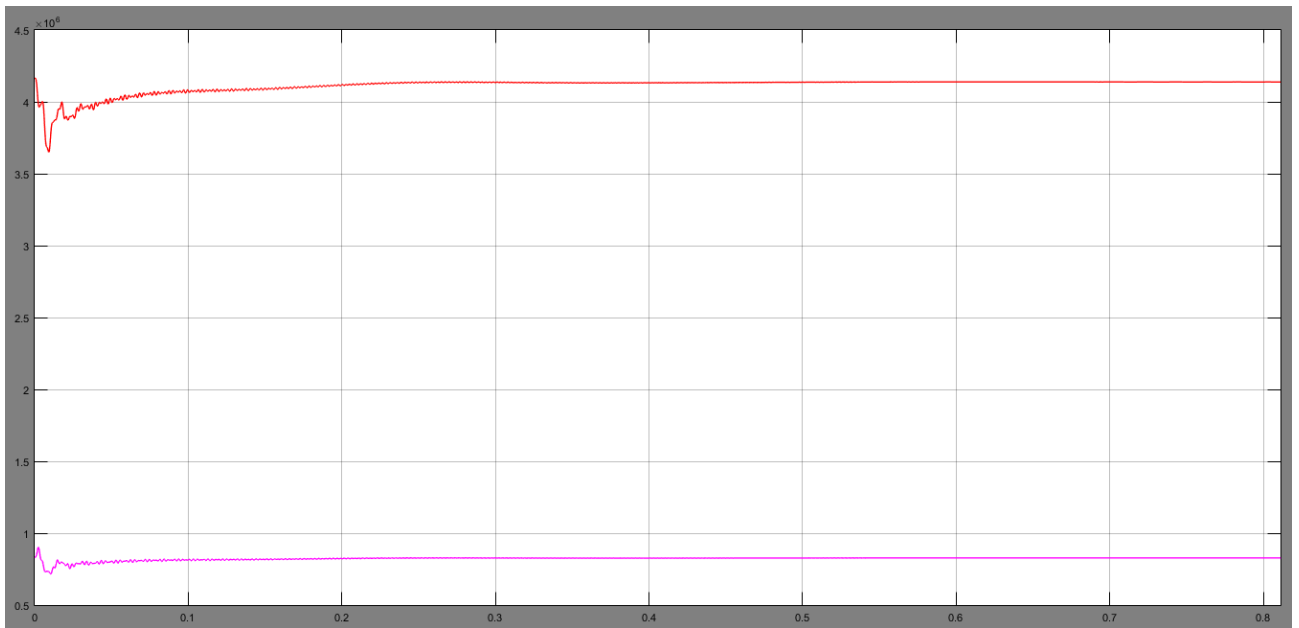


Рисунок 5.4 – Осциллограмма активной и реактивной мощности нагрузки

Осциллограмма активной мощности показывает, что нагрузка потребляет требуемую мощность равной 4,1 МВт.

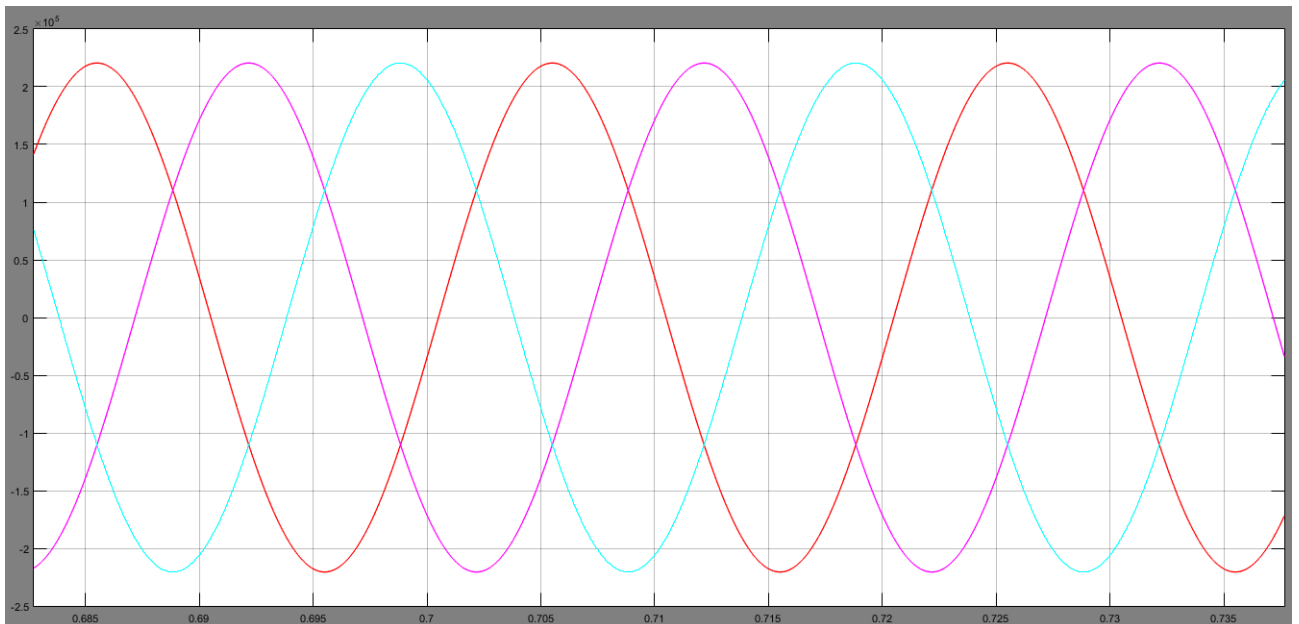


Рисунок 5.5 – Осциллограмма напряжения сети

Осциллограмма напряжения сети показывает, что напряжение имеет синусоидальный характер, колебаний напряжения не наблюдается.

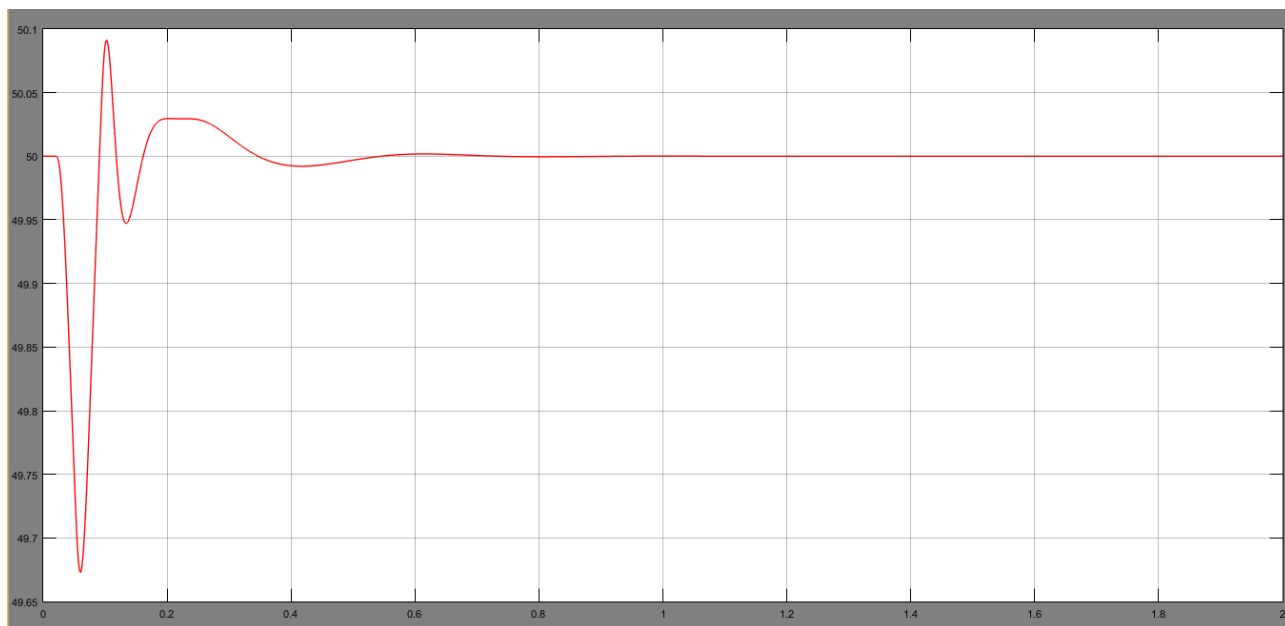


Рисунок 5.6 – Осциллограмма частоты сети

В начальный момент времени моделирования наблюдаются осцилляции, которые вносит в сеть генератор во время его запуска, через 0,4 секунды колебания затухают.

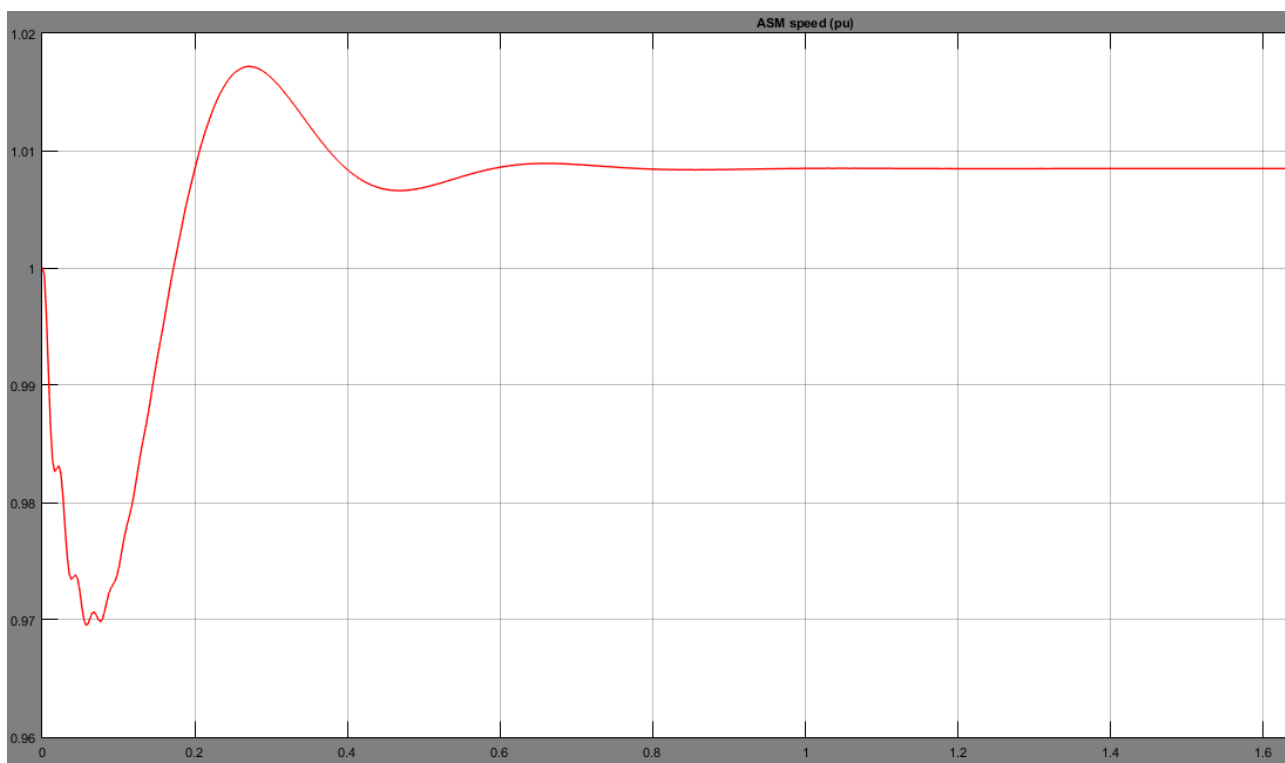


Рисунок 5.7 – Осциллограмма скорости вращения двигателя

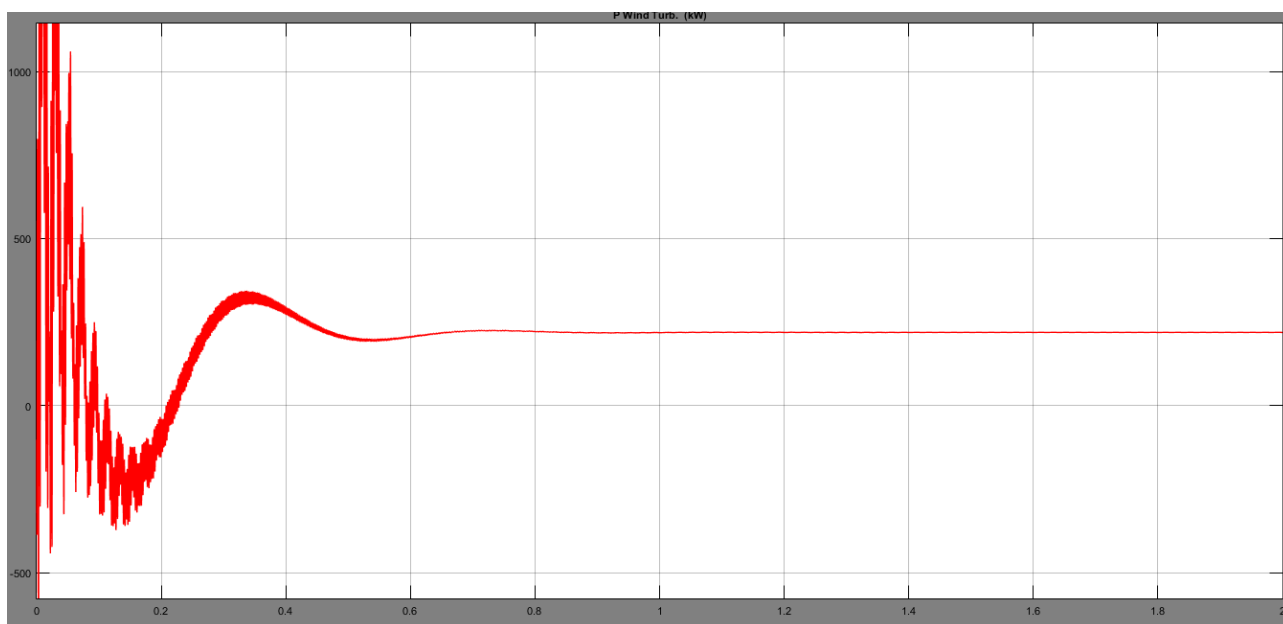


Рисунок 5.8 – Осциллограмма активной мощности ветроустановки

По полученным данным можно сделать вывод, что режим установившийся, нагрузка потребляет заданные 4,1 МВт активной мощности (рисунок 5.4.). На рисунке 5.6. показана частота энергосети равная 50 Гц, в момент запуска моделирования наблюдаются осцилляции, в момент времени 0,4 секунды колебания затухают. Осциллограмма активной мощности ветроустановки (рисунок 5.8.) показывает, что ветроустановка выдает в сеть 250 кВт активной мощности.

