

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

Ветроэнергетические ресурсы Ульяновской области

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 5 курса 521 группы

направления (специальности) 05.03.05 Прикладная гидрометеорология
код и наименование направления (специальности)

географического факультета

наименование факультета, института, колледжа

Штанова Алексея Александровича

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

доцент, д.г.н. профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

А.Б. Рыхлов

инициалы, фамилия

И.о. зав. кафедрой

доцент, к.г.н.

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

М.Ю. Червяков

инициалы, фамилия

САРАТОВ 2019

ВВЕДЕНИЕ

Ограниченность мировых запасов топлива и энергии, неравномерность их распределения по планете, ухудшение экологической ситуации все острее ставят вопрос о всемирном использовании экологически чистых энергетических технологий и использовании возобновляемых энергоресурсов.

Активное использование экологически чистых источников энергии сейчас всячески приветствуется как мировой общественностью, так и правительствами развитых стран.

Из таких энергоресурсов наиболее распространенным и доступным является ветер. Эксплуатация ветроустановок не требует топлива и воды, они могут быть полностью автоматизированы, отчуждаемая территория минимальна и по расчетам составляет 3 — 5 м²/кВт установленной мощности. Эти установки практически полной заводской готовности, и для их монтажа требуется минимум времени (фундамент и подключение к сети).

В связи с глобальными и региональными изменениями климата, в том числе глобальным потеплением, которое происходит в результате сгорания топлива и выброса в атмосферу большого количества CO₂, и увеличением частоты экстремальных погодных явлений, возрастает потребность в надежной информации об опасных явлениях погоды, в том числе о максимальной скорости ветра. Возрастание потребности человечества в энергетических ресурсах приводит к необходимости поисков и более широкого использования альтернативных источников энергообеспечения [1].

Проблема использования энергии ветра в наши дни приобрела большую актуальность.

Целью данной работы является оценка ветроэнергетических ресурсов в Ульяновской области на различных высотах приземного слоя атмосферы, необходимых для целесообразного применения различных ветроэнергетических установок.

Для её достижения поставлены и решены следующие задачи:

- 1 Ознакомится с историей развития, состоянием и дальнейшими перспективами ветроэнергетики в мире.
- 2 Рассмотреть климатическую информацию для обеспечения ветроэнергетики.
- 3 Установить закон распределения скоростей ветра в Ульяновской области.
- 4 Оценить средние скорости ветра на различных высотах приземного слоя.
- 5 Определить удельную мощность на различных высотах в течении года.

В качестве исходных данных использованы данные из Справочника по климату [2]. В результате исследования, путем расчетных методов, удалось найти потенциальную среднюю удельную мощность ветрового потока на высотах 10, 30, 50, 70 и 90 м.

При использовании значений параметров обобщенного закона распределения, нами были получены теоретические повторяемости и оценена разница между теоретическими и эмпирическими повторяемостями скоростей ветра по трем станциях Ульяновской области: Мелекесс, Анненково и Сенгилей. Данное распределение позволяет определить ветровой режим в любой точке рассматриваемой территории.

Для нахождения потенциальной средней мощности ветрового потока на требуемой высоте необходимы только данные о средней скорости ветра на уровне оси ветроколеса. Полученные значения мощности занесены в таблицу, с помощью которой можно рассмотреть, как потенциальная средняя мощность ветрового потока изменяется при увеличении высоты в приземном слое. По полученным значениям оценен ветроэнергетический потенциал региона.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Ветроэнергетика как сектор энергетики присутствует в более чем 50 странах мира. Страны с наибольшей установленной мощностью: Германия (18 428 МВт), Испания (10 027 МВт), США (9 149 МВт), Индия (4 430 МВт) и Дания (3 122 МВт). Ряд других стран, включая Италию, Великобританию, Нидерланды, Китай, Японию и Португалию, перешли отметку в 1 000 МВт.

