

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТУ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

УДК 621.548

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б6А1	Кокин Евгений Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Галашов Н.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Т.Б.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антонович О.А.	к.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент НОЦ И.Н.Бутакова	Антонова А.М.	к.т.н.		

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач.
P3	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни, непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности в широком (в том числе междисциплинарном) контексте в комплексной инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять комплексные инженерные проекты с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить комплексные научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением базовых и специальных знаний, и современных методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами на основе АСУТП; использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.

P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ А.М. Антонова
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б6А1	Кокину Евгению Юрьевичу

Тема работы:

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТУ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Целью работы является анализ факторов, влияющих на работу ветроустановок. Объектом исследования в работе является ветроэнергетическая установка. Предметом исследования выступают факторы, определяющие возможность работы ветроустановки в различных условиях. Произвести расчет и анализ для нескольких населенных пунктов с учетом повторяемости и направления ветров в зоне размещения ВЭУ. Определить влияние высоты размещения и влияние характера поверхности, на которой размещается ВЭУ, и их размещения на поверхности земли.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР 2. АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ВЭУ 3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕСТВЕННОСТЬ 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	-
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Т.Б. Якимова, Доцент ОСГН ШБИП</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>О.А Антоневиц, Доцент ООД ШБИП</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ</p>	<p>Н.Н. Галашов</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-5БББ1</p>	<p>Кокин Евгений Юрьевич</p>		

Томск – 2021 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б6А1	Кокину Евгению Юрьевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования(НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Тариф на электроэнергию 3,5 руб/кВтч Должностной оклад научного руководителя - 35400 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Должностной оклад студента – 10000 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Норма амортизации – 20% Ставка по отчислениям во внебюджетные фонды – 30% от ФОТ
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив сооружения ВЭУ	Потенциальные потребители исследования Оценка коммерческого потенциала и перспективности ветроустановки Модель SWOT- анализ вариантов технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Смета затрат на проектирование
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	5.3 Инициация проекта 5.3.1 Цели и результат проекта 5.3.2 Организационная структура проекта 5.3.3 Ограничения проекта
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ 	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б6А1	Кокин Евгений Юрьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б6А1	Кокину Евгению Юрьевичу

Школа		Отделение (НОЦ)	
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР: «Анализ факторов, влияющих на работу ветроэнергетических установок»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Ветроэнергетическая установка для электроснабжения N=3 кВт
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. 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; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.002-2014 "Система стандартов безопасности труда. Термины и определения"</p> <p>ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, движущиеся части машин и механизмов, повышенный уровень шума, повышенный уровень вибрации, недостаточная освещенность рабочей зоны</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Указанный технологический процесс является безотходным и не сопровождается вредными выбросами в окружающую природную среду.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Предусмотрены мероприятия при поражении электрическим током</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антоневич О.А.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б6А1	Кокин Евгений Юрьевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 82 с., 18 рис., 28 табл., 5 граф. 32 источников, 3 прил.

Ключевые слова: нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, ветроэнергетическая установка.

Объектом исследования является ветроэнергетическая установка для обеспечения электрической энергией абонентов.

Цель работы: анализ факторов на работу ветроэнергетической установки.

В процессе исследования были изучены основные факторы, влияющие на работы ветроэнергоустановки (далее по тексту ВЭУ), рассмотрены характеристики и произведена оценка эффективности работы ветроэнергоустановки.

В результате анализа было выяснено, что вблизи метеостанции Бира целесообразно начать строительство ВЭУ, поскольку показатели мощности самые наивысшие.

Область применения: анализ показал положительные перспективы для развития ветроэнергетики.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010.

Предприятие, по проблематике которого выполняется работа: предприятие НОЦ И.Н. Бутакова.

Обозначения и сокращения

ВЭС – ветреная электростанция

ВЭУ – ветроэнергетическая установка

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	12
2 АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ВЭУ.....	18
2.1 Определение расчетной мощности ВЭУ.....	18
2.2 РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ВЭУ.....	21
2.2.1 Характеристики ротора.....	21
2.2.2 Характеристики лопастей.....	26
2.3 Определение оптимального размещения ВЭУ.....	30
2.4 Требования к условиям применения ВЭУ.....	43
3 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	45
3.1 Введение.....	45
3.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	45
3.3 Производственная безопасность.....	48
3.3.1 Мероприятия и средства по обеспечению безопасности труда.....	50
3.3.1.1 Защита от прикосновения к токоведущим частям.....	50
3.3.1.2 Защита от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением ..	50
3.3.1.3 Защита от механических травм.....	51
3.3.1.4 Защита от шума.....	51
3.3.1.5 Защита от вибрации.....	51
3.4 Экологическая безопасность.....	52
3.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	53
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	58
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности сооружения ВЭУ.....	58
4.1.1 SWOT-анализ.....	58
4.1.2 Планирование коммерческого проекта.....	60
4.2 Инициация проекта.....	61
4.2.1 Цели и результат проекта.....	61
4.2.2 Организационная структура проекта.....	62
4.2.3 Ограничения проекта.....	62
4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	63

4.3.1 Структура работ в рамках научного проекта.....	63
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	63
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	64
4.4 Необходимое оборудование.....	68
4.4.1 Расчет затрат на потребляемую компьютером электроэнергию.....	68
4.4.2 Расчет материальных затрат научно-технического исследования....	68
4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	69
4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	70
4.4.5 Накладные расходы.....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	74

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы подтверждает интерес и изменения законодательства в сфере энергоресурс сбережения, ограниченные запасы топливно-энергетических ресурсов, повышающийся спрос на источники энергоснабжения на базе возобновляемых и нетрадиционных источников энергии.

Данная работа рассматривает не совокупность ВЭУ, как в ВЭС, а отдельную установку.

В современном мире распространены ветроэнергетические установки различных конструкций. В выпускной квалификационной работе рассматривается одна из них, а именно ВЭУ с горизонтальной осью.

Целью работы является анализ факторов влияющие на работу ВЭУ.

Задачи ВКР следующие:

- изучить научную литературу;
- проанализировать работу факторов влияющие на ВЭУ.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В современном мире распространены ветроэнергетические установки различных форм и конструкций. ВЭУ различаются на установки с горизонтальной и вертикальной осью (рис.1.1 а и б). Они бывают как однолопастные, двухлопастные, трехлопастные и многолопастные. Так же роторы Савониуса, Дарье, Масгрува и Эванса.



а)



б)

Рисунок 1.1 - ВЭУ с горизонтальной(а) и вертикальной (б) осью

Основная сила, действующая на ВЭУ — это ветер. Рассмотрим геометрию ветроколеса и его положению относительно ветра. На рисунке 1.2 показаны взаимодействие ветра с лопастями ветроколеса ВЭУ возникающими на лопасти силы. Где v - скорость лопасти, u – скорость ветра, v_r – скорость лопасти относительно ветра, F_D —сила лобового сопротивления, F_L —подъёмная

сила, z – высота, ρ – давление, A – ометаемая площадь ветряка, F_A – осевая нагрузка, Δp – перепад давления.

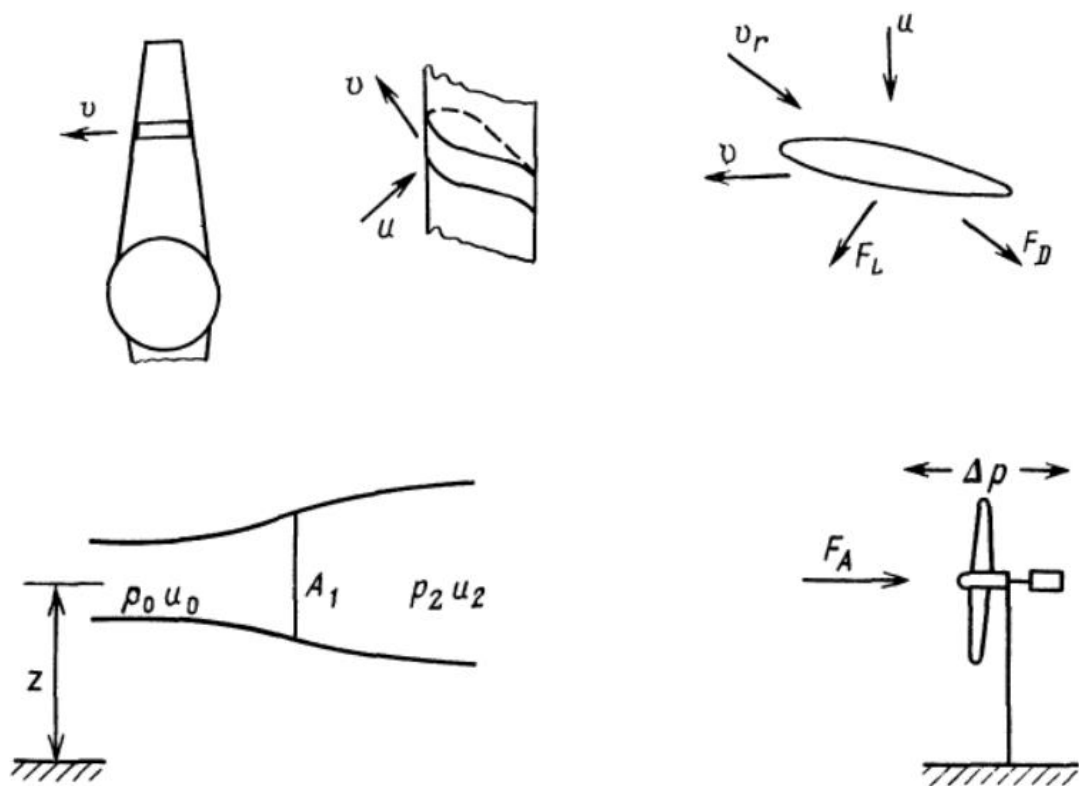


Рисунок 1.1 –Скорости, действующие ВЭУ.

Ветроэнергетическая установка - это электромеханическое устройство, которое преобразует кинетическую энергию воздушного потока в электрическую.

Ветер классифицируется по их силе шкалой Бофорта, в приложении 1 показана таблица классификации ветров.

Место расположения ВЭУ очень важно. На рисунке 1.3 показана карта ветров с благоприятными для развития ветроэнергетики.

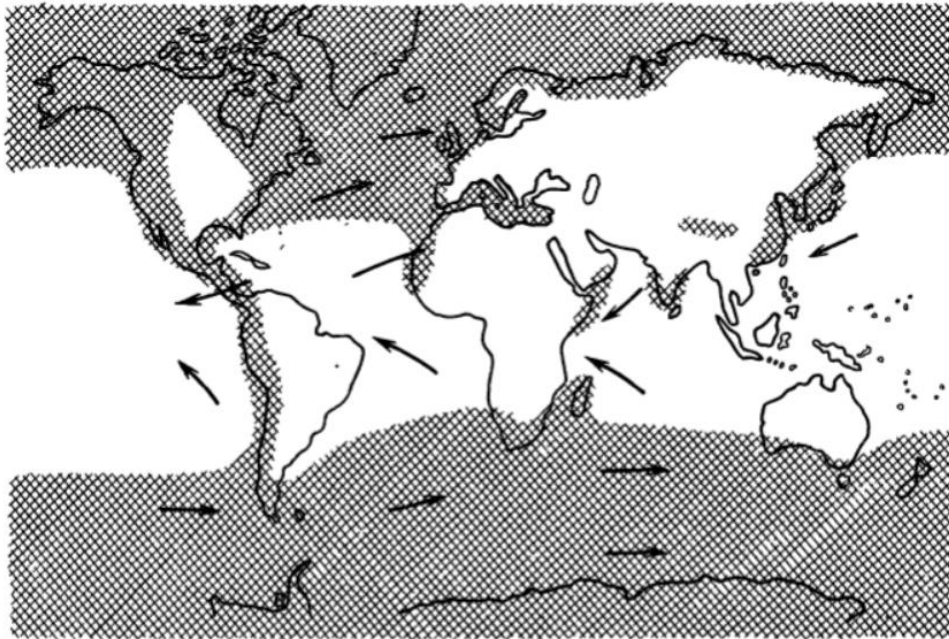


Рисунок 1.3 – Карта ветров.

ВЭУ необходимо устанавливать на возвышенностях как можно дальше от естественных и искусственных препятствий для достижения максимальной скорости ветра (рисунок 1.4).

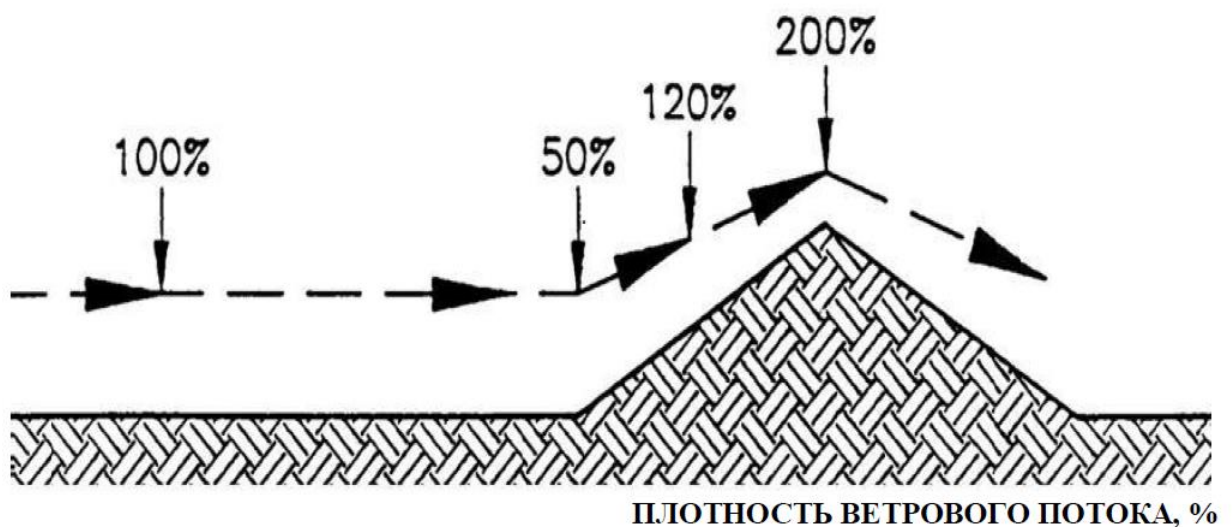


Рисунок 1.4 - Зависимость плотности ветрового потока от высоты

ВЭУ классифицируются по мощности (таблица 1.1) и классу ветроэнергетических систем (таблица 1.2).

Таблица 1.1 – Классификация по мощности ВЭУ

Класс ВЭУ	Расчетная (проектная) мощность, кВт			Диаметр ветроколеса D, м			Период вращения T, с		
	Малые	10	20		6,4	10		0,3	0,4
Средние	50	100	150	14	20	25	0,6	0,9	1,1
Большие	250	500	1000	32	49	64	1,4	2,1	3,1
Очень большие	2000	3000	4000	90	110	130	3,9	4,8	5,7

Таблица 1.2 – Классы ветроэнергетических систем

Класс	Мощность ВЭУ	Степень автономности ВЭУ	Способы управления
A	$P \geq P_G$	Автономная	а) шагом ветроколеса б) нагрузкой
B	$P \approx P_G$	Ветродизельная	а) раздельная работа ВЭУ и дизель-генератора б) совместная работа ВЭУ и дизель-генератора
C	$P \leq P_G$	Подключенная к мощной энергосистеме	а) параметры генератора постоянного тока б) преобразование постоянного тока в переменный в) изменение коэффициента скольжения

Примечание, P – мощность ВЭУ, P_G – мощность других генераторов систем

Воздействие воздушного потока на лопасти создает крутящий момент, приводящий ротор установки во вращение. Ротор находится на одном валу с генератором, который за счет вращения обмоток создает магнитное поле и, как следствие, переменный электрический ток (рис. 1.5).

