

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и  
климатологии

**Ветроэнергетические ресурсы Пензенской области**

Автореферат бакалаврской работы

студента(ки) 4 курса 411 группы \_\_\_\_\_  
направления (специальности) 05.03.05 - Прикладная гидрометеорология  
географического факультета  
Чушкина Артёма Валерьевича

Научный руководитель

профессор, д.г.н., \_\_\_\_\_

А. Б. Рыхлов

Зав. кафедрой

профессор, д.ф.-м.н. \_\_\_\_\_

М.Б. Богданов

Саратов 2016

**Введение.** В настоящее время остро встал вопрос снабжения человечества энергией. С каждым годом население Земли растет, и из-за этого потребление энергии соответственно возрастает. Проблема заключается лишь в том, что традиционные источники энергии (*это природные запасы веществ и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства энергии, примером могут служить ядерное топливо, уголь, нефть, газ и тд.*) могут обеспечивать энергией человечество не бесконечно. В скором время и ископаемое топливо сможет покрыть энергопотребление лишь на половину, а еще через определенный промежуток времени вообще не сможет покрывать нужды людей.

Возникает только один вопрос. Как преодолеть энергетический кризис? Перспектива конца свет из-за нехватки энергии ни кого не устроит. Время нефти и газа подходит к концу. Поэтому нужно уже усиленно искать новый, постоянный источник энергии. Многие могут подумать, ведь есть электричество. Можно просто построить много гидроэлектростанций (ГЭС) и они будут вырабатывать столько, сколько это нужно человечеству. Энергия выработанная ГЭС, конечно, всем хороша, она относительно экологически чистая, зависит только от гидрологического режима реки. Но, как и у всего в этом мире и у этой энергии есть отрицательны аспекты. Массовая застройка ГЭС приведет к изменению речных систем. Это может быть и затопление близлежащих территорий около ГЭС, или наоборот это приведет к обмеление реки. Так же массовая застройка ГЭС может приводить к изменению циркуляции воздуха вблизи рек, а это уже ведет к изменению местного климата. Плюс ко всем экологический проблема этой идее прибавиться еще и большие экономические затраты, и затраты на время. Строительство ГЭС требует большого финансирования. Так на строительство одной ГЭС требуется порядка десяти лет, а это не маленький срок. Нужно также понимать, что не на каждой реке можно установить такую станцию.

Исходя из этих аргументов против ГЭС, нужно найти другой источник энергии. Который будет экономический не такой затратный и максимально экологически чистый. На основе таких, критерий как экономичность и экологичность, на ум сразу приходит только одно возобновляемые источники энергии.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) - это энергия из источников, которые, по человеческим масштабам, являются неисчерпаемыми. Основной принцип использования возобновляемой энергии заключается в её извлечении из постоянно происходящих в окружающей среде процессов и предоставлении для технического применения. Возобновляемые источники энергии - это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии. Возобновляемая энергия не является следствием целенаправленной деятельности человека, и это является ее отличительным признаком. В соответствии с резолюцией № 33/148 Генеральной Ассамблеи ООН (1978 г) к нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии относятся: солнечная, ветровая, геотермальная, энергия морских волн, приливов и океана, энергия биомассы, древесины, древесного угля, торфа, тяглового скота, сланцев, битуминозных песчаников и гидроэнергия больших и малых водотоков.

В настоящее время ВИЭ конечно не сможет покрыть все энергопотребление человечества, но хотя бы сможет дополнять своей энергией традиционные источники энергии.

Предстоящая работа раскрывает преимущества и недостатки установки ветровых электростанций. Так же рассматриваются правила установки ветряков на определенной территории и при определенном ветровом режиме ветра. Устанавливается мощность, которую будет выдавать ветровая электростанция, если её установка будет произведена на этой территории. В данной бакалаврской работе рассматривается Пензенская область и плюсы установки ветряков в области.