До сих пор ветроэнергетика наиболее динамично развивалась в странах ЕС, но сегодня эта тенденция начинает меняться. Всплеск активности наблюдается в США и Канаде, в то время как в Азии и Южной Америке возникают новые рынки. В Азии, как в Индии, так и в Китае, в 2005 году зарегистрирован рекордный уровень роста [8].

В основном развитие ветровой энергетики происходит на суше. Однако сокращение свободного пространства и стремление к высокой производительности за счет более благоприятного ветрового режима прибрежных акваторий способствуют продвижению ветропарков в море. В результате появляются новые требования к ветроэнергетическим установкам, в том числе: более прочные фундаменты, протяженные подводные кабели, более крупные турбины. С другой стороны, предполагается, что ветропарки морского базирования, особенно в Северной Европе, обеспечат увеличение доли ветроэнергетики в энергобалансе.

Во многих странах Западной Европы построено довольно много установок по 100-200 кВт. Во Франции, Дании и в некоторых других странах были введены в строй ВЭС с номинальными мощностями свыше 1 МВт. Ветроэлектростанции применяются в странах, имеющих подходящие скорости ветра, невысокий рельеф местности и испытывающих дефицит природных ресурсов. Мировым лидером в использовании ветряных электростанций является Германия, в которой за небольшой промежуток времени построено ~9000 МВт мощности.

Целью Европейского союза является доведение ВИЭ в конечном энергопотреблении до 20% к 2020 году 32% к 2030 году. В Дании этот показатель уже составляет 41%. Уже сейчас по установленной мощности ветер занимает второе место в Европе после газовой генерации и имеет шансы обойти её по данному показателю в текущем 2019 году. Почти 100% прироста новых мощностей в Европе это ВИЭ.

Европейский Союз лидер по совокупной установленной мощности - 40 500 МВт (по данным на конец 2005 года), что составляет 69 % от всей установленной мощности в мире. Этот показатель был достигнут на 5 лет раньше, чем планировалось Европейской Комиссией: цель в 40 000 МВт предполагалось достигнуть только к 2010 году[9].

Богата история развития ветроэнергетики в нашей стране. В 1914-1918 годах, русские учёные во главе с Н.Е.Жуковским создают теорию ветродвигателя и теорию поведения лопасти в воздушном потоке. Был получен критерий Жуковского — Бетца, максимальный коэффициент использования энергии ветра ветроколесом.

Первая в нашей стране ветровая электростанция мощностью 8 кВт была сооружена в 1929-1930 гг. под Курском по проекту инженеров А.Г.Уфимцева и В.П.Ветчинкина. Через год в Крыму была построена более крупная ВЭС мощностью 100 кВт, которая была по тем временам самой крупной ВЭС в мире. Она успешно проработала до 1942 г., но во время войны была разрушена. Делаются первые шаги по пути перехода от единичных автономных ВЭС к системам связанных в единую сеть многих ветроагрегатов большой мощности. Первая такая система должна быть сооружена около поселка Дубки в Дагестане.

В настоящее время в России предпринимаются попытки развивать ветроэнергетику только на уровне регионов. Именно по этой причине процесс идет крайне медленно. В нашей стране ветроустановки работают в Калининградской, Ленинградской, Мурманской, Саратовской, Ростовской областях, на Чукотке, в Башкирии, Якутии. В Саратовской области

ветропарк расположился в Балтайском районе. Регион средней Волги наиболее интересен в части развития ветроэнергетики [11].

Технический потенциал энергии ветра в России оценивается в величину около 16 трлн. 282 млрд. кВтч/год. Экономический потенциал - 81 млрд. кВтч/год, то есть около 11% ежегодного производства электроэнергии всеми электростанциями России. По состоянию на 2006 год установленная мощность всех ветровых электростанций в стране составляла около 15 МВт.

Несмотря на благоприятные природные условия, в нашей стране до сих пор нет ни больших сетевых ветропарков, ни единичных ВЭУ вокруг сельских поселений и загородных дачных участков. Сейчас действуют всего 30-40 небольших ветроэлектростанций. Об их вкладе в энергетику страны говорить не приходится, поскольку возобновляемые источники энергии в совокупности дают около 0,6 % ежегодно вырабатываемой в стране энергии (по состоянию на 2003 год). Причины - проблемы технического плана (низкий коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) ветроагрегатов, сложности с включением ветропарков в сеть), и отсутствие инвестиций.