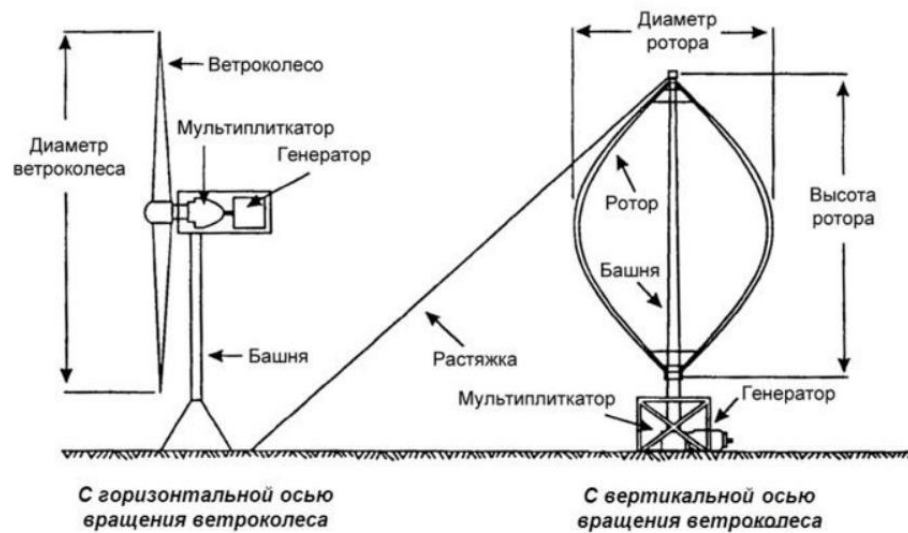


Рисунок 1.5 – Устройство ВЭУ

Регулятор мощности преобразует переменный ток переменной частоты в ток постоянный. Инвертор преобразует постоянный ток в переменный. Схема преобразования энергии ветра представлена на рисунке 1.6.

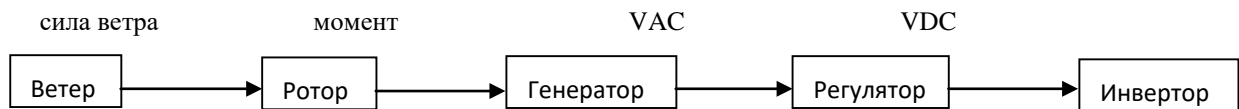


Рисунок 1.6 - Преобразование энергии ветра в ВЭУ

На рисунке 1.7 представлены примеры применения ВЭУ для электроснабжения абонентов.

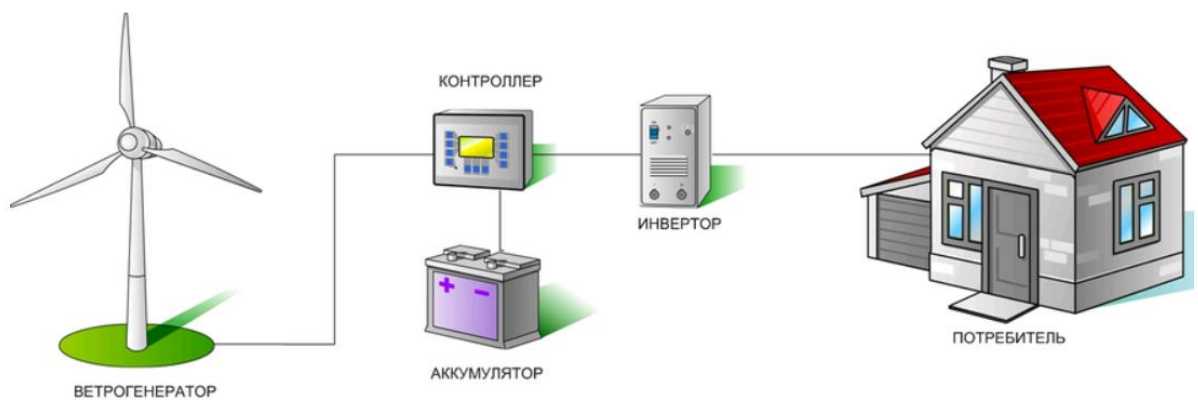
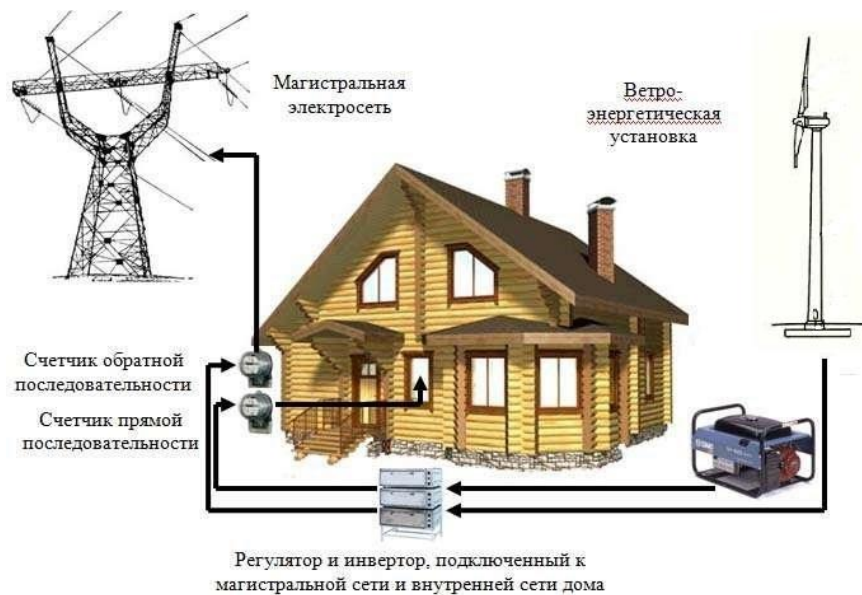


Рисунок 1.7 – Система электроснабжения абонентов от ВЭУ

Автономное электроснабжение абонентов осуществляется переменным напряжением с $v = \text{const}$ (220В/50Гц или 110В/50Гц).

2 АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ВЭУ

2.1 Определение расчетной мощности ВЭУ

От чего зависит мощность ВЭУ, от определенных параметров.

Формула мощности ВЭУ:

$$P = 1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot V^3 \cdot C_p \cdot \eta_g \cdot \eta_m, \text{ Вт} \quad (2.1)$$

где $\rho = 1,22$ – плотность воздуха (стандартная), кг/м³;

S – площадь ВЭУ, м²;

V – скорость ветра, м/с

C_p – коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ);

η_g, η_m – коэффициент полезного действия генератора и механической передачи.

Номинальная мощность ВЭУ зависит от скорости ветра в регионе строительства и количества, проходящего одного куба воздуха сквозь площадь ветроколеса. Для больших ветростанций необходимо обязательно проводить мониторинг скорости ветра хотя бы в течение одного года, а затем сделать корреляцию полученных данных с данными от ближайшей метеостанции. Для малых ветроустановок такой путь слишком дорог, и очень часто малые ВЭУ устанавливаются на автономных зданиях, охотничьих угодьях, рыбацких станах, на дачных участках.

Принимаем расчетную среднюю скорость ветра $v=5$ м/с.

Рассмотрим ВЭУ небольшой мощности для автономного электропотребления жилого дома. Зная номинальные значения электрического потребления приборов, определим параметры работы электроприборов. Мощность электроприборов определяется как сумма

мощностей всех подключенных электроприборов и составляет $P_B=15$ кВт.

Мощность инвертора должна превышать эту мощность, примем:

$$P_{И} > \text{MAX}(P_y, P_d, P_B, P_H); \quad (2.2)$$

$$P_{И} = 14980 \text{Вт} = 15 \text{кВт} .$$

Суточное потребление электроэнергии определяем по формуле:

$$E_{\text{сут}} = P_i \sum T_i; \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} E_{\text{сут}} = & 300 \cdot 2, + 120 \cdot 2 + 400 \cdot 1 + 120 \cdot 1 + 100 \cdot 2 + \\ & + 1400 \cdot 0,5 + 500 \cdot 1 + 1500 \cdot 0,8 + 1500 \cdot 0,2 + \\ & + 1300 \cdot 1 + 100 \cdot 0,2 + 1000 \cdot 5,5 + 400 \cdot 2,3 + \\ & + 100 \cdot 1 + 2000 \cdot 0,3 + 1800 \cdot 0,5 + 300 \cdot 0,2 + \\ & + 200 \cdot 0,1 + 300 \cdot 0,2 + 200 \cdot 0,1 + 20 \cdot 24 + \\ & + 20 \cdot 6 + 1000 \cdot 2 + 300 \cdot 8 = 18910 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \end{aligned}$$

где P_i и T_i берем с приложения 2.

В соответствии с приложением 2, суточное потребление электрической энергии составит:

$$E_{\text{час}} = \frac{E_{\text{сут}}}{24}; \quad (2.4)$$

$$E_{\text{час}} = \frac{18910}{24} = 788 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

Тогда для электроснабжения объекта ветроэнергетическая установка должна вырабатывать мгновенную электрическую мощность:

$$P_{\text{спец}} = \frac{E_{\text{час}}}{1}, \quad (2.5)$$

где 1 ч - время работы, ч.

$$P_{\text{спец}} = \frac{788}{1} = 788 \text{ Вт}$$

Примем малую ветроэнергетические установки ВЭУ-3, для условий континентального климата, со следующими характеристиками:

- число установок - 2 шт;
- мгновенная мощность при $v=5$ м/с $P_{\text{мгнВЭУ}}=400$ Вт;
- номинальная мощность одной ВЭУ $P_{\text{ВЭУ}}=3$ кВт;
- выработка энергии в сутки от одной установки $E_{\text{сутВЭУ}} = 9,6$ кВтч

Проверим соблюдение условия:

$$N \cdot P_{\text{мгнВЭУ}} > P_{\text{спец}}$$

$$2 \cdot 400 > 788 \text{ Вт}$$

Условие выполнено, ветроэнергетическая установка выбрана верно.
Суточная выработка электрической энергии от двух установок составит:

$$E_{\text{сут2ВЭУ}} = 9,6 \cdot 2 = 19,2 \text{ кВтч} = 19200 \text{ Втч}$$

Найденное значение превышает номинальную потребность в электрической энергии, следовательно, данные установки подходят для электроснабжения объекта.

$$E_{\text{сут2ВЭУ}} > E_{\text{сут}}$$

$$19200 > 18910 \text{ Втч}$$

2.2 РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ВЭУ

2.2.1 Характеристики ротора

Электрическая мощность ветроэнергетической установки связана с аэродинамической через коэффициент КИЭВ - коэффициент использования энергии ветра:

$$P_{\text{э}} = \xi P_A \quad (2.6)$$

Для установок с горизонтальной осью КИЭВ $\xi = 0,25 - 0,47$, для установок с вертикальной осью $\xi = 0,09 - 0,48$ соответственно. Максимальные коэффициенты при условии отсутствия потерь по различным источникам оцениваются: $\xi_{\text{ж}} = 0,593$.

Аэродинамическую мощность ветроэнергетической установки определим по следующей формуле:

$$P_A = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{\rho V v^2}{2} = \frac{\rho \cdot S v \cdot v^2}{2} = \frac{\rho \cdot S \cdot v^3}{2}, \quad (2.7)$$

где S - площадь, ометаемая ротором ветроэнергетической установки, м^2 , определяемая по формуле в зависимости от диаметра и высоты ротора:

- для установок с горизонтальной осью

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2.8)$$

- для установок с вертикальной осью

$$S = D \cdot H \quad (2.9)$$

v - скорость ветра, м/с ;

ρ - плотность среды при нормальных технических условиях:

$$\rho_{\text{нгу}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$$

Принимая КИЭВ с учетом потерь в окружающую среду: $\xi = 0,4$, найдем по формуле (3.1) аэродинамическую мощность установки:

$$P_A = \frac{P_{\text{э}}}{\xi} = \frac{3000}{0,4} = 7500 \text{ Вт}$$

При условии отсутствия потерь соответственно:

$$P_A = \frac{P_{\text{э}}}{\xi_{\text{ж}}} = \frac{3000}{0,593} = 5059 \text{ Вт}$$

Приняв номинальную скорость ветрового потока до встречи с ротором $v=5$ м/с, получим для идеального процесса из формулы (3.2):

$$S = \frac{2 \cdot P_A}{\rho \cdot v^3},$$

$$S = \frac{2 \cdot 5059}{1,2 \cdot 5^3} = 67,45 \text{ м}^2$$

Для реального процесса увеличим полученное значение в 1,33 раз:

$$S_{\text{реал}} = 1,33 \cdot S = 89,7 \text{ м}^2$$

В работе не рассматривается влажность воздуха, но предварительно можно сказать, что водяной пар легче воздуха. Добавление водяного пара в воздух приводит к уменьшению его плотности, так как молярная масса воды (18 г/моль) ниже, чем сухого (~29 г/моль).

Влажность зависит от температуры таблица 2.1, при 30°C -1м³ воздуха – 30 г водяного пара. Чем выше температура, тем больше водяного пара. Влажность днем больше, чем ночью, летом больше, чем зимой.

Таблица 2.1 - Зависимость влажности от температуры

Температура	+20°C	+10°C	-10°C
Влажность	17 г	9 г	2,5 г

Для лучшего понимания рассмотрим изменение влажности города Владивостока таблица 2.2.

Таблица 2.2 Годовой ход средней влажности и температуры города Владивосток

Относительная влажность воздуха													
Месяц	Ян в	Фе в	Ма р	Ап р	Ма й	Ию н	Ию л	Ав г	Се н	Ок т	Но я	Де к	Го д
Влажност ь воздуха, %	58	57	60	67	76	87	92	88	77	65	60	60	71

Климат Владивостока за последние 10 лет (2009 — 2018 гг.)													
Показатель	Янв.	Фев.	Мар т	Апр .	Май	Июн ь	Июл ь	Авг .	Сен .	Окт .	Нояб .	Дек .	Го д
Средняя температура, °С	-12,5	-8,9	-1,7	5,2	10,10	13,8	18,5	20,5	16,4	9,1	-1	-10	5,0

Так же основным параметром, влияющий на плотность воздуха является давление, зависящее от высоты над уровнем моря рисунок 2.1. Давление так же меняется в течении года, что показывает годовой ход среднего месячного давления за год график 2.1.

