

Отборочный этап Всероссийской конференции

«Юные техники и изобретатели»

Творческий проект

Ветряная электрическая станция

Авторы:

Медведев Максим Александрович,

ученик 11 класса,

Ледовской Алексей Викторович,

ученик 10 класса,

МБОУ СОШ № 15 с.Казинка

Шпаковского района

Ставропольского края

Руководитель: Самсонов С. М.

учитель технологии МБОУ

СОШ № 15 с.Казинка

с. Казинка, 2015 год.

Оглавление.

1. Аннотация.....	3.
2. Введение.....	4.
3. Основное содержание.....	5.
4. История использования энергии ветра.....	5.
5. Достоинства и недостатки ветряных генераторных установок.....	6.
6. Принцип действия ветряных генераторных установок.....	8.
7. Варианты ветряных генераторных установок с вертикальной осью вращения.....	11.
8. Перспективные варианты ВЭС с вертикальной осью вращения...	13.
9. Определение оптимального варианта ВЭС с вертикальной осью вращения.....	14.
10.Разработка оптимальной конструкции ВЭС.....	15.
11.Выводы.....	18.
12. Заключение.....	19.
13.Библиографический список.....	20.
14.Приложения.....	21.

Аннотация

В данном проекте поднимается вопрос использования ветра, как возобновляемого источника энергии. Проблема, на наш взгляд, достаточно актуальна, особенно в свете современных проблем увеличения стоимости на энергоносители, и влияния на экологическую обстановку при использовании традиционных источников энергии. Об актуальности данной проблемы в нашей стране говорит и тот факт, что наша страна по использованию энергии ветра занимает сороковое место в мире.

При изучении всех конструкций, предназначенных для использования энергии ветра, рассмотрены практически все их варианты, которые использовались с древних времен до настоящего времени. В работе предпринята попытка выявления их преимуществ и недостатков всех существующих конструкций ветряных генераторных установок. В частности выявлена тенденция к развитию ветряных генераторных установок с вертикальной осью вращения, как более перспективных в сравнении с установками с горизонтальной осью вращения. При изучении конструкций генераторных установок с вертикальной осью вращения, предпринята попытка их анализа, выявления преимуществ и недостатков существующих конструкций генераторных установок. На основании этих выводов, предложен свой вариант конструкции ветряной электрической станции, которая, на наш взгляд является наиболее оптимальной.

Данная работа объемом 20 страниц и 13 приложений.

В библиографическом списке представлены 14 источников информации.

Введение

В современном мире имеет место все большее развитие техники и технологий. На первое место выходит производство и использование энергоресурсов. С увеличением дефицита энергоносителей во всех странах идет поиск по использованию альтернативных и возобновляемых источников энергии. Использование ветряных генераторных установок приобрело в последнее время, особенно интенсивное развитие. Мне кажется, что это направление является особенно привлекательным. Ведь энергия ветра практически самая дешевая, она ни кем не может контролироваться и облагаться налогами, а прибыль с ее помощью можно получить довольно значительную. В связи с этим я поставил перед собой цель и задачи.

Цель: разработка оптимальной конструкции ветряной генераторной установки с вертикальной осью вращения.

Задачи - изучение истории возникновения и развития использования возобновляемых источников энергии;

- исследование ветряных генераторных установок с различными плоскостями вращения оси;

- исследование ветряных генераторных установок с вертикальной осью вращения;

- определение оптимальной конструкции ветряной генераторной установки с вертикальной осью вращения.

Основное содержание.

История использования энергии ветра.

Доподлинно известно, что еще четыре тысячи лет тому назад отважные финикийцы, жившие на восточном берегу Средиземного моря, интенсивно пользовались парусом. А две с половиной тысячи лет назад они совершили первое, описанное в истории плавание вокруг Африки. С парусом связано начало освоения новых земель. Энергия ветра способствовала развитию цивилизации.

На суше энергию ветра не использовали так широко, как на море, но достоверно известно о существовании ветряных колёс за тысячи лет до нашей эры. За 200 лет до нашей эры в Персии для размала зерна применялись простые ветряные мельницы с вертикальной осью вращения, а ещё раньше их использовали в Китае.

Старинные персидские ветромельницы изготавливались креплением пучков камыша к деревянной раме, которая вращалась, когда дул ветер. Стена, окружавшая мельницу, направляла ветер на раму (Приложение 1).

В XIII столетии было найдено техническое решение поворачивания – ветряного колеса таким образом, чтобы его крылья всегда были подставлены ветру. В шестнадцатом веке в Голландии были построены ветряные: осушители земельных территорий, маслобойни бумажные фабрики,

лесопильные заводы, ткацкие производства. Голландия стала самой энерговооруженной страной в тогдашней Европе.

В конце девятнадцатого века в Дании появились первые ветряные электростанции.

В нашей стране ветряная электростанция с горизонтальной осью вращения появилась в Ялте в 1931 году.

Экономический потенциал ветровой энергии в России составляет 260 млрд. кВт. ч/год, что составляет 30% от производства электроэнергии всеми электростанциями России. Суммарная установленная мощность ветровых электростанций в стране на 2009 год составляет 17-18 МВт.

В настоящее время широкое распространение получили ветряные генераторные установки. В скандинавских странах и странах Европы массовым стало использование ветряных генераторных установок с горизонтальной осью вращения.

То, что у нас сегодня ветряные электроустановки редко встречаются, говорит о том, что у нас плохо используется бесплатная энергия природы. Наша страна по использованию энергии ветра занимает в мире сороковое место. В Европе уже сотни тысяч работающих ветряных генераторов. Это наша перспектива, к которой мы обязательно придем.

Достоинства и недостатки ветряных генераторных установок

Перед тем как проанализировать ветряные генераторные установки с различными плоскостями вращения, нужно провести анализ достоинств и недостатков всех ветряных установок.

Начнем с недостатков. Главным недостатком является непостоянство скорости ветра. Но этот недостаток вполне компенсируется бесплатным использованием энергии ветра. Это особенно актуально для частного

домовладения, особенно в сельской местности. Но есть и глобальные минусы:

1. При работе все ветряные установки очень сильно шумят. Но современные конструкции ветряных установок позволяют снизить уровень шума настолько, что при расстоянии более 250 метров уровень шума не превышает уровень звука обычной автострады.
2. Вращающиеся лопасти могут стать причиной гибели птиц и летучих мышей. Но эта проблема возникает при строительстве ветряных установок на маршрутах миграции, в местах кормления и гнездования птиц. А еще современные ветряные установки имеют лопасти, которые вращаются медленнее, чем у их предшественников, и тем самым создают гораздо меньше проблем в плане сохранения птиц и летучих мышей.
3. Не всем нравится наблюдать на фоне природы ветровые турбины. Но это несколько надуманная проблема, так как сооружения ветряных генераторных установок более изящны, чем нефтяной фонтан, колючая проволока АЭС или гниющие берега ГЭС.