## **Основное содержание работы. История развития энергии ветра.**

Энергия ветра это- наверное одна из первых природных стихий которую человек смог обуздать. Человек впервые применил энергию ветра для замены мускульной силы, а точнее сказать изобрел ветряной двигатель. Первый ветряной двигатель отличался от своего современного аналога, однако, предназначение такого двигателя было в том чтобы механизмы работали под действием силы ветра. По началу, ветровые двигатели применяли для перемола зерна. Первое применение ветровых мельниц началось в глубокой древности, на просторах древнего Египта и Китая. В Египте (около г. Александрии) сохранились остатки каменных ветряных мельниц барабанного типа, построенных ещё во 2—1 вв. до н. э. В 7 в. н. э. персы строили ветряные мельницы уже более совершенной конструкции — крыльчатые. Несколько позднее, по-видимому, в 8—9 вв., ветряные мельницы появились на Руси и в Европе.

Ветровые двигатели, на протяжении многих лет неплохо справлялись со своими обязанностями, но зависимость от ветрового режима местности все таки делали ветровые двигатели не такими выгодными. Но с развитием научно технического прогресса, с изобретением паровых машин и открытием электричества, про ветряки стали забывать. Употребляя слова забывать, это не означает, что их забыли окончательно и не использовали. Нет. Ветровые двигатели, использовались. Создавались разные типы двигателей, строились прототипы нынешних ветра электростанций. Большие заслуги в создании основ ветроэнергетики и ветроиспользования имеют советские учёные Н. Н. Красовский, Г. Х. Сабинин, Е. М. Фатеев и др. Промышленный выпуск ветродвигателей для механического привода машин был налажен в начале 20 в., а электрических ветроагрегатов, с генераторами небольшой мощности — примерно в 20-х гг. В 40—50-х гг. в СССР и за рубежом получило интенсивное развитие строительство ВЭС. Так, в Дании в период 2-й мировой войны работали несколько десятков ВЭС, выработка которых

превысила 80 млн. квт-ч в год электроэнергии. Но к этому ко всему относились не серьезно. Ветроэнергетика долгое время считалась просто как средство экономии традиционных источников энергии или даже просто дополнение. Теперь, когда ископаемое топливо приближаются к тому состоянию, когда может иссякнуть, ветряки снова стали актуальны. Происходят разнообразные усовершенствования и модификации двигателей. Создаются все больше и больше ветровых электростанция на все возможных поверхностях: равнины, горы, побережья и даже в открытом море. И можно смело утверждать, что ветроэнергетика стремительными темпами набирает популярность [2,3,4,5,6].

**Состояние ветроэнергетики.** В последние годы становится всё более очевидным, что энергетику уже ближайшего будущего трудно представить без широкого использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

К началу 2015 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 369 гигаватт. Среднее увеличение суммы мощностей всех ветрогенераторов в мире, начиная с 2009 года, составляет 38-40 гигаватт за год и обусловлено бурным развитием ветроэнергетики в США, Индии, КНР и Германии.

Во всём мире в 2008 году в индустрии ветроэнергетики были заняты более 400 тысяч человек. В 2008 году мировой рынок оборудования для ветроэнергетики вырос до 36,5 миллиардов евро, или около 46,8 миллиардов американских долларов.

Все больше стран внедряют в производство энергии, ветровые электростанции. Так в 2010 году в Европе было сконцентрировано 44 % установленных ветряных электростанций, в Азии — 31 %, в Северной Америке — 22 %.

Быстрыми темпами ветроэнергетика развивается в европейских странах. Больше всего за 2014 год было выработано энергии благодаря ветру в Дании. С помощью ветра было выработано 39% от общей выработки

энергии другими способами. В 2014 году 39 % электроэнергии в Дании вырабатывалось из энергии ветра.

В КНР с 2006 года действует закон о возобновляемых источниках энергии. Предполагается, что к 2020 году мощности ветроэнергетики достигнут 80-100 ГВт. Но, а пока выработка энергии на 2009 году в Китае составила все лишь 1,3 % электроэнергии страны.

