

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

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: «Электроснабжение зернотока с разработкой
альтернативного источника энергии»

Шифр ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.00.ПЗ

Студент	<u>243 группы</u>	_____	<u>Гильманова А.А.</u>
		подпись	Ф.И.О.

Руководитель	<u>к.т.н., доцент</u>	_____	<u>Нафиков И.Р.</u>
	ученое звание	подпись	Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 15 от 18 июня 2018 г.)

Зав. кафедрой	<u>д.т.н., профессор</u>	_____	<u>Зиганшин Б.Г.</u>
	ученое звание	подпись	Ф.И.О.

Казань – 2018 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра Машины и оборудование в агробизнесе

Направление Агроинженерия

Профиль Электрооборудование и электротехнологии

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

/ Зиганшин Б.Г. /

« _____ » _____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Гильманова А.А.

Тема ВКР «Электроснабжение зернотока с разработкой альтернативного источника энергии»

утверждена приказом по вузу от « 24 » мая 2018 г. № 169

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 20.06.2018

3. Исходные данные

1. Материалы преддипломной практики;
2. Научно-техническая и справочная литература
3. Патенты и авторские свидетельства по теме проекта..

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Литературно-патентный обзор;
2. Проектирование систем электроснабжения
3. Конструкторская часть;

5. Перечень графических материалов

1. Анализ существующих конструкций;
2. Генеральный план с картограммой нагрузок зернотока;
3. Структурная схема использования альтернативных источников энергии;
4. Сборочный чертеж;
5. Рабочие чертежи..

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	доц. Гаязиев И.И.

7. Дата выдачи задания 04.05.2018

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	1 Литературно-патентный обзор	21.05.18	100%
2	2 Проектирование систем электроснабжения	4.06.18	100%
3	3 Конструкторская часть	18.06.18	100%

Студент _____ / Гильманова А.А. /

Руководитель ВКР _____ / Нафиков И.Р. /

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа состоит из текстовых документов на ____ листах машинописного текста и графической части на ____ листах формата А1.

Пояснительная записка состоит из введения, трех разделов, выводов и предложений и включает ____ рисунков, ____ таблиц и приложения. Список использованной литературы содержит ____ наименований.

Во введении обосновывается выбор темы и ее актуальность, а так же формируются задачи проекта.

В первом разделе приводится критический анализ существующих и патенты ветрогенераторов. Раздел завершается выводами.

Во втором разделе произведен расчет электроснабжения зернотока, выбор генератора, количество аккумуляторных батарей и марка и сечение кабеля для соединения ветрогенератора с зерносушилкой.

В третьей, конструкторской части выполнена разработка ветрогенератора. Выполнены необходимые расчеты. Разработаны мероприятия по улучшению условий труда. Так же дан расчет технико-экономических показателей проектируемой и существующей конструкции. Подсчитан экономический эффект от использования новой конструкции.

В заключении отражена сущность выполненной работы, оценка полученных результатов от внедрения разработанной конструкции и технологии.

Записка завершается выводами, где отражаются сущность выполненной работы и разработанные предложения, позволяющие повысить эффективность производства.

ABSTRACT

Graduation qualification work consists of text documents on ____ sheets of typewritten text and a graphic part on ____ sheets of A1 format.

The explanatory memorandum consists of an introduction, three sections, conclusions and proposals and includes ____ drawings, ____ tables and annexes.

The list of used literature contains ____ titles. The introduction justifies the choice of the topic and its relevance, as well as the tasks of the project are formed.

The first section provides a critical analysis of existing and patents of wind turbines. The section concludes with conclusions.

In the second section, the calculation of the power supply of the grain flow, the choice of the generator, the number of batteries, and the mark and cross-section of the cable for connecting the wind generator to the grain dryer are performed. In the third, the design part of the development of the wind generator. The necessary calculations were made. Measures have been developed to improve working conditions. The calculation of technical and economic indicators of the designed and existing design is also given. The economic effect of using the new design is calculated.

The conclusion reflects the essence of the work performed, the evaluation of the results obtained from the implementation of the developed design and technology.

The note concludes with conclusions, which reflect the essence of the work performed and the proposals developed to improve production efficiency.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	10
1.1 Обзор существующих ветроустановок	10
1.2 Производство электроэнергии на базе энергии ветра	25
1.3 Выводы по разделу.....	28
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	29
2.1. Ведомость электрических нагрузок хозяйства	29
2.2. Определение расчетных нагрузок по зданиям и предприятию в целом	29
2.3. Определение расчетной мощности в целом с учетом компенсирующих устройств и потерь мощности в трансформаторах.....	30
2.4. Выбор напряжения питающих линии и распределительных сетей.....	31
2.5. Напряжения распределительных линий	32
2.6. Картограмма нагрузок и определение центра электрических нагрузок (ЦЭН).....	32
2.6.1. Картограмма нагрузок	32
2.6.2. Определение условного центра электрических нагрузок.....	34
2.7. Количество и мощность трансформаторов с учетом КУ	36
2.8. Составление схем электроснабжения	38
2.9. Выбор генератора для ветроустановки	38
2.10 Расчёт аккумуляторной батареи	40
2.11. Расчет выбора кабеля.....	41
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	42
3.1 Выбор и обоснование конструкции	42
3.2 Конструкторские расчеты	45
3.2.1 Расчет болтового соединения	45
3.2.2. Расчёт заклепочного соединения	47

3.3 Техника безопасности при обслуживании ветрогенератора	48
3.4 Мероприятия по электробезопасности	50
3.5 Расчет защитного заземления ветрогенератора	52
3.6 Защита окружающей среды	53
3.7 Физическая культура на производстве	55
3/8 Экономическое обоснование конструкции	56
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	 63
 ЛИТЕРАТУРА	 64
 СПЕЦИФИКАЦИИ	 66

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.

Целью данной ВКР является разработка конструкции ветроустановки.

Задачи:

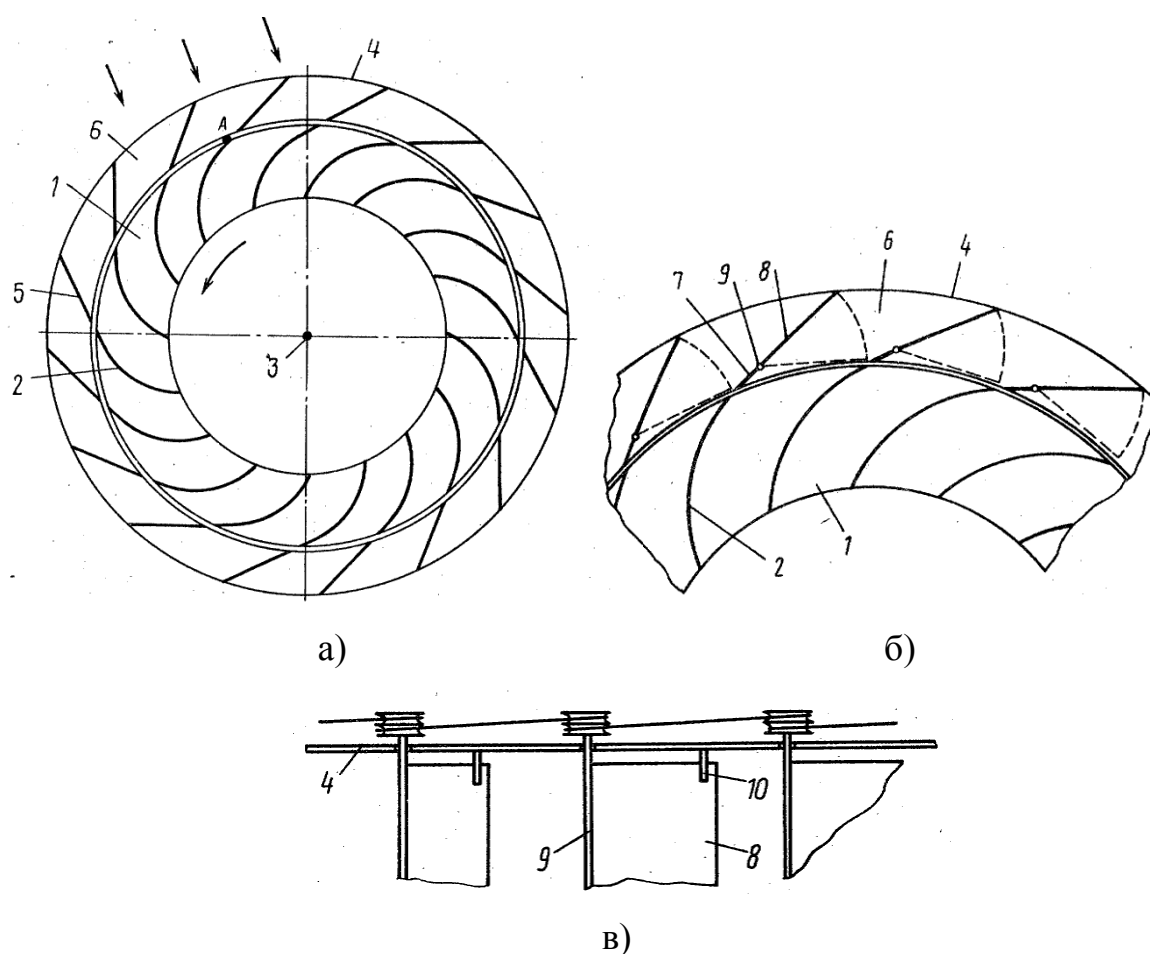
- спроектировать конструкцию ветрогенератора;
- рассчитать необходимую мощность ветрогенератора;
- рассчитать период окупаемости установки ветрогенератора;
- рассчитать экономическую эффективность.

1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Обзор существующих ветроустановок

Известны ветроэнергетические установки, содержащие ротор ветротурбины с преимущественно криволинейными лопастями и ветронаправляющий аппарат, полностью или частично охватывающий ротор ветротурбины и состоящий из преимущественно изогнутых отклоняющих пластин (лопаток), при этом обеспечивается плавное натекание ветрового потока на криволинейные лопасти ротора ветротурбины. Рассмотрим некоторые из них.

Ветродвигатель (А.С. № 1721285) представлен на рисунке 1.1.



а – вид сверху; б - элемент направляющего аппарата и ветроколеса;

в - поворотные части перегородок

Рисунок 1.1 – Ветродвигатель (А.С. № 1721285)

Целью изобретения является повышение эффективности использования энергии ветра в широком диапазоне изменения скорости и направления ветра.

Ветродвигатель содержит барабанное ветроколесо 1 с равномерно расположенными по его окружности лопастями 2, параллельными оси 3 вращения ветроколеса 1 и изогнутыми в направлении вращения, и кольцевой направляющий аппарат 4, установленный коаксиально снаружи ветроколеса 1 и имеющий расположенные равномерно по кольцу перегородки 5, установленные с образованием каналов 6 и отклоненные от радиуса ветроколеса 1 в направлении, противоположном его вращению, Каждая из перегородок 5 выполнена в виде неподвижной части 7, расположенной со стороны лопастей 2 ветроколеса 1, и поворотной части 8, связанных осевым шарниром 9, ось которого параллельна оси 3 вращения ветроколеса 1. Поворотная часть 8 имеет ширину, перекрывающую в крайнем положении части 8 соответствующий канал 6. Поворотные части 8 перегородок 5 кинематически связаны между собой для синхронного поворота. Направляющий аппарат 4 снабжен упорами 10 по числу перегородок 5, расположенными снаружи аппарата 4 и взаимодействующими с поворотными частями 8, одна из которых подпружинена. Подпружиненная поворотная часть 8 снабжена регулятором усилия пружины.

При работе набегающий поток воздуха входит в каналы 6 кольцевого направляющего аппарата 4, образованные перегородками 5, и далее поступает на лопасти 2 ветроколеса 1. Под действием напора воздуха и аэродинамической подъемной силы лопастей 2 создается крутящий момент.

При отсутствии ветра или при малой его скорости подвижные части 8 перегородок 5 находятся в крайнем положении, при котором каналы 6 направляющего аппарата 4 полностью открыты, т.е. расположены вдоль неподвижных частей 7 перегородок 5.

Это обеспечивается за счет сжатия пружины, которая прижимает все поворотные части 8; связанные между собой, к упорам 10.

С увеличением скорости ветра растет нагрузка на перегородки 5 от ветрового потока и возрастает крутящий момент на поворотных частях 8 перегородок 5. При определенном значении скорости ветра этот момент

превышает момент, создаваемый пружиной, поворотные части 8 начинают отходить от упоров 10. По мере дальнейшего увеличения скорости ветра поворотные части 8 прикрывают каналы 6 направляющего аппарата 4, ограничивая тем самым ветровой поток на ветроколесо 1. Одновременно с поворотом подвижных частей 8 перегородок 5 возрастает момент от пружины и при определенном угле поворота частей 8 наступает равновесие. Закон изменения мощности ветроколеса 1 от скорости ветра достигается подбором жесткости пружины и заданием ее начального момента с помощью регулятора усилия.

Также разработана энергоустановка представленная на рисунке 1.2 (Патент № 2033559).

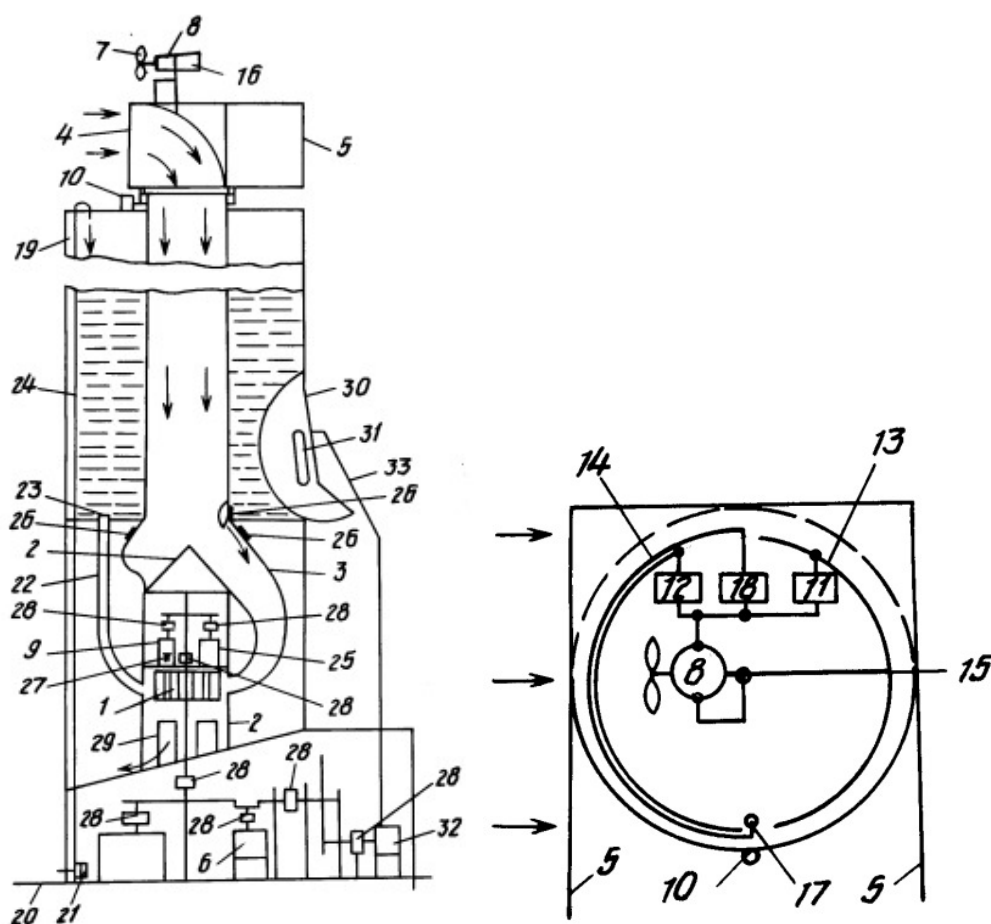


Рисунок 1.2 – Энергоустановка (Патент № 2033559)

Цель изобретения расширение функциональных возможностей энергоустановки.

