

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Архитектурно-строительный институт  
Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Рецензент:

Заведующий кафедрой:

\_\_\_\_\_ А.Ю. Рыжков

\_\_\_\_\_ Г.А. Пикус

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

\_\_\_\_\_ Е.В. Саломин

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к выпускной квалификационной работе магистра на тему:

Обоснование применения ветроэлектрических установок в многоэтажном  
строительстве

ЮУрГУ- 080401-2019-119-ПЗ ВКР

Руководитель: Доцент

\_\_\_\_\_ А.И. Стуков

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Проверка по системе антиплагиат: \_\_\_\_\_%

\_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер:

Автор ВКР:

\_\_\_\_\_ А.И. Стуков

\_\_\_\_\_ А.С. Баранов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

г. Челябинск – 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(национальный исследовательский университет)

Институт \_\_\_\_\_ Архитектурно-строительный \_\_\_\_\_

Направление \_\_\_\_\_ 08.04.01 \_\_\_\_\_ Строительство \_\_\_\_\_

Магистерская программа \_\_\_\_\_ «Строительные технологии и механика сооружений» \_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ:**

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Пикус Г.А.

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2019 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выпускную квалификационную работу студента**

группы АСИЗ-393

Ф.И.О. \_\_\_\_\_ Баранова Артема Сергеевича \_\_\_\_\_

1. Тема работы \_\_\_\_\_ "Обоснование применения ветроэлектрических установок в многоэтажном  
строительстве" \_\_\_\_\_

утверждена приказом по университету от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом законченной работы \_\_\_\_\_ 12 января 2020 г. \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к работе \_\_\_\_\_ материалы научно-исследовательской работы и учебных,  
научно-исследовательских и производственных практик, рабочие чертежи проектов, научная,  
методическая и нормативно-техническая литература \_\_\_\_\_

#### 4. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

4.1. Введение (актуальность выбранной темы, цели и задачи работы, научная новизна и практическая ценность, характеристика достоверности и внедрения результатов, публикации по теме работы)	2-5 стр
4.2. Анализа состояния вопроса с постановкой задач исследований	10-15 стр
4.3. Патентный поиск	10-15 стр
4.4. Результаты выполненных исследований	15-25 стр
4.5. Экономическое обоснование	5-10 стр
4.6. Функционально-стоимостной анализ	5-10 стр.
4.7. Библиографический список	2-5 стр

#### 5. Иллюстративный материал (плакаты, альбомы, раздаточный материал, макеты, электронные носители и др.)

Слайды, демонстрируемые на экране с помощью проектора и распечатанные в качестве раздаточного материала. Общее количество иллюстраций 15-30 в листах формата А4

6. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_ 2 марта 2019 г.

Руководитель \_\_\_\_\_ доцент кафедры СПТС, Стуков Анатолий Иванович

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ Баранов Артем Сергеевич

#### 7. КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
1	Введение	16 марта 2018	
2	Раздел первый	20 ноября 2018	
3	Раздел второй	20 март 2019	
4	Раздел третий	20 июня 2019	
4	Раздел четвёртый	<b>17 ноября 2019</b>	
5	Выводы и иллюстративный материал	1 декабря 2019	
	Направление на рецензию	30 января 2019	
	Процентовки: В 15 <sup>00</sup> ауд. 507	<b>17 ноября 2019</b>	95%

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ (Пикус Г.А.)

Руководитель работы \_\_\_\_\_ (Стуков А.И.)

Студент \_\_\_\_\_ (Баранов А.С.)

## АННОТАЦИЯ

Баранов А.С. Обоснование применения ветроэлектрических установок в многоэтажном строительстве. – Челябинск: ЮУрГУ, СПТС; 2019, 66 с., 36 ил., библиогр. список – 55 наим.

В результате анализа существующего положения в ветроэнергетики в мире и Российской Федерации, применения малой ветроэнергетики в строительстве, реконструкции жилых и административных зданий выпускной квалификационной работой была определена целесообразность использования ветроэлектрических установок при многоэтажной застройки.

Определена возможность использования ветроэлектрических установок на кровле многоэтажных панельных жилых домов.

Был проведен расчёт конструкций жилого дома типовой 97-й серии от воздействия на них ветроэлектрической установки марки ВЭУ-3, согласно патенту RU 2 347 104 С2. 20.02.2009 г., авторы: Ю.В. Грахов, В.П. Кривоспицкий, В.И. Кривцов, В.Ф. Максимов, Е.В Соломин, Р. Холстед, Г. Дахлбакка.

Выполнено технико-экономическое обоснование использования ВЭУ-3 на кровле панельных многоэтажных жилых домов.

Проведён функционально-стоимостной анализ при выполнении которого были определены функции материальных носителей значимость которых не соответствуют реальным затратам на их реализацию. Выявлены причины дисбаланса и определены возможные пути их преодоления.

Перечень ключевых слов: энергосбережение, энергоэффективность, ресурсы, электроэнергия, ветроэлектрическая установка, типовая серия.

					080401-2019-119-ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обоснование применения ветроэлектрических установок в многоэтажном строительстве	Стадия	Лист	Листов
Зав. каф.	Пикус			01.20.		ВКР	3	66
Н. контр.	Стуков			01.20.		ЮУрГУ Кафедра СПТС		
Руковод.	Стуков			01.20.				
Консульт.				01.20.				
Разраб.	Баранов			01.20.				

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. РЕЗУЛЬТАТЫ ПАТЕНТНОГО ПОИСКА..	7
1.1 Основные положения.....	7
1.2 Виды ветроэнергетических установок.....	11
1.3 Возможное использования ветроэлектрических установок в жилищном строительстве.....	13
1.4 Примеры построенных зданий с ветроэлектрическими установками ...	15
1.5 Результаты патентного поиска .....	16
1.5.1 Справка об исследовании патентной литературы .....	16
1.5.2 Патентный поиск на тему «Ветроэнергетические установки» .....	16
1.6 Выводы по разделу 1 .....	27
2 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЁННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	29
2.1 Определение расчётной скорости ветра .....	29
2.2 Основные технические характеристики применяемой ветроэлектрической установки ВЭУ-3 .....	32
2.3 Расчёт воздействия ветроэлектрической установки ВЭУ-3 на конструкции панельного многоэтажного дома.....	34
2.4 Выводы по разделу 2 .....	43
3 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ .....	44
3.1 Расчёт сроков окупаемости.....	44
3.2 Выводы по разделу 3 .....	51
4 ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ.....	52
4.1 Функционально-стоимостной анализ .....	52
4.2 Выводы по разделу 4 .....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	60
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	62

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время важной и актуальной проблемой для нашей страны является рациональное использование энергоресурсов и снижение уровня энергопотребления. Единственным путем решения данной проблемы является использование передовых энергосберегающих технологий.

Энергосберегающие технологии, несмотря на то, что активно применяются в России, все равно находятся на начальном уровне, в целом не развиты, не используется комплексный подход к решению проблемы в целом. В Европейских странах, в США активное внедрение энергосберегающих технологий начинается после энергетического кризиса 1973г. На государственном уровне в большинстве стран вводятся меры тарифного, нормативного регулирования направленные на повышение энергоэффективности, принимаются законы.

В СССР, а позже в Российской Федерации потребность промышленности в энергоресурсах компенсировалось увеличением генерирующих мощностей, введением новых электрических станций, открытием новых месторождений природных ископаемых. Низкие тарифы на энергоносители способствовали расточительному использованию их. Сегодня в России, вследствие вышесказанного, появились серьезные проблемы в энергосбережении, появилось большое отставание от развитых стран в развитии энергоэффективных технологий.

В настоящее время в Российской Федерации стала формироваться законодательная база, без которой не возможна реализация задач энергосбережения. Основным законом в области энергосбережения является Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009. Этим законом устанавливаются минимальные требования к энергетической эффективности зданий и сооружений. Определяется комплекс мер рационального использования энергоресурсов.

Правительством Российской Федерации принята государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 г.», целью которой является экономия электрической энергии за период с 2011 г. по 2020 г. не менее 630 млрд. кВт\*ч [5].

Основные пути энергосбережения в России:

- фундаментальные исследования в области энергосберегающих технологий с учётом особенностей климата в стране, опираясь на зарубежный опыт;
- внедрение энергоэффективных технологий;
- стимулирование потребителей к рациональному использованию энергоресурсов;
- повышение энергетической эффективности зданий и сооружений;
- внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами;
- внедрение автоматизированных систем учёта.

Целью данной работы является повышение энергоэффективности зданий и сооружений в условиях городской застройки.

						080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			5

Задача работы - технико-экономическое обоснование использования ветро-электрических установок на кровлях многоэтажных зданий для повышения их энергоэффективности.

Объектом исследования является запатентованная ветроэлектрическая установка марки ВЭУ-3, согласно патенту RU 2 347 104 С2. 20.02.2009 г., авторы: Ю.В. Грахов, В.П. Кривоспицкий, В.И. Кривцов, В.Ф. Максимов, Е.В Соломин, Р. Холстед, Г. Дахлбакка.

Предмет исследования – установка ВЭУ-3 на кровлю панельных многоэтажных жилых домов.

В качестве основного метода исследования принят метод компьютерного моделирования. Построена конструктивно пространственная модель здания в программном комплексе ПК «МикроФЕ» 2012 с ветроэлектрической установкой, выполнены расчёты.

Ожидаемая научная новизна – синтез данных энергетики и строительства во взаимосвязи, а именно использование малой ветроэнергетики в условиях городской среды на кровле многоэтажных жилых домов.

Практическая значимость данной работы заключается в расширении функций и возможностей для реализации проекта цифровизации городского хозяйства «Умный город».

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. РЕЗУЛЬТАТЫ ПАТЕНТНОГО ПОИСКА

## 1.1 Основные положения

В современном мире человечество нуждается в энергии, причем потребности увеличиваются с каждым годом. Традиционные источники энергии, такие как нефть, уголь, газ и др., конечны. Запасы ядерного топлива (уран, торий) так же конечны. Считается неисчерпаемыми запасами термоядерное топливо – водород, но управляемые термоядерные реакции не освоены и неизвестно, когда они будут использованы для получения энергии в чистом виде на промышленном и бытовом уровне без участия в процессе получения энергии реакторов деления.

В обозримом будущем развитие энергетики в целом будет сдерживаться экологическими, ресурсными, социальными факторами, в свою очередь спрос на энергопотребление, связанный с развитием экономики и приростом населения будет постоянно расти. На сегодняшний день для стабильного развития человечества, есть два пути: строгая экономия исчерпаемых энергоресурсов для их сохранения и использование альтернативных, нетрадиционных, возобновляемых источников энергии. Вышеуказанное обуславливает широкомасштабное развитие альтернативной энергетики во всём мире.

Возобновляемые источники: энергия волн, в т.ч. акустических, энергия ветра, солнечная и геотермальная энергия. Все эти формы энергии неограниченны запасами планеты и их использование не ведет исчерпанию запасов, может использоваться неограниченно долго, пока существует человечество.

Ветер - движение воздуха относительно земной поверхности. Ветер имеет горизонтальную и вертикальную составляющие. Ветер характеризуется скоростью (м/с, км/ч, узлы) или силой (баллы по шкале Бофорта) и направлением — откуда дует ветер (румбы или градусы). Ветер является важнейшей характеристикой погоды. Ветер обуславливает перемещение и перемешивание воздуха, способствует теплообмену, обмену влагой и энергией между подстилающей поверхностью и атмосферой. Ветер оказывает влияние на сельское хозяйство, транспорт, коммунальное хозяйство [30].

Возобновляемая энергия существует в окружающей среде постоянно и не требует специальных затрат на свое высвобождение. По различным оценкам, суммарная кинетическая энергия ветрового потока в приземном слое Земли, оценивается в 19,6 ГВт [26].

Согласно предварительным статистическим данным, опубликованным WWEA, общая мощность всех ветряных турбин, установленных в мире к концу 2018 года, достигла 597 ГВт. 50100 Мегаватт были добавлены в 2018 году, что несколько меньше, чем в 2017 году, когда было установлено 52552 Мегаватт. 2018 год был вторым годом подряд с ростом числа новых установок, но с меньшими темпами в 9,1%, после роста на 10,8% в 2017 году. Все ветряные турбины, установленные к концу 2018 года, могут покрыть почти 6% глобального спроса на электроэнергию. Динамика роста установленной мощности ВЭУ в мире в период с 2013 по 2017 год показана на рисунке 1.1. 2018 год характеризовался в основном



новой динамикой: в то время как европейские ветровые рынки находились в упадке, большинство европейских стран демонстрировали слабое развитие, включая Германию, Испанию, Францию и Италию. В то же время устойчивый или даже более сильный рост наблюдался в таких странах, как Китай, Индия, Бразилия и на многих других азиатских рынках, а также в некоторых африканских странах.

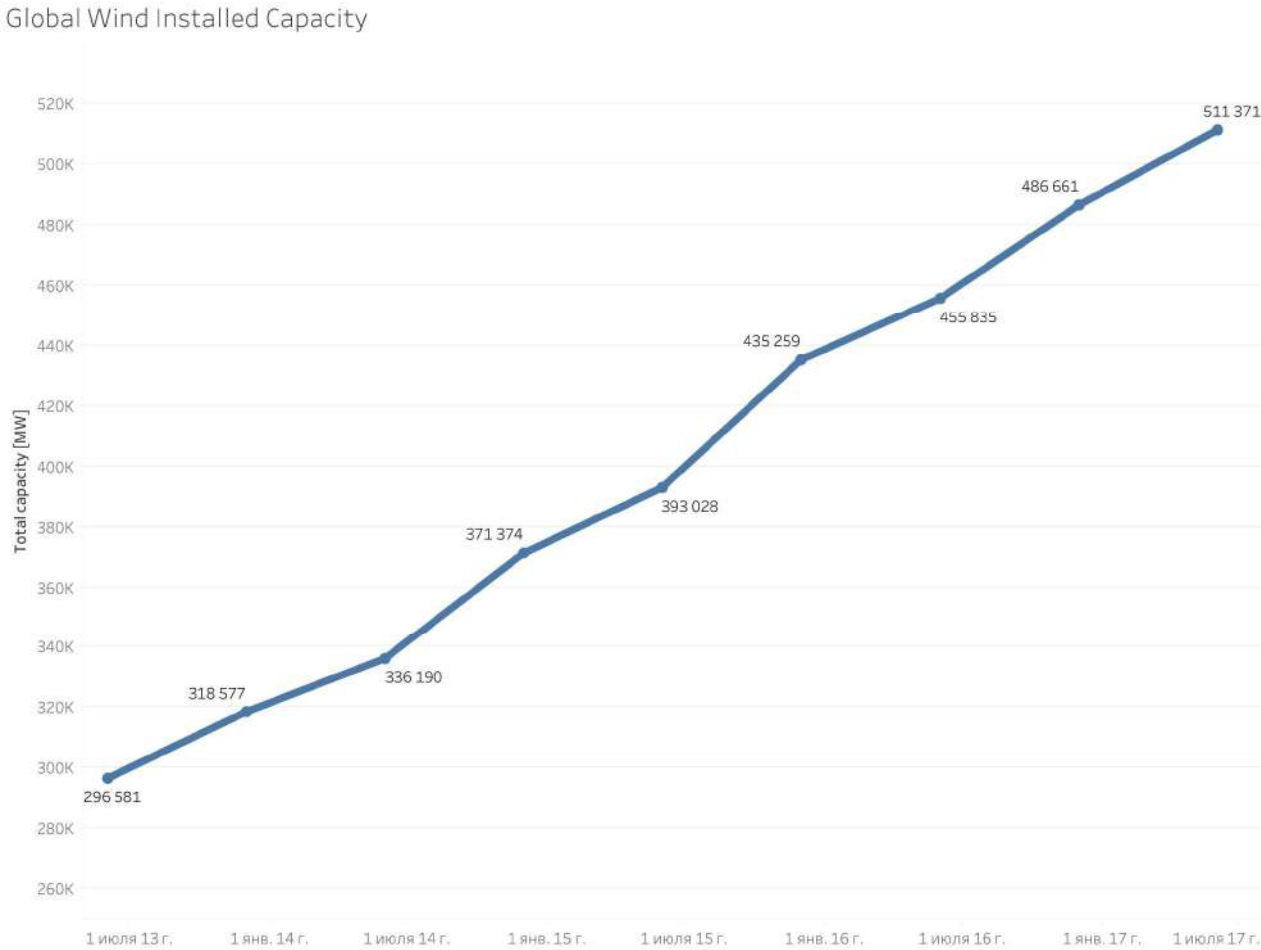


Рисунок 1.1 - Установленная мощность ветроэнергетических установок в мире в период с 2013 по 2017 г.г. [44]

Крупнейший рынок ветроэнергетики в Китае установил дополнительную мощность в 21 ГВт и стал первой страной с установленной мощностью ветроэнергетики более 200 ГВт. После 2017 года, в котором был установлен сравнительно небольшой прирост в 19 Гигаватт, этот путь роста изменился. Китай продолжает оставаться бесспорным лидером в мире в области ветроэнергетики, его суммарная мощность составляет 217 ГВт.

На втором по величине рынке США выросли новые мощности с 6,7 гигаваат в 2017 году до 7,6 гигаваат в 2018 году, несмотря на менее амбициозные национальные климатические и энергетические цели. Это позитивное развитие, безусловно, является не только результатом экономики ветроэнергетики, но также сильной и всесторонней поддержки на государственном и муниципальном уровне.

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

не. Вскоре США станут второй страной после Китая, которая достигнет установленной мощности более 100 гигаватт.

Из ведущих рынков США (добавлено 7,6 ГВт, достигнув 96 ГВт), Германия (3,1 ГВт, в целом 59 ГВт), Индия (2,1 ГВт \*, 35 ГВт \*). Соединенное Королевство (2,9 Гигаваатт, 20,7 ГВт), Бразилия (1,7 ГВт, \* 14,5 ГВт \*) и Франция (1,5 ГВт, 15,3 ГВт) все отметили существенное рост, хотя в некоторых случаях значительно выше, в других значительно ниже, чем в предыдущем году.

Лидерами по темпам роста использования ВЭУ являются: Пакистан -130,9%, Финляндия – прирост 53,1%, Чили – 52,6%. Прирост в России составляет 0,0% [44]. Ведущие страны по приросту установленной мощности ВЭУ показаны на рисунке 1.2.

Top 16 countries/regions by installed capacity

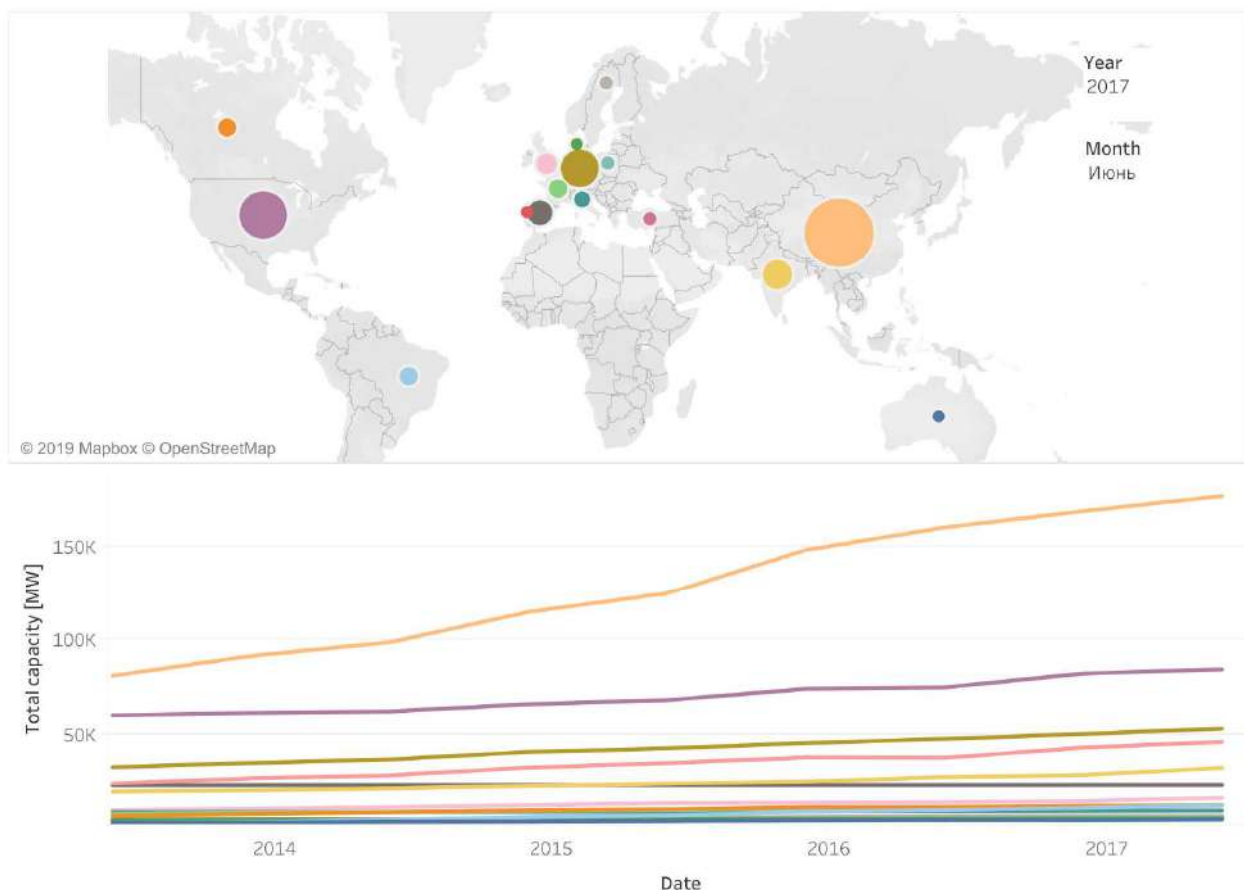


Рисунок 1.2 - Прирост установленной мощности по континентам в период с 2014 по 2017 г.г.[44]

Средняя годовая скорость ветра над территорией России изменяется от 2 м/с и менее во внутриконтинентальных районах Азиатской части России до 9 м/с над акваторией Охотского моря.