Сценарий 2. Выполним моделирование КЗ вблизи ветрогенератора, блок для моделирования КЗ представлен на рисунке 5.9 и 5.10., это стандартный блок пакета Simulink. Так же проследим за характером поведения ветрогенератора в энергосистеме при КЗ. КЗ происходит в момент времени 0,8 секунд, в момент времени 0,9 происходит срабатывание РЗ и включение связи в 0,9 секунд. Контролируемые параметры, частота сети, активная мощность нагрузки, выдача активной мощности ветрогенератора, скорость вращения асинхронной машины уровень напряжения нагрузки.

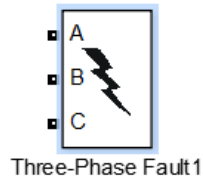


Рисунок 5.9 – Блок для моделирования короткого замыкания

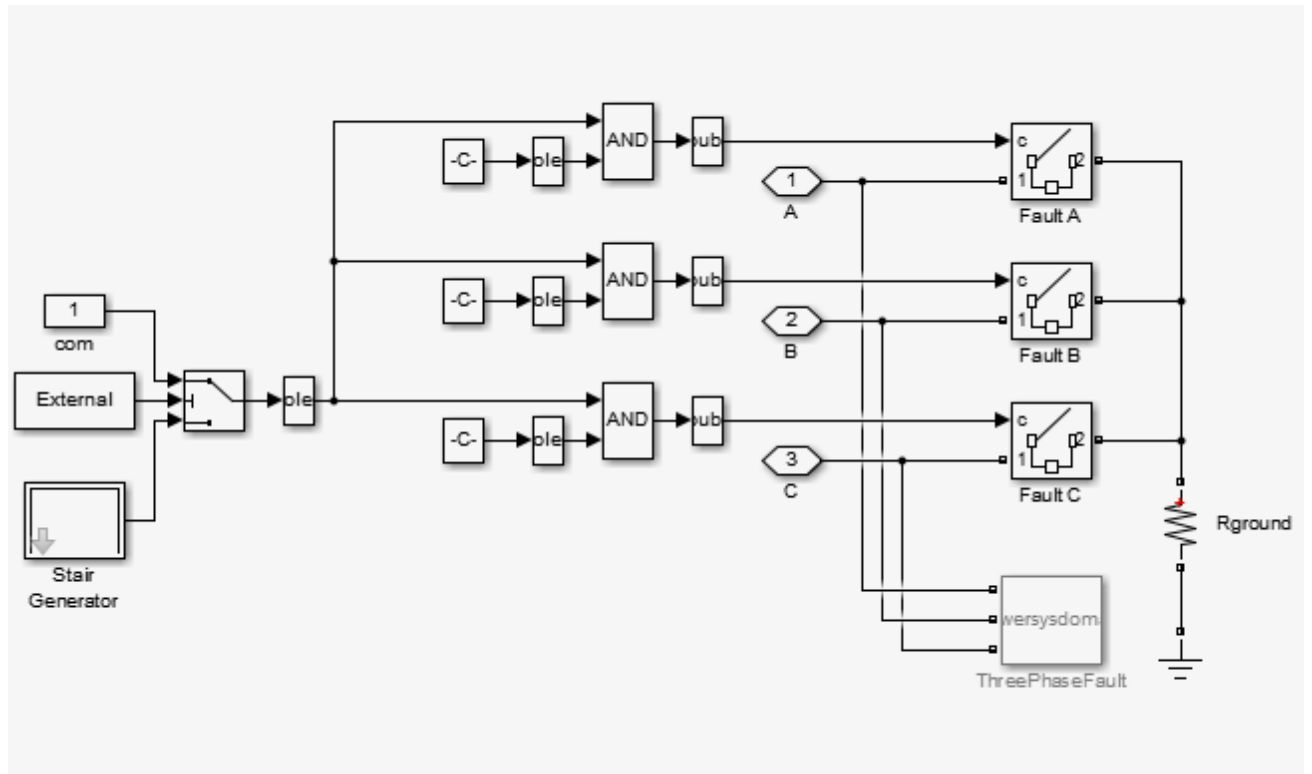


Рисунок 5.10 – Блок для моделирования короткого замыкания

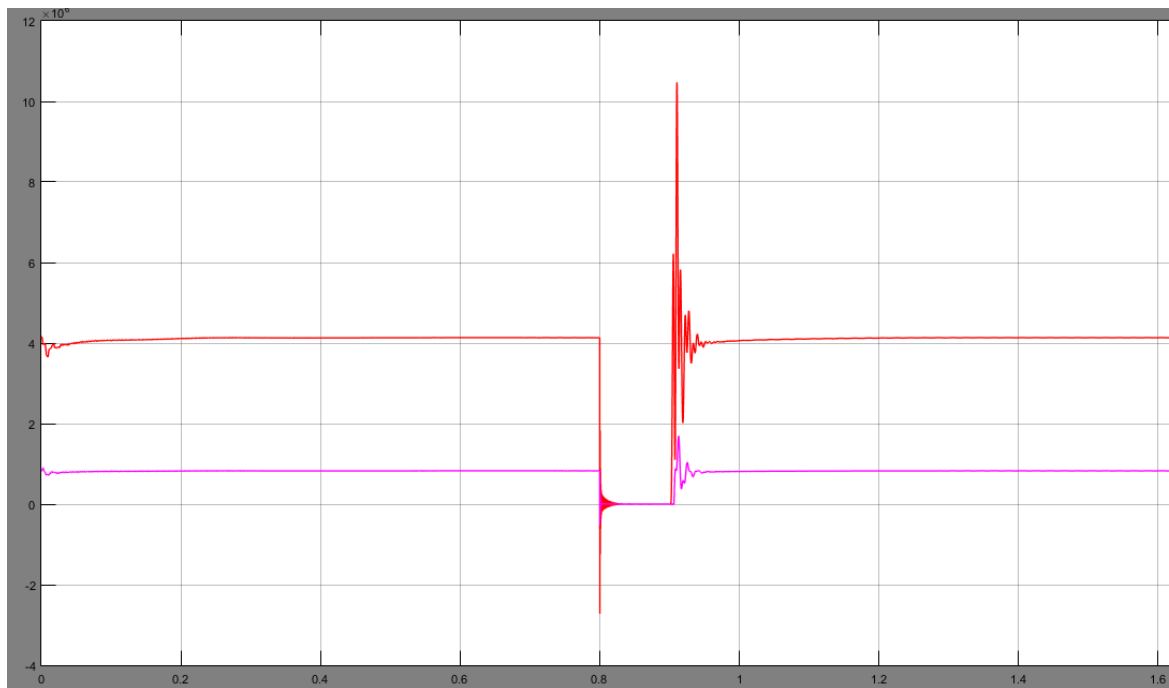


Рисунок 5.11 – Осциллограмма активной и реактивной мощности нагрузки

Осциллограмма активной мощности показывает, что нагрузка потребляет требуемую мощность равной 4,1 МВт. В момент КЗ (0,8 секунд) наблюдается просадка по активной и реактивной мощности, в момент времени включения связи (0,9 секунд), питание восстанавливается и возвращается к требуемому уровню.

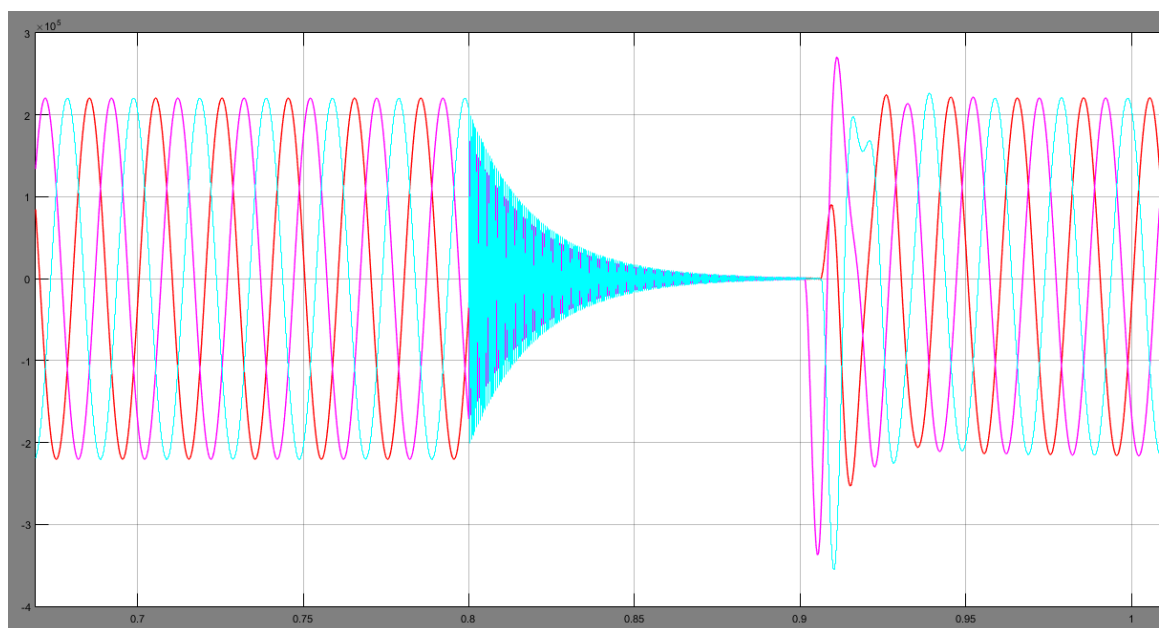


Рисунок 5.12 – Осциллограмма напряжения сети

Осциллограмма напряжения сети показывает, что напряжение имеет синусоидальный характер, колебаний напряжения не наблюдается. В момент КЗ наблюдается просадка напряжения, после восстановления связи, напряжение приходит в исходное состояние.

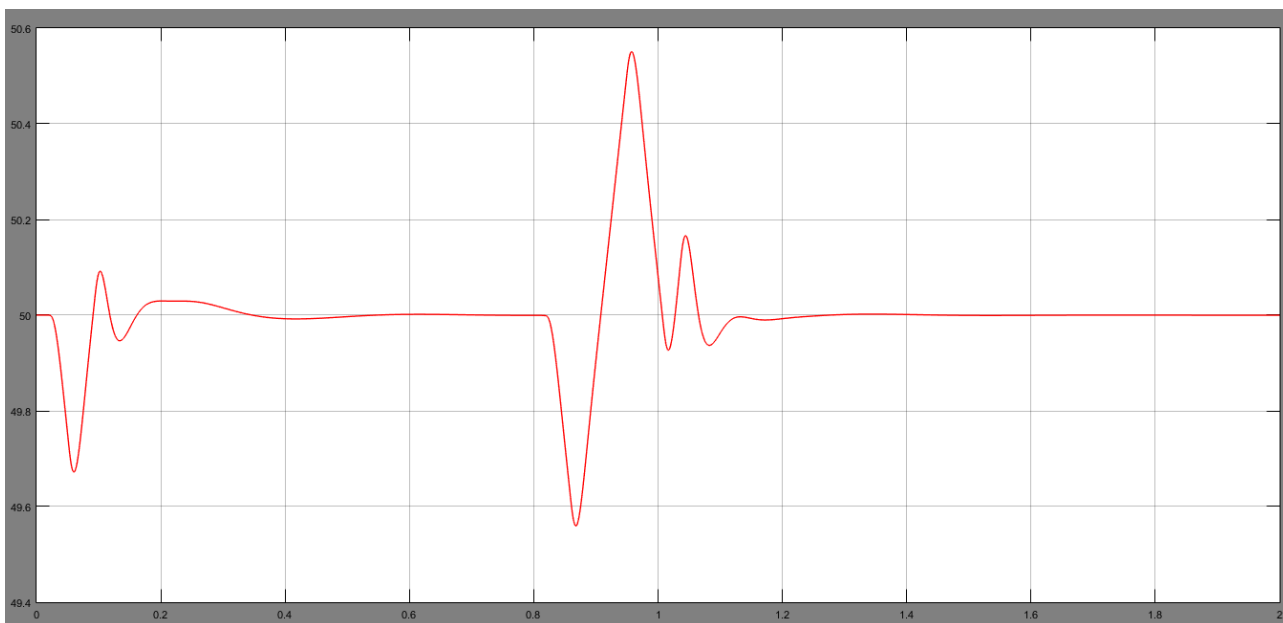


Рисунок 5.13 – Осциллограмма частоты сети

В момент КЗ (0,8 секунды) наблюдается отклонение частоты от номинальной на 0,5 Гц, после восстановления связи частота возвращается в исходное состояние.

