Муниципальное автономное образовательное учреждение «Гимназия»

Исследовательская работа

**Перспектива использования ветроэнергетики в Новоуральском городском округе**

**Автор:**

Еремин Илья Дмитриевич,

ученик 9 класса «Б»

МАОУ «Гимназия»

**Руководитель:**

Пустотина Александра Михайловна,

учитель физики

МАОУ «Гимназия»

Новоуральский городской округ

2023

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc128583061)

[Глава I. Изучение теоретического материала о ветроэнергетике 5](#_Toc128583062)

[1.1 Что такое ветроэнергетика? 5](#_Toc128583063)

[1.2 Принцип работы ветроэнергетической установки 5](#_Toc128583064)

[1.3 Систематизация данных о преимуществах и недостатках ветроэнергетики 8](#_Toc128583065)

[1.4 Что такое ветроэнергетический кадастр 11](#_Toc128583066)

[Глава II. Исследование перспективы использования ветроэнергетики на территории НГО 14](#_Toc128583067)

[2.1 Целевые установки практического исследования 14](#_Toc128583068)

[2.2 Сбор статистических данных 14](#_Toc128583069)

[2.3 Создание ветроэнергетического кадастра территории НГО 15](#_Toc128583070)

[2.4 Выводы по практической части исследовательской работы 28](#_Toc128583082)

[Заключение 30](#_Toc128583083)

[Список литературы 32](#_Toc128583084)

**Введение**

По причине многочисленных выбросов в природную среду различных вредных веществ растёт угроза изменения климата и загрязнения окружающей среды, человечество ищет альтернативные способы получения чистой энергии. Вместо наносящих вред экосистеме источников энергии в виде полезных ископаемых можно использовать альтернативные источники энергии, например энергию ветра.

**Актуальность исследования:** в наше время альтернативные, экологически чистые, возобновляемые источники энергии очень востребованы, кроме этого, они дополняют энергетическую систему городского хозяйства.

Я решил выяснить почему ветроэнергетика не используется в энергетической системе городского хозяйства. Сейчас очень много внимания уделяется экологии окружающей среды, а ветроэнергетика может внести особый вклад не только в энергетическую, но и экологическую безопасность территории в Новоуральском городском округе (НГО). Но в то же время существует проблема географического распределения энергетических ресурсов ветроэнергетики, связанной с эффективным использованием данного вида энергии в определённой климатической зоне. Ветроэнергетические установки (ВЭУ) строятся только в тех районах, где часто дуют сильные ветра.

Вот тут у нас возникает **противоречие** – между возможностью использования энергии ветра, как дополнительного, экологически чистого источника электроэнергии на территории НГО, и эффективностью строительства ВЭУ на данной территории. Из данного противоречия я выявил **проблему** – невозможно оценить энергетические ресурсы энергии ветра и эффективность строительства ВЭУ на территории НГО, недостаточно использовать ВЭУ лишь ради того, что это экологически чистый, возобновляемый вид энергии, необходимо ещё узнать о недостатках и преимуществах ветроэнергетики, собрать сведения для ветроэнергетического кадастра территории и после оценить эффективность применения данного вида энергии на территории НГО.

**Объект исследования:** энергия ветра, как источник электроэнергии.

**Предмет исследования**: перспектива использования энергии ветра, как источника электроэнергии на территории НГО.

**Цель исследования**: узнать о недостатках и преимуществах данного вида энергии, собрать сведения для ветроэнергетического кадастра территории НГО и оценить перспективы использования ветроэнергетики на территории НГО.

Для достижения этой цели я ставлю перед собой следующие **задачи:**

1. Изучить теоретический материал о ветроэнергетике;
2. Узнать преимущества и недостатки ветроэнергетики;
3. Собрать сведения для ветроэнергетического кадастра территории НГО;
4. Оценить потенциал развития ветроэнергетики в НГО.

Цель и задачи исследования определили выбор **методов исследования**:

1. Изучение технической литературы по данной теме;
2. Использование теоретического метода для систематизации полученной информации о преимуществах и недостатках ветроэнергетики;
3. Использование статистического метода сбора данных для создания ветроэнергетического кадастра территории НГО;
4. Анализ полученных данных.

На материале исследования, взятой из технической литературы, систематизации информации о преимуществах и недостатках ветроэнергетики, собранных сведений ветроэнергетического кадастра территории НГО, и последующего анализа полученных данных, можно выяснить потенциал развития ветроэнергетики в НГО.

Таким образом, результатом исследования станет оценка перспективы использования ветроэнергетики на территории НГО.

**Глава I. Изучение теоретического материала о ветроэнергетике**

* 1. **Что такое ветроэнергетика?**

Ветроэнергетика - отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве. Такое преобразование может осуществляться такими агрегатами, как ветрогенератор (для получения электрической энергии), ветряная мельница (для преобразования в механическую энергию), парус (для использования в транспорте) и другими [5, 656].

Ветроэнергетика - возобновляемый вид энергии, так как на Земле всегда возникают ветра из-за разницы температур и давления в разных областях земного шара.

Ветрогенератор мощностью 1 МВт сокращает ежегодные выбросы в атмосферу 1800 тонн СО2, 9 тонн SO2, 4 тонн оксидов азота. По оценкам Global Wind Energy Council к 2050 году мировая ветроэнергетика позволит сократить ежегодные выбросы СО2 на 1,5 миллиарда тонн[[1]](#footnote-1).

* 1. **Принцип работы ветроэнергетической установки**

В упрощенном виде принцип работы ВЭУ, устройство которой представлено на рис. 1, можно описать следующим образом [7].

Сила ветра приводит в движение лопасти ВЭУ. Во время своих поворотов лопасти вращают ось, соединённую с ротором ветрогенератора. Аэродинамические особенности лопастей позволяют быстро крутить ротор генератора. Внутри ротора размещены магниты. Когда ротор вращается в статоре ветрогенератора, создаётся переменный электрический ток. Таким образом, механическая энергия ветрогенератора превращается в переменный электрический ток. Чем сильнее ветер, тем больше электроэнергии может произвести ВЭУ.