Но поистине выдающие результаты, показала Шотландия. В декабре 2014 года ветроэнергетика обеспечила 164 % электричества, потребляемого домохозяйствами Шотландии. В принципе в этом нет ничего удивительного. Шотландия имеет хорошее географическое положение, с устойчивым и мощным ветровым режимом.

Ниже можно ознакомиться с данными по динамике ветроэнергетики. Данные приведены в период с 2006 по 2014 год [5,8].

Таблица 1 - Суммарные установленные мощности, МВт, по странам мира 2006—2014 г. Данные Европейской ассоциации ветроэнергетики [1]

Страна	2006 г., МВт.	2007 г., МВт.	2008 г., МВт.	2009 г., МВт.	2010 г., МВт.	2011 г., МВт.	2012 г., МВт.	2013 г., МВт	2014 г., МВт
Китай	2405	6050	12210	25104	41800	62733	75564	91424	114763
США	11603	16818	25170	35159	40200	46919	60007	61091	65879
Германия	20622	22247	23903	25777	27214	29060	31332	34250	39165
Испания	11615	15145	16754	19149	20676	21674	22796	22959	22987
Индия	6270	7580	9645	10833	13064	16084	18421	20150	22465

По данным из таблицы 1 представлены пять лидирующих стран в области ветроэнергетики. Из таблицы хорошо видно, что с каждым годом мощность ВИУ увеличивается. Это все является следствием модификаций ветряков: установка более мощных генераторов, увеличение размеров или конструирования новых видов установок, установка ВИУ на новые территориях, объединение в станцию не большие группы установок [8].

Для наглядности, по данным из таблицы 1 построена гистограмма. На ней отчетливо видна тенденция мощности ветряных электростанции

