

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЕТРОКОЛЕСА ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ В УСЛОВИЯХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

THEORETICAL BASIS FOR WINDWHEELS OF WIND TURBINES WITH LOW POWER IN THE SARATOV REGION

Марадудин Алексей Максимович, ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, Россия, г. Саратов, zerocool23@yandex.ru, доцент

Васильчиков Валентин Владимирович, ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, Россия, г. Саратов, vasilchikovvv@gmail.com, доцент

Пасечный Антон Андреевич, ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, Россия, г. Саратов, студент

Maradudin Aleksej Maksimovich, Saratov State Vavilov Agrarian University, Russia, Saratov, zerocool23@yandex.ru, associate professor

Vasil'chikov Valentin Vladimirovich, Saratov State Vavilov Agrarian University, Russia, Saratov, vasilchikovvv@gmail.com, associate professor

Pasechnyi Anton Andreevich, Saratov State Vavilov Agrarian University, Russia, Saratov, student

В статье рассмотрена возможность применения ветроэнергетических установок малой мощности на территории Саратовской области. Приведен расчет основных рабочих параметров ветроколеса с горизонтальной осью вращения для ветрогенератора мощностью 1 кВт. На основании полученных данных разработаны модели ветроколеса и его лопастей. Представленные в статье исследования позволяют построить опытный ветрогенератор для проведения полевых испытаний, целью которых является создание экономичного в изготовлении и эксплуатации производственного образца с последующим внедрением его в малых хозяйствах Саратовской области.

The article presents the possibility of using small-capacity wind power generators in the Saratov region. The calculation of the main operating parameters of a wind wheel with a horizontal axis of rotation for a wind generator with a power of 1 kW is given. Based on the data obtained, models of the wind wheel and its blades have been developed. The researches presented in the article make it possible to build an experienced wind generator for conducting field tests, the purpose of which is to create a production sample economical in the manufacture and operation with subsequent introduction into small farms in the Saratov region.

Ключевые слова: ветер, лопасть, ветроколесо, ветрогенератор, энергия, ветроэнергетика, возобновляемые источники.

Keywords: wind, blade, wind wheel, wind turbine, power, wind energy, renewable sources.

В современном мире невозможно обойтись без средств транспортного передвижения, различных гаджетов, которые стали такими привычными, и, разумеется, электроэнергии. Благодаря электричеству, современный человек сегодня может активно использовать компьютеры, освещать свои дома. Для получения электроэнергии необходимо использовать различные природные ресурсы (в основном это газ, каменный уголь и уран). Вся проблема состоит в том, что когда-нибудь все эти элементы, находящиеся в Земле, закончатся, и тогда человеку нужно будет в срочном порядке переходить на новый, альтернативный, быстро возобновляемый и, желательно, экологически чистый источник энергии.

Одними из главных, перспективных заместителей современных электростанций являются ветрогенераторы. Развитие ветроэнергетики началось в 20-е годы двадцатого века и продолжается до сих пор, причем за рубежом оно стало намного интенсивнее после нефтяного кризиса середины 1970-х годов [1]. Этому способствуют несомненные плюсы ветровой энергии: доступность, повсеместное распространение и неисчерпаемость ресурсов. Ветер сам обдувает установленный ветродвигатель, то есть данный источник энергии не нужно добывать и перемещать к месту потребления. Это особенно важно для труднодоступных (пустынных, горных и др.) районов, удаленных от источников централизованного энергоснабжения, и для относительно мелких (мощностью до 100 кВт) потребителей энергии, рассредоточенных на обширных пространствах. Также ветроэнергетика – это одно из немногих экологически чистых производств энергии без вреда окружающей среде и использования не возобновляемых земных недр.

Однако у данного направления энергетики есть и минусы: непостоянство скорости ветра, шум, возникающий при работе ветроколеса, сравнительно небольшой КПД работы ветроэнергетических установок. Поэтому установке ветроэлектрогенератора должны предшествовать изучение климатических условий места установки ветроколеса и экономический анализ эффективности его работы.

Отмечено, что целесообразность установки ветрогенератора начинается со средней скорости ветра по региону в 4 м/с и стоимости электроэнергии в сети более 3 рублей за 1 кВт·ч [2,3].

Скорость ветра в Саратовской области в среднем за год составляет 3,8 м/с [4], в отопительный период поднимается до 4,7 м/с [5], а в некоторых районах среднемесячная скорость ветра доходит до 5,6 м/с [6]. Тариф на электрическую энергию для населения Саратова и Саратовской области с 1 января 2017 года составляет 3,19 рублей за 1 кВт·ч; с 1 июля 2017 года – 3,31 рублей за 1 кВт·ч [7]. Таким образом, использование ветроэнергетических установок в условиях Саратовской области целесообразно, хотя и с небольшой прибылью.