Управляет работой ВЭУ электронная цепь (контроллер), находящийся внутри ветроустановки.



Рис.1 Устройство ВЭУ

Переменный ток легко вырабатывать и передавать на большие расстояния, но невозможно аккумулировать. Поэтому электроэнергия произведённая ветрогенератором с помощью контроллера преобразуется в постоянный ток и направляется для накопления в аккумуляторы большой ёмкости. Контроллер управляет зарядкой аккумуляторной батареи и частотой вращения лопастями ветроустановки. По мере уменьшения заряда вращение лопастей замедляется. При полной разрядке батареи лопасти ВЭУ снова начинают вращаться. Таким способом зарядка аккумуляторов поддерживается на определённом оптимальном уровне.

Чтобы ВЭУ не вышла из строя при сильном ветре, она снабжена специальной системой торможения, которая замедляет вращение ротора ветрогенератора.

Накопленная энергия находится в аккумуляторах до тех пор, пока потребитель электроэнергии не захочет воспользоваться ею, подключив электроприбор в электрическую розетку. Тогда контроллер направит постоянный ток из аккумулятора в инвертор, который преобразует его в переменный электрический ток 50 Гц, такой же частоты, как и в обычных комнатных розетках.

Пример упрощённой схемы ВЭУ [2, 25-27] представлена на рисунке 2.



Рис.2 Упрощённая схема ВЭУ

Чтобы получить большое количество электроэнергии, изготавливаются промышленные ВЭУ. Как правило, их объединяют в сети, в результате получается ветряная электростанция. Мощность современных ВЭУ достигает мощности 6 МВт.

Работу ветроустановки характеризуют несколькими диапазонами скоростей ветра:

* стартовая скорость ветра, обычно в диапазоне от 2,0 до 4,0 м/с, при которой ВЭУ начинает вращение;
* номинальная скорость ветра, обычно от 10 до 14 м/с, при которой мощность ВЭУ достигает номинального значения и генератор ВЭУ работает с максимальной эффективностью;
* максимальная скорость ветра, при которой ВЭУ отключается от сети и останавливается, обычно в диапазоне 20-25 м/с.

Существует еще так называемая “буревая скорость ветра”. Это скорость при которой остановленная ВЭУ не должна разрушаться (обычно от 60 до 80 м/с) [2].

* 1. **Систематизация данных о преимуществах и недостатках ветроэнергетики**

Данные о преимуществах и недостатков ветроэнергетики, взятые из разных источников информации [1] - [9], мною систематизированы и представлены ниже.

Преимущества ветроэнергетики:

1. Низкое экологическое воздействие на окружающую среду:
* ветроэнергетика - источник «зелёной» генерации электроэнергии, вносящая низкое экологическое воздействие на окружающую среду;
* ВЭУ мощностью 1 МВт сокращает ежегодные выбросы в атмосферу 1800 тонн СО2, 9 тонн SO2, 4 тонн оксидов азота [7];
* ВЭУ в процессе эксплуатации не потребляют ископаемого топлива. Работа ВЭУ мощностью 1 МВт за 20 лет позволяет сэкономить примерно 29 тыс. тонн угля или 92 тыс. баррелей нефти [7];
* выработавшие свой ресурс ВЭУ не представляют опасности, как, например, атомные электростанции.
1. Энергетическая независимость.

Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии всех рек планеты.

1. Низкая себестоимость.

 Себестоимость электричества из ветра гораздо ниже, чем электричества, производимого на угольных и других электростанциях, не использующих альтернативные источники для производства энергии.

1. Небольшая площадь землепользования:
* Земли, отчуждаемые для строительства ВЭУ, пригодны для параллельного использования, например, в сельском хозяйстве.
* ВЭУ занимают только 1 % от всей территории ветряной фермы. На 99 % площади фермы возможно заниматься сельским хозяйством или другой деятельностью.
1. Низкая стоимость утилизации.

По окончании эксплуатации ВЭУ стоимость их утилизации гораздо меньше, чем других энергоустановок.

1. Снижают нагрузку на водные ресурсы.

В отличие от традиционных тепловых электростанций, ВЭУ не используют воду, что позволяет существенно снизить нагрузку на водные ресурсы.

1. Влияние на климат:
* ВЭУ изымают часть кинетической энергии движущихся воздушных масс, что приводит к снижению скорости их движения. При массовом использовании ветряков это замедление теоретически может оказывать заметное влияние на локальные (и даже глобальные) климатические условия местности. В частности, снижение средней скорости ветров способно сделать климат региона чуть более континентальным за счёт того, что медленно движущиеся воздушные массы успевают сильнее нагреться летом и охлаждаться зимой.
* Также отбор энергии у ветра может способствовать изменению влажностного режима прилегающей территории. Впрочем, учёные пока только разворачивают исследования в этой области; научные работы, анализирующие эти аспекты, не дают количественную оценку воздействия широкомасштабной ветряной энергетики на климат, однако позволяют заключить, что оно может быть не столь пренебрежимо малым, как полагали ранее. Согласно моделированию Стэнфордского университета, большие ветряные электростанции могут существенно ослабить ураганы, уменьшая экономический ущерб от их воздействия [1].

Недостатки ветроэнергетики:

1. Географическая зависимость эффективности работы.

Эффективность работы ветроэнергетики зависит от её географического расположения и от интенсивности силы ветра в регионе. Наиболее ветрообильные районы - прибрежные территории, расположенные вдоль морей и крупных озёр. Наиболее перспективны для ветроэнергетики регионы со среднегодовыми скоростями ветра выше 7 м/с.

1. Нерегулируемый источник энергии, связанный с нестабильностью его работы.