Рисунок 2.1 – Влияние высоты уровня моря на давление

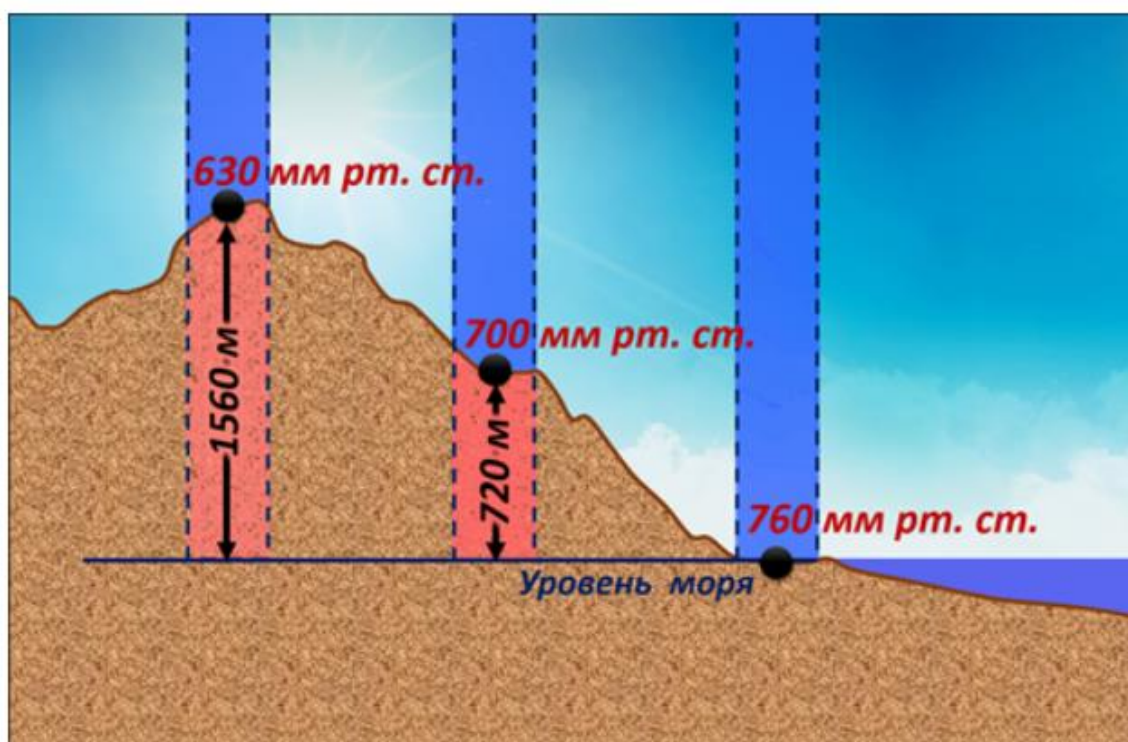
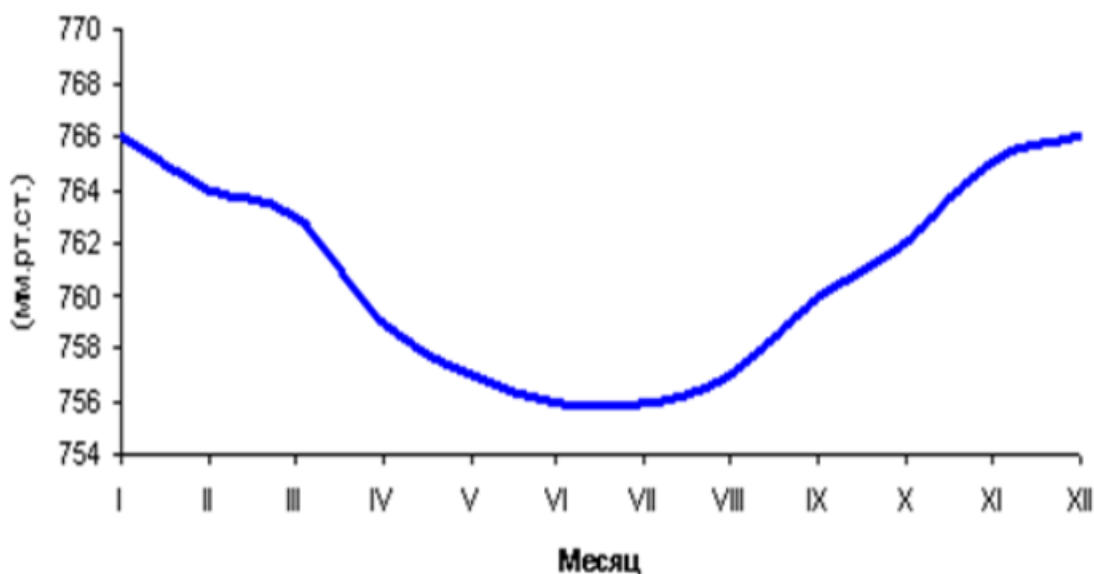


График 2.1 – Годовой ход среднего месячного давления воздуха на уровне моря (мм.рт.ст.) на ст. Владивосток



В таблице 2.3 - Показаны влияние температуры, давления, плотности на высоту. Таблицы МСА используются при градуировании пилотажно-навигационных приборов, а также для штурманских и инженерных расчетов. Для МСА принято, что температура падает в тропосфере на $0,65^\circ$ на каждые 100 метров высоты.

Таблица 2.3 – Влияние температуры, давления, плотности на высоту

Геометрическая высота Н, м	Величины в функции геометрической высоты			
	Температура Т, К	Давление p, Па	Плотность ρ/ρ_0 (ρ), кг/м ³	
0	288,150	1,01325 + 5	1,22500	1,00000
250	286,525	9,83576 + 4	1,19587	9,70714—
500	284,900	9,54613	1,16727	9,42130
750	283,276	9,26346	1,13921	9,14232
1000	281,651	8,98763	1,11166	8,87010

За основные приняты параметры состояния воздуха при нулевой влажности:

давление $P = 760$ мм рт. ст. (101,3 кПа);

температура $t = +15^{\circ}\text{C}$ (288 К);

массовая плотность $\rho = 1,225$ кг/м³.

Плотность с учетом влажности можно определить по уравнению Менделеева-Клапейрона (3.3):

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T} \quad (2.10)$$

где P – давление воздуха;

R – газовая постоянная, $R=8,314/\mu$;

T – температура воздуха в Кельвинах.

Определим диаметр ротора для ветроэнергетической установки с горизонтальным ротором:

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}, \quad (2.11)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 89,7}{3,14}} = 10,7 \text{ м}$$

2.2.2 Характеристики лопастей

Важной характеристикой ВЭУ является быстроходность.

Быстроходность рисунок 2.2 называют отношением линейной скорости конца лопасти к скорости ветра.

$$Z = \frac{\text{Скорость конца лопасти}}{\text{Скорость ветра}}$$

Рисунок 2.2 Коэффициент быстроходности

Этот параметр зависит от количества лопастей, зависимость выражается формулами:

- для установок с горизонтальной осью

$$n = \frac{80}{Z^2}, \quad (2.12)$$

- для установок с вертикальной осью

$$n = \frac{4\pi}{Z} \quad (2.13)$$

Если скорость ветра высока, увеличение параметра быстроходности имеет положительный эффект, в то время как при низких скоростях ветра, напротив, увеличение быстроходности нежелательно и приводит к снижению крутящего момента.

На рисунке 2.3 Показана зависимости КИЭВ от быстроходности ВЭУ.

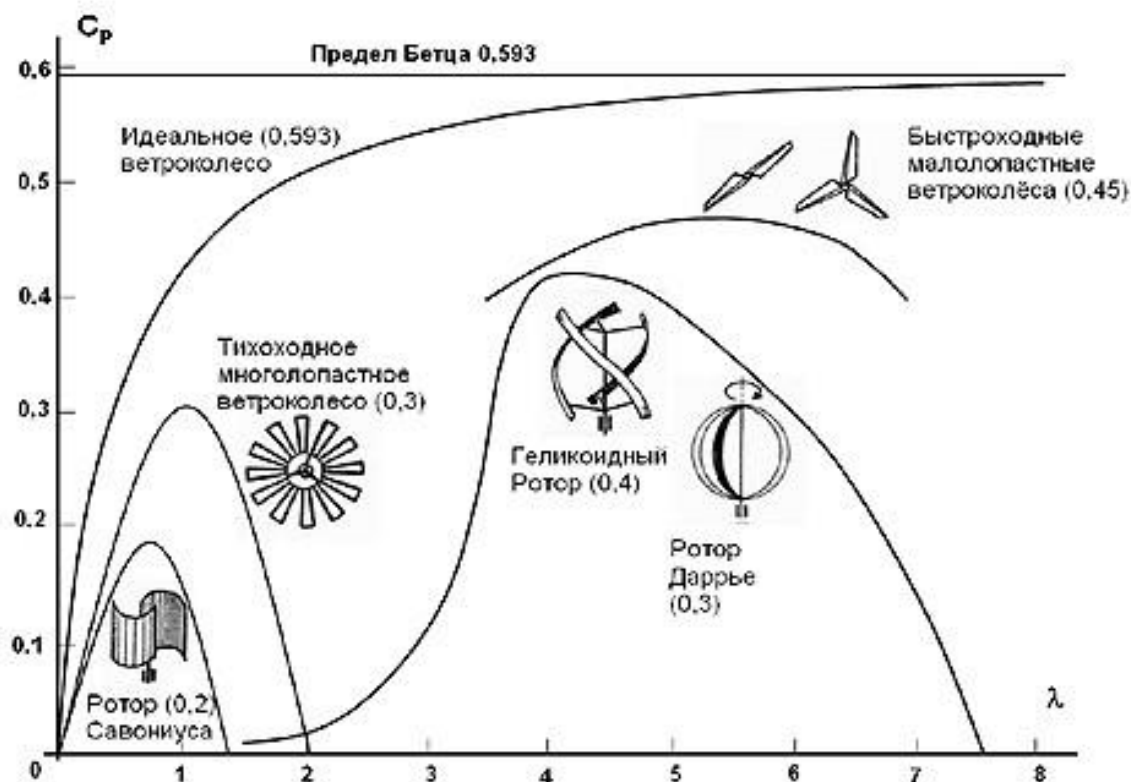


Рисунок 2.3 - Зависимость КИЭВ от быстроходности ВЭУ.

Для расчета характеристик лопастей принимаются следующие исходные значения для ВЭУ с горизонтальной осью:

- параметр быстроходности $Z=5$;
- оптимальный критерий Рейнольдса $Re > 200000$.

Количество лопастей ветроэнергетической установки определяем, как:

$$n = \frac{80}{Z^2} = \frac{80}{5^2} = 3,2 \approx 3 \text{ шт}$$

Построим график 2.2 зависимость скорости ветра от быстроходности и посмотрим, как меняются число лопастей.

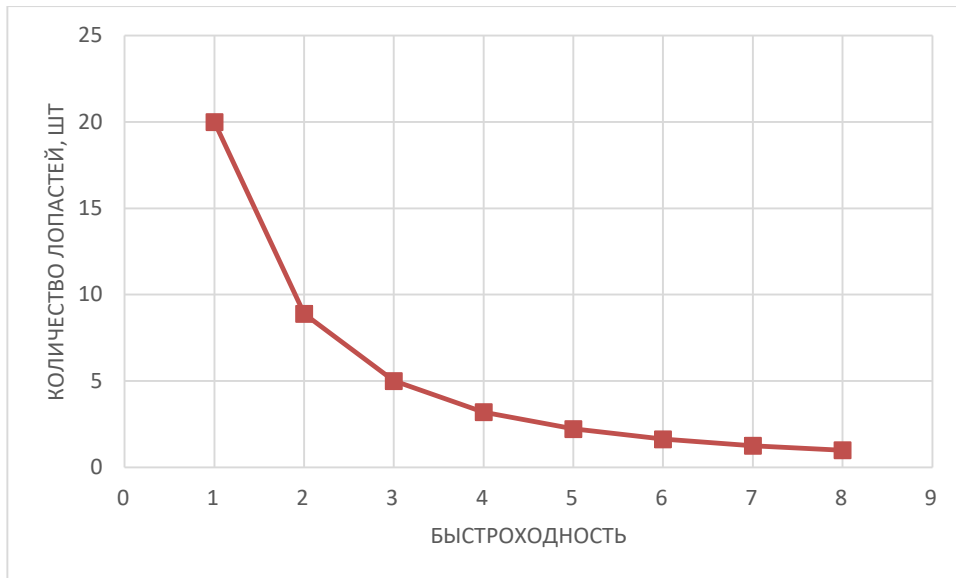


График 2.2 - Зависимость быстроходности от количества лопастей

Найдем частоту вращения ротора по формуле:

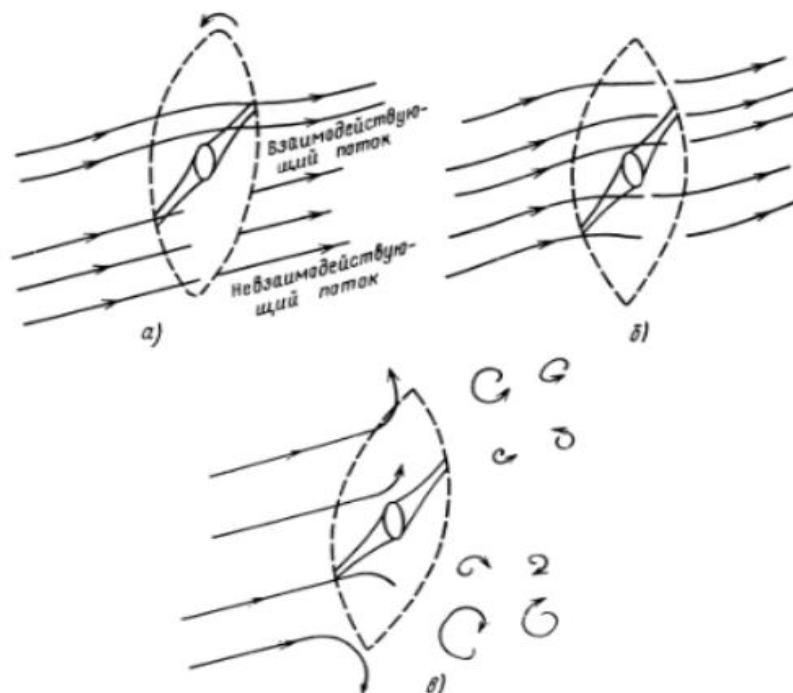
$$\omega_{RPM} = \frac{60 \cdot Z \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (2.14)$$

$$\omega_{RPM} = \frac{60 \cdot 5 \cdot 5}{3,14 \cdot 10,7} = 45 \text{ об / мин}$$

$$\omega_{Гц} = \frac{45}{60} = 0,75 \text{ Гц}$$

Взаимодействие ветрового потока с ветроколесом при различной частоте вращения рисунок 2.4. В первом случае ветровой поток слишком мал, поэтому часть ветрового потока проходит через плоскость ветроколеса, не взаимодействующая с его лопастями (а), во втором частота вращения оптимальна, весь поток взаимодействует с ветроколесом (б), в третьем случае частота вращения слишком велика, ветровой поток интенсивно турбулизируется, т.е. энергия рассеивается (в).

Рисунок 2.4 – Взаимодействие ветрового потока при различной частоте вращения



Составим график 2.3 зависимости частоты вращения к скорости ветра, и поймем, как влияет скорость ветра.



График 2.3 – Зависимость частоты вращения от скорости ветра

Сводная таблица параметров ВЭУ приведена в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Сводная таблица параметров ВЭУ

Быстроходность Z, модули	Число лопастей n, шт.	Номинальная частота вращения $\omega_{ГЦ}$, Гц	Длина лопасти $L_{лоп}$, м
5	3	2,5	5,35

2.3 Определение оптимального размещения ВЭУ

Определим оптимальное расположение ВЭУ, используя данные о направлении и скоростях ветра в различных населенных пунктах из метеорологических станций, собирающие метеосводки.