Ряд ВЭУ работает не в составе энергосистем страны. В Калининградской области в рамках российско- датского проекта смонтирована и введена в строй ВЭУ 600кВт и две ВЭУ по 225 кВт. Но на современный момент, из 21-й ВЭУ Куликовской ВЭС (Калининградская область) 6 не подлежат ремонту и восстановлению, а остальные нуждаются в капитальном ремонте. Станцию планируется закрыть. Анадырская ВЭС-2,5 МВт. Чукотский автономный округ, 10 ВЭУ мощностью 250 кВт каждая, всем требуется капитальный ремонт.

В долгосрочной перспективе Россия может начинать экспортировать энергию полученную от ветряных и солнечных источников. Ибо основной ресурс нашей страны — территория.

Одним из вариантов может быть экспорт на основе существующей инфраструктуры газопровода: на своих отдаленных территориях страна могла

бы генерировать большие количества водорода, синтезировать и отправлять через существующие газопроводы в другие страны. При таком подходе Россия могла бы сохранить свои позиции в качестве надежного поставщика энергии в долгосрочной перспективе, но экспортировать синтезированный газ вместо ископаемого.

Из выше сказанного напрашивается вывод, что освоение возобновляемых источников энергии, в частности энергии ветра тормозится искусственно на протяжении многих лет. Вариабельность реального прогноза очень широка. Учитывая богатые ветровые ресурсы нашей Родины, особенно в условиях Крайнего Севера, ветроэнергетика может сыграть главную роль в купе с солнечным, геотермальным, и биоэнергетическими установками. Это позволит избежать большого количества вредных выбросов в атмосферу, и сэкономить десятки миллиардов рублей в год за счет экономии дизельного топлива.

В большинстве регионов России среднегодовая скорость ветра не превышает 5 м/с, в связи с чем привычные ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения практически не применимы — их стартовая скорость начинается с 3-6 м/с, и получить от их работы существенное количество энергии не удастся.

Однако на сегодняшний день все больше производителей ветрогенераторов предлагают ветрогенераторы с вертикальной осью вращения. Принципиальное различие состоит в том, что вертикальному генератору достаточно 1 м/с для того, чтобы начать вырабатывать электричество. Наиболее прогрессивной технологией является сочетание в одном устройстве генераторов двух различных видов — вертикального ветрогенератора и солнечных батарей.

Дополняя друг друга, они гарантируют производство достаточного количества электроэнергии на любых территориях и в любых климатических условиях. Достаточных, например, для уличного освещения [12].

Первым в истории стационарным агрегатом, применяющим энергию ветра, была ветряная мельница, которую вручную ориентировали на ветер. Ее основным рабочим аппаратом являлось многолопастное колесо с горизонтальной осью вращения, которое устанавливалось по направлению ветра. Такие ветродвигатели широко применялись в средние века и в последующем для размола зерна, подъема и перекачки воды, а также для привода некоторых производств. Большие ветряные мельницы заводского изготовления при больших скоростях ветра могли развивать мощность до 60 кВт [13].

Главной вращающей силой у колес этого типа является подъемная сила. В рабочем положении ветроколесо может располагаться перед опорной вышкой или за ней, относительно ветра. При переднем нахождении ветроколесо может иметь аэродинамический стабилизатор, удерживающий его в рабочем положении [14]. При заднем расположении башни оно частично затеняет ветроколесо и турбулизует набегающий на него поток.

При работе колеса в таких условиях возникают уменьшение нагрузки, повышенный шум и флуктуации выходных параметров ВЭУ. Направление ветра может измениться довольно быстро, и ветроколесо должно четко отслеживать эти изменения. Поэтому у ВЭУ мощностью более 50 кВт для этой цели используются электрические серводвигатели. В ВЭУ обычно применяется двух- или трехлопастные ветроколеса; последние отличаются очень плавным ходом. После ветроколеса стоит редуктор, соединенный с электрогенератором, все это расположено наверху опорной башни, в поворотной головке.