Позитивные стороны использования ветра:

1. Сохранение рек, природных ресурсов.
2. Отсутствие выбросов парниковых газов и твердых частиц снижение воздействия на климат.
3. Доступность формирования своей собственной энергетической базы, как отдельному предпринимателю, так и населенному пункту, группе предприятий, региону.

4. Возможность реализации энергии ВЭС в единую энергетическую сеть, т. е. продавать.

А еще развитие ветроиндустрии оказывает положительное влияние на социально-экономическую сферу:

- создание и развитие новых производств по выпуску вероагрегатов и комплектующих к ним;
- развитие инфраструктуры (в том числе строительство и производство строительных материалов);
- вложения в местную экономику (особенно, если это проект локальной энергосистемы или теплоснабжения);
- создание рабочих мест на предприятиях по ремонту и обслуживанию ВЭС;
- годовой доход по проекту;
- налоги в бюджеты разных уровней (в зависимости от уровня ВЭС и ее включенности в центральное энергоснабжение).

В целом же выходит, что использование ВЭС очень выгодно, и оно незаслуженно находится на таком низком уровне развития, как в нашей стране, так и в нашем регионе и селе в частности.

Принцип действия ветряных генераторных установок

Преобразование энергии в любой ВЭС осуществляется в два этапа: кинетическая энергия движущейся воздушной массы (ветра) сначала преобразуется в механическую энергию, а затем механическая энергия преобразуется в электрическую. Для преобразования энергии ветра в механическую энергию применяются аэромеханические устройства, которые в соответствии с российским стандартом принято называть

ветродвигателями. За рубежом при разговоре об аналогичных устройствах чаще всего пользуются термином ветротурбина.

ВЭС с горизонтальной осью вращения, несмотря на достаточно высокий коэффициент полезного действия, имеет свои недостатки. В частности, передача большого тока через коллектор вызывает ощутимые потери энергии и может привести к неприятностям как из-за нарушения контактов при их окислении, так и из-за снижения упругости пластин щеточного устройства. И еще: ветроколесо такого типа обладает качествами гироскопа — волчка, стремящегося сохранить в пространстве ориентацию оси вращения. Именно поэтому при изменениях направления ветра возникает значительная нагрузка на подшипники, что сокращает срок их службы.

Этих недостатков нет у ВЭС с вертикальной осью вращения. Такие ВЭС могут работать при любом направлении ветра.

Для того чтобы производить сравнительную оценку технических решений, в ветроэнергетике выработаны критерии, характеризующие энергетическую эффективность конструкции и режим работы: коэффициент использования энергии ветра и быстроходность, соответственно.

Под коэффициент использования энергии ветра понимается отношение механической мощности, развиваемой ветродвигателем, к механической мощности воздушного потока, протекающего через пространство, ометаемое рабочими поверхностями (крыльями или лопастями) этого ветродвигателя. В международной ветроэнергетике принято обозначать коэффициент использования энергии ветра C_p и называть «Си Пи фактор». Теоретически доказано, что для идеального ветродвигателя, в котором не учитываются никакие потери, величина C_p не может быть более 0,593. Это число получило название лимит Бетца и по определению является величиной безразмерной.

Считается, что ветродвигатель тихоходный, если $\lambda < 2$ и быстроходный, если $\lambda > 2$. Быстроходность ветродвигателя λ – это отношение линейной скорости наиболее удаленной от оси вращения ветродвигателя точки крыла (определяемое радиусом ротора и его частотой вращения) к скорости ветра (Приложение 2).

Ветродвигатель отбирает у движущейся с некоторой скоростью воздушной массы только часть ее кинетической энергии, а величина этой части зависит от принципа действия установки, габаритов активной части и режима работы. Известны два основных способа отбора мощности у движущегося воздушного потока, на которых базируется работа современных ветродвигателей.

В первом способе используется феномен подъемной силы крыла, имеющего в сечении соответствующий аэродинамический профиль и находящегося в движущемся потоке воздуха. Для простоты назовем их «ветродвигатели подъемной силы» (Приложение 3).

Ветродвигатель такой конструкции имеет пульсирующий крутящий момент и для ввода в рабочий режим чаще всего требует раскрутки внешним двигателем.

При увеличении количества лопастей до трех и их закрутке вокруг оси ротора (геликоидный ротор), C_p увеличивается от 0,3 до 0,4. Крутящий момент становится постоянным независимо от положения лопастей относительно направления ветра, и достаточно регулярно наблюдается самозапуск на холостом ходу при скорости ветра 3 м/с и выше. Оптимальный режим работы данных ветродвигателей (максимальное значение C_p) достигается при 4 – 5 лопастях. Увеличение количества лопастей ротора более пяти, как правило, приводит к снижению быстроходности и уменьшению C_p . Наличие вспомогательных механизмов, с дополнительными потерями на трение, которые к тому же требуют периодического осмотра и

ремонта, нейтрализует эффект, получаемый от оптимизации углов атаки крыльев, расположенных в набегающем воздушном потоке. Производство таких установок значительными сериями не ведется.

В основе второго способа лежит дифференциальное (неодинаковое) лобовое сопротивление твердого тела несимметричной формы, при его различной ориентации относительно направления воздушного потока. Назовем их «ветродвигатели дифференциального лобового сопротивления» (Приложение 4).

Первые ветродвигатели с вертикальной осью работали, используя данный принцип, который заключается в том, что твердое тело несимметричной формы (например, полусфера) при различной ориентации в потоке воздуха (жидкости), обладающего постоянной скоростью V , взаимодействуют с потоком с различными усилиями $F_{лс1}$ и $F_{лс2}$ соответственно. Давление ветра на полусферу, ориентированную к нему вогнутой частью, более чем в 4 раза превышает давление на ту же полусферу, ориентированную к ветру выпуклой частью. При этом площадь сечения тел одинакова. Если полусферы закрепить на траверсе с двух сторон симметрично относительно оси вращения, то при взаимодействии с движущейся воздушной массой появляется крутящий момент, и устройство будет вращаться с некоторой частотой.

