

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление «Агроинженерия»

Профиль «Электрооборудование и электротехнологии»

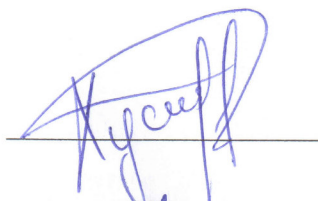
Кафедра «Машины и оборудование в агробизнесе»

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема: «Проект электроснабжения фермы КРС с разработкой  
ветрогенератора»

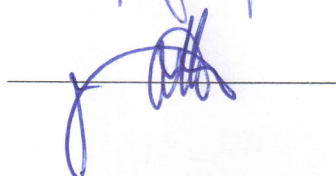
Шифр ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ

Выпускник гр. Б261-03



Хуснутдинов Р.Ф.

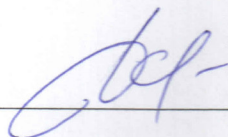
Руководитель \_\_\_\_\_ доцент



Дмитриев А.В.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
(протокол № 12 от « 17 » июня 2020г.)

Зав. кафедрой к.т.н, доцент



Халиуллин Д.Т.

Казань – 2020

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

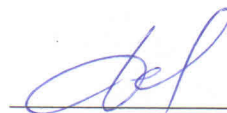
Направление «Агроинженерия»

Профиль «Электрооборудование и электротехнологии»

Кафедра «Машины и оборудование в агробизнесе»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

 /Халиуллин Д.Т./

« 27 » апреля 2020г.

## ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Хуснутдинову Разиту Фаридовичу

Тема проекта: «Проект электроснабжения фермы КРС с разработкой ветрогенератора»

утверждена по ВУЗу № 178 от « 22 » мая 2020г.

2. Срок сдачи студентом законченного проекта «17» июня 2020г.

3. Исходные данные к проекту: Материалы, собранные в период преддипломной практики по данной теме, а также новые технические решения (А.С., патенты, статьи и др.).

4. Перечень подлежащих разработке вопросов: 1. Обзор литературных и патентных источников; 2. Технологическая часть; 3. Конструктивная часть; 4. Выводы (заключение).

5. Перечень графических материалов:

Лист 1 – Анализ существующих конструкций ветрогенераторов;  
Электроснабжение Фермы КРС Лист 3 – Электроснабжение коровника  
Принципиальная схема инвертора; Лист 5 – Сборочный  
ветрогенератора; Лист 6 – Деталировка ветрогенератора.

6. Консультанты по ВКР

| Раздел (подраздел)             | Консультант  |
|--------------------------------|--------------|
| Безопасность жизнедеятельности | Гаязиев И.Н. |
|                                |              |

6. Дата выдачи задания: « 4 » мая 2020 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| №<br>п/п | Наименование этапов ВКР     | Срок выполнения  | Приме |
|----------|-----------------------------|------------------|-------|
| 1        | Литературно-патентный обзор | 11.05-18.05.2020 | 100   |
| 2        | Технологическая часть       | 18.05-25.05.2020 | 100   |
| 3        | Конструкторская часть       | 25.05-06.06.2020 | 100   |
|          |                             |                  |       |

Студент-выпускник

/ Хуснутдин

Руководитель проекта

доцент каф. «МОА»

/Дмитрий

## АННОТАЦИЯ

выпускной квалификационной работы Хуснутдинов Р.Ф. на тему «Проект электроснабжения фермы КРС с разработкой ветрогенератора».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 55 листах машинописного текста и графической части на 5 листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает 10 рисунка, 6 таблиц. Список используемой литературы содержит 12 наименования.

В первом разделе дан обзор литературных и патентных источников.

Во втором разделе приведено расчет электроснабжение фермы на 400 голов и выбор электрооборудование.

В третьем разделе усовершенствован ветрогенератор, проведены соответствующие конструктивные расчеты, приведены требования по безопасности труда, мероприятия по охране окружающей среды, экономическое обоснование и анализ по технико-экономическим показателям.

Записка завершается выводами, списком использованной литературы и спецификацией чертежей.

## ABSTRACT

final qualifying work Khusnutdinov R.F. on "the Project of power supply of cattle farms with the development of a wind turbine."

The final qualifying work consists of an explanatory note on 55 sheets of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of A1 format.

The note consists of an introduction, three sections, conclusions and includes 10 figures, 6 tables. The list of references contains 12 name.

The first section provides an overview of the literature and patent sources.

In the second section, the calculation of the power supply of the farm for 400 heads and the choice of electrical equipment.

In the third section, the wind turbine has been improved, the relevant design calculations have been carried out, the requirements for safety, environmental protection measures, economic justification and analysis for technical and economic indicators have been given.

The note concludes with a list of references and specifications of drawings.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                     | 7  |
| 1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР .....                                                               | 9  |
| 1.1 Обзор литературных и патентных источников .....                                                | 9  |
| 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....                                                                     | 24 |
| 2.1 Расчет электроснабжения фермы на 400 голов .....                                               | 24 |
| 2.1.1. Расчет сечения провода .....                                                                | 26 |
| 2.1.2 Выбор оптимальной величины регулируемой надбавки трансформатора .....                        | 28 |
| 2.2 Повышение надежности электроснабжения .....                                                    | 29 |
| 2.3 Выбор резервного источника питания .....                                                       | 32 |
| 3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....                                                                     | 33 |
| 3.1 Выбор и обоснование конструкции .....                                                          | 33 |
| 3.2 Расчет технико-экономической эффективности проектируемой конструкции .....                     | 41 |
| 3.3 Правила техники безопасности и экологической эксплуатации конструкции<br>ветрогенератора ..... | 47 |
| 3.4 Требования безопасности при эксплуатации внедряемой<br>ветроэнергетической установки .....     | 48 |
| 3.4.1 Охрана окружающей среды .....                                                                | 50 |
| 3.4.2 Воздействие на визуальное восприятие .....                                                   | 51 |
| 3.4.3 Шум .....                                                                                    | 51 |
| 3.4.4 Мелькание тени и блеск лопастей .....                                                        | 52 |
| 3.5 Физическая культура на производстве .....                                                      | 53 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                   | 54 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....                                                               | 55 |
| СПЕЦИФИКАЦИЯ .....                                                                                 |    |
| ПРИЛОЖЕНИЯ .....                                                                                   |    |

## ВВЕДЕНИЕ

Интерес к проблемам использования возобновляемых источников энергии связан с увеличением масштабов потребления ископаемого топлива.

В настоящее время запасы органического топлива истощаются и его использование во все возрастающих объемах ведет к загрязнению окружающей среды стало всеобщим. Выделение углекислого газа, приводящего к глобальному потеплению. В будущем неизбежно сокращение потребления органического топлива и его замена другими источниками энергии. Использование возобновляемых источников энергии наиболее привлекательно, так как оно не нарушает естественного баланса энергии, получаемой нашей планетой. К возобновляемым источникам энергии относятся: солнечная радиация, энергия ветра, энергия рек, приливов и океанских волн, энергия, заключенная в биомассе и органических отходах.

Энергия ветра известна человечеству не менее 2000 лет; в последние 10-15 лет бурно развивалось ее использование для производства электрической энергии. К настоящему времени в мире установлено более 20000 ветроэлектрических агрегатов, общая мощность которых превышает 16 млн. кВт. Современные ветроэнергетические установки имеют мощность от единиц киловатт до нескольких мегаватт и позволяют экономически эффективно с высокой степенью надежности преобразовывать энергию ветра. Ветроэнергетические установки могут использоваться для различных целей, начиная от заряда аккумуляторных батарей и энергоснабжения различных объектов до подачи электроэнергии в сети централизованного электроснабжения.

Энергия ветра в течение длительного времени рассматривается в качестве экологически чистого неисчерпаемого источника энергии. Прежде чем энергия ветра сможет принести значительную пользу, должны быть решены многие проблемы, главные из которых: высокая стоимость ветроэнергетических установок, их способность надежно работать в автоматическом режиме в

течение многих лет и обеспечивать бесперебойное электроснабжение. Поэтому, сегодня наиболее важной задачей стоящей перед ветроэнергетикой является снижение удельной стоимости электрооборудования. Одним из путей снижения стоимости является применение более экономичных структур электрооборудования.

Однако, перед разработчиками электрооборудования возникает ряд специфических трудностей связанных с наличием в составе ветроэнергетической установки ветротурбины. Испытание новых систем необходимо проводить в полевых условиях.

# 1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ И ПАТЕНТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Литературно-патентные источники охватывают большое количество информации. Из них, по нашей (указанной) теме, прослеживается, что ветрогенераторы нуждаются в комплектовании более универсальными модулями и рабочими органами, которые будут легко обслуживаться, не требовать высокой квалификации персонала и уменьшения величины потребления энергии на основные и вспомогательные технологические процессы.

Целью работы является переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, разработка оптимального решения модели турбины ветровой электростанции для получения электроэнергии из доступной нам энергии ветра для производственных нужд. Устранить или снизить объем проблем, которые появляются из-за постоянного изменения направления и скорости ветрового потока и периодических простоев, когда скорости воздушных масс недостаточно для того, чтобы ветрогенератор смог эффективно утилизировать энергию ветра.

Из всего, вышесказанного вытекают следующие специфические требования:

- высокая надежность;
- стабильность поддержания параметров электроэнергии, в заявленных пределах, при переменной частоте вращения ветроколеса;
- минимальные масса-габаритные показатели и стоимость;
- долговечность;
- высокая степень защиты от влияния окружающей среды;
- обслуживание не квалифицированным персоналом;
- Работа в сложных климатических условиях;
- Возможность изготовления деталей на территории сельско-хозяйственных предприятий используя внутренние ресурсы;

Принцип работы Ветрогенератора состоит в том, что он отдает часть полученной энергии движущимся элементам из этого следует, что мы имеем потери при некоторой скорости потока воздуха переходя из кинетической энергии в механическую. Величина потери будет зависеть от выбора конструкции лопастей, габаритов, места установки и рабочих режимов. Рабочий ветрогенератор с помощью взаимодействий с потоками воздушных масс вырабатывает электроэнергию, опишем эти силы и явления.

$v_0$  - скорость воздушного потока.

$\omega$  - скорость вращения лопастей,  $V_{\text{rel}}$  - скорость воздушного потока относительно лопастей.

Сила сопротивления  $F_c$ , параллельна вектору скорости набегающего потока  $v_0$ .

Подъемная сила  $F_{\text{л}}$ , направленная перпендикулярно силе  $F_c$ . Эта сила не поднимает ветроэлектрическую установку, а заставляет вращаться лопасти ветрогенератора.

Распределение скорости отдельных модулей будет не линейные и неравномерным по величине и направлению. Турбулентность будет перед лопастью и после неё.

Сопротивление для направленного на установку потока. Этот параметр будет равным отношению площади проекции лопастей на плоскость, перпендикулярно потоку к площади, обметаемой ими. Коэффициент заполнения прямо пропорционален количеству лопастей.

Ветрогенераторы можно разделить на основные классы по таким признакам - оси вращения к набегающему потоку воздуха и геометрия ветроколеса.

В зависимости от геометрии ветроколеса ветроустановки бывают тихоходные и быстроходные. Ветрогенератор с большим количеством лопастей являются тихоходными, они обладают большим геометрическим заполнением

ветра-колеса, имеют хорошие мощностные показатели при несильном ветре и малых оборотах. Ветрогенераторы с количеством лопастей от 3 до 5 – быстроходные. Они обладают небольшим заполнением ветроколеса, развивают максимальную мощность при высоких скоростях вращения ветроколеса и гораздо большей скорости набегающего потока.

Ветроэлектрические установки делятся на вертикально-осевые и горизонтально-осевые по направлению оси вращения ветроколеса относительно воздушного потока.

Использование в ветрогенераторов малого размера с горизонтальным исполнением лопастей избавляет нас от недостатков ветрогенераторов с вертикальным расположением лопастей. Недостатки вертикального расположения лопастей в ветродвигателях состоят в том, что эффективное использование их наступает тогда, когда скорость воздушного потока достигает большого количества лопастей относительно горизонтального исполнения конструкции.