На рисунке 1.2 схематично представлена энергоустановка, общий вид; и электросхема связи генератора с электрической машиной, тахогенератором и электродвигателем.

Энергоустановка содержит турбину 1, установленную в корпусе 2, связанном дугообразными воздуховодами 3 с поворотным воздухозаборником 4, снабженным флюгером 5, нагрузку 6, устройство ориентации на ветер, выполненное в виде флюгерного ветродвигателя 7 с генератором 8, установленным на воздухозаборнике 4, электрической машиной 9 обратимого типа и электродвигателем 10, кинематически связанными соответственно с турбиной 1 и воздухозаборником 4 и электрически с генератором 8. При этом электрическая связь электродвигателя 10 с генератором 8 включает два промежуточных реле 11, 12 с катушками и два скользящих контакта, один из которых выполнен в виде двух полуколец 13, 14, другой в виде упругой пластины 15, жестко связанной с устройством ориентации и совмещенной с плоскостью флюгера 16 устройства ориентации, одни концы катушек соединены с одной клеммой генератора 8, другие с соответствующими полукольцами 13, 14, а пластина 15 с другой клеммой генератора 8.

Электрическая связь генератора 8 с электрической машиной 9 включает контакт 17, размещенный в зазоре между полукольцами 13, 14, и одно промежуточное реле 18 с катушкой, один конец которой подключен к клемме генератора 8, а другой к контакту 17. Энергоустановка снабжена верхней 19 и нижней 20 емкостями, электронасосом 21, водонапорными трубами 22 с задвижками 23, патрубком 24, маховиками 25 с переменным моментом инерции, воздуховоды 3 заслонками 26, электрическая машина 9 размещенным на ее валу тахогенератором 27. При этом верхняя емкость 19 установлена концентрично воздухозаборнику 4, сообщена с корпусом 2 водонапорными трубами 22 с задвижками 23 и воздуховодом 3 с заслонками 26, а с нижней емкостью 20 патрубком 24, связанным с электронасосом 21. Маховики 25 кинематически связаны с турбиной 1 и нагрузкой 6,

тахогенератор 27 и генератор 8 соединены с электродвигателем насоса 21, кинематическая связь между электрической машиной 9, маховиками 25, турбиной 1 и нагрузкой 6 включает центробежные регуляторы 28. Корпус 2 снабжен окнами 29, а его дно открыто. Энергоустановка снабжена размещенным на стенке верхней емкости 19 рефлектором 30, установленным в фокусе последнего теплоприемником 31 и паровой турбиной 32, которая кинематически связана с генератором 8 и маховиком 25 и сообщена посредством трубопровода 33 с теплоприемником 31.

При возникновении ветрового потока ветродвигатель 7 ориентируется на ветер и начинает работать. Напряжение с клеммы генератора 8 идет на упругую пластину 15, с нее на полукольцо 13, далее на конец катушки реле 11. Реле 11 срабатывает и своими контактами подключает электродвигатель 9 к генератору 8. Электродвигатель 9 поворачивает воздухозаборник 4, выставляя его в заданном направлении. В результате этого поворота полукольцо 13 выходит из-под упругой пластины и контакт между ними нарушается. Реле 11 обесточивается и размыкает цепь, связывающую электродвигатель 9 и генератор 8. Воздухозаборник 4 останавливается ориентированным в заданном направлении и улавливает ветровой поток, направляя его в воздуховоды 3, после прохождения которых поток попадает в рабочую камеру, заставляя вращаться турбину 1. По мере раскручивания турбина 1 уменьшает потребляемый ток электрической машиной 9 от генератора 8. Размещенный на валу тахогенератор 27 развивает напряжение, достаточное для срабатывания подключенного к нему реле, которое подключает электрический насос 21 к генератору 8 и электрической машине 9. Электрический насос 21 начинает закачивать воду из нижней емкости 20 в верхнюю емкость 19. При усилении ветра и увеличении числа оборотов турбины 1 срабатывает центробежный регулятор 28 и подключает турбину через редуктор к нагрузке 6 и маховику 25.

При безветрии открываются задвижки 23 или заслонки 26 и вода из верхней емкости 19 по водонапорным трубам 22 или по воздуховодам 3

поступает в рабочую камеру на турбину 1 и вращает ее. В солнечное время задействует паровая турбина 32, на которую через трубопровод 33 подается пар, образованный в теплоприемнике 31, расположенном в фокусе рефлектора 30. При работе от одной паровой турбины 32 также производят закачку воды в верхнюю емкость 19, подав напряжение от генератора 8 на насос 21, и при наличии ветра и солнца вал нагрузки 6 через повышающие и понижающие редукторы получает от турбины 1 и паровой турбины 32 усредненную скорость вращения.

Ветро- и гидроустановка с колеблющимися вертикальными лопастями (рисунок 1.3) содержит поворотную консоль 1 с присоединенным к ней герметичным кожухом 2 обтекаемой формы, на котором размещены на вертикальных осях основная 3 и вспомогательная 4 лопасти. Консоль 1 посажена на вертикальную ось 5 и дополнительно удерживается тросом 6 с натяжным талрепом (патент № 2484298).

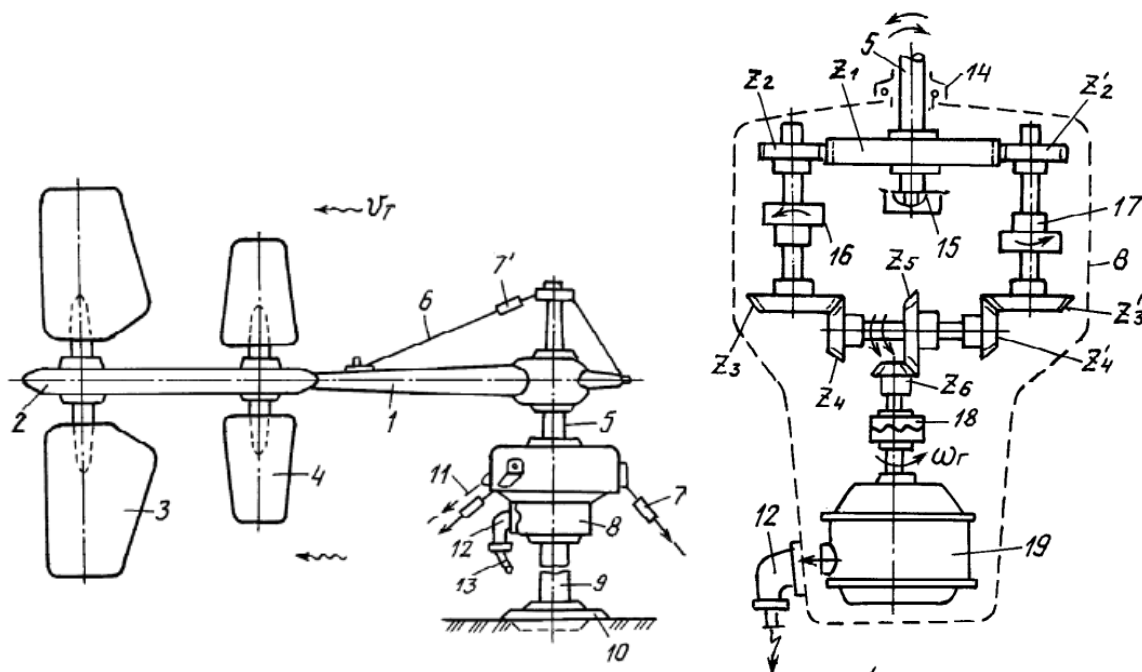


Рисунок 1.3 - Ветро- и гидроустановка с колеблющимися вертикальными лопастями

Несущий корпус 8 размещен на стойке 9 с опорной плитой 10 и удерживается неподвижно с помощью тросовых (или штанговых) растяжек 11 с натяжными талрепами 7, а в его генераторной части расположен

снаружи герметичный разъем 12 с силовым кабелем 13. Нижняя часть оси 5 размещена вверху корпуса 8 и соединена с ним посредством наружного герметичного подшипника скольжения 14 и опорного роликового подшипника 15. На нижний конец оси 5 посажена большая цилиндрическая шестерня с числом зубьев $Z1$, находящаяся в зацеплении с боковыми малыми цилиндрическими шестернями $Z2$ и $Z1\ 2$. Шестерня $Z2$ посредством двухсекционного сателлитного вала и обгонной муфты левого вращения 16 кинематически связана с нижней большой конической шестерней $Z3$. Соответственно $Z1\ 2$ посредством идентичного вала и обгонной муфты 17 правого вращения связана с аналогичной шестерней $Z1\ 3$. Дополнительно шестерни $Z3$ и $Z1\ 3$ соединены между собой посредством малых конических шестерен $Z4$ и $Z1\ 4$ и поперечного вала с большой конической шестерней $Z5$. Шестерня $Z5$ зацеплена с малой выходной конической шестерней $Z6$, соединенной через инерционную обгонную муфту 18 с многополюсным генератором 19.

В герметичном кожухе 2 размещены возвратная пружина 20 и узел кинематической связи лопастей 3 и 4, имеющий два варианта исполнения. В первом эта связь осуществляется с помощью большой конической шестерни $Z7$, промежуточных конических шестерен $Z8$ и $Z9$ с валом 21 и малой конической шестерни $Z1\ 0$, а во втором- посредством коромысел 22 и 23 разной длины с шарнирно соединенными с ними тягами 24 и 241 одинаковой длины. В кожухе 2 также размещены уголки упоры 25 и 251, ограничивающие углы поворота α_1 и $\alpha_1\ 1$ лопасти 3.

Стойка 9 и опорная плита 10 в ветроустановке могут отсутствовать при размещении ее на мачте.

Ветро- и гидроустановка работает следующим образом.

Собранная установка размещается на ровной площадке. Несущий корпус 8 закрепляется в вертикальном положении с помощью тросовых (или штанговых) растяжек 11 и окончательно выравнивается посредством талрепов 7. Аналогичным образом выставляется оптимальное натяжение на

консоли 1 троса (или штанги) 6 с помощью талрепа 71. Герметичный разъем 12 силовым кабелем 13 присоединяется к несущему корпусу 8. Ось консоли 1 разворачивается потоком в рабочее положение.

Дальнейшая круговая ориентация установки на поток (преимущественно воздушный) в пределах 360° осуществляется самопроизвольно, по флюгерному принципу.

Далее поворачивающаяся в пределах угла α консоль 1 выводит установку на рабочий режим. Плоскости основной лопасти 3 со смещенной осью вращения имеют существенно большую площадь со стороны набегающего потока, поэтому из-за разности воздействующих на ее плоскости сил F_T они развернутся потоком относительно оси консоли 1 на угол α_1 (или α_{11}), ограниченный упором 25 или 251.

Соответственно, кинематически связанная с ней вспомогательная лопасть 4 развернется на больший угол α_2 (или α_{21}).

Совместная работа взаимосвязанных лопастей существенно повышает эффективность и мощность установки в целом.

Синхронный разворот лопастей в крайних положениях А1 или А3 и начало движения консоли 1 в обратном направлении осуществляются следующим образом.

При приближении, например, движущейся влево консоли 1 к положению α ослабляющаяся возвратная пружина 20 начнет сжиматься и разворачивать лопасть 3 для изначального совмещения ее плоскостей и точки крепления пружины 20 к герметичному кожуху 2 с осью консоли 1. Одновременно находящаяся под углом α_4 к потоку лопасть 4 способствует продолжению движения консоли 1 к положению А3, увеличивая угол α_3 , достаточный для дальнейшего разворота потоком лопасти 3 в положение III 1 (показана пунктиром) на полный угол $\alpha_1 + \alpha_{11}$. Зависимая лопасть 4 также синхронно развернется на больший угол $\alpha_2 + \alpha_{21}$ (показана пунктиром).

Расположенные таким образом в положение III 1 обе лопасти обеспечивают начало обратного движения консоли 1 практически с

максимальным усилием. Разворот лопастей в положении А1 (справа) осуществляется аналогичным образом, и т.д.

Отбор полезной мощности осуществляется комбинированным мультипликатором (фиг.2) следующим образом.

При движении консоли 1 влево шестерня Z2 вращается по часовой стрелке и через замыкающуюся обгонную муфту 16 и сателлитный вал передает момент вращения на шестерню Z3, при этом обгонная муфта 17 разомкнута и шестерня Z21 вращается вхолостую. При движении консоли 1 вправо шестерня Z21 вращается против часовой стрелки и через замкнутую обгонную муфту 17, и сателлитный вал передает момент вращения на шестерню Z31, при этом обгонная муфта 16 разомкнута и шестерня Z2 вращается вхолостую. Конические шестерни Z4, Z41 и Z5 вместе с поперечным валом совершают таким образом только одностороннее вращение. Далее через выходную коническую шестерню Z6 и инерционную обгонную муфту 18 момент вращения передается на многополюсный генератор 19, имеющий при этом многократно увеличенную угловую скорость ω_g , которая (как и вырабатываемая мощность) пропорционально зависит от скорости ветра или водного течения.

Однако все они недостаточно эффективны, не позволяя достичь наибольшего коэффициента полезного действия и не обеспечивая работу при малых значениях скорости ветра.

В этой ветроэнергетической установке лопасти ротора ветротурбины выполнены в форме аэродинамических крыльев (изогнутыми). Вертикальные отклоняющие пластины также выполнены в форме аэродинамических крыльев так, что они своими вогнутыми поверхностями ориентированы в противоположном окружном направлении по отношению к вогнутым поверхностям лопастей ротора ветротурбины. В нижней части роторного ветрогенератора на валу, связанном с несущим цилиндром (валом ротора ветрогенератора), установлен блок электрогенераторов, при этом предусмотрена установка такого блока только на одном (нижнем) модуле.