Величина крутящего момента зависит от разницы усилий, воздействующих на тела, расположенные по разные стороны от оси вращения, а эти усилия определяются скоростью ветра, размерами тел (площадью лобового сечения) и коэффициентом лобового сопротивления.

Среди ветродвигателей, действующих по принципу дифференциального лобового сопротивления, наиболее известны ротор Савониуса и его модификация – ротор Виндсайт. Машины просто устроены, работают даже при очень низких скоростях ветра, но обладают невысоким C_p . Максимально

значение C_p для ротора Савониуса, приведенное в источниках, равно 0,25. Номинальная быстроходность этих турбин, как правило, меньше единицы, и они имеют относительно высокий пусковой момент (Приложение 5).

Существуют также многочисленные конструкции, которые сочетают в себе два вышеуказанных способа в различном процентном соотношении (Приложение 6).

Варианты ветряных генераторных установок с вертикальной осью вращения.

ВЭС с вертикальной осью вращения имеет следующие преимущества:

- успешно работает при любом направлении ветра;
- занимает меньшую площадь;
- имеет высокие обороты при низкой скорости ветра;
- относительно простую конструкцию;
- меньше шумит (некоторые).

Известно несколько конструкций таких установок.

Одним из самых простых и эффективных является вингродор, представляющий разрезанный по диаметральной плоскости полый цилиндр со смещенными друг относительно друга частями. Такой ротор хотя и тихоходнее ветроколеса, но имеет больший крутящий момент и способен работать при незначительных скоростях ветра. Главное же его достоинство — способность вращаться при любом направлении ветра и как следствие — отсутствие поворотного устройства и коллектора (приложение 7).

Более сложным устройством является ротор-автомат. Несомненное достоинство такой конструкции — наличие оригинального автоматического устройства, устанавливающего лопасти ротора в оптимальное положение в зависимости от скорости ветра. Ветродвигатель можно использовать в качестве привода генератора или насоса. При скорости ветра до 30 км/ч его

мощность составит около 700 Вт. Автомат установки лопаток обеспечивает постоянную скорость вращения ротора вне зависимости от силы ветра. Он состоит из трех частей — крестовины, тяги и пружины.

Принцип действия автомата прост. При небольшой скорости ветра пружина, сжимаясь, ставит лопатки ротора в положение, при котором максимально используется сила ветра. По мере увеличения частоты вращения ротора тяги, выполняющие одновременно функции грузов-балансиров, под действием центробежной силы начинают поворачивать лопатки ротора внутрь. Таким образом, достигается стабильность вращения ротора (приложение 8).

Подобная модель ротора – автомата в свое время была разработана и изготовлена в нашей школе на кружках сельхозмоделирования. Но практика показала, что в нашем населенном пункте он малоэффективен. Ротор-автомат с успехом решает проблему торможения при большой скорости ветра. Но при малом ветре наш генератор не способен вырабатывать электроэнергию.

Перспективные варианты ВЭС с вертикальной осью вращения.

В настоящее время имеются некоторые перспективные, на наш взгляд разработки ВЭС с вертикальной осью вращения, которые вполне оправдывают все надежды возложенные на подобные установки.

Американская компания Maglev Wind Turbine Technologies (MWTT) из Аризоны намерена производить серийный выпуск огромных ветровых турбин с вертикальной осью Maglev Turbine максимальной мощностью в 1 гигаватт. Предполагается, что одна такая турбина будет поставлять в сеть до 8,5 тераватт-часов энергии ежегодно, что по энергетическому содержанию эквивалентно 5,5 миллионов баррелей нефти (приложение 9).

Экзотическая модель ветровой турбины выглядит как высотное здание,

но по отношению к своей мощности она удивительно мала. Одна турбина Maglev достаточна для питания 750 тысяч домов, а занимает она площадь (вместе с зоной отчуждения) всего-то около 40 гектаров. Для сравнения, 1 тысяча традиционных, ветровых генераторов могут запитать 500 тысяч домов, занимая при этом территорию в 26 тысяч гектаров.

По заверению изобретателя, новая турбина использует практически всю энергию воздушного потока. В этом отношении она больше похожа на парусное сооружение судна, чем на изящные "пропеллеры" традиционного ветряка.

Кроме того, строительство Maglev Turbine обойдётся на 50-75% дешевле, чем возведение ветровой фермы классического типа равной мощности и займёт меньше времени. Главные компоненты новой установки находятся на уровне земли, так что их проще обслуживать. И, очень важно, новая турбина (в теории) нормально работает как при крайне слабом ветре, так и при очень сильном (свыше 40 метров в секунду).

Еще один ветрогенератор вертикально-ориентированный инерционный типа Vertical-axis wind turbines (вертикально-осевая ветроустановка) с выраженным свободным инерционным моментом вращения. Являются на сегодняшний день одними из самых эффективных. Легкость старта вращения этого ветряного генератора обусловлена используемым принципом магнитной левитации. В самом генераторе использованы редкоземельные неодимовые магниты. Многополюсность генератора позволяет получить номинальное напряжение на малых оборотах и полностью отказаться от редукторов. Для старта этого ветряного генератора, достаточно минимальной скорости ветра 1,5 м/с. А вырабатываемая мощность практически равна номинальной при скорости ветра 3-4 м/с. Для сравнения, горизонтальные стартуют при скорости ветра от 5 м/с. (приложение 10).

Определение оптимального варианта ВЭС с вертикальной осью вращения.

Из всех вышеперечисленных вариантов ВЭС мне показались наиболее оптимальные с вертикальной осью вращения в виду своих явных преимуществ.

Прежде чем предложить свой вариант конструкции ВЭС, необходимо выявить все положительные и отрицательные моменты всех существовавших и существующих конструкций ВЭС с вертикальной осью вращения.

Первый, самый древний вариант (приложение 1) имеет свое, как мне кажется, очень важное преимущество. Это то, что его лопасти лобового сопротивления, которые в определенный момент идут навстречу движущемуся потоку ветра, не препятствуют ему, так как загорожены стеной. Конечно, в данной конструкции имеется очень много недостатков. Это большой диаметр ротора, что совершенно не способствует его вращению с большой скоростью, малоэффективна она также при слабом или боковом ветре. Но уж больно привлекательное преимущество! Его нет ни в одном современном варианте!

И даже ветродвигатели подъемной силы (приложение 3) не имеют такого преимущества, хотя сам момент подъемной силы крыла имеет свои преимущества перед ветродвигателями «дифференциального лобового сопротивления» (приложение 4).