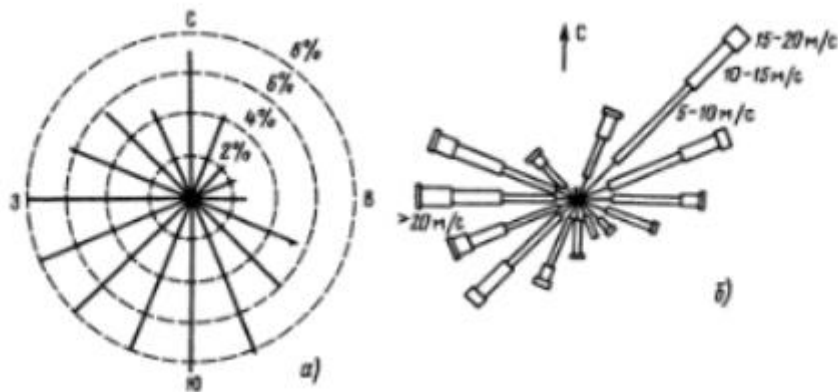
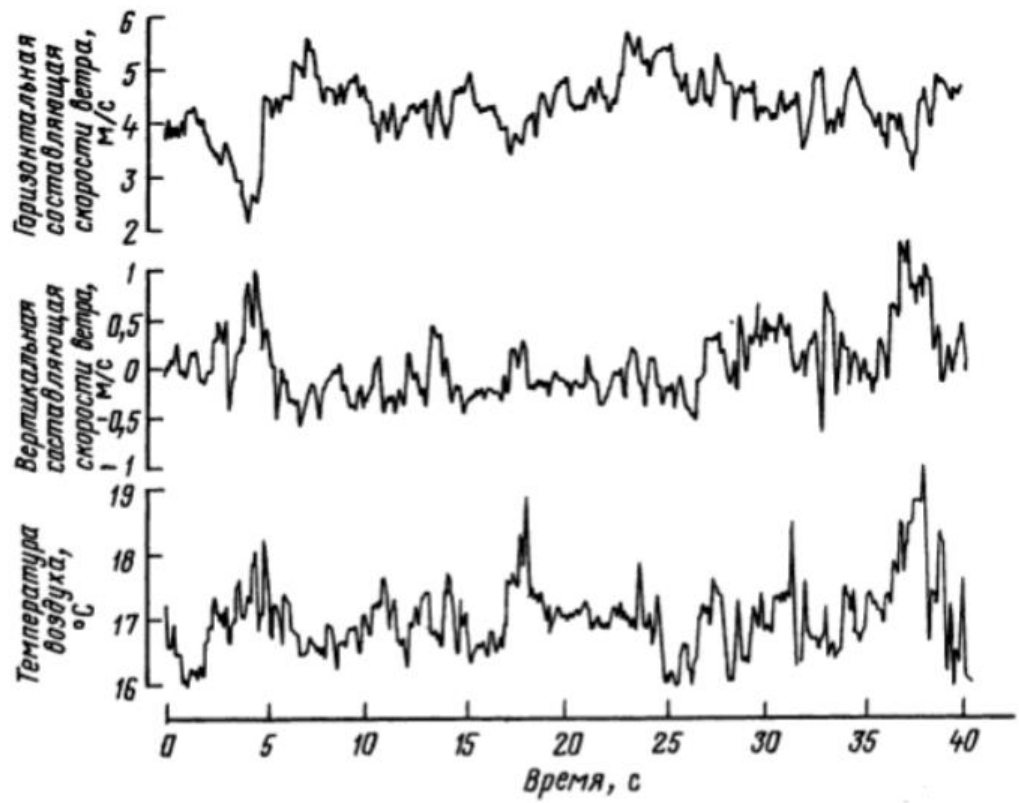


Рисунок 2.5 - Роза ветров. Данные только о направлении ветра (а). Радиальные линии указывают часть времени года (в процентах), в течении которого ветер дует с данного направления (всего 16 направлений, измерения проводились на высоте 13 м). Данные о направлении и силе ветра (б). Часть времени года, в течении которого ветер имеет скорость в некотором диапазоне, обозначена соответствующе длиной прямоугольника



1

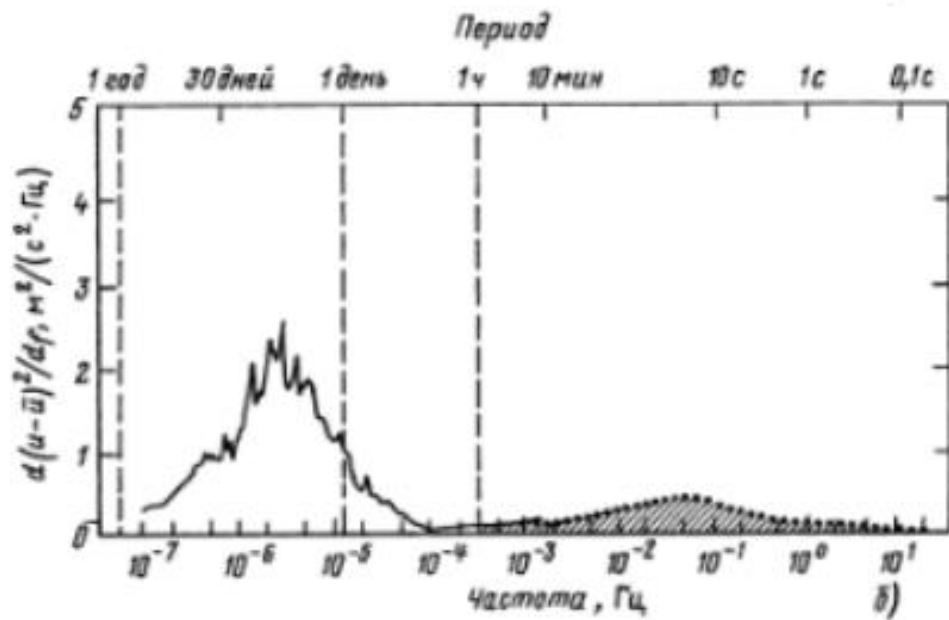


Рисунок 2.6 - Образец ленты с записью скорости ветра

Скорость воздушного потока на высоте башни ВЭУ, для Севера Европейской части России

$$V_{h1} = K_p V_0 (h_1 / h_0)^{0,6V}, \quad \text{м/с} \quad (2.15)$$

Скорость воздушного потока на высоте башни ВЭУ, для степей юга и тундровой зоны Европейской части России и Западной Сибири, степей и полу степей Казахстана:

$$V_{h1} = K_p V_0 (h_1 / h_0)^m, \quad \text{м/с} \quad (2.16)$$

где V_0 , м/с- скорость ветра, измеренная вблизи земной поверхности на высоте h_0

V_{h1} - скорость ветра на высоте h_1 , м/с

h_1 - высота башни, 12 м

m - показатель степени (таблица .2.5), принимается равным 1,7 [31].

Коэффициент, учитывающий рельеф местности :

$$K_p = K_A / K_{mc},$$

K_A - фактический класс (степень) открытости местности в баллах масштаба открытости (табл. 2,6), для плоской формы рельефа и расположении вдали от водной поверхности выше окружающих предметов без элементов защищенности принимаем равным 10.

K_{mc} - класс открытости опорной метеостанции

Класс открытости метеостанции K_{mc} определяют по методике В.Ю. Милевского (класс открытости по i - му румбу):

$$K_{mc} = \sum_{i=1}^8 K_i \tau_i (3.9)$$

K_i - класс открытости по i - му румбу (таблица 2 .7)

τ_i - повторяемость направления ветра i - го румба (таблица 2.7), подставлять в формулу в долях

Основным критерием правильной работе ветряка является вертикальные порывы ветра, они не должны превышать 30% рисунок 2.7.

Рисунок 2.7 – Влияние вертикальных порывов ветра

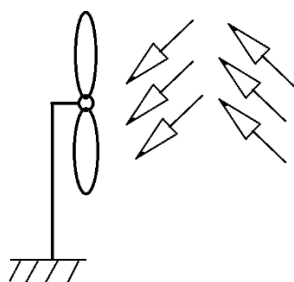


Таблица 2.5 – Зависимость показателя m от скорости ветра для слоя атмосферы высотой до 121 м

Высота слоя атмосферы, м	Скорость ветра, м/с								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-10	0,215	0,206	0,196	0,180	0,175	0,163	0,151	0,140	0,124
10-121	0,54	0,34	0,264	0,204	0,170	0,147	0,130	0,120	0,117

Таблица 2.6 - Классификация местоположения точки $m.A$ и степени открытости флюгера (в баллах масштаба открытости по В.Ю. Милевскому)

Степень открытости флюгера	Форма рельефа местности		
	выпуклая	плоская	вогнутая
Вблизи от водной поверхности			
Открытое побережье:			
Океана или открытого (внешнего) моря	23	21	18
Закрытого (внутреннего) моря	22	19	15
Залива, большого озера	20	16	12
Большой реки	17	13	9
Вдали от водной поверхности			
Выше окружающих предметов:			
Без элементов защищенности	14	10	6
Среди отдельных элементов защищенности	11	7	4
защищенности	8	5	3

Среди многих элементов защищенности Ниже окружающих предметов	2	1	0
--	---	---	---

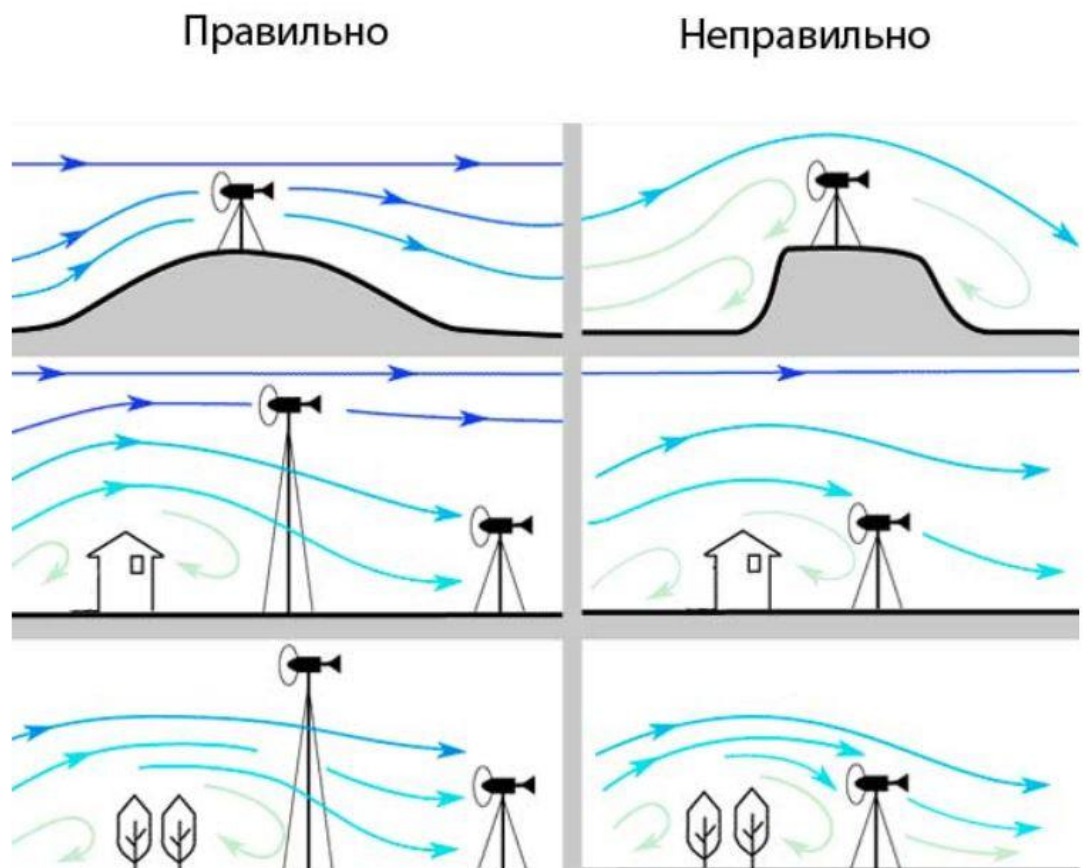
Таблица 2.7 – Класс открытости метеостанции по Милевскому

Метеостанция, пункт	Направление (румб)							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
<i>Класс открытости по Милевскому (K_i)</i>								
«Цып-Наволок»	7	18	18	18	4	10	7	7
«Крестовый»	19	19	19	19	10	7	7	7
«Сеть-Наволок»	21	17	12	9	9	17	19	22
«Охотск»	21	18	18	18	21	21	21	21
«Чекунда»	4	8	4	4	10	14	4	3
«Елабуга»	17	9	9	9	13	17	17	17
«Бира»	4	4	4	3	8	8	5	4
«Тыгда»	7	10	14	10	7	10	7	10
«Норск»	7	7	7	10	7	10	7	10
«Верхняя Томь»	3	5	5	3	4	10	5	10
«Жердевка»	10	10	10	10	7	7	10	10
«Калуга»	5	10	10	10	10	7	7	7
«Богородицкое- Фенино»	7	7	7	10	1	5	10	7
«Курск»	14	14	14	11	8	11	11	11
«Тула»	5	7	5	10	10	10	7	7
«Конь-Колодезь»	10	7	10	10	10	10	1	10
«Томск»	11	11	11	11	14	14	11	11
<i>Повторяемость направлений ветра, % (τ_i)</i>								
«Цып-Наволок»	10	7	8	11	11	23	17	13
«Крестовый»	12	9	9	7	17	23	12	11
«Сеть-Наволок»	10	7	8	11	11	23	17	13
«Охотск»	49	4	7	13	10	6	1	10
«Чекунда»	9	32	7	2	5	24	13	8
«Елабуга»	12	14	2	9	35	16	10	2
«Бира»	4	5	9	8	4	6	34	30
«Тыгда»	14	9	9	8	5	5	24	26
«Норск»	16	21	8	8	13	11	12	11
«Верхняя Томь»	12	7	8	9	17	17	15	15
«Калуга»	9	10	11	12	16	17	13	12
«Жердевка»	9	10	11	12	16	17	13	12
«Богородицкое- Фенино»	10	11	15	12	10	14	17	11

«Курск»	8	13	15	13	10	15	16	10
«Тула»	11	6	12	16	13	11	17	14
«Конь-Колодезь»	10	11	12	13	17	10	12	15
«Томск»	9	10	11	11	33	15	7	4

Правильное расположение ветроустановке, также является основным критерием рисунок 2.8.

Рисунок 2.8 – Расположение ветряка относительно местности



Мощность ВЭУ, Вт

$$N_{h1} = 0,5 \rho F_{ВК} V_{h1}^3 \eta_{ВЭУ}, \quad (2.17)$$

где ρ -плотность воздуха (при нормальных условиях $\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$)

$F_{ВК}$ -площадь поперечного сечения воздушного потока, проходящего на ВК (ометаемая площадь ветроколеса), м^2

$F_{\text{ВК}}=0,25 \pi D_{\text{ВК}}^2$, где $D_{\text{ВК}}$ - диаметр ветроколеса

V_{h1} - скорость ветра на высоте h_1 , м/с

$\eta_{\text{ВЭУ}}$ - КПД ВЭУ на номинальном режиме 45-48 %

Приведем пример расчета для пункта «Цып-Наволоок», остальные данные сведем в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 - Результаты расчета класса открытости

Населенный пункт	<i>C</i>	<i>CB</i>	<i>B</i>	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Сумма
«Цып-Наволоок»	0,7	1,26	1,44	1,98	0,44	2,3	1,19	0,91	10,22
«Крестовый»	2,28	1,71	1,71	1,33	1,7	1,61	0,84	0,77	11,95
«Сеть-Наволоок»	2,1	1,19	0,96	0,99	0,99	3,91	3,23	2,86	16,23
«Охотск»	10,29	0,72	1,26	2,34	2,1	1,26	0,21	2,1	20,28
«Чекунда»	0,36	2,56	0,28	0,08	0,5	3,36	0,52	0,24	7,9
«Елабуга»	2,04	1,26	0,18	0,81	4,55	2,72	1,7	0,34	13,6
«Бира»	0,16	0,2	0,36	0,24	0,32	0,48	1,7	1,2	4,66
«Тыгда»	0,98	0,9	1,26	0,8	0,35	0,5	1,68	2,6	9,07
«Норск»	1,12	1,47	0,56	0,8	0,91	1,1	0,84	1,1	7,9
«Верхняя Томь»	0,36	0,35	0,4	0,27	0,68	1,7	0,75	1,5	6,01
«Жердевка»	0,9	1	1,1	1,2	1,12	1,19	1,3	1,2	9,01
«Калуга»	0,45	1	1,1	1,2	1,6	1,19	0,91	0,84	8,29
«Богородицкое-Фенино»	0,7	0,77	1,05	1,2	0,1	0,7	1,7	0,77	6,99
«Курск»	1,12	1,82	2,1	1,43	0,8	1,65	1,76	1,1	11,78
«Тула»	0,55	0,42	0,6	1,6	1,3	1,1	1,19	0,98	7,74
«Конь-Колодезь»	1	0,77	1,2	1,3	1,7	1	0,12	1,5	8,59
«Томск»	0,99	1,1	1,21	1,21	4,62	2,1	0,77	0,44	12,44

Класс открытости метеостанции K_{mc} определяют по методике В.Ю. Милевского (класс открытости по i - му румбу):

$$K_{mc} = \sum_{(i=1)}^8 \cdot K_i \tau_i =$$

$$= 7 \cdot 10\% + 18 \cdot 7\% + 18 \cdot 8\% + 18 \cdot 11\% + 4 \cdot 11\% +$$

$$+ 10 \cdot 23\% + 7 \cdot 17\% + 7 \cdot 13\% = 10,22$$

Коэффициент, учитывающий рельеф местности:

$$K_p = 10 / 10,22 = 0,98$$

В таблице 2.9 запишем результаты, при различных значениях класса открытости.