Ветроэнергетика является нерегулируемым источником энергии. Выработка ветроэлектростанции зависит от силы ветра — фактора, отличающегося большим непостоянством. Соответственно, выдача электроэнергии с ветрогенератора в энергосистему отличается большой неравномерностью как в суточном, так и в недельном, месячном, годовом и многолетнем разрезах. Учитывая, что энергосистема сама имеет неоднородности нагрузки (пики и провалы энергопотребления), регулировать которые ветроэнергетика, естественно, не может, введение значительной доли ветроэнергетики в энергосистему способствует её дестабилизации. Понятно, что ветроэнергетика требует резерва мощности в энергосистеме (например, в виде газотурбинных электростанций или дизельных генераторов), а также механизмов сглаживания неоднородности их выработки (в виде ГЭС или ГАЭС). Данная особенность ветроэнергетики существенно удорожает получаемую от них электроэнергию.

1. КИУМ энергии ветра.

Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) энергоустановки представляет собой отношение выработанной за определённый период времени энергии к той энергии, которая могла бы быть получена, если бы энергоустановка всё это время работала непрерывно на номинальном режиме. Для всех источников энергии стоимость технологического оборудования, как правило, пропорциональна установленной мощности, в то время как выручка от продажи энергии пропорциональна количеству выработанной энергии. КИУМ энергии ветра равен всего около 15,4% [1, 34]. Это низкий показатель и связан с нестабильностью скорости ветра и изменчивостью интенсивности ветровых потоков.

1. Необходимость выделения зон безопасности при эксплуатации:
* При эксплуатации ветроустановок в зимний период при высокой влажности воздуха возможно образование ледяных наростов на лопастях.
* При пуске ветроустановки возможен разлёт льда на значительное расстояние. Как правило, на территории, на которой возможны случаи обледенения лопастей, устанавливаются предупредительные знаки на расстоянии 150 м от ветроустановки.
1. Источник радиопомех.

 Металлические сооружения ветроустановки, особенно элементы в лопастях, могут вызвать значительные помехи в приёме радиосигнала.

* 1. **Что такое ветроэнергетический кадастр**

Ветроэнергетическим кадастром территории называется совокупность характеристик ветра с точки зрения его использования для производства механической или электрической энергии [9].

Основными составляющими кадастра территории являются:

1. Характер рельефа земной поверхности:

Существует зависимость скорости ветра от высоты прохождения воздушных потоков над уровнем земли. Близко к земле ветер замедляется за счёт трения о земную поверхность. При увеличении высоты прохождения воздушных потоков над поверхностью земли в два раза наблюдается увеличение скорости ветра приблизительно на 12%. Поэтому холмы и горные хребты, находящиеся на открытом ландшафте, считаются превосходным местом для установки ВЭУ. На холмах скорость ветра выше по сравнению с окружающей равнинной территорией. Но нужно помнить, что рельеф местности, например крутой холм или его неровная поверхность, из-за турбулентности может резко изменить скорость ветра и свести на нет преимущества более высокой скорости ветра.

Благоприятным условием ветрового потенциала является наличие на территории больших озёр и водоёмов, рядом с которыми наблюдаются дневные изменения скорости ветра. Утром солнце нагревает землю быстрее, чем воду, поэтому ветер дует в направлении побережья. Вечером земля остывает быстрее, чем вода, поэтому ветер дует от побережья.

1. Климат:

Важно знать каковы погодные условия на данной территории, связанные с сезонными изменениями ветровых потоков. В зимние месяцы скорость ветра обычно выше, чем летом.

1. Годовой и суточный ход ветра, т.е. его изменения по суткам и месяцам года;
2. Среднегодовая скорость ветра:

Среднегодовая скорость ветра является одним из основных параметров, отражающих возможности использования ветра. Если эта скорость составляет 5 м/с на высоте измерения 10 м (высота флюгера), то более, чем вероятно, что применение ветроустановки будет эффективным. С увеличением среднегодовой скорости ветра эффективность ВЭУ сильно увеличивается, поскольку количество вырабатываемой электроэнергии пропорционально кубу скорости ветра [2].

1. Повторяемость скоростей, типы и параметры функций распределения скоростей, т.е. сколько времени в течение года держится определенная скорость ветра;
2. Максимальная скорость ветра;
3. Распределение ветровых периодов и периодов штилей;
4. Удельная мощность ветрового потока:

Это важный параметр ветроэнергетических ресурсов территории, так как позволяет выявить сколько энергии можно выработать с определенной площади.

1. Характеристика класса местности:

По величине удельной мощности ветрового потока, приходящей на 1 м² поверхности, и среднегодовой скорости ветра на высоте 50 м над поверхностью земли, местности подразделяются на семь классов [9].

Названия классов местности и их характеристика по ветроэнергетическим ресурсам приведены в таблице 1. Эти данные являются ориентиром для выбора площадки сооружения ВЭУ большой мощности. Для ВЭУ малых мощностей это не является решающим фактором.

**Таблица 1**

**Название классов местности и их характеристика**

**по ветроэнергетическим ресурсам**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Номер класса** | **Характеристика класса местности** | **Удельная мощность, Вт/м2на высоте 50 м** | **Среднегодовая скорость, м/с на высоте 50 м** |
| 1 | бедный | 0-200 | 0,0-5,6 |
| 2 | малорентабельный | 200-300 | 5,6-6,4 |
| 3 | средний | 300-400 | 6,4-7,0 |
| 4 | хороший | 400-500 | 7,0-7,5 |
| 5 | отличный | 500-600 | 7,5-8,0 |
| 6 | выдающийся | 600-800 | 8,0-8,8 |
| 7 | великолепный | > 800 | > 8,8 |

Источниками получения исходной информации о ветроэнергетическом кадастре данной территории являются:

* Метеостанции, на которых осуществляются измерения всех климатических параметров, в том числе скорости ветра, обычно четыре раза в сутки. На современных метеостанциях измерения проводятся по 8 румбам, т.е. направлениям относительно частей света: север, юг, восток, запад (4 направления) и между ними: северо-восток и т.д. (4 направления);
* Метеостанции непрерывного наблюдения, как правило, сооружаемые на предполагаемых площадках установки ВЭУ;
* Зонды и шары, запускаемые периодически на разные высоты с определенных станций, называемых аэрологическими.