Очень интересная разработка комбинированной модели, где используется на одном валу два варианта, как подъемная сила крыла, так и дифференциальное лобовое сопротивление (приложение 6). Но мне кажется, что эти конструкции очень сложные и требуют большой точности при ее изготовлении.

Конструкция ротор – автомат сама по себе также очень интересная. Ее модель даже была изготовлена в нашей школе 12 лет назад. В ней воплощена хорошая идея эффективного использования автоматического торможения ротора при сильном ветре (приложение 8). На практике же она мало

эффективна. Ее можно использовать только в районах, где ветра бывают довольно часто.

Ветряная генераторная установка большой мощности в Аризоне как видно, будет использовать «дифференциальное лобовое сопротивление» и подъемную силу крыла (приложение 9).

Ветряной генератор вертикально-ориентированный инерционный типа Vertical-axis wind turbines Представляет интерес тем, что в его конструкции предусматривается установка многополюсного генератора на неодимовых магнитах, что позволяет полностью отказаться от редукторов (приложение 10).

Наиболее эффективной была бы конструкция ротора, который максимально бы использовал как подъемную силу крыла, так и лобовое сопротивление. При этом бы имел преимущество самого древнего варианта! А если еще предусмотреть установку на него многополюсного генератора на неодимовых магнитах, то он будет самым эффективным!

Разработка оптимальной конструкции ВЭС

Наиболее оптимальной конструкцией винта будет такая, которая будет использовать как подъемную силу, так и лобовое сопротивление. При этом для достаточного вращения лучше, чтобы диаметр ротора был небольшим. При большом диаметре ротора, для обеспечения достаточной угловой скорости вращения оси ротора, необходима большая скорость ветра.

Но для небольшого диаметра ротора нужно увеличить высоту крыльев или лопастей ротора. Это обеспечит достаточную силу воздушного потока при небольшой скорости ветра.

Для внедрения эффекта самого древнего варианта нужно защитный кожух сделать вращающимся, как флюгер. Чтобы он, в зависимости от направления воздушного потока поворачивал защитный кожух. Он будет работать как

флюгер, но выполнять функцию защиты лопастей, движущихся навстречу воздушного потока (приложение 11).

Для предотвращения аварии из-за ураганного ветра нужно предусмотреть механизм торможения и защиты при большой скорости ветра. На подвижном нижнем основании флюгера нужно установить вал, на котором будет подвижно закреплена тормозная лопасть. При сильном ветре помощью тяги она будет выдвигать тормозной защитный кожух, и сокращать воздушный поток. При ослаблении ветра пружина, закрепленная за кожух и основание флюгера, будет возвращать кожух в исходное положение. При очень сильном ветре тормозная фрикционная накладка, закрепленная в нижней части тормозной лопасти будет прижиматься к тормозному диску, установленному вместе со шкивом привода генератора, и таким образом останавливать ротор.

При изготовлении ротора большой высоты, нужно чтобы его вал имел опору в нижней и верхней точке. Для этого необходимо устанавливать всю конструкцию на достаточно прочную мачту. А уже на ней на подшипниках будет вращаться ротор и подвижная конструкция флюгера с тормозной и защитной системой.

При длине хвоста флюгера 4 - 6 метров возможен и альтернативный конструктивный вариант. Нужно установить нужной высоты мачту, а уже от нее сделать внизу и вверху конструкции нужной длины (4-6 метров) в стоны для крепления точек опор генераторной установки, так, чтобы вся конструкция могла проворачиваться вокруг своей оси. Такая конструкция ВЭС будет занимать не так уж много места (приложение 12).

Еще эффективнее будет наша ВЭС если вместо традиционного генератора на нее установить многополюсный генератор на неодимовых магнитах. В этом случае отпадет необходимость в редукторе при передаче вращательного момента от ротора к генератору (приложение 13).

И так, в наилучшем варианте ВЭС ротор должен иметь 4 лопасти с закруткой вокруг своей оси для использования эффекта подъемной силы крыла. Вокруг ротора должен быть защитный кожух и флюгер для защиты лопастей движущихся навстречу воздушному потоку. На валу ротора в нижней части должен быть закреплен многополюсный генератор на неодимовых магнитах. Такой генератор обеспечит выработку электроэнергии при относительно малых оборотах ротора.

Магет предлагаемой нами конструкции ВЭС представлен в приложении 14.

Выводы

Нам представляется развитие ВЭС очень перспективным направлением развития энергетики. Особенно актуально оно для развития малого бизнеса в незаселенной местности для ведения фермерского хозяйства. Ведь при определении местности для организации своего дела наличие линий электропередач является приоритетным фактором. А развитие и внедрение

ветряных электрических станций малой мощности этот приоритетный фактор может быть не столь важным.

Мы считаем, что наш вариант конструкции ветряной электрической станции заслуживает внимания. Безусловно, он нуждается в практических испытаниях, возможно, в каких-то доработках. Но в целом, нам представляется такой вариант конструкции установки наиболее перспективным.

.Самым дорогим компонентом такой ВЭС на сегодняшний день являются аккумуляторы. С учетом того факта, что сама конструкция и производство аккумуляторов с каждым годом изменяется в лучшую сторону как по качеству, так и по продолжительности срока службы, то рентабельность самой ВЭС будет только увеличиваться.

Заключение.

Развитие ВЭС в нашей стране окажет благотворное влияние, как на экономику, так и на экологическую обстановку. Не малую роль в развитии ВЭС играет и тот факт, что у нас постоянно растут цены на электроэнергию. И если учитывать этот факт, то развитие строительства малых ВЭС для частного домовладения вполне реальная перспектива. В самом деле, если

первоначальное строительство ВЭС в частном подворье или в сфере малого бизнеса может показаться делом дорогостоящим, то сам процесс получения энергии совершенно бесплатный.

Развитие ВЭС – наша перспектива, которой мы обязательно придем!

Библиографический список.

1. <http://www.energyland.info/analitic-show-52412>

2. http://vetrodvig.ru/?page_id=1090

3. Безруких П.П. **Ветроэнергетика**. (Справочное и методическое пособие). Москва, ИД «ЭНЕРГИЯ», 2010.

4.Перспективы мировой ветроэнергетики Редакторы: Crispin Aubrey, Angelika Pullen, Arthouros Zervos, Sven Teske

Перевод и редакция русской версии доклада: С. Алексеева, А. Брандт, Е. Грачева, Е. Кирюшкина, В. Писарева, В. Чупров, И. Шарапов, Г. Шумкин.