В течении года режим ветра над РФ заметно изменяется, формируется годовой ход средней месячной скорости ветра для районов РФ. Помимо этого существует суточный ход скорости ветра. Скорость ветра днем у поверхности земли увеличивается из-за усиления турбулентного обмена между нижними и более высокими слоями атмосферы, ночью уменьшается. Зимой суточный ход скорости ветра выражен менее, чем летом.

Наиболее перспективными для развития ветроэнергетики являются территории прилегающие к побережьям морей (северных и дальневосточных, Азовского моря, Чёрного моря), предгорья Северного Кавказа [20]. Ветровой режим над территорией России показан на рисунке 1.3

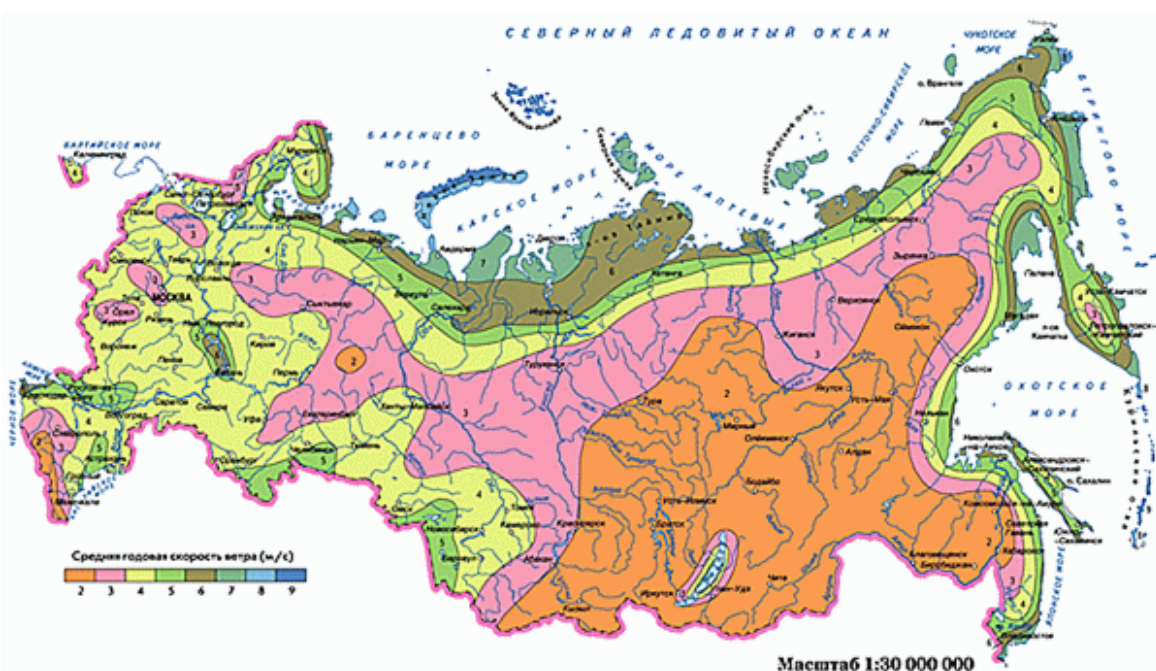


Рисунок 1.3 – Ветровой режим над территорией РФ [20]

Климатические параметры холодного периода года для Челябинской области [15, с.24] приведены в таблице 1.

Таблица 1- Климатические параметры холодного периода года для Челябинской области

Населённый пункт	Преобладающее направление ветра за декабрь - февраль	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$
Верхнеуральск	Ю-З	-	3,1
Нязепетровск	Ю-З	-	2,7
Челябинск	Ю-З	4,5	3,0

Климатические параметры тёплого периода года для Челябинской области [15, с.46] приведены в таблице 2.

Таблица 2- Климатические параметры тёплого периода года для Челябинской области

Населённый пункт	Преобладающее направление ветра за июнь - август	Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с
Верхнеуральск	Ю-З	-
Нязепетровск	З	-
Челябинск	С-З	3,2

## 1.2 Виды ветроэнергетических установок

Ветроэлектрическая установка – комплекс различного оборудования, взаимосвязанного между собой, предназначенного для преобразования энергии ветра сначала в механическую энергию ветротурбины, с последующим преобразованием в электрическую энергию.

Классифицировать ВЭУ можно по следующим признакам:

Соотношение мощностей ВЭУ и энергосистемы;

Тип ветротурбины;

Тип генератора с преобразователями.

В свою очередь ветротурбины можно классифицировать по количеству лопастей, по применяемым материалам, по оси вращения, шагу винта.

Генераторы: по току, напряжению, мощности, частоте.

Наиболее распространёнными конструкциями в настоящее время являются:

- вертикально-осевые (рисунок 1.5);

- горизонтально-осевые (рисунок 1.4).

К вертикально осевым можно отнести ветротурбины с ротором «Савониуса», коэффициент быстроходности которых равен 1, т.е. линейная скорость лопастей не может превосходить скорости ветра. КПД такой установки не превышает 18%. Ветротурбины с ротором «Горлова» и с ротором «Дарье» с коэффициентами быстроходности 3 и выше и КПД порядка 38-40%. К наиболее привлекательным с технической и экономической точек зрения можно отнести модернизированные ветротурбины с ротором типа «Дарье» с четырьмя и шестью лопастями. [37]

Оба типа ВЭУ имеют одинаковое КПД, но наибольшее распространение получили горизонтально-осевые генераторы. Данный тип установок является традиционным и известен давно, например ветряные мельницы [29]. У ветроэнергетических установок горизонтально-осевого типа есть основной недостаток – установке необходимо время что бы развернуть лопасти у потоку ветра, направление которого меняется постоянно, каждую секунду, что влияет на эффективности установки [33].

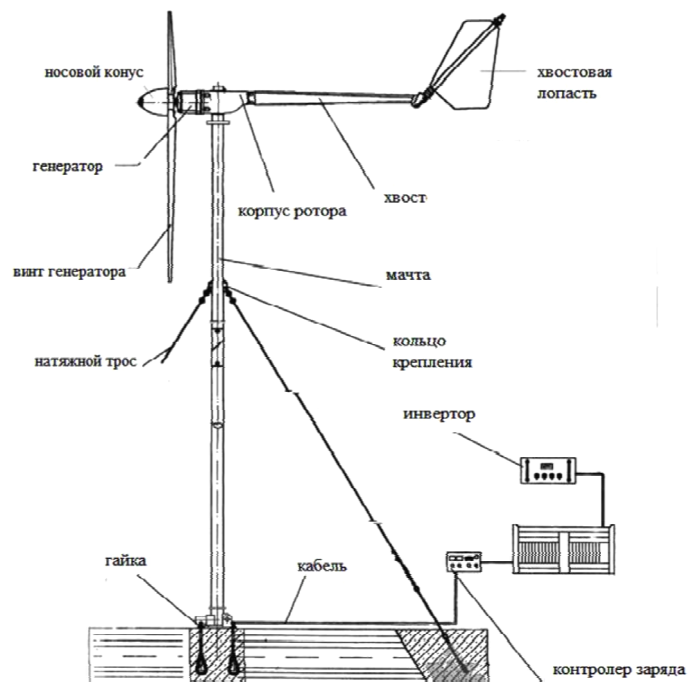


Рисунок 1.4 - Горизонтально-осевая ветроэнергетическая установка

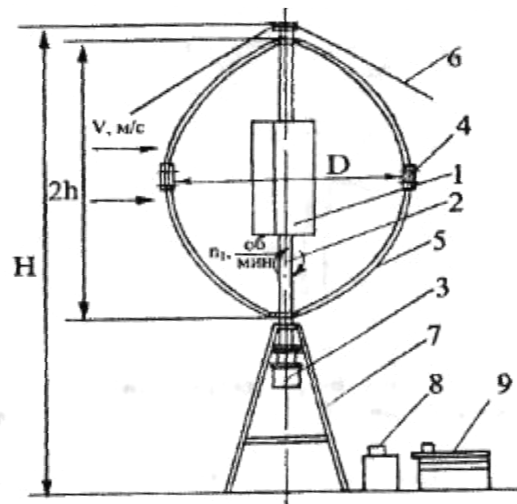


Рисунок 1.5 - Вертикально-осевая ветроэнергетическая установка: 1- стартер; 2 - вал; 3 -электрогенератор; 4 - тормозное устройство; 5 - рабочая полая; 6 - растяжки; 7 - рама; 8 - преобразователь напряжения; 9 - аккумулятор

Ветроэнергетические установки с номинальной мощностью до 100 кВт относятся к малой ветроэнергетике и применяются для снабжения электричеством отдельно стоящих зданий.

В современных реалиях себестоимость электроэнергии не составляет сколь угодно значимую величину по отношению к другим затратам и основными факторами потребления электрической энергии является надёжность электроснабжения.

Использование малых ветроэнергетических установок считается малоцелесообразно из-за:

- высокой стоимости преобразователей;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

080401-2019-119-ПЗ

Лист

12

- необходимости использования дорогих аккумуляторных батарей;
- в некоторых случаях, дополнительного использования генераторных установок на других видах топлива (газ, дизельное топливо и т.п.).

При использовании ветроэнергетических установок совместно с источниками электрической энергии энергоснабжающих организаций с установкой устройств автоматического ввода резерва (АВР), факторы влияющие на себестоимость вырабатываемой электрической энергии ветроэнергетическими установками сводятся к минимуму. Дополнительно, для снижения себестоимости, возможно использование нестабильных альтернативных источников электрической энергии, например таких как солнечные батареи. При грамотном построении энергосистемы микрорайонов, города в целом, возможна выдача мощности от ветроэнергетических установок в энергосеть города, это приведет к сглаживанию суточных графиков нагрузки, что является задачей энергетики в целом.

Сегодня на рынке малой ветроэнергетики представлены ветроэлектрические установки выпускаемые серийно с номинальной мощностью от 0,5 до 15 кВт. Стартовая скорость ветра составляет 2,5 м/с, рабочие скорости ветра 3-20 м/с, номинальные скорости ветра, при которых ветроэлектрические установки начинают вырабатывать свою номинальную мощность 5-8 м/с.

### 1.3 Возможное использования ветроэлектрических установок в жилищном строительстве

В соответствии с законодательством РФ при новом строительстве, реконструкции или капитальном ремонте не допускается ввод в эксплуатацию зданий, строений и сооружений не соответствующим требованиям энергетической эффективности. Застройщики обязаны обеспечить данные требования путём выбора оптимальных архитектурных, конструктивных, функционально-технологических, инженерно-технических решений [2, ст.11, п.6, п.7].

В целях повышения уровня энергетической эффективности и энергосбережения собственники должны проводить мероприятия по энергосбережению и повышению уровня энергоэффективности в отношении общего имущества, а организация, осуществляющая снабжение энергетическими ресурсами, должна не реже одного раза в год предлагать эти мероприятия [2, ст.12, п.4, п.5].

Для определения уровня энергетической эффективности многоквартирных жилых домов предусмотрены классы энергетической эффективности [3]. Классы энергетической эффективности многоквартирных домов определяются в том числе исходя из: инженерно-технических решений, реализованных в здании; удельного годового расхода на электроснабжение в части расхода электрической энергии на общедомовые нужды [4].

В качестве мероприятий по повышению уровня энергетической эффективности зданий, в качестве инженерно-технических решений, может быть предложена установка ветроэлектрических станций, вырабатываемая ими электрическая энергия должна быть направлена на покрытие общедомовых нужд здания, излишки выданы в сеть, либо на электроснабжение субабонентов.

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
						13
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

С точки зрения надёжности электроснабжения ветроэлектрические установки можно применять для питания электроприёмников III категории надёжности по электроснабжению, а так же для питания электроприёмников II категории надёжности по электроснабжению при условии резервирования их вторым независимым источником питания [16, 17]. А так же допустимо питание электроприёмников I категории надёжности по электроснабжению как третий независимый источник питания, либо второй резервный, либо основной при соблюдении требований, указанных в [1, 11].

Ветроэлектрические установки малой ветроэнергетики в жилищном строительстве можно применять, в первую очередь, для электроснабжения общедомовых нужд: освещение подъездов, технических помещений, придомовой территории, подогрев воды в системах горячего водоснабжения, отопления, питание слаботочных устройств, таких как домофоны, активное оборудование сетей связи, сигнализация и т.п. При выполнении автоматического резервирования, как основной источник питания систем противопожарной защиты, например питание аварийных светильников со встроенными источниками бесперебойного питания и резервным питанием от энергосистемы энергоснабжающих организаций.

Во вторую очередь, энергоэффективные электроприёмники жилых квартир, такие как освещение на светодиодных лампах, слаботочные устройства, различные счётчики, сигнализация и т.п.

В третью очередь, электроснабжение не ответственных субабонентов.

При новом строительстве, а также при реконструкции и капитальном ремонте жилых зданий возможны следующие варианты ветроэлектрической установки:

- установка ветроэлектрической установки на кровлю зданий на специально разработанные мачты;
- установка навесных систем с ветроэлектрической установкой на глухие фасады зданий;
- установка систем с ветроэлектрической установкой на воздушные мосты между зданиями;
- применение аэродинамических конструкций, тоннелей на технических этажах зданий с последующей установкой в них ветроэлектрических установок, с возможностью использования вентиляционных систем здания;
- при новом строительстве, применение архитектурно-планировочных решений для создания естественного движения потоков воздушных масс.

В отношении влияния на окружающую среду у ветроэлектрической установки есть недостатки, такие как вибрационные колебания, генерируемые компонентами установки под действием инерционных сил и моментов. Опасны резонансы возмущающих силовых воздействий и собственных колебаний установки, возникающие при дисбалансе ротора [35]. В связи с этим возникает необходимость располагать ветроэлектрические установки на расстоянии от жилых и административных зданий, либо применять установки с пониженными вибрационными характеристиками.

Использование ветроэлектрических установок на зданиях и сооружениях позволит:

- сэкономить площади земель;
- сократить потери в линиях электропередач;
- сократить выбросы вредных веществ в атмосферу.

При установке ветроэлектрических генераторов на высотных зданиях появляется возможность естественным способом увеличить скорость воздушных потоков (при подъёме на 10м скорость ветра увеличивается на 10%). Избавиться от дорогостоящих конструкций позволяющих установить ветроэлектрические установки на высоте [39].

#### 1.4 Примеры построенных зданий с ветроэлектрическими установками

Strata SE1 (рисунок 1.6) – жилой 408 квартирный дом на юге Лондона в районе Southwark. В верхней части здания расположено три ВЭУ по 19 кВт каждая, расчётная мощность турбин составляет 8% от расчётной мощности здания [43].

Bahrain World Trade Center (рисунок 1.7) – комплекс двойных башен, расположенных в Манаме, Бахрейн. В комплекс зданий входят сотни апартаментов, парковка на 1700 машиномест. Между зданиями выполнены воздушные мосты на которые установлены ВЭУ мощностью 225 кВт каждая, что составляет 15% от расчётной мощности всего комплекса зданий [42].



Рисунок 1.6 - Strata SE1 [43]





Рисунок 1.7 - Bahrain World Trade Center [42]

## 1.5 Результаты патентного поиска

### 1.5.1 Справка об исследовании патентной литературы

Наименование объекта поиска (тема):

Ветроэнергетические установки;

Виброизоляция при креплении ветроэнергетической установки;

Анкерное крепление ветроэнергетической установки;

Утеплители применяемые при изготовлении ограждающих конструкций;

Аккумуляторные батареи для накопления выработанной энергии.

Область поиска: Ветроэнергетика, строительство, электротехника.

Глубина и страны: Рефераты российских изобретений; заявки на российские изобретения; перспективные российские изобретения.

Что и за какой период просмотрено: Электронная база данных - <http://www1.fips.ru>, 1994-2018 г.г.

### 1.5.2 Патентный поиск на тему «Ветроэнергетические установки»

Патент RU 2 649 166 С1. Модульное ветроколесо (рисунок 1.8) [45].

Предлагается устройство состоящее из модульного ветроколеса, содержащего дугообразные лопасти, которые расположены вокруг оси вращения колеса. Ветроколесо выполнено с возможностью установки на опору.

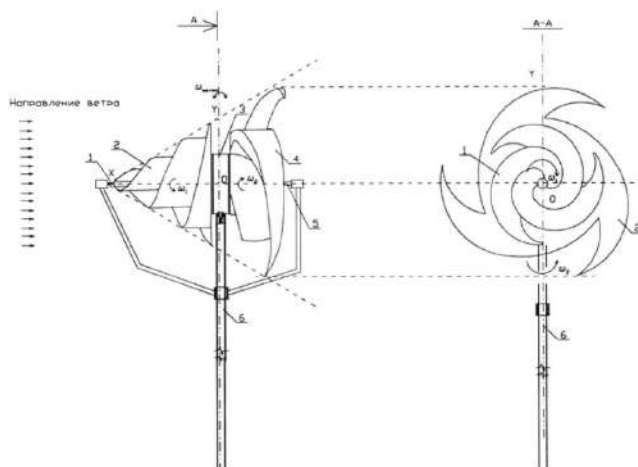
Задачей данного изобретения является повышение КПД при преобразовании кинетической энергии ветра в механическую энергию вращения.

Прототипом данного изобретения является универсальный ротор Оникко (патент РФ №2550718, авторы Оникко А.Ф., Василенко С.Н., Оникко А.А.). Прототип имеет низкий коэффициент использования энергии ветра.

Технический результат заявленного изобретения - повышение коэффициента использования энергии ветра, увеличение продольной составляющей скорости набегающего воздушного потока за счет самоориентации модульного ветроколеса в набегающем воздушном потоке.

Данное изобретение является одним из многочисленных вариантов горизонтально-осевой ветроэнергетической установки, основным достоинством которого является отсутствие больших лопастей и хвостового оперения. Недостатки: сложность изготовления модулей, возможно большой вес при изготовлении из металлов, сложность в балансировке.

Противоречия строительным нормам, связанным с техническим решением по патенту не выявлены.



Фиг. 1

Рисунок 1.8 – Модульное ветроколесо. 1- передний вал; 2 – передний модуль; 3 -электрогенератор; 4 – задний модуль; 5 – задний вал; 6 – опора [45]

Патент RU 176074 U1. Энергетический модуль с использованием ветровой и солнечной энергии (рисунок 1.9) [46].

Предлагается устройство состоящее из ветроэнергетической установки ортогонального типа с расположенной над ним солнечной панелью. Модуль автономен, имеет аккумулятор и контроллер, позволяющий обеспечить оптимальный ток заряда от обоих источников питания.

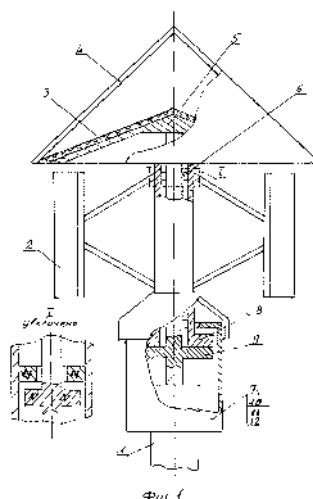


Рисунок 1.9 – Энергетический модуль. 1- стойка с вертикальной осью; 2 – ротор; 3 – солнечная панель; 4 – прозрачная оболочка; 5 – неподвижная площадка; 6 – пассивный магнитный подшипник; 7 – отсек для: 8 – ротор генератора; 9 – статор генератора; 10 – аккумулятор; 11 – контроллер; 12 – разъём [46]

В качестве прототипа принята энергетическая установка по использованию ветровой и солнечной энергии (патент РФ № 2347942). Недостатком которого является ненадёжная работа в зимнее время года при низких температурах.

Цель изобретения повысить надёжность работы аналогичных конструкций в зимнее время года. Для этого применены оригинальные конструктивные решения основных узлов конструкции.