В пример приведен Ветрогенератор Enercon E-126 который начинает вырабатывать электроэнергию при минимальной скорости ветра равной 3 м/с при этом его ометаемая площадь, 12 668 м<sup>2</sup> это значит такой ветрогенератор нужно устанавливать высоко от земли что повлияет на стоимость установки и увеличению шума от работы ветрогенератора. Неправильная установка столь массивного ветрогенератора приведет к проблемам для животных и птиц. Проблема животных будет состоять в том, что нахождение рядом с такой установкой будет невозможным и уменьшает площадь охоты и проживания диких и домашних животных. Для птиц такие установки приносят массу проблем так как если установить ветрогенератор на пути сезонных переселений птиц которых делят на оседло-живущих, кочующих, либо перелётных то это приведет к неизбежной массовой снижению популяции таких видов птиц так как большинство миграций происходят широким фронтом. Но не все птицы совершают миграции, но для таких видов эта проблема остается актуальной, но

в меньшей степени. Применение такой установки для сельскохозяйственных предприятий из вышеперечисленных факторов делает не возможным.

Шум от промышленных ветрогенераторов бывает двух типов аэродинамический и механический. Ветроустановки которые издают шум зависит от погодных условий и не зависит от ускорения работы турбин. На расстоянии 100 м шум от турбины равен 90 дБ это как шум груженого железнодорожного вагона в 8 метрах если же измерить шум на расстоянии 400 м то он будет равен 40 дБ что равно громкости обычной речи.

Для установки группы таких ветрогенераторов трудно найти подходящие место поэтому эти группы устанавливают в Северном море что усложняет не только установку но делает в разы дороже обслуживание и ремонт при аварии.

Ветрогенераторы с горизонтальным исполнением лопастей лишены многих проблем которые имеют вертикальную конструкцию лопастей.

Шум от ветрогенераторов описанных выше при потоке воздушных масс 2 м/с не слышать на расстоянии 10 метров. Горизонтальный ветрогенератор начинает выработку электроэнергии в среднем при ветре 3-8 м/с а вертикальный генератор при ветре 0.17 м/с, а на номинальную мощность выводит при 3 м/с делая его пригодным для установки на более низкой высоте позволяя уменьшить габариты и массу конструкции снизить затраты на обслуживания, ремонт, установки а так же уменьшая металлоемкость. Ветрогенераторы данного типа можно устанавливать на крышах, возвышенностях или используя пространство между зданиями. Имея облегченную конструкцию, установка специально решетки защитит птиц и животных от повреждений и серьезных травм и не будет сильно увеличивать нагрузку на установку и запчастей всех её элементов. Установка такого типа ветрогенератора позволяет обеспечить легкодоступность для обслуживания и подключение к предприятию или вспомогательных его элементах. Если же электроэнергии одного вырабатываемого ветрогенератора горизонтального типа не хватает установка еще одной конструкции не будет проблемой для сельскохозяйственных предприятий по вышеописанным параметрам. Еще одно

немало важное преимущество — это отсутствие такого явления как обледенения так как вода не задерживается на лопастях и не успевает перейти в твердое состояние и препятствовать вращению ветротурбины что позволяет ее устанавливать намного ближе к северным регионам чем другие типы установки с вертикальными лопастями на ветродвигатели.

Выбор места установки играет немало важную роль в коэффициенте использования энергии ветра даже учитывая то, что горизонтальные лопасти лишены таких проблем как выбор оптимальной стороны и использование поворотных механизмов как в вертикальных есть различные способы что бы определить наилучшее место для установки ветроэлектрической установки.

Один из таких Роза ветров. Научное название этого способа построить диаграмму направлений и силы ветров, дующих в определенном регионе. В выборе месте помогут знания направления господствующих ветров они будут важным во многих случаях. Построение такой диаграммы позволит нам предсказывать изменение погоды и расположение фронтов теплого и холодного воздуха тем самым даст понять, как в ближайшие дни изменится погода, холодную или теплую воздушную массу принесет нам господствующий ветер.

Диаграмма розы ветров состоит из дополнительных и основных осей это, вертикальную север-юг, горизонтальную восток-запад, диагональную юго-восток-северо-запад, диагональную юго-запад-северо-восток.

На этих осях необходимо отмечать направления и силу ветров, которые наблюдались в вашем регионе за определенный период времени. Эту информацию можно взять из метеорологического календаря в интернете, СНиП или любого другого достоверного источника.

После того как мы взяли информацию для нашего месторасположения можно приступать к построению розы ветров. На каждой оси нужно отметить отрезок, длина которого будет соответствовать числу дней, в течение которых дул ветер этого направления. Так, на южной оси отмечаем 34 миллиметра, на северо-восточной 12 миллиметров. Если в какие-то дни была безветренная погода, их количество отмечается точкой в центре диаграммы с написанным

числом тихих дней. После того, как все точки, соответствующие ветрам, отмечены на осях, остается последний этап – последовательное соединение этих точек между собой отрезками. В результате должен получиться неправильный многоугольник. Если в каком-то из направлений ветер в течение всего рассматриваемого периода не было потока воздушных масс, на соответствующей оси не будет никаких отметок из этого следует, что с этой стороны многоугольник остается незамкнутым. Внутреннюю часть многоугольника можно заштриховать. Наиболее длинные лучи розы ветров покажут преобладающие направления ветров в вашем регионе.

Группа ветрогенераторов не может существовать без инфраструктуры это и аккумуляторы, оборудование, которое будет преобразовывать электроэнергию в промышленный стандарт 220 вольт 50 герц. Проблемы промышленных ветрогенераторов в том, что их установка должна быть на достаточном удалении от места проживания и предприятий в целях безопасности и комфорта.

Рассмотрим несколько видов конструкций ветротурбин.

### **Ротор Дарье**

Ротор Дарье это один из видов роторов, использующихся в вертикальных ветрогенераторах. Нам известен его принцип работы но у этого ротора нет математической модели и спрогнозировать его поведение при разных условиях, зависимости вырабатываемой энергии от параметров и физических процессов.

Проблемы ротора Дарье заключаются в том что начать вращаться самостоятельно он не может, исходя из этого что бы запустить его вращение используется либо генератор в режиме двигателя, либо специальный двигатель. Исходя из выше перечисленной проблемы мы должны иметь независимый источник питания для запуска, что напрямую снижает количество получаемой электрической энергии и возможности распространения ветротурбины данного типа.

Данная установка имеет двух лопастную конструкцию (рисунок 1.1), что увеличивает время нахождения лопасти в зоне сопротивления воздушных масс

к лопасти это приводит к снижению коэффициента использования энергии ветра. Потoki будут замедлять скорость лопасти далее она будет выходить на подъемную силу  $F_{\text{п}}$ , направленную перпендикулярно силе  $F_{\text{с}}$ .

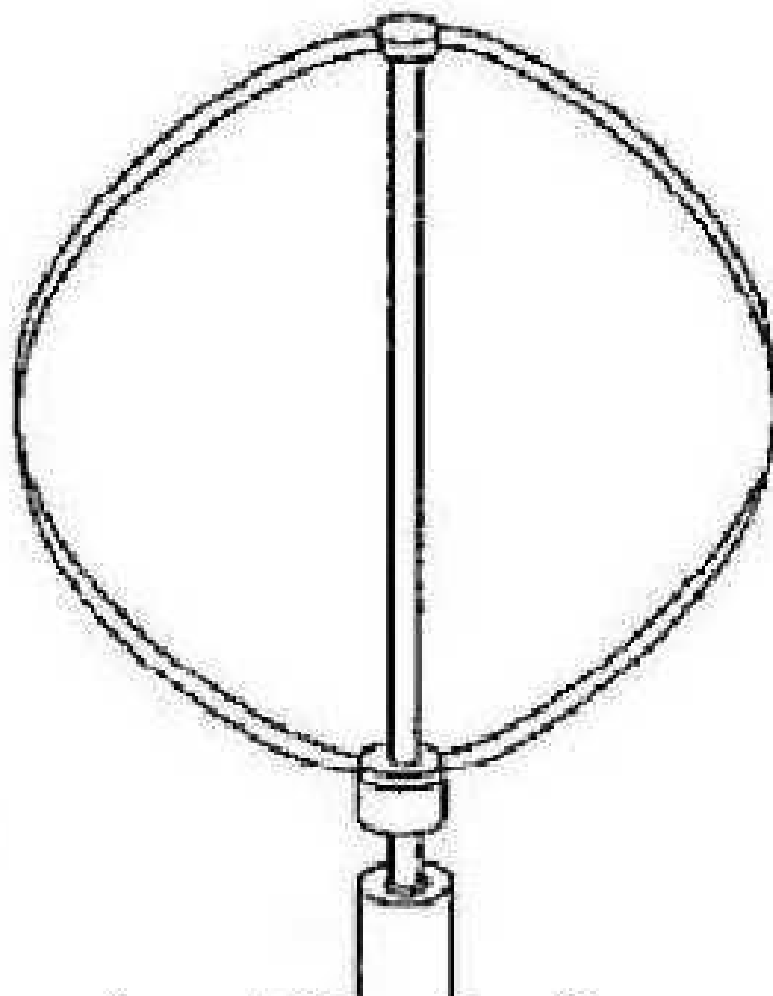


Рисунок. 1.1 Ветрогенераторы Дарье.

Добавление третьей лопасти (Рисунок 1) не приведет к увеличению коэффициента использования энергии ветра так как для этого придется сместить все лопасти на одинаковый угол относительно вала ветрогенератора и добавление элементов для повышения жесткости и сопротивления изгибному ветру. Добавляя дополнительные элементы вес и металлоёмкость установки увеличивается что противоречит нашим требованиям.

Сложная форма лопастей в данной конструкции делает невозможным изготовление их на большинстве предприятий сельского хозяйства.

## Ветрогенератора Эванса

Вращающий момент создается подъемной силой вертикально расположенных лопастей с аэродинамическим профилем ветротурбина Эванса изображен на рисунке 2

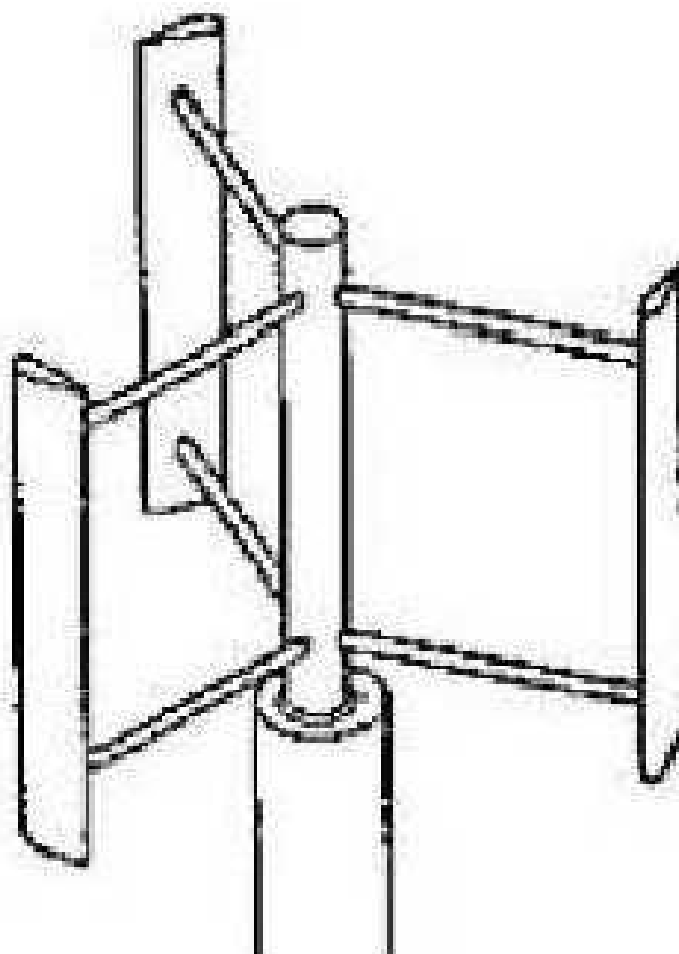


Рисунок 1.2 Конструкция ветротурбины Эванса

Такой вид (Рисунок 1.2) ветродвигателя с таким конструктивным решением имеет непостоянный, крутящий момент. Вследствие чего, для запуска крутящего момента требуется помощь от внешнего двигателя. Отсутствие защитных экранов от непогоды повышает риск выхода из строя установки и делает ее невозможным эксплуатацию без возвышения над землей в целях безопасности.

Из недостатков данного ветрогенератора малая площадь лопастей что снижает ее коэффициент использования энергии ветра.