Поэтому, для того чтобы оценить эффективность строительства ВЭУ необходимо знать совокупность всех характеристик ветроэнергетического кадастра данной территории.

**Глава II. Исследование перспективы использования ветроэнергетики на территории НГО**

* 1. **Целевые установки практического исследования**

На основе материала, изложенного в теоретической части работы, я пришёл к выводу, что для выяснения перспективы применения ветроэнергетики в НГО необходимо создать ветроэнергетический кадастр территории. Но в связи с тем, что объём данных по выбранной теме исследования очень большой, то для создания ветроэнергетического кадастра НГО мною был выбран ограниченный период исследования, равный периоду 6 месяцев, начиная с августа 2022 года и заканчивая январём 2023 года.

Именно с этой точки зрения мне бы и хотелось построить дальнейший план практической части исследовательской работы:

1. Использовав статистический метод исследования, собрать данные о характеристиках ветроэнергетического ресурса территории НГО;
2. На основе статистических данных создать ветроэнергетический кадастр территории НГО;
3. Проанализировать результаты исследования и сделать вывод о потенциале территории НГО для строительства ВЭУ.

Таким образом, результатом исследования станет оценка перспективы использования ветроэнергетики на территории НГО.

Практическая часть работы состояла из трёх этапов: первый этап – сбор статистических данных, второй этап - создание ветроэнергетического кадастра территории НГО, третий – оценка результатов исследования.

* 1. **Сбор статистических данных**

Статистические данные о характеристиках ветроэнергетического ресурса и климата территории НГО за период с августа 2022 года по январь 2023 года взяты мной из источников метеонаблюдений [10, 11].

* 1. **Создание ветроэнергетического кадастра территории НГО**
		1. **Климат на** **территории НГО**

НГО находится в зоне умеренно континентального климата с характерной резкой изменчивостью погодных условий, хорошо выраженными сезонами года. Уральские горы, несмотря на их незначительную высоту, преграждают путь массам воздуха, поступающим с запада, из европейской части России. В результате Средний Урал оказывается открытым для вторжения холодного арктического воздуха и сильно выхоложенного континентального воздуха Западно-Сибирской равнины, в то же время с юга могут беспрепятственно проникать тёплые воздушные массы. Поэтому для территории НГО характерны резкие колебания температуры и формирование погодных аномалий: зимой — от суровых морозов ниже −30 °C до оттепелей и дождей, а летом — от жары выше +35 °C до заморозков.

Статистические данные с усреднёнными значениями сезонных температур на территории НГО за период с августа 2022 года по январь 2023 года взяты мной из источников метеонаблюдений [10, 11] и представлены в таблице 2.

**Таблица 2**

**Статистические данные сезонных температур на территории НГО**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Месяц** | **Средняя****сут. t, ℃** | **Δ t, ℃****(суточная амплитуда)** | **t, ℃ (утро)** | **t, ℃ (день)** | **t, ℃****(вечер)** |
| **Август** | +23,2 | +12,7 … +24,5 | +14,3 | +20,7 | +15,2 |
| **Сентябрь** | +9,6 | +2,8 … +11,1 | +3,9 | +9,2 | +5,4 |
| **Октябрь** | +4,9 | +0,3 … +6,6 | +1,4 | +3,8 | +2,6 |
| **Ноябрь** | -6,1 | -10,9 … -4,9 | -8,9 | -8,0 | -8,7 |
| **Декабрь** | -10,9 | -16,1 … -8,7 | -13,5 | -12,5 | -13,3 |
| **Январь** | -9,6 | -15,1 … -8,5 | -13,2 | -11,5 | -11,7 |

* + 1. **Рельеф** **территории НГО**

Рельеф местности НГО характеризуется горными складками Уральского хребта и холмистыми, сглаженными, волнистыми склонами в юго-западной европейской части. Средняя высота вершин в окрестностях НГО – 300-350 м над уровнем моря.

Западную часть НГО составляют горы Главного Уральского хребта с вершинами 500-600 м. Это горы: Бунар (612 м), Перевал (604 м), Карабай (517 м), Жужинские горы (511 м), Заплотный камень (505 м), Дедова гора (452 м). На территории НГО расположены более низкие горы: Трубная (424 м), Бакушная (410 м), Кирпичная (414 м), Висячий камень (545 м).

Территория НГО окружена лесным массивом с преимущественно светлохвойными сосновыми, сосново-еловыми лесами.

В районе НГО находятся крупные водоёмы, такие как Аятское и Таватуйское озёра, Верх-Нейвинское водохранилище.

* + 1. **Суточный ход ветра на территории НГО**

Для расчёта среднего значения выбранного параметра используется формула 1:

Aср = (A1 + A2 + … + An) / N, где (1)

 Aср – среднеарифметическое значение вычисляемого параметра;

 A1, A2, …, An – первое, второе, n-ое значение параметра;

 N – количество параметров.

По полученным статистическим данным, взятых мною из источников метеонаблюдений [10, 11], в соответствии с формулой 1, вычислены усреднённые значения суточного хода ветра на территории НГО для каждого месяца.

Результаты расчётов представлены в таблицах 3, 5, 7, 9, 11, 13. В ячейки таблиц занесены усреднённые значения скорости и направление ветра в течении суток месяца. Цветовая маркировка ячеек определяет величину усреднённого значения диапазона скорости ветра за сутки: штиль = 0 м/с (красный цвет), минимальный = 1-2 м/с (оранжевый цвет), стартовый = 3-4 м/с (белый цвет), номинальный = больше 4 м/с (зелёный цвет). В ячейках указаны также дни месяца с минимальной и максимальной скоростью ветра, выделенные жирным шрифтом.