Такая ветроэнергетическая установка обладает недостаточно высокой эксплуатационной эффективностью, в том числе из-за недостаточно высокого достигаемого коэффициента полезного действия и неэффективной работе установки при низких скоростях набегающего потока воздуха, а также из-за невозможности в полной мере реализовать преимущества модульного построения установки при ее использовании для выработки электроэнергии. Конструкция такой ветроэнергетической установки не позволяет ей достичь высокого коэффициента полезного действия, в особенности при минимальном воздушном потоке, что связано с неэффективной работой неподвижной системы ветронаправляющих экранов и лопастей ротора ветротурбины. Кроме того, в установке, состоящей из нескольких модулей (роторных ветрогенераторов) и предназначенной для выработки электроэнергии, наличие одного электрогенераторного блока только на одном (нижнем) модуле, ограничивает ее возможности и также не позволяет достичь высокого коэффициента полезного действия.

Задача, решаемая изобретением, состоит в создании ветроэнергетической установки, лишенной недостатков прототипа. Технический результат, обеспечиваемый изобретением, заключается в повышении эксплуатационной эффективности ветроэнергетической установки, в том числе за счет повышения ее коэффициента полезного действия и возможности работы при малых скоростях ветра.

Это достигается тем, что в ветроэнергетической установке, содержащей по меньшей мере один роторный ветрогенератор с вертикальной осью вращения, выполненный в виде модуля с возможностью вертикальной сборки модулей, включающий прикрепленные к несущему цилиндру лопасти ротора ветротурбины, размещенного внутри выполненной соосно с ротором ветротурбины неподвижной системы ветронаправляющих экранов, выполненной в виде вертикальных отклоняющих пластин, ветронаправляющие экраны выполнены с возможностью изменения площади каждой из вертикальных отклоняющих пластин за счет телескопического

перемещения их подвижного сектора, лопасти ротора ветротурбины, выполненные плоскими, снабжены завихрителями, выполненными в виде цилиндрически изогнутых полосок, а размещение лопастей ротора ветротурбины относительно несущего цилиндра выполнено с образованием вдоль их основания между ними и несущим цилиндром щелевого диффузора. Подвижной сектор вертикальных отклоняющих пластин может быть размещен внутри них или параллельно плоскости вертикальных отклоняющих пластин в прижатом к ним состоянии. Вертикальные отклоняющие пластины могут быть выполнены изогнутыми радиально вдоль вертикальной оси, при этом лопасти ротора ветротурбины размещены радиально от оси вращения ротора ветротурбины. Вертикальные отклоняющие пластины могут быть выполнены плоскими с возможностью поворота вокруг оси на внешней кромке неподвижной системы ветронаправляющих экранов до установленных в ней стопоров, при этом лопасти ротора ветротурбины размещены по касательной к несущему цилиндру. На каждом из торцов ветротурбины может быть установлен распределенный магнитоэлектрический генератор. Модули ветроэнергетической установки в сборке могут быть выполнены с общей осью вращения или с отдельными осями вращения.

Указанный технический результат обеспечивается всей совокупностью существенных признаков.

На рисунке 1.4 показан внешний вид варианта выполнения ветроэнергетической установки из двух модулей (Патент № 2390654).

На рисунке 1.4 б) показана в разрезе ветроэнергетическая установка с изогнутыми вертикальными отклоняющими пластинами, а на рисунке 1.4 в) - с плоскими. Рисунок 1.4 г) иллюстрирует выполнение на лопастях ротора ветрогенератора завихрителей. Рисунок 1.4 д) иллюстрирует выполнение вертикальных отклоняющих пластин с подвижным сектором, размещенным внутри них.

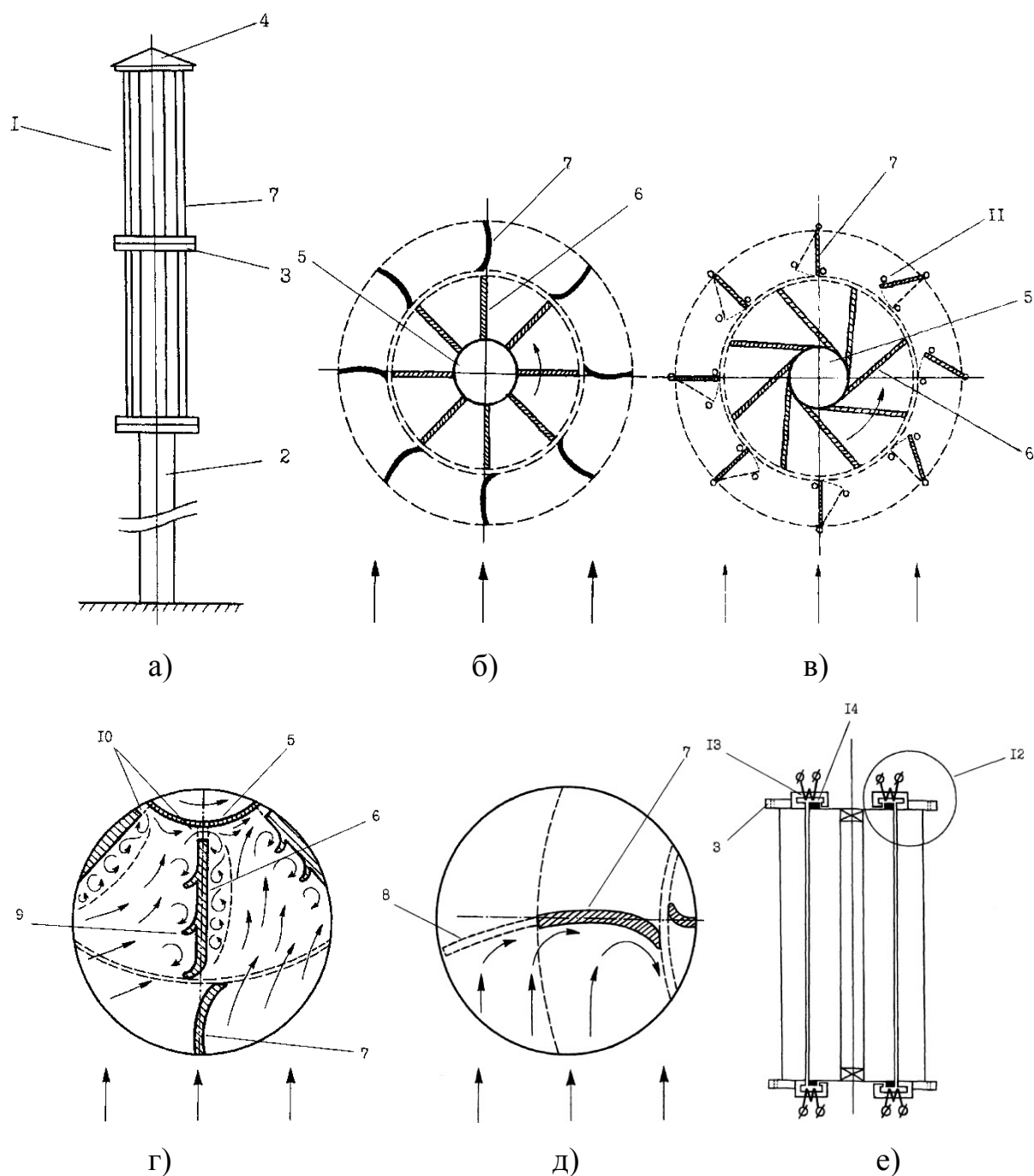


Рисунок 1.4 - Ветроэнергетическая установка (Патент № 2390654)

На рисунке 1.4 е) показана структурная схема ветроэнергетической установки с распределенными магнитоэлектрическими генераторами.

Ветроэнергетическая установка содержит по меньшей мере один роторный ветрогенератор 1 с вертикальной осью вращения, выполненный в виде модуля с возможностью вертикальной сборки модулей. Модули в сборке могут быть выполнены преимущественно с общей осью вращения, а также с раздельными осями вращения. Нижний из роторных

ветрогенераторов 1 установлен преимущественно на штанге 2. Установка последующих модулей один на другой выполнена, например, посредством тороидального крепежного кольца 3. Верхний роторный ветрогенератор 1 преимущественно снабжен в своей верхней части обтекателем (крышкой) 4. Роторный ветрогенератор 1 включает прикрепленные к несущему цилиндру 5 лопасти 6 ротора ветротурбины, который размещен внутри выполненной соосно с ротором ветротурбины системы ветронаправляющих экранов, выполненных в виде вертикальных отклоняющих пластин 7. Вертикальные отклоняющие пластины 7 закреплены между горизонтально расположенными крепежными тороидальными кольцами 3. Ветронаправляющие экраны выполнены с возможностью изменения площади каждой из вертикальных отклоняющих пластин 7 за счет телескопического перемещения их подвижного сектора 8 из отклоняющих пластин 7 или параллельно их плоскости в прижатом к ним состоянии. Перемещение (выдвижение) подвижного сектора 8 может быть осуществлено, например, посредством электромагнитной червячной передачи, например, с использованием направляющих полозьев (не показаны). Лопасти 6 ротора ветротурбины выполнены плоскими и снабжены завихрителями 9, выполненными в виде цилиндрически изогнутых полосок. Размещение лопастей 6 ротора ветротурбины относительно несущего цилиндра 5 выполнено с образованием вдоль их основания между ними и несущим цилиндром 5 щелевого диффузора 10. Роторный ветрогенератор 1 может быть выполнен в двух вариантах. В первом из них вертикальные отклоняющие пластины 7 выполнены изогнутыми радиально вдоль вертикальной оси, при этом лопасти 6 ротора ветротурбины размещены радиально от оси вращения ротора ветротурбины. Во втором варианте вертикальные отклоняющие пластины 7 выполнены плоскими с возможностью поворота вокруг оси на внешней кромке неподвижной системы ветронаправляющих экранов до установленных в ней стопоров (фиксаторов) 11. На каждом из торцов ветротурбины роторного

ветрогенератора 1 может быть установлен распределенный магнитоэлектрический генератор 12. Каждый из них представляет собой ряд электромагнитных катушек 13, которые вместе с разомкнутым контуром магнитопровода закреплены на крепежных тороидальных кольцах 3, при этом на верхнем и нижнем торцах ротора ветротурбины установлены постоянные магниты-индукторы 14. Ветроэнергетическая установка может быть преимущественно снабжена блоком контроля скорости ветра, а также выполненным механическим или электромеханическим тормозным узлом на оси вращения ротора ветротурбины (не показаны).

Ветроэнергетическая установка работает следующим образом. Ветровой поток поступает на вертикальные отклоняющие пластины 7, ускоряется на них и перетекает на лопасти 6 ротора ветротурбины, в результате чего роторный ветрогенератор совершает полезную работу за счет вращения ротора ветротурбины. Отклоняющие пластины 7 изменяют вектор скорости потока воздуха, оптимизируя угол его подачи на лопасти 6 ротора ветротурбины. Выполнение ветронаправляющих экранов с изменяемой площадью позволяет понизить разгонную скорость воздушного потока и дополнительно оптимизировать скорость вращения ротора ветротурбины. В случае пониженной скорости ветрового воздушного потока подвижной сектор 8 выдвигается, увеличивая эффективную площадь вертикальных отклоняющих пластин 7, в результате чего захватывается более значительная масса потока воздуха и возрастает скорость вращения ротора ветротурбины. Это позволяет обеспечить эффективную работу установки уже при скорости воздушного потока от 3 м/с. После изменения направления воздушного потока вертикальными отклоняющими пластинами 7 он оказывает прямое давление на лопасти 6 ротора ветротурбины, между которыми создается зона повышенного давления, на которой воздушный поток может «срываться», уменьшая эффективную площадь работы лопастей 6 ротора ветротурбины. Избежать этого позволяет создание щелевого диффузора 10 вдоль основания лопастей 6 ротора ветротурбины, который позволяет постоянно удалять

уплотнение воздуха из области межлопастного пространства. Через щелевой диффузор 10 избыток давления перетекает в залопастное пространство в область пониженного давления с образованием вихревой области. Это сопровождается повышением эффективности отбора энергии набегающего потока воздуха и соответственно повышением коэффициента полезного действия ветроэнергетической установки. Размер щелевого диффузора 10 для конкретных конструкций установок подбирается экспериментальным путем, например, посредством опытного стенда. Для дополнительно отбора энергии механического движения потока воздуха, в том числе той его части, которая соскальзывает с лопастей 6 ротора ветротурбины после их поворота на некоторый угол, служат завихрители 9. При этом на цилиндрически изогнутых полосках завихрителей 9 на плоских лопастях 6 ротора ветротурбины происходит закручивание набегающего на них потока воздуха, что приводит к торможению потока, и, как следствие, к отбору дополнительной энергии от воздушного потока и передаче его ротору ветротурбины, что также вносит вклад в повышении коэффициента полезного действия ветроэнергетической установки. Схемы движения воздушных потоков показаны стрелками на фиг.4, 5, 6. В случае использования ветроэнергетической установки для выработки электроэнергии, она снабжается распределенными магнитоэлектрическими генераторами, которые при простоте своей конструкции наиболее приспособлены для реализации модульного принципа построения ветроэнергетической установки. При этом каждый ее модуль самостоятельно вырабатывает электрическую энергию, которая суммируясь, позволяет увеличить мощность генерации электроэнергии одной ветроэнергетической установкой.

Выполнение ветроэнергетической установки в соответствии с изобретением позволяет повысить ее эксплуатационную эффективность. По сравнению с известными аналогичными установками обеспечивается повышение коэффициента полезного действия на 10-15% и возможность

работы при скорости воздушных потоков от 3 м/с. Функционирование ветроэнергетической установки не зависит от направления ветра, она устойчива к резким его порывам и требует минимальной площади для установки. Реализованный в ней модульный принцип построения упрощает конструкцию и позволяет легко наращивать ее суммарную мощность.

1.2 Производство электроэнергии на базе энергии ветра

Производство электроэнергии на базе ветра четко разделено на два основных направления: маломощные установки для индивидуального пользования и электроснабжения автономных объектов и крупные сетевые ВЭУ.

В разных регионах мира активно ведется строительство крупных ветропарков в том числе офшорных, расположенных на континентальном шельфе. Например в 2001 году запущен в эксплуатацию ветропарк Middelgrunden (Дания) установленной мощностью 40 МВт (20 ВЭУ мощностью 2 МВт); в декабре 2002 года - ветропарк Horns Rev Danemark общей мощностью 160 МВт (80 ВЭУ мощностью 2 МВт); в Германии в 2006 году начато строительство ветропарка Sand Bank 24 проектной мощностью 400 МВт (80 ВЭУ по 5 МВт).