5.<http://energetika.in.ua/ru/books/book-1/part-1/section-4/4-1>

6.История развития ветроэнергетики <http://altenergy.in.ua/>

7.Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов.

П. П. Безруких. П. П. Безруких (младший) Ответственный редактор В. М. Захаров . Москва 2011.

8.<http://anatolypn.livejournal.com/25852.html>

9.Развитие ветроэнергетики или схватка с ветряными мельницами.

Залина Цховребова.

10.Энергия ветра: перспективы и проблемы глобального развития ветроэнергетики. Энергетический вестник. №17. 2014.

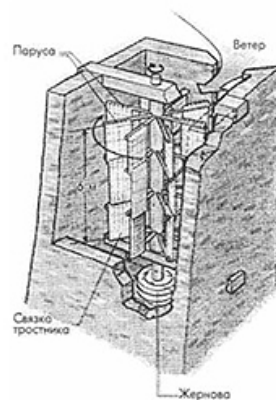
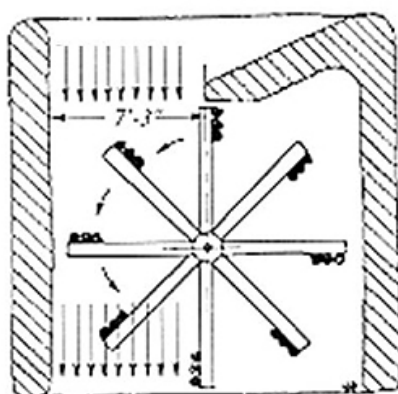
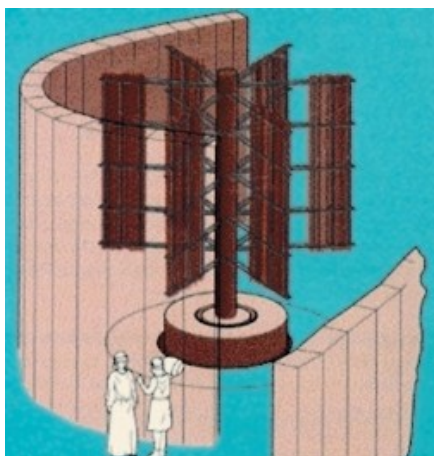
11.Развитие ветроэнергетики в России находится в руках регионов. Игорь Брызгунов.

12.Ветроэнергетика в России: проблемы и перспективы развития. В. А. Кулаков.

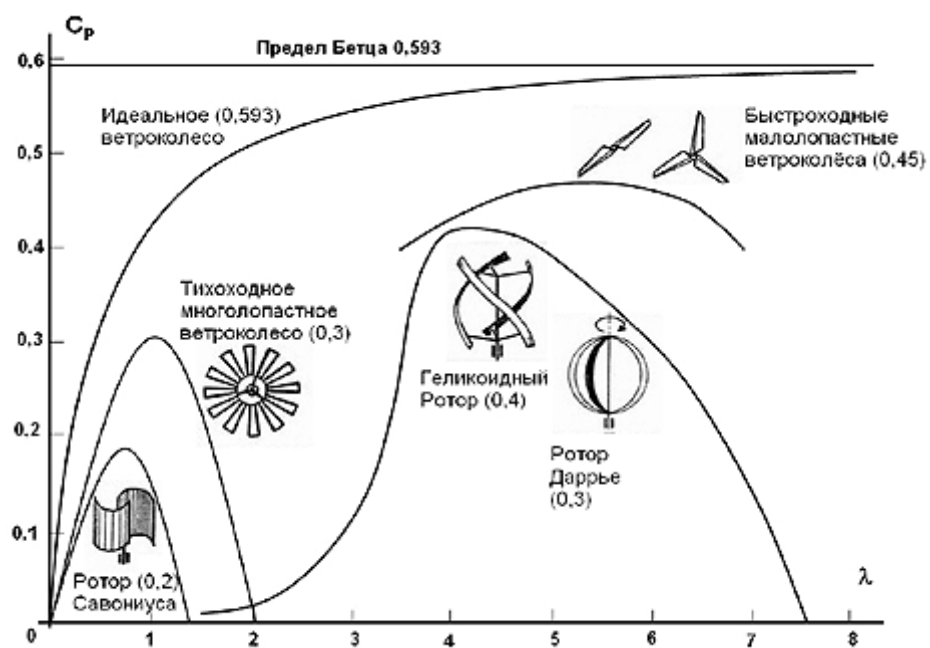
13.<http://mirenergii.ru/energiyavetra/vertikalnye-vetryaki-kratkij-obzor.html>

14. Возможности развития ветроэнергетики как альтернативного источника энергии в России. Тарасов А. С.

Приложение 1. Старинная персидская ветряная мельница с направляющей ветер стеной.



Приложение 2. Графики характеристик ВЭС с различным типом ротора.



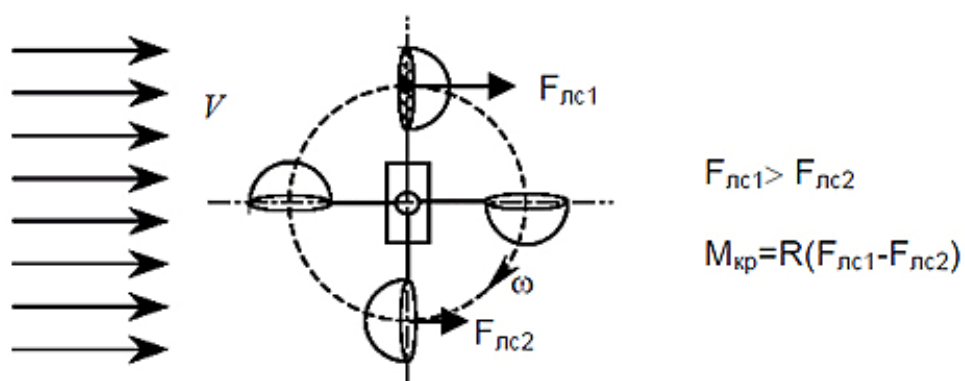
Мощность ВЭС зависит от скорости ветра и размаха лопастей ветроколеса (см. таблицу)

Приложение 3. Многообразие конструкций современных вертикально-осевых ветродвигателей, использующих для создания крутящего момента

подъемную силу крыла.