В таблицах 4, 6, 8, 10, 12, 14 представлена средняя скорость ветра в зависимости от направления ветра в НГО за период с августа 2022 года по январь 2023 года.

**Таблица 3**

**Суточный ход ветра в течении августа 2022г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Число месяца** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **Направление ветра** | С | С | СВ | **Ю** | СЗ | **С** | **С** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 3 | 3 | 2 | **1(мин)** | 2 | **1(мин)** | **1(мин)** |
| **Число месяца** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** |
| **Направление ветра** | **В** | **В** | **С** | **ЮЗ** | **З** | **СЗ** | **СЗ** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **1(мин)** | **1(мин)** | **1(мин)** | **7** | **8(макс)** | **8(макс)** | **5** |
| **Число месяца** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** |
| **Направление ветра** | СЗ | **СЗ** | СЗ | С | **СЗ** | **СЗ** | С |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 2 | **5** | 4 | 3 | **5** | **6** | 2 |
| **Число месяца** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** |
| **Направление ветра** | С | СЗ | **СЗ** | **СЗ** | **З** | **С** | **СЗ** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 2 | 2 | **5** | **6** | **5** | **1(мин)** | **1(мин)** |
| **Число месяца** | **29** | **30** | **31** |
| **Направление ветра** | **СЗ** | **ЮЗ** | **ЮЗ** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **5** | **5** | **6** |

**Таблица 4**

**Средняя скорость ветра в зависимости от направления ветра в течении августа 2022г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Направление ветра** | **С** | **СВ** | **В** | **ЮВ** | **Ю** | **ЮЗ** | **З** | **СЗ** | **Штиль** |
| **Количество дней** | 9 | 1 | **2** | 0 | **1** | **3** | **2** | 13 | 0 |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 1,8 | 2 | **1** | - | **1** | **6** | **6,5** | 4,3 | - |
| **Среднемесячная скорость ветра, м/с** | **2,8** |

**Таблица 5**

**Суточный ход ветра в течении сентября 2022г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Число месяца** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **Направление ветра** | **СВ** | Ю | **З** | **З** | СЗ | **С** | **СЗ** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **1(мин)** | 4 | **7(макс)** | **6** | 3 | **1(мин)** | **5** |
| **Число месяца** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** |
| **Направление ветра** | ЮЗ | **СЗ** | СЗ | СЗ | ЮЗ | З | ЮВ |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 3 | **5** | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| **Число месяца** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** |
| **Направление ветра** | **ЮВ** | **ЮВ** | ЮВ | **СЗ** | Ю | **ЮЗ** | З |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **6** | **5** | 4 | **5** | 3 | **5** | 4 |
| **Число месяца** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** |
| **Направление ветра** | В | ЮВ | С | **СВ** | **СВ** | СВ | СВ |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 2 | 2 | 3 | **5** | **5** | 3 | 2 |
| **Число месяца** | **29** | **30** |
| **Направление ветра** | В | **ЮВ** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 4 | **5** |

**Таблица 6**

**Средняя скорость ветра в зависимости от направления ветра**

**в течении сентября 2022г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Направление ветра** | **С** | **СВ** | **В** | **ЮВ** | **Ю** | **ЮЗ** | **З** | **СЗ** | **Штиль** |
| **Количество дней** | 2 | 5 | 2 | 6 | 2 | 3 | 4 | 6 | 0 |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 2 | 3 | 3,2 | 4,17 | 3,5 | 3,33 | 4,75 | 4 | - |
| **Среднемесячная скорость ветра, м/с** | **3,5** |

**Таблица 7**

**Суточный ход ветра в течении октября 2022г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Число месяца** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **Направление ветра** | ЮВ | **Ю** | Ю | **ЮЗ** | ЮЗ | ЮВ | З |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 4 | **6** | 4 | **5** | 2 | 2 | 4 |
| **Число месяца** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** |
| **Направление ветра** | СЗ | **ЮЗ** | **З** | ЮЗ | **СВ** | ЮВ | В |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 4 | **5** | **8(макс)** | 2 | **1(мин)** | 2 | 4 |
| **Число месяца** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** |
| **Направление ветра** | ЮЗ | **СЗ** | З | **ЮЗ** | З | **З** | ЮЗ |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 4 | **6** | 4 | **6** | 4 | **6** | 3 |
| **Число месяца** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** |
| **Направление ветра** | **СЗ** | **З** | **ЮЗ** | **З** | СЗ | З | **З** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **6** | **7** | **7** | **5** | 3 | 4 | **5** |
| **Число месяца** | **29** | **30** | **31** |
| **Направление ветра** | **Ю** | Ю | **ЮВ** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **5** | 4 | **5** |

**Таблица 8**

**Средняя скорость ветра в зависимости от направления ветра**

**в течении октября 2022г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Направление ветра** | **С** | **СВ** | **В** | **ЮВ** | **Ю** | **ЮЗ** | **З** | **СЗ** | **Штиль** |
| **Количество дней** | 0 | **1** | 1 | 4 | 4 | 8 | **9** | 4 | **0** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | - | **1** | 4 | 3,75 | 4,75 | 4,25 | **5,22** | 4,75 | **-** |
| **Среднемесячная скорость ветра, м/с** | **3,5** |

**Таблица 9**

**Суточный ход ветра в течении ноября 2022г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Число месяца** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **Направление ветра** | ЮВ | **В** | В | С | **СЗ** | **З** | З |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 3 | **5** | 2 | 3 | **9(макс)** | **5** | 3 |
| **Число месяца** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** |
| **Направление ветра** | ЮЗ | **ЮЗ** | З | **ЮЗ** | Ю | **В** | **С** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 4 | **5** | 4 | **6** | 3 | **5** | **7** |
| **Число месяца** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** |
| **Направление ветра** | С | СЗ | **Ш** | **Ю** | С | З | **З** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 4 | 4 | **0(мин)** | **1** | 3 | 2 | **6** |
| **Число месяца** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** |
| **Направление ветра** | С | **С** | В | **СВ** | Ю | **Ю** | Ю |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 3 | **1** | 3 | **1** | 2 | **1** | 3 |
| **Число месяца** | **29** | **30** |
| **Направление ветра** | Ю | **С** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 2 | **1** |