Наряду с тенденцией развития ветропарков по мере решения проблем технического характера продолжается рост единичной мощности ветроэнергетических установок. Например в 2002 году фирмой Enercon создана ВЭУ с диаметром ветротурбины 112 метров, развивающая электрическую мощность 4,5 МВт; а уже в 2004 году фирмой RE Power создан образец с диаметром ветротурбины 126 метров и электрической мощностью 5 МВт, [5].

Столь высокие результаты получены благодаря систематическому совершенствованию специально разрабатываемых для ВЭУ электрических генераторов и мощных полупроводниковых преобразователей электрической энергии, а также достижениям современной аэродинамики (в частности развитию компьютерного моделирования) и новым материалам.

Состояние Российской энергетики возобновляемых источников, за исключением гидроэнергетики, выглядит значительно скромнее.

Диаграмма, приведенная на рисунке 1.5, отражает динамику развития электроэнергетической отрасли России за период с 1996 по 2006 год по видам первичных источников энергии в процентах. Данные по ветроэнергетике представлены за период с 2000 по 2006 год.

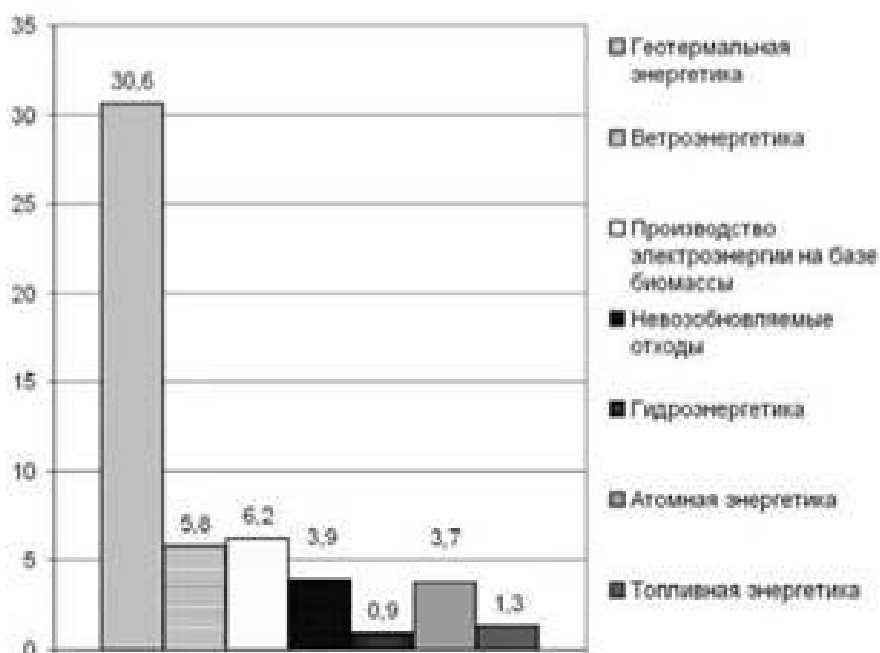


Рисунок 1.5 - Динамика развития электроэнергетической отрасли России за период с 1996 по 2006 гг

Суммарная установленная мощность ветро-электростанций (ВЭС) России в настоящее время составляет около 15 МВт. В таблице 3 приведены данные по ныне действующим ВЭС. Большинство из них используют ВЭУ зарубежного производства, поскольку в начале 90-х годов двадцатого столетия ветроэнергетическая промышленность СССР практически прекратила свое существование. Возрождение Российской ветроэнергетики началось в 2000 году. Среднегодовое производство электроэнергии на базе энергии ветра в период с 2000 по 2006 год выросло всего на 3 ГВт·ч.

В настоящее время в стадии проектов находятся ряд ВЭС и ветродизельных электростанций (ВДЭС):

– выполнены технико-экономические обоснования для строительства Приморской ВЭС (Приморский край, 30 МВт), Магаданской ВЭС (Магаданская обл., 30 МВт); Новороссийской и Анапской ВЭС (Краснодарский край, 5+5 МВт); Морской и Валаамской ВЭС (Республика Карелия, 4 и 30 МВт соответственно);

– выполнены бизнес-планы для Чуйской ВЭС (Республика Алтай, 24 МВт), Ленинградской ВЭС (Ленинградская область, 75 МВт), Новиковской ВДЭС (Республика Коми, 10 МВт), Усть-Камчатской ВДЭС (Камчатская область, 16 МВт).

Введена в эксплуатацию первая очередь (1,5 МВт) Заполярной ВДЭС (Республика Коми, 3 МВт).

Начато строительство Калининградской ВЭС морского базирования мощностью 50 МВт.

Планируется продолжение строительства Калмыцкой ВЭС с доведением ее мощности до проектной величины в 22 МВт.

На рис. 6 приведен общий вид самой крупной в истории российской ветроэнергетики ВЭУ отечественного производства «Радуга-1» мощностью 1 МВт. В отличие от зарубежных образцов, у которых крылья ветроприемника выполняются из армированного пластика, крылья данной установки выполнены из алюминиевого сплава. С одной стороны, это позволило значительно облегчить конструкцию, с другой - может послужить источником помех для работы радаров.



Рисунок 1.6 – общий вид Калмыцкой ВЭС

В заключение нельзя не сказать о том, что Россия обладает мощным ветропотенциалом и богатыми научными и техническими традициями в данной отрасли. Таким образом, при наличии правильной технической и экономической государственной политики в области энергетики возобновляемых источников в нашей стране имеются все необходимые предпосылки для поднятия ветроэнергетики на достойный уровень.

1.3 Выводы по разделу

Рассмотренные ветрогенераторы недостаточно эффективны, не позволяют достичь наибольшего коэффициента полезного действия и не обеспечивают работу при малых значениях скорости ветра. Поэтому необходимо создавать более эффективные ветрогенераторы с высокими эксплуатационными свойствами.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

2.1. Ведомость электрических нагрузок хозяйства

Таблица 2.1 - Ведомость электрических нагрузок птицефабрики

№	Наименование зданий	Установленная мощность, кВт
1	Склад для хранения зерна	10
2	Арочный склад	15
3	Арочный склад	15
4	Площадка для очистки зерна	25
5	Площадка для очистки зерна	25
6	Автовесы	15,5
7	Картофелехранилище	7
8	Сушилка зерновая	83
9	КПП	3,5
10	АВМ	55
11	Склад зап. частей	4,5
12	Мельница	75

2.2. Определение расчетных нагрузок по зданиям и предприятию в целом

Данный расчет производится на примере сушилки зерной. Определяем расчетную силовую нагрузку цеха ниже 1 кВт:

$$P_p = P_n \cdot K_c = 83 \cdot 1 = 83 \text{ кВт},$$

$$Q_p = P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi = 83 \cdot 0,39 = 32,37 \text{ кВАР},$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \sin \varphi / \cos \varphi,$$

$$\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1,$$

$$\sin^2 \varphi = 1 - \cos^2 \varphi = 1 - 0,93^2 = 0,135,$$

$$\sin \varphi = 0,367,$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,367 / 0,93 = 0,39,$$

где K_c - коэффициент спроса, находится из справочных материалов.

Находим номинальную мощность освещения и расчетную осветительную нагрузку цеха:

$$P_{\text{но}} = P_{\text{уд}} \cdot F = 0,95 \cdot 1812 = 1721,4 \text{ Вт},$$

$$P_{\text{ро}} = P_{\text{но}} \cdot K_{\text{со}} = 1721,4 \cdot 0,9 = 15,49 \text{ кВт},$$

где $P_{уд}$ - из справочных материалов; $K_{с.о.}$ - коэффициент спроса на освещение, находится из справочных материалов.

Находим полную расчетную мощность цеха:

$$P_{p\Sigma} = P_p + P_{po} = 83 + 15,49 = 98,49 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_p = 37,39 \text{ кВар},$$

$$S_p = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{98,49^2 + 37,39^2} = 105,3 \text{ кВА}.$$

2.3. Определение расчетной мощности в целом с учетом компенсирующих устройств и потерь мощности в трансформаторах

Потери в ТП:

$$\Delta P_{ТП} = 0,02 \cdot S_p = 0,02 \cdot 105,3 = 2,106 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{ТП} = 0,1 \cdot S_p = 0,1 \cdot 105,3 = 10,53 \text{ кВар}.$$

Тогда расчетная нагрузка по всему зернотоку определится:

$$P_p = \Sigma P_{pi} + P'_p + P_{осв.тер} + \Delta P_{ТП} = 86,93 + 524,04 + 2,106 = 613,3 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_{pi} + Q'_p + \Delta Q_{ТП} = 274,9 + 10,53 = 285,43 \text{ кВар}.$$

Расчет мощности компенсирующих устройств

$$Q_{ку} = P_{сг} (tg \varphi_H - tg \varphi_2) = 536,64 (0,98 - 0,33) = 75,13 \text{ кВар}$$

$$tg \varphi_H = \frac{Q_p}{P_p} = \frac{286,53}{613,3} = 0,47,$$

$$tg \varphi_2 = 0,33,$$

$$P_{сг} = P_p \cdot \frac{T_{ма}}{T_{г}} = 613,3 \cdot \frac{7000}{8000} = 536,64 \text{ кВт}.$$

Примечание: $T_{ма}$ - число часов использования максимальной нагрузки.

Потери мощности в компенсирующих устройствах

$$\Delta P_{ку} = 0,002 \cdot Q_{ку} = 0,002 \cdot 75,13 = 0,15 \text{ кВар}.$$

Тогда расчетная нагрузка шин ГПП определится по формуле:

$$P_{рпп} = (P_p + \Delta P_{ку}) \cdot K_{рм} = (524,04 + 0,15) \cdot 0,9 = 471,77 \text{ кВт},$$

$$Q_{рпп} = (Q_p - Q_{ку}) \cdot K_{рм} = (274,9 - 75,13) \cdot 0,9 = 179,79 \text{ кВар},$$

$$S_{рпп} = \sqrt{P_{рпп}^2 + Q_{рпп}^2} = \sqrt{471,77^2 + 179,79^2} = 504,86 \text{ кВа}.$$

Потери мощности в трансформаторах

$$\Delta P_{\tau} = 0,02 \cdot S_p = 0,02 \cdot 504,86 = 10,1 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\tau} = 0,1 \cdot S_p = 0,1 \cdot 504,86 = 50,48 \text{ кВар}.$$

Мощность трансформаторов с учетом потерь

$$\begin{aligned} S_p &= \sqrt{(P_p + \Delta P_{\tau})^2 + (Q_p + \Delta Q_{\tau})^2} = \\ &= \sqrt{(471,77 + 10,1)^2 + (179,79 + 50,48)^2} = 534,01 \text{ кВа}. \end{aligned}$$

2.4. Выбор напряжения питающих линии и распределительных сетей

Питание, возможно, осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 40500 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35,20,10 и 6 кВ.

Для определения напряжения питающей линии можно использовать два способа:

а) Напряжения питающей линии можно определить по номограммам. Это график для приблизительного определения величины рационального напряжения электроснабжения промышленных предприятий в зависимости от передаваемой мощности S , длины питающих линий L , схемы питания, конструктивного выполнения линии и стоимости электрической энергии.

Выбираем по номограмме напряжение питающей линии

б) Напряжения питающих линий можно определить по эмпирическим формулам. В них используются коэффициенты, мощность и длина питающей линии. Приведем некоторые из них:

$$1) U = 3\sqrt{S} + 0,5 \cdot l.$$

$$2) U = 3,34 \cdot \sqrt{l + 16 \cdot P}.$$

$$3) U = 16\sqrt[4]{P \cdot l}.$$

$$4) U = 17\sqrt{l/(16 + P)}.$$

Таким образом, сравнивая значения, полученные по формулам и номограмме - принимаем стандартное значение напряжения .

2.5. Напряжения распределительных линий

Выбор напряжения распределительной сети тесно связан с решением вопросов электроснабжения предприятия.

Напряжение 10 и 6 кВ широко используется на промышленных предприятиях средней мощности - для питающих и распределительных сетей, на крупных предприятиях - на второй и последующих ступенях.

Напряжение 10 кВ является наиболее экономичным по сравнению с напряжением 6 кВ. напряжение 6 кВ допускается только в тех случаях, если доля нагрузки 6 кВ на предприятии составляет более 30%.

а) Берём напряжение распределительных линий 10 кВ, при высоковольтной нагрузке на 6 кВ, принимаем понизительные трансформаторы 10/6 (если процент высоковольтной нагрузки 6 кВ меньше 30%).

в) Если процент высоковольтной нагрузки больше 30% то напряжение распределения должно соответствовать напряжению высоковольтной нагрузки.

Напряжение распределительных линий для проектируемого варианта принимаем 6 или 10 кВ т.к. на данном объекте всё высоковольтное оборудование имеет номинальное напряжение 6 кВ, но процентное отношение высоковольтной нагрузки 6 кВ не превышает 30%.

2.6. Картограмма нагрузок и определение центра электрических нагрузок (ЦЭН)

2.6.1. Картограмма нагрузок

ТП являются одними из основных звеньев системы электроснабжения. Поэтому оптимальное размещение подстанций по территории предприятия является важнейшим моментом при построении рациональных систем электроснабжения.

При проектировании систем электроснабжения предприятий различных отраслей промышленности разрабатывается генеральный план проектируемого объекта, на который наносятся все производственные цеха. Расположение цехов определяется технологическим процессом производства. На

генеральном плане указываются расчетные мощности цехов и всего предприятия.

При рациональном размещении ТП на территории предприятия технико-экономические показатели системы электроснабжения оказываются оптимальными и, следовательно, обеспечиваются минимум приведенных годовых затрат. Для определения места положения ТП при проектировании системы электроснабжения на генеральный план предприятия наносится картограмма нагрузок, которая представляет собой размещенные на генеральном плане окружности, причём площади, ограниченные этими окружностями, в выбранном масштабе равны расчётным нагрузкам цехов. Для каждого цеха наносится своя окружность, центр которой совпадает с центром нагрузок цеха.

Центр нагрузок цеха или предприятия является символическим центром потребления электрической энергии цеха или предприятия. ТП следует располагать в ЦЭН. Это позволит снизить затраты на проводниковый материал и уменьшить потери электрической энергии. Картограмма электрических нагрузок позволяет проектировщику наглядно представить распределение нагрузок по территории предприятия.

Площадь круга в определенном масштабе равна расчетной нагрузке соответствующего цеха P_i :

$$P_i = \pi \cdot r_i^2.$$

Из этого выражения радиус окружности:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}}.$$

где P_i - мощность i -го цеха; m - масштаб для определения площади круга (постоянный для всех цехов предприятия)

Силовые нагрузки до и выше 1 кВ изображаются отдельными кругами или секторами в круге. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изо-

бражающей цех в плане.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1 кВт. Угол сектора (α) определяется из соотношения активных расчетных ($P_{p\Sigma}$) и осветительных нагрузок (P_{po}) цехов.

При построении картограммы необходимо знать полные расчетные и осветительные нагрузки цехов, которые были рассчитаны в таблице 2.