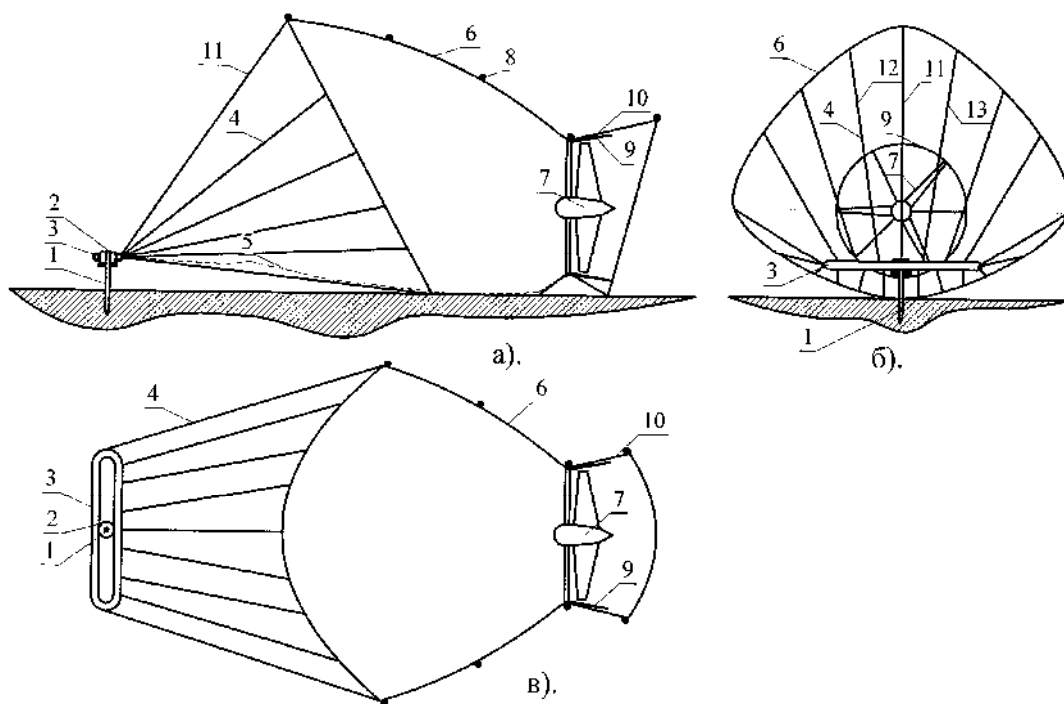
Данное изобретение является одним из вариантов вертикально-осевого ветрогенератора, основным достоинством которого является комбинированное использование второго альтернативного источника питания, что повышает КПД установки при низких скоростях ветра. Недостатками является: небольшая мощность вырабатываемой электрической энергии, порядка 0,1...0,3кВт, невозможность ориентации солнечной батареи в пространстве относительно солнца.

Противоречия строительным нормам, связанным с техническим решением по патенту не выявлены.

Патент RU 2 348831 С2. Способ и устройство системы Волкова для производства энергии методом «Парашютного захвата» (рисунок 1.10) [47].

Суть изобретения заключается в том, что вращение ветроэнергетической установки осуществляется за счёт ветряных потоков захваченных с помощью установленной на поворотной оси системы концентратор-диффузор, образующей в продольном сечении сопло Лаваля, в узкой части которого установлено ветроколесо.

Прототипом является способ усиления ветрового потока, разработанный советскими изобретателями Н. Красногубом и В. Луценко (А.с. СССР №1020623, 1983 г). Предложенный способ Н. Красногубом и В. Луценко снижает надёжность конструкции и влечёт за собой повышение стоимости ветроэнергетической установки.



Фиг.1

Рисунок 1.10 – Ветроэнергетическая установка. 1- якорь; 2 – поворотная втулка; 3 – держатель; 4 – стропы; 5 – трос-кабель; 6 – купол; 7 – ветроколесо; 8 – каркасные кольца; 9 – каркасная рама; 10 – диффузор [47]

Целью изобретения является повышение эффективности использования и расширение технических возможностей за счет значительного увеличения площади захвата ветрового потока. Так же целью изобретения является значительное снижение стоимости ветростанций за счет снижения затрат на строительство парашютного захвата и диффузора, за счет меньшего диаметра ветроколес, а так же снижения затрат при установке и эксплуатации ветростанции. Кроме того, целью изобретения является повышение надежности ветростанции за счет регулирования положения парашюта, способного укрыть турбины во время очень сильного ветра, а так же увеличение мощности ветростанции, снижение ее веса, улучшение режима регулирования генераторов, т.е. за счет применения в устройстве многоступенчатой турбины и многоступенчатого генератора. Захваченный ветровой поток на вводе его в турбину и выводе из нее проходит сквозь сопло с профилем Лаваля, что позволяет более полно использовать ветровую энергию.

Данное изобретение возможно применить на кровлях зданий при повышении энергоэффективности в момент нового строительства либо реконструкции. Достоинством данной конструкции является то, что ветроэнергетическую установку можно ориентировать по набегающим потокам воздуха не только в горизонтальной плоскости, но и вертикальной. В зависимости от размеров «Парашютного захвата» возможно направление большего количества воздушных потоков воздуха на ветроэнергетическую установку с ветроколесом меньшей площади, чем у аналогичных установок без «Парашютного захвата», что позволяет увеличить ско-

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

рость направляемого воздушного потока, а следовательно и мощность ветроэнергетической установки. Недостатками является: большая площадь для размещения установки, сложность конструкции «Паращютного захвата», невозможность работы при низких скоростях ветра, невозможность работы при атмосферных осадках, особенно при низких температурах.

Патент RU 131 095 U1. Энергетическая установка ветрогенератора (рисунок 1.11) [48].

Патентом предусмотрена установка с двумя генераторами разной мощности установленных на одном валу. Установка подразумевает использование по отдельности или вместе генераторов зависимости от скорости ветра.

Прототип - силовой ветроагрегат (патент РФ №2006662). Недостатками которого являются: наличие тяжелого маховика, для раскрутки которого требуется значительная скорость ветра и немалый крутящий момент; невозможность управлять работой генераторов в зависимости от скорости ветра.

Технической задачей полезной модели является усовершенствование конструкции установки с целью получения возможности управлять работой генераторов в зависимости от скорости ветра. Для этого генераторы были расположены на одной оси с ветродвигателем и соединены между собой центробежным сцеплением с механическим переключателем, это позволило эффективно использовать энергию ветра в широком диапазоне скоростей.

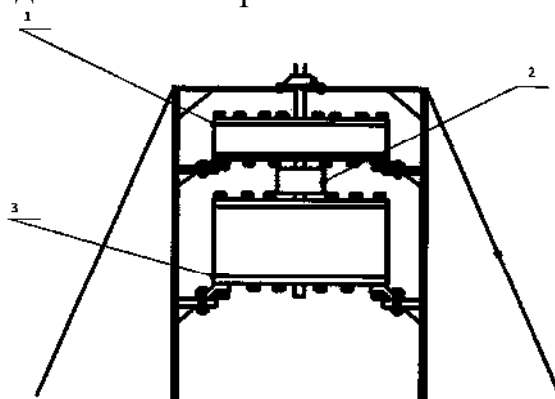


Рисунок 1.11 – Энергетическая установка. 1- тихоходный генератор; 2 – центробежное сцепление с механическим переключателем работы генераторов, настроенное на разные диапазоны скорости ветра; 3 –высокооборотистый генератор [48]

Основными достоинствами данной конструкции является: возможность использования генераторов разной мощности при различных скоростях ветра, что позволяет снизить стартовую скорость ветра до значений 1,5...2 м/с. Так же данную систему можно применить в ветроэлектрических установках с горизонтальной и вертикальной ориентацией. Недостатком представленной конструкции является сложный механизм сцепления валов генераторов.

Противоречия строительным нормам, связанным с техническим решением по патенту не выявлены.

Патент RU 2 484 295 С2. Вантовая ветроэнергетическая установка (рисунок 1.12) [49].

Смысл данного изобретения заключается в том, что ветрогенератор вертикального типа верхним концом подвешивается к любой конструкции, нижним жёстко закреплён к основанию, например фундаменту. Подвес является осью вращения ветроэнергетической установки. Изобретение обеспечивает упрощение конструкции и эксплуатации, сокращает занимаемое пространство.

Прототипом является ветроэнергетическая установка (патент РФ №1550207), в которой используют подъемный аэростат, связанный с землей при помощи троса, на котором установлены ветродвигатели, совмещенные с электрогенераторами и соединенные с потребителями спускающимся по тросу кабелем. Недостатками прототипа является: сложность реализации технических решений; снижение КПД из-за использования опорно-поворотных устройств подвеса и крепления при связи с элементами подвеса и землей.

Задачей данного изобретения является упрощение конструкции установки, её эксплуатации, сокращение занимаемого пространства, универсальность.

Изобретение возможно применить в разноуровневых зданиях с креплением сверху к специально предусмотренной консольной балке и снизу к кровле здания находящегося уровнем ниже. Данное изобретение возможно применить в пролётах между зданиями. Достоинством данной конструкции является: незначительная площадь для крепления, не требуются оттяжки, подкосы и т.п., при размещении на высоте пространство под установкой, возможно, использовать под другие цели, например установка контейнера с аккумуляторами, контроллерами. К недостаткам можно отнести: сложность конструкции, доступность обслуживания.

Противоречия строительным нормам, связанным с техническим решением по патенту не выявлены.

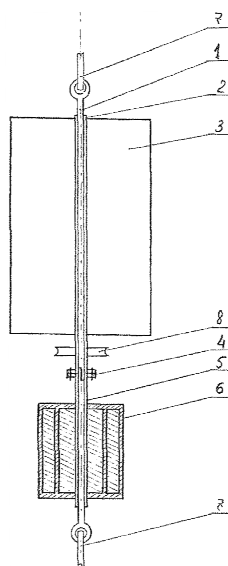


Рисунок 1.12 - Вантовая ветроэнергетическая установка. 1- ось; 2 – трубчатый вал; 3 – рабочие лопасти; 4 – муфта; 5 – трубчатый вал; 6 – электрогенератор; 7 – фиксатор; 8 – устройство отбора мощности [49]

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

Патент RU 2 369 772 С2. Выработка электроэнергии с размещением ветрогенератора в вертикальном вытяжном воздушном канале в конструкции жилого здания (рисунок 1.13) [50].

Согласно данного изобретения, генератор размещают в вертикальной вытяжной шахте, вмонтированную в здание, обеспечивают доступ воздуха с низу к шахте и создают разрежение в верху шахты посредством флюгерной насадки, тем самым создают движение воздуха.

Предлагаемый принцип, по заявлению автора, в корне отличается от существующих типов выработки электрической энергии ветроэнергетическими установками и является принципиально новым.

Данное изобретение возможно применить в высотных зданиях с шахтами, например вертикальные вентиляционные каналы, лифтовые шахты, специально предусмотренные шахты. При соответствующих обоснованиях изобретение может повысить уровень энергоэффективности здания. Недостатки: сложность создания требуемого полного давления воздуха в шахте, что приводит к уменьшению мощности ветроэнергетической установки, при использовании вентиляционных каналов, создаёт дополнительное сопротивление в вентиляционной системе, соответственно отрицательную работу на преодоление этого сопротивления. Удорожание стоимости здания при сооружении специальных шахт, потеря полезной площади здания.

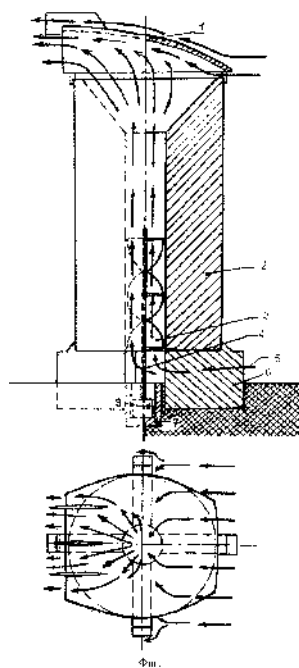


Рисунок 1.13 – Ветроэнергетическая установка в вертикальном воздушном канале. 1- флюгерная насадка; 2 – корпус здания; 3 – винтовая турбина; 4 – вал турбины; 5 – направление движения воздуха; 6 – опора здания; 7 – фундамент генератора; 8 – генератор [50]

Основным противоречием строительным нормам, будет являться ограничение распространения пожара на объектах защиты конкретных зданий в зависимости от их класса функциональной пожарной опасности [1, 10].

Патент RU 2 347 104 С2. Ротор ветряной установки с вертикальной осью вращения (варианты) (рисунок 1.14) [51].

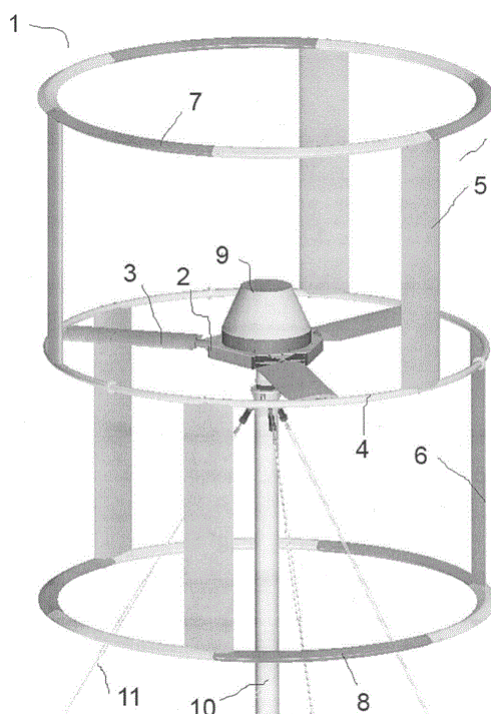
Изобретение относится к ветряным установкам с вертикальной осью вращения.

Прототипом является американское изобретение (US 6974309 от 13.12.2005). Прототип представляет из себя одноярусную компоновку турбины с вертикальной осью вращения, в которой к центральному валу крепятся горизонтальные лопасти-обтекатели, по две на каждую основную лопасть, которые к ним крепятся. Основным недостатком прототипа является плохая аэродинамическая компоновка ротора, что не позволяет использовать энергию ветра с коэффициентом более чем 0,3.

Целью изобретения является повышение коэффициента использования энергии ветра до 37%, обеспечение возможности самораскрутки ротора и ограничение скорости вращения при сильном ветре, снижение шума от работы установки, создание простой в изготовлении и недорогой ветряной установки с малыми эксплуатационными затратами, способной по прочности выдерживать ураганный ветер до 45-60 м/с. Достижение цели выполняется за счёт иной аэродинамической компоновки ротора

Данное изобретение может быть применено в жилищном строительстве.

Противоречия строительным нормам, связанным с техническим решением по патенту не выявлены.



Фиг. 1

Рисунок 1.14 – Ротор ветряной установки с вертикальной осью вращения. 1- ротор; 2 – ступица; 3 – аэродинамический обтекатель; 4 – силовое кольцо; 5 – лопасти; 6 – лопасти; 7 – силовое кольцо; 8 – силовое кольцо; 9 – кожух; 10 – мачта; 11 – растяжки. [51]

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

080401-2019-119-ПЗ

Лист

23

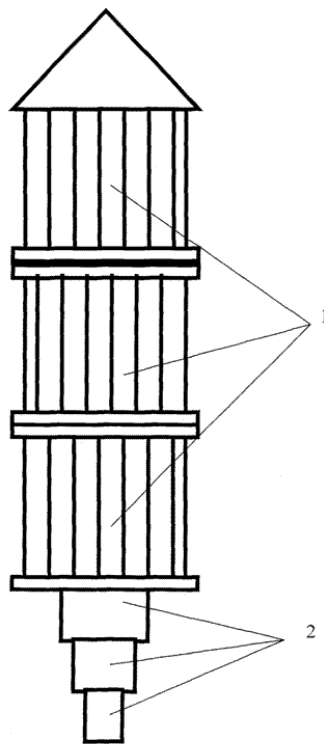


Патент RU 2 476 718 С2. Воздушно-электрическая установка (рисунок 1.15) [52].

Воздушно-электрическая установка состоит из генератора с вертикальной осью вращения модулей вертикальной сборки. В установку введены ведущие валы ветротурбины с ведущими катками. Ведущие катки через редуктор соединены с электрогенератором. Электрогенератор через систему управления соединен с нагрузкой.

Наиболее близким по технической сущности является ветроэнергетическая установка (патент RU №2390654), содержащая роторный генератор с вертикальной осью вращения. Он выполнен в виде модуля с возможностью вертикальной сборки модулей. Недостатки конструкции прототипа автором не указаны.

Задачей изобретения является создание устройства для производства электроэнергии, использующего естественные и искусственные потоки воздуха на разных уровнях.



Фиг.1

Рисунок 1.15 – Воздушно-электрическая установка. 1- модули лопастей ветротурбины; 2 – ведущие валы ветротурбины [52]

Изобретение относится ветроэнергетическим установкам с вертикальной осью вращения. Достоинством данного изобретения является то, что можно использовать различные потоки воздуха, например естественное движение ветра и воздушные потоки от действия приточно-вытяжной вентиляции. Данное изобретение может быть применено в жилищном строительстве.

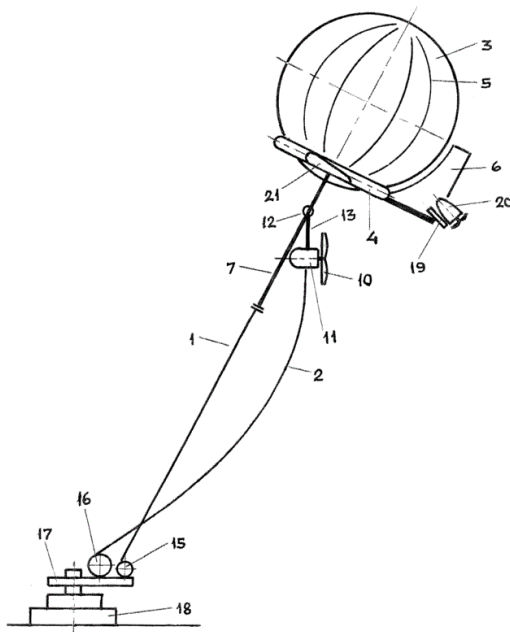
Противоречия строительным нормам, связанным с техническим решением по патенту не выявлены.

										Лист
										24
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Патент RU 2 662 101 С1. Аэростат ветроэнергетический (рисунок 1.16) [53].

Применяется для генерации энергии ветра в электроэнергию промышленных мощностей, достигаемых на высоте скоростных слоев атмосферы.

Настоящее энергетическое устройство относится к ветряным установкам, радиально-лопастная турбина которых имеет ось вращения, совпадающую с направлением ветра.



Фиг. 1

Рисунок 1.16 – Аэростат ветроэнергетический. 1- трос; 2 – трос-кабель; 3 – аэростатная оболочка, 4 – крепежная база; 5 – меридианные ленты; 6 - кронштейны с флюгерами; 7 – рама; 10 – турбина; 11 – генератор в гондоле; 12 – втулка; 13 – стойка; 15 – лебёдка; 16 – кабельная бухта; 17 – поворотная платформа; 18 – бетонная тумба; 19 – полка; 20 – электрический авиадвигатель; 21 – крылья аэродинамического профиля [53]

Близкое техническое решение в использовании аэростата применено в высотной ветроэнергетической установке (патент RU №2576103).

Целью изобретения является усиление жесткости и прочности узла подвески к аэростату ветросилового блока из подветренной радиально-лопастной турбины, чья ось вращения совпадает с направлением ветра, мультипликатора и генератора, являющегося для достижения ветряной генерации промышленной мощности наиболее массивным элементом воздухоплавательного модуля, поднятого до уровня скоростных атмосферных потоков, в частном случае - уменьшение площади территории под пространством воздухоплавания аэростата ветроэнергетического, что относится к производственной зоне повышенной опасности. Поставленная цель достигается тем, что массивный ветросиловой блок промышленной мощности с подветренной радиально-лопастной турбиной, мультипликатором и генератором в корпусе гондолы раскачивается под аэростатом так, что сохраняет постоянство эффективной ориентации оси вращения турбины на ветер.

Достоинством данной конструкции является то, что ветрогенератор можно поднять на большие высоты, где гарантирован постоянный поток ветра. Основными недостатками является: то, что данную конструкцию невозможно использовать при уплотнённой застройке, т.к. возможны столкновения установок различных зданий; для обслуживания данной установки требуется стартовая площадка; необходимость соблюдения законодательства связанного с полётами воздушных судов и устройств.

Патент RU 2 522 126 С1. Флажковый ветрогенератор (рисунок 1.17) [54].

Изобретение относится к области ветроэнергетики. Флажковая ветроэнергетическая установка содержит ветроприемник, выполненный в виде струн, расположенных в ветровом потоке между стойками, преобразователь колебаний струн в полезную энергию. Струны, натянутые между стойками, содержат навешанные на них полотнища в виде флажков, так что они делят струну между стойками на равные половины. Преобразователь энергии колебаний в полезную энергию установлен между центром струн и точкой поверхности, на которой расположены стойки для их крепления, являющейся проекцией центра струн на указанную поверхность.

В качестве прототипа принят безлопастной преобразователь ветрового потока в электрическую энергию (патент RU №2244850). Прототип содержит ветроприемник, выполненный из струн-проводников, размещенных в магнитном поле, а энергия преобразования получается за счет электромагнитной индукции путем воздействия на проводники набегающего потока воздуха и магнитного поля. Недостатки: низкий КПД, необходимость учитывать направление ветра.