Промышленное производство ветрогенераторов на территории Саратовской и соседних областей отсутствует. Производимые в России ветровые установки стоят от 40000 до 120000 рублей [8]. Колебание в ценах обусловлено различиями в качестве изделий и размерами лопастей ветроколеса, а, следовательно, и в реально выдаваемой мощностью. Иностранные аналоги (европейского производства и качественные китайские изделия) значительно дороже – от 800000 до 140000 рублей [10,11]. Причем в последнем случае к цене продукции добавляется еще и стоимость доставки. Поэтому разработка дешевого ветрогенератора собственного производства для нужд жителей Саратовской области экономически востребована и обоснована.

При проектировании будем ориентироваться на мощность ветрогенератора в 1 кВт с ежемесячной выработкой около 150кВт*ч. Это среднее потребление частного дома на 3-4 человека с газовым обогревом и горячей водой. В эту цифру входят: освещение – 10 ламп по 15Вт, холодильник, телевизор, утюг, стиральная машина, электрочайник, насос газового котла, компьютер, микроволновая печь – всё необходимое для комфорtnого проживания [9].

В качестве базовой конструктивной схемы примем ветроагрегат с горизонтальным расположением оси вращения и тремя лопастями, так как данная конструкция наиболее проста в исполнении, надежна в эксплуатации и обладает сравнительно высоким показателем коэффициента использования энергии ветра (КИЭВ ≈ 40%) [12]. В качестве генератора планируется использовать синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов, установленный на валу ветроколеса без мультипликатора. Данное решение имеет относительно высокую надежность, простоту конструкции и обслуживания и меньший нагрев, что делает его лучшим выбором для ветрогенераторов малой мощности [13].

Расчеты ветроколеса проведены в специализированной программе «Аэродинама» с сайта <http://seiger.pp.ua> [14].

Таблица 1. – Задаваемые параметры

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	2	3
1	Полезная мощность	1 кВт
2	Среднегодовая скорость ветра	4.4 м/с
3	Максимальная скорость ветра (буря)	25 м/с
4	Количество лопастей	3 шт.
5	Высота мачты	15 м
6	КПД генератора	80%
7	КПД мультипликатора	Не используется
8	Направление вращения	Правое
9	Тип профиля лопасти ветроколеса	BRUXEL 36

Таблица 2. – Результаты расчета

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	2	3
1	Высота мачты	15 м
2	Скорость ветра в плоскости вращения ветроколеса	7.61 м/с
Продолжение таблицы 2.		
1	2	3
3	Диаметр ветроколеса	3.78 м
4	Радиус кончика лопасти	1.89 м
5	Коэффициент использования энергии ветра	0.41
6	Обороты при расчетном ветре	250 об/мин
7	Обороты при максимальном ветре	1188 об/мин
8	Расчетный крутящий момент на валу генератора	38.2 Н·м
9	Буревой крутящий момент на валу генератора	861.3 Н·м
10	Расчетная сила лобового давления на колесо	439 Н
11	Сила лобового давления при максимальном порыве ветра	47.08 кН
12	Мощность ветроколеса во время бури	107.15 кВт

Также с помощью программы «Аэродинама» получены координаты основных сечений профиля лопасти проектируемого ветроколеса, на основании которых построены 3D модели лопасти (рисунок 1) и самого ветроколеса (рисунок 2).

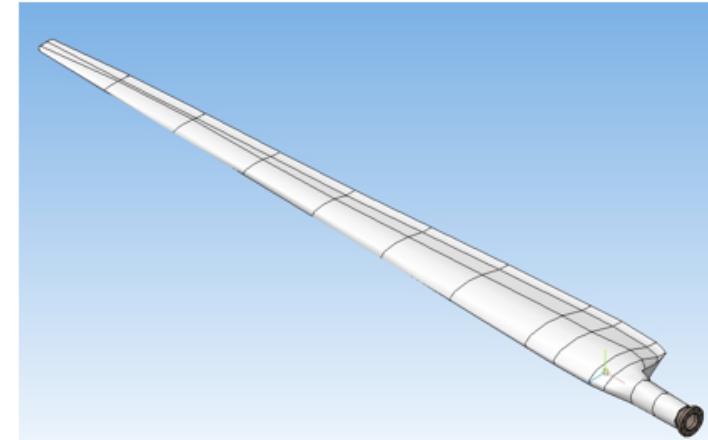


Рисунок 1 – Модель лопасти.