**Таблица 10**

**Средняя скорость ветра в зависимости от направления ветра**

**в течении ноября 2022г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Направление ветра** | **С** | **СВ** | **В** | **ЮВ** | **Ю** | **ЮЗ** | **З** | **СЗ** | **Штиль** |
| **Количество дней** | 7 | **1** | 4 | 1 | 6 | **3** | 5 | **2** | **1** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 3,14 | **1** | 3,75 | 3 | 2 | **5** | 4 | **6,5** | **0** |
| **Среднемесячная скорость ветра, м/с** | **3,1** |

**Таблица 11**

**Суточный ход ветра в течении декабря 2022г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Число месяца** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **Направление ветра** | С | **Ш** | З | СЗ | С | Ю | ЮЗ |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 3 | **0(мин)** | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| **Число месяца** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** |
| **Направление ветра** | З | Ю | Ю | Ю | **З** | З | Ю |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 4 | 4 | 4 | 3 | **5** | 2 | 3 |
| **Число месяца** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** |
| **Направление ветра** | ЮВ | Ю | **З** | ЮВ | **ЮЗ** | **З** | **З** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 4 | 3 | **6(макс)** | 2 | **6(макс)** | **5** | **5** |
| **Число месяца** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** |
| **Направление ветра** | **Ю** | **З** | **ЮЗ** | Ю | ЮЗ | З | **Ш** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **5** | **5** | **6(макс)** | 4 | 4 | 2 | **0(мин)** |
| **Число месяца** | **29** | **30** | **31** |
| **Направление ветра** | **Ю** | **Ш** | С |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **1** | **0(мин)** | 2 |

**Таблица 12**

**Средняя скорость ветра в зависимости от направления ветра**

**в течении декабря 2022г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Направление ветра** | **С** | **СВ** | **В** | **ЮВ** | **Ю** | **ЮЗ** | **З** | **СЗ** | **Штиль** |
| **Количество дней** | 3 | 0 | 0 | 2 | 9 | **4** | 9 | 1 | **3** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 2,33 | - | - | 3 | 3,22 | **5** | 4 | 2 | **0** |
| **Среднемесячная скорость ветра, м/с** | **2,4** |

**Таблица 13**

**Суточный ход ветра в течении января 2023г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Число месяца** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **Направление ветра** | ЮВ | **ЮВ** | СЗ | **СВ** | ЮЗ | С | **СЗ** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 3 | **6** | 3 | **1(мин)** | 2 | 2 | **6** |
| **Число месяца** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** |
| **Направление ветра** | **С** | ЮЗ | ЮЗ | **ЮЗ** | **З** | **ЮЗ** | **З** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **6** | 2 | 3 | **6** | **7** | **6** | **8(макс)** |
| **Число месяца** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** |
| **Направление ветра** | **З** | **ЮЗ** | ЮЗ | ЮЗ | ЮЗ | ЮЗ | **З** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **5** | **6** | 4 | 3 | 3 | 4 | **7** |
| **Число месяца** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** |
| **Направление ветра** | **З** | ЮЗ | ЮЗ | **ЮЗ** | **ЮЗ** | **З** | **З** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | **6** | 2 | 4 | **5** | **7** | **5** | **7** |
| **Число месяца** | **29** | **30** | **31** |
| **Направление ветра** | З | ЮЗ | **ЮЗ** |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 4 | 3 | **6** |

**Таблица 14**

**Средняя скорость ветра в зависимости от направления ветра**

**в течении января 2023г.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Направление ветра** | **С** | **СВ** | **В** | **ЮВ** | **Ю** | **ЮЗ** | **З** | **СЗ** | **Штиль** |
| **Количество дней** | 2 | **1** | 0 | 2 | 0 | 16 | **8** | 2 | 0 |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 4 | **1** | - | 4,5 | - | 4,13 | **6,13** | 4,5 | - |
| **Среднемесячная скорость ветра, м/с** | **3** |

* + 1. **Среднемесячная скорость ветра на территории НГО**

В соответствии с данными таблиц 3, 5, 7, 9, 11, 13 суточного хода ветра и формулой 1, вычислена средняя скорость ветра и суммарное количество дней, соответствующих каждому из 8 направлений ветра по сторонам света.

Результаты вычислений представлены в таблицах 4, 6, 8, 10, 12, 14. Цветовая маркировка ячеек таблиц определяет величину скорости для каждого направления ветра: минимальный = 1-2 м/с (оранжевый цвет), стартовый = 3-4 м/с (белый цвет), номинальный = больше 4 м/с (зелёный цвет). В отдельном столбце таблицы также приведено количество безветренных дней (штиль = 0 м/с) в месяце. В случае отсутствия таких дней столбец окрашен в серый цвет, иначе – в красный.

* + 1. **Повторяемость и распределение скоростей ветра на территории НГО**

На основе данных таблиц 4, 6, 8, 10, 12, 14 построена гистограмма распределения среднемесячной скорости ветра, представленная на рисунке 3, а также найден диапазон скорости ветра и преобладающие направления ветра для каждого месяца, представленные в таблице 15, за период одного полугода на территории НГО.