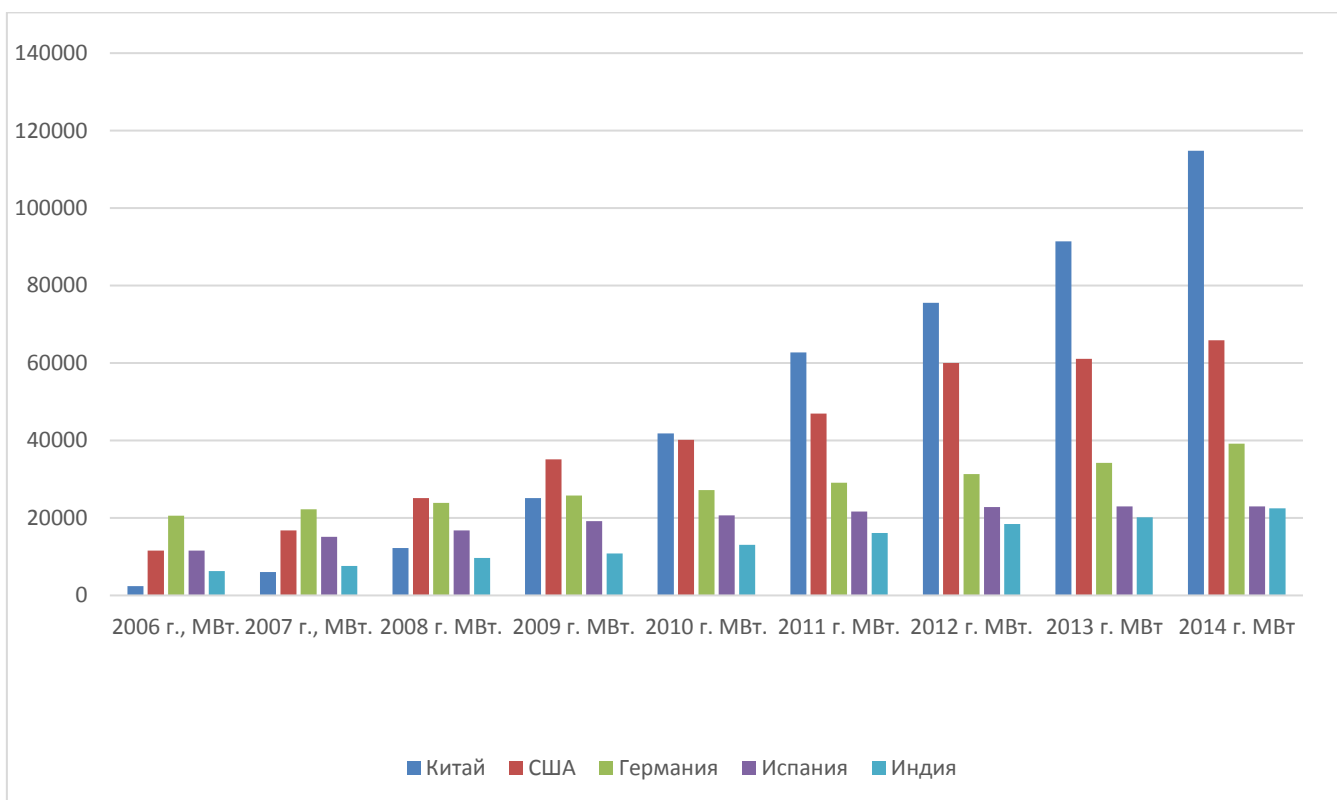


График 1 – Гистограмма тенденции мощности, МВт, по странам мира 2006—2014 г. Данные Европейской ассоциации ветроэнергетики (составлено автором)

**Перспектива ветроэнергетики.** Перспектива ветроэнергетики очень велика. Конечно, в данное время весь потенциал использования ветра не раскрыт полностью, но все же многое уже достигнуто в этой области. У ветровой энергетики неограниченный потенциал. Этому утверждению соответствуют некоторые статистические данные.

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

2) Мощность высотных потоков ветра (на высотах 7-14 км) примерно в 10-15 раз выше, чем у приземных. Эти потоки обладают постоянством, почти не меняясь в течение года. Возможно использование потоков, расположенных даже над густонаселёнными территориями (например — городами), без ущерба для хозяйственной деятельности.

**Ветряная электростанция.** Ветряные мельницы украшали пейзаж всех стран с древности и вплоть до 15 века. Потом, когда, пришло время паровых машин, ветряные мельницы отошли на второй план. В (написать дату использование ветряков) ветряные мельницы начали снова использовать, но уже не для перемолки зерна, а для выработки энергии. Ветряки объединяют в единую сеть электростанции.

Ветряная электростанция — несколько ВЭУ, собранных в одном или нескольких местах и объединённых в единую сеть. Крупные ветряные электростанции могут состоять из 100 и более ветрогенераторов. Иногда ветряные электростанции называют «ветряными фермами»

Распространены 4 типа ветровых электростанций:

Наземная

Прибрежная

Шельфовая

Плавающая

**Ветроэнергетические ресурсы в Пензенской области.** Ветер обладает большой переменной, это связано с влиянием подстилающей поверхности и физического состояния атмосферы. Прежде чем устанавливать на той или иной территории ВИУ проводится расчеты ветрового режима этой местности. В первую очередь нужно рассчитать силу давления ветрового потока  $P$ . Сила давления ветрового потока- это сила



которая с которой воздействует ветровой поток на единицу поверхности ветрового колеса.

$$P = \rho \frac{v^2}{2} \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха,  $v$  скорость ветра (теоретическая).