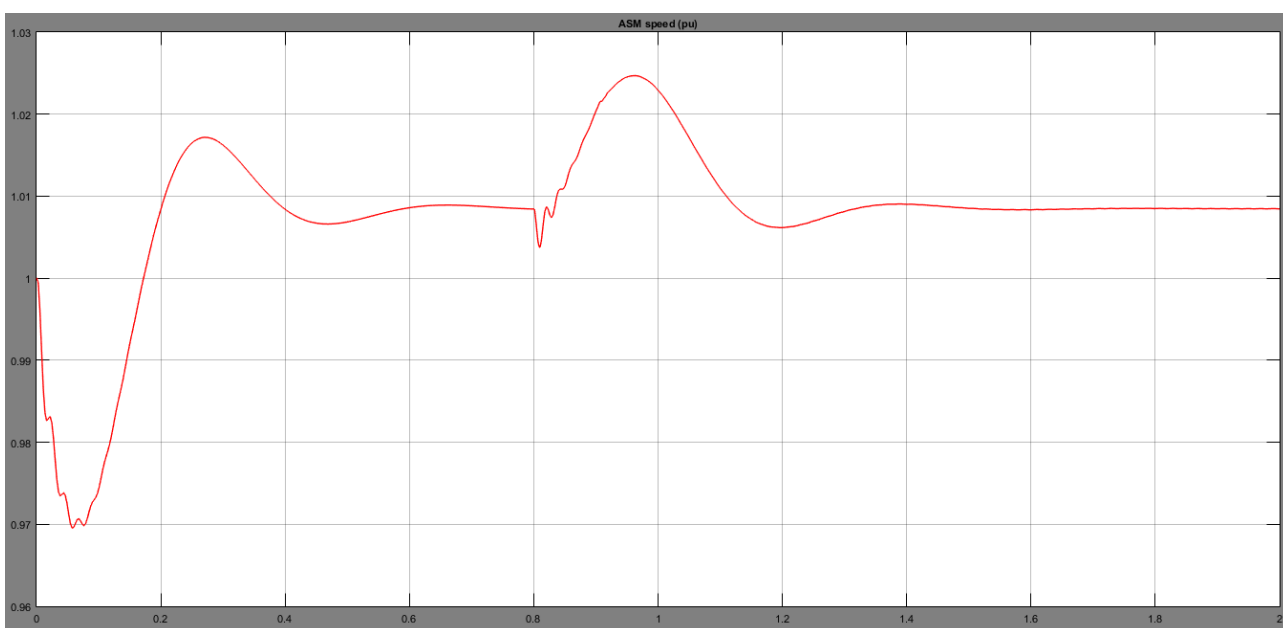


Рисунок 5.14 – Осциллограмма скорости вращения двигателя

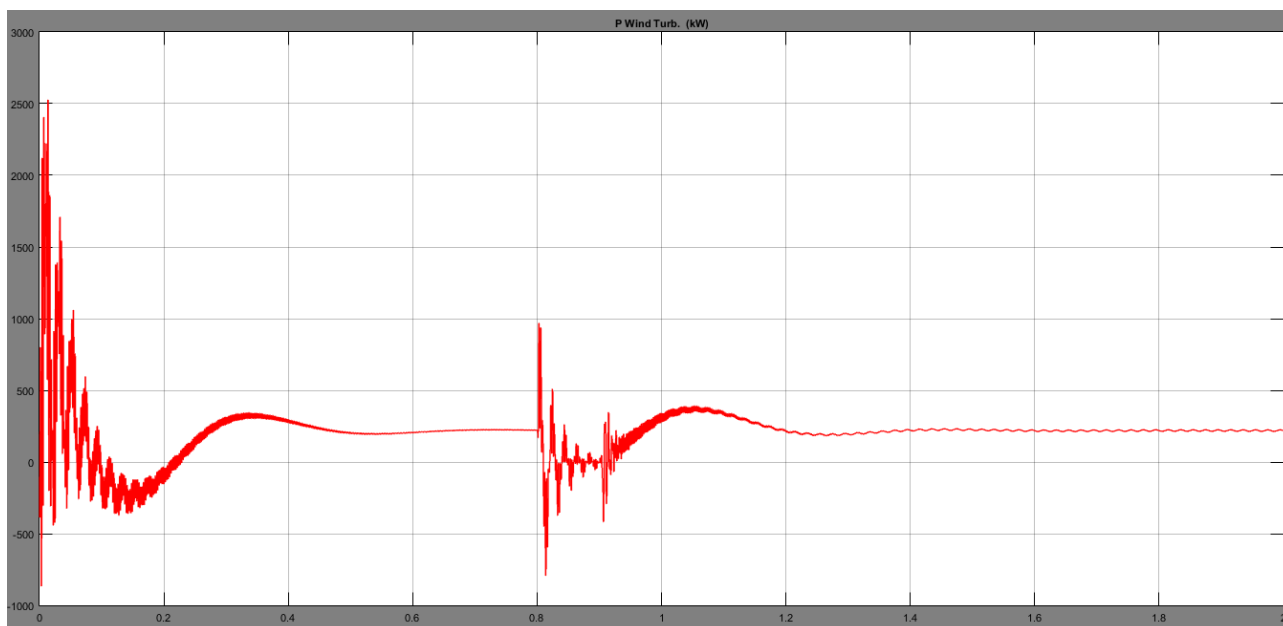


Рисунок 5.15 – Осциллограмма активной мощности ветроустановки

На основании полученных данных, можно утверждать, что нагрузка потребляет требуемые 4,1 МВт активной мощности (рисунок 5.11.). На рисунке 5.13. показана частота энергосети равная 50 Гц, в момент запуска моделирования наблюдаются осцилляции, так же в момент КЗ наблюдаются отклонения частоты. Осциллограмма активной мощности ветроустановки (рисунок 5.15.) показывает, что ветроустановка выдает в сеть 250 кВт активной мощности, в момент КЗ наблюдаются колебания активной мощности, после восстановления связи процесс приходит в удовлетворительное состояние. В результате моделирования можно сделать вывод, что математическая модель ветроустановки работает корректно, второй опыт показал динамическую устойчивость ветрогенератора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной магистерской диссертации была рассмотрена и спроектирована система электроснабжения базы отдыха на озере Щучье.

Были проанализированы два возможных источника возобновляемой энергии, ветер и солнце. Анализу подверглись статистические массивы данных с анемометрических станций, установленных в предполагаемом месте расположения, и данные NASA. Рассчитаны основные параметры обоих источников.

Проведён расчет нагрузки туристической базы с учетом специфики работы объекта. Рассчитаны графики нагрузки.

На основании графиков нагрузки и энергетических параметров возобновляемых источников были составлены энергетические балансы. На основании балансов и экономических расчётов был выбран солнечный источник энергии как основной

В качестве основного энергетического оборудования было выбрана солнечная панель марки ФСМ 155М и с инвертор MAP·SIN·PRO·48·18. Учитывая специфику работы сетевого инвертора была разработана схема электрического присоединения к основной системе электроснабжения.

В целом, в рассматриваемом регионе не сильно высокий потенциал возобновляемых источников энергии. Однако, использование новейшего и высокоэффективного оборудования, позволяет использовать альтернативную энергетику в этом районе. Спроектированная система электроснабжения наглядно это демонстрирует.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Под ред. Гельмана Г.А. Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей // выпуск №11, октябрь 2007 г.
2. Будзко И.А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.И. Электроснабжение сельского хозяйства // М.: Колос, 2000. – 536с.:ил.
3. Погода в 243 странах мира // [Электронный ресурс]. URL: http://rp5.ru/Погода_в_Турунтаево_Томская_область.html (дата обращения: 26.04.2018)
4. Солнечная энергоимперия // [электронный ресурс]. URL: <http://solarempire.ru/oborudovanie/solnechnii-fe-modul-fsm-155m-12.html> (дата обращения: 25.03.2018)
5. Инвертор // [Электронный ресурс]. URL: http://www.invertor.ru/zzz/item/map_sin_pro_48_18.html (дата обращения: 06.04.2018)
6. Ваш Солнечный Дом // [Электронный ресурс]. URL: <http://shop.solarhome.ru/12v-akkumulyator-prosolar-r-ra12-200dg.html> (дата обращения: 08.04.2018)
7. Энергохолдинг. Автономные системы энергоснабжения // [Электронный ресурс]. URL: <http://energoholding.ru/catalog/gen-1567.html> (дата обращения: 22.03.2018)
8. ТК Стандарт // [Электронный ресурс]. URL: <http://standart-toplivo.ru/> (дата обращения: 22.03.2018)
9. Global wind statistics [Электронный ресурс] / URL: http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-prstats-2015_LR.pdf, свободный. – Яз. англ. Дата обращения: 22.04.2018 г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6Е	Сандаков Баир Нимбуевич

Школа	Инженерная школа энергетики	Подразделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистратура	Направление	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования.</p>	<p>Объектом исследования является – ветро-электростанция. Данное устройство является энергетическим объектом, которое относится к возобновляемой энергетике. Предназначено для выработки электрической энергии.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>2. Производственная безопасность</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электроопасность 	<p>В данной части необходимо проанализировать вредные и опасные факторы.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 	<p>Ветро-электростанция оказывает влияние на окружающую среду электромагнитные поля, акустический шум, нарушение миграции птиц.</p>

– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);	
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; 	<p>ЧС: Аварии с разрушением конструкции ветрогенератора, падения опоры ветрогенератора, разрушение основной конструкции генератора и лопастей ветрогенератора. Взрыв электрооборудования.</p>
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 	<p>Необходимо рассмотреть мероприятия при компоновке рабочей зоны</p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Е	Сандаков Баир Нимбуевич		

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В научно-исследовательской работе исследуется ветро-электростанция, предназначенная для выработки электрической энергии. В работе рассматривается применение ветрогенератора (ВЭУ), как источника питания и проводится моделирование данного устройства с помощью программного комплекса Matlab. Пока размах ветрового колеса невелик, а мощность генератора измеряется в десятках или сотнях кВт, никаких особенных технологий не требуется, однако современная ветроэнергетика ориентируется на поистине гигантские сооружения: на 100–120-метровых башнях устанавливаются имеющие вес в десятки тонн гондолы, а размах лопастей ветрового колеса достигает 130 м. Чем выше башня и чем больше диаметр ротора, тем значительней используемый ветропотенциал. Однако при увеличении линейного размера ветроэнергетической установки (ВЭУ) ее мощность растет в квадратной пропорции, а вес — в кубической. Именно поэтому, как и в авиации, борьба с избыточным весом всей конструкции — один из важнейших приоритетов. Другая серьезная задача — обеспечение устойчивости всей конструкции. ВЭУ представляет собой могучую «голову» на тонкой ножке и подвергается сильнейшему ветровому давлению, раскачивается, вибрирует, и, чтобы ветряк не разрушился и не опрокинулся, требуются сложные расчеты и нестандартные технические решения.

6.1 Производственная безопасность

6.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Для управления ветрогенератором используется производственное помещение, в котором находится различное оборудование, в частности это ЭВМ.

Основное рабочее место инженера электромеханика располагается в производственном помещении. Основная работа производится с использованием персонального компьютера (ПК).

При работе с ПК возможны следующие вредные факторы: электромагнитное излучение, повышенный уровень шума, микроклимат, нехватка естественного света. К опасному фактору относится возможность поражения электрическим током и статическим электричеством, так же возможна механическая и термическая опасность.

Условия труда инженера механика определяются:

- Условием окружающей среды, микроклиматом: освещение, шум, вибрации, вентиляция, температурный режим;
- Характеристиками информационного взаимодействия человека и ПК.
- Большая часть помещений на электрической станции относится к категории Па. [1]

6.1.2 Электромагнитные поля

В процессе работы электромонтер может подвергаться воздействию электрического поля промышленной частоты. Степень отрицательного воздействия электрического поля на организм человека оценивается по количеству поглощаемой телом человека энергии электрического поля, а также по току, проходящему через человека в землю, и по напряженности поля в месте, где будет находиться человек

Гигиенические нормы пребывания человека в электрическом поле электроустановок сверхвысокого напряжения промышленной частоты установлены действующими правилами в зависимости от напряженности поля в зоне его нахождения. Если напряженность поля на рабочем месте превышает 25кВ/м, или требуется большая продолжительность пребывания человека в поле, чем указано в таблице, работы проводятся с применением защитных экранирующих устройств или экранирующих костюмов.

Нормы времени пребывания человека в электрическом поле электроустановок промышленной частоты зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне определяются [18].

Таблица 1 - Нормы времени пребывания человека в электрическом поле

Напряженность электрического поля, кВ/м	Допустимое время
Менее 5	не ограничивается
от 5 до 10	не более 3 часов
от 10 до 15	не более 1,5 часов
от 15 до 20	не более 10 минут
от 20 до 25	не более 5 минут

Ослабление мощности электромагнитного поля на рабочем месте можно достигнуть увеличением расстояния между источником излучения и рабочим местом, уменьшением мощности излучения источника, а также установкой отражающего или поглощающего экранов между источником и рабочим местом, применением средств индивидуальной защиты.

6.1.3 Шум

Шум — это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху.

Источниками звука являются упругие колебания материальных частиц и тел, передаваемых жидкой, твердой и газообразной средой.

Скорость звука в воздухе при нормальной температуре составляет приблизительно 340 м/с, в воде — 1430 м/с, в алмазе — 18 000 м/с. Звук с частотой от 16 Гц до 20 кГц называется слышимый, с частотой менее 16 Гц — инфразвук и более 20 кГц — ультразвук [4].

Область пространства, в котором распространяются звуковые волны, называется звуковым полем, которое характеризуется интенсивностью звука, скоростью его распространения и звуковым давлением [4].