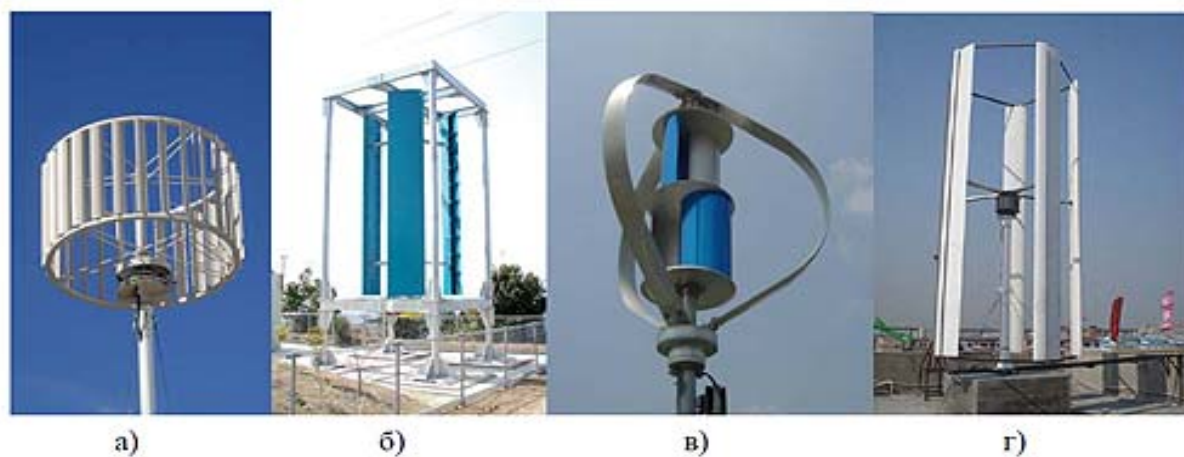
Приложение 4. Принцип действия ветродвигателя «дифференциального лобового сопротивления»



Приложение 5. Разнообразие конструкций ветродвигателей, работающих по принципу дифференциального лобового сопротивления.

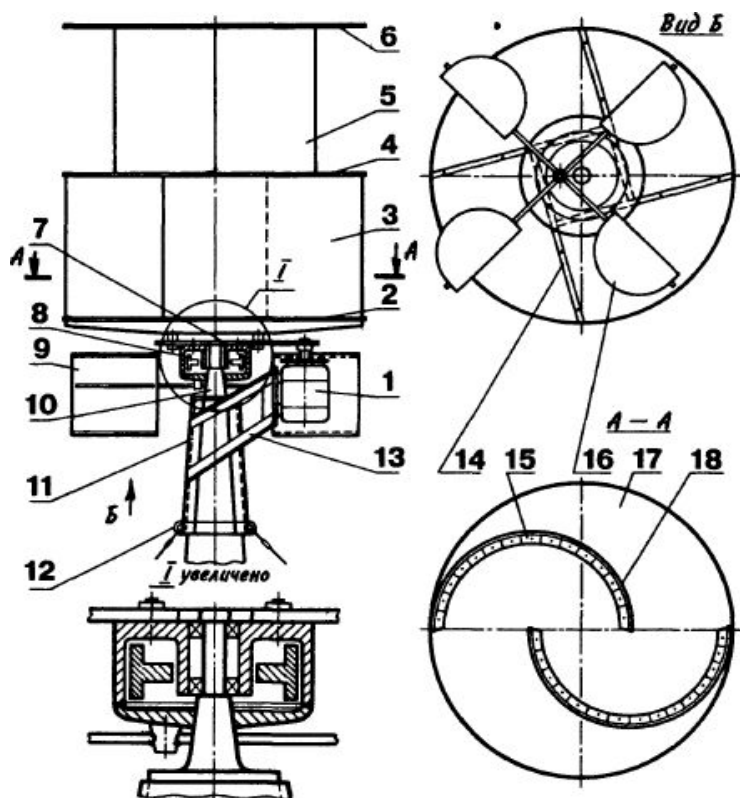


Приложение 6. Конструкции ветродвигателей, использующих для создания крутящего момента комбинацию феноменов подъемной силы крыла и дифференциального лобового сопротивления.



В установках, приведенных на рисунках а), б) и г), в зависимости от положения каждой лопасти относительно направления ветра проявляются либо эффект подъемной силы, либо эффект дифференциального аэродинамического сопротивления. В установке, показанной на рисунке в), ротор Савониуса используется для раскрутки ротора Даррье до необходимой быстроходности.

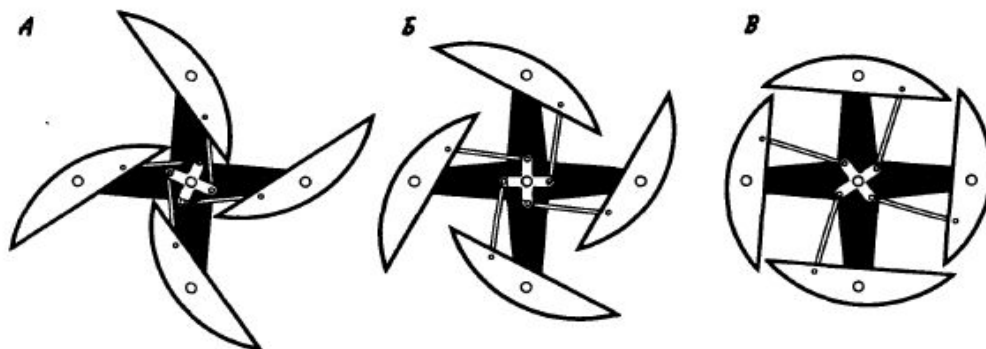
Приложение 7. Ветроэлектрогенератор «Ротор».



I — электрогенератор типа Г-221, 2, 4, 6, 17 — аэродинамические шайбы роторного ветроколеса, 3, 5, 18 — лопатки ротора, 7 — цепная передача мультипликатора, 8 — ступица ветроколеса (тормозной барабан мотоцикла), 9, 16 — лопатки аэродинамического тормозного устройства, 10 — ось вращения роторного ветроколеса,

II — опора, 12 — ушки крепления растяжек, 13 — кронштейн крепления электрогенератора, 14 — усиление нижней аэродинамической шайбы (деревянный брусок 40x40 мм), 15 — кронштейн (уголок 2x30x30 мм, дюралюминий).

Приложение 8. Принцип работы лопаток ротора.



Крепление лопаток ротора:
1 — лопатка, 2 — верхняя крестовина, 3 — нижняя крестовина, 4 — втулки, 5 — гайки с шайбами, 6 — болты с гайками и шайбами.