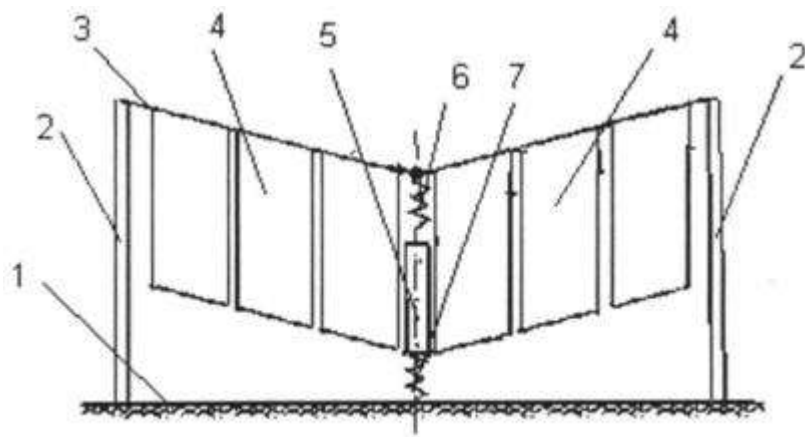
Задачей и техническим результатом, данного изобретения, является повышение КПД и надежности преобразователя ветровой энергии в электрическую, а также обеспечение универсальности и упрощение конструкции.

Технический результат достигается за счет того, что в безлопастном преобразователе ветровой энергии в электрическую, содержащем ветроприемник, выполненный в виде струн, расположенных в ветровом потоке, и преобразователь колебания струн в полезную энергию, согласно изобретению струны, натянутые между стойками, содержат навешанные на них на равном расстоянии друг от друга полотнища в виде флажков, так что они делят струну между стойками на равные половины, а преобразователь энергии колебаний в полезную энергию установлен между центром струн и точкой поверхности, на которой расположены стойки для их крепления, являющейся проекцией центра струн на указанную поверхность.

Данное изобретение возможно применить на кровлях зданий. Достоинством является простота конструкции, недостатки: низкое КПД; маленькая установленная мощность.

Противоречия строительным нормам, связанным с техническим решением по патенту не выявлены.

										Лист
										26
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	080401-2019-119-ПЗ					



Фиг.1

Рисунок 1.17 – Флажковый ветрогенератор. 1- поверхность; 2 – стойки; 3 – аэроструна, 4 – флажки; 5 – преобразователь энергии; 6 – верхняя пружинная растяжка; 7 – нижняя пружинная растяжка [54]

### 1.6 Выводы по разделу 1

В мире возникла проблема использования ветроэлектрических установок в строительстве при решении проблемы энергоэффективности зданий и сооружений. Проблема возникает повсеместно, особенно в местах удалённых от традиционных источников энергии. В России при принятии Федерального закона №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышенной энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 г. данная проблема стала более актуальной, появилась нормативная база для внедрения ветроэнергетики в строительство.

Из-за невысокого КПД установок; невысокой мощности; невысокого коэффициента использования; больших габаритов малая ветроэнергетика в строительстве не развита и практически ни где не применяется. Основная проблема малой ветроэнергетики это отсутствия ветра, либо его низкие скорости, при которых установки останавливаются или не работают с номинальной мощностью. В следствии чего нарушается электроснабжение запитанных от них электропотребителей, что снижает категорию надёжности электроснабжения.

Для решения данной проблемы необходимо использовать ветрогенераторы с повышенным КПД, работающие на малых скоростях. К недостаткам таких конструкций можно отнести: сложность конструкции; дороговизна; большие габариты; необходимость использования аккумуляторных батарей, преобразователей.

Конечная цель решения проблемы – это выбор ветроэлектрической установки с наиболее высоким КПД, работающей на малых скоростях, при любых направлениях ветра.

В России практически нет производителей данных установок, из присутствующих на рынке, они как правило мелкосерийные и объёмы производства не могут удовлетворить потребности рынка.

Допустимые издержки на реализацию решения - большой срок окупаемости, до 10-15 лет.

Если решение не будет найдено, убыток (неполученный доход) может достигать до 110,0 тыс. руб. в год при одноставочном тарифе 3,25 руб./кВт [5] для одной установки номинальной мощностью до 5 кВт с коэффициентом использования 0,8, годовой выработки электрической энергии - 35040 кВт в год.

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

## 2 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЁННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Определение расчётной скорости ветра

Движение воздушных масс происходит под влиянием разности атмосферного давления, силой трения, силой вращения земли, центробежной силой. Сила трения сильно сказывается в нижних слоях на высотах от уровня земли до 200...300 м от поверхности земли. Из-за турбулентности воздушных потоков, скорость ветра и его направление постоянно изменяются. Вследствие действия силы трения на частицы воздуха о поверхность земли направление ветра изменяется, становится не прямолинейным, так, что слева по движению воздушных масс остаётся низкое давление. С увеличением высоты над поверхностью земли действие силы трения на воздушные массы уменьшается, а скорость ветра увеличивается.

Характер ветра, его направление и сила зависят от скорости и его порывистости и определяются рельефом местности и климатическими условиями. Для выяснения режимов ветра были использованы данные по скоростям ветра более чем с 1200 пунктов Советского Союза и России за период с 1966г. по 2010г. Статистическая обработка данных по материалам наблюдений метеостанций, расположенных в разных районах страны, показала одинаковое влияние разнообразных факторов, определяющих ветры с различными скоростями [21]. Все многолетние исследования позволили построить карту районирования Российской Федерации по интенсивности ветра и разделить на семь ветровых районов [13].

Местные условия рельефа сильно сказываются на скорости ветра. Так например на берегах рек или не больших возвышенностях скорость ветра может быть выше на 4-5 м/с, а в устьях горных рек выходящих к морю скорость ветра может усиливаться на 10-12 м/с. В горной местности скорость ветра зависит от место положения, на открытых вершинах скорость ветра может достигать 40-45 м/с, а в узких ущельях 20-25 м/с. С высотой скорость ветра повышается. В степных районах на повышениях скорость ветра увеличивается в 1,4 раза, а на понижениях уменьшается в 1,1-1,3 раза по сравнению с ровной местностью. [32].

Для оценки возможности использования ветроэлектрической установки в разных городах России приняты основные мегаполисы нашей страны, это крупнейшие города Уральского региона и основные мегаполисы страны (согласно рейтинга по количеству проживающего населения). За расчётную скорость ветра принимается средняя скорость ветра в м/с за период со среднесуточной температурой воздуха  $\leq +8$  °С. Средняя скорость ветра принимается согласно [15] и приведена в таблице 3.

С увеличением высоты скорость ветра растёт, это связано с затуханием приземных возмущений [23]. В городах с высокими строениями нарастание скорости ветра происходит медленнее, чем над равнинной местностью или морем. Скорость ветра в зависимости от высоты можно определить по формуле:

$$V_z = V_\phi \left(\frac{z}{z_\phi}\right)^\alpha \quad (1)$$

где  $V_\phi$  – скорость ветра на высоте измерительного прибора, флюгера, м/с;  
 $z$  – расчётная высота над поверхностью земли, м;  
 $z_\phi$  – высота измерительного прибора, флюгера, м. Для Российских метеостанций принимается 10м;

$\alpha$  – эмпирический показатель шероховатости подстилающей поверхности. Для больших городов с высокими зданиями принимается 0,4 [32].

График зависимости скорости ветра от представлен на рисунке 2.1.

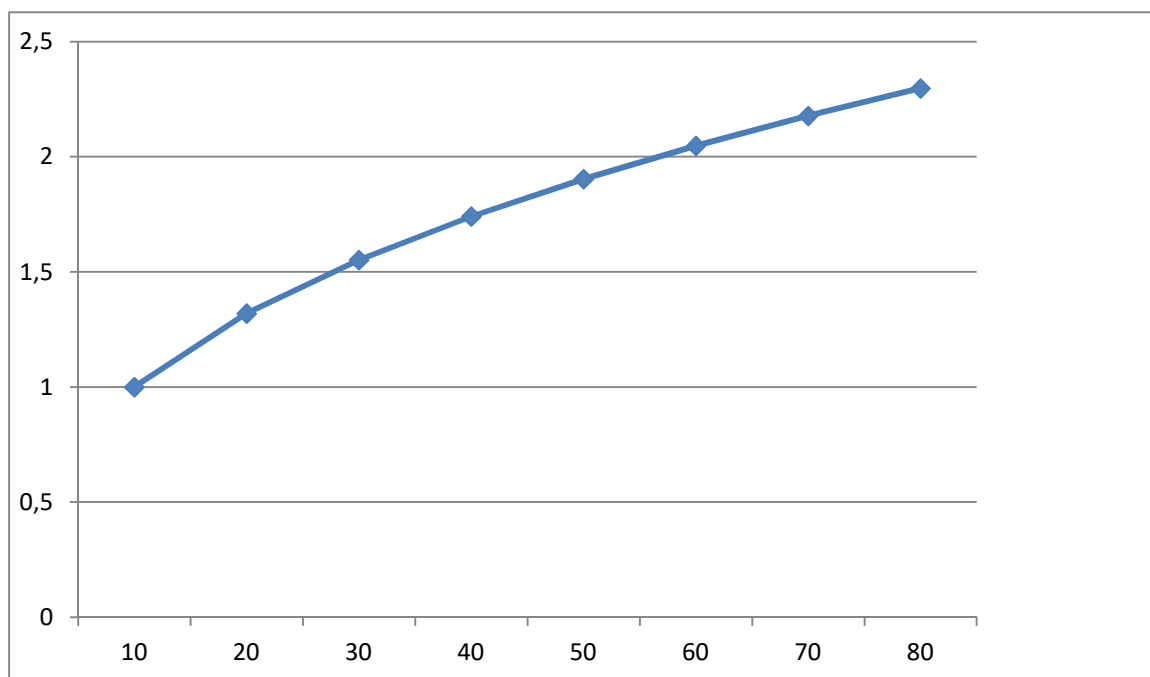


Рисунок 2.1 – Зависимость скорости ветра от высоты, по оси абсцисс – высота  $z$ , м; по оси ординат –  $\left(\frac{z}{z_\phi}\right)^\alpha$ , раз

Расчётные скорости ветра для разных городов на разных высотах, соответствующих распространённой этажности жилых домов в нашей стране представлены в таблице 4.

Для полного определения возможности использования ветроэлектрических установок на планируемых территориях не достаточно знать средние значения скорости ветра, так же необходимо знать: наличие или отсутствие ураганных ветров; изменчивость скорости ветра во времени; продолжительность диапазонов рабочих скоростей ветра, длительность затиший. Все эти данные можно получить, если известны параметры распределения скорости ветра по градациям [18,19,22].

Таблица 3 – Ветровая характеристика основных городов России

Город	Преобладающее направление ветра за декабрь - февраль	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$
Москва	З	2,0	2,0
Санкт-Петербург	З	3,3	2,5
Новосибирск	Ю	4,7	3,7
Екатеринбург	З	4,1	3,2
Казань	ЮЗ	4,1	3,1
Челябинск	ЮЗ	4,5	3,0
Тюмень	ЮЗ	3,0	2,7
Курган	Ю	5,6	4,4
Сочи	В	2,5	3,5
Владивосток	С	7,3	5,2

Таблица 4 – Скорость ветра, м/с, в зависимости от высоты в разных городах России

Город	30м (10 этажей)	50м (16 этажей)	70м (24 этажа)
Москва	3,1	3,8	4,4
Санкт-Петербург	3,9	4,8	5,4
Новосибирск	5,7	7,0	8,1
Екатеринбург	5,0	6,1	7,0
Казань	4,8	5,9	6,8
Челябинск	4,7	5,7	6,5
Тюмень	4,2	5,1	5,9
Курган	6,8	8,4	9,6
Сочи	5,4	6,7	7,6
Владивосток	8,1	9,9	11,3

График зависимости скорости ветра от высоты для различных городов России представлен на рисунке 2.2.



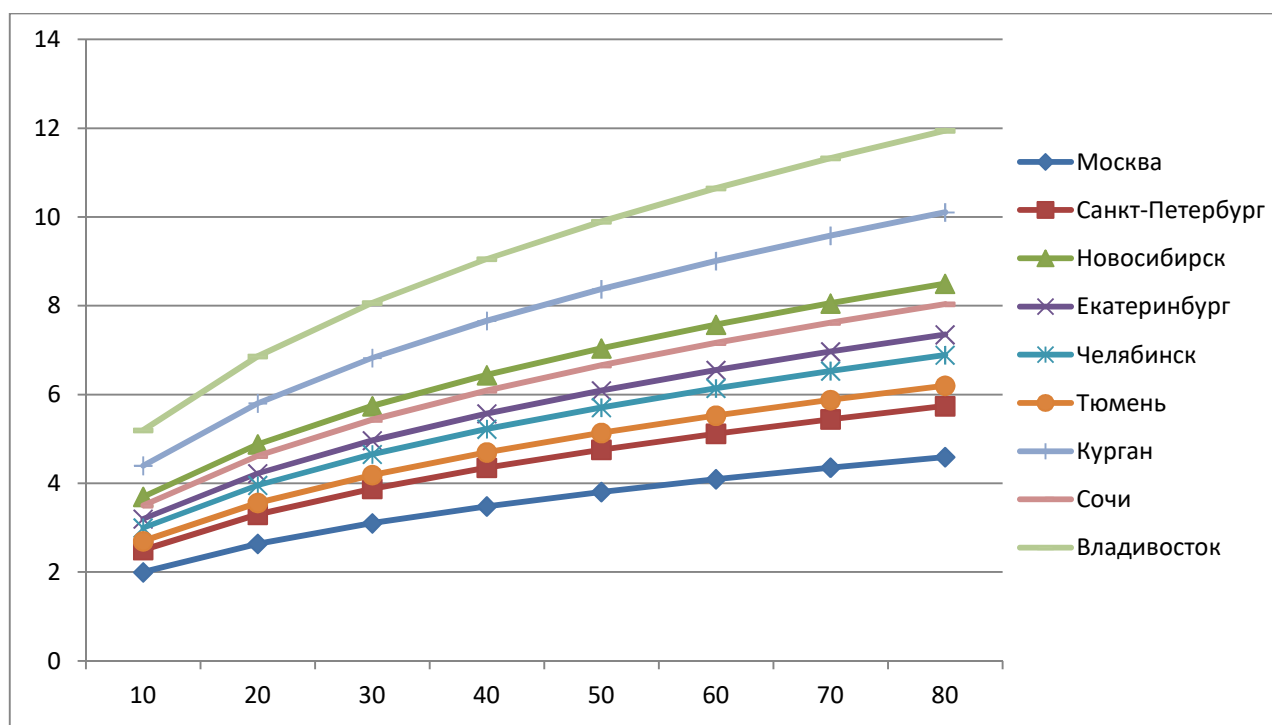


Рисунок 2.2 – Зависимость скорости ветра от высоты для различных городов России, по оси абсцисс – высота, м; по оси ординат – скорость ветра, м/с

## 2.2 Основные технические характеристики применяемой ветроэлектрической установки ВЭУ-3

Данной работой рассмотрена запатентованная [51] ветроэлектрическая установка ВЭУ-3 производства фирмы ООО «ГРЦ-Вертикаль». Разработчиками данной установки являются: ООО «ГРЦ-Вертикаль»; ФГУП Государственный Ракетный Центр (КБ им. Академика В. П. Макеева) (Россия); ООО «Армада-Плюс (Россия); Национальная Лаборатория Беркли (США); Empire Magnetics, Inc. (США); НИИ «Уралмет» (Россия). Основные технические характеристики представлены в таблице 5.

Ветроэлектрическая установка ВЭУ-3 состоит из:

Вертикально-осевого ротора на котором расположены лопасти, кольца их крепления, ступица. Ступица состоит из генератора и стояночного тормоза. В конструкции ВЭУ-3 применено оригинальное решение, горизонтальные траверсы выполняют роль аэродинамического тормоза, что позволяет при номинальной скорости ветра и выше поддерживать постоянную частоту вращения ротора. Ротор представлен на рисунке 2.3. Стояночный тормоз предназначен для стопорения ротора в момент проведения обслуживания, прочих работ с ветроэлектрической установкой.

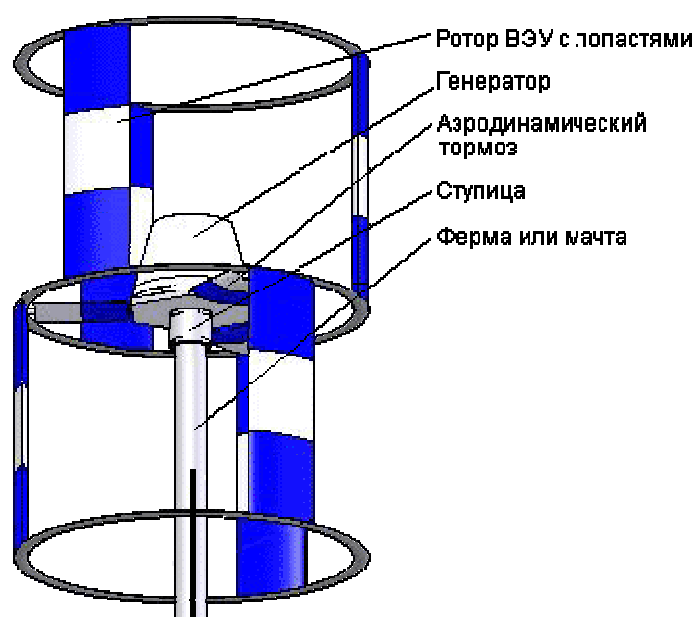


Рисунок 2.3 – Вертикально-осевой ротор установки ВЭУ-3

Молниеприёмник, представляет из себя металлический прут возвышающийся над ветроэлектрической установкой на высоте 1 м. Токоотводом служит металлическая ферма соединённая с заземлителем.

Генератор применён синхронный переменного тока с постоянными магнитами с применением запатентованных новшеств. Генератор находится в ступице ротора в верхнем положении.

Для преобразования напряжения генератора переменного по фазе, частоте и амплитуде в напряжение постоянного тока предусмотрен программируемый либо простой регулятор. Простой регулятор позволяет потребителю отбирать полную мощность. Программируемый регулятор в свою очередь не позволяет потребителю получить мощность более генерируемой, что позволяет ротору сохранить кинетическую энергию в момент вращения и не остановится, т.к. в противном случае на генераторе возникает тормозной момент.

Инвертор преобразовывает постоянное напряжение выработанное генератором в переменное сетевое с напряжением ~230 В, 50 Гц, что обеспечивает электромагнитную совместимость с потребителями [9].

Аккумуляторы предназначены для накопления электрической энергии и демпфирования пиковой нагрузки в момент максимального потребления при низких скоростях ветра.

Таблица 5 – Основные технические характеристики ВЭУ-3

Мощность генератора номинальная	3 кВт
Скорость ветра номинальная	10,4 м/с
КПД	38%
Выходное напряжение ВЭУ	24 (48) В пост.тока
Выходное напряжение инвертора (квазисинусоида)	220/110 В пе- рем.тока
Номинальная частота инвертора	50/60 Гц
Стартовая скорость ветра	3 м/сек
Диапазон рабочих скоростей ветра	4...60 м/сек
Диапазон частоты вращения	60-200 об/мин
Номинальная частота вращения	180 об/мин
Количество лопастей	6
Хорда лопасти (длина по горизонтальному разрезу)	400 мм
Диаметр ротора (колеса)	3,4 м
Высота ротора	3,8 м
Ометаемая площадь	12,92 кв.м
Вибрация (амплитуда виброускорения, м/с <sup>2</sup> ) в резонансе	0,000043 м/с <sup>2</sup>
Шум, дБА (макс. уровень звука на макс. скорости)	41 дБА
Инфразвук, дБ (уровень звукового давления в октавных полосах)	не зафиксирован
Ультразвук, дБ	не зафиксирован
Электромагнитное излучение:	
- магнитная индукция 50Гц, мкТл	не измерялось
- электрическое поле, кВ/м	не измерялось
Диапазон рабочих температур воздуха	-50. . . +40 °С
Срок эксплуатации ВЭУ	> 20 лет
Период между тех.обслуживанием	> 5 лет
Масса ВЭУ	396 кг

### 2.3 Расчёт воздействия ветроэлектрической установки ВЭУ-3 на конструкции панельного многоэтажного дома

На ветроэлектрическую установку действует две силы: сила лобового сопротивления  $F_x$  и подъёмная сила  $F_y$ . На рисунке 2.4 показана лопасть ветроэлектрической установки со схемой сил действующей на неё.