Пример расчета покажем на производственном корпусе:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{\delta i}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{125}{3,14 \cdot 4}} = 3,15 \text{ м},$$

$$\alpha = 360 \cdot \frac{P_{\delta i}}{P_i} = \frac{24,8}{125} = 71^\circ.$$

Данные по остальным цехам сведем в таблица 2.2. Картограмма электрических нагрузок показана на генплане предприятия.

Таблица 2.2 – Данные для построения картограммы нагрузок

№ объект а	Наименование объекта	m	$P_{p\Sigma}$	P_{po}	r_i	α_i
1	Склад для хранения зерна	3	10	2,5	1,03	90
2	Арочный склад	3	15	2	1,26	48
3	Арочный склад	3	15	2	1,26	48
4	Площадка для очистки зерна	3	25	4,8	1,63	69
5	Площадка для очистки зерна	3	25	4,8	1,63	69
6	Автовесы	3	15,5	2,6	1,28	60
7	Картофелехранилище	3	7	2,5	0,86	129
8	Сушилка зерновая	3	83	3,3	2,97	14
9	КПП	3	3,5	0,8	0,61	82
10	АВМ	3	55	4,5	2,42	29
11	Склад зап. частей	3	4,5	1,5	0,69	120
12	Мельница	3	75	6,5	2,82	31

2.6.2. Определение условного центра электрических нагрузок

В настоящее время существует ряд математических методов, позволяющих аналитическим путём определить центр электрических нагрузок (ЦЭН) как отдельных цехов, так и всего предприятия. Среди них можно выделить три основных метода.

Первый метод, использующий некоторые положения из курса теоретической механики, позволяет определить ЦЭН цеха (предприятия) с большей или меньшей точностью (приблизённо) в зависимости от конкретных требований. Так, если считать нагрузки цеха равномерно распределёнными по площади цеха, то центр нагрузок цеха можно принять совпадающим с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане. Если учитывать действительное распределение нагрузок в цехе, то центр нагрузок уже не будет совпадать с центром тяжести фигуры цеха в плане, и нахождение центра нагрузок сведётся к определению центра тяжести масс.

Таблица 2.3 – ЦЭН указан на картограмме нагрузок

№ объекта	Наименование объекта	Р, кВт Дневная нагрузка потребителей	X	Y	$P_i \cdot X_i$	$P_i \cdot Y_i$
1	Склад для хранения зерна	10	292	356	2920	3560
2	Арочный склад	15	363	356	5445	5340
3	Арочный склад	15	106	616	1590	9240
4	Площадка для очистки зерна	25	316	203	7900	5075
5	Площадка для очистки зерна	25	313	510	7825	12750
6	Автовесы	15,5	206	154	3193	2387
7	Картофелехранилище	7	152	327	1064	2289
8	Сушилка зерновая	83	296	609	24568	50547
9	КПП	3,5	160	133	560	465,5
10	АВМ	55	113	700	6215	38500
	Склад зап. частей	4,5	146	470	657	2115
	Мельница	75	276	702	20700	52650
	ИТОГО	333,5	-	-	82637	184918,5

Таким образом мы определили ЦЭН для ТП, но поставить их точно в центре электрических нагрузок не всегда технически возможно.

Координаты центра электрических нагрузок всего предприятия определим по формуле:

$$X_i = \frac{\sum P_i \cdot X_i}{\sum P_i} = \frac{82637}{333,5} = 247,8$$

$$Y_i = \frac{\sum P_i \cdot Y_i}{\sum P_i} = \frac{184918,5}{333,5} = 554,5$$

2.7. Количество и мощность трансформаторов с учетом КУ

Предварительный выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций производится на основании требуемой степени надежности электроснабжения и распределения между ТП потребителей электроэнергии до 1кВ. На предприятии имеется оборудование, относящееся к потребителям I и II категории, и требует высокой надежности питания, поэтому цеховые подстанции выполняются с двумя рабочими трансформаторами. Нормальный режим работы - раздельная работа трансформаторов, это предусматривается в целях уменьшения токов короткого замыкания и позволяет применить более легкую и дешевую аппаратуру на стороне низшего напряжения трансформаторов.

Номинальная мощность цеховых ($S_{нт}$) выбирается по расчетной мощности, исходя из условия экономичной работы трансформаторов (60-80%) в нормальном режиме и допустимой перегрузки (на 30-40%) от $S_{нт}$ в послеаварийном режиме.

В соответствии с ГОСТ 14209-85 и 11677-75 цеховые трансформаторы имеют следующие номинальные мощности: 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500кВА. В настоящее время цеховые ТП выполняются комплектными (КТП) и во всех случаях, когда этому не препятствуют условия окружающей среды и обслуживания, устанавливаются открыто.

Ориентировочный выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций производится по удельной плотности нагрузок (σ):

$$\sigma = \frac{S_p}{F},$$

где S_p - расчетная нагрузка цеха (кВА); F - площадь цеха (m^2).

Сделаем ориентировочный выбор числа и мощности цеховых трансформаторной подстанции

$$\sigma = \frac{S_p}{F} = \frac{534,01}{58976,85} = 0,009.$$

Если плотность нагрузок $\sigma < 0,2$, то рекомендуется принимать трансформаторы до 1000 кВА, если $0,2 < \sigma < 0,3$ то трансформаторы должны быть 1600кВА, если $\sigma > 0,3$ кВА/м², то трансформаторы рекомендуется принимать 1600-2500 кВА.

Выбираем трансформатор 630 кВа.

После выбора мощности трансформаторов проверяем по коэффициентам загрузки в нормальном и аварийном режимах:

$$K_{з.н} = \frac{S_p}{2 \cdot S_{н.т}} = \frac{534,01}{2 \cdot 630} = 0,42,$$
$$K_{з.ав} = \frac{S_p}{S_{н.т}} = \frac{534,01}{630} = 0,85.$$

Трансформатор проходит по коэффициентам загрузки в нормальном и аварийном режимах.

Расчетная мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{кв} = P_p(tg\varphi_n - tg\varphi_3) = 524,04(0,52 - 0,33) = 99,6 \text{ кВар};$$

$$tg\varphi_n = \frac{Q_p}{P_p} = \frac{274,9}{524,04} = 0,52$$

$$tg\varphi_3 = 0,33$$

По справочнику выбираем стандартное значение мощности КУ и определяем не скомпенсированную мощность:

$$Q = Q_p - NQ_{кв.ст} = 274,9 - 2 \cdot 60 = 154,9 \text{ кВар}.$$

Затем находим полную мощность и, если необходимо, изменяем номинал трансформаторов и (или) их количество.

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q^2} = \sqrt{524,04^2 + 154,9^2} = 546,45 \text{ кВа}$$

2.8. Составление схем электроснабжения

Характерной особенностью схем внутреннего распределения электроэнергии является большая разветвленность сети и наличие большого количества коммутационно-защитной аппаратуры, что оказывает значительное влияние на технико-экономические показатели и на надежность системы электроснабжения. С целью создания рациональной схемы распределения электроэнергии требуется всесторонний учёт многих факторов, например таких как конструктивное исполнение сетевых узлов схемы, способ канализации электроэнергии, токи КЗ при разных вариантах и т.д.

При проектировании схемы важное значение приобретает правильное решение вопросов питания силовых и осветительных нагрузок в ночное время, в выходные и праздничные дни. Для взаимного резервирования рекомендуется использовать шинные и кабельные перемычки между ближайшими подстанциями, а также между концами сетей низшего напряжения, питаемых от разных трансформаторов.

Схема распределения электроэнергии должна быть связана с технологической схемой объекта. Питания приёмников электроэнергии разных параллельных технологических потоков должна осуществляться от разных источников: подстанций, РП, разных секций шин одной подстанции. Это необходимо для того, чтобы при аварии не останавливались оба технологических потока. В тоже время взаимосвязанные технологические агрегаты должны присоединяться к одному источнику питания, чтобы при исчезновении питания все приёмники электроэнергии были одновременно обесточены.

2.9. Выбор генератора для ветроустановки

На основании исходных данных производим расчёт суммарной мощности, на сушилку с учётом потребляемой электрической нагрузки:

$$\Sigma P_{\text{расч}} = 83 \text{ кВт}$$

Исходя из полученных расчётов, выводим необходимую мощность генератора с учётом 10% перегрузки от суммарной мощности:

$$P_{\Gamma} = \Sigma P_{\text{расч}} + 10\% = 83 + 13 = 96 \text{ кВт}$$

По найденной мощности генератора, выбираем необходимый нам ветряк:

Ветрогенератор Avito (АВЭ - 250), мощность от 3 до 500 кВт

Максимальная мощность генератора (Вт) - 500000

Напряжение генератора (В) - 380

Диаметр ротора (м) - 16

Начальная скорость ветра (м/с) - 3.5

Номинальная скорость ветра (м/с) - 13

Высота мачты с растяжками: 18 м

Количество лопастей: 3 шт.

Выдерживает ураганный ветер: до 40 м/с

Технические характеристики:

Торможение - автоматика

Номинальное количество оборотов (об/мин) - 80

Материал корпуса - сталь

Материал лопастей - стекловолокно

Направление ветра - управляется контроллером

Вес: 4555 кг

Аккумуляторные батареи: Минимальное количество (шт) - 30

Рекомендованные аккумуляторы: 60 шт. 12В 200А

Время для полной зарядки аккумуляторов: около 16 часов

Стоимость: 900 000 руб

2.10 Расчёт аккумуляторной батареи

Имея мощность 750 Вт и предположительное время работы от резервного источника питания 12 часов, КПД инвертора 80%, определим ток разрядки аккумулятора:

$$I_{\text{раз. акб}} = W/U/\eta,$$

где $I_{\text{раз. акб}}$ – ток разрядки аккумуляторной батареи;

W – пиковая мощность, Вт;

U – напряжение АКБ, В;

η – КПД инвертора, %.

$$I = 750/12/0,8 = 78 \text{ А.}$$

Расчитав ток разряда аккумулятора по имеющимся данным рассчитаем ёмкость аккумуляторной батареи

$$E = I * H = A * \text{час},$$

где E – ёмкость аккумуляторной батареи, А*час;

H – время работы потребителя от резервного источника электроснабжения, h.

$$E = 78 * 12 = 936 \text{ А*час.}$$

Поскольку требуемое время работы равно 12 часам, нужно увеличить рассчитанную ёмкость на 20%. Получим 1123 А*час.

По имеющимся данным произведём выбор аккумуляторной батареи: принимаем 12 батарей НР 100 А*ч.

2.11. Расчет выбора кабеля

T_{\max} - время использования максимальной нагрузки

$$T_{\max} = W_{\max}/P_{\max}$$

w_{\max} - максимальная выработка энергии (при максимальной скорости 20 км/ч, $W = 2470000$ кВт)

P_{\max} - максимальная мощность станции, 500кВт

$$T_{\max} = 2470000/500 = 4940\text{ч}$$

- экономическая плотность тока, за продолжительность максимальной нагрузки 4940ч в год,

$$I = P_{\Gamma}/1,73 \cdot U_{\text{н}} = 145000/1,73 \cdot 380 = 221 \text{ А}$$

$U_{\text{н}}$ - номинальное напряжение ветрогенератора

P_{Γ} - необходимая мощность генератора, для снабжения котельной

$$\varepsilon = I/J, \text{ где:}$$

ε - экономическое сечение провода

$$\varepsilon = 221/1,1 = 201 \text{ мм.}$$

По конструктивным и расчётным таблицам выбираем силовой кабель с бумажной пропитанной изоляцией, прокладываемый в земле:

В свинцовой оболочке при $F_{\varepsilon} = 240$, 3 жилы до 3 кВ - 570 А.

В алюминиевой оболочке при $F_{\varepsilon} = 240$, 3 жилы до 3 кВ - 440 А.

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Выбор и обоснование конструкции

На основании существующих конструкций нами за прототип был выбран торцевой двухроторный ветрогенератор патент РФ № 2395715.

Задачей изобретения является упрощение конструкции, уменьшение габаритов, уменьшение механических потерь энергии, увеличение надежности работы устройства.

Данная задача достигается тем, что двухроторный ветрогенератор так же, как и устройство прототипа, содержит два ветроколеса, вращающихся в разные стороны. Согласно изобретению двухроторный ветрогенератор имеет неподвижную статорную обмотку соленоидного типа, намотанную вокруг кольцевого сердечника из ферромагнитного материала и закрепленную наружной стороной в корпусе, а также два ротора из немагнитного материала, имеющих форму дисков и расположенных соосно, на каждом из которых равномерно распределено одинаковое количество постоянных магнитов, имеющих Г-образную форму, причем полюса магнитов, расположенных на каждом из роторов, имеют одинаковую полярность, а расположенных на разных роторах - направлены разнополярно друг другу. Каждый из постоянных магнитов выполнен с возможностью вращения вокруг половины незакрепленной в корпусе обмотки, а каждый ротор соединен с ветроколесом при помощи своего вала, вращающегося в подшипниковых опорах закрепленных в корпусе.

Изобретение имеет следующие преимущества перед устройством прототипа.

1. Применение неподвижной статорной обмотки соленоидного типа, намотанной вокруг кольцевого сердечника из ферромагнитного материала и

					ВКР ЭБ ОЗ ОЕ ООБ 10 АИЗ ОО ОО			
Из	Лист	№ докум	Подпи	Дат				
Разраб	Гильманов				Ветрогенерат ор		Лит	Лист
Пров	Исфиков а А.А.							Листов
И контр	Исфиков							
Утверд	Уалимджан							

Казанский ГАУ

243 группа

закрепленной наружной стороной в корпусе, позволяет максимально упростить технологию изготовления статора, а также значительно уменьшить магнитный поток рассеяния и индуктивность статорной обмотки. Кроме того, применение неподвижной обмотки статора позволяет избавиться от вращающегося коллектора и от щеточного узла для отбора электроэнергии, что значительно упрощает конструкцию устройства.

2. Применение двух роторов из немагнитного материала, расположенных соосно, на каждом из которых равномерно распределено одинаковое количество постоянных магнитов, имеющих Г-образную форму, с полюсами магнитов, расположенных на каждом из роторов, имеющих одинаковую полярность, а расположенных на разных роторах - направленных разнополярно друг другу, позволяет создавать магнитное поле, вращающееся относительно витков статорной обмотки с двойной частотой при вращении роторов в разные стороны. Это позволяет при небольшой силе ветра получать достаточное количество энергии и стабилизировать величину напряжения статорной обмотки. Кроме того, предлагаемое конструктивное решение позволяет избавиться от подшипниковых опор для вращения статора и для вращения вала ветроколеса, вращающего статор. При этом отпадает необходимость в размещении валов ветроколес внутри друг друга и необходимость в применении редуктора. Все это в совокупности позволяет упростить конструкцию, уменьшить габариты, увеличить надежность работы устройства, уменьшить механические потери энергии.