Рис.3 Гистограмма распределения среднемесячной

скорости ветра в течении одного полугода на территории НГО

**Таблица 15**

**Диапазон ежемесячных скоростей и преобладающие направления ветра**

 **на территории НГО**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Год** | **2022** | **2023** |
| **Месяц** | **АВГУСТ** | **СЕНТЯБРЬ** | **ОКТЯБРЬ** | **НОЯБРЬ** | **ДЕКАБРЬ** | **ЯНВАРЬ** |
| **Преобладающее направление ветра** | **СЗ** | **СЗ и ЮВ** | **З** | **Ю** | **ЮЗ** | **ЮЗ** |
| **Миним. среднесуточная скорость ветра, м/с** | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Среднемесячная скорость ветра, м/с** | **2,8** | **3,5** | **3,5** | **3,1** | **2,4** | **3** |
| **Максим. среднесуточная скорость ветра, м/с** | 8 | 7 | 8 | 9 | 6 | 8 |

Можно отметит, что мною в таблице 15 занесены среднесуточные значения минимальной скорости ветра (оранжевая цветовая маркировка ячеек таблиц) и максимальной скорости ветра (зелёная цветовая маркировка ячеек таблиц), которые учитывали кратковременные порывы ветра, которые в НГО достигают до 25 м/с.

Как видно из рис.3 и таблицы 15, среднемесячная скорость ветра на территории НГО находится в диапазоне от 2,8 до 3,5 м/с (синяя цветовая маркировка ячеек таблиц), что соответствует стартовой скорости ветра (от 2,0 до 4,0 м/с), при которой ВЭУ начинает вращение и вырабатывать электроэнергию. Но этого недостаточно для максимальной эффективности работы ВЭУ, которая достигается при номинальной скорости ветра от 10 до 14 м/с. Особенно неблагоприятен для ВЭУ декабрь месяц, когда среднемесячная скорость ветра равна 2,4 м/с и существует вероятность появления штилевых дней (красная цветовая маркировка ячеек таблиц).

* + 1. **Средняя полугодовая скорость ветра на территории НГО**

Чтобы рассчитать среднюю полугодовую скорость ветра воспользуемся данными таблицы 15 и формулой 2:

Vпср = (V1ср + V2ср + V3ср + V4ср + V5ср + V6ср) /6, где (2)

 Vпср – полугодовое среднее значение скорости ветра в м/с;

 V1ср, V2ср, …, V6ср – среднемесячная скорость ветра в м/с за период с августа 2022 года по январь 2023 года соответственно.

Vпср = (2,8 + 3,5 + 3,5+ 3,1 + 2,4+ 3) /6 = 3,05 м/с

Отсюда можно сделать вывод, что средняя полугодовая скорость ветра на территории НГО соответствует стартовой скорости ветра (от 2,0 до 4,0 м/с) ВЭУ.

* + 1. **Средняя максимальная скорость ветра на территории НГО**

Чтобы рассчитать среднюю максимальную полугодовую скорость ветра воспользуемся данными таблицы 15 и формулой 3:

Vпмакс = (V1макс + V2макс + V3макс + V4макс + V5макс + V6макс) /6, где (3)

Vпмакс – полугодовое значение максимальной скорости ветра в м/с;

V1макс, V2макс, …, V6макс – среднесуточная максимальная скорость ветра в м/с за период с августа 2022 года по январь 2023 года соответственно.

Vпмакс = (8 + 7 + 8 + 9 + 6 + 8) /6 = 7,5 м/с

Отсюда можно сделать вывод, что ВЭУ, построенные на территории НГО, при самых благоприятных условиях ветра смогут вырабатывать мощность равную 50% своего номинального значения.

* + 1. **Распределение** **ветровых периодов на территории НГО**

Гистограмма распределения ветровых периодов в течении одного полугода на территории НГО представлена на рисунке 4.

Как видно из гистограммы, примерно одну третью часть месяца (8-16 суток) при умеренной скорости ветра 5-9 м/с в течении полугода ВЭУ будут работать на 50% мощности своего номинального значения, другую третью часть месяца (10-12 суток) осенне-зимнего периода при стартовой скорости ветра 2-4 м/с - работать на стартовой скорости вращения, вырабатывая минимальную мощность, и в третью часть месяца (8-14 суток) - либо находится на минимально возможной стартовой скорости вращения, либо не работать вообще, не генерируя электроэнергию, из-за появления штилевых дней (1-3 дня) и малой скорости ветра до 1 м/с, особенно в неблагоприятный период года с ноября по декабрь.

Рис.4 Гистограмма распределения ветровых периодов в течении

 одного полугода на территории НГО

* + 1. **Роза ветров на территории НГО**

Роза ветров – график карты ветров, показывающий повторяемость направлений ветра в данном местности за определённый промежуток времени.

Повторяемость направления ветра на территории НГО за период с августа 2022 года по январь 2023 года представлена в таблице 16, а соответствующая роза ветров данного периода времени представлена на рисунке 5.

**Таблица 16**

**Повторяемость направления ветра** **в течении одного полугода**

 **на территории НГО**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Направление ветра** | **С** | **СВ** | **В** | **ЮВ** | **Ю** | **ЮЗ** | **З** | **СЗ** |
| **Количество суток** | 23 | 9 | 9 | 15 | 22 | 37 | 37 | 28 |
| **Процент повторяемости** | 12,8 | 5 | 5 | 8,3 | 12,1 | 20,6 | 20,6 | 15,6 |
| **Средняя скорость ветра, м/с** | 2,85 | 1,6 | 2,99 | 2,63 | 2,9 | 4,62 | 5,1 | 4,34 |

Рис.5 Роза ветров в течении одного полугода на территории НГО

Как видно из розы ветров рисунка 5, основными направлениями ветра в НГО являются западный и юго-западный (21%). Кроме того, преобладающим направлением ветра можно назвать северо-западный (16%). Самый редкие ветры на территории НГО — восточный и северо-восточный (5%).

Из этого следует, что при строительстве ВЭУ, для максимальной эффективности их работы, лопасти винтов следует размещать по направлению к западному и юго-западным ветрам.

* + 1. **Удельная мощность ветрового потока на территории НГО**

Для расчёта количества удельной мощности ветрового потока через единицу площади за единицу времени, измеряемой в Вт/м², используется формула 3 [2].