Таблица 2.9 - Результаты расчета

Населенный пункт	Коэффициент учитывающий рельеф местности, K_p		
	Вдали от водной поверхности без элементов защищенности (выпуклая): плоская, $K_A = 10$	Вблизи от водной поверхности закрытого моря (вогнутая): вогнутая, $K_A = 15$	Вблизи от водной поверхности залив, большое озеро (плоская): выпуклая, $K_A = 20$
«Цып-Наволок»	0,98	1,47	1,96
«Крестовый»	0,84	1,25	1,67
«Сеть-Наволок»	0,62	0,92	1,23
«Охотск»	0,5	0,74	0,98
«Чекунда»	1,26	1,9	2,53
«Елабуга»	0,73	1,1	1,47
«Бира»	2,15	3,2	4,3
«Тыгда»	1,1	1,65	2,2
«Норск»	1,26	1,9	2,53
«Верхняя Томь»	1,66	2,5	3,32
«Жердевка»	1,11	1,66	2,22

«Калуга»	1,2	1,8	2,41
«Богородицкое-Фенино»	1,43	2,1	2,86
«Курск»	0,85	1,27	1,7
«Тула»	1,3	1,9	2,6
«Конь-Колодезь»	1,16	1,75	2,3
«Томск»	0,85	1,2	1,6

Площадь поперечного сечения воздушного потока, приходящегося на ВК (ометаемая площадь ветроколеса), м²:

$$F_{\text{ВК}} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 10,7^2 = 89,8 \text{ м}^2$$

Скорость воздушного потока на высоте башни ВЭУ

$$V_{\text{h1}} = 0,98 \cdot 5(12/2)^{0,17} = 6,64 \text{ м/с}$$

Мощность ВЭУ, Вт

$$N_{\text{h1}} = 0,5 \cdot 1,2 \cdot 89,8 \cdot 6,64^3 \cdot 0,48 = 7587,77 \text{ Вт}$$

В таблице 2.10 показаны результаты расчета класса открытости опорной метеостанции, коэффициент, учитывающий рельеф местности, скорость воздушного потока на высоте башни ВЭУ, диаметр ветроколеса, мощности.

Таблица 2.10 - Результаты расчета

Населенный пункт	$K_{\text{мс}}$	$K_{\text{р}}$	$V_{\text{h1}}, \text{ м/с}$	$F_{\text{ВК}}, \text{ м}^2$	$N, \text{ Вт}$
«Цып-Наволок»	10,22	0,98	6,64	89,8	7587,77
«Крестовый»	11,95	0,84	5,70	89,8	4778,30
«Сеть-Наволок»	16,23	0,62	4,20	89,8	1921,37
«Охотск»	20,28	0,49	3,39	89,8	1007,73
«Чекунда»	7,9	1,27	8,54	89,8	16126,78
«Елабуга»	13,6	0,74	4,95	89,8	3136,21
«Бира»	4,66	2,15	14,58	89,8	80121,92
«Тыгда»	9,07	1,10	7,46	89,8	10730,35
«Норск»	7,9	1,27	8,54	89,8	16126,78
«Верхняя Томь»	6,01	1,66	11,26	89,8	36877,40
«Жердевка»	9,01	1,11	7,53	89,8	11025,67

«Калуга»	8,29	1,21	8,14	89,8	13930,92
«Богородицкое-Фенино»	6,99	1,43	9,70	89,8	23574,59
«Курск»	11,78	0,85	5,76	89,8	4951,00
«Тула»	7,74	1,29	8,81	89,8	23025,52
«Конь-Колодезь»	8,59	1,16	7,87	89,8	14597,15
«Томск»	12,44	0,80	5,76	89,8	4208,35

Таким образом, делаем вывод, что оптимальным вариантом для размещения ВЭУ является населенный пункт Бира, т.к. там можно получить максимальную электрическую мощность 80121,92 Вт.

В таблице 2.11 показаны результаты расчета мощности при разных коэффициентах учета рельефа местности.

Таблица 2.11 - Результаты расчета

Населенный пункт	V_{h1} , м/с при $K_a = 10$	V_{h1} , м/с при $K_a = 15$	V_{h1} , м/с при $K_a = 20$	N, Вт при $K_a = 10$	N, Вт при $K_a = 15$	N, Вт при $K_a = 20$
«Цып-Наволок»	6,64	9,97	13,29	7587,77	25608,73	60702,17
«Крестовый»	5,70	8,48	11,32	4778,30	15745,85	37547,88
«Сеть-Наволок»	4,20	6,24	8,34	1921,37	6277,684	15002,07
«Охотск»	3,39	5,02	6,64	1007,73	3266,865	7587,771
«Чекунда»	8,54	12,88	17,15	16126,78	55296,39	130556,2
«Елабуга»	4,95	7,46	9,97	3136,21	10730,35	25608,73
«Бира»	14,58	21,70	29,16	80121,92	264171,5	640975,4
«Тыгда»	7,46	11,19	14,92	10730,35	36214,94	85842,83
«Норск»	8,54	12,88	17,15	16126,78	55296,39	130556,2
«Верхняя Томь»	11,26	16,95	22,51	36877,40	125966,8	295019,2
«Жердевка»	7,53	11,26	15,05	11025,6	36877,4	88205,3

				7		4
«Калуга»	8,14	12,20	16,34	13930,9 2	47016,8 5	112846, 2
«Богородицкое- Фенино»	9,70	14,24	19,39	23574,5 9	74661,0 1	188596, 7
«Курск»	5,76	8,61	11,53	4951,00	16513,8	39607,9 8
«Тула»	8,81	12,88	17,63	7587,77	25608,7 3	60702,1 7
«Конь-Колодезь»	7,87	11,87	15,59	4778,30	15745,8 5	37547,8 8
«Томск»	5,76	8,14	10,85	1921,37	6277,68 4	15002,0 7

При изменении коэффициента рельефа местности график 2.4, в населенном пункте Бира, значения электрической мощности изменяться: при $K_a=15$ в 3,3 раза, при $K_a=20$ в 8 раз.



График 2.4 – Зависимость мощности от коэффициента рельефа местности

В таблице 2.12 запишем результаты значения скорости ветра и мощности, при разной высоте башни

Таблица 2,12 – Результаты расчетов

Населенный пункт	Скорость ветра, при высота башни			Мощность ВЭУ		
	$h_1 = 15$ м	$h_1 = 20$ м	$h_1 = 30$ м	$N_{h,}$ Вт при $h_1 = 15$ м	$N_{h,}$ Вт при $h_1 = 20$ м	$N_{h,}$ Вт при $h_1 = 30$ м
«Цып-Наволок»	6,901707	10,87145	14,49526	8502,337	33230,04	78767,5
«Крестовый»	5,915749	9,244427	12,35056	5354,241	20431,91	48722,35
«Сеть-Наволок»	4,366386	6,803899	9,096517	2152,956	8145,961	19466,78
«Охотск»	3,521279	5,472701	7,247631	1129,198	4239,103	9845,937
«Чекунда»	8,873623	14,05153	18,71072	18070,56	71752,93	169410,5
«Елабуга»	5,141067	8,135096	10,87145	3514,218	13923,77	33230,04
«Бира»	15,1415	23,66573	31,80083	89779,14	342790,5	831733,5
«Тыгда»	7,746814	12,20264	16,27019	12023,7	46992,73	111390,2
«Норск»	8,873623	14,05153	18,71072	18070,56	71752,93	169410,5
«Верхняя Томь»	11,69065	18,48885	24,5532	41322,29	163455,2	382818,7
«Жердевка»	7,817239	12,2766	16,4181	12354,61	47852,33	114455,8
«Калуга»	8,451069	13,31198	17,82326	15610,03	61009,34	146430
«Богородицкое-Фенино»	10,07086	15,53064	21,15125	26416,07	96880,58	244724,2
«Курск»	5,986174	9,392338	12,57242	5547,75	21428,41	51395,56
«Тула»	9,155325	14,05153	19,22841	19846,78	71752,93	183864,9
«Конь-Колодезь»	8,169367	12,9422	17,00975	14100,48	56065,15	127280,6
«Томск»	5,986174	8,87465	11,83287	5547,75	18076,84	42848,81

При изменении высоты башни график 2.5, в населенном пункте Бира, значения электрической мощности изменяться: при $h=15$ м в 1,2 раза, при $h=20$

м в 4,3 раза, при $h=30$ м в 10,4 раза. На рисунке 2.9 показана, как различаются размер ВЭУ и мощность, при постоянном ветре 7,6 м/с.

Рисунок 2.9 – Мощность ветрогенераторов различных размеров, при скорости -7,6 м/с

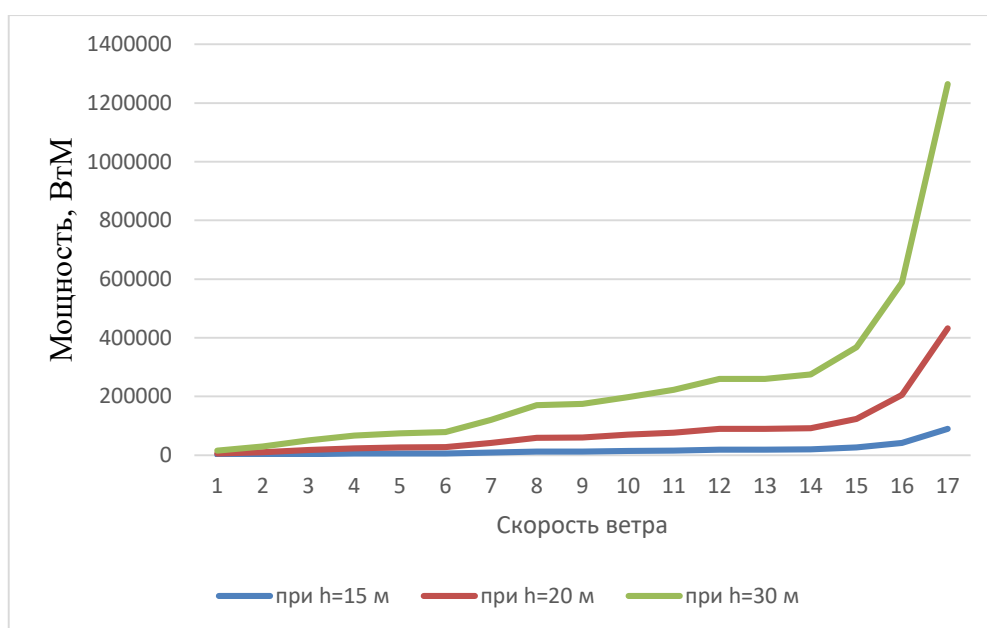
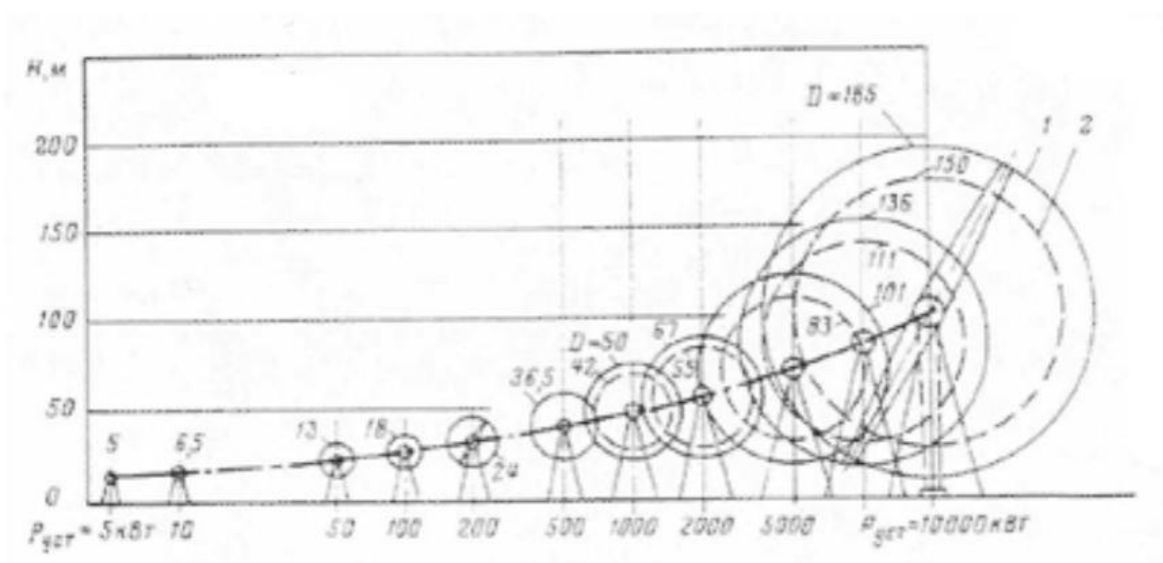


График 2.5 – Зависимость мощности от высоты башни

2.4 Требования к условиям применения ВЭУ

ВЭУ обеспечивает номинальную мощность при температуре окружающего воздуха от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$ и высоте над уровнем моря до 1000м , и относительной влажности воздуха 98% (при $t=+25^{\circ}\text{C}$). При работе агрегата на высоте:

- > 1000 м - мощность $N= 100\%$
- > 2000 м - мощность $N= 90\%$
- > 3000 м - мощность $N= 75\%$

Скорость ветра в месте установки не должна превышать 30 м/с , так как при более сильных ветрах существует вероятность разрушения станции.

В случае, если в месте установки станции грунт неплотный или при наличии грунтовых вод, необходимо применять дополнительные меры по укреплению фундамента.

Площадка для установки ВЭУ должна быть достаточно ровной. Запрещена установка ВЭУ на песчаных грунтах.

Ветроэнерго установки формируются в ветровые парки, которая является ветроэнерго станциями. И они могут формироваться, как в рядное расположение, так и в шахматном. Главное условие расстояние между установками, которые показаны на рисунке 2.9 и 2.10.