Преимуществом данной конструкции является масса всей установки и возможность в изготовлении лопастей на территории предприятия с

использованием ее внутренних ресурсов. Коэффициент использования энергии ветра повышается за счет снижения сопротивления встречающихся воздушных масс и лопасти из-за расположения лопастей таким образом что бы встречать поток ветра стороной которая имеет наибольшую площадь а в момент прохождения против него располагаться меньшей площадью с обтекаемыми углами что бы меньше препятствовать потоку и замедлять вращение ветрогенератора. Лопасты крепятся двумя стержнями что позволяет придать жесткости конструкции и повышенное сопротивление шквальному ветру.

### Геликоидный ветрогенератора

Данная конструкция ветродвигателя – разновидность ортогонального ротора. Он имеет лопасти, закрученные вокруг оси ротора. Крутящий момент становится постоянным независимо от положения лопастей относительно направления ветра, и достаточно регулярно наблюдается само запуск при скоростях ветра 3 м/с и выше.

Геликоидная конструкция хорошо справляется с потоками встречных воздушных масс, которые могут снизить эффективность ветроэлектрической установки, за счет того что лопасть скручена и не имеет острых углов в середине тем самым уменьшая сопротивление, увеличивая скорость отвода ветра. Остановка такого ветрогенератора крайне мала после запуска она может вырабатывать электричество даже при скорости воздушного потока 0,7 м/с что делает его одним из лучшим среди всех конструкций ветрогенераторов с горизонтальным расположением лопастей. Так же имеет красивый и необычный дизайн.

Оптимальный режим работы данных ветродвигателей (Рисунок 1.3) (максимальное значение коэффициента использования энергии ветра) достигается при количестве лопастей от 4 до 5 единиц. Увеличение количества лопастей ротора более пяти, как правило, приводит к снижению быстроходности и уменьшению коэффициента использования энергии ветра. Защита конструкции отсутствует и дело тут в выбранных лопастях так как

установка направляющих экранов только снизит коэффициент использования энергии ветра.



Рисунок 1.3 показан геликоидный ротор

Добавление дополнительных стержней от середины вала к лопастям добавит необходимую жесткость конструкции, но увеличит сопротивление при вращении против потока воздушных масс. Усложнение и добавление в данную конструкцию приведет к тому, что шквальный ветер выведет из строя её за счет большего сопротивления. Исправляя эту ситуацию торможение вспомогательных элементов прибавит ей сложность в обслуживании.

### **Ротор Маспруза**

Вращающийся момент создается также подъемной силой. Две лопасти ротора, имеющие аэродинамический профиль, в начальный стартовый момент расположены вертикально. Главным его отличием служат складывающиеся вокруг горизонтальной оси лопасти.

По мере роста скорости ветра лопасти складываются, что уменьшает подъемную силу, а следовательно, и момент вращения, за счет уменьшения обметаемой площади.

Есть несколько исполнений данной конструкции, но все они при сильном ветре складываются (отключаются), так как конструкция с двумя лопастями очень сильно вибрирует при большой скорости, что может приводить к быстрому выходу из строя подшипников. Такой ротор изображен на рисунке 4

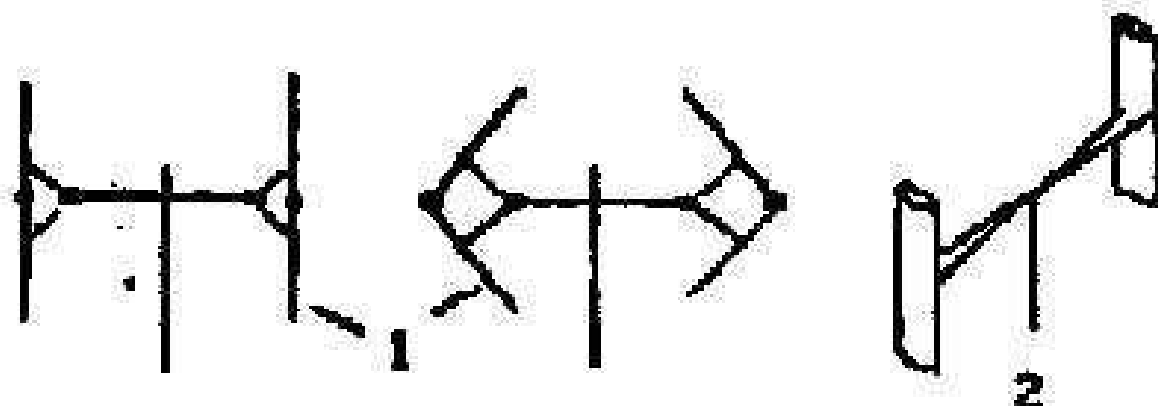


Рисунок 1.4 Схематичное изображение ветротурбины Масгрива.

При максимальной расчетной скорости ветра ветроколесо (рисунок 1.4) останавливается при полном складывании лопастей. Как и ротору Дарье, ему необходимо придать начальное вращение. Пусковой двигатель увеличивает стоимость, массу, затраты на поддержание установки в рабочем режиме. Складывающийся механизм не пригоден для использования в северной части, потому что риск обледенения высокий за счет конструкции лопастей в сложенном виде что позволяет в легкую снежную погоду обледенеть и выйти из строя при запуске такой турбины выведя из строя данный механизм и лопасти. Исходя из вышеперечисленных проблем повышается число обслуживающих часов в год и квалифицированного персонала.

Производство на территории сельскохозяйственного предприятия запасных частей в случае поломки и аварии или же по истечению срока службы отдельных элементов конструкции затруднен. Механизм складывания лопастей нуждается в постоянном обслуживании при этом его изготовление потребует больших затрат от сельскохозяйственного предприятия учитывая тот факт что

коэффициент использования энергии ветра за счет увеличения лопастей и площадь контакта повлечет за собой проблему недостаточности воздушного потока для выработки электроэнергии.

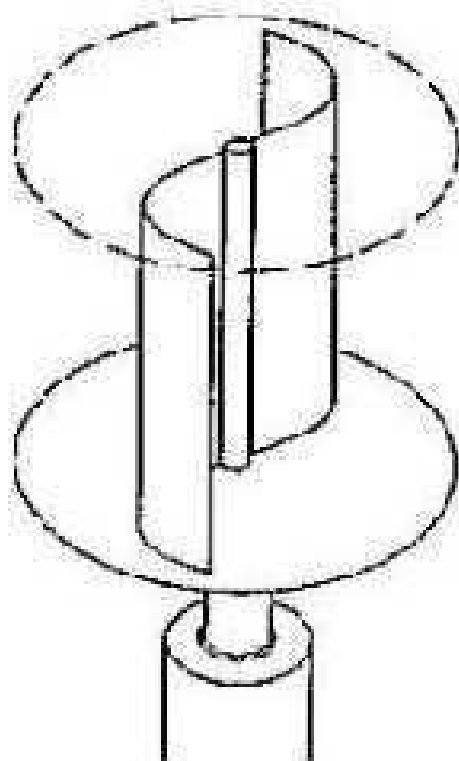


Рисунок 5 - Ветроустановка Савониуса

**Ветроустановка по патенту № 2116501.**

Патент RU № 2116501 изобретение относится к области ветроэнергетики, в частности к ветродвигателям. Ветродвигатель содержит ветротурбину с вертикальной осью вращения, расположенную внутри системы свободно поворачивающихся вокруг вертикальной оси светонаправляющих экранов. Каждая лопасть ветротурбины состоит из наконечника, выполненного в виде входной части аэродинамического профиля с изогнутой осью симметрии по окружности вращения, и шарнирно соединенной с ним подвижной плоскости, которая может свободно поворачиваться вокруг вертикальной оси. Наконечник лопасти ветротурбины состоит из внутренней неподвижной части и внешней свободно поворачивающейся вокруг вертикальной оси подвижной части,

соединенных между собой шарниром, расположенным в крайней входной точке наконечника.

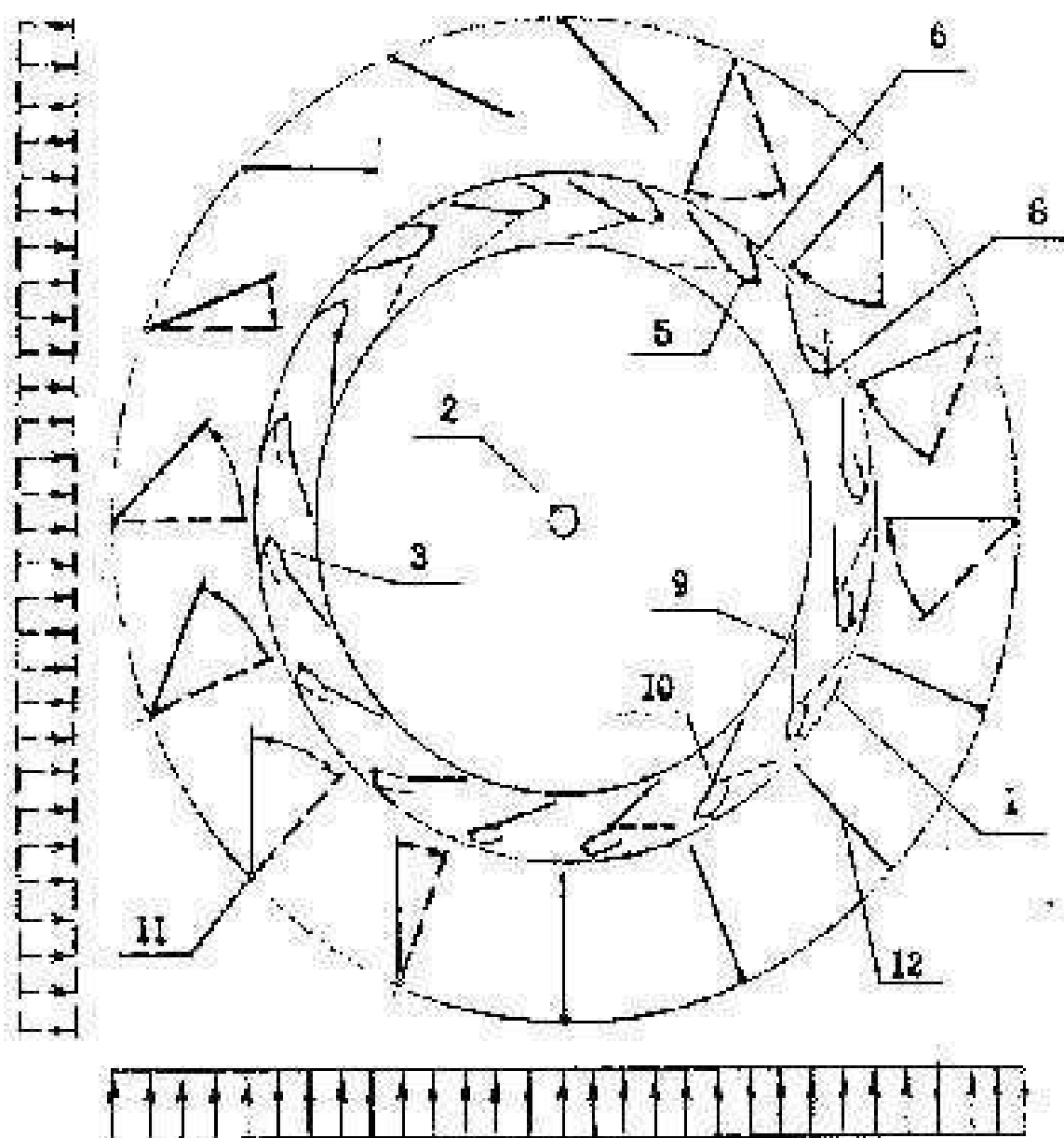


Рисунок 1.6 - Ветродвижитель «ЭОЛ»

Подвижная часть наконечника (рисунок 1.6) расположена в секторе свободного поворота, где крайние положения заданы в закрытом положении необходимым зазором между концом подвижной части наконечника и концом подвижной плоскости в шарнире, в открытом положении - образованием входной части аэродинамического профиля. Подвижная плоскость лопасти расположена в секторе свободного поворота, крайние

положения которой заданы оптимальным углом атаки к направлению движения ветрового потока, идущего от ветронаправляющих экранов, расположенных радиально, и оптимальным углом атаки к направлению движения воздушного потока, проходящего через ось вращения ветротурбины и центр подвижной плоскости лопасти, расположенной с подветренной стороны.

Каждый ветронаправляющий экран расположен в секторе свободного поворота, где крайние положения заданы прямой, проходящей через оси вращения ветротурбины и ветронаправляющего экрана, и касательной к окружности, образованной крайней наружной точкой раскрытого наконечника лопасти, проходящей через ось вращения ветронаправляющего экрана.