Таблица 2 - Допустимые уровни шума на рабочих местах предприятий

Расположение рабочих мест	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со средними геометрическими частотами, Гц									Уровень звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
В помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, лабораториях для теоретических работ и обработки данных	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
В помещениях цехового управленческого аппарата, рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Для исследуемого помещения норма будет составлять 54 дЦБ.

Воздействие шума на организм человека вызывает негативные изменения, прежде всего в органах слуха, нервной и сердечно-сосудистой системах. Степень выраженности этих изменений зависит от параметров шума, стажа работы в условиях воздействия шума, длительности действия шума в течение рабочего дня, индивидуальной чувствительности организма. Действие шума на организм человека отягощается вынужденным положением тела, повышенным вниманием, нервно-эмоциональным напряжением, неблагоприятным микроклиматом [5].

Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха.

Шум воспринимается весьма субъективно. При этом имеет значение конкретная ситуация, состояние здоровья, настроение, окружающая обстановка.

Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что повреждается внутреннее ухо, возможны изменения электрической проводимости кожи, биоэлектрической активности головного мозга, сердца и

скорости дыхания, общей двигательной активности, а также изменения размера некоторых желез эндокринной системы, кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз. Работающий в условиях длительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, нарушение сна. В шумном фоне ухудшается общение людей, в результате чего иногда возникает чувство одиночества и неудовлетворенности, что может привести к несчастным случаям [5].

Основная цель нормирования шума на рабочих местах — это установление предельно допустимого уровня шума (ПДУ), который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Для предупреждения вредного воздействия шума применяется целый комплекс защитных мероприятий. [4] Основное мероприятие для защиты от шума - снижение его в источнике, высокое качество изготовления и правильная эксплуатация. Для защиты от шума применяются строительно-акустические меры: звукоизоляция ограждающих конструкций; звукопоглощающие конструкции и экраны; глушители шума; правильная планировка и застройка. В качестве средств индивидуальной защиты от шума применяются вкладыши, наушники, шлемы и костюмы. [5] На ЭС отмечается высокий уровень шума и вибрации в турбинном цехе. Источниками интенсивного шума на ЭС, уровень которого может достигать 95—117 дБ, являются электродвигатели приводных станций, различных насосов и подогревателей, турбины, генераторы, дутьевые вентиляторы.[4]

6.1.4 Микроклимат

Допустимые параметры микроклимата производственных помещений представлены в таблице 3

Таблица 3 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
					Если $t^{\circ} < t^{\circ}_{\text{опт}}$	Если $t^{\circ} > t^{\circ}_{\text{опт}}$ "***"
Хол.	Па	17,0-23,0	16,0 - 24,0	15 – 75	0,2	0,4
Тепл.	Па	18,0-27,0	14,0 - 27,0	15 - 75 "*"	0,2	0,5

Интенсивность теплового излучения не должна превышать 35 Вт/м². [2]

"*" При температурах воздуха 25°С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

70% - при температуре воздуха 25° С; 65% - при температуре воздуха 26° С;

60% - при температуре воздуха 27° С; 55% - при температуре воздуха 28° С.

"**" При температурах воздуха 26 - 28°С скорость движения воздуха в теплый период года должна соответствовать диапазону:

0,2 - 0,5 м/с - при категории работ Пб и Ш.

2.1.5 Освещение

Низкая освещённость рабочего места препятствует длительной работе, вызывая утомление и способствуя развитию близорукости у работающего персонала. Слишком низкие уровни освещенности способны вызывать апатию и сонливость, в совокупности с другими факторами способны вызвать чувство тревоги. Длительное пребывание в таких условиях вызывает снижение интенсивности обмена веществ в организме и его общее ослабление. Подобные симптомы наблюдаются и при работе в помещениях с ограниченным спектральным составом света. Слишком яркий свет ослепляет, понижает зрительную функцию, вызывает перевозбуждение нервной системы, снижает

работоспособность. Воздействие чрезмерной яркости может вызывать фотоожоги глаз и кожи, кератиты, катаракты и другие нарушения.

Нормирование естественного освещения осуществляется согласно [3].

Произведём расчёт освещения рабочего помещения инженера механика.

Размеры помещения: 24x8x6. Количество и площадь окон: 8 x 2,8 Характер помещения: малое количество пыли, пожароопасное помещение.

Для производственного помещения будет применяться система комбинированного освещения. Светильники ШОД (1530x284, мощность – 2x80 Вт, КПД=83 %).

Высота помещения составляет 6 метров, что позволяет использовать выбранный светильник (минимальная высота 2.5 м).

Расчёт размеров:

$H=6$ м; $LA=24$ м; $LB=8$ м; $hp=0.8$ м;

Расстояние между светильниками и перекрытием: $hc=3$ м.

Высота светильника над полом: $hn=H - hc=6 - 3=3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью: $h = hn - hp=3 - 0.8=2.2$ м.

$\lambda=1.3$, найдём расстояние между соседними светильниками
 $L=h*\lambda=2.2*1.3\approx 3$ м

Оптимальное расстояние от крайнего ряда светильников до стены
 $l=L/3=3/3\approx 1$ м [3].

Светильники разместим в 3 ряда. В ряду установим 12 светильников, расстояние между ними будет составлять 0.3 м.

План помещения с расположением светильников, рисунок 21.

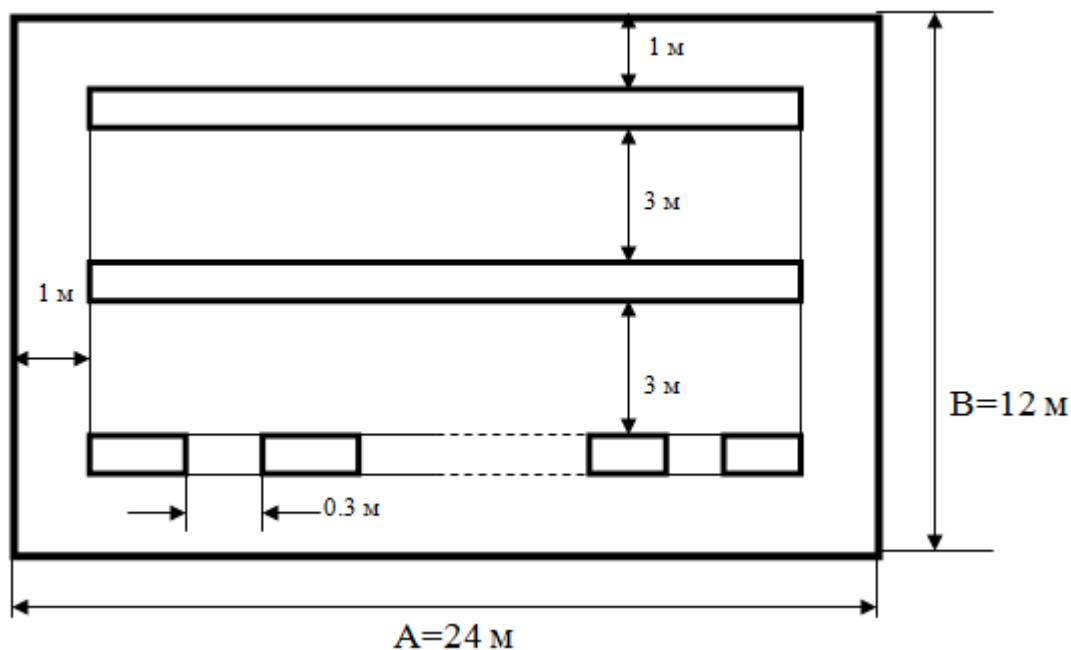


Рисунок 1 – План производственного помещения

Расчёт общего равномерного освещения. Световой поток в каждом ряду:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot \frac{Z}{n} \cdot \eta = 500 \cdot 192 \cdot 1.5 \cdot \frac{1.1}{72} \cdot 0.5 = 4400 \text{ Лм,}$$

где, $E_n=500$ – минимальный уровень освещённости по СНиП 23-05-95, лк;

$S = 192 \text{ м}^2$ – площадь освещаемого помещения, м^2 ;

$K_z = 1.5$ – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника

$Z = 1.1$ – коэффициент неравномерности освещения, для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1.1;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока.

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h} (A + B) = \frac{192}{2.2} \cdot (24 + 8) = 2.72.$$

Мощность осветительной системы равна 6480 Вт.

6.2. Анализ опасных факторов.

- Механические опасности

Под механическими опасностями понимаются такие нежелательные воздействия на человека, происхождение которых обусловлено силами гравитации или кинетической энергией тел.

Механические опасности создаются падающими, движущимися, вращающимися объектами природного и искусственного происхождения.

Носителями механических опасностей искусственного происхождения являются машины и механизмы, различное оборудование, здания и сооружения и многие другие объекты, воздействующие в силу разных обстоятельств на человека своей массой, кинетической энергией или другими свойствами.

Методы и средства защиты: [11]

1. Обеспечение недоступности опасной зоны

2. Уменьшение опасности при помощи специальных приспособлений к которым относятся:

- Оградительные устройства (стационарные, съемные, переносные, частичные, могут быть сплошными и сетчатыми)
- Предохранительные устройства ограничения (слабое звено), шпонки, мембраны

– Термические опасности

Термические опасности могут приводить к: ожогам и ошпариванию из-за соприкосновения с предметами или материалами, имеющими чрезвычайно высокую или низкую температуру, вызванную, например, пламенем или взрывом, а также излучением источников тепла;

Для защиты от теплового излучения применяются средства коллективной (СКЗ) и индивидуальной (СИЗ) защиты. [11] Основными методами защиты являются: теплоизоляция рабочих поверхностей источников излучения теплоты, экранирование источников или рабочих мест, воздушное душирование рабочих мест, радиационное охлаждение, мелкодисперсное

распыление воды с созданием водяных завес, общеобменная вентиляция, кондиционирование.

6.2 Электроопасность

При работе электрооборудования возможно повреждение изоляции токоведущих частей, повреждения средств защиты, и нарушения технологического режима. В результате данных нарушений, возможны аварии и несчастные случаи со здоровьем и жизнью обслуживающего персонала. Поражение электрическим током является опасным фактором, который может привести к смерти человека. Электрический ток, проходя через тело человека способен вызвать ожоги в местах прикосновения к токоведущим частям, поражение внутренних органов, остановку сердца. Техника безопасности является основной частью охраны труда и предусматривает технические и организационные мероприятия, которые обеспечивают безопасный труд в электроустановках [12].

Помимо правил техники безопасности имеются специальные правила устройства электроустановок (ПУЭ), которые предусматривают надежность и безопасность эксплуатации электроустановок.

В электроустановках напряжением выше 1000 В поражение электрическим током может возникнуть и без непосредственного контакта с токоведущими частями. При приближении возникает искровой разряд, который переходит в электрическую дугу. В связи с этим все незащищенные токоведущие части помещены в специальные короба или ограждены.

Помещение находящееся на объекте исследования, относится ко второму классу - "помещения с повышенной опасностью"

Действующая классификация помещений по опасности поражения электрическим током определяет объект к категории повышенной опасности при наличии в них одного из следующих условий:

- 1) сырость (помещения, с относительной влажностью больше 75 %);
- 2) токопроводящая пыль (постоянное образование пыли с токопроводящими свойствами);

3) помещения с токопроводящими полами (наличие железобетонных, металлических, кирпичных и иных типов токопроводящих напольных покрытий);

4) высокий уровень температуры (помещения в которых температура постоянно превышает +350С);

5) условия (возможность), когда человек может одновременно прикоснуться к металлическим корпусам электрооборудования и к заземленным металлоконструкциям зданий (из примеров можно привести случай, когда человек может взяться одной рукой за батарею отопления - второй за корпус станка).

Для безопасности ведения работ все разъединители имеют стационарные заземляющие ножи. Установка электрооборудования (расстояние от токоведущих частей до земли, зданий, сооружений, между токоведущими частями и другие) выполнены с соблюдением требований ПУЭ. На подстанции предусмотрены проезды и проходы, выполненные таким образом, чтобы обслуживающий персонал мог производить осмотр электрооборудования, находящегося под напряжением, без его отключения.

Средства защиты, применяемые в электроустановках [12]:

- изолирующие;
- ограждающие;
- экранирующие;
- предохранительные.

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ (согласно ПТБ):

- оформление работы нарядом или распоряжением;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерывов в работе, переводов на другое рабочее место, окончание работ.

Ответственные за безопасность работ:

- лицо, выдающее наряд, отдающее распоряжение;
- ответственное лицо оперативного персонала – допускающий;
- ответственный руководитель работ;
- производитель работ;
- наблюдающий;
- члены бригады.

Каждый работник перед допуском к самостоятельной работе, обязан пройти обучение безопасным методам работы на рабочем месте и сдать экзамен на проверку знаний техники безопасности.

Классификация производственных факторов:

а) опасность поражения электрическим током, по классификации как физические электробезопасность:

- прикосновение к токоведущим частям или электрооборудованию, не находящихся в нормальном режиме работы под напряжением, но по ряду причин, оказавшихся под напряжением (например, при коротком замыкании, обрыве провода или нарушения целостности изоляции);

- прикосновение или приближение на минимально допустимое расстояние к токоведущим частям (случайное или преднамеренное);

б) взрывоопасность, химические и биологические факторы:

- при нарушении нормального режима работы (различные виды КЗ или обрыв провода) электрооборудование может получить недопустимые перегрузки, что может привести к взрыву (например, взрыв газа в газогенераторе) и пожару;

в) пожароопасность, состояние воздушной среды и химические факторы;

г) получение механической травмы, механические факторы:

- при поражении электрическим током, падении с высоты на человека арматуры или какого-либо оборудования и т.п. [12];

Различают два основных вида поражения человека электрическим током: электрический удар и электрические травмы. Электрическим ударом называется такое действие тока на организм человека, в результате которого мышцы тела

начинают судорожно сокращаться. В результате электрического удара возможен паралич важнейших органов (сердца, мозга и пр.).