Рисунок 2.9 – Рядное расположение ветряков

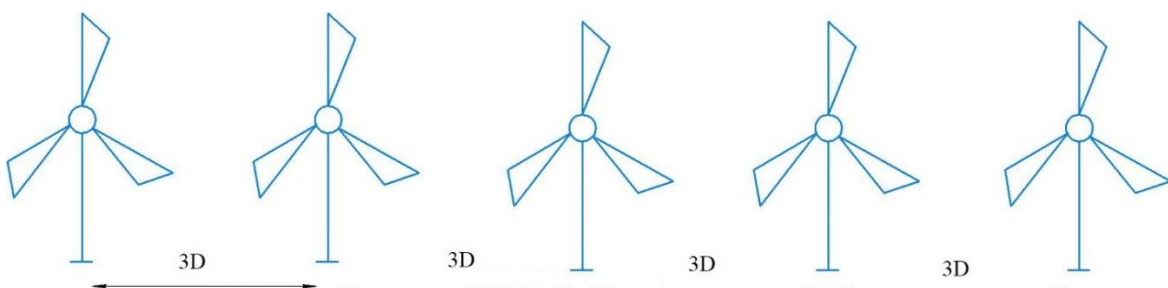
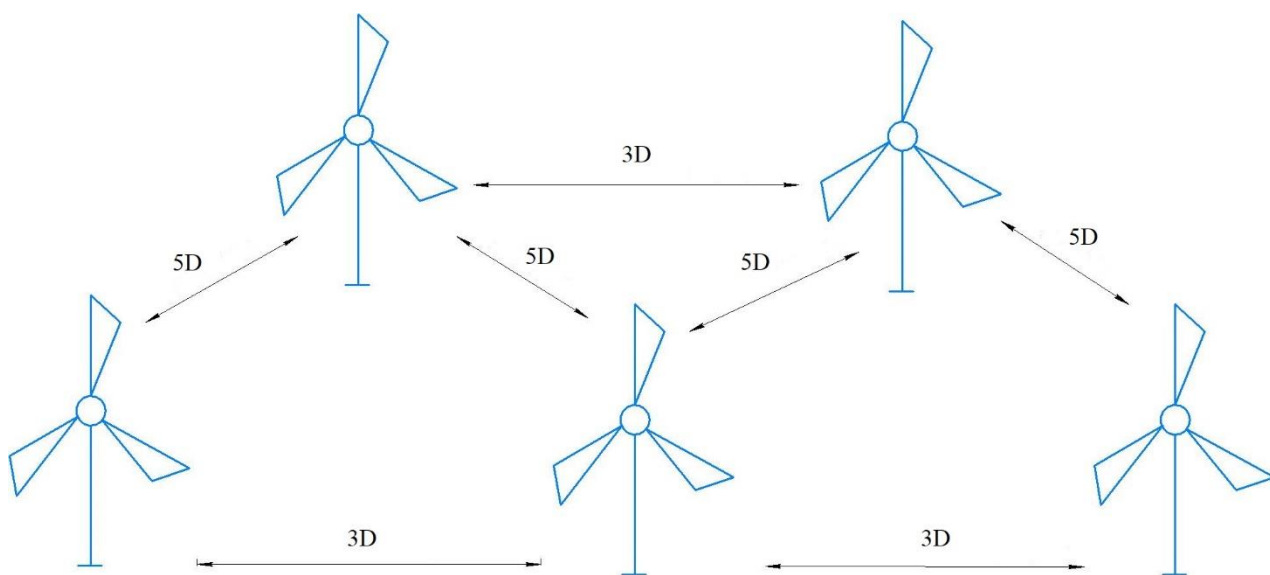


Рисунок 2.10 – Шахматное расположение ветряков



Заключение: В ходе анализа можно сказать, что мощность ВЭУ прямо пропорциональна скорости ветра одного куба воздуха, которая воспринимает площадью ометаемого ветроколеса, с учетом плотность воздуха. Которые в свою очередь зависят от температуры, влажность и давления. На эти параметры влияют, как высота, так и климатические условия, где будет располагаться ветряк. Согласно критерию Бетца ветроколесо может преобразовать не более 59% энергии потока. То есть с увеличением высоты скорость ветра будет увеличиваться, а плотность потока будет уменьшаться, если хотим скорректировать ВЭУ по мощности можем изменить площадь ометаемого потока.

Анализируя такой параметр как быстроходность, можно сделать вывод, что в различных режимах работы ВЭУ будь то многолопастная, тихоходная $Z \leq 2$, малолопастная, быстроходная $Z > 2$, и малолопастных, быстроходных $Z \geq 3$ набегающий поток на ветряк не должен создавать помех набегающему потоку, так, как это ограничивает эффективность ВЭУ. Для максимальной производительности нужно менять частоту вращения при изменении

скорости потока, сохраняя быстроходность. Ведь для электрогенераторов необходима постоянная частота.

Метеостанции, которые дают данные о скорости и направлению ветра, так же важны. По ним будет проводится первичный анализ для расположения ВЭУ. Зная откуда дует ветер, розу ветров, за сутки, месяц, год, а также вертикальные и горизонтальные составляющие скорости ветра. Определяется сектор направления ветра, применяются поправочные коэффициенты, корректируются данные измерения направления ветра.

3 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

3.1 Введение

Вопросы, связанные с социальной ответственностью, регулируются государством через законы. Российский специалист обязан знать и соблюдать законодательство в данной области, что позволит минимизировать негативное действие производства и проектируемых разработок. Понятие «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации». В нём рассматриваются вопросы соблюдения прав персонала на труд, выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. В соответствии со стандартом целями составления настоящего раздела является принятие проектных решений, исключая несчастные случаи в производстве, и снижение вредных воздействий на окружающую среду.

В выпускной квалификационной работе проводится исследование характеристик работы ветроэнергетических установок.

Производственная деятельность - эксплуатация ВЭУ, работа с контрольно-измерительной аппаратурой и электрооборудованием, без постоянного присутствия людей.

3.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для создания благоприятных условий для высокопроизводительного труда, усиления его творческого характера необходимо всемерное сокращение ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда путем внедрения мероприятий по охране труда. Вопросам охраны труда уделяется большое внимание во всех промышленно развитых странах.

Охрана труда в нашей стране, согласно ГОСТ 12.0.002-80, определяется как «система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических

мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда”. При создании системы законодательных актов принимают соответствующие меры, направленные на сохранение здоровья согласно федеральному закону от 21.11.2011 №323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» и повышение производительности труда утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июля 2014 г. №1250-р. Меры воздействия могут быть как медицинского согласно федеральному закону от 30.03.1999 №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», так технического характера. Практически, во всем мире изучение проблем охраны труда проводится по этим двум научным направлениям.

Техническое направление включает рассмотрение вопросов техники безопасности и производственной санитарии согласно ГОСТ 12.0.230-2007 «ССБТ. Системы управления охраны труда.» Научной основой технического направления охраны труда является сбор информации и анализ причин несчастных случаев, случаев травматизма на отдельном производстве и в целом по стране. Полученные данные используются для разработки коллективных и индивидуальных мер защиты здоровья, работающих от опасных и вредных факторов в процессе труда.

Научной основой медицинского направления охраны труда является сбор информации и анализ состояния здоровья в отдельных коллективах и в целом по стране. Полученные данные позволяют разработать соответствующие медико-профилактические мероприятия согласно ГОСТ Р 59240-2020 «Национальный стандарт Российской Федерации. Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья».

Критерием оптимальности действий научной и практической служб охраны труда в целом является снижение травматизма и профессиональных заболеваний, надлежащий уровень здоровья работающих и их высокая работоспособность приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 №181н «Об утверждении Типового ежегодно реализуемых

работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков». Соблюдение требований по охране труда может оцениваться как показателями достигнутого экономического эффекта, так и отсутствием экономических потерь.

В целях дальнейшего совершенствования охраны труда в народном хозяйстве Госстандарт совместно с привлечением заинтересованных ведомств разработали единую систему стандартов безопасности труда (ССБТ) ГОСТ Р 12.0.001-2013.

3.3 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов используется ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Монтаж	Эксплуатация	
1. Превышение уровня шума	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности
2. Повышенный уровень вибрации	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, санитарные нормы

4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.
5. Движущиеся части машин и механизм	+	+	Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

Защита работающего персонала от шума и вибрации

Снижение шума осуществляется техническими средствами; строительно-акустическими мероприятиями; применением дистанционного управления шумными машинами; организационными мероприятиями (выбором рационального режима труда и отдыха, сокращением времени нахождения в шумных условиях); применением средств индивидуальной защиты.

Снижение вибрации от работающих электродвигателей и вращающихся механизмов достигается путем их установки на массивные фундаменты или устранением жестких связей между фундаментом двигателя и рабочей площадкой на этой отметке путем создания воздушной щели шириной 1-2 см. Вибрацию также можно снизить облицовкой листов покрытия пола вибродемпфирующими материалами, которые приклеиваются к нижней поверхности листов в виде резиновых полос или специальных ковриков.

Защита персонала от поражения электрическим током

Для защиты персонала от возможности травмирования электрическим током применяют защитное заземление электрооборудования, ограничение доступа к токоведущим частям персонала, не имеющего права к обслуживанию данного оборудования, путем ограждения зоны или вывешиванием специальных предупредительных знаков. Питание устройств

осуществляется от силового щита через автоматический предохранитель, срабатывающий при коротком замыкании нагрузки. Необходимо поддержание поверхностей, на которых расположены органы управления электрооборудованием, в чистоте и сухости.

3.3.1 Мероприятия и средства по обеспечению безопасности труда

3.3.1.1 Защита от прикосновения к токоведущим частям

Проектом предусмотрены:

1. ограждение токоведущих частей в виде кожухов и щитов;
2. расположение токоведущих частей на недоступной высоте;
3. совершенная изоляция и ее контроль;
4. малое напряжение для ручных электрических светильников:

12 В – в особо опасных помещениях;

до 36 В – при работе в особо неблагоприятных условиях

(ПУЭ 1.7.30, 1.7.33, 1.7.44; ПТЭ и ПТБ, гл. Б 3.8);

5. комплект электрозащитных средств для распределительных устройств всех напряжений в соответствии с ПТЭ и ПТБ.

3.3.1.2 Защита от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением

Проектом предусмотрено защитное заземление в электроустановках до 1000 В с глухо заземленной нейтралью.

Защита от статического электричества.

Проектом предусмотрено:

1. присоединение систем к заземляющим устройствам;
2. применение антистатической обуви для персонала, обслуживающего ВЭУ.

3.3.1.3 Защита от механических травм

Предусмотрено:

1. применение электродвигателей со степенью защиты IP-20 – для помещений с нормальной средой;
2. ограждение вращающихся частей (муфт, валов, крыльчаток и др.) от случайных прикосновений.

3.3.1.4 Защита от шума

ВЭУ является источником интенсивного шума, который воздействует на жителей примыкающих территорий. Шумовые характеристики на внешние границы санитарно-защитной зоны ВЭУ следующие:

- уровень звука: максимальный –88 дБА; средний –71 дБА;
- скорректированный уровень звука: максимальный – 105...120 дБА; средний – 114 дБА.

Архитектурно-планировочные мероприятия

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 проектом предусмотрены:

1. группировка агрегатов и оборудования по степени шумности и размещение их в отдельных зонах;
2. удаление источников шума от помещения дежурного персонала.
3. ограждение зон с уровнем звука более 80 дБА знаками безопасности.

Акустические мероприятия:

1. звукоизолирующие прокладки между агрегатами и фундаментом;
2. акустические разрывы в конструкциях, заполненные звукоизолирующим материалом;
3. звукоизоляция помещения дежурного персонала с помощью массивных кирпичных стен.
7. применение средств индивидуальной защиты.

3.3.1.5 Защита от вибрации

Согласно ГОСТ 12.1.012-2004 проектом предусмотрено:

1. заполнение пористым материалом акустических разрывов между фундаментами вибрирующих агрегатов и рабочими площадками; в акустические швы, расположенные в нижних частях фундаментов;

2. установка виброизолирующих опор (стальные пружины, резина, пробка) под станинами и корпусами оборудования;

3.4 Экологическая безопасность

Основное экологическое воздействие в жизненном цикле ВЭУ оказывает стадия эксплуатации, т.к. именно на этой стадии при низких скоростях ветра включается дизель-генератор и образуются выбросы в атмосферу [6].

В силу этого ресурсная и экономическая эффективность ВЭУ могут быть повышены, а стоимость жизненного цикла и негативное экологическое воздействие в жизненном цикле снижены при развитии следующих сценариев совершенствования ВЭУ или их сочетаний [6]:

1. Снижение размещения на полигонах отходов, образующихся при утилизации ВЭУ; получение вторичных материалов за счет восстановления лопастей, капитального ремонта и восстановления дизель-генератора, переработки металлоконструкций, железобетонных изделий, АКБ и их комплектующих. Переработка лопастей термическим методом должна осуществляться с утилизацией теплоты. Суммарный материальный вход будет при этом уменьшен на массу восстановленных материалов и изделий и сэкономленной энергии.

2. Замена конструкционных материалов с высокой материальной интенсивностью на материалы с более низкой материальной интенсивностью. Например, замена первичного алюминия, стали и меди на вторичные; снижение потребления стали на изготовление опоры, растяжек, деталей лопастей и корпуса генератора и, в перспективе, замена стали на другие материалы.

3. Снижение затрат и расстояний на транспортировку комплектующих на стадии производства и ликвидационных отходов после окончания срока службы ВЭУ.

4. Замена дизель-генератора на альтернативный источник энергии, обеспечивающую работу комбинированной ВЭУ при низких скоростях ветра, например, на солнечную батарею. При этом эксплуатация ВЭУ будет действительно экологически более чистой по сравнению с традиционными источниками энергии.

Проектом предусмотрен организованный и централизованный сбор амортизационного лома, продуктов очистки сточных вод, использованных газоразрядных ламп, а также бытового мусора. Использование земель и вторичных энергоресурсов.

Борьба с энергетическими загрязнениями

Проектом предусмотрены:

1. определение для ВЭУ ширины санитарно-защитной зоны;
2. расположение ВЭУ в соответствии с топографией местности и розой ветров;
3. озеленение санитарно-защитной зоны;
4. акустические мероприятия.

3.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций в результате взрывов пожаров, поражений молнией, а также поражения электрическим током.

Опасность взрывов и пожаров создают факторы:

1. короткие замыкания и перегрузки в электроустановках;
2. повышенный уровень статического электричества.

Опасность поражения атмосферным электричеством определяется грозовой активностью в месте расположения ВЭУ:

- интенсивность грозовой деятельности 60 – 80 ч/год;
- среднее число ударов молнии в 1 км² земной поверхности – 6 ударов/км² в год.

Разновидность поражений объектов:

- прямой удар молнии;
- электростатическая индукция;
- электромагнитная индукция;
- занос высоких потенциалов через надземные, наземные и подземные коммуникации.

Климатические условия:

- ветровой напор 25 м/с;
- толщина стенки гололеда 10 мм создает опасность схлестывания и обрыва проводов и тросов в ЛЭП.

Противопожарные мероприятия, связанные с электробезопасностью.

Электроснабжение электроприёмников 0,4 кВ основного технологического и инженерного оборудования, наружного освещения осуществляется по второй категории надёжности электроснабжения от трансформаторной подстанции КТП-115 (новой) мощностью 2х400 кВА с сухими трансформаторами ТСЗ 400 кВА.

Проектом выполнены мероприятия, обеспечивающие регламентированные требования по электромагнитной совместимости и помехозащищённости, в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006 (МЭК 61000-6-5-2001); по защите от импульсных помех в соответствии с РД 34.20.116-93 «Методические указания по защите вторичных цепей электрических станций и подстанций от импульсных помех» (утверждены решением №Э-1/93 от 29.06.1993 г. Департамента науки и техники РАО «ЕЭС России», в актуальной редакции).

Кабели прокладываются:

- Открыто по кабельным конструкциям на высоте более 2,5 метров от уровня пола, кабельных каналах, перекрытых съемными щитами;
- Открыто проложенные вертикальные участки кабельных трасс укрыты съемными кожухами;
- По технологическим площадкам - в трубах и непосредственно к механизмам в металлорукавах.

Кабели проложены в соответствии с уровнями прокладки, силовые кабели отдельно от контрольных и кабелей управления. При необходимости применены экранированные кабели. Защитные меры электробезопасности выполнены согласно требованиям ПУЭ.