Технический результат заключается в повышении коэффициента использования энергии ветра. Данная установка как показано на рисунок 1.6 может эффективней вырабатывать электроэнергию по сравнению с вертикальным расположением и большим количеством лопастей в конструкции.

В данной установке повышается коэффициент использования энергии ветра за счет уменьшения сопротивления лопастей к встречному ветру с использованием ветронаправляющих экранов, расположенных в секторе свободного поворота. Следовательно габариты, масса, стоимость и сложность в обслуживании повышается. Ветронаправляющие в данной установке подвижны делая невозможным использования в северных регионах и в зимний время года так как снежная масса будет накапливаться в ветронаправляющих во время остановки и будет препятствовать прохождению ветрового потока к лопастям ветродвигателя из-за невозможности поменять положение ветронаправляющих.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Расчет электроснабжения фермы на 400 голов

Расчет электронагрузок высчитывают в соответствии с характеристиками оборудования на предприятии. При расчете электрических нагрузок проектируемых ветрогенераторов должны быть учтены все потребители электроэнергии, расположенные в зоне электроснабжения.

Расчеты потребления в сетях 0,4 кВ проводится путем суммирования нагрузок на вводе.

Учитывая коэффициент одновременности, производим расчет максимальной расчетной мощности на участках сетей 0,4 кВ. Если нагрузки однотипных потребителей отличаются по величине более чем в 4 раза, то расчетные нагрузки определяем табличным методом и большей нагрузке прибавляем добавку меньшей.

Определяем активную нагрузку для

$$P_{\Sigma} = K_{\Sigma} \sum_{i=1}^n P_{\Sigma i} \quad (2.1)$$

$$P_{\Sigma} = K_{\Sigma} \sum_{i=1}^n P_{\Sigma i} \quad (2.2)$$

где  $K_{\Sigma}$  – коэффициент одновременности [Л -]

$P_{\Sigma}$ ,  $P_{\Sigma}$  – дневная и вечерняя активная нагрузка на вводе, кВт

Определяем реактивную нагрузку как дневную и вечернюю

$$Q_{\Sigma} = K_{\Sigma} \sum_{i=1}^n Q_{\Sigma i} \quad (2.3)$$

$$Q_{\Sigma} = K_{\Sigma} \sum_{i=1}^n Q_{\Sigma i} \quad (2.4)$$

где  $Q_{\Sigma}$ ,  $Q_{\Sigma}$  – дневная и вечерняя реактивная нагрузки на вводе кВт

Суммарная активная нагрузка на вводе

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma} + \sum_{i=1}^n \Delta P_{gi} \quad (2.5)$$

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma} + \sum_{i=1}^n \Delta P_{vi} \quad (2.6)$$

где  $P_{\text{днев.}}$ ,  $P_{\text{вечер.}}$  – наибольшая дневная и вечерняя нагрузка из всех слагаемых нагрузок потребителей,  $\Delta P_p$ ,  $\Delta P_m$  – дополнительная и наибольшая нагрузки активная и реактивная нагрузки, по таблице суммирования

В таблице 2.1 обозначены нагрузки на вводе для фермы КРС на 400 голов

Таблица 2.1

Нагрузки на вводе для фермы КРС на 400 голов

| Наименование потребителей | Количество | $K_0$ | Активные нагрузки, кВт |          |           |       | Реактивные нагрузки, кВт |          |           |       |
|---------------------------|------------|-------|------------------------|----------|-----------|-------|--------------------------|----------|-----------|-------|
|                           |            |       | на вводе               |          | расчетная |       | на вводе                 |          | Расчетная |       |
|                           |            |       | $P_{pi}$               | $P_{pi}$ | $P_p$     | $P_m$ | $Q_{pi}$                 | $Q_{pi}$ | $Q_p$     | $Q_m$ |
| Ферма КРС на 400 голов    | 2          | 0,85  | 60                     | 80       | 102       | 136   | 35                       | 40       | 60        | 68    |
| Кормоцех                  | 1          | 1     | 90                     | 100      | 90        | 100   | 80                       | 90       | 80        | 90    |
| Котельная                 | 1          | 1     | 55                     | 60       | 55        | 60    | 35                       | 31       | 35        | 31    |
| Освещение                 | -          | -     | -                      | -        | -         | 4     | -                        | -        | -         | -     |
| ИТОГО                     |            |       |                        |          | 247       | 300   |                          |          | 175       | 189   |

Расчет кормоцеха:

$$P_{\text{рас.к}} = K_0 \cdot P_{pi} = 1 \cdot 90 = 90 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{рас.в}} = K_0 \cdot P_{mi} = 1 \cdot 100 = 100 \text{ кВт}$$

Реактивная нагрузка:

$$Q_p = K_0 \cdot Q_{pi} = 1 \cdot 80 = 80 \text{ кВт}$$

$$Q_m = K_0 \cdot Q_{mi} = 1 \cdot 90 = 90 \text{ кВт}$$

Расчет фермы КРС на 400 голов:

$$P_p = 2 \cdot 0,89 \cdot 60 = 102 \text{ кВт}$$

$$P_m = 2 \cdot 0,89 \cdot 80 = 136 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 2 \cdot 0,85 \cdot 35 = 60 \text{ кВт}$$

$$Q_m = 2 \cdot 0,85 \cdot 40 = 68 \text{ кВт}$$

Расчет котельной:

$$P_p = 1 \cdot 55 = 55 \text{ кВт}$$

$$P_m = 1 \cdot 60 = 60 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 1 \cdot 35 = 35 \text{ кВт}$$

$$Q_3 = 1 \cdot 35 = 35 \text{ кВар}$$

Суммарная активная нагрузка:

$$P_{\Sigma} = 102 + 90 + 55 = 247 \text{ кВт}$$

$$P_s = 136 + 100 + 60 + 4 = 300 \text{ кВт}$$

Суммарная реактивная нагрузка:

$$Q_{\Sigma} = 60 + 80 + 35 = 175 \text{ кВар}$$

$$Q_s = 68 + 90 + 31 = 189 \text{ кВар}$$

В связи с тем, что преобладает вечерняя нагрузка, то расчеты ведем по вечернему максимуму.

Определяем коэффициент мощности:

$$\cos \varphi = \frac{P_{\Sigma}}{S_{\Sigma}} \quad (2.7)$$

где  $P_{\Sigma}$  – активная расчетная мощность, кВт;

$S_{\Sigma}$  – полная мощность, кВар

Определяем полную расчетную мощность

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} \quad (2.8)$$

$$\cos \varphi = \frac{300}{354.6} = 0.85$$

### 2.1.1 Расчет сечения провода

При проектировании схемы любой электрической установки и монтаже, выбор сечения проводов и кабелей является обязательным этапом. Чтобы правильно подобрать силовой провод нужного сечения необходимо учитывать величину максимального потребления. Сечения проводов измеряется в квадратных миллиметрах или "квадратах". Каждый "квадрат" алюминиевого провода способен пропустить через себя в течение длительного времени нагреваясь до допустимых пределов максимум - только 4 ампера, а медный провода 10 ампер тока. Сечение провода фото-ветроустановки определяем по

формуле 
$$S = \frac{2 \cdot l \cdot \frac{P}{U}}{\Delta U \cdot U \cdot \rho} = \frac{2 \cdot 20 \cdot \frac{2000}{24}}{0.5 \cdot 24 \cdot 56} = 4.9 \text{ мм}^2 \quad (2.9)$$

где:  $l$  – ориентировочная длина провода,  $P$  – мощность установки, кВт,  $U$  – напряжение установки, В,  $\rho$  – удельное сопротивление материала, для меди  $k$

= 56 Ом/мм<sup>2</sup>. Исходя из всего вышеперечисленного, выбираем провод ВВГ-П 2х6.

Выбор трансформатора 10/0,4 кВ, обеспечение уровней надежности и выбор резервного источника питания

Выбор силового трансформатора 10/0,4 кВ и резервного источника питания

Номинальную мощность трансформатора для ПС 10/0,4 кВ выбираем по экономии интервалов нагрузок, в зависимости от полной расчетной наличия автономных источников для обеспечения нормативных уровней надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. Выбор установки трансформатора для одного и двух ТП производится по условиям их работы, исходя из условия:  $S_{\text{н}} \geq S_{\text{р.т.п.}}$  (2.10)

где  $S_{\text{н}}$  – номинальная трансформатора, кВа, – полная расчетная мощность, кВ

$$S_{\text{р.т.п.}} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{300^2 + 189^2} = 354,6 \text{ кВ} \quad (2.11)$$

Принимаем мощность силового трансформатора

$$10/0,4 \text{ кВ } S_{\text{н}} = 400 \text{ кВ} \geq S_{\text{р.т.п.}} = 354,6 \text{ кВ} \quad (2.12)$$

Технические характеристики силового трансформатора ТМ-400 приведены в таблице 2.2

Таблица 2.2

Технические данные силового трансформатора ТМ-400

| Г тип<br>трансформатора | $S_{\text{н}}$<br>кВа | $U_{\text{ном}}$<br>кВ | $U_{\text{ном}}$<br>кВ | $\Delta P_{\text{л}}$<br>кВ | $\Delta P_{\text{к}}$<br>кВ | $\eta, \%$ | ПВ             |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|----------------|
| ТМ                      | 400                   | 10                     | 0,4                    | 1,05                        | 5,5                         | $4,5 \pm$  | $2 \times 2,5$ |

Принятые номинальные мощности трансформаторов проверяем по условиям их работе в нормальном режиме эксплуатации – по дополнительным систематическим нагрузкам, а в послеаварийном режиме – по допустимым аварийным перегрузкам.

Для нормального режима эксплуатации подстанции мощность

трансформатора проверяется по условию

$$\frac{S_1}{n \cdot S_n} \leq K_e \quad (2.13)$$

где  $K_e$  — коэффициент допустимой систематической нагрузки трансформатора для значений среднесуточных температур расчетного сезона для значений среднесуточных температур расчетного сезона при  $t = 15^\circ \text{C}$ ,  $K_e = 0,93$ .

$$\frac{354,6}{400 \cdot 1} \leq 0,93$$

Условие выполняется

Потери энергии в трансформаторе

$$\Delta W = \Delta P_x \cdot 8760 + \Delta P_z \left( \frac{S_1}{S_n} \right)^2 \cdot T \quad (2.14)$$

Где  $\Delta P_x$  — потери ХХ в трансформаторе, кВт,  $\Delta P_z$  — потери к.з. в трансформаторе, кВт,  $T$  — время потерь, ч и

$$\Delta W = 1,05 \cdot 8760 + 5,5 \left( \frac{354,6}{400} \right)^2 \cdot 1450 = 17177,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

### 2.1.2 Выбор оптимальной величины регулируемой надбавки трансформатора

Для выбора оптимальной величины надбавки составляется таблица отклонения напряжения

По таблице определяем необходимость в принятии дополнительных технических средств для поддержания напряжения у потребителей в допустимых пределах. Потеря напряжения в линии

$$\Delta U = \frac{(P_l \cdot R_l + Q_l \cdot X) \cdot l}{U_n^2} \cdot 100 \quad \Delta U = \frac{(300 \cdot 0,6 + 189 \cdot 0,4) \cdot 5}{10^3} \cdot 100 = 1,38\% \quad (2.15)$$

Приведем отклонения напряжения в таблице 2.3.

## Отклонения напряжения

| Элемент электросети                  | Нагрузка, % |        |
|--------------------------------------|-------------|--------|
|                                      | 100         | 25     |
| Шины 10 кВ, $\Delta U_{\text{ш.в.}}$ | +5          | 0      |
| Линия 10 кВ, $\Delta U_{10}$         | -1,28       | -0,32  |
| Трансформатор 10/0,4 кВ:             |             |        |
| потери напряжения                    | -2,3        | -0,575 |
| надбавка                             | +5          | +5     |
| надбавка регулируемая                | -2,5        | -0,625 |
| Линия 0,4 кВ:                        |             |        |
| наружная сеть                        | -8,92       | -      |
| внутренняя сеть                      | 2,5         | 0      |
| отклонения напряжения у потребителя  | -5          | +3,48  |

Допустимые напряжения в линии 0,4 кВ:  $\Delta U_{\text{н.в.}}^{\text{III}} = -5 - 1,28 + 5 - 4,8 - (-5) = -8,92\%$

Потери напряжения в наружной сети  $\Delta U_{\text{наруж.с.}} = -8,92 - 2,5 - 6,42\%$

Отклонения напряжения на вводе потребителя при 25% нагрузки  $\Delta U^{\text{II}} = 0 - 0,32 + 5 - 0,575 - 0,625 = -3,48\%$ . Уровень напряжения на шинах 10 кВ ПС 110/10 кВ. При 100% нагрузке составляет 5%, при 25% - равен 0. Отклонение напряжения у потребителя не должно превышать при 100% нагрузке  $\Delta U^{\text{III}} = -5\%$ . При 25% нагрузке  $\Delta U^{\text{II}} = 5\%$ . Потери напряжения в трансформаторе 10/0,4 кВ составляют: при 100% нагрузке потеря напряжения -2,3%, надбавка - 5%, надбавка регулируемая -2,5%.