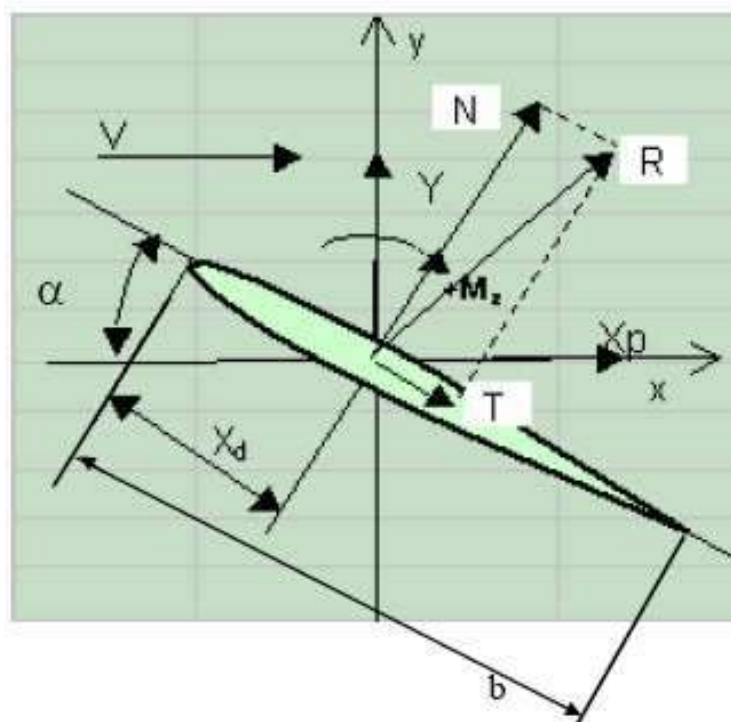


Рисунок 2.4 - Схема сил, действующих на профиль в стационарном потоке газа

Силы действующие на каждую лопасть определяются по формулам:

$$F_x = C_x(\alpha)qS ; \quad (2)$$

$$F_y = C_y(\alpha)qS , \quad (3)$$

где  $\alpha$  – угол атаки;

$C_x(\alpha)$ ,  $C_y(\alpha)$  – аэродинамические коэффициенты;

$q$  – скоростной напор ветра,  $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с}^2)$ ;

$S$  - площадь лопасти,  $0,76 \text{ м}^2$ .

Скоростной напор ветра определим по формуле:

$$q = \rho \frac{V^2}{2} , \quad (4)$$

здесь  $\rho$  - плотность воздуха,  $\rho = 1,4224 \text{ кг}/\text{м}^3$  при  $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$V$  – расчётная скорость ветра,  $\text{м}/\text{с}$ .

Углы атаки для каждой лопасти вычисляются индивидуально исходя из ее положения на роторе, угловой скорости ротора  $\omega$ , угла поворота ротора вокруг вертикальной оси  $\Psi$ , и мгновенного значения скорости ветра  $V$ . Все действующие силы и моменты на отдельные лопасти суммируются для вычисления суммарных сил и моментов, действующих на ротор в каждый текущий момент времени.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Для лопастей примененных в ветроэлектрической установке ВЭУ-3 были определены аэродинамические коэффициенты путём экспериментальных исследований и расчётов. Исследования проводились Ю.В. Граховым, результаты описаны [24]. Для экспериментальных исследований были задействованы: большая гидродинамическая труба ОАО «ГРЦ Макеева»; аэродинамическая труба Казанского государственного технического университета. Расчёты выполнены в пакете вычислительной гидродинамики ANSYS CFX 10.0 на компьютерном кластере. Зависимость аэродинамических коэффициентов от углов атаки представлена на рисунке 2.5.

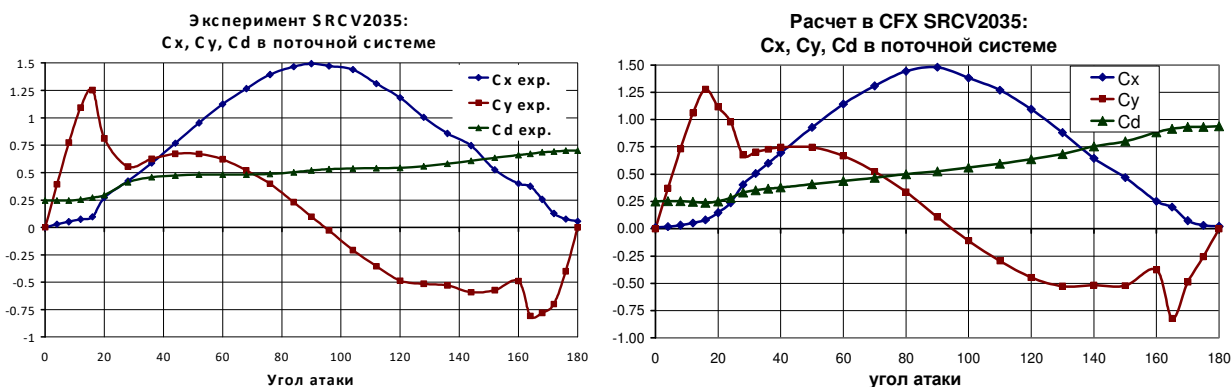


Рисунок 2.5 – Зависимость аэродинамических коэффициентов от угла атаки [24]

Из зависимости аэродинамических коэффициентов от угла атаки видно что расчётные данные совпадают с экспериментальными, поэтому для расчёта принимаются данные рассчитанные программным комплексом.

Действие сил на ветроэлектрическую установку определим: для расчётной скорости ветра 10,4 м/с – скорость ветра при которой установка выходит на номинальную мощность 3кВт; 20,8 м/с – штормовая скорость ветра по шкале Бо-форта [41].

Расчёт действующих суммарных сил при скорости ветра  $V_{10,4}=10,4$  м/с  
По формуле (4) находим коростной напор ветра.

$$q_{10,4} = 1,4224 \cdot \frac{10,4^2}{2} = 76,92 \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}$$

Силы действующие на установку определим по формулам (2), (3). Поскольку ротор установки состоит из двух ярусов в которых лопасти расположены противоположно относительно друг друга, площадь лопасти умножаем в два раза. Суммарные силы рассчитаем для момента времени при котором лопасти расположены относительно направления ветра с углами атаки  $0^0$ ,  $60^0$ ,  $120^0$ :

$$F_{x10,4} = (0,0 + 1,12 + 1,12) \cdot 76,92 \cdot 2 \cdot 0,76 = 261,9 \text{ Н}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$$F_{y10,4} = (0,0 + 0,62 + (-0,48)) \cdot 76,92 \cdot 2 \cdot 0,76 = 16,4 \text{ Н}$$

По правилу треугольника суммарная сила будет составлять:

$$F_{10,4} = 262,4 \text{ Н}$$

Суммарные силы рассчитаем для момента времени при котором лопасти расположены относительно направления ветра с углами атаки  $30^0$ ,  $90^0$ ,  $150^0$ :

$$F_{x10,4} = (0,48 + 1,48 + 0,48) \cdot 76,92 \cdot 2 \cdot 0,76 = 250,2 \text{ Н}$$

$$F_{y10,4} = (0,73 + 0,12 + (-0,52)) \cdot 76,92 \cdot 2 \cdot 0,76 = 38,6 \text{ Н}$$

По правилу треугольника суммарная сила будет составлять:

$$F_{10,4} = 253,2 \text{ Н}$$

При условии, что установка вращается с номинальной частотой 180 об/мин, изменение суммарной силы во времени будет происходить с частотой 0,25 Гц. В виду этого для определения силы действующей на конструкцию здания необходимо принять максимальную силу в момент времени при котором лопасти расположены относительно направления ветра с углами атаки  $0^0$ ,  $60^0$ ,  $120^0$ , т.е  $F_{10,4}=262,4 \text{ Н}$ .

Расчёт действующих суммарных сил при скорости ветра  $V_{20,8}=20,8 \text{ м/с}$

По формуле (4) находим скоростной напор ветра.

$$q_{20,8} = 1,4224 \cdot \frac{20,8^2}{2} = 307,69 \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}$$

Из формул (2), (3) видно, что суммарная сила зависит пропорционально только от величины скоростного напора ветра, потому найдём суммарную силу ветра из пропорции для времени при котором лопасти расположены относительно направления ветра с углами атаки  $0^0$ ,  $60^0$ ,  $120^0$  которая и будет результирующей.

$$F_{20,8} = 253,2 \cdot \frac{307,69}{76,92} = 1012,8 \text{ Н}$$

Расчет здания выполнен при помощи ПК «МикроФЕ» 2012 методом конечных элементов. Объемная модель здания сформирована из предусмотренных в программе стержневых и плоских конечных элементов. За основу модели принят проект [55].

Упругое основание смоделировано объемными конечными элементами с заходом за границу здания на 8м.

Графически расчетная модель здания представлена на рисунке 2.7

										Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	080401-2019-119-ПЗ					37

Несущие элементы здания воспринимают следующие нагрузки:

- от собственного веса конструкций;
- полезная нагрузка;
- снеговая нагрузка;
- ветровая нагрузка.

Нормативные и расчетные нагрузки на здание определены в соответствии с [13, п.п. 7...11], [14, п. 5], [12, п. 2] и заданием заказчика.

Собственный вес конструкций задан в первом нагружении с постоянными нагрузками и рассчитан программой автоматически по заданным значениям плотности и геометрическим параметрам.

Для определения воздействия ветроэлектрической установки на конструкции здания показанного на рисунке 2.7 ветроэлектрическую установку обопрем на несущие панели здания. Для этого установку ВЭУ-3 с фермой устанавливаем на два швеллера, которые распределяют нагрузку от установки на несущие панели здания. Схема фермы представлена на рисунке 2.6, схема нагрузок от ветроэлектрической установки ВЭУ-3 показана на рисунке 2.8.

При анализе дополнительных усилий от ветроэлектрической установки было определено, что изгибающий момент по оси x составляет: Min:  $M_x = -0,0437778$  кНм/м, Max:  $M_x = 0,105959$  кНм/м; по оси y составляет: Min:  $M_y = -0,0469326$  кНм/м, Max:  $M_y = 0,0785279$  кНм/м. Изгибающие моменты показаны на рисунках 2.9, 2.10. Осадка фундаментной плиты от веса установки составляет Max:  $U_z = 0,00645506$  мм; Min:  $U_z = -0,0113383$  мм. Горизонтальные смещения: Max:  $U_y = 0,032815$  мм; Min:  $U_y = -0,000988658$  мм. Осадка плиты от действия установки и горизонтальные смещения показаны на рисунках 2.11, 2.12 соответственно.

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

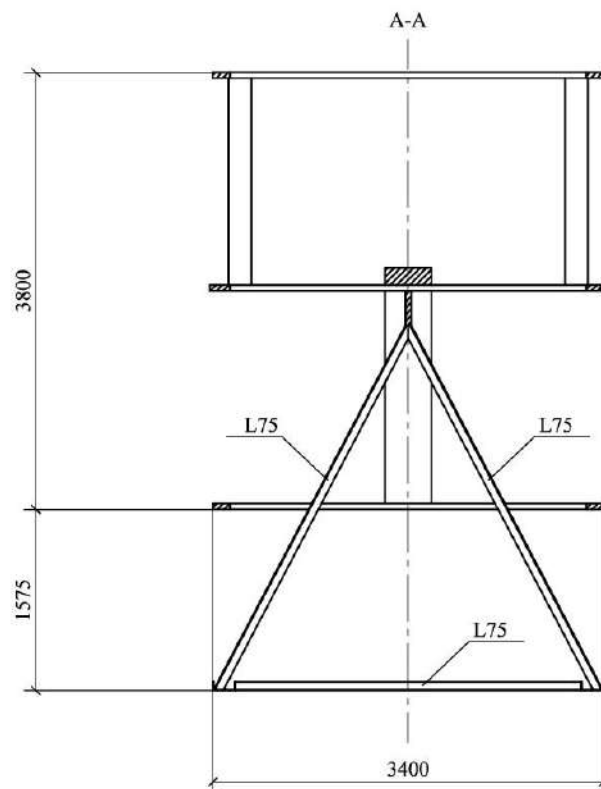
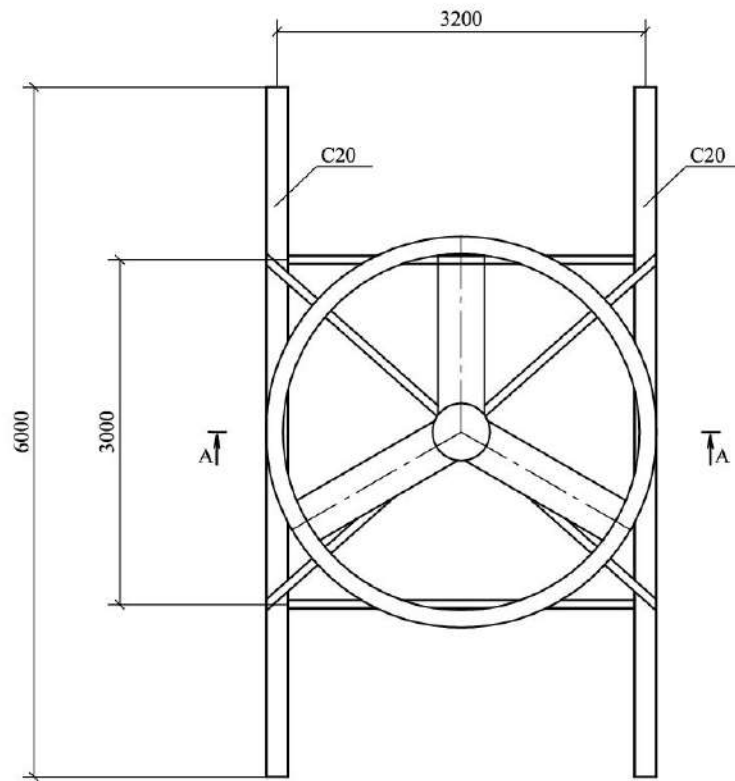


Рисунок 2.6 - Схема фермы

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

080401-2019-119-ПЗ

Лист

39



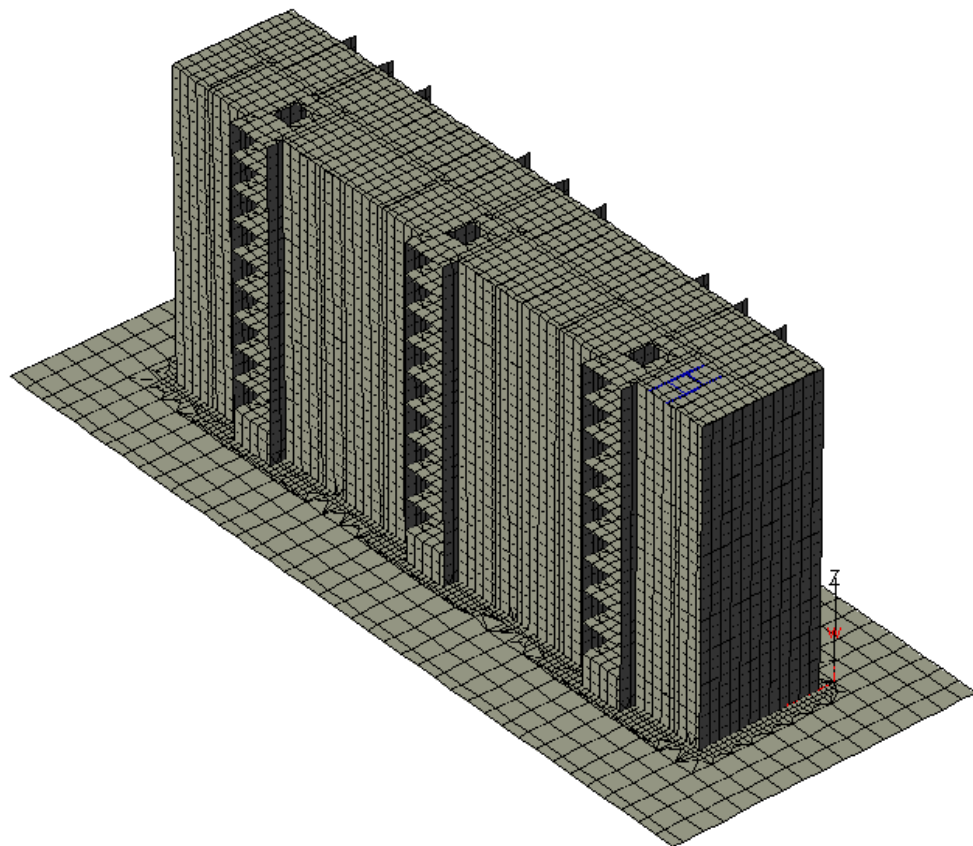


Рисунок 2.7 – Расчётная схема здания [55]

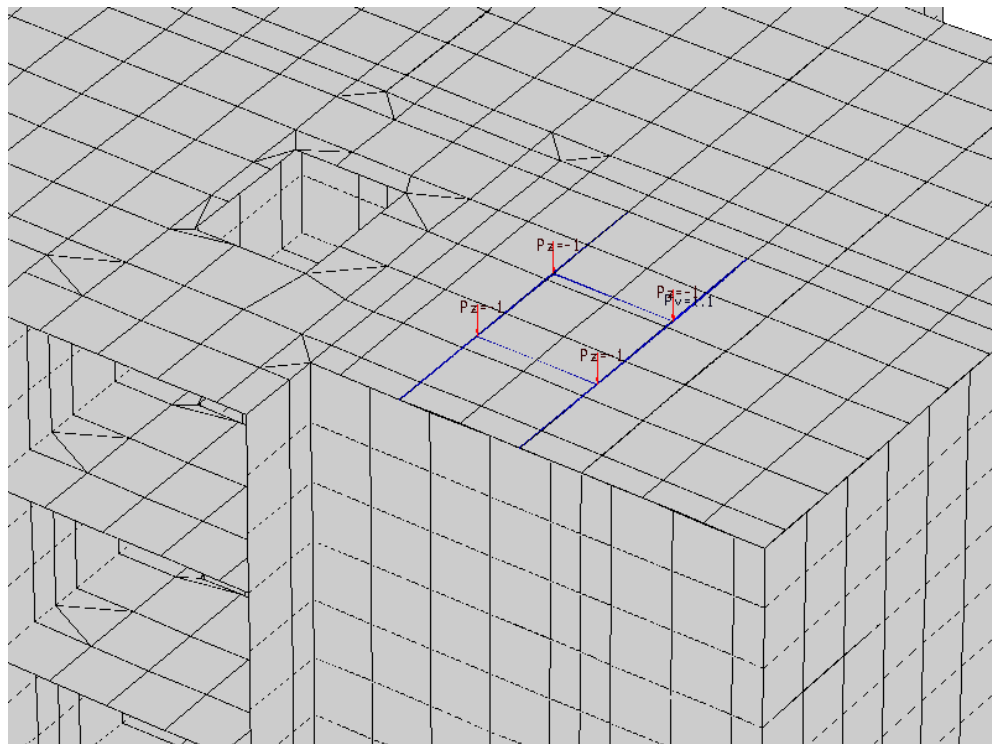


Рисунок 2.8 – Нагрузки от ветровой установки ВЭУ-3 на покрытие

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

080401-2019-119-ПЗ

Лист  
40

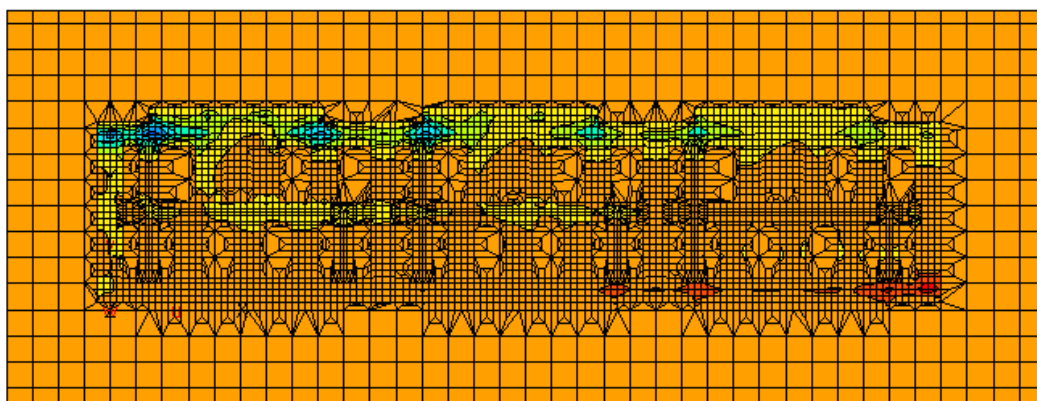


Рисунок 2.9 - Изгибающие моменты по  $M_x$

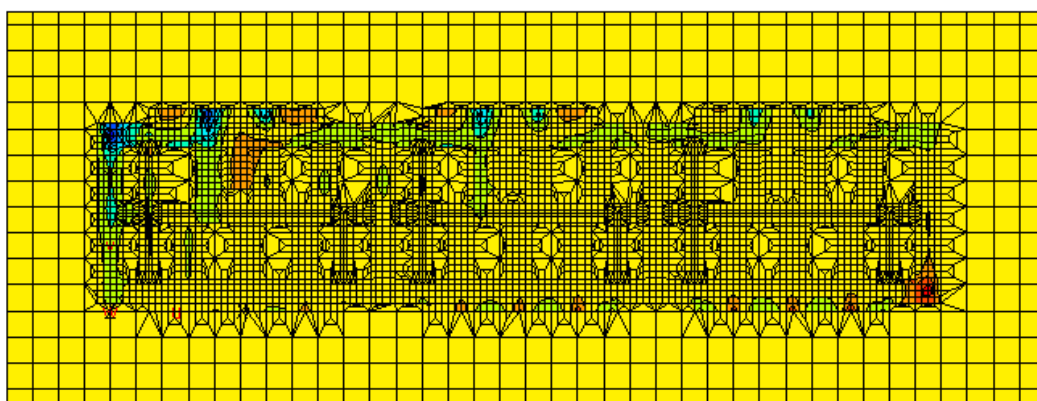


Рисунок 2.10 - Изгибающие моменты по  $M_y$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