Все это удобнее размещать в самом низу, у основания башни, но возникающие при этом сложности с передачей крутящего момента урезают все преимущества такого размещения.

Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения вследствие своей геометрии при любом направлении ветра находятся в рабочем положении. Кроме того, такая схема позволяет только за счет удлинения вала установить редуктор с генератором у подножия башни [15].

Надо заметить и такое не маловажное преимущество вертикально-осевых ВЭУ: скорость трогания (скорость ветра при которой начнется движение лопастей, а следовательно и генерация электроэнергии.) у них значительно ниже чем у более традиционных горизонтально-осевых экземпляров. У последних она как правило не ниже 5-6 м/с. А современный ветрогенератор с вертикальной осью вращения довольствуется начальной скоростью 1 м/с. Если при этом покрыть поверхность лопастей солнечными батареями, получаем бесперебойный источник возобновляемой энергии.

От эффективности использования энергии воздушного потока зависит мощность ветроустановок. Одним из способов ее повышения служит использование специальных концентраторов воздушного потока. Для горизонтально-осевых ВЭУ разработаны или предложены различные варианты таких усилителей потока: это могут быть либо диффузоры, либо конфузоры, направляющие на ветроколесо воздушный поток с площади большей, чем площадь ометаемой поверхности ветроколеса [16].

Ветряные электростанции, в отличие от традиционных тепловых, производят электроэнергию без использования воды, что позволяет сократить эксплуатацию водных ресурсов. Ветряные электростанции производят электроэнергию без сжигания традиционных типов топлива. Это позволяет сократить спрос и цены на топливо. Одна ветряная турбина мощностью 1 МВт за 20 лет эксплуатации позволит сэкономить около 29 тыс. тонн угля, или 92 тыс. баррелей нефти.

Совершенно ясно, что даже к одному работающему ветряку близко подходить не желательно, и притом с любой стороны, так как при изменениях направления ветра направление оси ротора тоже изменяется. Для размещения же сотен, тысяч и тем более миллионов ветряков потребовались бы обширные площади в сотни тысяч гектаров. Дело в том, что ветроагрегаты близко друг к другу ставить нельзя, так как они могут создавать взаимные помехи в работе, ”отнимая ветер“ один от другого. Минимальное расстояние между ветряками должно быть не менее их утроенной высоты. При этом необходимо иметь в виду, что уже ничего другого на этой площади делать будет нельзя. Работающие ветродвигатели создают значительный шум, и что особенно плохо — генерируют неслышимые ухом, но вредно действующие на людей инфразвуковые колебания с частотами ниже 16 Гц. Кроме этого, ветряки распугивают птиц и зверей, нарушая их естественный образ жизни, а при большом их скоплении на одной площадке — могут существенно исказить естественное движение воздушных потоков с непредсказуемыми последствиями.

Стоимость строительства только первой сотни таких гигантов составляет более 1 млрд. долл., а вся система, на строительство которой уйдет минимум 20 лет, обеспечит производство всего 20% электроэнергии от уровня потребления в Швеции в настоящее время. Но это - пока только проект. А тем временем в той же Швеции начато строительство одной ВЭС мощностью 200 кВт на расстоянии 250 м от берега, которая будет передавать энергию на землю по подводному кабелю. Аналогичные проекты были и у нас: предлагали устанавливать ветряки и на акватории Финского залива, и на Арабатской стрелке в Крыму.

Помимо сложности и дороговизны подобных проектов, их реализация создала бы серьезные помехи судоходству, рыболовству, а также оказало бы

все те же вредные экологические воздействия, о которых говорилось ранее. Поэтому и эти планы вызывают движения протеста.

Из всего сказанного следует один очевидный вывод: ветрогенераторы могут быть полезными в районах Крайнего Севера или в некоторых других районах, куда затруднена подача энергии в других формах, и где потребности в энергии относительно невелики [17].