P = 0,5 x 1,225 x Vср³, где (3)

Vср – средняя полугодовая скорость ветра в м/с.

Отсюда зная, что на территории НГО средняя полугодовая скорость ветра Vпср = 3,05 м/с, то в соответствии с формулой 3 найдём удельную мощность ветрового потока:

P = 0,5 x 1,225 x 3,05³ = 17,38 Вт/м²

* + 1. **Характеристика класса местности территории НГО**

Зная величину удельной мощности ветрового потока равную P = 17,38 Вт/м², среднюю полугодовую скорость ветра Vпср = 3,05 м/с и, используя таблицу 1 исследовательской работы, определяем, что территория НГО относится к 1 классу местности, характеризующаяся бедностью ветроэнергетических ресурсов.

Эта характеристика является лишь ориентиром для выбора площадки сооружения ВЭУ большой мощности. Для ВЭУ малых мощностей она не является решающим фактором и носит лишь рекомендательный характер.

* 1. **Выводы по практической части исследовательской работы**

В соответствии созданным ветровым кадастром территории НГО, я определил благоприятные условия для строительства ВЭУ:

* холмистый рельеф местности и наличие крупных водоёмов поблизости;
* территория постоянно подвержена сезонным изменениями ветровых потоков, открыта для вторжения холодного арктического воздуха, а с юга - тёплых воздушных масс;
* наличие малого количества штилевых дней в течении года;
* среднемесячная скорость ветра находится в диапазоне от 2,8 до 3,5 м/с, что соответствует стартовой скорости ветра (от 2,0 до 4,0 м/с), при которой ВЭУ начинает вращение и вырабатывать электроэнергию;
* ВЭУ, построенные на территории, при самых благоприятных условиях ветра смогут длительное время, не менее одной трети периода каждого месяца года, вырабатывать мощность равную до 50% своего номинального значения;
* наличие в розе ветров устойчивых основных направлений ветра - западного и юго-западного, позволяет чётко определить направление размещения лопастей винтов ВЭУ для максимальной эффективности их работы.

Определил наличие неблагоприятных условий для строительства ВЭУ:

* территория относится к 1 классу местности, характеризующаяся бедностью ветроэнергетических ресурсов;
* имеет малую удельную мощность ветрового потока равную17,38 Вт/м²;
* имеет низкую среднюю полугодовую скорость ветра равную 3,05 м/с;
* территория окружена лесным массивом, а для строительства ВЭУ необходимо наличие свободных от леса строительных площадок.

Исходя из этих факторов я пришёл к выводу, что строить на территории НГО большие ветряные электростанции нецелесообразно, но малые ВЭУ здесь строить можно.

**Заключение**

Я решил провести исследование перспектив развития ветроэнергетики на территории НГО.

Для достижения поставленной цели были сформулированы задачи:

1. Изучить теоретический материал о ветроэнергетике;
2. Узнать преимущества и недостатки ветроэнергетики;
3. Собрать сведения для ветроэнергетического кадастра территории НГО;
4. Оценить потенциал развития ветроэнергетики в НГО.

В теоретической части исследования я изучил техническую литературу и материалы, взятые из Интернета, о ветроэнергетике, собрал и систематизировал полученную информацию о преимуществах и недостатках ветроэнергетики.

Практическая часть работы состояла из трёх этапов. На первом этапе практической части исследования я собрал статистические данные о характеристиках ветра, климатических условиях и рельефе местности. На основе этих сведений на втором этапе исследования я создал ветроэнергетический кадастр местности, а на третьем, проанализировав полученную информацию, я оценил потенциал развития ветроэнергетики на территории НГО.

Таким образом, на основании проведённого мною исследования, я подтвердил существование перспектив развития ветроэнергетики на территории НГО. Кроме этого, я пришёл к выводу, что на территории НГО большие ветряные электростанции строить нецелесообразно. Но малые ВЭУ здесь строить можно, так как существуют благоприятные условия ветроэнергетического потенциала данной местности для их строительства.

Я предположил возможные перспективы использования малых ВЭУ на территории НГО:

* в энергосистеме городского хозяйства, как дополнительные источники чистой энергии, не требующий сырья для воспроизводства электроэнергии;
* для частичного или полного обеспечения автономным энергообеспечением отдельных удалённых потребителей на территории НГО, куда нецелесообразно подводить централизованные источники электроэнергии;
* на сельскохозяйственных землях, находящихся на территории НГО, с отчуждением части этих земель под строительные площадки ВЭУ для снижения себестоимости строительства, компенсируя это выработкой электроэнергии для нужд и развития сельскохозяйственных территорий.

Я считаю, что данная тема исследовательского проекта может быть интересна потенциальным инвесторам, бизнесменам, как аналитическая записка о потенциале использования ветроэнергетики на территории НГО.

**Список литературы**

1. да Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие. Пер. с англ. под ред. С. П. Малышенко, О. С. Попеля. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – С. 11-53, 622-660.
2. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. – СПб.: Наука и Техника, 2011. – С. 8-43.
3. Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. – М.: ДМК Пресс, 2011. – С. 37-54.
4. Нечаев И. С., Д. Е. Шонина. Особенности и проблемы развития ветровой энергетики // Молодой ученый. – 2019. – № 15 (253). – С. 44-46. https://moluch.ru/archive/253/57941/
5. Политехнический словарь – Гл. ред. А. Ю. Ишлинский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. – 656 с.
6. https://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/ural/sverdlovskaya-oblast?ysclid=lbjpa58sn9372233413
7. https://ru.wikipedia/org/wiki/Ветроэнергетика
8. https://www.manbw.ru/analitycs/windrus.html
9. https://rawi.ru/services/faq/
10. https://www.meteoservice.ru
11. https://www.world-weather.ru
1. [https://ru.wikipedia/org/wiki/Ветроэнергетика](https://ru.wikipedia/org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) [↑](#footnote-ref-1)