080401-2019-119-ПЗ

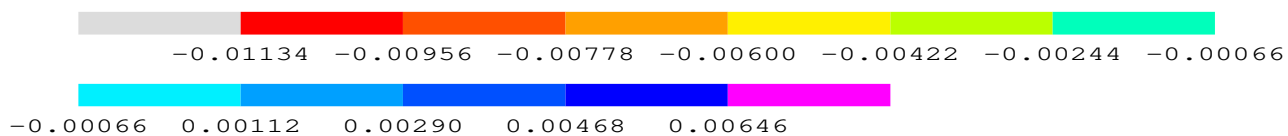
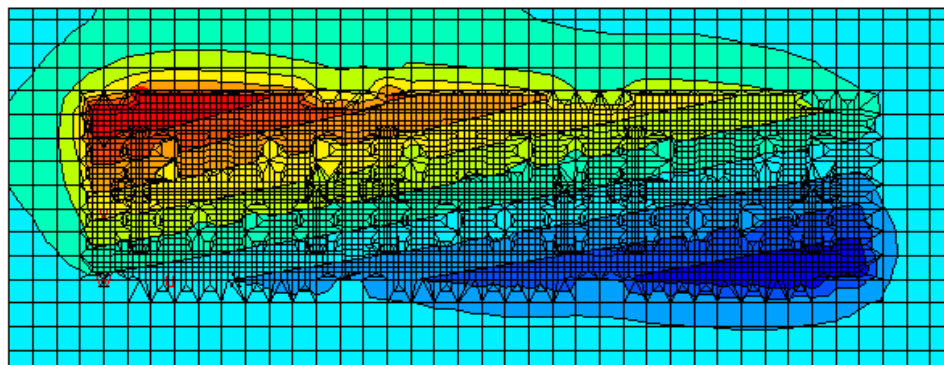


Рисунок 2.11 – Осадки фундаментной плиты от воздействия установки ВЭУ-3

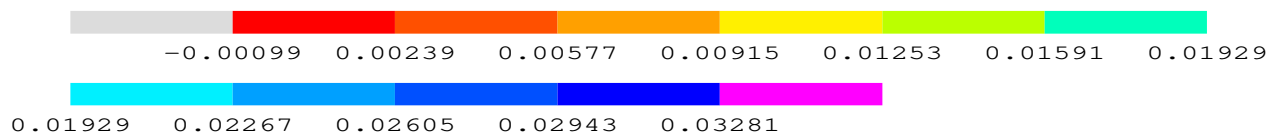
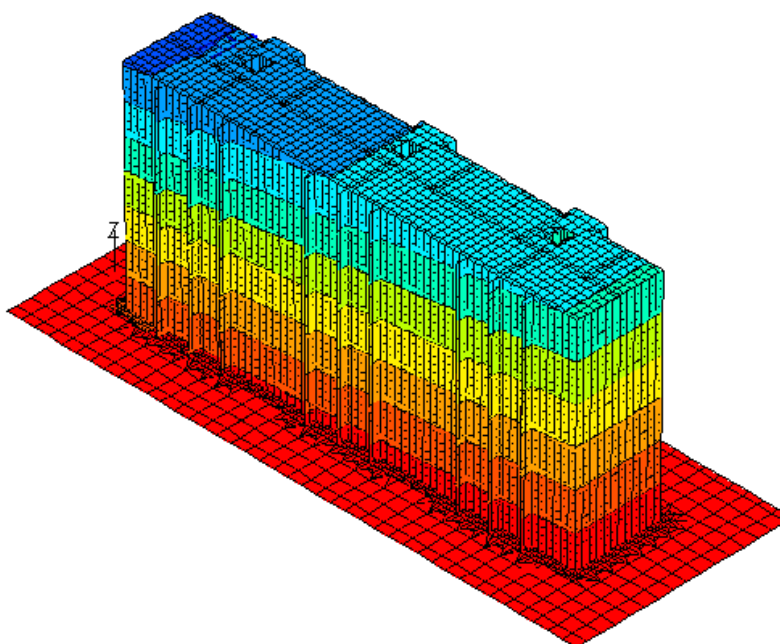


Рисунок 2.12 – Горизонтальные смещения от воздействия установки ВЭУ-3

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

080401-2019-119-ПЗ

## 2.4 Выводы по разделу 2

По результатам исследований определено, что с ростом современных городов, их площади и высотности зданий коэффициент шероховатости поверхности вырастает в несколько раз в следствии чего средние скорости ветра на высотах более 50м от поверхности земли увеличиваются в 2...3 раза по отношению к флюгерной (10м от уровня земли, на которой проводятся замеры Гидрометцентром России) и приближаются по своему значению к номинальной скорости ветра при которой рассматриваемая ветроэлектрическая установка ВЭУ-3 выходит на номинальный режим работы.

Из технических характеристик, определённых опытным путём, следует, что ветроэлектрическая установка со сбалансированным ротором не создаёт вибраций в резонансе, на максимальной скорости шум от установки находится в пределах установленных санитарными нормами [8, табл. 3], инфразвук и ультразвук не зафиксированы. Это в свою очередь позволяет использовать данную установку на кровлях жилых зданий, при этом вредного воздействия на человека не будет.

Из выполненных расчётов видно, что установленная кровлю ветроэлектрическая установка ВЭУ-3 не оказывает ни какого, сколько бы значимого воздействия на конструкцию панельного многоэтажного жилого дома при номинальной скорости ветра 10,4м/с и штормовой скорости ветра 20,8 м/с.

Из выше сказанного можно сделать вывод, ветроэлектрическую установку ВЭУ-3 можно применять на кровлях высотных зданий, в т.ч. жилых, для повышения энергоэффективности.

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

### 3 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

#### 3.1 Расчёт сроков окупаемости

В данной работе применяется ветроэлектрическая установка ВЭУ-3 производства фирмы ГРЦ – Вертикаль. Стоимость ВЭУ-3 представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Стоимость ветроэлектрической установки ВЭУ-3

Узел	Цена, тыс. руб.
Ферма	30,0
Молниеотвод	1,0
Тормоз	12,0
Лопастя	140,0
Генератор	115,0
Преобразователь	65,0
Инвертор	35,0
Аккумуляторная батарея	28,0
Кабельная продукция	3,0
Шкаф с электрооборудованием	8,0
Итого	437,0

Стоимость монтажа с учётом доставки в г. Челябинск составляет 30 т.р.  
Чистый дисконтированный доход [28] определим по формуле:

$$\text{ЧДД} = \text{ЧД} * \alpha , \quad (5)$$

где ЧД – чистый доход, тыс. руб.;

$\alpha$  – коэффициент дисконтирования.

Чистый доход, сальдо от денежных потоков:

$$\text{ЧД} = \Phi_{\text{и}} + \Phi_{\text{о}} , \quad (6)$$

где  $\Phi_{\text{и}}$  – денежный поток от инвестиционной деятельности, тыс. руб., определяется как сумма затрат на покупку ветроэлектрической установки, стоимости монтажа, доставки и т.п., а так же продажей установки по остаточной стоимости в после окончания срока эксплуатации;

$\Phi_{\text{о}}$  – денежный поток от операционной деятельности, тыс. руб., определяется как разность амортизационных отчислений, налогов и прочих расходов от выручки.

Коэффициент дисконтирования необходимо определить по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{(1+E)^t} , \quad (7)$$

где  $E$  – норма дисконта, в долях. Для нормы дисконта принимаем показатель инфляции, равный 3,8% по состоянию на октябрь 2019г. [40], который будет отражать возможное изменение тарифов на электрическую энергию в процессе эксплуатации ветроэлектрической установки;

$t$ - шаг, год.

Годовая выручка будет составлять:

$$V = GV * C, \quad (8)$$

где  $GV$  – годовая выработка, кВт\*ч.;

$C$  – стоимость тарифа, руб/кВт\*ч., в расчёт принимается стоимость кВт\*ч для населения Челябинской области проживающих в домах оборудованных стационарными электрическими плитами,  $C=2,27$  руб/кВт\*ч [5].

Для установки ВЭУ-3 срок эксплуатации принимается не менее 20 лет с периодичностью технического обслуживания раз в 5 лет. Стоимость амортизационных отчислений равна 10% от первоначальной стоимости установки. Для определения сроков окупаемости выполняется расчёт по формулам (5), (6), (7), (8) и сводится в таблицу.

Зависимость мощности ВЭУ-3 от скорости ветра представлена на рисунке 3.1

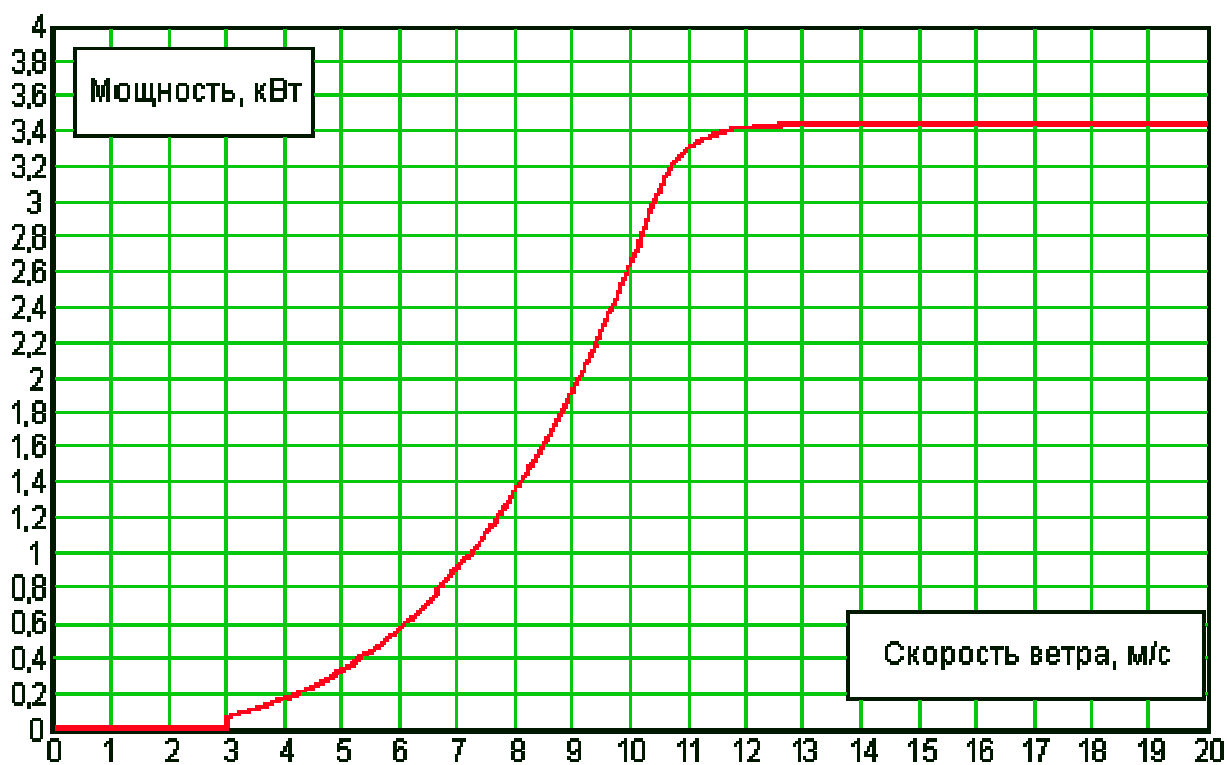


Рисунок 3.1 - График мощности ВЭУ-3(6) в зависимости от скорости ветра

Годовая выработка электрической энергии ВЭУ-3 в зависимости от средней скорости ветра с учётом КПД электрических приборов представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Выработка электрической энергии ВЭУ-3 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/сек	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Мгновенная мощность, кВт	0,06	0,2	0,4	0,7	1,1	1,7	2,5	2,9	3,3	3,4
Дневная выработка, кВт*ч	1,4	4,8	9,6	16,8	26,4	40,8	60,0	69,6	79,2	81,6
Месячная выработка, кВт*ч	43	144	288	504	792	1224	1800	2088	2376	2448
Годовая выработка, кВт*ч	518	1728	3456	6048	9504	14688	21600	25056	28512	29376

Срок окупаемости для установки ВЭУ-3 при номинальной скорости ветра в 11,0 м/с определяется из таблицы 8.

Таблица 8 – Определение доходности установки ВЭУ-3 при номинальной скорости ветра 11,0 м/с и годовой выработки электрической энергии 28512 кВт\*ч для г. Челябинск

Год	Фи, тыс. руб	Годовая выручка, тыс. руб	Амортизационные отчисления, тыс. руб	Налоги и прочее, тыс. руб	Фо, тыс. руб	Чистый доход, тыс. руб	Чистый доход с нарастающим итогом, тыс. руб	$\alpha$	Чистый дисконтированный доход, тыс. руб	Чистый дисконтированный доход с нарастающим итогом, тыс. руб
1	-467	64,72	0,00	0	64,72	-402,28	-402,28	0,963	-387,55	-387,55
2	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	-337,56	0,928	60,07	-327,48
3	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	-272,83	0,894	57,87	-269,61
4	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	-208,11	0,861	55,75	-213,86
5	0	64,72	46,70	0	18,02	18,02	-190,09	0,830	14,96	-198,90
6	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	-125,37	0,799	51,75	-147,16
7	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	-60,64	0,770	49,85	-97,30
8	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	4,08	0,742	48,03	-49,28
9	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	68,80	0,715	46,27	-3,01
10	0	64,72	46,70	0	18,02	18,02	86,82	0,689	12,41	9,40
11	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	151,54	0,663	42,94	52,34
12	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	216,27	0,639	41,37	93,71
13	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	280,99	0,616	39,86	133,57
14	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	345,71	0,593	38,40	171,96
15	0	64,72	46,70	0	18,02	18,02	363,73	0,572	10,30	182,26
16	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	428,46	0,551	35,64	217,90
17	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	493,18	0,530	34,33	252,23
18	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	557,90	0,511	33,08	285,31
19	0	64,72	0,00	0	64,72	64,72	622,62	0,492	31,86	317,17
20	0	64,72	46,70	0	18,02	18,02	640,64	0,474	8,55	325,72

Из таблицы 8 видно, что срок окупаемости установки ВЭУ-3 работающей на номинальной скорости ветра составляет 8 лет и 10 лет с учётом временной стоимости денег (ставки дисконта).

В городе Челябинск для высоты здания 30 м (10 этажей) срок окупаемости будет составлять более гарантированного срока эксплуатации, см. таблицу 9.

Таблица 9 – Определение доходности установки ВЭУ-3 при средней скорости ветра 5,0 м/с и годовой выработки электрической энергии 3456 кВт\*ч для г. Челябинск

Год	Фи, тыс. руб	Годовая выручка, тыс. руб	Амортизационные отчисления, тыс. руб	Налоги и прочее, тыс. руб	Фо, тыс. руб	Чистый доход, тыс. руб	Чистый доход с нарастающим итогом, тыс. руб	$\alpha$	Чистый дисконтированный доход, тыс. руб	Чистый дисконтированный доход с нарастающим итогом, тыс. руб
1	-467	7,85	0,00	0	7,85	-459,15	-459,15	0,963	-442,35	-442,35
2	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-451,31	0,928	7,28	-435,06
3	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-443,46	0,894	7,01	-428,05
4	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-435,62	0,861	6,76	-421,29
5	0	7,85	46,70	0	-38,85	-38,85	-474,47	0,830	-32,24	-453,54
6	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-466,63	0,799	6,27	-447,26
7	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-458,78	0,770	6,04	-441,22
8	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-450,94	0,742	5,82	-435,40
9	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-443,09	0,715	5,61	-429,79
10	0	7,85	46,70	0	-38,85	-38,85	-481,95	0,689	-26,76	-456,55
11	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-474,10	0,663	5,21	-451,35
12	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-466,26	0,639	5,01	-446,33
13	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-458,41	0,616	4,83	-441,50
14	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-450,57	0,593	4,65	-436,85
15	0	7,85	46,70	0	-38,85	-38,85	-489,42	0,572	-22,21	-459,05
16	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-481,58	0,551	4,32	-454,73
17	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-473,73	0,530	4,16	-450,57
18	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-465,89	0,511	4,01	-446,56
19	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-458,04	0,492	3,86	-442,70
20	0	7,85	46,70	0	-38,85	-38,85	-496,90	0,474	-18,43	-461,13



В городе Челябинск для высоты здания 50 м (16 этажей) срок окупаемости будет составлять более гарантированного срока эксплуатации, см. таблицу 10.

Таблица 10 – Определение доходности установки ВЭУ-3 при средней скорости ветра 6,0 м/с и годовой выработки электрической энергии 6048 кВт\*ч для г. Челябинск

Год	Фи, тыс. руб	Годовая выручка, тыс. руб	Амортизационные отчисления, тыс. руб	Налоги и прочее, тыс. руб	Фо, тыс. руб	Чистый доход, тыс. руб	Чистый доход с нарастающим итогом, тыс. руб	$\alpha$	Чистый дисконтированный доход, тыс. руб	Чистый дисконтированный доход с нарастающим итогом, тыс. руб
1	-467	13,73	0,00	0	13,73	-453,27	-453,27	0,963	-436,68	-436,68
2	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-439,54	0,928	12,74	-423,94
3	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-425,81	0,894	12,28	-411,66
4	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-412,08	0,861	11,83	-399,83
5	0	13,73	46,70	0	-32,97	-32,97	-445,06	0,830	-27,36	-427,20
6	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-431,33	0,799	10,98	-416,22
7	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-417,60	0,770	10,57	-405,64
8	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-403,87	0,742	10,19	-395,46
9	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-390,14	0,715	9,81	-385,64
10	0	13,73	46,70	0	-32,97	-32,97	-423,11	0,689	-22,71	-408,35
11	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-409,38	0,663	9,11	-399,24
12	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-395,65	0,639	8,78	-390,47
13	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-381,92	0,616	8,45	-382,01
14	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-368,19	0,593	8,14	-373,87
15	0	13,73	46,70	0	-32,97	-32,97	-401,17	0,572	-18,84	-392,71
16	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-387,44	0,551	7,56	-385,15
17	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-373,71	0,530	7,28	-377,87
18	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-359,98	0,511	7,02	-370,85
19	0	13,73	0,00	0	13,73	13,73	-346,25	0,492	6,76	-364,09
20	0	13,73	46,70	0	-32,97	-32,97	-379,22	0,474	-15,64	-379,73

Определим минимальную стоимость установки (инвестиционных вложений) при которой чистая прибыль с учётом амортизации перекроет инвестиционные вложения за гарантированный срок эксплуатации установки для расчётной скорости ветра 5,0 м/с по городу Челябинску на высоте 30 м (10 этажей).

Из таблицы 11 видно, что при стоимости установки с учётом монтажа 250 тыс. руб. установка ВЭУ-3 окупит себя за гарантированный срок эксплуатации 20 лет.

Таблица 11 – Определение минимальной стоимости установки ВЭУ-3 при средней скорости ветра 5,0 м/с и годовой выработке электрической энергии 3456 кВт\*ч для г. Челябинск

Год	Фи, тыс. руб	Годовая выручка, тыс. руб	Амортизационные отчисления, тыс. руб	Налоги и прочее, тыс. руб	Фо, тыс. руб	Чистый доход, тыс. руб	Чистый доход с нарастающим итогом, тыс. руб	$\alpha$	Чистый дисконтированный доход, тыс. руб	Чистый дисконтированный доход с нарастающим итогом, тыс. руб
1	-250	7,85	0,00	0	7,85	-242,15	-242,15	0,963	-233,29	-233,29
2	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-234,31	0,928	7,28	-226,01
3	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-226,46	0,894	7,01	-218,99
4	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-218,62	0,861	6,76	-212,24
5	0	7,85	-25,00	0	32,85	32,85	-185,77	0,830	27,26	-184,98
6	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-177,93	0,799	6,27	-178,71
7	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-170,08	0,770	6,04	-172,66
8	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-162,24	0,742	5,82	-166,84
9	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-154,39	0,715	5,61	-161,23
10	0	7,85	-25,00	0	32,85	32,85	-121,55	0,689	22,62	-138,61
11	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-113,70	0,663	5,21	-133,41
12	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-105,86	0,639	5,01	-128,39
13	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-98,01	0,616	4,83	-123,56
14	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-90,17	0,593	4,65	-118,91
15	0	7,85	-25,00	0	32,85	32,85	-57,32	0,572	18,77	-100,14
16	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-49,48	0,551	4,32	-95,82
17	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-41,63	0,530	4,16	-91,66
18	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-33,79	0,511	4,01	-87,65
19	0	7,85	0,00	0	7,85	7,85	-25,94	0,492	3,86	-83,79
20	0	7,85	-25,00	0	32,85	32,85	6,90	0,474	15,58	-68,21

Срок окупаемости установки ВЭУ-3 в разных городах России в зависимости от скорости ветра и высоты установки на кровле здания сведены в таблицу 12. Обозначение «>20» означает что срок окупаемости составляет более гарантированного срока эксплуатации установки. Скорость ветра на разных высотах в различных городах России см. таблицу 4.