Привлекательность рынка ветровой энергетики для инвесторов зависит от ряда факторов. В том числе: от капитальных затрат, наличия финансовых ресурсов, ценового режима на отпускаемое электричество и ожидаемого уровня прибыли. Объем инвестиций в ветроэнергетику, рассматриваемый в предлагаемых сценариях, сделан на основе ежегодной оценки с учетом снижения удельной стоимости 1 кВт установленной мощности, рассмотренного ранее. Согласно Исходному сценарию, годовой объем инвестиций в ветроэнергетику составит 10,7 миллиардов евро к 2010 году, увеличится до 21,2 миллиардов евро к 2030 году и достигнет пика в 2050 году - 28,8 миллиардов евро. Согласно Умеренному сценарию, годовой объем инвестиций в ветровую энергетику достигнет 8,2 миллиардов евро к 2010 году, увеличится до 62,4 миллиардов евро к 2020 году. Пик инвестиций придется на 2040 год — 74,9 миллиардов евро.

Согласно оптимистичному сценарию, годовой объем инвестиций составит 23,2 миллиардов евро к 2010 году и достигнет пика к 2020 году со 141 миллиардом евро. Затем начнется медленный спад и к 2050 году объем инвестиций составит 12,1 миллиардов евро в год. Во всех приводимых данных учтена замена выбывающих турбин. Приводимые расчеты могут показаться завышенными. Однако их следует рассматривать в контексте общего уровня инвестиций в мировую энергетику. Например, в 1990-х годах объем инвестиций в энергетический сектор достигал 158- 186 миллиардов евро в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе были решены все поставленные цели и задачи, которые позволили дать оценку ветроэнергетическому потенциалу в Ульяновской области. Произведен комплекс необходимых расчетов для территории Ульяновской области. В качестве исходных данных использовались метеорологические параметры, взятые из Справочника по климату СССР [2].

Рассчитана разница между теоретическими и эмпирическими данными повторяемости скоростей ветра. Проведенные расчеты позволяют сделать вывод, что для обеспечения промышленных ветроэнергетических установок данный метод подходит лучше остальных, т.к. годовая разница между теоретическими и эмпирическими скоростями ветра в рабочем диапазоне не превышает 1-3 %.

В ходе работы были рассчитаны средние скорости ветра на высотах 10, 30, 50, 70 и 90 м, выраженные в м/с.

По значениям годовых скоростей ветра на заданной высоте можно сказать, что с увеличением высоты увеличиваются и скорости ветра. По сравнению со скоростью ветра на высоте флюгера, на высоте 90 метров скорость увеличивается более чем в 2 раза.

На территории всей Ульяновской области скорости ветра примерно одинаковые, однако несколько выше годовые скорости ветра наблюдаются в северо-западной части Ульяновской области на станции Сенгелей. Это связано с географическим расположением. Максимальное значение скорости ветра на данной станции достигает 9 м/с в декабре. Более высокие значения скорости ветра отмечаются в холодное время года. Это можно считать благоприятным фактором, так как в осенние и зимние месяцы происходит наибольшее потребление энергии.

Для нахождения потенциальной средней мощности ветрового потока на требуемой высоте необходимы только данные о средней скорости ветра на уровне оси ветроколеса.

При оценке ветроэнергетического потенциала на различных уровнях приземного слоя атмосферы (оси ветроколеса) необходимо учитывать интенсивность изменения средней скорости ветра с высотой. Удельная мощность с высотой нарастает гораздо сильнее и на высоте 90 метров она может в 8-9 раз больше, чем у земли. Наименьшее значение потенциальной удельной средней мощности ветрового потока на высоте флюгера составляет 110 Вт/м² на станции Мелекесс, а наибольшее значение на высоте 90 м доходит до 1433 Вт/м² отмечается на станции Сурское. Примечательно, что метеорологическая станция Сурское расположена севернее остальных станций. Это может являться причиной того, что на этой станции наибольшие значения средней удельной мощности.