## 2.2 Повышение надежности электроснабжения

В сельском хозяйстве потребляется большое количество электроэнергии воздушными линиями напряжения. В процентном соотношении воздушные линии напряжения составляют 75 % общей протяженности, а это 4 500 000 км мощностью 0,4-110 кВ. Из-за специфики сельских сетей (большой открытостью для повреждений, связанных с атмосферными перенапряжениями) они имеют

тенденцию к быстрой изнашиваемости и низкой надежности

Потребитель на селе отключается в среднем 6 раз в году, причем длительность одного отключения может достигать до 6—10 часов. До 30% этих отключений происходит из-за отказов в сетях 10 кВ [6].

Перерывы в электроснабжении приводят к расстройству технологических процессов, снижению продуктивности животных, а иногда заболеванию и даже гибели птицы, животных и растений. Проблема повышения надежности является комплексной. Она включает в себя ряд технических и организационно-технических мероприятий. К техническим мероприятиям относятся

- автоматическое резервирование линий, трансформаторов;
- применение резервных источников энергии;
- автоматическое секционирование линий;
- применение более надежных конструкций проводов, опор, изоляторов и т. д.
- применение устройств автоматики, телемеханики;
- сокращение радиуса распределительных сетей;
- применение кабельных линий 0,38—10 кВ вместо воздушных.

В качестве организационно-технических мероприятий используются диспетчеризация, оперативно-выездные бригады, приборы для отыскания повреждений и др. Современные требования к надежности создали новый подход к проектированию схем сельских потребителей электроснабжения. Эти разработки проводятся в основном институтом «Сельэнергопроект» (приводятся ниже).

#### Общие положения

В настоящее время схема электроснабжения сельских потребителей должна удовлетворять требованиям пропускной способности, качества и надежности. Согласно ГОСТ 27 002—83 надежность — это свойство объекта или технологического устройства выполнять заданные функции, сохраняя во

времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов. Надежность — сложное свойство, включающее в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохранность. В соответствии с этим определением под надежностью электроснабжения понимается свойство электротехнической установки, участка сети и энергосистемы в целом обеспечивать в нормальных условиях эксплуатации бесперебойное электроснабжение потребителей электрической энергией нормированного качества и в необходимом количестве.

В начальный период электрификации сельского хозяйства в качестве источников энергии использовались мелкие ГЭС и ТЭС, которые работали некруглосуточно, имели простои. В то время были электрифицированы только отдельные процессы, и перерыв в электроснабжении потребителей не вызывал у них большого материального ущерба. Выбор схем электроснабжения производился по минимуму капитальных вложений. Все сельские потребители относились к третьей категории по условию надежности, их можно было в любое время отключать, и материальной ответственности энергосистема за это не несла. По мере внедрения комплексной электрификации производства возросла производительность труда, сократилась численность обслуживающего персонала. Строительство современных предприятий по выработке продукции на промышленной основе резко повысило требования к надежности.

Надежность электроснабжения определяется принятой схемой электроснабжения, надежностью используемого в ней энергетического оборудования и электротехнических установок и уровнем их эксплуатации. Надежность схем электроснабжения является категорией технико-экономической, так как перерывы в электроснабжении наносят значительный материальный ущерб. С другой стороны, обеспечение определенного уровня надежности сопряжено с затратами материальных и финансовых средств.

## 2.3 Выбор резервного источника питания

Резервный источник предусматривается для обеспечения надежности электроснабжения. При этом, согласно ПУЭ, резервный источник является обязательным для электроснабжения потребителей первой категории, где перерыв в электроснабжении недопустим. В проектируемом объекте на шинах ТП №2237 подключен потребитель первой категории. В качестве резервного источника предлагается использовать дизельную электростанцию (ДЭС). Дополнив дизельную электростанцию ветрогенератором мы сможем не только увеличить больше го покрытия потребляемых узлов I и II категории в случае не возможности получать электроэнергию от централизованной сети но и существенно экономить ресурсы предприятия.

Использование ветрогенератора дает возможность не только поддерживать работоспособность важных узлов сельского предприятия в аварийных случаях, но и еще дает возможность экономить на потребляемой электрической энергии при каждодневном использовании такой конструкции. Использование инвертора дает возможность преобразования постоянного тока в переменный для устройств тем самым дает возможность использование той электроэнергии, которая вырабатывается ветрогенератором.

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Выбор и обоснование конструкции

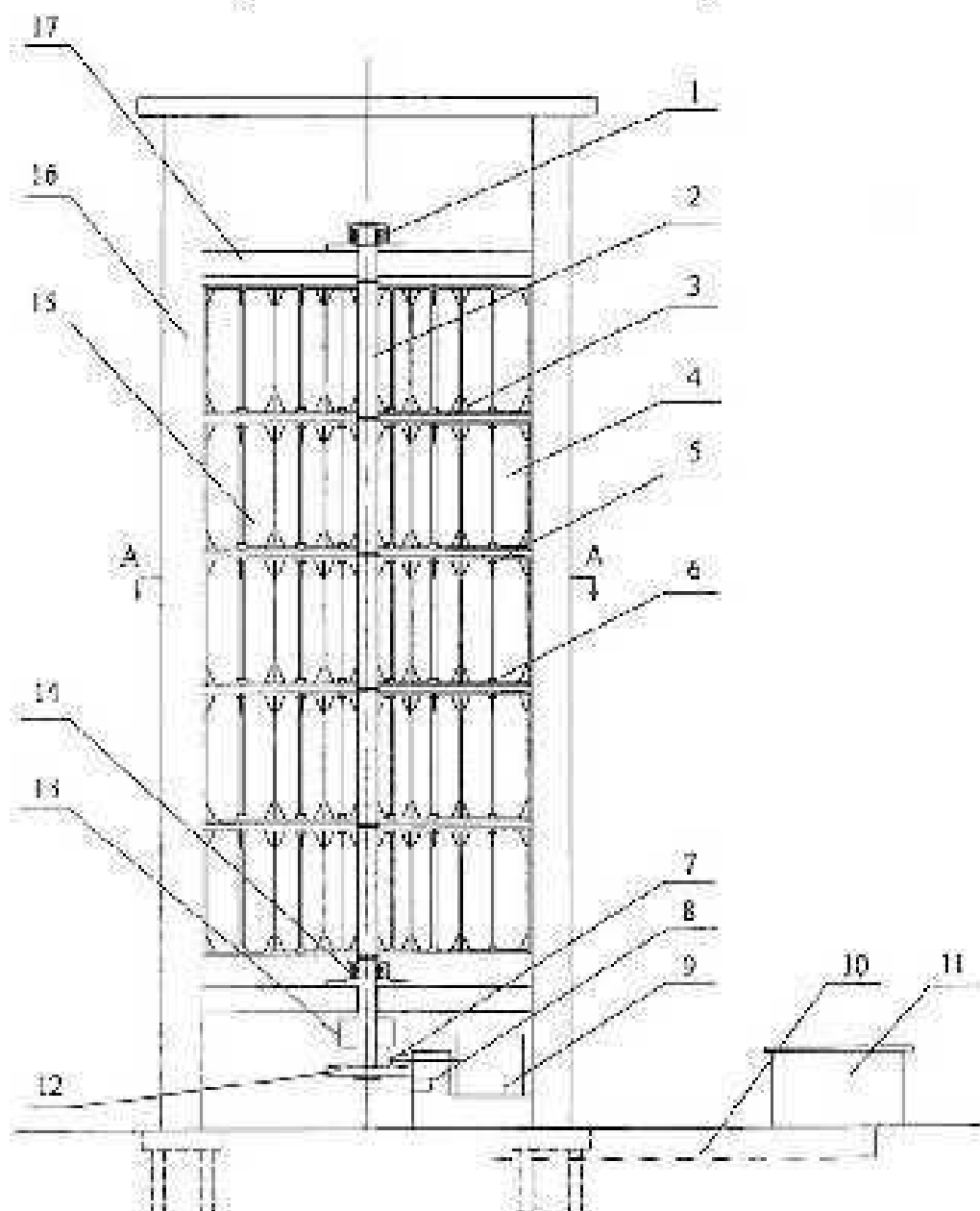
Учитывая недостатки конструкций ветрогенераторов из обзорной части ВКР и придерживаясь выбранных приоритетов была разработана установка ветрогенератора которая изображена на рисунке 3.1.

Конструкция лопасти включает в себя каркас ветряной лопасти, валы ветряной лопасти, предусмотренные в каркасе ветряной лопасти, подвижные лопасти и стопоры лопастей. Стопоры лопастей являются выступающими элементами на каркасе лопасти или валу лопасти для блокирования подвижных лопастей, чтобы подвижные лопасти не могли вращаться, когда подвижные лопасти вращаются в положении, где они перекрываются с каркасом ветряной лопасти. Площади двух участков подвижной лопасти с обеих сторон вала ветряной лопасти не равны между собой. Также раскрыто устройство выработки энергии ветра, содержащее, по меньшей мере, один механизм ветряного колеса, который вращается вокруг вращающегося вала. Механизм ветряного колеса включает в себя, по меньшей мере, одну конструкцию лопасти. Устройство ветрогенератора и конструкция лопасти могут выдерживать нагрузку от воздействия сильного ветра без повреждения.

В настоящее время устройства для выработки энергии в основном включают в себя два типа таких устройств: устройство выработки энергии с горизонтальной осью и устройство выработки энергии с вертикальной осью. Устройство выработки энергии с горизонтальной осью имеет широкое применение, поскольку оно может вырабатывать энергию из верхних слоев атмосферы, имеет высокую эффективность преобразования энергии ветра и

|           |      |                  |         |      |                                 |                           |           |         |
|-----------|------|------------------|---------|------|---------------------------------|---------------------------|-----------|---------|
|           |      |                  |         |      | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ |                           |           |         |
|           |      |                  |         |      | Ветрогенератор                  | Лист                      | Масса     | Масштаб |
| Изм.      | Лист | На докум.        | Подпись | Дата |                                 |                           |           |         |
| Разр.     |      | Пустышев Д.Г. Ф. |         |      |                                 |                           | -         | -       |
| Провер.   |      | Дмитриев А.В.    |         |      |                                 |                           |           |         |
| Т. Инж.р. |      |                  |         |      |                                 | Лист 1                    | Листов 21 |         |
| Реценз.   |      |                  |         |      |                                 | ИГАУ каф. НОА гр. Б261-03 |           |         |
| Н. Инж.р. |      | Дмитриев А.В.    |         |      |                                 |                           |           |         |
| Утверд.   |      | Халиуллин Д.Т.   |         |      |                                 |                           |           |         |

другие преимущества. Однако лопасти устройства выработки энергии с горизонтальной осью являются относительно длинными и требуют большого пространства для перемещения, должны изготавливаться из высокопрочных материалов и легко повреждаются от воздействия ветра.



Фиг. 4

Рисунок 3.1 – Общий вид ветрогенератор

Ветрогенератор состоит из рамы, на которую установлено ветряное колесо. Вращающий момент от вала ветряного колеса передается на планетарный редуктор и далее к синхронной машине (генератору постоянного тока).

|      |      |        |         |      |                                 |      |
|------|------|--------|---------|------|---------------------------------|------|
|      |      |        |         |      | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № доп. | Подпись | Дата |                                 |      |

Отличительной особенностью разрабатываемой ветроустановки является то, что конструкция лопасти ветрогенератора, может выдерживать нагрузки от воздействия сильного ветра без повреждения.

Устройство работает следующим образом.