Из таблицы 12 можно сделать вывод, что для достижения экономического эффекта ветроэлектрическую установку ВЭУ-3 рациональнее всего использовать на высотных зданиях (выше 16 этажей) в г. Владивосток. Срок окупаемости для установки ВЭУ-3 при номинальной скорости ветра в 11,0 м/с для г. Владивосток определяется из таблицы 13. В расчёт принимается стоимость кВт\*ч для населения Приморского края проживающих в домах оборудованных стационарными электрическими плитами,  $C=3,04$  руб/кВт\*ч [7]. Стоимость доставки ветроэлектрической установки из г. Челябинска до г. Владивосток транспортной компанией составит 11,0 тыс. руб.

Таблица 12 – Срок окупаемости установки ВЭУ-3 в разных городах России, лет

Город	30м (10 этажей)	50м (16 этажей)	70м (24 этажа)
Москва	>20	>20	>20
Санкт-Петербург	>20	>20	>20
Новосибирск	>20	>20	>20
Екатеринбург	>20	>20	>20
Казань	>20	>20	19
Челябинск	>20	>20	>20
Тюмень	>20	>20	>20
Курган	>20	19	13
Сочи	>20	>20	19
Владивосток	19	13	8

Таблица 13 – Определение доходности установки ВЭУ-3 при номинальной скорости ветра 11,0 м/с и годовой выработки электрической энергии 28512 кВт\*ч для г. Владивосток

Год	Фи, тыс. руб	Годо- вая выруч- ка, тыс. руб	Аморти- зацион- ные от- числе- ния, тыс. руб	На- логи и про- чее, тыс. руб	Фо, тыс. руб	Чистый доход, тыс. руб	Чистый доход с нарас- таю- щим итогом, тыс. руб	$\alpha$	Чистый дискон- тиро- ванный доход, тыс. руб	Чистый дискон- тиро- ванный доход с нарас- тающим итогом, тыс. руб
1	-478	86,68	0,00	0	86,68	-391,32	-391,32	0,963	-377,00	-377,00
2	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	-304,65	0,928	80,45	-296,55
3	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	-217,97	0,894	77,50	-219,05
4	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	-131,29	0,861	74,66	-144,39
5	0	86,68	46,70	0	39,98	39,98	-91,32	0,830	33,18	-111,21
6	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	-4,64	0,799	69,30	-41,91
7	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	82,04	0,770	66,76	24,85
8	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	168,71	0,742	64,32	89,16
9	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	255,39	0,715	61,96	151,13
10	0	86,68	46,70	0	39,98	39,98	295,36	0,689	27,53	178,66
11	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	382,04	0,663	57,51	236,17
12	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	468,72	0,639	55,40	291,57
13	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	555,39	0,616	53,37	344,94
14	0	87,53	0,00	0	87,53	87,53	642,93	0,593	51,93	396,87
15	0	86,68	46,70	0	39,98	39,98	682,90	0,572	22,85	419,72
16	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	769,58	0,551	47,72	467,44
17	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	856,26	0,530	45,98	513,42
18	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	942,93	0,511	44,29	557,72
19	0	86,68	0,00	0	86,68	86,68	1029,61	0,492	42,67	600,39
20	0	86,68	46,70	0	39,98	39,98	1069,58	0,474	18,96	619,35

### 3.2 Выводы по разделу 3

Из расчётов видно, что срок окупаемости при использовании ветроэлектрической установки ВЭУ-3 в различных городах России огромный и превышает гарантированный срок использования. При современном уровне цен на данную установку экономически обоснованно использовать только для городов со средней скоростью ветра не менее 8 м/с, таких как г. Курган, при этом срок окупаемости установки составит срок сравнимый с гарантированным сроком эксплуатации.

В местностях со средней скоростью ветра близкой к номинальной и выше срок окупаемости установки ВЭУ-3 будет составлять не более 8 лет, например г. Владивосток.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что для достижения экономического эффекта необходимо уменьшать стоимость ветроэлектрической установки не менее чем в два раза, а так же добиваться выработки номинальной мощности при меньших скоростях ветра, близких к 5 м/с.

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

## 4 ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ

### 4.1 Функционально-стоимостной анализ

Необходимость проведения функционально-стоимостного анализа связана с определением истинных функций предмета исследования, его потребительских свойств, определения неоправданных затрат, не соответствующих этим функциям, определения возможных путей достижения оптимальных соотношений качества и затрат на функционирование [25, 31].

Процессы проектирования функционально-стоимостного анализа можно представить тремя стадиями [27].

Функционально-стоимостной анализ в рамках данной работы достаточно выполнить в одну стадию, т.е. целью будет являться поиск конкретных задач по изменению объекта с целью его удешевления.

На рисунке 4.1 представлена структурно-элементарная модель ветроэлектрической установки ВЭУ-3, в которой на первый уровень вынесена сама установка, на второй – её сборочные единицы, на третий – узлы.

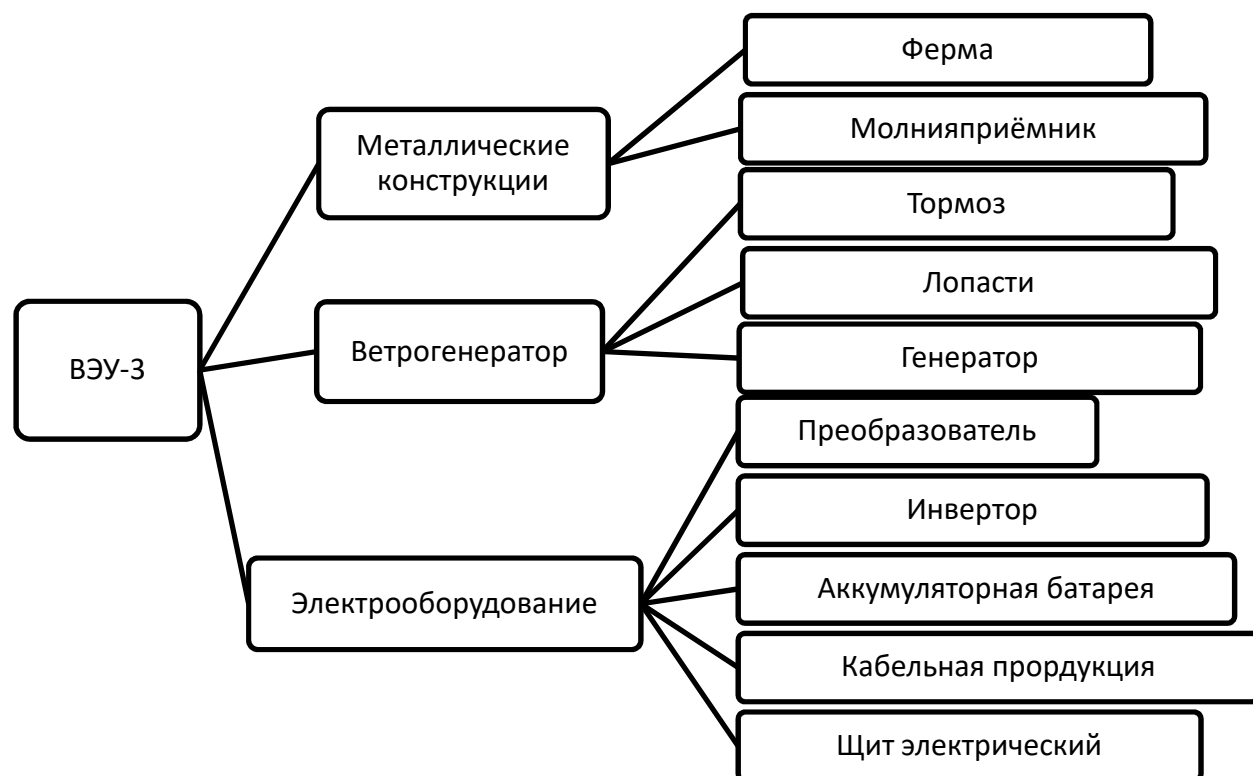


Рисунок 4.1 – Структурно-элементарная модель ВЭУ-3

Для каждого материального носителя определяется стоимость затрат, которая выражается его себестоимостью, а так же доля затрат по изделию в целом, результаты сводятся в таблицу 14.

Таблица 14 – Стоимость элементов ВЭУ-3

№	Материальный носитель	Затра- ты, тыс. руб.	Доля в общих за- тратах по изделию, %
1	Лопастаи	140,0	32,0
2	Генератор	115,0	26,3
3	Преобразователь	65,0	14,9
4	Инвертор	35,0	8,0
5	Ферма	30,0	6,9
6	Аккумуляторная батарея	28,0	6,4
7	Тормоз механический	12,0	2,7
8	Шкаф электрический	8,0	1,8
9	Кабельная продукция	3,0	0,8
10	Молниеприёмник	1,0	0,2
	Итого	437,0	100,0

По результатам таблицы 14 строится диаграмма Парето для определения материальных носителей на которых в первую очередь необходимо обратить внимание с целью дальнейшего анализа. Диаграмма Парето показана на рисунке 4.2.

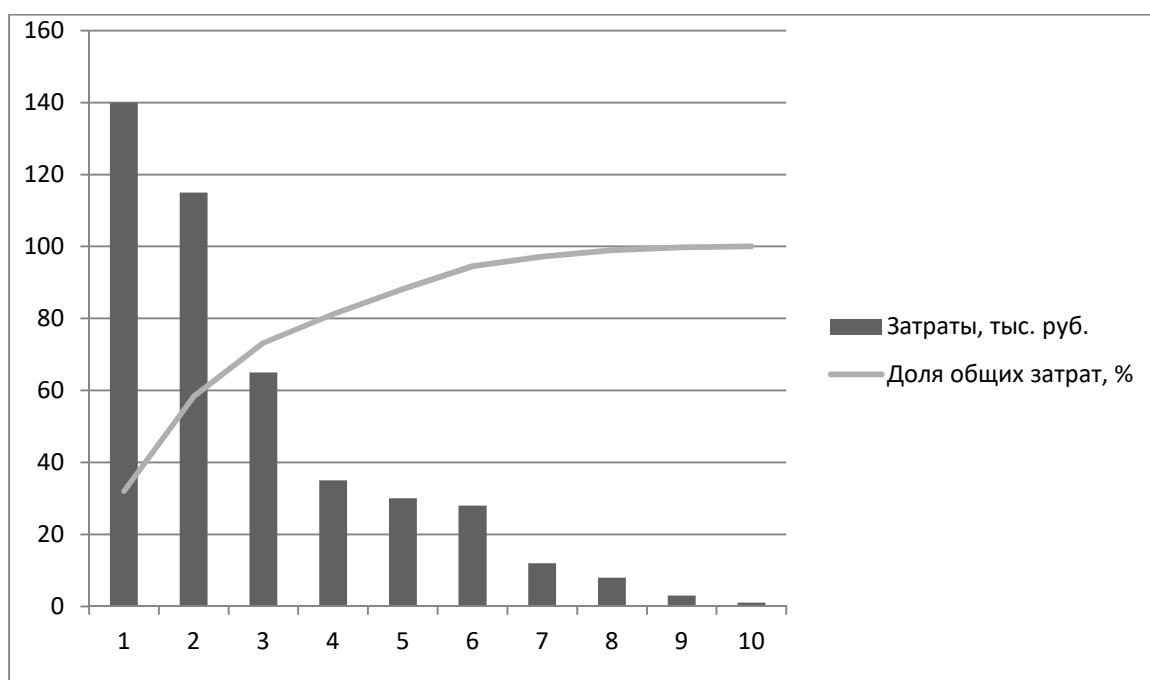


Рисунок 4.2 – Диаграмма Парето

Из рисунка 4.2 видно, что лопасти, генератор и преобразователь попали в зону с долей общих затрат 75%. Данные материальные носители требуется рассматривать в первую очередь.

На основе анализа технической документации выявляются главные, основные и второстепенные функции, при этом используется метод FAST. На верхний уровень выводятся главные и второстепенные функции, на последующий уровень – основные; на низший уровень – вспомогательные. Полученные результаты сводятся в таблицу 15 и на её основании строится функциональная модель. Функциональная модель ВЭУ-3 представлена на рисунке 4.3.

Таблица 15 – Функции элементов ВЭУ-3

Материальный элемент	Содержание выполняемой функции	Индекс функции
ВЭУ-3	Вырабатывать электрическую энергию	F1
Молниеприёмник	Защищать от ударов молнии	F2
Металлические конструкции	Воспринимать нагрузку от ВЭУ	F1.1
Ветрогенератор	Воспринимать энергию ветра	F1.2
Электрооборудование	Преобразовывать энергию ветра в электрическую	F1.3
Ферма	Держать ветроэнергетическую установку	F1.1.1
Тормоз механический	Не давать вращаться при ремонте	F1.2.1
Лопасты	Воспринимать энергию ветра	F1.2.2
Генератор	Преобразовывать механическую энергию в электрическую	F1.2.3
Преобразователь	Преобразовывать ~ напряжение в = напряжение	F1.3.1
Инвертор	Преобразовывать = напряжение в ~ напряжение	F1.3.2
Аккумуляторная батарея	Накапливать электрическую энергию	F1.3.3
Аккумуляторная батарея	Выполнять демпфирование мощности	F1.3.4
Кабельная продукция	Передавать электрическую энергию	F1.3.5
Шкаф с электрический	Выполнять коммутацию электрической энергии	F1.3.6
Шкаф с электрический	Выполнять защиту электрооборудования	F1.3.7
Шкаф с электрический	Выполнять распределение электрической энергии	F1.3.8

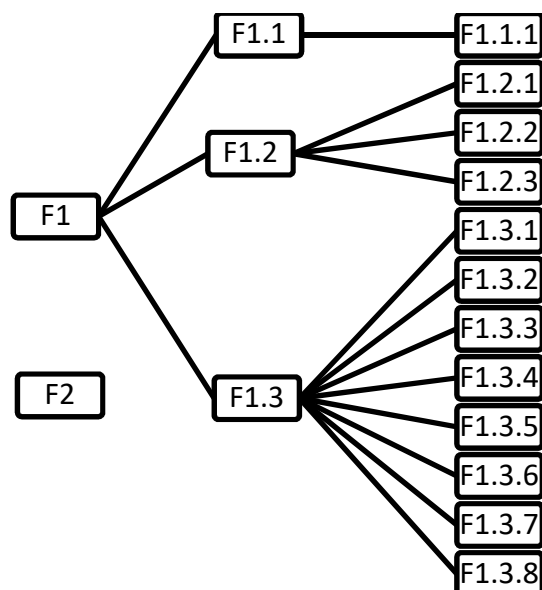


Рисунок 4.3 – Функциональная модель ВЭУ-3

Для каждой функции определяется её значимость, прибегая к экспертному методу, при этом, если невозможно однозначно определить значимость, функция определяется с позиции удовлетворения главной функции путём расстановки приоритетов. Сумма значимостей одного уровня составляет 100%. Результаты сведены в таблицу 16.

Таблица 16 – Значимость функций ВЭУ-3

Индекс функции	Абсолютная значимость	Относительная значимость
F1	0,95	0,95
F2	0,05	0,05
F1.1	0,2	0,2
F1.2	0,5	0,5
F1.3	0,3	0,3
F1.1.1	1,0	0,05
F1.2.1	0,05	0,05
F1.2.2	0,25	0,2
F1.2.3	0,7	0,2
F1.3.1	0,5	0,2
F1.3.2	0,2	0,1
F1.3.3	0,1	0,06
F1.3.4	0,1	0,06
F1.3.5	0,04	0,05
F1.3.6	0,02	0,01
F1.3.7	0,02	0,01
F1.3.8	0,02	0,01



В соответствии с данными таблиц 14, 15, 16, выполняется расчёт затрат по функциям для каждого материального носителя в зависимости от обеспечения функции всей ветроэлектрической установки. Расчетные данные сведены в таблицу 17.

Таблица 17 – Расчёт производственных затрат по функциям ВЭУ-3

	F1	F1.1	F1.2	F1.3	F1.1.1	F1.2.1	F1.2.2	F1.2.3	F1.3.1	F1.3.2	F1.3.3	F1.3.4	F1.3.5	F1.3.6	F1.3.7	F1.3.8	F2
ВЭУ-3	1																
Молниеприёмник																	1
Металлические конструкции		1															
Ветроэнергетическая установка			1														
Электрооборудование				1													
Ферма					1												
Тормоз механический						1											
Лопасты							1										
Генератор								1									
Преобразователь									1								
Инвертор										1							
Аккумуляторная батарея											0,5	0,5					
Кабельная продукция													1				
Шкаф с электрический														0,3	0,4	0,3	
Производственные затраты по функциям, тыс. руб.	436,0	30,0	267,0	139,0	30,0	12,0	140,0	115,0	65,0	35,0	14,0	14,0	3,0	2,4	3,2	2,4	1,0
Доля в полной себестоимости	99,8	6,9	61,0	31,9	6,9	2,7	32,0	26,3	14,9	8,0	3,2	3,2	0,8	0,54	0,72	0,54	0,2

Далее строим функционально-стоимостные диаграммы. По оси абсцисс откладываем функции, по оси ординат в первом квадранте значимость функции, в четвёртом фактические затраты приходящиеся на функцию, выраженные в долях от себестоимости ветроэлектрической установки. Функционально-стоимостные диаграммы представлены на рисунках 4.4, 4.5, 4.6.