Причины поражения электрическим током:

- Прикосновение к токоведущим частям, оголенным проводам, контактам электроприборов, рубильников, ламповых патронов, предохранителей, находящихся под напряжением;
- Прикосновение к частям электрооборудования, металлическим конструкциям сооружений и т.п., в обычном состоянии не находящихся, но в результате повреждения (пробоя) изоляции, оказавшейся под напряжением.

В табл. 4 приведены граничные значения напряжений, при превышении которых требуется выполнение защиты от косвенного прикосновения в зависимости от категории помещения.

Таблица 4. граничные значения напряжений

Категория помещения	ПУЭ (6-издание) п. 1.7.33	Проект новой редакции ПУЭ
Без повышенной опасности	≥ 380 В перем. тока	> 50 В перем. тока
	≥ 440 В пост. тока	> 120 В пост. тока
С повышенной опасностью, особо опасные и наружные электроустановки	> 42 В перем. тока	> 25 В перем. тока
	> 110 В пост. тока	> 60 В пост. тока

Действие электрического тока на организм

- ТЕПЛОВОЕ - ожоги различных степеней, нагрев и повреждение сосудов, перегрев сердца, мозга и других органов, что вызывает функциональные расстройства.

- ХИМИЧЕСКОЕ (электрическое) - разложение крови.

- **БИОЛОГИЧЕСКОЕ** - нарушение процессов жизнедеятельности организма (судороги, потеря сознания, нарушение работы сердца, дыхания).

- **МЕХАНИЧЕСКОЕ** - разрыв тканей организма.

Основные виды поражения электрическим током:

1. Электрические травмы.

2. Электрические удары.

3. Электрический шок.

Для примера приведем четыре степени электрических ударов:

- Судорожные сокращения мышц без потери сознания.

- Судорожные сокращения мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца.

- Потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания; либо и того и другого вместе.

- Клиническая смерть – отсутствие дыхания и кровообращения.

Клиническая смерть – это переходной период от жизни к смерти, наступающей в момент прекращения деятельности сердца и легких. Отсутствие всех признаков жизни: дыхания, сердцебиения, зрачки глаз расширены, не реагируют на свет, нет реакции на болевые раздражения. Длительность клинической смерти определяется временем с момента прекращения сердечной деятельности и дыхания до начала гибели клеток коры головного мозга.

6.3.1. Экологическая безопасность

Только на первый взгляд ветрогенераторы абсолютно безопасны для окружающей среды – они экологически чистые и не наносят ущерба природе. Все верно. Но все-таки они вызывают и немало проблем для общества. Во-первых, производственные ветрогенераторы достаточно шумные. Кроме того, они часто производят помехи в теле- и радиовещании. А иногда высокие и большие ветряные электростанции мешают миграции птиц. Конечно, по сравнению с тепловой электростанцией, это не настолько критично. Вред от ветрогенераторов практически незаметен. Но мы же боремся за чистую

энергетику? Значит, должны решать возникающие проблемы, возникающие при эксплуатации ветряных установок, уже сейчас.

Один из способов решения этих проблем – установка ветрогенераторов в открытом море, на большом расстоянии от берегов. Мало того, что это обеспечит безопасность для жителей, так еще и на открытом пространстве, как известно, ветры постоянные и сильные. Это обеспечит эффективность ветряных установок. Безусловно, установка ветрогенератора в море потребует огромных денежных затрат, но чистая экология стоит того.

Такая ветряная установка уже есть. Установлена она в Дании. Ее производительности вполне хватает на то, чтобы обеспечить целый поселок. Так что смысл в установке ветрогенератора в открытом море есть.

Что касается воздействия объекта на атмосферу (выбросы), их нет, так же это касается и сбросов.

В перечень твердых отходов входит, бумага, различные пластиковые бутылки и тому подобное.

6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Перечень возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС) на объекте: Аварии с разрушением конструкции ветрогенератора, падения опоры ветрогенератора, разрушение основной конструкции генератора и лопастей ветрогенератора. Взрыв электрооборудования. А наиболее вероятной ЧС, которая может возникнуть на подстанции - это пожар, возникший в результате короткого замыкания, неисправности электрооборудования внутри ветрогенератора.

Пожарная и взрывная безопасность.

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

1) повышенная взрывопожароопасность (А);

2) взрывопожароопасность (Б);

3) пожароопасность (В1 - В4);

4) умеренная пожароопасность (Г);

5) пониженная пожароопасность (Д).

Помещения на территории ветро-электростанции, которые располагают в себе электрооборудование относятся к категории Б – взрывопожароопасное, согласно [1] Пожарная опасность заключается в наличии источника зажигания [высокой температуры (до 150°С) теплоносителя (воды, пара, нагретого воздуха в системах кондиционирования, газового или электрического отопления)] и взрывопожароопасной газо-, паровоздушной среды, удаляемой системами вентиляции из зданий и помещений (обращающейся в системах вентиляции), способной воспламеняться (взрываться) при контакте с различными источниками зажигания.

Основная задача пожарной профилактики, с одной стороны, заключается в том, чтобы исключить потенциальный источник зажигания в виде нагретых поверхностей (излучающих поверхностей) систем отопления, а с другой стороны, - исключить накопление взрывопожароопасной воздушной среды в помещении (удалить ее за пределы помещения).

В ходе пожарно-технического обследования также необходимо производить контроль работоспособности систем аварийной и противодымной вентиляции, которые призваны обеспечить безаварийность технологических процессов и безопасность людей при эвакуации из зданий и сооружений в случае пожара. Так же обязательно наличие первичных средств пожарной безопасности. К первичным средствам пожарной безопасности относят огнетушители, внутренние пожарные краны, пожарные щиты с инвентарем и ящиками с песком. [16]

В целях обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации электроустановок необходимо:

1. Все электроустановки должны быть защищены аппаратами защиты от токов КЗ и других ненормальных режимов, могущих привести к пожарам и загораниям;

2. Электрические сети и оборудование, используемые на комбинате, должны отвечать требованиям ПУЭ, ПТЭ и ПТБ;

3. При эксплуатации электроустановки запрещается:

-использовать электродвигатели и другое оборудование, поверхностный нагрев которого при работе превышает температуру окружающего воздуха более чем на 40 °С;

-использовать кабели и провода с поврежденной изоляцией;

Для обеспечения пожарной безопасности:

1. Помещения обеспечиваются средствами тушения пожара и связи для немедленного вызова пожарной команды;

2. Первичные средства пожаротушения в производственных помещениях и на территории устанавливаются на специальные пожарные щиты (оборудуются 2-мя огнетушителями ОП, лопатой, багром, топором, ведром, ящиком с песком).

3. Пожарные краны внутреннего противопожарного водовода оборудуются рукавами и стволами, заключенными в шкафы;

4. Местоположение пожарных кранов должно быть указано на схеме пожарного водовода;

5. Места оборудования постов с первичными средствами пожаротушения согласуются с органами пожарной охраны;

6. Использование пожарных средств для производственных и хозяйственных нужд запрещается. [16]

В помещении вывешиваются плакаты на противопожарную тематику, у всех телефонов вывешена информация с номерами телефонов пожарной части.

За обеспечение пожарной безопасности ответственность несет директор ветроустановки. Все рабочие и служащие проходят подготовку, состоящую из

противопожарного инструктажа (первичного и вторичного) и занятий по пожарно-техническому минимуму по специальной программе.

На предприятии имеется пожарная часть и пожарно-техническая комиссия.

Средства пожаротушения.

В здание применяется спринклерная автоматическая установка пожаротушения. Она представляет собой разветвленную распределительную водопроводную сеть с распылителями водяных струй или воздушно-механической пены при помощи спринклерных головок.

Для быстрой локализации очагов возгорания служат ручные огнетушители, которые широко применяются на подстанциях.

Типы огнетушителей: ГОСТ 12.4.009 – 75, СНиП II – 90 –81, согласно МЮ РФ 27.06.2003г., № 4838, устанавливаются в количестве: 1 огнетушитель порошковый ОП – 10, 2 огнетушитель порошковый ОП – 20; 2 углекислотно – бромэтиловый огнетушитель ОУБ – 7.

Мероприятия по пожарной профилактике:

- организационные: включают в себя противопожарный инструктаж рабочих и служащих, издание приказов по пожарной безопасности и т.д.;

- технические: - соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании помещений, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения и правильное размещение оборудования;

6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В связи со вступлением в силу Федерального закона № 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" от 28 декабря 2013 г., аттестация рабочих мест претерпела изменения и стала называться Специальная оценка условий труда. По результатам проведения специальной оценки условий труда (СОУТ).

Законодательная база в этой сфере включает в себя:

Закон №426-ФЗ «О специальной оценке труда»;

Закон №421-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в связи с принятием закона №426-ФЗ»;

Трудовой Кодекс РФ;

ГОСТы по нормативам уровня шума, освещенности, загрязненности и т. д.;

Кодекс об административных правонарушениях РФ.

На должность электромонтёра по ремонту и обслуживанию электрооборудования 4 разряда назначается лицо, достигшее 18-ти летнего возраста, имеющее специальное образование, прошедшее медицинское освидетельствование, обучение, проверку знаний правил в объеме требований, определяемых профессией и получившее удостоверение. Электромонтёр по ремонту и обслуживанию электрооборудования непосредственно подчиняется ведущему инженеру-энергетику. Электромонтёр по ремонту и обслуживанию эл. оборудования согласно должностной инструкции должен знать: 1) основы электротехники; 2) схемы подключения электросчетчиков активной и реактивной энергии через трансформаторы тока и напряжения; 3) схему питания и расположения электрооборудования в санатории; 4) принцип действия и устройство пускорегулирующей аппаратуры люминесцентных ламп, а также ламп ДРЛ; 5) способы нахождения мест повреждения в кабельных сетях напряжением до 1000 В и устранения их с установкой соединительных муфт; 6) способы защиты электрооборудования от перенапряжения; 7) правила измерения переносными приборами; 8) устройство, назначение и условия применения сложного контрольно-измерительного инструмента; 9) приемы нахождения и устранения неисправностей в электросетях напряжением до 1000 В; 10) правила техники безопасности и личной безопасности при выполнении работ; 11) нормативные документы и акты по охране труда; 12) правила и нормы охраны труда; 13) правила пожарной безопасности и производственной санитарии; 14) правила электробезопасности; 15) правила внутреннего

трудового распорядка; 16) коллективный договор; 17) основы трудового законодательства; 18) должностную инструкцию.

– Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При компоновке рабочего места должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);
- вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

1. НПБ 105-03 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности."
2. СанПиН 2.2.4.548 – 96. "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997."
3. Свод правил СП 52.13330.2011. СНиП 23-05-95. "Естественное и искусственное освещение."
4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки."
5. СНиП 23-03-2003. "Защита от шума."
6. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. "Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданиях. "
7. ППБ 01 – 03. "Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003."
8. ГОСТ 26568-85. "Вибрация. Методы и средства защиты."
9. СанПиН 2.2.4.723 -98. "Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях."
10. СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях"
11. ГОСТ 12.4.011-89 "Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация"
12. Правила устройств электроустановок - 7-е изд. -М.: Энергоатомиздат, 2001-640с.
13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200 – 03. Санитарно – защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. –М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003
14. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха и населённых мест»
15. Трудовой Кодекс РФ;

16. ППБ 01 – 03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.

17. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 23 июня 2014 года) (редакция, действующая с 13 июля 2014 года) 123 – ФЗ. 2014.

18. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6Е	Сандаков Баир Нимбуевич

Школа	Инженерная школа энергетики	Подразделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

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

4. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
5. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30 % премии; 20 % надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент;
6. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	27,1 отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

3. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения ВКР с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений.
4. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

4. Матрица SWOT
5. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей
6. График Ганта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фигурко А.А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Е	Сандаков Баир Нимбуевич		

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Темой научно-технического исследования является разработка автономного снабжения базы отдыха на озере щучье Республики Бурятия предназначенного для отдыха.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации [1].

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Потенциальные потребители результатов исследования

Современные автономные гибридные системы, если рассматривать, как объект изучения очень сложен как по количеству элементов, так и по количеству представленных в них зависимостей, поэтому при изучении явлений значимую ценность представляет проведение натуральных физических экспериментов с реальным оборудованием. Вместе с тем огромная энергоемкость и значительные затраты на проведение таких экспериментов позволяют проводить исследования достаточно редко. В связи с этим возможным способом проведения исследований рассматривают применение различных методов и способов, изучаемых теорией подобия и моделирования. В настоящее время наиболее быстро и доступно ответы на возникшие вопросы могут быть найдены путем решения задач математического моделирования. Математическое моделирование, это способ исследования реальных событий, процессов, систем, который основывается на изучении их математических моделей с помощью цифровых машин.

Сложность исследования заключается в правильном выборе оборудования. Так как упрощение математических моделей приведет к недостоверному воспроизведению процессов, которые происходят в системе. Каждый элемент математической модели описывается передаточной функцией, в свою очередь передаточную функцию можно записать в виде дифференциального уравнения, а решение дифференциального уравнения сводится к решению интеграла. Решение сопровождается неизвестными методическими ошибками, отсюда следует потеря достоверности результатов моделирования, которые подтверждаются результатами верификации, произведенными в США, России. Результаты верификации не удовлетворили результаты моделирования, в результате анализа причин значительное влияние оказало недостаточно детальное составление математических моделей, недостоверное получение

подробной информации об электрическом режиме энергосистемы (сбор информации о параметрах силового оборудования, систем регулирования, которые функционировали в данном режиме).

SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для проведения комплексного анализа проводимого исследования выделим несколько этапов:

1. Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 1 - Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Принципиально новая методика проведения исследования 2. Универсальность применения разрабатываемых математических моделей 3. Наличие опытного научного-руководителя 4. Актуальность проводимого исследования 5. Обширная сфера применения 	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Требуется уникального оборудования 2. Возможность появления новых методов 3. Отсутствие повсеместного внедрения новой методики 4. Требуется тщательного сбора исходных данных 5. Многостадийность методики
Возможности:	Актуальность разработки, опытный руководитель и	Возможность наличия партнерских отношений с

<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов 2. Большой потенциал применения метода математического моделирования динамических процессов 3. Большая стоимость конкурентных разработок и сложность их использования 4. Возможность выхода на внешний рынок 5. Рост потребности в обеспечении безопасности технологического процесса и сокращения экономических издержек 	<p>принципиально новая методика дает возможность сотрудничать с рядом ведущих исследовательских институтов;</p> <p>Большой потенциал применения методики, а так же возможность выхода на внешний рынок обуславливаются принципиально новой методикой;</p> <p>Рост потребности в обеспечении безопасности технолого-производственного процесса и сокращения экономических издержек возможен за счет принципиально новой методики;</p> <p>За счет новизны и принципиальных отличий возможен выход на большие объемы применения данной методики.</p>	<p>исследовательскими институтами для взаимного использования уникального оборудования;</p> <p>Отсутствие повсеместного внедрения новой методики обеспечивает большой потенциал применения метода математического моделирования динамических процессов</p>
<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие спроса на новые программные продукты в исследуемой сфере 2. Развитая конкуренция в сфере математического моделирования технологических 	<p>Универсальность применения разрабатываемых математических моделей и обширная сфера применения программного комплекса минимизируют влияния развитой конкуренции в обозначенной сфере</p>	

процессов крупных производств 3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования 4. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями 5. Малые скорости внедрения разрабатываемого ПО	Актуальность проводимого исследования и наличие опытного научного руководителя в сочетании с принципиально новой методикой проведения работ обеспечивают стремительный выход на внутренний рынок	
--	--	--

2. Выявление соответствия сильных и слабых сторон научно – исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Таблица 2 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	0	0	+	+	0
	B3	+	-	-	-	-
	B4	+	+	0	+	+
	B5	+	0	-	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: B1C1C2C3C4C5, B2C3C4, B3C1, B5C1C4.

Таблица 3 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	-	-	0	0
	B2	0	0	+	-	-
B3	-	0	0	-	-	

	B4	-	0	-	-	-
	B5	0	-	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B1Сл1, B2Сл3.

Таблица 4 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Угрозы проекта	У1	-	0	0	-	-
	У2	0	+	0	0	+
	У3	0	0	0	0	0
	У4	+	0	+	+	+
	У5	-	-	0	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У2С2С5, У4С1С3С4С5.

Таблица 5 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	У1	-	0	-	0	-
	У2	-	-	0	-	-
	У3	-	0	0	0	0
	У4	0	-	-	-	-
	У5	-	-	0	0	0

Коррелирующие слабые стороны и угрозы не выявлены.

Вывод: заявленная методика имеет большой потенциал, широкий круг потенциальных потребителей, а также возможность быстрого выхода на внешний рынок.

Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и произведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание исследовательской части работ	Содержание технической части работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Получение технического задания от предприятия-заказчика и его согласование.	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Сбор необходимых данных, технических параметров оборудования, изучения технологического процесса.	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Выбор способа проведения технической стороны исследования и его обоснование; составление математических моделей.	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Составление графика выполнения работ на всех этапах.	Научный руководитель
Теоретические исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Проведение теоретических расчетов, а затем необходимых экспериментов для их подтверждения.	Инженер
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка эффективности полученных результатов	Анализ результатов проведенного научно-технического исследования, выдача рекомендаций относительно решаемой задачи.	Инженер совместно с научным руководителем
Оформление отчета по НИР	7	Составление пояснительной записки	Составление отчета о проделанной работе, с указанием проблематики проводимого исследования, результатов и принятых технических решений.	Инженер
	8	Публикация полученных результатов	Передача результатов исследования заказчику и их внедрение в процесс производства.	Научный руководитель

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 $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макси}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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

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

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

В таблице 7 приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работ.

Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = \frac{365}{299} = 1,48, \quad (4)$$

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

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году (пятидневная рабочая неделя);

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 4.7.

Таблица 7 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнитель и		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							
	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	1	-	2,8	-	4	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	14	-	21	-	16,8	-	1	-	16,8	-	25
Выбор направления исследований	2	4	3	5	2,4	4,4	1	1	2,4	4,4	4	7
Календарное планирование работ по теме	3	-	7	-	4,6	-	1	-	4,6	-	7	-
Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	21	-	28	-	23,8	-	1	-	23,8	-	35
Оценка эффективности полученных результатов	3	7	5	14	3,8	9,8	1	1	3,8	9,8	6	15
Составление пояснительной записки	-	5	-	10	-	5	-	1	-	5	-	7
Публикация полученных результатов	2	-	4	-	2,8	-	1	-	2,8	-	4	-

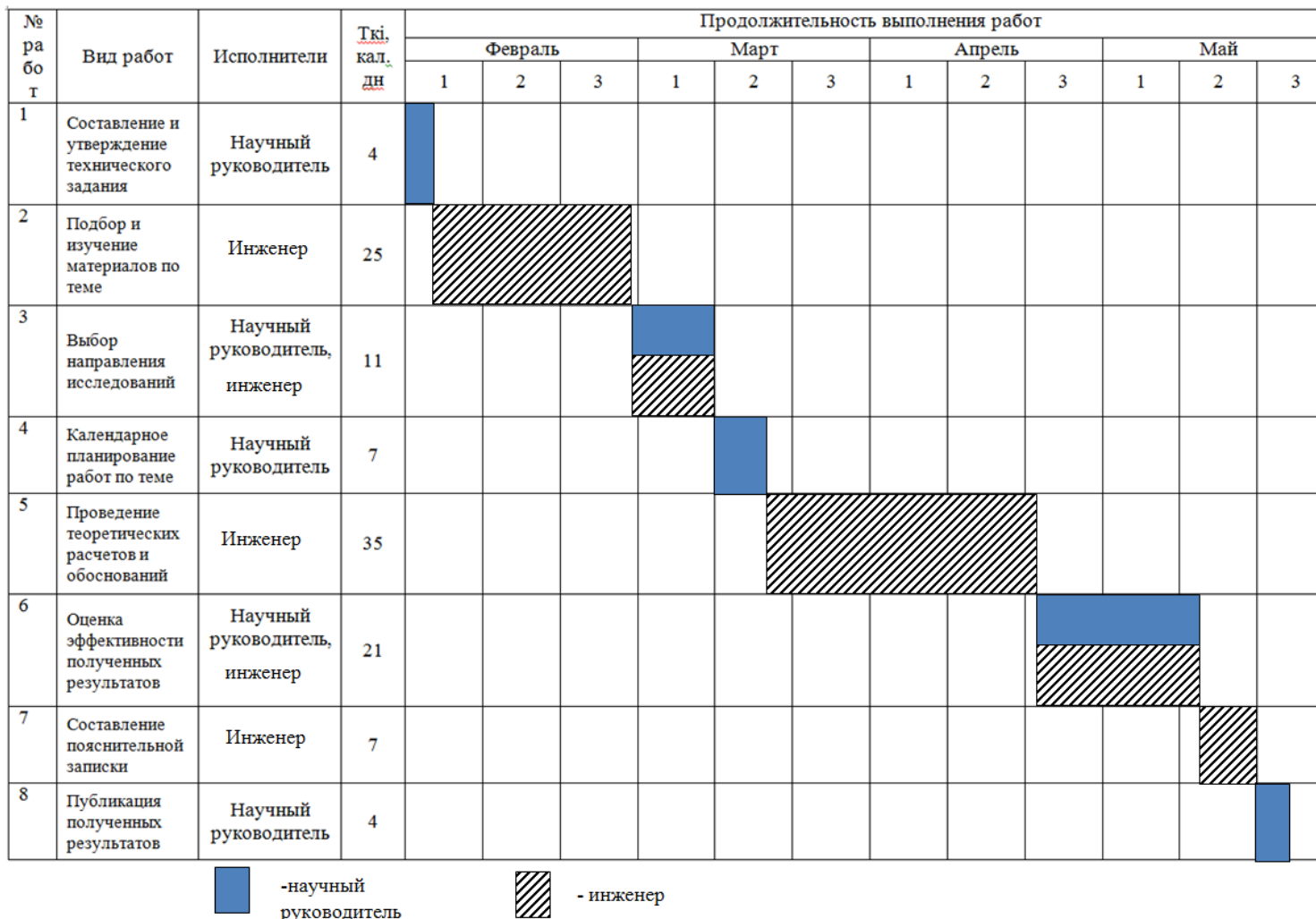
Итого длительность работ – 114 календарных дней.

На основе таблицы 7 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени написания ВКР. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Календарный план-график построенный для максимального по длительности второго варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в таблице 8:

Вывод: общее число работ составило 8. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 16 чел-дней, для студента-исполнителя составила 60 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 114 календарных дней.

Таблица 8 - Календарный план-график проведения НИР (Диаграмма Ганта)



Расчет бюджета для научно-технического исследования

Расчет материальных затрат НИИ

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

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{рас}xi} , \quad (5)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 9.

Таблица 9 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб		Затраты на материалы, (Зм), руб	
		Науч. Рук-ль	Инженер	Науч. Рук-ль	Инженер	Науч. Рук-ль	Инженер
Компьютер	Штука	1	1	20000	25000	23000	28750
Принтер	Штука	1	1	6000	6000	6900	6900
Mathlab	Штука	1	1	7000	7000	8050	8050
Microsoft Word	Штука	1	1	2000	2000	2300	2300
Специализированное ПО	Штука	3	3	8000	8000	9200	9200
Канцелярские принадлежности	-	-	-	-	-	2000	4000
Итого						51450	57200

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 10:

Таблица 10 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям		Трудоемкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2

1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	-	2,8	-	3060	-	8568	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	Инженер	-	16,8	-	1515	-	25452
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель	Инженер	2,4	4,4	3060	1515	7344	6666
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель	-	4,6	-	3060	-	14076	-
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	Инженер	-	23,8	-	1515	-	36057
6	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель	Инженер	3,8	9,8	3060	1515	11628	14847
7	Составление пояснительной записки	-	Инженер	-	5	-	1515	-	7575
8	Публикация полученных результатов	Научный руководитель	-	2,8	-	3060	-	8568	-
Итого:								50184	90597

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (7)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

Расчет баланса рабочего времени приведен в таблице 11

Таблица 11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	48
- невыходы по болезни	16	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	207	189

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (8)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – 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 $Z_{\text{тс}}$);

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

Тарифная заработная плата $Z_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и

учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 12:

Таблица 12 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб.дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	30000	0,3	0,15	1,3	-	300	24ч	7200
Инженер	15000	0,3	0,5	1,3	35100	1514,689	189	286276
Итого								293476

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет-странице Планово-финансового отдела ТПУ).

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (10)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлено в таблице 13

Таблица 13 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Научный руководитель	7200
Инженер	286276
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Отчисления, руб	
Научный руководитель	1951,2
Инженер	77580,796

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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Расчет величины накладных расходов приведен в таблице 14

Таблица 14 – Накладные расходы

	$Z_{\text{накл}}$, руб.
--	--------------------------

Научный руководитель	156352
Инженер	76102

Амортизация

В данном пункте будет рассчитана амортизация ноутбука с помощью которого выполнялась работа.

Срок эксплуатации ноутбука 4 года. Отсюда следует, что норма амортизации равна:

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\%$$

$$K = \frac{1}{4} \cdot 100\% = 25\%$$

где n – срок полезного использования в годах.

Найдем амортизацию:

$$A = \frac{K \cdot I}{12 \cdot 30} \cdot m \text{ р}$$

$$A = \frac{0,25 \cdot 40}{12 \cdot 30} \cdot 68 = 1888,9 \text{ руб.}$$

где I – итоговая сумма в тыс. руб.;

m – время использования в днях.

Сводный расчет затрат по проекту

Сводный расчет затрат по проекту приведен в табл. 15

Таблица 15 – Сводный расчет затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Научный руководитель	Инженер
1. Заработная плата	7200	286276
2. Отчисления	1951,2	77580,796

3. Материальный затраты	51450	57200
4. Амортизация	1888,9	1888,9
Бюджет затрат НТИ	62490,1	422945,696

Определение целесообразности и эффективности научного исследования

Анализ и оценка научно-технического уровня проекта

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности исследования необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i \cdot П_i \quad (12)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

$П_i$ – количественная оценка i – го признака.

Таблица 16 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.4
Теоретический уровень	0.2
Возможность и масштабы реализации	0.4

Таблица 17 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	<u>Сравнительно высокий НТУ</u>
11-14	Высокий НТУ

Таблица 18 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
<u>Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами</u>	<u>8</u>
Разработка алгоритма	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 19 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
<u>В течение первых лет</u>	<u>10</u>
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
<u>Отрасль</u>	<u>4</u>
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0.4, P_1 = 10, k_2 = 0.2, P_2 = 8,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$НТУ = 0.4 \cdot 10 + 0.2 \cdot 8 + 0.2 \cdot 10 + 0.2 \cdot 4 = 8.4$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей

Оценка важности рисков

При оценке важности рисков оценивается вероятность их наступления (P_i). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит,

0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i). Важность оценивается по 10- балльной шкале b_i . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице. Оценка важности рисков приведена в таблице 20.