Под напором ветра на лопасти ветряного колеса в силу их аэродинамического сопротивления действует начальный крутящий момент, который приводит колесо во вращение. Частота вращения постепенно возрастает до значения, соответствующего скорости ветра. Вращение передается на роторный вал, и через планетарный редуктор на генератор. Последний начинает вырабатывать электроэнергию, которая накапливается в аккумуляторных батареях.

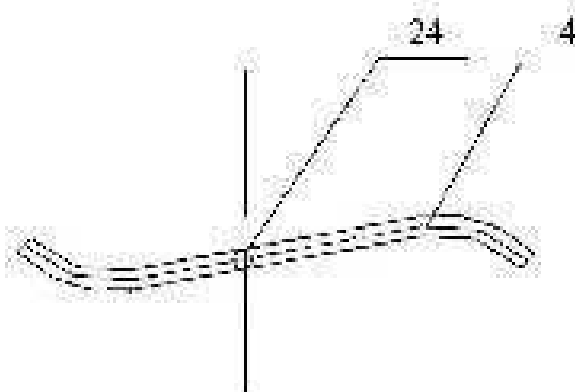
Ток который вырабатывает ветрогенератор постоянный и не совсем подходит для бытовых нужд. Чтобы его преобразовать предлагается установка инвертора.

Существующее устройство выработки энергии с вертикальной осью может эффективно использовать ветер из нижних слоев атмосферы, не имеет никаких систем отклонения от траектории и попутных систем выработки энергии и может воспринимать ветровые нагрузки в любом направлении. Однако устройство выработки энергии этого типа должно не только выдерживать нагрузки против ветра и по ветру, но также должно функционировать в условиях изменения направлений ветра и величины ветровых нагрузок, что легко может привести к повреждению механизма ветряного колеса устройства выработки энергии с вертикальной осью, при этом устройство выработки энергии с вертикальной осью имеет относительно короткий срок службы.

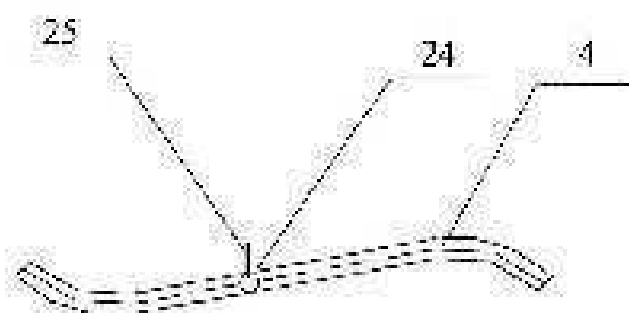
Принимая во внимание проблему с существующими устройствами выработки энергии, состоящую в том, что механизм ветряного колеса может быть легко поврежден, настоящее изобретение совершенствует механизм ветряного колеса посредством включения в состав механизма ветряного колеса конструкции лопасти, которая имеет высокое сопротивление воздействию ветра.

|      |        |          |         |      |                                 |        |
|------|--------|----------|---------|------|---------------------------------|--------|
|      |        |          |         |      | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ | Лист 1 |
| Изм. | Лист 1 | № докум. | Подпись | Дата |                                 |        |

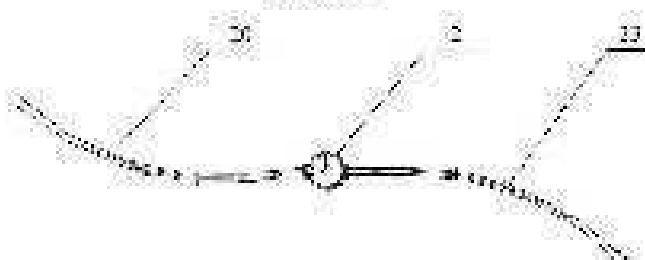
при движении по ветру и имеет низкое сопротивление воздействию ветра при движении против ветра, что позволяет механизму ветряного колеса полностью использовать энергию ветра, повышает эффективность выработки энергии и уменьшает вероятность повреждения механизма ветряного колеса при сильном ветре.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 7

Рисунок 3.2 – Виды лопастей

Стопор лопасти может быть выполнен различными способами, например он может представлять собой один или несколько выгибающих элементов на каркасе лопасти, продолжающихся внутрь каркаса лопасти; или, если форма каркаса ветряной лопасти не является точно такой же, как форма контура подвижной лопасти (например, каркас лопасти может иметь вогнутый угол), функция стопора лопасти может выполняться с помощью участка каркаса

лопасти, и этот участок в данном применении также носит название стопор лопасти. Настоящее изобретение не ограничивает специальные формы внедрения стопора лопасти и не имеет никаких требований в отношении формы, размера, материала и местоположения до тех пор, пока может быть реализована функция стопора лопасти.

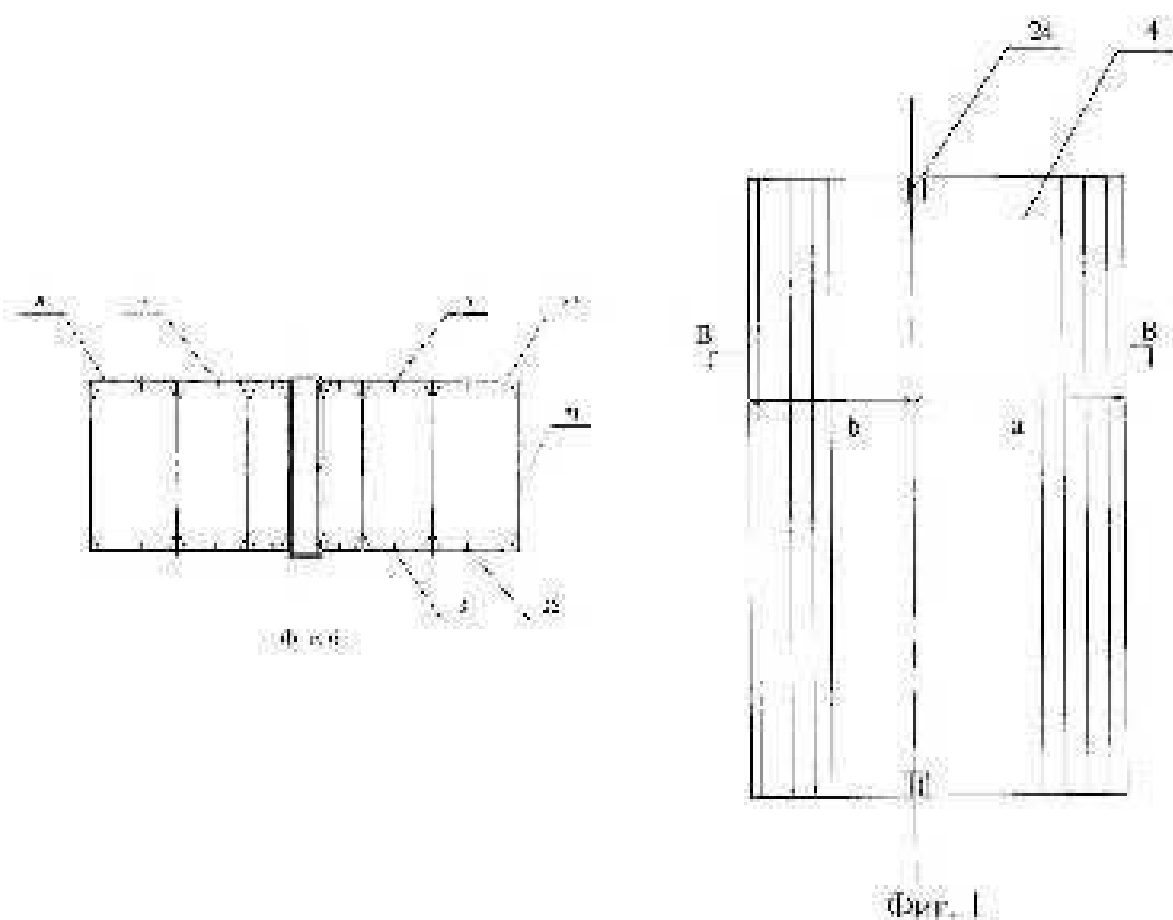


Рисунок 33 – Вид лопастей в разрезе

Стопор лопасти предназначен для блокирования подвижной лопасти, когда каркас лопасти движется по ветру, чтобы подвижная лопасть не могла продолжать вращение под действием ветра, что привело бы к уменьшению площади упорной поверхности, и чтобы подвижная лопасть оставалась на одной линии с каркасом лопасти, и подвижная лопасть воспринимала движущую силу ветра на максимальной площади, обеспечивая тем самым полное использование энергии ветра.

На рисунке 3 схематично показано сечение лопасти по линии В-В из рисунка 1 по другому варианту выполнения настоящего изобретения. Конструкция лопасти, показанная на рисунке 3, также может включать в себя механизм 25 регулирования открытия лопасти. Механизм 25 регулирования открытия лопасти расположен на каресе лопасти или на валу лопасти и может представлять собой один или несколько выступающих элементов на каресе лопасти или на валу ветряной лопасти и используется для блокирования подвижной лопасти, чтобы подвижная лопасть не могла продолжать вращение, когда она вращается из положения, где подвижная лопасть перекрывается с каресом лопасти, в положение, где угол между подвижной лопастью и каресом лопасти достигает заданного значения. Механизм 25 регулирования открытия лопасти предназначен для блокирования подвижной лопасти, когда карес лопасти движется против ветра, так чтобы участок с большей площадью с одной стороны подвижной лопасти не вращался в другую сторону под действием ветровой нагрузки. Если участок с большей площадью вращается в другую сторону, этому участку будет сложно вернуться в исходное положение, когда карес лопасти продолжает двигаться по ветру. Таким образом, может потребоваться ограничение диапазона вращения подвижной лопасти в пределах некоторого угла, который, в общем, меньше или равен 90 градусам.

По другому варианту выполнения настоящего изобретения для дополнительного повышения долговечности конструкции лопасти ветрогенератора, защиты конструкции лопасти от повреждения в результате воздействия сильного ветра и обеспечения вращения ветряного колеса при относительно постоянной частоте вращения в подвижной лопасти может быть предусмотрено, по меньшей мере, одно ветровое окно. Ветровое окно может включать в себя отверстие в подвижной лопасти и крышку для закрывания отверстия.

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ВКР.35.03.06.06520.ВГ.00.00.ПЗ

Лист

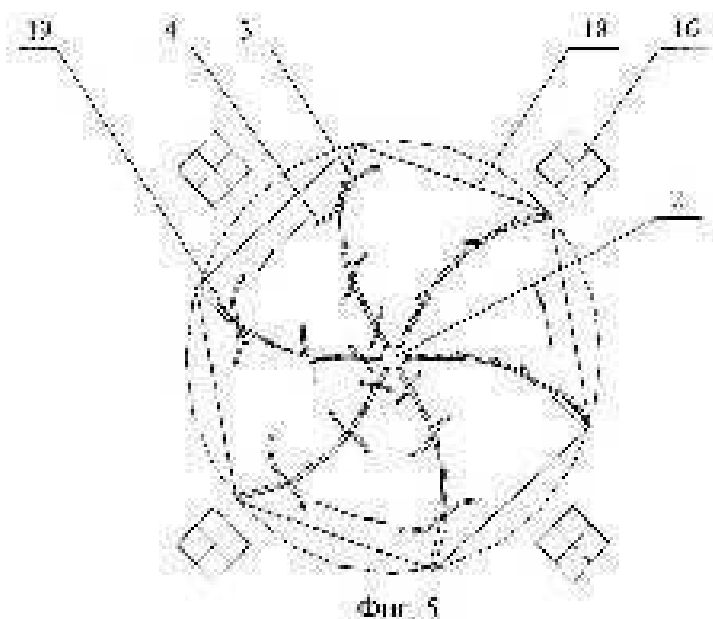


Рисунок. 3.4 – Вид ветрогенератор сверху

Верхняя часть крышки крепится в подвижной лопасти над отверстием. Если ветровая нагрузка меньше заданного значения, нижняя часть крышки свешивается под действием силы тяжести и закрывает отверстие; если ветровая нагрузка достигает заданного значения, нижняя часть крышки поднимается под действием ветровой нагрузки, чтобы ветер мог проходить через отверстие. Крышка может быть рассчитана на заданное значение прочности при ветровой нагрузке, на которую рассчитано ветровое окно. Например, площадь крышки может быть аналогична площади отверстия, или на нижней части крышки может быть предусмотрен компонент для увеличения силы тяжести, например стальной стержень и т.п.; край крышки может иметь выступающую часть, чтобы крышка продолжала закрывать отверстие, когда ветровая нагрузка не достигает заданного значения прочности. Предпочтительно крышка может быть изготовлена из тканых материалов, чтобы крышка более легко поднималась и открывала отверстие для пропускания ветра, обеспечивая номинальную частоту вращения ветряного колеса и защищая ветряное колесо от повреждения.