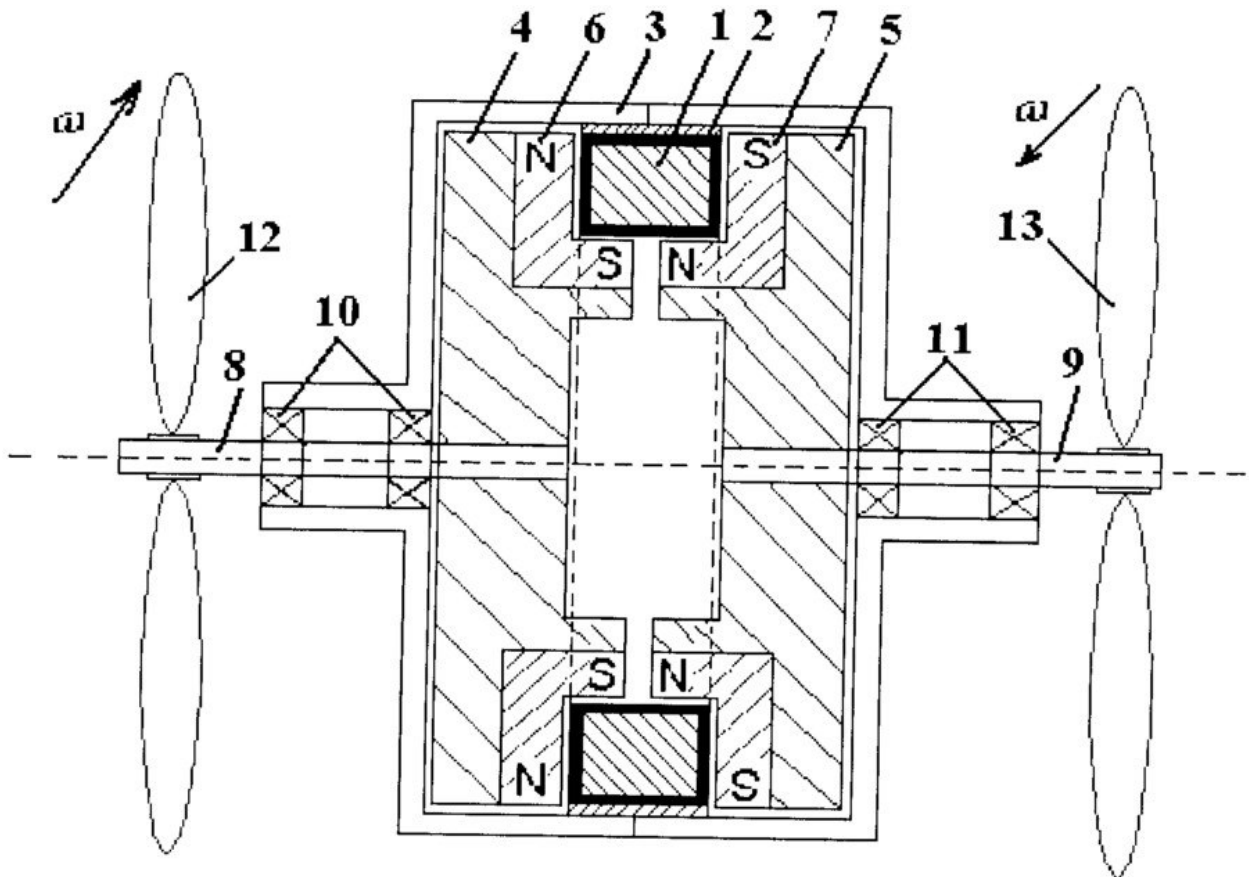
3. В предлагаемом устройстве ветроколеса расположены не вплотную, как в устройстве прототипа, а разнесены на достаточное расстояние друг относительно друга, что позволяет уменьшить их вредное аэродинамическое влияние друг на друга и увеличить надежность работы устройства.

На рисунке 1 а) показано главное продольное сечение двухроторного ветрогенератора, на рисунке 1 б) схематично показано конструктивное выполнение статорной обмотки, на рисунке 1 в) поясняется возникновение тока в одном витке статорной обмотки при движении постоянных магнитов в

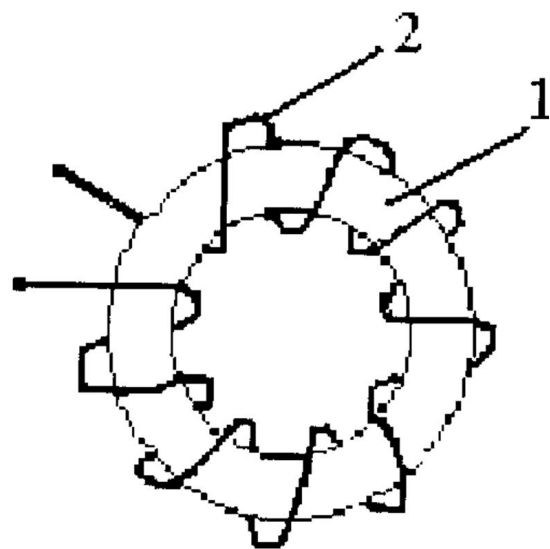
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0	Лист

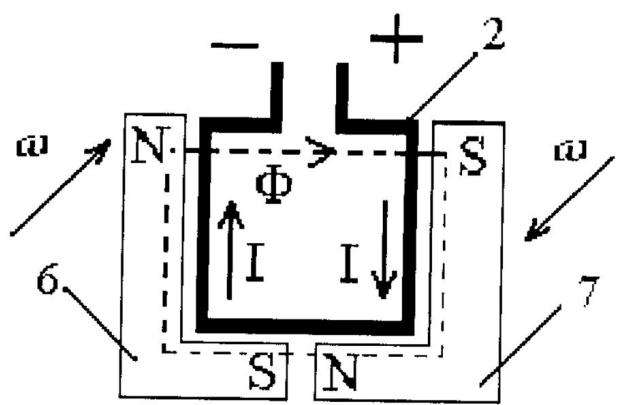
разные стороны.



а)



б)



в)

Рисунок 3.1 - Двухроторный ветрогенератор (Патент РФ №2366829)

Устройство содержит кольцевой сердечник 1, выполненный из ферромагнитного материала, на котором намотана статорная обмотка соленоидного типа 2, которая запрессована внешней стороной в корпусе 3.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Устройство содержит также два вращающихся в разные стороны с угловой скоростью двухроторный ветрогенератор, патент № 2366829 ротора 4, 5, выполненных из немагнитного материала и имеющих форму дисков, расположенных соосно, на каждом из которых равномерно распределено одинаковое количество постоянных магнитов 6, 7, имеющих Г-образную форму, причем полюса магнитов, расположенных на каждом из роторов, имеют одинаковую полярность, а расположенных на разных роторах - направлены разнополярно друг другу. Оба ротора 4, 5 посажены на валах 8, 9, которые закреплены в корпусе 3 с помощью подшипниковых узлов 10, 11. На валах 8, 9 посажены также два ветроколеса 12, 13, лопасти которых ориентированы таким образом, что при одинаково набегающем потоке ветра они будут вращаться в разные стороны.

Устройство работает следующим образом. Под воздействием воздушного потока ветроколеса 12, 13 будут вращать ротора 4, 5 и закрепленные на них постоянные магниты 6, 7 в разные стороны. При движении постоянных магнитов 6, 7 с угловой скоростью двухроторный ветрогенератор, патент № 2366829 относительно витков статорной обмотки 2 по правилу правой руки под воздействием движущегося со скоростью $2 \cdot$ двухроторный ветрогенератор, патент № 2366829 магнитного поля Φ в каждом витке будет наводиться постоянный ток I , направление которого показано на фиг.3.

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет значительно упростить конструкцию, уменьшить габариты, уменьшить механические потери энергии и увеличить надежность его работы.

3.2 Конструкторские расчеты

3.2.1 Расчет болтового соединения

Генератор установки крепится на угольнике с помощью четырех болтов выполненных из стали класса точности 3,6 и действующей на болты с силой $F=1$ кН. Требуется определить диаметр болтов. Нагрузка постоянная.

Инв. № подл.	Подпись и дата				Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0			Лист

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата

$$[\sigma]_p = \sigma_T / [S_T] \quad (3.1)$$
$$[\sigma]_p = 200/5 = 40 \text{ H/MM}^2.$$
$$F_0 = \frac{F \cdot K}{f \cdot i \cdot z}, \quad (3.2)$$
$$F_0 = \frac{1 \cdot 1,6}{0,16 \cdot 1 \cdot 4} = 2,5 \text{ kH}.$$
$$F_{расч.} = 1,3 \cdot F = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ кН}.$$
$$d_p \geq \sqrt{\frac{4F_{расч}}{\pi[\sigma]_p}}, \quad (3.3)$$
$$[\sigma]_p - \text{допускаемое напряжение растяжения, Н/мм}^2.$$

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 3,25 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 40}} = 10,1 \text{ мм}.$$

Принимаем резьбу М12 с шагом $p=1,75$ мм, для которой $d_p=d-0,94p=12-0,94 \cdot 1,75=10,4 \text{ мм} > 10,1$. Болт М12 пригоден.

3.2.2. Расчёт заклепочного соединения

Делаем проверочный расчёт заклёпок, которыми крепятся лопасти к ступице.

Лопастей крепятся четырьмя заклёпками к ступице. Материал ножей сталь Ст 15ХГ, а диски изготавливаются из стали Ст 5.

Толщина лопасти – 4 мм

Толщина ступицы – 4 мм

Материал заклёпок – принимаем сталь Ст 3, так как выгодно, чтобы срезалась заклёпка и не ломались лопасти.

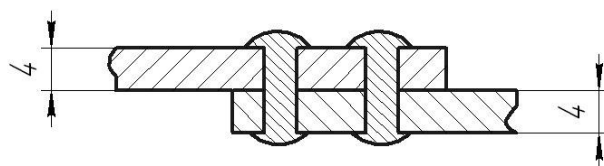
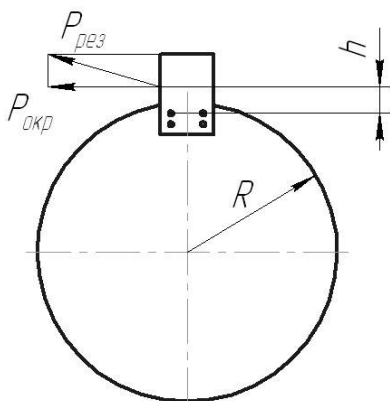


Рисунок 3.4 – Заклепка.

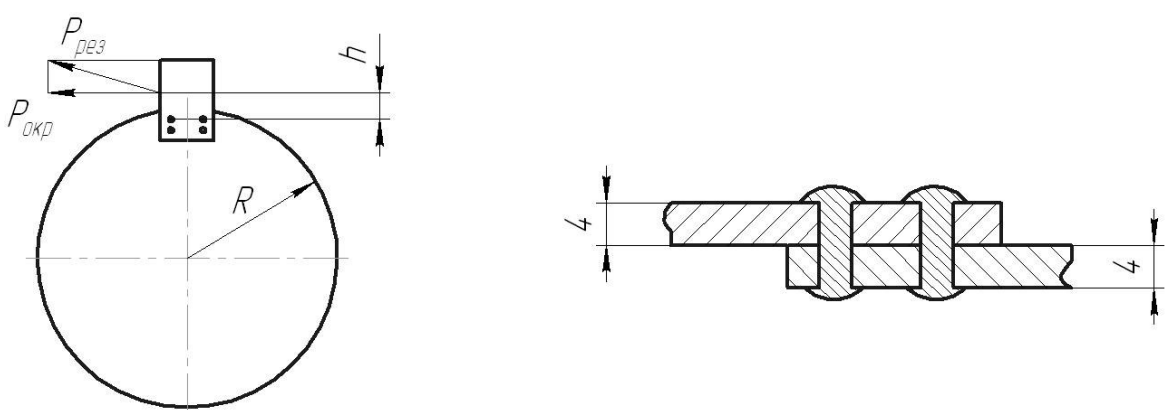
Срез заклёпок происходит за счёт окружной силы:

$$P_{ОКР} = \frac{M_{КР}}{R} \quad (3.4)$$

$$P_{ОКР} = \frac{553,18}{0,265} = 2087 \text{ Н}$$

Поскольку каждый нож крепится 4 заклёпками, то определяем площадь нетто сечения:

$$F_n = 80 \cdot 4 - 6 \cdot 4 \cdot 4 = 320 - 96 = 224 \text{ мм}^2$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	№ докум.	Подпись	Дата	Толщина лопасти – 4 мм
					Толщина ступицы – 4 мм
					Материал заклёпок – принимаем сталь Ст 3, так как выгодно, чтобы
					срезалась заклёпка и не ломались лопасти.
Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	Подпись и дата	Подпись и дата	
Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	Подпись и дата	Подпись и дата	Рисунок 3.4 – Заклепка.
Инв. № подл.	Подпись и дата	№ докум.	Подпись	Дата	Срез заклёпок происходит за счёт окружной силы:
Инв. № подл.	Подпись и дата	№ докум.	Подпись	Дата	$P_{ОКР} = \frac{M_{КР}}{R} \tag{3.4}$
Инв. № подл.	Подпись и дата	№ докум.	Подпись	Дата	$P_{ОКР} = \frac{553,18}{0,265} = 2087 \text{ Н}$
Инв. № подл.	Подпись и дата	№ докум.	Подпись	Дата	Поскольку каждый нож крепится 4 заклепками, то определяем площадь
Инв. № подл.	Подпись и дата	№ докум.	Подпись	Дата	нетто сечения:
Инв. № подл.	Подпись и дата	№ докум.	Подпись	Дата	$F_n = 80 \cdot 4 - 6 \cdot 4 \cdot 4 = 320 - 96 = 224 \text{ мм}^2$
Инв. № подл.	Подпись и дата	№ докум.	Подпись	Дата	$BKP.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0$
Инв. № подл.	Подпись и дата	№ докум.	Подпись	Дата	Лист

Определим напряжение на растяжении:

$$\delta_p = \frac{P_{окр}}{F_H} \quad (3.5)$$

где $P_{окр}$ – сила окружная, Н

F_H – площадь нетто сечения

$$\delta_p = \frac{2087}{224} = 9,32 \text{ Н/мм}^2 = 9,32 \text{ мПа}$$

$$[\delta_p] = 160 \text{ мПа}, \delta_p < [\delta_p]$$

Проверяем прочность заклёпок на срез, учитывая, что заклёпки двух срезные.

$$\tau_{CP} = \frac{P_{ОКР}}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq [\tau_{CP}] \quad (3.6)$$

где τ_{CP} - напряжение на срез, мПа

$$[\tau_{CP}] = 0,58 \dots 0,65 [\delta_p]$$

$$\tau_{CP} = \frac{2087 \cdot 4}{2 \cdot 3,14 \cdot 6^2} = 39,92 \text{ мПа}$$

Условия выполняются $39,92 < 0,65 \cdot 160 \text{ мПа}$

$$39,92 < 104 \text{ мПа}$$

Мы взяли завышенный диаметр заклёпок из тех соображений, что они работают в знакопеременных нагрузках.