Далее нужно рассчитать удельную ветроэнергетическую мощность  $N$ .

$$N = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad (2)$$

Данная формула используется для оценки потенциальных ветроэнергетических ресурсов. Для того что бы произвести расчеты за какой либо промежуток времени (месяц, год) в формулу 2 необходимо ввести дифференциал и принять во внимание что  $\rho = \text{const}$

$$\bar{N} = \frac{1}{2} \bar{\rho} \int_0^{\infty} f(v) * v^3 dv \quad (3)$$

где  $f(v)$  дифференциальная функция распределения скоростей ветра за выбранный промежуток времени

Расписав интеграл интегральной суммой

$$\bar{N} = \frac{1}{2} \bar{\rho} [ p(v_1) * v_1^3 + p(v_2) * v_2^3 + \dots + p(v_n) * v_n^3 ] \quad (4)$$

$v_{1,2,3,\dots,n}$  – конкретные значения скорости ветра,  $p(v_{1,2,3,\dots,n})$  повторяемость значений.

В реальных условия следует учитывать, что ветродвигатель по разному реагирует на разные скорости ветра. Поэтому в формуле 2 следует заметить  $v$  на  $u$  (реальная скорость ветра).

$$N = \frac{1}{2} \rho u^3 \quad (5)$$

Следует принять во внимание, что ветровое колесо начинает движения не при всех скоростях ветра, существует так сказать пороговая скорость. Пороговая скорость- это скорость ветра при котором лопасти ветряка начинают свое движение. Для каждого ветряка существует своя пороговая скорость, которая рассчитывается еще до его установки.

Так же еще следует упомянуть о больших скоростях. Они тоже опасны для ветряков. Когда ветер достигает определенной скорости, при которой возникает угроза разрушения установки, происходит остановка, ВЭУ в избежание разрушения.

Разработка способов расчета для, получения точных данных по распределению скоростей ветра скоростей ветра ведет ещё с 20 века. Выбор способа расчета зависит от многих параметров: от объёма и вида исходных данных, от условий для которых ведется расчет. В разных странах используются разные способы расчёта и выбор данных. В основном отличаются средние значения скорости ветра, так как в некоторых случаях берут значения за 1-2 с., в других ситуациях 1-2 или 10 минут. Бывают случаи, когда используются осредненный значения ветра в промежутке около час. В настоящее время чаще всего используют распределения Вейбулла-Гудрича. Распределение Вейбулла- Гудрича осуществляется по двум параметрам.

$$P(V > v) = \exp\left[-\left(\frac{v}{\beta}\right)^\gamma\right] \quad (6)$$

где P- функция распределения скорости ветра;  $\beta$ - масштабный множитель, близкий к средней скорости ветра;  $\gamma$ - параметр, характеризующий форму распределения [14].

Так же мы рассчитаем потенциальную среднюю удельную мощность ветрового потока, с учетом того что известна скорость распределения ветра  $f(v)$ . Эта формула имеет следующий вид:

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \rho \int_0^{\infty} v^3 f(v) dv \quad (7)$$

В качестве  $f(v)$  в формуле 7 будем использовать закон Марченко-Анисимовой, т.е. формулу 6. Однако в  $F(v)$  в формуле 6 является интегральной функцией распределения скорости ветра, а функция  $f(v)$  является дифференциальной вероятностью скорости ветра. Поэтому нужно произвести дифференцирование функции  $F(v)$  по  $v$

$$F'(v) = e^{-\beta\left(\frac{v}{\bar{v}}\right)^\gamma} \beta \gamma \bar{v}^{-\gamma} v^{\gamma-1} \quad (8)$$

А затем, мы заменяем в формуле 6 функцию  $f(v)$  на  $F'(v)$  и получаем следующее

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \rho \int_0^{\infty} v^3 e^{-\left(\frac{v}{\bar{v}}\right)^\gamma} \quad (9)$$

Интегрирование выражения 9 получим окончательную формулу для расчета удельной мощности ветрового потока, основанную на параметрах  $\beta$  и  $\gamma$  обобщенного распределения, разработанного с учетом рекомендаций Марченко и Анисимовой в виде

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \rho \beta^{\frac{3}{\gamma}} \bar{v}^3 \Gamma\left(\frac{3}{\gamma} + 1\right) \quad (10)$$