Для дальнейшего уменьшения массы конструкции лопасти и повышения эффективности преобразования ветровой энергии как подвижная лопасть, так и вышеуказанная крышка могут быть изготовлены из нейлоновых или

полимерных текстильных материалов. Каркас ветряной лопасти также может быть изготовлен из вязкой и легкой углеродистой стали. Таким образом, техническое обслуживание конструкции ветряной лопасти упрощается и становится более удобным, при этом увеличивается срок службы конструкции ветряной лопасти.

Вышеуказанная конструкция лопасти может использоваться в устройстве выработки энергии ветра. Устройство выработки энергии ветра может включать в себя, по меньшей мере, один механизм ветряного колеса, который вращается вокруг вращающегося вала устройства выработки энергии ветра, приводимого в движение ветром. Механизм ветряного колеса может включать в себя, по меньшей мере, одну конструкцию лопасти, описанную выше, т.е. вышеуказанный каркас лопасти, вал ветряной лопасти, подвижную лопасть и стопор лопасти. Предпочтительно механизм ветряного колеса также может включать в себя механизм регулирования открывания

Каркас механизма ветряного колеса может быть изготовлен из углеродистой стали, и подвижная лопасть может быть изготовлена из полимерного текстильного материала, чтобы ветряное колесо имело низкое сопротивление и небольшую массу, что может значительно снизить износ слабых элементов механизма ветряного колеса, обеспечить безопасную эксплуатацию в устойчивом режиме, облегчить техническое обслуживание механизма ветряного колеса и обеспечить длительный срок службы, при этом механизм ветряного колеса может устанавливаться и использоваться на берегах рек, в прибрежных зонах и в условиях высокогорья.

Помимо этого, вышеуказанное устройство для выработки энергии ветра также может включать в себя устройство регулирования выработки энергии и, по меньшей мере, один генератор. Каждый генератор соответствует заданной частоте вращения.

### 3.2 Расчет технико-экономической эффективности проектируемой конструкции

Имея для оценки эффективности применения ВЭУ из кадастра ветроэнергетических ресурсов должны быть определены следующие основные показатели для предполагаемого места установки станции: – среднегодовая  $V_{ср.год}$  и среднемесячная  $V_{ср.мес}$  скорость ветра, на уровне ступицы ветроколеса (м/с), – время энергозатоний и отключения ВЭУ из-за сильного ветра на уровне ступицы ветроколеса,  $t$  (час). Техническая выполнимость проекта. Основными техническими характеристиками любой ВЭУ являются три критические скорости ветра, которые определяют ее рабочий режим:  $V_{min}$  – минимальная или пусковая скорость – это скорость ветра при которой происходит пуск ветроколеса;  $V_n$  – рабочая скорость, т.е. скорость ветра, при которой ВЭУ вырабатывает номинальную мощность;  $V_{max}$  – буревая скорость, т.е. скорость ветра, при превышении которой выработка электроэнергии невозможна, так как ВЭУ должна быть остановлена во избежание механических повреждений.

Для наиболее распространенных в настоящее время ветродвигателей с горизонтальной осью вращения  $V_{min} = 2,0-4,0$  м/с. Соответственно, на сегодняшний день, проект электроснабжения автономного объекта от ВЭУ технически возможен при выполнении условия:  $V_{ср.год} > 2,0$  м/с. В

Таблице 3.1 приведена шкала силы ветра по Бофорту у земной поверхности (на высоте 10-ти метров над открытой ровной поверхностью).

Таблица 3.1

| Сила ветра у земной поверхности по шкале Бофорта |                                  |                       |                |         |
|--------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------|---------|
| Баллы Бофорта                                    | Словесное определение силы ветра | Скорость ветра, м/сек | Действие ветра |         |
|                                                  |                                  |                       | на суше        | на море |

|   |               |           |                                                                                    |                                                                                                                                  |
|---|---------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | Штиль         | 0-0,2     | Штиль. Дым поднимается вертикально                                                 | Зеркально гладкое море                                                                                                           |
| 1 | Тихий         | 0,3-1,5   | Направление ветра заметно по отношению к дыму, но не по флагеру                    | Рябь, пенны на гребнях нет                                                                                                       |
| 2 | Легкий        | 1,6-3,3   | Движение ветра ощущается лицом, не падают листья, приводится в движение флагер     | Короткие волны, гребни не опрокидываются и вахнут в стекловидный налет                                                           |
| 3 | Слабый        | 3,4-5,4   | Листья и тонкие ветки деревьев все время колышутся, ветер развеивает верхние флаги | Короткие, хорошо выраженные волны. Гребни, опрокидываясь, образуют стекловидную пену, изредка образуются маленькие белые барашки |
| 4 | Умеренный     | 5,5-7,9   | Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветки деревьев          | Волны удлиненные, белые барашки видны во многих местах                                                                           |
| 5 | Свежий        | 8,0-10,7  | Качаются толстые стволы деревьев, на воде появляются волны с гребнями              | Хорошо развитые в длину, но не очень крупные волны, повсюду видны белые барашки (в отдельных случаях образуются брызги)          |
| 6 | Сильный       | 10,8-13,8 | Качаются толстые сучья деревьев, гудят телеграфные провода                         | Начинают образовываться крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади (вероятны брызги)                     |
| 7 | Крепкий       | 13,9-17,1 | Качаются стволы деревьев, идти против ветра трудно                                 | Волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру                                                              |
| 8 | Очень крепкий | 17,2-20,7 | Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра очень трудно                        | Умеренно высокие длинные волны. По краям гребней начинают взлетать брызги. Полосы пены ложатся рядами по направлению ветра       |

Определение установленной мощности ВЭУ Принцип действия всех ветродвигателей заключается во вращении ветроколеса с лопастями под напором ветра. Вращающий момент ветроколеса через систему передач передается на вал генератора, вырабатывающего электроэнергию.

Кинетическая энергия  $W$  воздушного потока с площадью поперечного сечения  $S$ , имеющего плотность  $\rho$  и скорость  $V$  равна. Как правило, для

|      |      |          |            |      |                                 |      |
|------|------|----------|------------|------|---------------------------------|------|
|      |      |          |            |      | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | По проекту | Дата |                                 |      |

|                     |    |     |       |        |
|---------------------|----|-----|-------|--------|
| Алюминий            | шт | 128 | 380   | 48 693 |
| Генератор           | шт | 1   | 3500  | 3500   |
| Опоры               | шт | 4   | 1000  | 4000   |
| Редуктор            | шт | 1   | 8000  | 8000   |
| Крепежные материалы |    | 11  | 170   | 1507   |
| Корпус ВУ           | шт | 1   | 3000  | 3000   |
| Инвертор            | шт | 1   | 27000 | 27000  |
| Конгур заземления   | шт | 1   | 500   | 500    |
| Провод ВВГ          | м  | 25  | 50    | 1250   |
| Провод ВВГнг        | м  | 10  | 20    | 200    |
| Итого               |    |     |       | 97650  |

В таблице 3.3 приведем таблицу параметров ветрогенератора

Таблица 3.3

Таблица параметров ветрогенератора

| Показатель             | Ветрогенератор |
|------------------------|----------------|
| Выходная мощность, Вт  | 2500           |
| Скорость, м/с          |                |
| Пусковая               | 2              |
| Рабочая                | 7              |
| Буровая                | 19,6           |
| Лопастей ротора, Число | 3              |

|                                                     |          |
|-----------------------------------------------------|----------|
| Диаметр, м                                          | 3        |
| Поверхность, м <sup>2</sup>                         | 7065     |
| Частота вращений при номинальной мощности, мин      | 350      |
| Максимальная вращений при номинальной мощности, мин | 450      |
| Материал лопастей                                   | Алюминий |
| Стоимость, руб                                      | 97650    |

Для определения критериев экономической эффективности ВЭУ использованы технико-экономические показатели оборудования для выбранной нами конструкции, анализ стоимостных показателей ветроустановок на рынке показал, что удельная стоимость 1 кВт установленной мощности ВЭУ мало зависит от ее полной мощности, и составляет  $K_{уст.уд} = 400 - 600 \text{ руб/кВт}$ . В состав полнокомплектной ВЭУ входят электрический генератор, мачта ВЭУ и ветровхлесо, система контроля напряжения, инвертор. ВЭУ определяется из выражения  $K_{уст} = K_{уст.уд} P_{вэу}$ . В таблице приведены основные технические характеристики и стоимость ВЭУ. К капитальным затратам на ВЭУ следует также отнести стоимость проектных  $K_{пр}$  и строительных  $K_{стр}$  работ по нахождению оптимального месторасположения и установки ветрогенератора на территории предприятия. Значения этих статей расходов могут быть приняты, например такими:  $K_{пр} = 50 \text{ МРОТ}$ ,  $K_{стр} = k_p K_{уст}$ , где  $k_p$  – коэффициент затрат на установку станции.

Затраты на установку станции включают в себя подготовку площадки и фундамента под ВЭУ и ее монтаж. Величина коэффициента  $k_p$  в расчетах принималась постоянной и равной 0,04. К эксплуатационным расходам следует отнести затраты на обслуживание  $C_{вс}$  и ремонт  $C_{рем}$ .  $C_{вс} = 36 \text{ МРОТ}$ ,  $C_{рем} = k_{рем} p_n (K_{уст} + K_{стр})$ , где  $k_{рем}$  – коэффициент затрат на ремонт принимаемый в нашем примере равным 0,2. Количество кВт·ч электроэнергии, которое способна выработать ВЭУ в год, определяется из

выражения  $W = (8760 - t)P$ , кВт\*ч, где  $t$  – время энергоснабжений и отключения ВЭУ из-за сильного ветра на уровне ступицы ветроколеса, (час).

### 3.2. Расчет капитальных затрат

Капитальные затраты на ветроустановку для электроснабжения фермы вычисляются по формуле:

$$КЗ = C_B + C_{ОБ} + C_M \quad (3.1)$$

где  $C_B$  – стоимость ветроустановки

$C_{ОБ}$  – стоимость электрооборудования, руб.

$C_M$  – стоимость монтажа, руб.

Стоимость монтажа составляет 10% от стоимости установки

$$КЗ = 97650 + 37000 + 9760 = 144\,410 \text{ руб.}$$

### Расчет текущих затрат

Текущие затраты на проектируемую установку находим по формуле

$$ТЗ(ПР) = A + TO + TP \quad (3.2)$$

где  $TO, TP$  – затраты на техническое обслуживание и ремонт,

$$TO + TP = 0,05 * КЗ = 7\,220 \text{ руб.} \quad (3.3)$$

$A$  – амортизационные отчисления, руб.

$$A = КЗ * N_a / 100\% = 6951 \text{ руб.} \quad (3.4)$$

где  $N_a$  – норма амортизации

$$N_a = 100\% / \text{Эксп. период} = 100\% / 25 = 4\% \text{ в год} \quad (3.5)$$

$$ТЗ(ПР) = 6951 + 8688 = 15\,640 \text{ руб.}$$

Текущие затраты сетевой компании на традиционное электроснабжение

$$ТЗ(ТР) = TO + TP + Э \quad (3.6)$$

где  $Э$  – затраты на электроэнергию, руб.

$$Э = W * ЦЭ \quad (3.7)$$

где  $W$  – годовое потребление электроэнергии, кВт\*ч

$ЦЭ$  – цена 1 кВт\*ч, руб.

$$Э = 4788 * 2,99 = 14\,370 \text{ руб.} \quad (3.8)$$

$TO + TP$  – среднее значение затрат сетевой компании на ремонт

|      |      |      |      |      |                                 |      |
|------|------|------|------|------|---------------------------------|------|
|      |      |      |      |      | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | Изм. | Лист | Дата |                                 |      |

кабельной линии в месяц

$$TO+TP=15500 \quad (3.10)$$

$$T3(TP) = 14370+15500 = 29900 \text{ руб.} \quad (3.11)$$

Годовая экономия

$$ЭК = T3(TP) - T3(ПР), \text{ руб.} \quad (3.12)$$

$$ЭК = 29780 - 12684 = 17096 \text{ руб.}$$

### 3.3 Правила техники безопасности и экологической эксплуатации конструкции ветрогенератора

Ветрогенераторы на промышленных объектах несут не малую опасность рабочему персоналу и окружающей среде. Опасность возникает при строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации наземных ветрогенераторов

Такие установки очень массивные имеют большие размеры. К тому же это оборудование имеет вращающиеся элементы что несет еще большую опасность. Вопросы предупреждения и устранения этих и иных физических, химических, биологических и радиологических опасных факторов рассматриваются в общем руководстве по охране окружающей среды, здоровья и труда.