На основании полученных данных (таблица 2) также необходимо провести дополнительные расчеты методом конечных элементов, реализованного программно, с целью подбора требуемого сечения мачты и тросовых растяжек (рисунок 3). [15, 16]



Рисунок 2 – Модель ветрогенератора

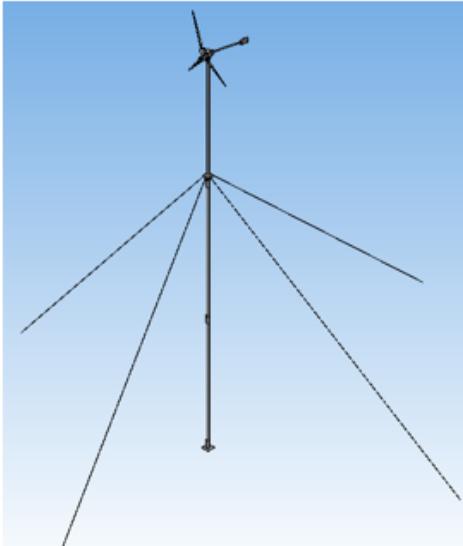


Рисунок 3 – Расчетная модель ветрогенератора с мачтой для анализа методом конечных элементов

3. Марадудин А.М., Васильчиков В. В., Пасечный А. А. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЕТРОКОЛЕСА ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ В УСЛОВИЯХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Таким образом, на основании проведенных расчетов и полученных 3D моделей возможно изготовить опытный образец ветрогенератора для производственных испытаний в условиях одного из хозяйств Саратовской области.

И в заключении стоит отметить, что применение ветрогенеарторов в качестве альтернативного вида энергии является перспективным направлением в области возобновляемых источников энергии, в том числе в условиях малых хозяйств.

Список литературы

1. История Ветроэнергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL <https://gisee.ru/articles/windenergy/24528/>.
2. Выгоден ли ветрогенератор [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL http://www.solarhome.ru/biblio/wind/k1h1_wind.htm.
3. Мощные ветрогенераторы: сравнительная характеристика [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL <http://mirenergi.ru/energivavetra/moshhnye-vetrogeneratory-stravnitelnaya-xarakteristika.html>.
4. Климат Саратова [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_Саратова.
5. Скорости ветра в России и строительство ветряных электростанций (ВЭУ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL <http://www.manbw.ru/analytics/windrus.html>.
6. Лошкарев, И.Ю. Оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в Александрово-Гайском районе Саратовской области /И.Ю. Лошкарев, А.П. Клепиков, В.И. Лошкарев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 139-144.
7. Тарифы на электроэнергию для населения в Саратове и Саратовской области с 1 января 2017 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL <https://energo-24.ru/authors/energo-24/12269.html>.
8. Ветрогенераторы 1 кВт в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL <https://tiu.ru/Vetrogeneratory-1-kvt.html>.
9. F.A.Q. вопрос-ответ: ветрогенератор [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL <http://avtonomka64.ru/f-a-q-вопрос-ответ-ветрогенератор>.
10. 1kWUpwindTurbine [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL <http://www.futureenergy.co.uk/turbine.html>.
11. Ветрогенераторы средней мощности [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL http://www.altalgroup.com/wind_1kW_10kW.htm.
12. Философия конструирования ветроустановок [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL http://www.rosinmn.ru/VETRO_sein_oder_nicht_sein.html.
13. Бубенчиков, А.А. Выбор типа ветроколес и электрогенератора для ветроэнергетических установок малой мощности / А.А. Бубенчиков, Е.Ю. Артамонова, Р.А. Дайчман и др. // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 13-18.
14. Аэродинамика [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL <https://seiger.pp.ua/aerodinama/ru/>.
15. Загоруйко, М.Г. Оптимизация геометрических параметров элементов строительных конструкций на этапе их проектирования с помощью технологий 3d-прототипирования/ Загоруйко М.Г., Елисеев М.С., Васильчиков В.В. // Аграрный научный журнал. 2017. № 1. С. 45-48.
16. Васильчиков, В.В. Особенности проектирования горизонтально- осевых ветрогенераторов малой мощности /Ахвердиев А.А., Васильчиков В.В., Полозова Ю.К. // Инновационные технологии в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении. Материалы V Международной научно-практической конференции. 2017. С. 34-36.