3.3 Техника безопасности при обслуживании ветрогенератора

В ВКР используется разработка ветрогенератора. При её обслуживании лица могут быть травмированы, по этой причине при эксплуатации линии необходимо[9]:

- наличие электрического освещения, ограждения для всех вращающихся и подвижных частей машин и оборудования;
- установка стационарных лестниц под углом к горизонту не более 60^0 ;

Инв. № подл.	Подпись и дата	3.3 Техника безопасности при обслуживании ветрогенератора	
		В ВКР используется разработка ветрогенератора. При её обслуживании лица могут быть травмированы, по этой причине при эксплуатации линии необходимо[9]:	
Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	— наличие электрического освещения, ограждения для всех вращающихся и подвижных частей машин и оборудования;	
		— установка стационарных лестниц под углом к горизонту не более 60 ⁰ ;	
		Мы взяли завышенный диаметр заклёпок из тех соображений, что они работают в знакопеременных нагрузках.	
		Условия выполняются 39,92 < 0,65·160 мПа 39,92 < 104 мПа	
		$\tau_{CP} = \frac{P_{OKP}}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq [\tau_{CP}]$ $[\tau_{CP}] = 0,58...0,65 [\delta_p]$ $\tau_{CP} = \frac{2087 \cdot 4}{2 \cdot 3,14 \cdot 6^2} = 39,92 \text{ мПа}$	
		где τ_{CP} - напряжение на срез, мПа	
		срезные.	
		$\tau_{CP} = \frac{P_{OKP}}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq [\tau_{CP}]$ <div>(3.6)</div>	
		Подпись и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0	Лист

- изготовление ступеней лестниц не менее 200 мм из дерева или рифленого железа;
- для оборудования, требующего постоянного наблюдения и обслуживания на высоте, должны быть предусмотрены стационарные площадки и лестницы. Площадки, расположенные на высоте 0,5 м и выше над уровнем пола, а также лестницы и переходные мостики выполняют с перилами высотой не менее 1 м, настил должен иметь сплошную обшивку высотой не менее 0,15 м. Кроме перил на высоте 0,5...0,6 м от настила площадки (лестницы) размещают дополнительное продольное ограждение и вертикальные стойки с шагом не менее 1,2 м. Ширина свободного прохода площадки должна быть не менее 0,8 м. Не допускается применение лестниц, сбитых гвоздями.

Запрещается:

- укладывать шланговый кабель или провод на пути движения транспортных средств;
- использовать открытые электролампы без герметической арматуры;
- хранить в цехе пожаро- и взрывоопасные материалы;
- находиться рабочим в дверном проеме склада при подаче транспортных средств под погрузку или разгрузку [2].

При обслуживании ветрогенератора необходимо соблюдать следующие правила [6]:

- к работе с системой допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр, ознакомленные с правилами и нормами техники безопасности, а также обученные способам оказания первой медицинской помощи при несчастных случаях и имеющие соответствующее удостоверение об окончании специальных курсов;
- токоведущие части двигателя должны быть в надежной изоляции;
- при ремонте механической части устройства необходимо отключить

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	<div> <div>Изм</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Подпись</div> <div>Дата</div> </div>	<div> <div>ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0</div> <div>Лист</div> </div>

двигатель, причем должна быть вывешена табличка «Не включать – работают люди!». Во время ремонта не разрешается снимать тяжелые узлы машины без грузоподъемных приспособлений и без принятия соответствующих мер предосторожности;

- запрещается проводить чистку, крепежные работы и смазку во время работы системы.
- включение устройства в работу при отсутствии заземления электродвигателя запрещается;
- заземление электропусковой аппаратуры и электродвигателя должно соответствовать правилам техники безопасности по эксплуатации электротехнических установок;
- все вращающиеся части должны быть закрыты защитными кожухами;
- все рабочие места должны быть снабжены аптечкой доврачебной помощи, мылом, полотенцем.

Строгое соблюдение правил техники безопасности и производственной санитарии позволит добиться высокой производительности труда [6].

В ВКР разработано устройство для вырабатывания электроэнергии за счет силы ветра. Использование данного устройства безопасно, так как в проекте предусмотрено заземление, наличие автоматических выключателей, устройства защитного отключения (лист графической части «Силовая схема электропривода»), защитных кожухов самого устройства и предохранительной муфты (лист графической части «Общий вид»).

3.4 Мероприятия по электробезопасности

При обслуживании ветрогенератора возможно травмирование лиц, работающих с электрическими устройствами в результате допуска к работе с электрическими устройствами необученного персонала и пренебрежительного отношения работающих к средствам защиты.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0					Лист

По этой причине все мероприятия, обеспечивающие безопасность использования электроэнергии, должны быть представлены следующими группами: организационные мероприятия, технические мероприятия.

Организационные мероприятия [9]:

1. Правильный подбор персонала, обслуживающего электроустановки (не моложе 18 лет);
2. Обучение правилам безопасности при обслуживании электроустановок;
3. Назначение ответственных за электрохозяйство лиц;
4. Контроль за правильностью устройства электропроводок и установкой электрооборудования в соответствии с ПУЭ.
5. Проведение периодических осмотров, измерений и испытаний электрооборудования, а в случае несоответствия предъявляемым требованиям его ремонта.

Технические мероприятия:

1. Применение устройств (предохранителей, отключающих реле и т.д.) защиты электроустановок и сетей от перегрузок, а также токов коротких замыканий;
2. Защита людей и животных от прикосновения к токоведущим частям оборудования посредством применения глухого ограждения высоковольтного оборудования и размещения его в отдельных зданиях.
3. Защита от поражения электрическим током при переходе напряжения на металлические корпуса электроустановок; устройство защитного заземления.

Для лиц, обслуживающих электрооборудование должны применяться индивидуальные электрозащитные средства [9].

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0				
					Лист				

3.5 Расчет защитного заземления ветрогенератора

При использовании электрооборудования с целью исключения возможности травмирования необходимо предусмотреть в качестве средства защиты использование заземления ветрогенератора.

В качестве заземлителя используем вертикальный заземлитель.

Вертикальные заземлители чаще всего выполняются из круглых стальных стержней диаметром 10-20 мм.

Сопротивление стержневого вертикально заглубленного заземлителя круглого сечения определяется по формуле [6]:

$$R_3 = 0,159 \frac{\rho}{l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4h+2}{4h-2} \right), \text{ Ом}, \quad (3.7)$$

где ρ – удельное сопротивление чернозёма, $\rho = 30$ Ом·м [6];

l – длина заземлителя, $l = 2$ м;

d – диаметр заземлителя, $d = 0,015$ м;

h – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, $h = 2$ м.

$$R_3 = 0,159 \frac{30}{2} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,015} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 2}{4 \cdot 2 - 2} \right) = 13,93 \text{ Ом}.$$

Необходимое число заземлителей [9]:

$$n_3 = \frac{R_3 \cdot k_3}{R_{н.з.} \cdot \eta_3}, \quad (3.8)$$

где k_3 – коэффициент сезонности, $k_3 = 1,3$ [9];

$R_{н.з.}$ – нормативное сопротивление заземлителя, не более 4 Ом [9];

η_3 – коэффициент использования заземлителей, $\eta_3 = 0,09 \dots 0,94$ [9].

Инв. № подл.	Подпись и дата				
	Взам. инв. № дубл.				
	Взам. инв. № подл.				
Инв. № подл.	Подпись и дата				
	Взам. инв. № дубл.				
	Взам. инв. № подл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<div>ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0</div> <div>Лист</div>

$$n_3 = \frac{13,93 \cdot 1,3}{4 \cdot 0,9} = 5,03.$$

Принимаем число заземлителей $n = 5$. Контроль заземления осуществляется осмотром и измерением сопротивления заземлителей. Внешний осмотр следует проводить не реже одного раза в 6 месяцев, а в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных – один раз в 3 месяца.

3.6 Защита окружающей среды

Объекты сельскохозяйственного производства оказывают негативное хим-, био-, физическое и механическое действие на все главные составляющие окружающей среды: почву, поверхностные воды и атмосферный воздух. Сельскохозяйственными объектами являются животноводческие фермы, сельскохозяйственные угодья, технологии, технические средства, применяемые при производстве и переработке продукции, транспорт, склады, хранилища, объекты энергетики, площадки ремонта и хранения техники [2].

В сельскохозяйственном производстве используются различные методы предпосевного стимулирования, обеззараживания семян. Наиболее эффективным считается протравливание посевного материала, которое обеспечивает практически полное уничтожение поверхностной микрофлоры и надежное предохранение зерновок от повторного заражения.

Однако применение ядохимикатов, в том числе и современных наносит окружающей среде огромный вред. В почвенной среде происходит накопление ядохимикатов, которые в конечном итоге через растительную продукцию попадают в организм человека и вызывают различные заболевания.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата					
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div>Изм</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Подпись</div> <div>Дата</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <i>ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0</i> </div> <div> <div>Лист</div> <div></div> </div> </div>				

Поэтому в целях экологической безопасности целесообразно применять и разрабатывать простые технологии без применения сложных химических веществ.

Выполнение многих технологических процессов, в том числе работа ветрогенератора связана с наличием шума.

Вредное влияние пыли обусловлено многими факторами: физико-химическими свойствами, размерами и формой пылевых частиц; концентрацией их в воздухе окружающей среды; длительностью воздействия ее в течение смены и профессиональным стажем; другими неблагоприятными производственными факторами и особенностями трудовой деятельности. Кроме того, пыль увеличивает износ машин и оборудования, ухудшает санитарное состояние производственных помещений, снижает уровень освещенности вследствие загрязнения световых проемов, ламп и осветительной арматуры, может способствовать возникновению пожаров и взрывов [9].

С целью предупреждения заболеваний, вызванных действием пыли, следует соблюдать установленные предельно допустимые концентрации различных видов пыли в воздухе рабочей зоны. Для обоснования необходимости проведения мероприятий по созданию здоровых и безопасных условий труда и выбора их оптимального варианта на каждом рабочем месте, где образуется пыль, следует периодически контролировать ее концентрацию [9].

Шум является одним из главных неблагоприятных производственных факторов. Из-за шума у работающих возникает более быстрое утомление, которое приводит к снижению производительности на 10...15%, увеличению числа ошибок при выполнении операций трудового процесса и, следовательно, к повышенной опасности возникновения травм. При длительном воздействии шума снижается чувствительность слухового аппарата, возникают патологические изменения в нервной и сердечно-сосудистой системах [9].

Инв. № подл.	Подпись и дата				
	Взам. инв. № дубл.				
	Взам. инв. № подл.				
Инв. № подл.	Подпись и дата				
	Взам. инв. № дубл.				
	Взам. инв. № подл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<div> <div>ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0</div> <div>Лист</div> </div>

В разрабатываемой установке имеет место наличие защитных кожухов на самом ветрогенераторе и на вращающихся частях кроме лопастей, что устраняет возможность прямого контакта человека с ними. Так же ветрогенератор устанавливается на относительно большую высоту (15 м) для предотвращения прямого контакта с человеком.

3.7 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.

Инв. № подл.	Подпись и дата				Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	
	Взам. инв. № подл.						
	Взам. инв. № дубл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0		Лист

3.8 Экономическое обоснование конструкции

Расчет стоимости конструктивной разработки

Устройство ветрогенератора устанавливается с целью обеспечения предприятия электроэнергией.

Преимущества нашей разработки в том, что она увеличивает К.П.Д., облегчаются условия по техническому обслуживанию.

Устройство должно значительно снизить затраты, связанные с закупкой новых лопастей для гидротурбины.

Стоимость для разработки конструкции определяется по формуле:

$$C_{\text{кр}} = Z_{\text{м}} + Z_{\text{гд}} + Z_{\text{дос}} + Z_{\text{по}} + Z_{\text{эл}} + N_{\text{р}}, \text{ руб.} \quad (3.9)$$

где $Z_{\text{м}}$ - затраты на покупку материалов, необходимых для изготовления конструкторской разработки, руб.;

$Z_{\text{гд}}$ - затраты на приобретение готовых деталей (изделий), руб.;

$Z_{\text{дос}}$ - затраты на доставку материалов и готовых деталей, руб.;

$Z_{\text{по}}$ - заработная плата с отчислениями на социальные нужды работников,

занятых изготовлением конструкторской разработкой, руб.;

$Z_{\text{эл}}$ - затраты на оплату электроэнергии, руб.;

$N_{\text{р}}$ - накладные расходы, руб.

Общая стоимость необходимых материалов определяются умножением их веса на цену одного килограмма.

Расчеты стоимости необходимых материалов представлены в форме таблицы 3.1.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0					Лист

Таблица 3.1-Определение стоимости материалов

Наименование материалов	Вес, кг	Цена 1 кг, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Сталь листовая холоднокатаная s=2 мм, м ²	2	27	54
Кругляк нержавеющей AISI 304, d=50	4	168	672
Труба 530х 12 мм, Сталь 30	250	27	6750
Уголок стальной 15х12	100	22,9	2290
Сталь листовая холоднокатаная s=6 мм, м ²	50	29	1450
Итого			11216

Цены материалов и готовых деталей берутся из прейскурантов с учетом НДС.

Стоимость готовых изделий и узлов, необходимых для изготовления конструкции, определяется умножением их потребного количества на цену одного изделия.

Расчеты стоимости готовых изделий и узлов представлены в форме таблицы 3.2.