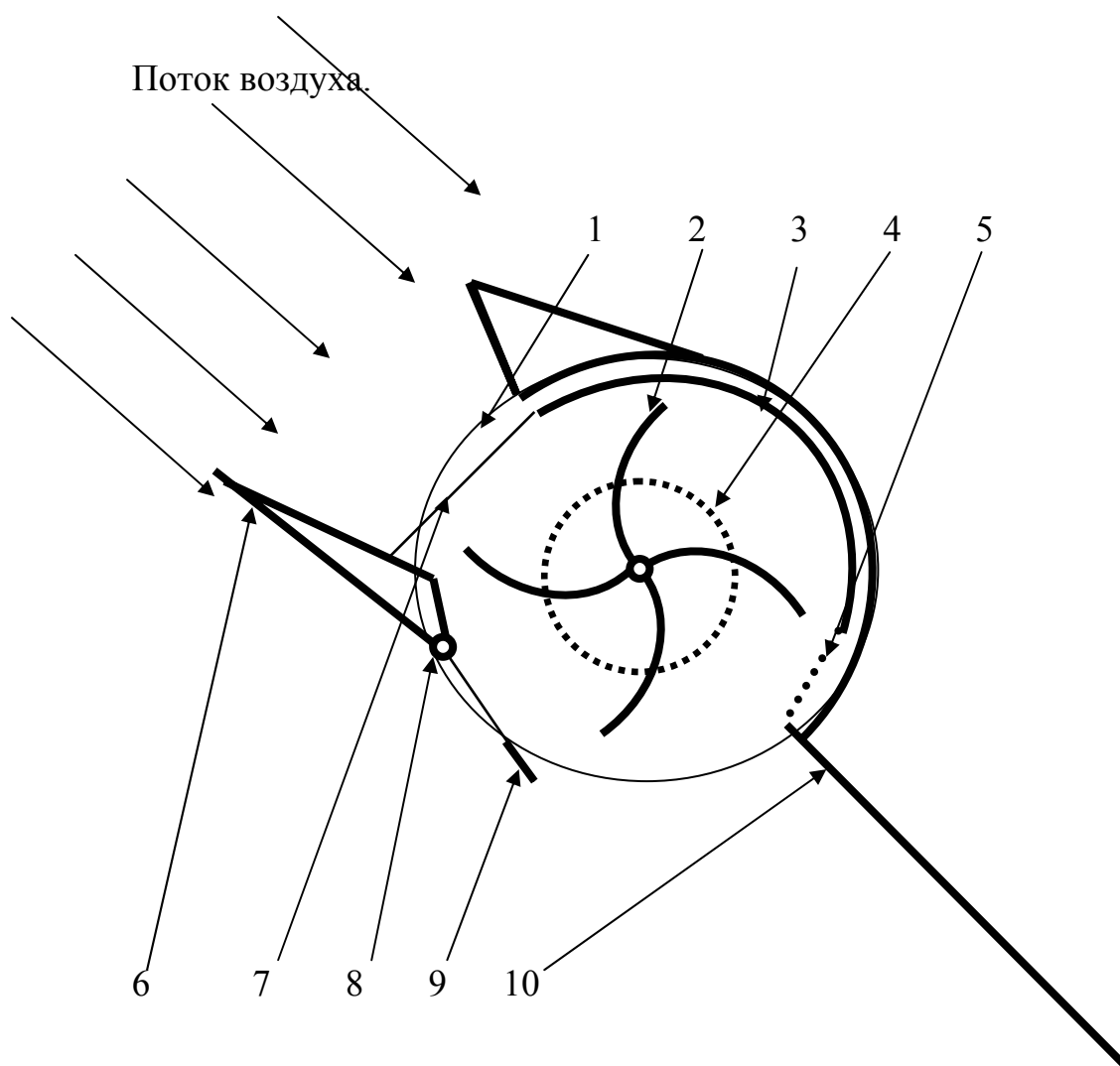
Приложение 9. Ветровая турбина с вертикальной осью Maglev Turbine



Приложение 10. Ветрогенератор вертикально-ориентированный инерционный типа Vertical-axis wind turbines