Таблица 20 – Экономические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i * w_i$
1	Инфляция	100	1	0,019	1,960
2	Экономический кризис	25	2	0,039	0,980
3	Недобросовестность поставщиков	25	6	0,117	2,941
4	Непредвиденные расходы в плане работ	50	7	0,137	6,862
5	Снижение уровня спроса на продукцию	50	10	0,196	9,803
6	Сложность выхода на мировой рынок вследствие монополизированность рынка	75	7	0,137	10,294
7	Колебания рыночной конъюнктуры	25	6	0,117	2,941
8	Отсутствие в числе сотрудников экономистов	25	2	0,039	0,980
9	Низкие объемы сбыта	50	10	0,196	9,803
	Сумма		51	1	46,568

Таблица 21 – Технологические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i * w_i$
1	возможность поломки оборудования	25	7	0,25	6,25
2	низкое качество поставленного оборудования	25	9	0,3214	8,0357
3	неправильная сборка оборудования	25	8	0,2857	7,1428
4	опасность для работающего персонала и аппаратуры	75	4	0,1428	10,714
	Сумма		28	1	32,142

Таблица 22 – Научно-технические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i * w_i$
1	развитие конкурентных технологий	75	7	0,145	10,937
2	создание новых методов синтеза	75	7	0,145	10,937
3	риск невозможности усовершенствования технологии	50	8	0,166	8,333
4	отсутствие результата в установленные сроки	50	7	0,145	7,2916
5	получение отрицательного результата при внедрении в производство	25	10	0,208	5,208
6	несвоевременное патентование	25	9	0,187	4,687
	Сумма		48	1	47,395

Далее производится расчет общих рисков:

Таблица 23 – Общая оценка риска проекта

Виды рисков в группе	Pi	bi	Wi	Pi*Wi
Экономические	46,57	10	0,25	11,64
Технологические	32,14	9	0,5	16,07
Научно- технические	47,4	6	0,25	11,85
Итого		25	1	39,56

Итоговая оценка риска проекта составила порядка 40%, т.е. проект имеет право на жизнь, хотя и не лишен препятствий.

Для того чтобы избежать риски или минимизировать их воздействие на проект необходимо проводить мероприятия по борьбе с рисками.

Таким образом, анализируя результаты данного раздела, можно заключить, что проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, а также приемлемый уровень рисков. Это подтверждает целесообразность проводимого научного исследования.

Выводы

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования на примере SWOT-анализа, результат которого показал большой потенциал применения методики, а так же возможность быстрого выхода на внешний рынок обеспечены принципиально новым подходом к решению поставленной задачи.

Определен полный перечень работ, проводимых при исследовании ветрогенератора. Общее число работ составило 8. Определена трудоемкость

проведения работ. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 16 чел-дней, для студента-исполнителя составила 60 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 114 календарных дней.

Расчет бюджета осуществлялся на основе следующих пунктов:

- расчет материальных затрат НИИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Определена целесообразность и эффективность научного исследования путем анализа и оценки научно-технического уровня проекта, а также оценки возможных рисков. В результате проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня и приемлемый уровень рисков.

Следует отметить важность для проекта в целом проведенных в данной главе работ, которые позволили объективно оценить эффективность проводимого научно-технического исследования.

ПРИЛОЖЕНИЯ А

The economic efficiency and wealth of a society strongly depends on the best choice of energy supply techniques which involves many parameters of quite different significance. The "Energy returned on invested", EROI (often also called EROEI), is the most important parameter as it describes the overall life-cycle efficiency of a power supply technique, independent from temporary economical fluctuations or politically motivated influence distorting the perception of the real proportions. The EROI answers the simple question "How much useful energy do we obtain for a certain effort to make this energy available" (the terms "effort", "useful", and available will be specified below).

The independence from economical fluctuations is lost when input and output energies are weighted by quality factors, essentially representing the different energy production costs. To distinguish this "energy money returned on invested" from the EROI, it will be called EMROI here.

Although the EMROI is not the EROI, it is often called this way which entails a lot of obfuscation of the EROI comparison. In particular the so-called "renewable" energies have often been treated in a confusing manner by weighting their output by a factor of 3 (motivated by the "primary energy") but comparing it with the unweighted output of other energies like nuclear. In this work, based on several LCA studies, EROIs will be calculated by using a strictly consistent physical definition thus making the energy producing techniques comparable to each other. Energy input with the highest quality difference, i.e., thermal energy and electricity, are listed separately (given in percentage electrical of the total energy input), so the factor of interest, either the EROI or the EMROI can easily be determined and compared. Here, an overview of EROIs and EMROIs for wind, solar thermal and natural gas. It is the most extensive overview so far based on a careful evaluation

of available Life Cycle Assessments (LCA). Only those studies could be taken into account that sufficiently keyed down the numbers to allow for a calculation of the correct EROI. EROIs and EMROIs including storage systems are also provided as they are unavoidable when turning the power supply from fossil fuels to “renewables”. The most effective system, the water pump storage, already reduces the EROI remarkably. However, for a mixed scenario including conventional back-up power plants which has not been investigated here, the change might be more moderate. Regarding the “renewables” it should be noted that energy and matter are never consumed or generated or even “renewed” but always just converted. A coal-fired plant does not “consume” coal but converts it to ashes and CO₂ while converting the chemical binding energy to heat and electricity. There is always a flow of materials (fuel, materials for construction, maintenance) driven by the “invested” energy with the result of making the “returned” energy available. The same is true for photovoltaics (PV) for building the cells, the plant, the converter, etc. Neither the energy nor the materials are renewed here; the only difference is that the actual energy source, the sun, is not controlled by the power plant, a fact that is irrelevant for the EROI. Besides the physical limit, there is also an economic one given by the society’s Gross Domestic Product (GDP).

The primary quantity thoroughly used here is the EROI. When used in formulas, it will be abbreviated with R. Energy intensity and energy payback time are derived by simple relations as shown in the following. The EROI of a power plant, R, is the ratio of the usable energy ER the plant returns during its lifetime to all the invested energy EI needed to make this energy usable,

$$R: = ER/ EI$$

The energy intensity is simply the inverse of the EROI, therefore it will be denoted as R⁻¹. It describes the “effort” needed to “generate” a certain energy output. EI is also called the cumulated energy demand or the embodied energy. The greatest part of LCA studies is devoted to a precise evaluation of EI, based on

material databases. It has a fixed part E_{fix} for construction and deconstruction, and a part that increases with time t , PIt (e.g., maintenance and fuel provisioning, if required). PI has the unit of a power and describes the energy demand per time. Therefore, the cumulated energy demand after a time t is

$$EI(t) = E_{fix} + PI t$$

The energy output is the product of the average power P times the elapsed time t , $ER(t) = Pt$. For the EROI, energy output $ER = ER(T)$ and input $EI = EI(T)$ after the plant's lifetime T are compared, therefore

$$R = \frac{PT}{E_{fix} + PIT}$$

The energy payback time T_a , also called the energetic amortization time, is the time after which the returned energy equals the energy invested, $ER(T_a) = EI(T_a)$, which leads to

$$T_a = \frac{E_{fix}}{P - PI}$$

It should be noted that EI contains E_{fix} , e.g., some energy demand like the one for decommission that occurs after T_a . The plant's lifetime plays no role for the payback time, so no statement for the energy efficiency can be made.

If the energy demand for maintenance and fuel provisioning during the plant's lifetime is small compared with the fixed energy demand, $PIT \ll E_{fix}$, and small compared with the energy output, $PI \ll P$, the EROI is simply $R \approx \frac{PT}{E_{fix}}$, and the energy payback time is $T_a \approx \frac{E_{fix}}{P}$. They are both related to each other by

$$R \approx \frac{T}{T_a}$$

Sometimes, the energy difference between output and input energy is used, called the net energy $E_{net} = ER - EI$. Since E_{net} depends on the power plant size it does not describe the technique but rather the gain of a specific power plant. Either EI or ER is needed as an additional number, E_{net} alone makes no sense. The relation to the EROI is simply

$$E_{net} = EI (R - 1) = ER (1 - R - 1)$$

The economy runs on energy of different qualities, essentially thermal energy and electricity. In the current economy, the production cost ratio w of electricity to thermal energy is $w \approx 3$, corresponding to the reciprocal of 33% for the efficiency of thermal power plants, as well as for the cost ratio of electricity and primary energy. . If the input energy EI is composed of thermal energy E_{th} and electricity E_{el} the energy money returned on invested, hereon called EMROI, Rem , can be calculated by $Rem = wER E_{th} + wEe$ The EMROI describes only the money return for energy, excluding the labor costs. It is therefore neither a pure economic factor, nor a pure energetic factor. Unfortunately, many LCA studies calculate the EMROI but label it “EROI” which is the source of much confusion.

Energy is the central concept in the utilization of energy. This utilization is bound to a physical process which transforms primary energy to energy defined as the usable work inside a system with borders to (most frequently) the surrounding. The maximal attainable energy is then the difference between the energetic potentials inside and outside the system. These may be multiple potentials with respect to the four fundamental forces not just thermodynamical ones. On the other hand, energy is the part of the primary energy in the physical transformation process that is bound to non-directed stochastic particle movement (entropy). The link between the primary energy and the produced energy is the efficiency of the physical process which performs the transformation. Pure energy can be transformed by consecutive physical processes into any other form of energy. However, while the total energy as a sum of energy and energy is conserved, energy is destroyed in every non-reversal process. So, only energy is generated and destroyed. The definition of energy based on potential differences, physical processes and its efficiencies, and system borders is versatile and can be used for any physical transformation process, not just thermodynamical or chemical ones in case of material flows. The utilized physical process provides the theoretical limit for the energy generation. Its actual technical implementation remains below this limit due to energy generating sub

processes like friction which are accounted for in the technical efficiency factor of the utilized technical process. Thus the efficiency factor of the technical process joins the primary energy with the generated energy and the inevitably remaining waste energy.

In the case of power plants many technical processes are involved which are categorized as construction, decommissioning, maintenance and fuel supply. For example, construction materials are involved from the mine to the finished component. The required energy for steel production is primarily determined by the difference of the enthalpies of the metal oxides and the steel. Secondly, the exergy expense for the ore extraction and concentration, and the steel machining has to be added. Similarly the energy for the fuel supply, etc., should be added as well. All these technical processes are characterized by their efficiencies which determine the expended primary energy in its different forms.

Ideally, EI and ER should be both energies, not energies. For the input EI, the actually utilized energy should be used. So far, Davidson made an energetic analysis of a wind turbine and calculated the energy taken from the system (Earth) and "flowing" through the society for the input, but this reflects not the work done by the society which stands for the physical economy.

Cleveland highlighted different views of describing energy flows inside the system, including the physical approach using the exergy method, but inconsequently, changed to the economist's perspective using top-down calculations to obtain the physical parameter EROI. Indeed, available data from LCA studies and databases provide the expended primary energy sometimes divided into electric and thermal energy. As such with respect to the utilized exergy and the obligatory system borders, both parts of the primary energy, electrical and thermal, are composed of exergy and energy. The link to the utilized exergy is given by the efficiencies of the technical processes. If they are known, exergy and primary energy are interchangeable. Thus EI is pragmatically the expended energy. Being still

physically inconsequential, it is larger than the expended exergy, based on a lack of process information which should be evaluated to obtain the exergy input. Whenever possible, the electrical and thermal energy have been kept separately but for the final calculation of EI those numbers have been added with no weighting, which is mandatory due to the system borders which co-define the utilized exergies.

Weighting electricity is a critical point as a few LCA studies and guidelines apply it also to the output 5ER. The weighting factor is usually 2-3, corresponding to an alleged average efficiency of thermal power plants of 30%-40% when burning fuel to produce electricity. This procedure is not considered sensible here as it makes assumptions about the origin of the exergy and the efficiency it has been produced with. This would change the meaning of the EROI which now becomes a replacement factor rather than an energy multiplication factor. ER is the exergy output, not the primary energy of a hypothetical power plant needed to produce the same exergy.

It is evident that the actual task is the evaluation of the input energy EI, involving all production steps down to the raw material extraction or recycling, contrary to ER which is easy to determine. This “bottom-up” method should be preferred but some authors applied also a “top-down” method, for instance, by using the overall electricity bill of a solar cell production facility.

Usable energy, storage, and over-capacities

Power systems provide exergy (electricity), but they must do it when this exergy is required, the second quality factor of usability. For the energy output, although the term “available” is easy to implement by defining the connection point to the network (as done here) or to the consumer, the term “usable” is more complicated. It implies that the consumer has an actual need for the energy at the moment it is available. It also means the opposite, that energy is available when the

consumer needs it. There are only three possibilities to make the energy output fit the demand.

- Ignoring output peaks and installing multiple times of the necessary capacity as a backup to overcome weak output periods.
- Installing storage capacities to store the peaks, with reduced over-capacity plant installations (short: buffering).
- Adapting the demand to the output at all times.

The third point is obviously not acceptable, because one becomes dependent on random natural events (wind and PV solar energy). A developed and wealthy economy needs predictably produced energy every time, especially the industry needs a reliable base-load-ready output to produce high quality goods economically. So only the first two points are acceptable, whereof the second one is the economically most promising. Some energy generation techniques need more buffering (wind energy, photovoltaics), some less (solar CSP in deserts, hydro power) and the fuel based ones almost no buffering (the fuel is already the storage). Technologically, this can only be solved by storage systems and over-capacities which are therefore inside the system borders, "replacing" the flexible usage of mined fuel by fuel-based techniques. In opposite to that, the IEA advises to consider the backup outside the system borders without any scientific justification.