Электроснабжение электроприемников 0,4 кВ основного технологического, инженерного, ремонтного оборудования выполняется по II категории надежности электроснабжения.

Надежность электроснабжения электроприемников, которые требуют резервирования питания, обеспечивается секционированием шин во всех звеньях системы распределения электроэнергии, включая шины высокого и низшего напряжения трансформаторной подстанции.

Качество электрической энергии – по ГОСТ 32144-2013.

Электроприемники технологических механизмов и инженерного оборудования, которые резервируются по условиям технологии, получают питание от независимых источников электроэнергии (разных секций распределительных устройств). Кабели питающих и распределительных сетей к ним прокладываются по разным трассам.

Проводники любого назначения удовлетворяют требованиям в отношении предельно допустимого нагрева с учетом не только нормальных, но и послеаварийных режимов, а также режимов в период ремонта и возможных неравномерностей распределения токов между линиями, секциями шин и т. п.

Кабельные линии и электропроводки СПЗ, систем обнаружения пожара, противодымной защиты, система аварийного освещения на путях эвакуации выполнены кабелями марки ВВГнг(А)-FRLS, КВВГнг(А)-FRLS, которые сохраняют работоспособность в условиях пожара в течении времени, необходимого для выполнения их функций и полной эвакуации людей в безопасную зону.

Проектом предусмотрены:

1. предотвращение образования горючей и взрывоопасной среды (максимально возможное применение негорючих и трудногорючих веществ вместо пожароопасных);
2. выбор электрооборудования, проводов и кабелей согласно ПУЭ;
3. выбор электрооборудования по ПУЭ в соответствии с классом взрыво- и пожароопасных зон;
4. защита от токов коротких замыканий и перегрузок за счет применения автоматов защиты и предохранителей с плавкими вставками, а также за счет выбора номинального сечения электропроводов;
5. молниезащита
6. защита от статического электричества.

Для защиты персонала от возможности травмирования электрическим током применяют защитное заземление и зануление электрооборудования, ограничение доступа к токоведущим частям персонала, не имеющего права к обслуживанию данного оборудования. Питание устройств осуществляется от силового щита через автоматический предохранитель, срабатывающий при превышении заданной нагрузки. Необходимо поддержание поверхностей, на которых расположены органы управления электрооборудованием, в чистоте и сухости.

Алгоритм действий при поражении электрическим током:

1. Устранить воздействие поражающего фактора путём отключения оборудования или освобождения человека от провода под

напряжения. Можно перерубить провод, с обеспечением соответствующих мер безопасности.

2. Оценить состояние пострадавшего по наличию дыхания, пульса (сердцебиения).

3. Оказать помощь в виде реанимационных мероприятий, обработки ран, в зависимости от последствий воздействия.

4. Вызвать скорую помощь, оставаясь с пострадавшим до её прибытия(сообщить: точный адрес, что произошло, кто сообщает и начал оказывать доврачебную помощь).

5. Поддерживать основные жизненные функции пострадавшего до прибытия медицинского работника.

Выводы

В данном разделе представлен анализ опасных и вредных факторов при сооружении ВЭУ и средства защиты от них. ВЭУ запроектированы с учетом требований техники безопасности при их эксплуатации. Не наносят вреда окружающей среде и не нарушают санитарно-гигиенические нормы. Технические решения, принятые в технологических процессах эксплуатации ВЭУ позволят:

- снизить влияние факторов, которые могут оказать негативные последствия и нанести ущерб окружающей среде;

- снизить нагрузку на централизованные источники электроснабжения.

На основе приведенных расчетов и анализа вышеперечисленных мероприятий, считаю сооружение ВЭУ безопасным и экологичным.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе осуществляется исследование характеристик ветроэнергетической установки.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности сооружения ВЭУ

4.1.1 SWOT-анализ

Основными целями коммерческого проекта по сооружению ВЭУ являются улучшение экологических показателей, снижение электрической нагрузки на централизованные источники. Приведем SWOT-анализ применения ВЭУ.

Аббревиатура SWOT имеет смысл таблицы, где Strengths - силы, Weaknesses - слабости, Opportunities - благоприятные возможности - и Threats угрозы. Такой анализ (рис. 7.1) позволит нам выявить эффективность применения ВЭУ на рынке.

Таблица 4.1 - SWOT-анализ проекта

Потенциальные внутренние сильные стороны (S):	Потенциальные внутренние слабые стороны (W):
1. Государственная поддержка	1. Большой срок окупаемости
2. Квалифицированный персонал	2. Слабый авторитет участника на рынке
3. Внедрение новых технологий	3. Отсутствие опыта работы на рынке
4. Эксклюзивность продукции	4. Необходимость дополнительных услуг
5. Оборудование высокого качества	5. Неблагоприятные погодные условия
Потенциальные внешние благоприятные возможности (O):	Потенциальные внешние угрозы (T):
1. Выход на новые рынки или сегменты рынка	1. Активность конкурентов
2. Рост стоимости традиционных источников энергии	2. Слабое развитие альтернативных источников энергии в регионе
3. Высокий уровень требования государства к экологии	3. Недовольство жителей
	4. Российское законодательство

Представим матрицу решений для факторов, выявленных в табл.4.1, в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица решений проекта

Потенциальные внутренние сильные стороны (S):	Методы оптимального использования
1. Государственная поддержка (Государственное значение объекта, гарантирует финансовую поддержку и обеспечивает на начальном этапе реализации проекта всеми необходимыми средствами)	Не потерять доверия финансистов, ведя открытые схемы доходов и расходов
2. Квалифицированный персонал (Подготовленный персонал сможет производить качественную продукцию и в дальнейшем повысить её качество)	
3. Внедрение новых технологий (использование в работе передовых средств и методов производства)	
4. Эксклюзивность продукции (Не значительная конкуренция, в особенности на внутреннем рынке.)	
5. Оборудование высокого качества (На предприятии будет использовано только новое экономичное оборудование для производства дизельных генераторов)	Тщательно следить за его тех. состоянием

Потенциальные внутренние слабости (W):	Пути преодоления:
1. Большой срок окупаемости (Объясняется высокой стоимостью производственного оборудования и исходного материала.)	Помощь государства, в компенсации части стоимости продукции определенным категориям граждан
2. Слабый авторитет участника на рынке (Практическая нулевая известность предприятия на начальном этапе реализации проекта.)	
3. Отсутствие опыта работы на рынке (Нет достаточно эффективных торговых стратегий, по сравнению с фирмами конкурентами)	Привлечение на работу профессионального маркетолога
4. Необходимость дополнительных услуг (Для оказания дополнительных услуг на предприятии необходимы профессионалы и специальное оборудование)	
5. Неблагоприятные погодные условия (Возможен дефицит скорости ветра)	Наиболее верное и удобное расположение ветрогенераторов

Потенциальные внешние благоприятные возможности (O):	Методы оптимального использования
1. Выход на новые рынки или сегменты рынка (При качественном изготовлении продукции известность компании повысится, что приведёт к увеличению объемов реализуемой продукции и привлечению иностранных партнеров.)	Работать на авторитет, т.е. продукция должна быть надлежащего качества и постоянно расширять ассортимент.
2. Рост стоимости традиционных источников энергии (как следствие, переход потребителей на более дешёвый вид энергии)	Проводить разумную ценовую политику
3. Высокий уровень требования государства к экологии (ветрогенераторы являются самым экологичным источником энергии, что увеличит спрос на соответствующую продукцию.)	Поддерживать экологичность предлагаемой продукции

Потенциальные внешние угрозы (T):	Пути преодоления:
1. Активность конкурентов (Со стороны конкурентов, возможно принятие мер по ужесточению рыночной борьбы, в которой позиции конкурентов выгодны и приоритетны)	Постоянный вывод на рынок различных продуктов и налаживание системы скидок
2. Слабое развитие альтернативных источников энергии в регионе (энергетика возобновляемых ресурсов в России на данный момент развивается медленно)	Открытие научных центров, вкладывание средств в развитие отрасли
3. Недовольство жителей (непривычность и невысокая надёжность ветрогенераторов отпугивает население)	Проводить рекламную кампанию, доказывать свои преимущества перед конкурентами

4. Российское законодательство (Изменения в таможенном законодательстве может сильно повлиять на цену комплектующих и конечного продукта)

Нанять профессиональных экономистов, бухгалтеров



Рисунок 4.1 - Дерево рисков проекта по сооружению ВЭУ

4.1.2 Планирование коммерческого проекта

Целью планирования коммерческого проекта по сооружению ВЭУ является составление календарного плана, приведенного в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Календарный план реализации проекта

Послед. Работ	Код	Наименование работы	Количество исполнителей	Время исполнения	Стоимость (тыс. руб)
План проекта					
1	а	Выбор места установки	3	3	15
2	б	Чертежи	3	10	18
3	в	Замер скорости ветра	3	21	60
4	г	Проверка грунта на устойчивость	10	1	46
5	з	Выбор фирмы производителя	4	3	0
6	д	Планирование бюджета с учетом рисков	1	2	5
7	е	Поиск спонсоров	4	5	0
8	ж	Согласование проекта с органами управления	5	5	100
Строительные работы					
9	и	Закупка материала	5	5	500
9	к	Договор со строительной компанией	3	2	50
9	м	Закупка ВЭУ	1	2	936,6
10	п	Доставка ВЭУ	5	5	25,013
10	л	Строительные работы	7	30	385
11	р	Набор персонала	2	10	5
Оснащение центра управления					

11	о	Мебель	5	3	150
12	н	Оборудование (программное обеспечение)	5	4	200
Монтаж ВЭУ					
13	т	Антикоррозийная обработка мачты	4	1	10
14	с	Сборка	4	1	10
15	у	Укрепление контактов	4	1	10
16	ф	Пробный запуск	2	1	10
Ввод в эксплуатацию					
17	х	Ввод в эксплуатацию	4	2	5

4.2 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта [30].

4.2.1 Цели и результат проекта

Представлена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Заинтересованные стороны

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НОЦ И.Н. Бутакова	Проект сооружения ветроэнергетической установки

Информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей дана в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Разработать проект сооружения ветроэнергетической установки на действующей системе электроснабжения потребителей
Ожидаемые результаты проекта	С помощью сооружения ветроэнергетической установки должно обеспечиваться надежное электроснабжения потребителей

Критерии приемки результата проекта	Обеспечение требуемых параметров электрического тока и требуемой нагрузки. Современное оборудование.
Требования к результату проекта	Выполнения проекта в срок
	Стабильность работы технологического оборудования
	Спрос на проект
	Эффективность метода
	Удобство метода

4.2.2 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представлена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Рабочая группа проекта

№	Ф.И.О., основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Студент	Исполнитель проекта	Работа над реализацией проекта	750
2	Руководитель	Руководитель проекта	Координация деятельности работы и оказание помощи в реализации проекта	100
Итого:				850

4.2.3 Ограничения проекта

Факторы, ограничения и допущения представлены в таблице.7.

Таблица 4.7 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	Отсутствует
Источник финансирования	Не нуждается в финансировании
Сроки проекта	С 01.04.21-03.06.21 г.
Дата утверждения плана управления проектом	25.03.2021 г.
Дата завершения проекта	30.06.2021 г.
Прочие ограничения и допущения	Ограничения по времени работы участников проекта
Ограничения по времени работы участников проекта	

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научно-исследовательского проекта

Таблица 4.8 – Перечень основных этапов и работ распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	2	Выдача задания на тему	Руководитель
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Руководитель
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Инженер, Руководитель
	5	Подбор литературы	Руководитель
	6	Сбор материалов и статистических данных	Руководитель
Теоретические исследования	7	Проведение теоретических обоснований	Инженер, Руководитель
	8	Анализ статистических данных	Инженер
	9	Согласование полученных данных с руководителем	Инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	11	Работа над выводом	Инженер
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки	Инженер

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным методом в человеко-днях и носит вероятностный характер, трудоемкость зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения

трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{max}}{5}, \quad (4.1)$$

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

(оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн. [32];

Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = t_{ожi} Ч_i, \quad (4.2)$$

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

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

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел [34].

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} k_{кал}, \quad (4.3)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4.4)$$

где $T_{кал}$ – кол-во календарных дней в году;

$T_{вых}$ – кол-во выходных дней в году;

$T_{пр}$ – кол-во праздничных дней в году.

Согласно производственному и налоговому календарю на 2020 год, количество календарных 365 дней, кол-во рабочих дней составляет 247 дней, кол-во выходных 118 дней, а кол-во предпраздничных дней – 3, таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,5.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу 4.9.

После заполнения таблицы 4.9 строим календарный план-график (таблица 4.10). График строится для максимального по длительности исполнения работ, в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени написания диплома (10 дней). При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
		t_{\min} чел-дни	t_{\max} чел-дни	$t_{\text{ож}}$ чел-дни		
Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	6	3,6	3,6	5,4
Выдача задания на тему	Руководитель	2	4	2,8	2,8	4,2
Постановка задачи	Студент	2	4	2,8	2,8	4,2
Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель - студент	3	7	4,6	2,3	3,45
Подбор литературы	Студент	8	13	10	10	15
Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент	15	20	17	17	25,5
проведение теоретических обоснований	Руководитель - студент	6	9	7,2	3,6	5,4
Анализ статистических данных	Студент	5	8	6,2	6,2	9,3
Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель - студент	2	4	2,8	1,4	2,1
Оценка эффективности полученных результатов	Студент	2	5	3,2	3,2	4,8
Работа над выводом	Студент	2	4	2,8	2,8	4,2
Составление пояснительной записки	Руководитель - студент	3	7	4,6	2,3	3,45
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Руководитель - студент	4	7	5,2	2,6	3,9

Социальная ответственность	Руководитель - студент	4	7	5,2	2,6	3,9
Итого:	Руководитель	26	51	36	21,2	31,8
	Студент	56	88	71,6	56,8	85,2

Таблица 4.10 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Ткi, кал.д н.	Продолжительность выполнения работ											
				Март			Апрель			Май					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление и утверждение технического задания	Научный Руководитель	3	■											
2	Выдача задания на тему	Научный Руководитель	1	■											
3	Постановка задачи	Студент	1												
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Научный Руководитель, студент	18	■	■	■	■	■	■	■					
5	Выбор необходимых методик	Студент	16				■	■	■						
6	Проведение расчетов	Студент	25						■	■	■	■			
7	Обработка результатов	Студент	12									■	■		
8	Подведение итогов	Студент	4										■	■	
9	Заключение по проделанной работе	Студент	4											■	■

■ – студент; ■ – руководитель.

4.4 Необходимое оборудование

Необходимым оборудованием является рабочее место с персональным компьютером, на котором выполняется разработка проекта.

4.4.1 Расчет затрат на потребляемую компьютером электроэнергию

Затраты на потребляемую электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{эп}} = W_y \cdot T_g \cdot S_{\text{эл}}, \quad (4.5)$$

где W_y – установленная мощность, кВт (0,4 кВт);

T_g – время работы оборудования, час.;

$S_{\text{эл}}$ – тариф на электроэнергию (3,85 руб/кВт·ч).

Тариф на электрическую энергию для г. Томск по состоянию на 2021 год составляет 3,85 руб/кВт·ч [40].

Затраты на потребляемую электроэнергию составляют:

$$C_{\text{эп}} = 0,4 \cdot 1168 \cdot 3,85 = 1798,72 \text{ руб.}$$

4.4.2 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + K_T) \cdot \sum C_i N_{\text{расхи}}, \quad (4.6)$$

Где $N_{\text{расхи}}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при научном исследовании (шт, кг, м, м²);

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. Коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены) не учитывался, так как объемы затрат очень маленькие. В таблице 4.11 приведены материальные затраты.