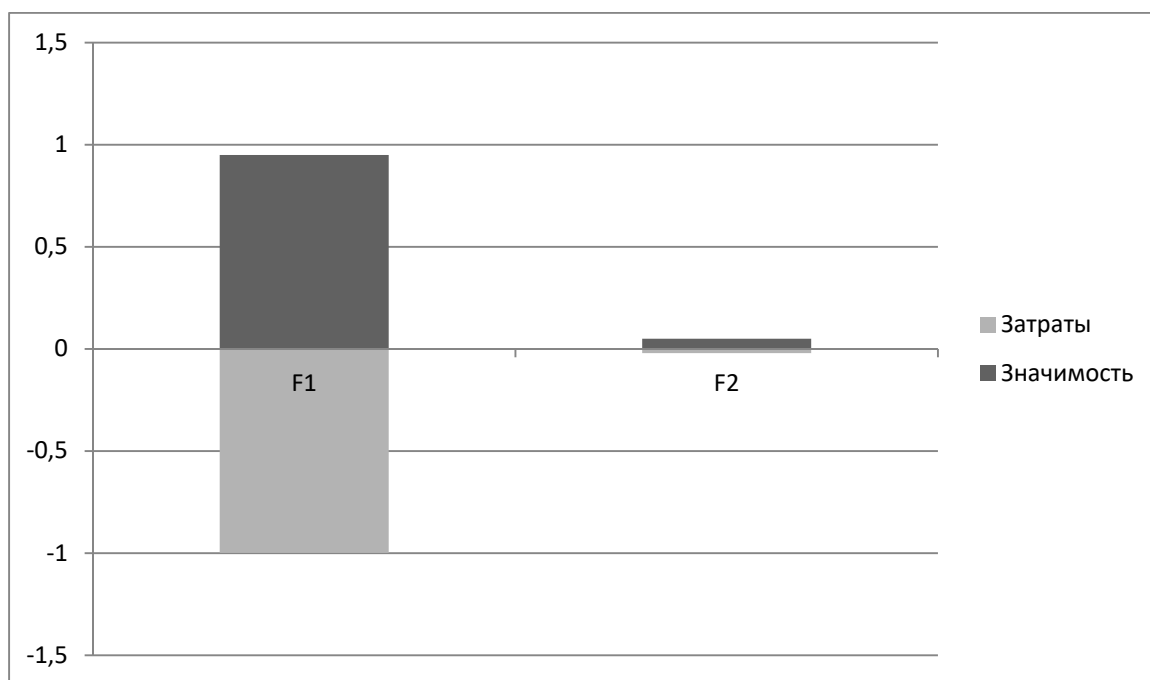


Рисунок 4.4 – Функционально-стоимостная диаграмма 1-го уровня

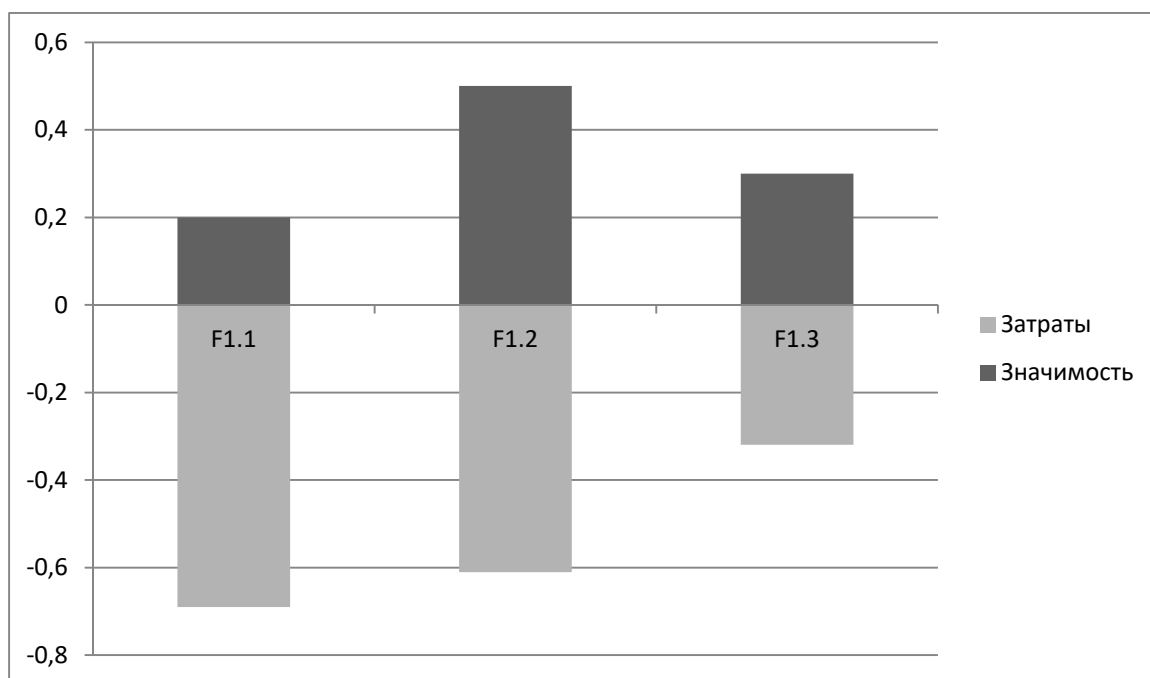


Рисунок 4.5 – Функционально-стоимостная диаграмма 2-го уровня

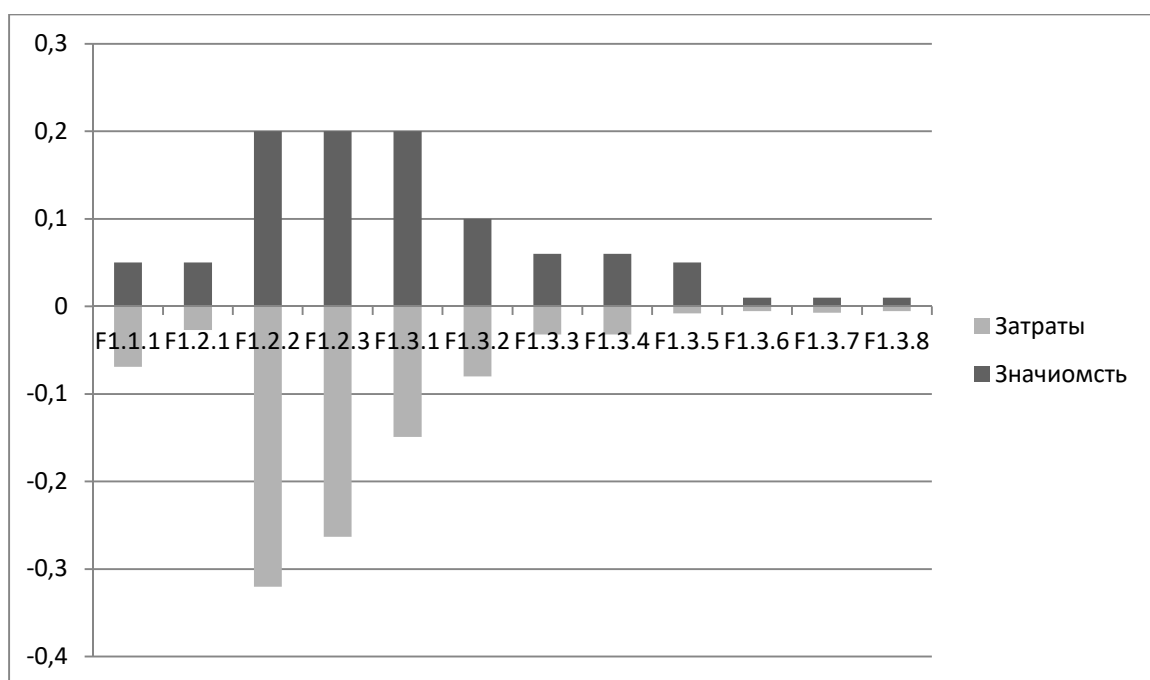


Рисунок 4.6 – Функционально-стоимостная диаграмма 3-го уровня

Сопоставляя верхние и нижние части диаграмм, определяем функции значимость которых не соответствуют реальным затратам на их реализацию. Из диаграмм видно, что функции выполняемые материальными носителями: металлическая ферма; лопасти; генератор; не соответствуют затратам и должны быть подвержены дальнейшему анализу в первую очередь. Во вторую очередь необходимо проанализировать функции преобразователя и инвертора, т.к. их функции сопоставимы с затратами и затраты на реализацию их функций из общей доли занимают большой процент. Элементы функциональной модели с ненужными, лишними функциями отсутствуют.

#### 4.2 Выводы по разделу 4

Основными причинами дисбаланса соотношений значимости функции к затратам на их реализацию являются:

Для функции F1.1.1 – большой вес металлической фермы;

F1.2.2 – высокая цена композитных материалов;

F1.2.3 – высокая стоимость магнитов;

F1.3.1 – высокая стоимость элементной базы;

F1.3.2 – высокая стоимость элементной базы.

Возможные пути преодоления дисбаланса:

Выполнение точного расчёта металлической фермы по несущей возможности для снижения её веса, изменение профиля элементов фермы;

Использование строительных конструкции здания в качестве фермы;  
Применение принципиально новых материалов для изготовления лопастей;  
Оптимизация производства выпускающие лопасти для ветроэлектрической установки;

Замена поставщиков на более дешёвых, отвечающих требованиям качества.

При формировании технического задания на разработку новой системы может быть рекомендовано функцию F1.3 исключить и заменить на новую функцию, например F1.4 - преобразовывать энергию ветра в тепловую, что приведет к новой функциональной модели и позволит более дешёвым способом решить задачи над-системы, в данном случае повышение энергоэффективности зданий и сооружений.

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время важной и актуальной проблемой для нашей страны является рациональное использование энергоресурсов и снижение уровня энергопотребления. Единственным путем решения данной проблемы является использование передовых энергосберегающих технологий.

Энергосберегающие технологии, несмотря на то, что активно применяются в России, все равно находятся на начальном уровне, в целом не развиты, не используется комплексный подход к решению проблемы в целом.

В настоящее время в Российской Федерации стала формироваться законодательная база, без которой не возможна реализация задач энергосбережения. Основным законом в области энергосбережения является Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009. Этим законом устанавливаются минимальные требования к энергетической эффективности зданий и сооружений. Определяется комплекс мер рационального использования энергоресурсов.

Инновацией будет являться использование малой ветроэнергетики в серийном многоэтажном строительстве, которая позволит повысить энергоэффективность зданий.

Современные мегаполисы увеличиваются по площади, что заставляет застройщиков проводить уплотнительную застройку, одним из решений является высотное строительство, при этом возрастает показатель шероховатости поверхности, что приводит к увеличению средней скорости ветра с увеличением высоты.

Применение малой ветроэнергетики в строительстве ранее было неэффективным в следствии дороговизны ветроэлектрических установок, низкого их КПД, низких скоростей ветра, необходимости выполнения высоких мачт со сложными системами растяжек.

В настоящее время появились новые материалы, технологии, что позволило увеличить КПД ветроэлектрических установок, снизить их стоимость, увеличить срок эксплуатации, повысить автономность.

В сложившейся ситуации применение ветроэлектрических установок на кровлях высотных зданий стало актуальным.

Данной работой было рассмотрено использование запатентованной ветроэлектрической установки производства ООО «ГРЦ-Вертикаль» на кровле многоэтажных панельных жилых домов.

В качестве основного метода исследования принят метод компьютерного моделирования. Построена конструктивно пространственная модель здания в программном комплексе ПК «МикроФЕ» 2012 с ветроэлектрической установкой, выполнены расчёты. Расчёты показали возможность установки ВЭУ-3 на кровлю реконструируемых и вновь строящихся жилых многоэтажных панельных зданий.

Проведено технико-экономическое обоснование установки ВЭУ-3 в г. Челябинске с учётом её стоимости и стоимости её монтажа действующей на четвёртый

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

квартал 2019г. для г. Челябинска. В расчётах принята стоимость тарифа на электрическую энергию для населения Челябинской области, проживающих в домах оборудованных стационарными электрическими плитами, равной 2,27 руб/кВт\*ч, по состоянию на четвёртый квартал 2019г. Показатель инфляции на четвёртый квартал 2019г. - 3,8%.

При технико-экономическом обосновании выявлено, что срок окупаемости ветроэлектрической установки при использовании в г. Челябинске намного больше гарантированного срока эксплуатации. Поэтому была определена себестоимость установки при которой срок окупаемости снижается до гарантированного срока использования. В данном случае стоимость установки с монтажом не должна превышать 250 тыс. руб.

Экономически обоснованно при сложившихся ценах на оборудование и тарифах использовать данную ветроэлектрическую установку ВЭУ-3 в г. Владивосток на зданиях от 16 этажей и выше, при этом срок окупаемости ветроэлектрической установки составит не более 7 лет. Количество вырабатываемой электрической энергии за гарантированный срок эксплуатации - 0,57 МВт. Чистый доход за гарантированный срок эксплуатации - 1069,58 тыс. руб.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что для достижения экономического эффекта необходимо уменьшать стоимость ветроэлектрической установки не менее чем в два раза, а так же добиваться выработки номинальной мощности при меньших скоростях ветра, близких к 5 м/с.

Проведён функционально-стоимостной анализ при выполнении которого были определены функции материальных носителей значимость которых не соответствуют реальным затратам на их реализацию. Выявлены причины дисбаланса и определены возможные пути по их преодолению.

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/)– (дата обращения: 03.12.2018 г.);
2. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93978/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/) – (дата обращения: 15.05.2018 г.);
3. Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 г. N 18 "Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/12182261/paragraph/1:0> – (дата обращения: 15.05.2018 г.);
4. Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2013 г. N 1129 "О внесении изменений в требования к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/70530408/paragraph/1:0>– (дата обращения: 15.05.2018 г.);
5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. №2446-р г. Москва. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2011/01/25/energoberejenie-site-dok.html> – (дата обращения: 24.11.2019 г.);
6. Постановление министерства тарифного регулирования и энергетики Челябинской области № 88/1 от 25.12.2018 «Об установлении цен (тарифов) на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категорий потребителей по Челябинской области». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ruses.ru/files/attachments/tarifi/Chel\\_tn19\\_post88\\_1\\_251218.pdf](https://www.ruses.ru/files/attachments/tarifi/Chel_tn19_post88_1_251218.pdf) – (дата обращения: 24.11.2019 г.);
7. Постановление Департамента по тарифам Приморского края № 72/3 от 26.12.2018 «Об установлении тарифов и понижающих коэффициентов на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категорий потребителей по Приморскому краю на 2019 год» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.dvec.ru/private\\_clients/tariffs/2019/prim\\_tariffs\\_20181226\\_72\\_3.pdf](https://www.dvec.ru/private_clients/tariffs/2019/prim_tariffs_20181226_72_3.pdf) – (дата обращения: 24.11.2019 г.);
8. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы. – Введ. 31.10.1996 Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. N 36. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901703278> – (дата обращения: 08.12.2019 г.);

9. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
10. СП 4.13130.2013. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объёмно-планировочным и конструктивным решениям. – Введ. 2013 - М.: – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2013. – 183 с.;
11. СП 6.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требование пожарной безопасности. – Введ. 25.02.2013 –М.: - МЧС России, 2013. – 6 с.;
12. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81\* (с Изменениями N 1, 2, 3). – Введ. 01.01.2012 – М.: – Минрегион России, 2012. – 82 с.;
13. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействие. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. – Введ. 04.06.2017 – М.: – Минрегион России, 2016. – 104 с.;
14. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* (с Изменениями N 1, 2). – Введ. 07.01.2017 – М.: – Минстрой России, 2016. – 220 с.;
15. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99\*. – Введ. 2013 - М.: – Минрегион России, 2012. – 109 с.;
16. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. – Введ. впервые 2016 - М.: – Минстрой России, 2016. – 119 с.;
17. Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Гл. 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Раздел 7. Гл. 7.5, 7.6, 7.10. – 7-е изд., перераб. и доп., - Введ. 01.01.2003 - М.: НЦ ЭНАС, 2013 г. – 176 с.;
18. РД 52.04.275-89. Методические указания. Проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок. – Введ. впервые 1990 - М.: – ЦКБ ГМП, 1990. – 34 с.;
19. Рекомендации по определению климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 80 с.;
20. Национальный атлас России. Том 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xn--80aaaa1bhncclcc1cl5c4ep.xn--p1ai/cd2/172/172.html> - Ветровой режим. – (дата обращения: 29.01.2018 г.);
21. Анапольская, Л.Е. Методика определения расчётных скоростей ветра для проектирования ветровых нагрузок на строительные сооружения./ Л.Е. Анапольская, Л.С. Гандин // Метерология и гидрология. - 1958, - №10, - с. 9-17;
22. Борисенко, М.М. Исследование климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов: Обзорная информация. Серия 37.21 / М.М. Борисенко, Корнюшин О.Г., Соколова С.Н. – М.: Метеорология, 1987. Вып. 4. – 51 с.;
23. Гандин, Л.С. Проблема ветровых нагрузок на строительные сооруже-



ния как задача прикладной метеорологии // Труды ГГО. Гидрометеиздат. - вып. 23 (85). – 1950;

24. Грахов, Ю.В. Инженерный метод расчета аэродинамических характеристик ортогональных ветроколес / Ю.В. Грахов // Альтернативная энергетика и экология. – 2010. – № 1(81). – С. 72–82;

25. Джаубаева, Ф.Ю. Функционально-стоимостной анализ: сущность и этапы реализации / Ф.Ю. Джаубаева // Вестник университета ГУУ. – 2015. - №7 – С. 180-183;

26. Елистратов, В. В. Использование ветроэнергетических установок в Северо-западном регионе РФ Текст. / В. В. Елистратов. Энергонадзоринформ. – 2006. –№ 2. – С. 28–30;

27. Карпунин, М.Г. Функционально-стоимостный анализ в инженерной деятельности. Учебное пособие. / М.Г. Карпунин, А.М. Кузьмин, С.В. Шалденков - М.: Информэлектро, 1990. - 77 с.;

28. Липсиц, И.В. Экономический анализ реальных инвестиций: Учеб пособие / И.В. Липсиц, В.В. Косов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Экономистъ, 2004. – 347 с.;

29. Ляхтер, В.М. Развитие ветроэнергетики // Малая энергетика. 2006. №1-2(4-5). С 18-38;

30. Прох, Л.З. Словарь ветров: Словарь / Л.З. Прох. -М.: Гидрометеиздат, 1983. -312 с.;

31. Прохоров, Ю.Ф. Основы функционально-стоимостного анализа систем: учебное пособие / Ю.Ф. Прохоров, В.В. Лихолетов, - Челябинск, 2014. – 155с.;

32. Савицкий, Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г.А. Савицкий. – М: Издательство литературы по строительству, 1972. – 111 с.;

33. Соломин, Е.В. Ветроэнергетические установки ГРЦ-Вертикаль / Е.В. Соломин // Альтернативная энергетика и экология. - М.: НИИЭС, 2010. - № 1. - С. 10-15;

34. Соломин, Е.В. Ветроэнергетическая установка с вертикальной осью вращения / И.М. Кирпичникова, Е.В. Соломин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика».- 2008. - Вып. 10. - № 26. - С. 15-16;

35. Соломин, Е.В. Размещение ветроэнергетических установок с вертикальной осью вращения на ответственных инженерных объектах / Е.В. Соломин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». - 2010. - Вып. 11. - №33(209).-С. 47-51;

36. Соломин, Е.В. Сделано в России! Ветроэнергетические установки с вертикальной осью вращения мощностью 1...100 кВт для потребителей электроэнергии / Е.В. Соломин // Альтернативная энергетика и экология. - М.: НИИЭС, 2009. -№ 10. - С. 74-78;

37. Соломин, Е.В. Сравнительные характеристики вертикально-осевых ветроэнергетических установок / Е.В. Соломин // Альтернативная энергетика и экология. - М.: НИИЭС, 2010. - № 1. - С. 48-53;

38. Соломин, Е.В. Технические особенности и преимущества ветроэнер-

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		64

гетических установок / Е.В.Соломин, Р.Л.Холстед // Альтернативная энергетика и экология. - М.: НИИЭС, 2010. - № 1. - С. 36-41;

39. Соломин, Е.В. Экономические аспекты внедрения ветроэнергетических установок / Е.В. Соломин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент».- 2010. - Вып. 14. - № 20(196). - С. 32-36;

40. Центральный банк РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cbr.ru/> – (дата обращения: 18.11.2019 г.);

41. Гидрометцентр России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/bofort> - Шкала Бофорта. – (дата обращения: 22.11.2019 г.);

42. Designbuild-network [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.designbuild-network.com/projects/bahrain-world-trade-centre/> - Bahrain World Trade Centre. – (дата обращения: 29.01.2018 г.);

43. Fastcompany [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fastcompany.com/1583813/strata-tower-first-building-wind-turbines-incorporated-its-design>. – (дата обращения: 29.01.2018 г.);

44. World Wind Energy Association [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wwindea.org/blog/2018/02/12/2017-statistics/> – (дата обращения: 13.11.2019 г.);

45. Пат. RU 2 649 166 С1, МПК F03D 1/02, F03D 1/06, F03D 7/02. Модульное ветроколесо / Я.М. Кашин, А.Я. Кашин, А.А. Яковенко. - 2017100677; заявл. 10.01.2017 г.; опубл. 30.03.2018 г., Бюл. №10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2649166&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2649166&TypeFile=html) - (дата обращения: 03.12.2018 г.);

46. Пат. RU 176074 U1, МПК F03D 3/06, F03D 9/25, F03D 80/40, H02S 10/12. Энергетический модуль с использованием ветровой и солнечной энергии / А.В. Кнох, О.А. Кнох. – 2016150278; заявл. 21.12.2016 г.; опубл. 27.12.2017 г., Бюл. №36 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPM&DocNumber=176074&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=176074&TypeFile=html) - (дата обращения: 03.12.2018 г.);

47. Пат. RU 2 348831 С2, МПК F03D 11/00. Способ и устройство системы Волкова для производства энергии методом парашютного захвата / А.Е. Волков – 2007106976/06; заявл. 26.02.2007 г.; опубл. 10.03.2009 г., Бюл. №7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2348831&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2348831&TypeFile=html) - (дата обращения: 03.12.2018 г.);

48. Пат. RU 131 095 U1, МПК F03D 9/00. Энергетическая установка ветрогенератора / Р.С. Подшивалов, М.А. Левин - 2013102827/06; заявл. 22.01.2013 г.; опубл. 10.08.2013 г., Бюл. №22 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPM&DocNumber=131095&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=131095&TypeFile=html) - (дата обращения: 03.12.2018 г.);

49. Пат. RU 2 484 295 С2, МПК F03D 3/00. Вантовая ветроэнергетическая установка / В.И. Милкин, Н.В. Калитенков, А.Н. Коробко, А.П. Новожилов - 2011137695/06 ; заявл. 13.09.2011 г.; опубл. 10.06.2013 г., Бюл. №16 [Электрон-

					080401-2019-119-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

ный ресурс]. – Режим доступа:

[http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2484295&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2484295&TypeFile=html) - (дата обращения: 03.12.2018 г.);

50. Пат. RU 2 369 772 С2, МПК F03D 11/00, F03D 3/04. Выработка электроэнергии с размещением ветрогенератора в вертикальном вытяжном воздушном канале в конструкции жилого здания / В.В. Тебуев - 2007126567/06; заявл. 20.01.2007 г.; опубл. 10.10.2009 г., Бюл. №2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2369772&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2369772&TypeFile=html) - (дата обращения: 03.12.2018 г.);

51. Пат. RU 2 347 104 С2, МПК F03D 3/06. Ротор ветряной установки с вертикальной осью вращения (варианты) / Ю.В. Грахов, В.П. Кривоспицкий, В.И. Кривцов, В.Ф. Максимов, Е.В. Соломин, Р. Холстед, Г. Дахлбакка - 2006117014/06; заявл. 12.05.2006 г.; опубл. 20.02.2009 г., Бюл. №34 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2347104&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2347104&TypeFile=html) - (дата обращения: 03.12.2018 г.);

52. Пат. RU 2 476 718 С2, МПК F03D 3/02, F03D 11/02. Воздушно-электрическая установка / С.Н. Куканков, Ю.Н. Сайгушев, Т.А. Трактин, С.С. Куканков - 2011121006/06; заявл. 25.05.2011 г.; опубл. 27.02.2013 г., Бюл. №33 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2476718&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2476718&TypeFile=html) - (дата обращения: 03.12.2018 г.);

53. Пат. RU 2 662 101 С1, МПК В64В 1/50, F03D 9/00. Аэростат ветроэнергетический / А.В. Губанов - 2017143110; заявл. 11.12.2017 г.; опубл. 23.07.2018 г., Бюл. №21 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2662101&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2662101&TypeFile=html) - (дата обращения: 03.12.2018 г.);

54. Пат. RU 2 522 126 С1, МПК F03D 5/00. Флажковый ветрогенератор / Ф.Ф. Пащенко, Л.Е. Круковский, В.В. Торшин - 2013112588/06; заявл. 21.03.2013 г.; опубл. 10.07.2014 г., Бюл. №19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2522126&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2522126&TypeFile=html) - (дата обращения: 03.12.2018 г.);

55. АСП.068.15.ПП.3. Десятиэтажный многоквартирный жилой дом №3 с техническими сооружениями. – Челябинск: АкадемСтройПроект, 2019г.