If ES is the total energy demand for a storage system, TSS its lifetime, and S its capacity, the mean energy demand rate per capacity is

$$ES = q \cdot P_{ts} \cdot T$$

q is the rate energy has to be invested to operate a park of storage systems, including replacement of old storage plants with new ones after their lifetime, normalized to its capacity. A power plant generating unstable electricity can now "rent" a fraction of the storage system park in order to stabilize its supply. The needed capacity depends on the desired buffer time t_s . Assuming that the power

plant wants to maintain its mean power output P , the required storage capacity is $P \cdot t_s$. The additional energy demand ES the power plant has to “pay” to “rent” this storage capacity over its entire lifetime T is then

$$ES = qP t_s T$$

Storage for long periods can become a very cost-intensive and even impossible business. The economically better solution is the installation of additional power which is called “over-capacity”. This is shown in an Australian optimal-cost balance scenario for photovoltaics. It is just a factor f_o the original energy demand EI has to be multiplied with. Therefore, the energy demand EI, S for a power plant including storage as well as over-capacities is

$$EI, S = f_o EI + ES$$

The EROI reduces correspondingly. It should be noted that reserve capacities, e.g., due to maintenance or predictable peak demands, are not included which additionally might be considered for all energy techniques but is typically never included in any study. In other words, the assumed overcapacity assumptions are only applied to natural volatilities. No direct LCA studies could be found for storage systems but pump storage systems are very similar to hydroelectricity plants with storage capabilities. Alternative storage techniques like hydrogen electrolysis and gas storage are much more uneconomic anyway. Here, the Australian Benmore station with an energy demand ESS of 24,000 TJ has been selected and slightly scaled up (30,000 TJ) in order to fit the planned German Atdorf pump storage system with a projected lifetime of $TSS = 100$ years. The material and working demands are similar, strongly dominated by the dam’s energy input. Atdorf storage capacity is about $S = 52$ TJ, so that q can be calculated as described above. It should, however, be kept in mind that if no favorable topology is available the necessary geo-engineering [9] (pp. 46) elevates the energy investment substantially.

Other methodological problems

The problems, related to the exergy/energy definition, in evaluating the EROI have already been mentioned above in Fig. 1.

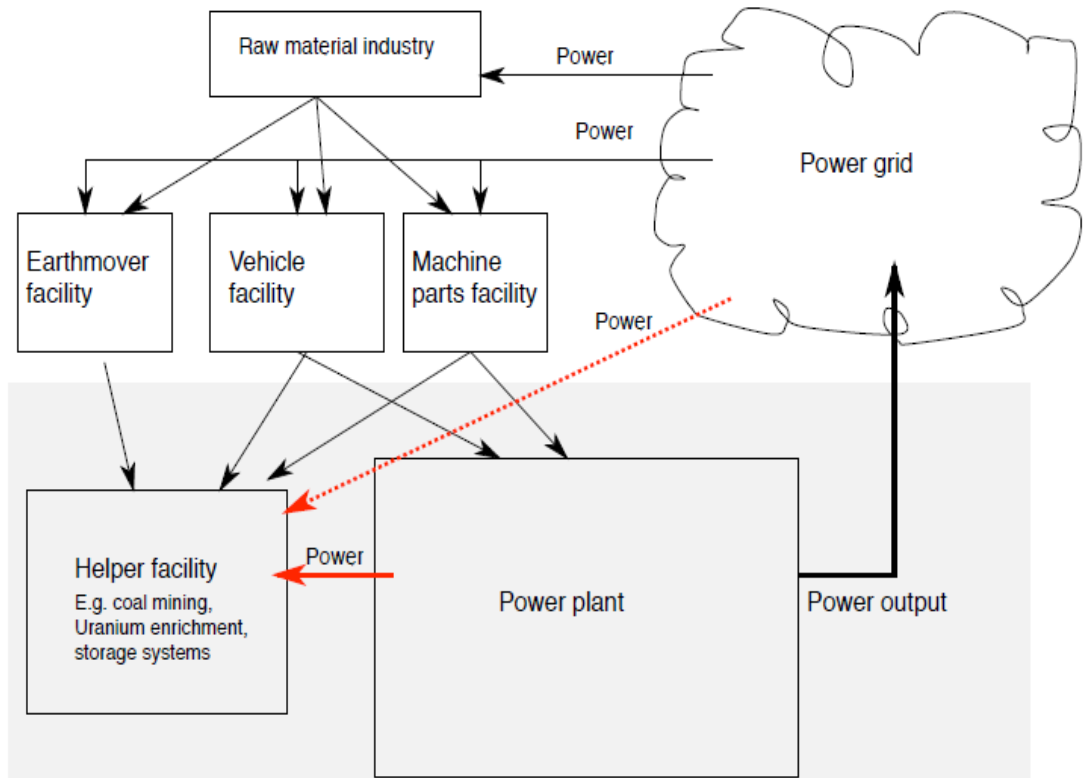


Figure 1: System borders for a typical power plant. It makes a difference if electricity for a helper facility like a coal mine is taken from the grid (dashed line) or from the power plant.

It makes a great difference if some energy demand needed to operate the plant is added to EI or subtracted from ER, so advised by a guideline for photovoltaics from the IEA. The reason for the different treatment is that the pump operation happens on site while the enrichment process is decoupled from the actual power plant. This is the "investor's view" who must buy the nuclear fuel while the pump operation is up to his own. If there were a nuclear power plant with integrated enrichment facility it could be treated the other way. In general the "investor's view" justifies to account all energy that must be applied in advance as "investment" while energy that must be applied inside the production process as reduced return.

Another problem is that a few authors use recycled material with a fraction (often 100%) other than available on the market, thus reducing the energy demand remarkably. This has been corrected in this paper. It is conceivable that a manufacturer advertises his product, e.g. a wind turbine, to have a very high EROI by using mainly recycled materials. This, however, is a non-representative distortion of the usual mix of recycled and new material favoring this particular product and cannot be accepted in a balanced evaluation.

Some LCA studies subtract the energy inventory of material amounts that are recycled, which is not correct, and is not so done here. The recycled material's energy demand (including the demand of the recycling process) has to be considered in the construction energy demand, when it is used.

In opposite to this, scarcity and environmental (and safety) standards are in fact part of the EROI, as they all lead to a higher energy demand and therefore to a lower EROI. Thus, in the calculations here it is considered that all power plant LCAs process steps are according to respective common standards and that mining and extraction of needed resources is based on the concentrations raw materials are currently available. Scarcity in the future will be rejected in lower concentrations of raw materials that have to be extracted, leading to a higher energy demand. As soon as the EROI for a fossil plant falls below the economic limit, the corresponding fossil fuel can be regarded as "exhausted" (though, there might be still a demand to use them for mobile applications, if no other solution is available). However, as long as all fossil and nuclear resources are available on the same level of concentration at least for the lifetime of the plant, the EROIs remain correct. This is currently the case all power plants.

Solar photovoltaic (PV) and Wind energy

So far, only Silicon (Si) based PV technologies are applicable on a large scale, so only those have been evaluated here. CIGS- or CdTe-based cells are no option since there is not even a fraction of the needed Indium or Tellurium available in the Earth crust and organic cells are still far from technical applications.

In the past, the energy demand for producing Si-based solar cells was dominated by the crystallization processes, for highly pure Si from semiconductor fabs' "scrap" (o_-spec Si) many evaluations overestimated the EROI because the energy demand for the crystallization process done by that factory was not included. If included, the EROI becomes underestimated, because solar cells do not need such high-quality Si. The production of solar cells for the high demand today needs its own factory infrastructure, because such amounts of o_-spec-Si are not available. It is therefore necessary to analyze the manufacturing chain of a solar module factory to get the energy demands as done by.

Manufacturing the cells is dominated by electrical energy use (arc-melted, cleaned and casted Si, composing modules), while producing the factory and the solar plant installation components is almost completely thermal energy use (material energy inventories), each about half of the whole EI for construction. The demand for Si cleaning (30% of the whole EI) can be reduced by 75% using the mono-silane method. Amorphous solar cells need far less amounts of Si, reducing the energy demand for the Si-based steps, but the installation demand remains unelected. Furthermore, these modules have a lower operation lifetime and efficiency.

Wind turbines are installed on-shore, partly at the coast, and o_-shore (sea), several 10 kilometers away from the coast. O_-shore wind parks have a higher yield which is roughly balanced by higher expenses for fundament, long cable, grid connecting and transformer. No thorough LCA studies for o_-shore plants could be

found. For on-shore plants, the Enercon E-66 (1.5 MW) has been chosen as a reference turbine for the modern multi-megawatt class typically used in Russia, although there are newer types of turbines. The latter calculated an additional maintaining energy demand of 1.3% (not including the generator).

Output reduction, due to additional opine periods for maintaining, when the wind is blowing is ignored in this calculation. The difference between the construction demands mentioned above is caused by using lower energy inventories for steel. There are no known detailed LCA studies concerning off shore-wind energy converters. Only a uniform mathematical procedure based on the exergy concept makes it possible to compare all power generating systems.

The results are shown in Fig. 1. All EROIs are above the physical limit of which means they all "produce" more energy than they "consume". Not all of them are above the economical limit of. Solar PV in Russia even with the more effective roof installation and even when not taking the needed bearing (storage and over-capacities) into account has an EROI far below the economic limit. Wind energy seems to be above the economic limit but falls below when combined even with the most effective pump storage and even when installed at the Russia.

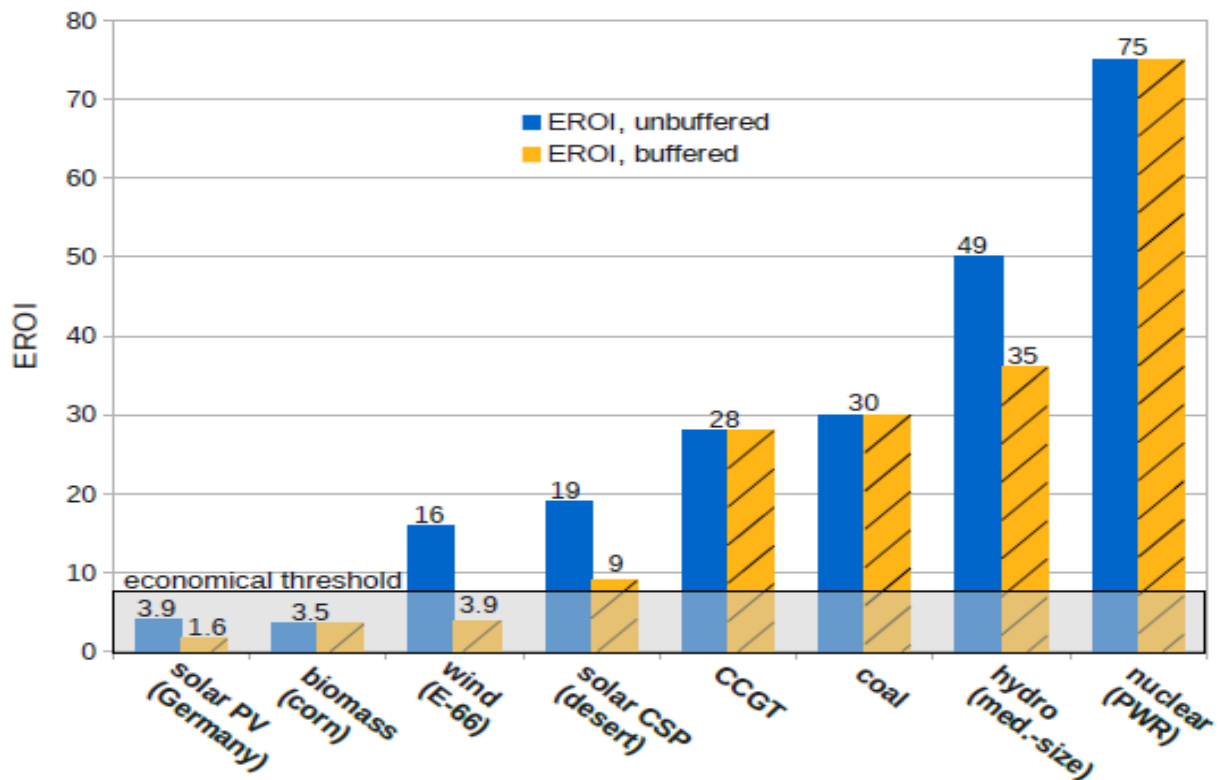


Figure 1. EROIs of all energy techniques with economic «threshold».

Only a uniform mathematical procedure based on the exergy concept makes it possible to compare all power generating systems. The results are shown in Fig. 3. All EROIs are above the physical limit of 1 which means they all "produce" more energy than they "consume".

Solar PV in Russia even with the more effective roof installation and even when not taking the needed buffering (storage and over-capacities) into account has an EROI far below the economic limit. Wind energy seems to be above the economic limit but falls below when combined even with the most effective pump storage and even when installed at the Russia. Biogas-red plants, even though they need no buffering, have the problem of enormous fuel provisioning effort which brings them clearly below the economic limit with no potential of improvements in reach. Solar CSP is the most hopeful option among the new solar/wind technologies, in particular because of the smaller influence of the buffering. However, pump storage is often not available in regions with high solar irradiation. Choosing less effective storage techniques like molten salt thermal storage and the connection to the Russian grid probably brings the EROI again far below the economic limit. It is also important to

keep in mind that small units are much more ineffective, as is an installation in sun-poor regions owed to the non-linearity.

It is finally noted that the EROI, even though it is the most important parameter, is neither fixed nor the only parameter to assess a power technology. EROIs slowly change with time, in particular for fossil fuels when stockpiles become harder to access but also when processes are improved as it happened with the steel production and the Uranium enrichment. Other parameters like land consumption, the "death toll", the impact on nature, and the scope of the stockpiles as mentioned above have to be taken into account separately.