Таблица 3.2-Определение стоимости готовых изделий

Наименование	Потребное количество	Цена единиц	Сумма, руб.
1	2	3	4
1 Генератор ГАБ-4-	1	18000	18000
Муфта, шт	1	430	430
Подшипник №32410, шт	4	150	600
Электроды, кг	2	140	280

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата

Болты, кг	0,4	30,4	12,16
Гайки, кг	0,2	47,1	9,42
Кабель АПВ 10/70, м	200	25	5000
Шайбы, кг	0,1	35	3,5
Итого			24433

Затраты на доставку включают затраты на транспортировку и затраты на погрузочно-разгрузочные работы определяются по формуле:

$$3_{\text{доп}} = 3_{\text{ТР}} + 3_{\text{ПР}} \text{ ,} \quad (3.10)$$

где $Z_{\text{тр}}$ - затраты на транспортировку, руб.;

$Z_{\text{ПР}}$ - затраты на погрузочно-разгрузочные работы, руб.;

Затраты на транспортные работы определяются по формуле:

$$3_{TP} = C_{\tilde{\phi} m_K} \cdot L_{\Gamma}. \quad (3.11)$$

где $C_{\text{отк}}$ - средняя себестоимость 1 т-км пробега, руб. ($C_{\text{отк}}=12$ руб/т-км);

L_{Γ} - пробег автомобиля с грузом, км.

$$3_{TP} = 57 \cdot 12 = 680 \text{ руб.}$$

Затраты на погрузочно-разгрузочные работы равны 10% от затрат на транспортировку определяются по формуле:

$$3_{\text{TP}}=0,1 \cdot 3_{\text{TP}}, \text{py} \delta., \quad (3.12)$$

$$3_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 680 = 68 \text{ руб.},$$

$$3_{\text{ДЮС}} = 680 + 68 = 748 \text{ руб.}$$

Заработная плата определяется по каждому виду работ, выполняемых при изготовлении конструкторской разработки. Тарифная ставка принимается по данным хозяйства или, если она неизвестна, ее можно определить по формуле:

$$C_q = \frac{3T_{\text{MEC}}}{T_{\text{MEC}}}, \quad (3.13)$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	<p>$Z_{ПР}$ - затраты на погрузочно-разгрузочные работы, руб.;</p> <p>Затраты на транспортные работы определяются по формуле:</p> $Z_{ТР} = C_{бтк} \cdot L_{Г}, \quad (3.11)$ <p>где $C_{бтк}$ - средняя себестоимость 1 т-км пробега, руб. ($C_{бтк}=12$ руб/т-км);</p> <p>$L_{Г}$ - пробег автомобиля с грузом, км.</p> $Z_{ТР} = 57 \cdot 12 = 680 \text{ руб.}$ <p>Затраты на погрузочно-разгрузочные работы равны 10% от затрат на транспортировку определяются по формуле:</p> $Z_{ПР} = 0,1 \cdot Z_{ТР}, \text{ руб.}, \quad (3.12)$ $Z_{ПР} = 0,1 \cdot 680 = 68 \text{ руб.},$ $Z_{Дос} = 680 + 68 = 748 \text{ руб.}$ <p>Заработная плата определяется по каждому виду работ, выполняемых при изготовлении конструкторской разработки. Тарифная ставка принимается по данным хозяйства или, если она неизвестна, ее можно определить по формуле:</p> $C_{ч} = \frac{Z_{Пмес}}{T_{мес}}, \quad (3.13)$
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<p><i>ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0</i></p>

где $S_{\text{ч}}$ - часовая тарифная ставка, руб./ч;

$Z_{\text{Пмес}}$ - размер месячной зарплаты, руб.;

$T_{\text{мес}}$ - среднемесячный часовой фонд рабочего времени, $T_{\text{мес}} = 166,6$ ч.

Для сварщика $Z_{\text{П}} = 6700$ руб., тарифный коэффициент 6-го разряда 1,407

$$S_{\text{ч}} = 6700 / 166,6 = 40,23 \text{ руб/ч}$$

$$S_{\text{ч}} = 40,23 \cdot 1,407 = 56 \text{ руб/ч.}$$

Расход электроэнергии, необходимый для оборудования находится из выражения:

$$W_{\text{эл}} = P \cdot t, \text{ кВт/ч,} \quad (3.14)$$

где P - мощность привода применяемого оборудования, кВт;

t - время работы оборудования, ч.

$$W_{\text{эл}} = 18 \cdot 3 = 54 \text{ кВт/ч.}$$

Остальные расчеты заработной платы и расхода электроэнергии проводятся аналогично и сводятся в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Расчет заработной платы

Наименование работ	Разряд	Время работы, ч	Тарифная ставка, руб./ч	Стоимость работы, руб.	Расход эл. энергии, кВтч
Токарные	4	3	46,59	139,77	54
Сварочные	6	20	56,45	1129	400
Слесарные	4	10	42,16	421,6	60
Итого				1690,37	514

Заработная плата с отчислениями на социальные нужды равна:

$$Z_{\text{ПО}} = Z_{\text{ч}} \cdot T_{\text{р}} \cdot n \cdot C_{\text{дом.м}} \cdot C_{\text{дос.с}} \cdot C_{\text{есн}} \cdot C_{\text{отп}}, \quad (3.15)$$

где $Z_{\text{ч}}$ - часовая тарифная ставка, руб./ч;

$T_{\text{р}}$ - время работы, час;

n - количество работников;

$C_{\text{дом.м}}$ - доплата работникам за мастерство (10%);

$C_{\text{дос.с}}$ - доплата за стаж (10%);

$C_{\text{есн}}$ - отчисления на единый социальный налог (26%);

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист			
						Взам. инв. № дубл.	Взам. инв. № подл.	Подпись и дата
ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0								

$C_{\text{отп}}$ – отчисления отпускные.

$$Z_{\text{по}} = 60 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,26 \cdot 1,085 = 1482 \text{ руб.},$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$Z_{\text{эл}} = W_{\text{эл}} \cdot C_{\text{эл}}, \quad (3.16)$$

где $W_{\text{эл}}$ - расход электроэнергии, кВтч;

$C_{\text{эл}}$ - Цена электроэнергии, руб/ кВт, $C_{\text{эл}} = 4,0$ руб/ кВт

$$Z_{\text{эл}} = 54 \cdot 4,0 = 216 \text{ руб.}$$

Накладные расходы определяются установленной нормативной долей от оплаты труда производственных работников по формуле:

$$N_{\text{р}} = Z_{\text{по}} \cdot \frac{K_{\text{НР}}}{100}, \quad (3.17)$$

где $K_{\text{НР}}$ - отчисления на накладные расходы, %.

В настоящее время $K_{\text{НР}} = 160\%$.

$$Z_{\text{НАКЛ}} = 1482 \cdot \frac{160}{100} = 2371,2 \text{ руб.}$$

Подставляя полученные числовые значения в формулу (3.1), определим стоимость конструкторской разработки:

$$C_{\text{кр}} = 11216 + 54335,08 + 748 + 1482 + 216 + 2371,2 = 40368 \text{ руб.}$$

Определение показателей экономической эффективности

Предполагаемая годовая выработка электроэнергии гидроустановкой определяется по формуле:

$$P_{\text{год}} = P_{\text{сум}} \cdot N_{\text{д}} \cdot T, \text{ ВТ}, \quad (3.18)$$

где $P_{\text{сум}}$ - суммарная вырабатываемая мощность,

$$P_{\text{сум}} = 2140 \text{ Вт} \cdot \text{ч};$$

$N_{\text{д}}$ - количество дней в году;

T - продолжительность суток, $T = 24$ ч.

$$P_{\text{год}} = 2140 \cdot 365 \cdot 24 = 20000 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Затраты на энергоснабжение малого фермерского хозяйства рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{эл}} = P_{\text{год}} \cdot C_{\text{э}} \text{ руб.}, \quad (3.19)$$

где $P_{\text{уст}}$ - потребное количество мощности, кВт;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0					

$\Pi_{\text{э}}$ - стоимость 1 кВт, руб., $\Pi_{\text{э}}=4,0$ руб.

$$З_{\text{эл}}= 20000 \cdot 4,0 = 80000\text{руб.}$$

Амортизационные отчисления по использованному оборудованию определяется по формуле [13]:

$$A = B_c \cdot H_a, \text{ руб.}, \quad (3.20)$$

где B_c - балансовая стоимость оборудования, руб.;

H_a - норматив отчисления на амортизацию.

По предлагаемой технологии ($B_c=40368$ руб.):

$$A_{\text{п}} = 40368 \cdot 0,11 = 4440,5\text{руб.}$$

Рассчитываем отчисления на капитальный ремонт согласно формуле (3.22), вместо норм амортизационных отчислений берутся отчисления на ремонт оборудования (14.. 16%) по предлагаемой технологии:

$$P_{\text{п}} = 40368 \cdot 0,16 = 6458,9 \text{ руб.}$$

Прямые эксплуатационные затраты на единицу продукции определяется по формуле:

$$\text{Э}_{\text{з.е.п.}} = \frac{\text{Э}_0}{\text{ВП}}, \quad (3.21)$$

где Э_0 - прямые эксплуатационные затраты.

$$\text{Э}_0 = + З_{\text{эл}} + A + P, \quad (3.22)$$

$$\text{Э}_0 = 40368 + 4440,5 + 6458,9 = 51267,4 \text{ руб.},$$

$$\text{Э}_{\text{з.е.п.}}^{\text{п}} = \frac{51267,4}{20000} = 2,56 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$$

Годовой экономический эффект от внедрения проектируемой разработки находится из выражения:

$$\text{Э}_{\text{год}} = З_{\text{эл.}} - З_{\text{эл.пр.}}, \quad (3.23)$$

Затраты на проектируемую электроэнергию определяются по формуле:

$$З_{\text{эл.пр.}} = P_{\text{год.}} \cdot \text{Э}_{\text{з.е.п.}}^{\text{п}}, \quad (3.26)$$

$$З_{\text{эл.пр.}} = 20000 \cdot 2,56 = 51200 \text{руб.}$$

$$\text{Э}_{\text{год}} = 80000 - 51200 = 28800 \text{руб.}$$

Срок окупаемости капиталовложений определяется по формуле:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	(3.22), вместо норм амортизационных отчислений берутся отчисления на ремонт оборудования (14.. .16%) по предлагаемой технологии: $P_{\Pi} = 40368 \cdot 0,16 = 6458,9 \text{ руб.}$ <p>Прямые эксплуатационные затраты на единицу продукции определяется по формуле:</p> $\mathcal{E}_{\text{з.е.п.}} = \frac{\mathcal{E}_0}{\text{ВП}}, \tag{3.21}$ <p>где \mathcal{E}_0- прямые эксплуатационные затраты.</p> $\mathcal{E}_0 = + \mathcal{Z}_{\text{эл}} + A + P, \tag{3.22}$ $\mathcal{E}_0 = 40368 + 4440,5 + 16458,9 = 51267,4 \text{ руб.,}$ $\mathcal{E}_{\text{з.е.п.}}^{\text{п}} = \frac{51267,4}{20000} = 2,56 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$ <p>Годовой экономический эффект от внедрения проектируемой разработки находится из выражения:</p> $\mathcal{E}_{\text{год}} = \mathcal{Z}_{\text{эл.}} - \mathcal{Z}_{\text{эл.пр.}}, \tag{3.23}$ <p>Затраты на проектируемую электроэнергию определяются по формуле:</p> $\mathcal{Z}_{\text{эл.пр.}} = P_{\text{год.}} \cdot \mathcal{E}_{\text{з.е.п.}}^{\text{п}} \tag{3.26}$ $\mathcal{Z}_{\text{эл.пр.}} = 20000 \cdot 2,56 = 51200 \text{руб.}$ $\mathcal{E}_{\text{год}} = 80000 - 51200 = 28800 \text{руб.}$ <p>Срок окупаемости капиталовложений определяется по формуле:</p>	
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<div>ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0</div>	Лист

$$T_{ок.} = \frac{Э_{кр}}{Э_{год}},$$

$$T_{ок.} = \frac{51267,4}{28800} = 1,8года$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяется по формуле:

$$E_{эф.} = \frac{Э_{год}}{Э_{кр}},$$

$$E_{эф.} = \frac{28800}{51267,4} = 0,56$$

Показатели экономической эффективности разработки сводим в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 - Показатели экономической эффективности

Показатели	Е дин. и зм.	Существу ющ.	Проект ир.
1.Годовой объем работ	к	20000	20000
2.Стоимость электроэнергии		4,0	2,56
3.Капиталовложения	р	-	40368
4.Прямые эксплуатационные	р	80000	51267,4
5.Годовой экономический	р	-	28800
6.Срок окупаемости	г	-	1,8

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений 0,56

Таким образом, внедрение в предприятие ветрогенератора позволит получить экономический эффект 28800 руб. Вложенные инвестиции окупятся за 1,8 года.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.006.18.АИЭ.00.0				
					Лист				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как известно, одной из основных задач, стоящих перед сельскохозяйственной промышленностью является внедрение высокоэффективного технологического оборудования, применение которого в сочетании с прогрессивной технологией повышает производительность труда, сокращает производственные затраты производства, а значит себестоимости производимой продукции. Кроме того, оборудование должно обеспечивать безопасность жизнедеятельности и влияние на окружающую среду.

Проделанная работа по модернизации ветрогенератора позволяет решить вышеперечисленные задачи и на основе этого можно сделать вывод:

- спроектированная конструкция ветрогенератора соответствует техническим требованиям, предъявляемым к оборудованию энергетической промышленности, в частности ветрогенераторам;
- внедрение данного ветрогенератора в производство экономически обосновано,
- разрабатываемая конструкция соответствует нормам безопасности жизнедеятельности, что имеет большое значение в производстве.

Таким образом, разработанная конструкция ветрогенератора позволит эффективно использовать энергию ветра за счет использования большой площади ветрового потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Банников А.Г и др. «Основы экологии и охраны окружающей среды». - М.: Колос, 1996 – 311.
2. Баутин В.Н. «Механизация и электрификация с/х производства». М.: - Колос, 2000.
3. Безруких П.П. Использование возобновляемых источников энергии в России // Информационный бюллетень "Возобновляемая энергия". М.: Интерсоларцентр, 1997. №1.
4. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. «Автоматизация технологических процессов». – Москва: Колос, 2004. – 344с.
5. Булгариев Г.Г., Абдрахманов Р.К., Валиев А.Р. «Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных работ квалификационных работ». – Казань, 2009.
6. Ветроэнергетика/ Под ред. Д. де Рензо: Пер. с англ.; В 39 под ред. Я.И. Шефтера.- М.: Энергоатом издат, 1982.
7. Дегтеров Г.П. «Технологии и средства механизации животноводства». М.: Столичная ярмарка, 2010 - 384 с.
8. Кудрявцев Н.Ф. «Автоматизация производственных процессов». – М.: Агропромиздат, 1985. – 368с.
9. Луковников А.В. «Охрана труда» 4-е издание. – М.: Колос, 1978 – 352 с.
10. Мудров А.Г. Текстовые документы. «Учебно-справочное пособие».- Казань: РИЦ “Школа”, 2004-144с.
11. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы. К., Наукова Думка. 1999. 315с.,ил.
12. Мякинин Е.Г. «Методические указания по комплектации реактивной мощности в сельских электрических сетях». – М.: 1991 – 20 с.
13. Никаленок М.М., Заяц Е.М. Расчет осветительных и облучательных установок сельскохозяйственного назначения. Под ред. Заяц Е.М. – Мн.: ООО «Лазурак», 1999г.
14. Прусс В.Л., Тисленко В.В. «Повышение надежности сельскохозяйственных сетей». Л.: 1989 – 205 с.
15. Степанцов В.П. «Электрооборудование осветительных и облучательных установок». Справочное пособие. – Мн.: Урожай, 1991.— 191с.
16. Чунихин А.А. Электроаппараты: Общий курс-3е издание., перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1988.

СПЕЦИФИКАЦИИ

ПРИЛОЖЕНИЯ