Таблица 4.11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага А4	Упаковка	1	200	200
Картридж	шт	1	1100	1100
Ручка	шт	3	25	75
Тетрадь	шт	2	15	30
Интернет	М/бит (пакет услуг)	1	350	350
Литература	шт	4	400	1600
Флешка USB	шт	1	500	500
Итого:				3855

4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал Руководитель и студент. Оклад студента – 16 140 руб., оклад руководителя (кандидат технических наук) \approx 35 120 руб.

$$C_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.7)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Затраты на основную заработную плату

№ п/п	Исполнитель	Оклад (тыс. руб.)	Среднедневная заработная плата (руб./дн.)	Трудоемкость, раб. дн.	Основная заработная плата (руб.)
1	Руководитель	35120	1826,24	21,2	38 716
2	Студент	16140	839,28	56,8	47 671
Итого: 85387					

Затраты по дополнительной заработной плате

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (4.8)$$

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

Расчет дополнительной заработной платы студента:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 38716 = 5807,4 \text{ руб.}$$

Расчет дополнительной заработной платы руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 47671 = 7150,65 \text{ руб.}$$

Общая сумма затрат по дополнительной заработной плате составляет 12 958,05 руб.

4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.9)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) ($k_{\text{внеб}} = 0,3$).

Рассчитаем величину отчислений во внебюджетные фонды студента:

$$Z_{\text{страх.вып.}} = 0,3 \times (47671 + 7150,65) = 16446,5 \text{ руб.}$$

Рассчитаем величину отчислений во внебюджетные фонды руководителя:

$$Z_{\text{страх.вып.}} = 0,3 \times (38716 + 5807,4) = 13357,02 \text{ руб.}$$

Общая сумма отчислений во внебюджетные фонды составляет 29803,52 руб.

4.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot K_{\text{нр}}, \quad (7.10)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 20%. Накладные расходы взимаются с общей суммы проекта. Предварительно рассчитаем общую сумму проекта следующим образом (табл.4.13).

Таблица 4.13 – Смета затрат на разработку проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Основная заработная плата	85387
2. Дополнительная заработная плата	12958,05
3. Страховые взносы	29803,52
4. Затраты на электроэнергию	1798,72
5. Затраты на материалы	3855
6. Накладные расходы	26760,46
Итого:	160562,75

В таблице 4.13 приведена смета затрат на разработку проекта с указанием суммы затрат по отдельным видам статей расходов.

Заключение. В ходе данной работы была проведена оценка коммерческого потенциала, перспективности ВЭУ. Были рассмотрены сильные и слабые стороны, которая дает общее представление конкурентоспособности разработки определения рисков негативного влияния. Также определено планирование научно-исследовательских работ. Построен временной показатель проведения работ. Разработан календарный план-график проведения работ. Рассчитаны основная заработная плата исполнителей, подсчитаны накладные расходы, а также бюджет-затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе проведен анализ факторов ВЭУ и параметров ее работы, расчет характеристик ВЭУ.

Решены следующие задачи: изучению научной литературы; анализ факторов влияющие на работу ВЭУ.

Определено оптимальное расположение ВЭУ, используя данные о скоростях ветра в различных населенных пунктах. Сделан вывод, что оптимальным вариантом для размещения ВЭУ является населенный пункт Бира, т.к. там можно получить максимальную электрическую мощность 80121,92 Вт.

Срок окупаемости ветроэнергетических установок велик, как правило, допустимым для ВЭУ считается срок окупаемости до 20 лет. Поэтому применение ветроэнергетических установок больше обусловлено социальными факторами, позволяющими обеспечить энергией отдаленные районы, где отсутствуют линии электропередач.

В разделе «Социальная ответственность» представлен анализ опасных и вредных факторов при сооружении ВЭУ и средства защиты от них. ВЭУ запроектированы с учетом требований техники безопасности при их эксплуатации. Не наносят вреда окружающей среде и не нарушают санитарно-гигиенические нормы. Технические решения, принятые в технологических процессах эксплуатации ВЭУ позволят:

- снизить влияние факторов, которые могут оказать негативные последствия и нанести ущерб окружающей среде;
- снизить нагрузку на централизованные источники электроснабжения.

На основе приведенного анализа вышеперечисленных мероприятий, считаем сооружение ВЭУ безопасным и экологичным.

В разделе «Финансовый менеджмент» была проведена оценка коммерческого потенциала, перспективности проекта ВЭУ. Были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, которая дает общее

представление конкурентоспособности разработки определения рисков негативного влияния. Также определено планирование научно-исследовательских работ. Построен временной показатель проведения работ. Разработан календарный план-график проведения работ. Рассчитаны основная заработная плата исполнителей, подсчитаны накладные расходы, а также бюджет-затрат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Твайделл, Дж., Возобновляемые источники энергии /Дж. Твайделл, А. Уэйр; [пер. с англ. под ред. В.А. Коробова]. - М.: Энергоатомиздат, 1990. -391 с.
2. Да Роза, Альдо., Возобновляемые источники энергии /А. да Роза; [пер. с англ. под ред. С.П.Малышенко и О.С.Попеля]. - М.: Интеллект, 2010.- 703 с.
3. Безруких, П.П. Использование энергии ветра / П.П. Безруких. – М.: Колос, 2008. – 196 с.
4. Безруких, П.П. Ветроэнергетика: справ. пособие / П.П. Безруких. – М.: ИД Энергия, 2010. – 320 с.
5. Беспалов, В.Я. Электрические машины: учеб. пособие / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. - М.: Академия, 2011. – 320с.
6. Фортов, В.Е. Энергетика в современном мире / В.Е. Фортов, О.С. Попель. - М.: Интеллект, 2011.- 168 с.
7. Соломин, Е.В. Итерационная оптимизация параметров и режимов работы вертикально–осевых ветроэнергетических установок / Е.В. Соломин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – Челябинск: Изд–во ЮУрГУ, 2011. – Вып. 15(232). С.73–81.
8. Соломин, Е.В. Информация / Е.В. Соломин // ГРЦ–Вертикаль. – www.src-vertical.com. – С. 1.
9. Скорости ветра в России и строительство ветряных электростанций / Интернет-ресурс. – <http://www.manbw.ru/analytics/windrus.html>. – С. 1.
10. Wind Energy Integration in the Urban Environment / Интернет-ресурс. – <http://www.urbanwind.net/wineur.html>. – С. 1.
11. Prices on solar panels / Интернет-ресурс. – http://www.alibaba.com/product-gs/202294126/solar_module_price.html. – С. 1.

12. Solar Cells, Solar Panels / Интернет-ресурс. – http://www.alibaba.com/Solar-Cells-Solar-Panel_pid52806. – С. 1.
13. Ветрогеография РФ / Интернет-ресурс. – http://www.srcvertical.com/wind_geography/wind_russia/. – С. 4.
14. Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями : учеб. пособие. Томск : изд-во Томского политех. университета, 2015. 120 с.
15. Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. Саратов : Профобразование, 2017. 144 с. 75
16. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Ветроэнергетика. Харьков : ХАИ, 2014. 158 с.
17. Безруких, П. П. Ветроэнергетика. М. : Интехэнерго-Издат, Теплоэнергетик, 2014. 304 с.
18. Бурмистров А. А., Виссарионнов В. И., Дерюгина Г. В. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии : учеб. пособие. М. : МЭИ, 2009. 144 с.
19. Бальзанников М. И. Эколого-экономическое обоснование эффективности гидроаккумулирующих и ветровых электростанций // Экономика и управление собственностью. 2015. № 1. С. 68–72.
20. Иванов В. М. Электроснабжение и энергосбережение с использованием возобновляемых источников энергии // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 2 (19). С. 88–93.
21. Обухов С. Г. Ветроэнергетические установки малой мощности. Технические характеристики, моделирование, рациональный выбор// Saarbrucken: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. №3. 88 с. 78
22. Лакутин Б. В., Сурков М. А., Нетрадиционные способы производства электроэнергии : учеб. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2018. 193с.
21. Янсон, Р. А. Ветроустановки : учеб. пособие. М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2017. 37 с. 41. Ветрогенераторы горизонтально-осевые серия «Condor Air» (мощность от 10

до 60 к Вт) Руководство пользователя [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://docplayer.ru/54793519-Vetrogeneratorogorizontalno-osevye-seriya-condor-air-moshchnost-ot-10-do-60-kvt-rukovodstvopolzovatelya.html/> (дата обращения 3.06.19)

22. Елистратов В. В. Ветроэнергоустановки. Автономные ветроустановки и комплексы : учеб. пособие. СПб. : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2018. 101 с.

23. Ветрогенераторы горизонтально-осевые серия «Condor Air» (мощность от 10 до 60 к Вт) Руководство пользователя [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://docplayer.ru/54793519-Vetrogeneratorogorizontalno-osevye-seriya-condor-air-moshchnost-ot-10-do-60-kvt-rukovodstvopolzovatelya.html/> (дата обращения 3.05.20)

24. Шарапов В.С. Методические рекомендации по математическому моделированию ветроэнергетической установки: Региональный компонент содержания экологического образования базисного учебного плана Липецкой области: В 2 ч. Ч. 1.– Липецк: ЛГТУ, 1995. – 30 с.

25. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: Учебное пособие. – М.: Омега-Л, 2004. – 664 с.

26. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утверждено Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ № ВК 477 от 21.06.1999 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа. - <http://www.cfin.ru/>

27. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утверждено Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ № ВК 477 от 21.06.1999 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа. - <http://www.cfin.ru/>

28. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: Учебное пособие. – М.: Омега-Л, 2004. – 664 с.

29. Управление проектами: Учеб. пособие. Заренков В.А. – 2-е изд. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2006. – 312 с.

30. Попова С.Н. Управление проектами. Часть I: учебное пособие / С.Н. Попова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 121 с.

31. «Методы расчета ресурсов ВИЭ» под редакцией Виссарионова В.И.

<https://www.rts-tender.ru/poisk/gost/r-54418-12-3-2012>

32. «Википедия. Климат Владивостока» / Интернет-ресурс. (ВИКИПЕДИЯ)С. 1.

Шкала Бофорта

Сила ветра у земной поверхности по шкале Бофорта (на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью)				
Баллы Бофорта	Словесное определение силы ветра	Скорость ветра, м/сек	Действие ветра	
			на суше	на море
0	Штиль	0-0,2	Штиль. Дым поднимается вертикально	Зеркально гладкое море
1	Тихий	0,3-1,5	Направление ветра заметно по отношению дыма, но не по флюгеру	Рябь, пены на гребнях нет
2	Лёгкий	1,6-3,3	Движение ветра ощущается лицом, шелестят листья, приводится в движение флюгер	Короткие волны, гребни не опрокидываются и кажутся стекловидными
3	Слабый	3,4-5,4	Листья и тонкие ветви деревьев всё время колышутся, ветер развеивает верхние флаги	Короткие, хорошо выраженные волны. Гребни, опрокидываясь, образуют стекловидную пену, изредка образуются маленькие белые барашки
4	Умеренный	5,5-7,9	Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветви деревьев	Волны удлинённые, белые барашки видны во многих местах
5	Свежий	8,0-10,7	Качаются тонкие стволы деревьев, на	Хорошо развитые в длину, но не очень крупные волны,

Сила ветра у земной поверхности по шкале Бофорта (на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью)				
Баллы Бофорта	Словесное определение силы ветра	Скорость ветра, м/сек	Действие ветра	
			на суше	на море
			воде появляются волны с гребнями	повсюду видны белые барашки (в отдельных случаях образуются брызги)
6	Сильный	10,8-13,8	Качаются толстые сучья деревьев, гудят телеграфные провода	Начинают образовываться крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади (вероятны брызги)
7	Крепкий	13,9-17,1	Качаются стволы деревьев, идти против ветра трудно	Волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру
8	Очень крепкий	17,2-20,7	Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра очень трудно	Умеренно высокие длинные волны. По краям гребней начинают взлетать брызги. Полосы пены ложатся рядами по направлению ветра
9	Шторм	20,8-24,4	Небольшие повреждения; ветер срывает дымовые колпаки и черепицу	Высокие волны. Пена широкими плотными полосами ложится по ветру. Гребни волн начинают опрокидываться и рассыпаться в брызги, которые ухудшают видимость
10	Сильный шторм	24,5-28,4	Значительные разрушения строений, деревья вырываются с	Очень высокие волны с длинными загибающимися вниз гребнями. Образующаяся пена

Сила ветра у земной поверхности по шкале Бофорта (на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью)				
Баллы Бофорта	Словесное определение силы ветра	Скорость ветра, м/сек	Действие ветра	
			на суше	на море
			корнем. На суше бывает редко	выдувается ветром большими хлопьями в виде густых белых полос. Поверхность моря белая от пены. Сильный грохот волн подобен ударам. Видимость плохая
11	Жестокий шторм	28,5-32,6	Большие разрушения на значительном пространстве. На суше наблюдается очень редко	Исключительно высокие волны. Суда небольшого и среднего размера временами скрываются из вида. Море всё покрыто длинными белыми хлопьями пены, располагающимися по ветру. Края волн повсюду сдуваются в пену. Видимость плохая
12	Ураган	32,7 и более		Воздух наполнен пеной и брызгами. Море всё покрыто полосами пены. Очень плохая видимость

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Мощность электроприборов

Электроприбор	Установлен ная мощность P_i , Вт	Мгновенная потребляемая мощность P_i , Вт				Время использования T_i , ч				Потребление электрическ ой энергии, Вт·ч
		Утро	День	Веч ер	Ноч ь	Утр о 1 час	Ден ь 10 часо в	Вече р 4 часа	Ноч ь 8 часо в	
Телевизор	300	300	0	300	0	0,5	0	2	0	750
Видеомагнитофон	120	0	0	120	0	0	0	2	0	240
Компьютер	400	0	0	400	0	0	0	1	0	400
DVD-плеер	120	0	0	120	0	0	0	1	0	120
Аудио-плеер	100	100	0	100	0	1	0	1	0	200
Посудомойка	1400	0	0	1500	0	0	0	0,5	0	700
Стиральная машина	500	0	0	500	0	0	0	1	0	500
Электроплита	1500	1500	0	1500	0	0,3	0	0,5	0	1200
Микроволновая печь	1500	1500	0	0	0	0,2	0	0	0	300
Пылесос	1300	0	0	1300	0	0	0	1	0	1300
Факс-аппарат	100	100	0	0	100	0,1	0	0	0,1	20
Лампы накаливания	1000	1000	1000	1000	1000	1	0,5	3	1	5500
Люстра	400	400	0	400	0	0,3	0	2	0	920
Синтезатор	100	0	0	100	0	0	0	1	0	100
Электрочайник	2000	2000	0	2000	0	0,1	0	0,2	0	600
Утюг	1800	0	0	1800	0	0	0	0,5	0	900
Кофеварка	300	300	0	300	0	0,1	0	0,1	0	60
Миксер	200	0	0	200	0	0	0	0,1	0	20
Тостер	300	300	0	0	0	0,2	0	0	0	60
Фен	200	0	0	200	0	0	0	0,1	0	20
Телефонный аппарат	20	20	20	20	20	6	6	6	6	480
Сигнализация	20	0	20	0	0	0	6	0	0	120
Другие приборы	1000	1000	1000	1000	1000	0,5	0,5	0,5	0,5	2000
Система обогрева	300	300	300	300	300	2	2	2	2	2400
ИТОГО в пике Рп:	14980	8820	2340	13160	2420	12,3	15	25,5	9,6	18910

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

Таблица мощности и выработки энергии ВЭУ-3

Скорость ветра , м/с	3	4	5	6	7	8	9	10
Мгновенная мощность, Вт	60	200	400	700	1100	1700	2500	2900
Суточная выработка, кВт-час	1,4	4,8	9,6	16,8	26,4	40,8	60	69,6