Для обслуживания ветрогенераторных конструкций рабочим приходится работать на высоте. Высотные работы несут большую опасность человеку. Такие работы выполняются при монтаже установки, проверке ее исправности и при техническом обслуживании. Рассмотрим технику безопасности при высотных работах.

В целях предотвращения и нейтрализации опасных факторов, связанных с высотными работами, необходимы меры, которые опишем ниже.

В первую очередь перед проведением работ необходимо проверить целостности установки. Так же рабочий должен быть обучен технике безопасности при подъеме на высоту.

|      |      |          |         |      |                                 |      |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                 |      |

Необходима разработка параметров использования системы полной защиты от падения (обычно при работе на высоте более 2 м над рабочей поверхностью, иногда, в зависимости от вида работ, это значение может увеличиться до 7 м). Система защиты от падения должна соответствовать конструкции опоры и характеру необходимых перемещений, включая подъем, спуск и позиционное перемещение.

Элементы крепления защиты от падения должны быть установлены для облегчения использования систем защиты от падения.

Каждый работник должен быть обеспечен страховочными системами для высотных работ. Соединительные элементы на страховочных системах должны быть совместимы с элементами башен, к необходимо заменять до появления признаков старения или заметного изнашивания волокон.

При работе на высоте с металлическим инструментом работниками должны использовать второй(страховочный) предохранительный пояс.

До начала работ с опор или сооружений следует удалить вывески и другие препятствия.

Для подъема и спуска инструментов или материалов для работников, ведущие высотные работы на ветрогенераторах, следует использовать сумки для инструментов установленного образца.

Избегать проведения работ по монтажу или техническому обслуживанию башен в которых они присоединяются.

Предохранительные пояса должны быть изготовлены из нейлоновых веревок двойной свивки диаметром не менее 16 мм (5/8 дюйма) или материала равноценной прочности. Вербочные предохранительные пояса,

-Неблагоприятных погодных условиях, особенно если существует риск

### **3.4 Требования безопасности при эксплуатации внедряемой ветроэнергетической установки**

Эксплуатация ветрогенераторной установки должна быть организована таким образом, чтобы обеспечить ее экономически,

|      |      |          |         |      |                                 |      |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                 |      |

энергетически, технически и эффективную эксплуатацию. Гарантия качества эксплуатации ВЭУ является неотъемлемой частью и результатом совокупности обеспечения качества проектирования, конструирования, производства, поставки, управления эксплуатацией и обслуживания ВЭУ и всех её составных частей.

-Гарантия качества является неотъемлемой частью и результатом совокупности обеспечения качества проектирования, конструирования, производства, управления эксплуатацией и обслуживания ВЭУ и всех её составных частей.

-Знание стандарта должно быть обязательным для персонала, принимающего участие в разработке, согласовании и утверждении местных инструкций по эксплуатации ветрогенератора.

-Знание инструкций, составленных на основании настоящего стандарта обязательны не только для сотрудников но и для потребителя.

-При эксплуатации ветрогенераторной установки должен быть обеспечен безопасный режим работы, надёжный и экономически оправдан в соответствии с инструкциями по эксплуатации оборудования, бесперебойная работа конструкции в нормальных режимах, надёжные действия устройств автоматики, контроля и защиты и.

-Испытания для выявления каких либо неисправностей или проверки перед эксплуатацией ветрогенераторной установки должны быть организованы в соответствии с инструкциями эксплуатации электрооборудования.

-Текущий ремонт оборудования ветрогенераторной установки и проверка его работы производить по мере необходимости в зависимости от их назначения и технического состояния.

-ВЭУ - сложное техническая конструкция, сочетающее в себе аэродинамические части и электрооборудование. Малейшее несоблюдение сборки ветрогенератора или ее эксплуатации может привести к ее выводу из

|      |      |          |         |      |                                 |      |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                 |      |

строю и причинению как материального ущерба так и вред здоровью, а также находящимся рядом людей.

-Кабели и провода должны быть полностью изолированы

-При первых запусках ветрогенераторной установки необходимо наблюдение за работой в течение 4-6 часов и внимательно отнестись к вибрациям, стукам, хлопкам, свидетельствующим о неправильной работе конструкции и немедленно завершить ее работу.

-Запрещается первый пуск ветрогенератора при скорости ветра более 5 м/с (соответствует среднему ветру).

-Запрещается вносить регулировочные и конструктивные изменения в конструкцию ветрогенератора.

-Запрещается подавать любое напряжение на электрогенератор для его проверок и запуска.

### 3.4.1 Охрана окружающей среды

Работа по сооружению объектов ветроэнергетики обычно включают расчистки земельных участков для строительных площадок и подъездных путей; земляные работы и сброс породы в отвалы, транспортировку оборудования, материалов и горючего; закладку фундаментов, в том числе земляные работы и заливку бетона; эксплуатацию кранов для разгрузки и монтажа оборудования, ввод нового оборудования в эксплуатацию. Работы по выводу объектов из эксплуатации могут включать демонтаж компонентов инфраструктуры объекта и рекультивацию земельных участков.

Поскольку обычно проекты использования энергии ветра реализуются в отдельных районах, транспортировка оборудования и материалов при сооружении этих объектов и выводе их из эксплуатации могут быть сопряжены с логическими проблемами. Рекомендации по решению этих проблем это руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда, посвящённым вопросам окружающей среды на этапах строительства и вывода из эксплуатации.

|     |      |         |         |      |                                 |        |
|-----|------|---------|---------|------|---------------------------------|--------|
|     |      |         |         |      | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ | Лист 1 |
| Изм | Лист | № докум | Подпись | Дата |                                 |        |

К числу экологических проблем, характерных для реализации проектов использования энергии ветра и эксплуатации ветроэнергетических установок, относятся

- Воздействие на визуальное восприятие
- Шум
- Проблемы света и освещения

### 3.4.2 Воздействие на визуальное восприятие

ВЭУ способна оказывать воздействие на визуальное восприятие, зависящая от ее размещения и восприятия местным населением. Воздействие ВЭУ на визуальное восприятие обычно связано с самим ветрогенератором и с тем, как он сочетается с ландшафтом местности.

С целью предотвращения и ограничения отрицательного воздействия на визуальное восприятие необходимо сделать следующие меры:

- Учитывать характер ландшафта при размещении ветрогенераторов;
- При выборе места размещения ветрогенератора учитывать его воздействие восприятие под всеми соответствующими углами наблюдения;
- Поддерживать единообразный размер и конструкцию ветрогенератора (например, направление вращения, высоту);
- Окрасить ветрогенератор в единообразный цвет, чтобы совпадал с оттенком неба (светло-серый или бледно-голубой), нанесения опознавательных знаков;
- Избегать нанесения на генератор надписей, эмблем, рекламы или графических изображений, чтобы не отвлекать внимание.

### 3.4.3 Шум

В процессе работы ВЭУ издают шум. Основными источниками шума являются механические и аэродинамические. Источником механического шума может быть оборудование в гондоле, а аэродинамического – взаимодействия

|      |      |          |         |                                 |      |
|------|------|----------|---------|---------------------------------|------|
|      |      |          |         | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | И-докум. | Подпись | Дата                            |      |

потока воздуха с лопастями генератора и башней. Существует несколько видов аэродинамического шума, в том числе низкочастотный, низкочастотный импульсный, тональный и непрерывный широкополосный. Кроме того, шум может усиливаться с изменением климата и погодных условий вокруг конструкции.

Меры по предотвращению и ограничению воздействия шума связаны, в основном, со стандартами проектирования. Например, источником широкополосного шума является воздушная турбулентность позади лопастей, и уровень этого шума растет с увеличением скорости вращения лопастей. Уровень этого шума можно ограничить за счет использования турбин с переменной скоростью или лопастей с изменяемым углом наклона, что позволяет снизить скорость вращения.

#### 3.4.4 Мелькание тени и блеск лопастей

Мелькание тени наблюдается, когда солнце проходит позади ветрогенератора, и он отбрасывает тень. При вращении ветроколеса тени проходят по одному и тому же месту, в результате чего и наблюдается эффект, известный как мелькание тени. Мелькание тени может стать проблемой при непосредственной близости места работы так как может ухудшить восприятие пространства и масштабов в следствии чего человек может не заметить как получит травму от конструкции или от движущихся ее частей.

Подобно мельканию тени, блеск лопастей или башен имеет место в случае, когда солнечные лучи отражаются под определенным углом от лопастей ветроколеса или от башни. Это может оказать воздействие на местное население, поскольку солнечные лучи, отражающиеся от лопастей ветроколеса, могут быть направлены в сторону соседних домов. Блеск лопастей – это временное явление, характерное только для ветрогенераторов, обычно он исчезает после нескольких месяцев эксплуатации, после того, как лопасти покрываются пылью и грязью.

|      |      |          |         |      |                                 |      |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                 |      |

### 3.5 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

|      |       |      |       |      |
|------|-------|------|-------|------|
|      |       |      |       |      |
| Изм. | Листы | Изм. | Листы | Дата |

ВКР.35.03.06.065.20.ВГ.00.00.ПЗ

Листы

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ветроэнергетика перспективное направление в альтернативной добыче электроэнергии, потому что это снижает использование дорого ресурса как угля и нефтепродукты, а также не имеет загрязняющих окружающую среду факторов.

Преимущество перед другими источниками альтернативной энергии, в частности, перед солнечными батареями нет необходимости чистить их и направлять луче воспринимающую поверхность на источник света. Гидроэлектростанции проигрывают в стоимости установки конструкции, обслуживании имея большую зависимость в рельефе и движению водных ресурсов.

Использование ветроустановок малого размера позволяет устанавливать на меньшее расстояния от потребителя что приводит к уменьшению затрат на инфраструктуру, а в некоторых случаях делать установки непосредственно на нуждающихся в электроэнергии зданиях. Применение таких установок может быть разным, но универсальность малых ветрогенератора по сравнению с промышленными это позволяет.

В сельском хозяйстве такие установки не только дадут большую независимость в электроэнергии от централизованных источников, но и снизят потребление от неё тем самым экономя денежные средства предприятия. Поддержит и снизит потери при аварийных ситуациях, если произойдет обрыв электроэнергии от централизованной подстанции и не даст продукции стать не пригодной.

В представленной нами конструкции соблюдены все правила безопасной эксплуатации, охраны труда и экологии. Разработанная нами конструкция ветрогенератора нивелирует те проблемы, которые представлены в обзорной части ВКР у других конструкций. Повысить эффективность коэффициент использования энергии ветра за счет нашей доработки и применение её в сельскохозяйственном предприятии повышая производительность.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дементьев Б. А. Ядерные энергетические реакторы. М., 1984
2. Интернет версия журнала «Наука и жизнь»
3. Солнечная энергетика и солнечные батареи ([http:// solar-battery.narod.ru](http://solar-battery.narod.ru))
4. Юндин М.А. Токовые защиты электрооборудования : Учебное пособие. – Зерноград: РИО ФГОУ ВПО АЧГАА, 2004. – 212с.
5. Федосеев А. М. Релейная защита электрических систем. Учебник для вузов. М., «Энергия», 1976 г.
6. Воронин С.М. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Учебное пособие. - Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2007. – 204с.
7. Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика. Учеб. пособие для сред. проф. образования - М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 208с.
8. Абул Магомедов. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Махачкала: Издательско-полиграфическое объединение «Юпитер», г. Махачкала 1996.
9. Ветроэнергетика/ Под ред. Д. де Рензо: Пер. с англ.; В 39 под ред. Я. И. Шефтера. - М.: Энергоатом издат, 1982.
10. Чунихин А. А. Электроаппараты. Общий курс-3е издание., перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1988.
11. Бесонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. 2003.
12. Юндин М. А., Королёв А. М. Курсовое и дипломное проектирование по электроснабжению сельского хозяйства.

# *СПЕЦИФИКАЦИЯ*

# *ПРИЛОЖЕНИЯ*