Где  $\Gamma$ - гамма функция [ при расчетах используется свойство где  $\Gamma(x + 1) = x\Gamma(x)$ ],  $\bar{v}$  – средняя скорость ветра. При известных параметрах  $\beta = 0.88$  и  $\gamma = 1.37$  для нахождения  $N_{уд}$  на требуемой высоте необходимо только данные о

средней скорости ветра на уровне оси ветроколеса. Используя значения параметров  $\beta$  и  $\gamma$ , которые были определены выше, и значения гамма-функции от них, приводим 10 формулу к виду

$$N_{\text{уд}} = \frac{1}{2} \rho \cdot 3.17 \cdot \overline{v^3} \quad (11)$$

Подставляя данные о скорости ветра из справочника по климату, в формулу 11 мы получаем значения об удельной мощности ветрового потока [15].

**Заключение.** Главной причиной такого распределения данных о мощности ветрового потока, представленных в таблице 3 является территория, на которой располагается станция и ведется непосредственно наблюдение ветра. Станция, которая находится на равнинной территории, не загромождена деревьями и застройкой, на такой станции скорость ветра будет высокая. Значения скорости ветра на холмистой территории скорость ветра будет меньше чем на равнинной территории. На это влияет характер подстилающей поверхности. Но самые максимальные показатели ветра будут на станции, которые расположены на возвышенности. Высокая скорость на таких станциях обусловлена тем, что трение здесь намного меньше, чем на равнинной территории. Так же на данные о скорости ветра влияет время года. Ведь скорость ветра обусловлена градиентом давления на наблюдаемой территории, а градиент в свое время обусловлен температурой прогрева подстилающей поверхности.

Из данных в таблице 3 выявлены станция с максимальным значением мощности. Максимальное среднегодовое значение ветрового потока отмечается на станции Пачелма, и оно составляет 243 Вт/м<sup>2</sup>. А минимальное значение ветрового потока наблюдалось на станциях Кузнецк ЖД и Белинский и составило 107 Вт/м<sup>2</sup>.

А в общем максимальное значение мощности приходится на зимние месяцы, затем идет спад на летний период, а к зиме мощность вновь возрастает. Все это обусловлено прогревом подстилающей поверхности. Все

это наглядно видно в графиках, которые были построены для наглядности. Графики построены по четырем произвольным станциям. Из графика видно что максимальное значение мощности приходится на февраль или март, потом идет плавное уменьшение мощности до июля августа. Ну а в осенний месяц снова начинается повышение мощности.

Современны прогнозы количества традиционных источников энергии, весьма пессимистичны. По некоторым расчетам, к 2020 году, традиционные источники энергии покроют потребности человечества лишь на 50%. Поэтому скорейшим образом необходимо осуществлять переход к возобновляемым источникам.

Конечно, станции, которые работают на возобновляемых источниках энергии пока, не готовы полностью обеспечить энергией человечество. У них еще есть масса минусов. В материале, представленном в этой курсовой работе, описываются все плюсы и минусы ветряной энергии. Но все же существует статистика, которая свидетельствует, о том, что количество вырабатываемой энергии ветряной электростанцией с каждым годом все растет. Так же научно технический прогресс не стоит на месте. Из года в год происходит усовершенствование ветровых двигателей, внедрение новых образцов лопастей, отыскиваются все новые и новые места для расположения ветровых станций.

В настоящее время ветровая энергетика становится весьма неплохим дополнением к традиционной энергетике. Пока ветровые станции не могут полностью заменить традиционные электростанции. Но несмотря на, это многие страны мира делают большой упор на этот вид энергетике. Ведь это чистая энергия, энергия, которая не вредит экологии отравляющими выбросами, как тепловые станции или атомные.