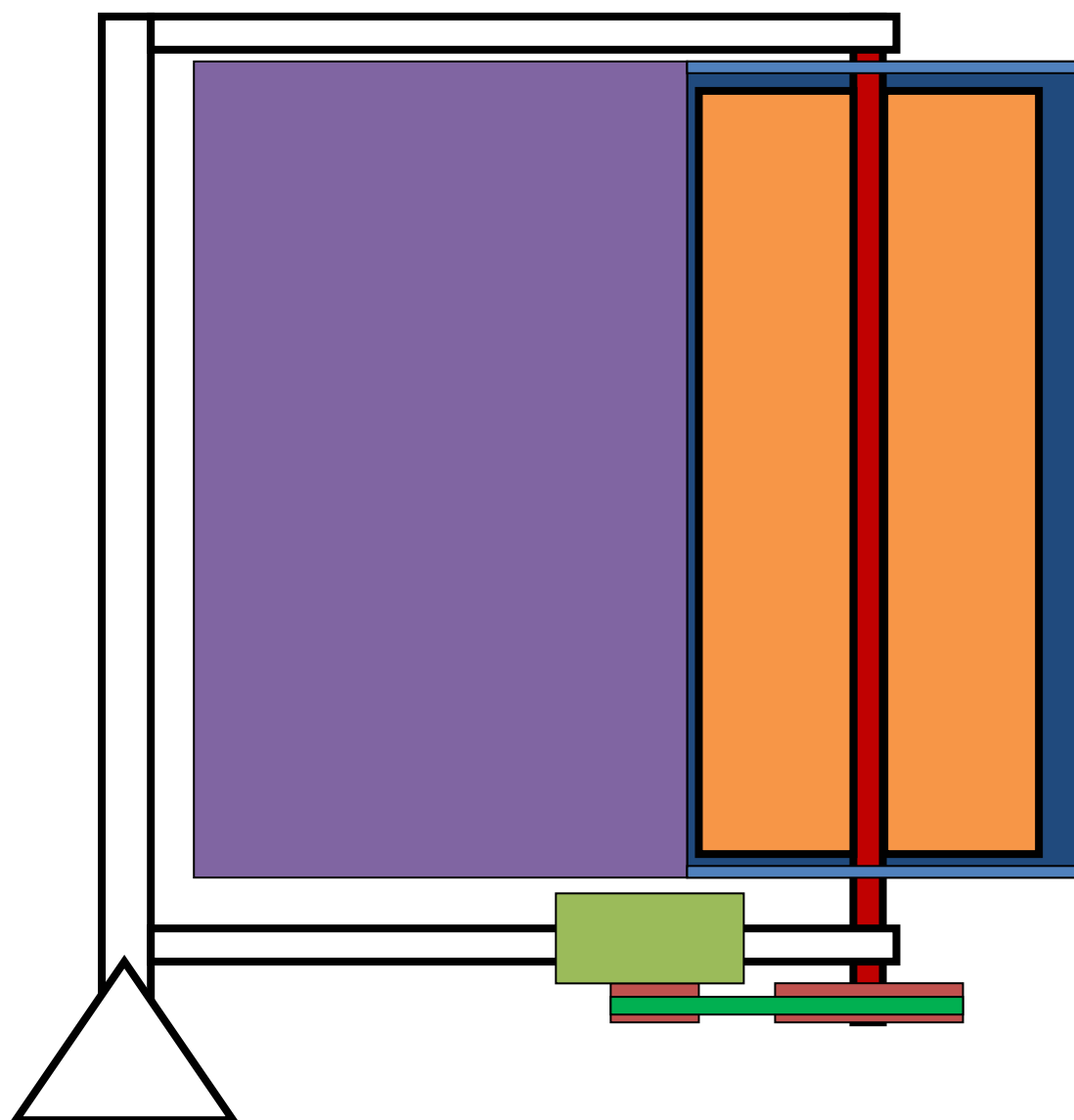











Приложение 11. Эскиз оптимальной конструкции ВЭС. Вид сверху.



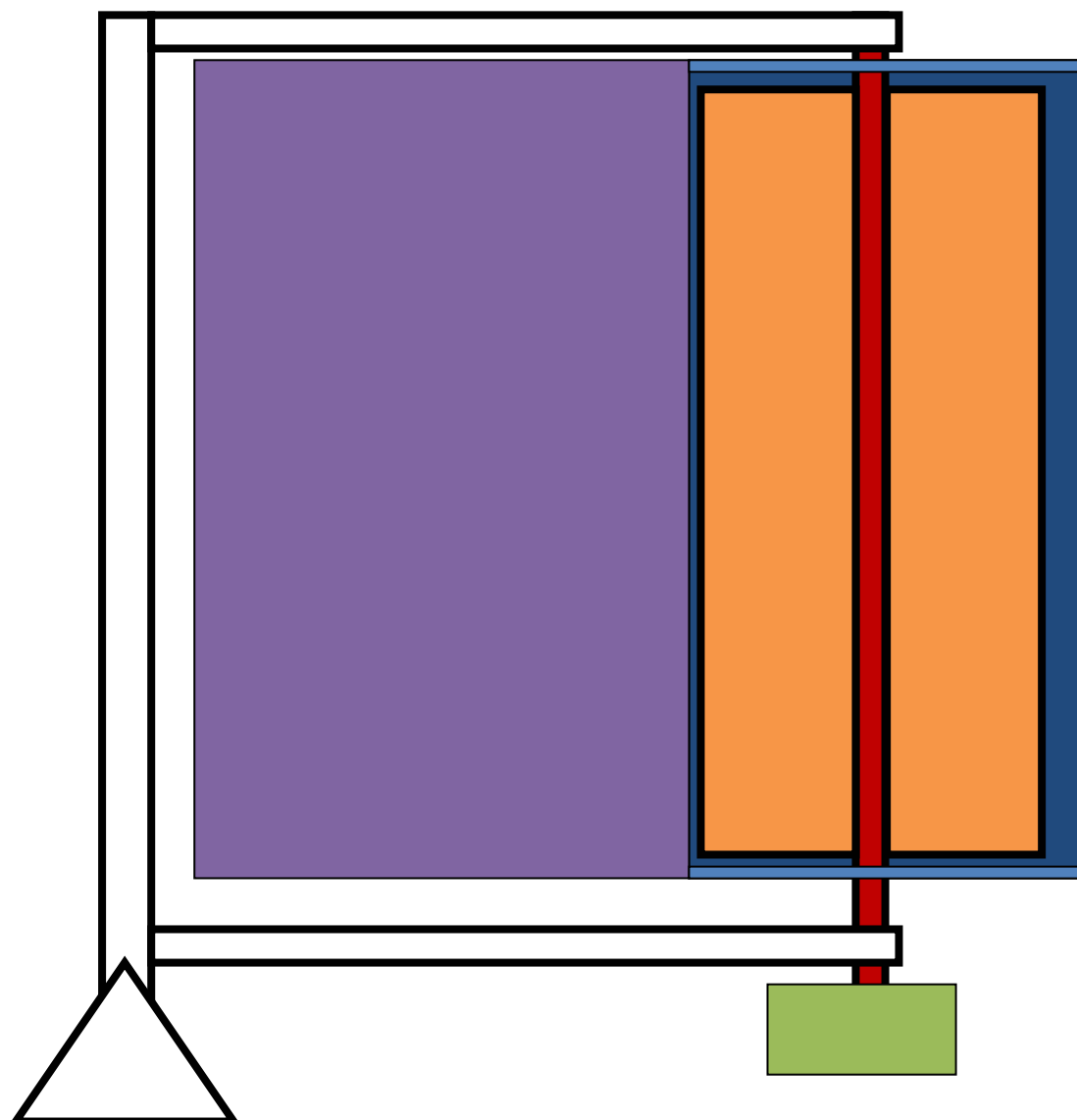
- 1 – подвижное основание флюгера.
- 2 – лопасти ротора.
- 3 – тормозной защитный кожух.
- 4 – шкив привода генератора с тормозным диском.
- 5 – пружина возврата подвижного кожуха.
- 6 – лопасть привода тормозного кожуха.
- 7 – тяга от лопасти к тормозному кожуху.
- 8 – вал лопасти.
- 9 – фрикционная накладка тормоза.
- 10 – флюгер.








Приложение 12. Эскиз предлагаемой конструкции ВЭС. Вид с боку.



Лопасты ротора		Вал ротора	
Защитный кожух		Верхнее и нижнее основание флюгера	
Флюгер		Шкивы передающего механизма	
Генератор		Передающий ремень	
		Основание и мачта крепления ВЭС	

Приложение 13. Эскиз предлагаемой конструкции ВЭС с многополюсным генератором. Вид с боку.



Лопастей ротора		Вал ротора	
Защитный кожух		Верхнее и нижнее основание флюгера	
Флюгер		Многополюсный генератор	
		Основание и мачта крепления ВЭС	

Приложение 14. Внешний вид макета предлагаемой конструкции ВЭС.