Ветровая энергетика, молодая отрасль энергетике, но она стремительно развивается. С каждым годом у нее становится меньше минусов и все больше плюсов. И когда наступит то время когда не

останется минусов, ветровая энергетика займет лидирующее место в энергообороте на планете.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Интернет - энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс] // «ветряная электростанция» [электронный ресурс] :URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветряная\\_мельница#/media/File:RussianSmokeMill.jpg](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветряная_мельница#/media/File:RussianSmokeMill.jpg) (дата обращения 13.05.2016). Загл. с экрана. Яз.рус.
2. Шейдлин, А. Е., Юдасин, Л. С. Новая энергетика / Шейдлин, А. Е., Юдасин, Л. С.. Наука.: 1987. 463 с.
3. Баланчевадзе, В. И., Барановский, А. И. Энергетика сегодня и завтра /Баланчевадзе, В. И., Барановский, А. И. Энергоатомиздат.: 1990. 344 с.
4. Интернет - энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс] // «ветер» [электронный ресурс] :URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80#/media/File:Earth\\_Global\\_Circulation\\_-\\_ru.svg](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80#/media/File:Earth_Global_Circulation_-_ru.svg) (дата обращения 13.05.2016). Загл. с экрана. Яз.рус.
5. Шефтер, Я.И., Использование энергии ветра / Шефтер, Я. И..Энергоатомиздат.: 1983. 134 с.
6. Леонович, А.А..Я познаю мир. Физика. / Леонович А.А.. АСТ.: 2009. 159 с.
7. Чижевский А.Е.. Я познаю мир. Экология. / Чижевский А.Е.. АСТ.: 2007. 216
8. Сайт «Eva-ru» [Электронный ресурс] // «Ветряная электростанция Мирного» [электронный ресурс] :URL: <http://eva.ru/albumpage/129430/1033432/6675238.htm> (дата обращения 13.05.2016). Загл. с экрана. Яз.рус.
9. Интернет - энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс] // «ветряная электростанция» [электронный ресурс] :URL: <https://>

- ru.wikipedia.org/wiki/Ветроэнергетика (дата обращения 13.05.2016).  
Загл. с экрана. Яз.рус.
- 10.Сайт «Блог конструктор» [Электронный ресурс] // «Ветряк или ветрогенератор в вопросах и ответах» [электронный ресурс] :URL: [http://konstryktorov.net/wp-content/uploads/b94cb1e26c23\\_D3BF/vetryak.jpg](http://konstryktorov.net/wp-content/uploads/b94cb1e26c23_D3BF/vetryak.jpg) (дата обращения 30.04.2015). Загл. с экрана. Яз.рус.
- 11.Сайт «КМ.ру» [Электронный ресурс] // «влияние ветровых электростанция на климат» [электронный ресурс] :URL: <http://www.km.ru/nauka/2012/05/12/energetika-i-problemy-energосnabzheniya/uchenye-uznali-kak-krupnye-vetryanye-elektr> (дата обращения 22.05.2016). Загл. с экрана. Яз.рус.
- 12.Интернет - энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс] // [электронный ресурс] :URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 11.06.2016). Загл. с экрана. Яз.рус.
- 13.Кондаков А.М. Альтернативные источники энергии /Кондаков А.М.. Прива. 2006. 98 с.
- 14.Интернет - журнал «Наука и жизнь» [Электронный ресурс] // [электронный ресурс] :URL: <http://www.nkj.ru/> (дата обращения 11.06.2016). Загл. с экрана. Яз.рус.
- 15.Рыхлов А.Б.. Разработка методов климатической оценки ветроэнергетического потенциала в различных высотах (на примере юго-востока европейской части России)
- 16.Интернет журнал «Пензенская правда» [Электронный ресурс] // «Современное состояние ветроэнергетики» [Электронный ресурс] : URL: <http://www.penzenskaya-pravda.ru/news.7990.htm> (дата обращения 11.06.2016)Баранов, Н.Н., Нетрадиционные возобновляемые источники и методы преобразования их энергии / Баранов, Н.Н., Издательский дом МЭИ.: 2011. 175 с.

17.Методическое указание проведения изыскательских работ по оценки ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирование ветроэнергетических установок РД 52.04.275-89