

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса
Кафедра «Машины и оборудования в агробизнесе»
Направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия
Магистерская программа: Технологии и средства механизации сельского хозяйства

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С
ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ
(КОМПЛЕКСНАЯ).

Магистрант



Батыршин Л.Г.

Научный руководитель,
д.т.н., професор



Нуруллин Э.Г.

Рецензент, д.т.н., профессор



Хафизов К.А.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(Протокол № 7 от 1 февраля 2021 г.)

Заведующий кафедрой машин
и оборудования в агробизнесе к.т.н., доцент



Халиуллин Д.Т.

Казань – 2021 г.

АННОТАЦИЯ

выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации)

Батыршина Ленера Габдулфартовича

на тему: «Разработка и исследование комбинированного энергоснабжения сельскохозяйственного предприятия с применением ветроэнергетической установки» (комплексная).

Выпускная квалификационная работа представляет собой пояснительную записку на 63 листах печатного текста и состоит из введения, четырёх разделов, выводов, списка литературы, который содержит 46 наименований.

В первом разделе выполнен анализ технологий производства ветровой энергии и существующих конструкций ветроэнергетических установок. Сделаны краткие выводы и поставлены задачи исследования.

Во втором разделе приведена общая программа исследований, описаны методики обоснования типа ветроэнергетической установки, определения её мощности в зависимости от режима энергопотребления сельскохозяйственного предприятия. Приведена также методика технико-экономической оценки ветроэнергетической установки.

В третьем разделе представлены результаты теоретических исследований по обоснованию энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий на основе ветроэнергетической и определения мощности ветроэнергетической установки в зависимости от режима энергопотребления сельскохозяйственного предприятия. Обоснованы основные конструктивно-технологические параметры ветроэнергетической установки.

В четвертом разделе представлены результаты апробации результатов исследования в ООО «Маяк» Балтасинского района Республики Татарстан. Рекомендована ветроэнергетическая установка для внедрения. Предложены перспективы дальнейшей разработки темы.

Пояснительная записка завершается выводами.

ANNOTATION

final qualifying work (master's thesis)

Batyrshin Lenar Gabdulfartovich

on the topic: "Development and research of combined energy supply to an agricultural enterprise using a wind power plant" (complex).

The final qualifying work is an explanatory note on 63 sheets of printed text and consists of an introduction, four sections, conclusions, a list of references, which contains 46 titles.

In the first section, an analysis of wind energy production technologies and existing designs of wind power plants is carried out. Brief conclusions are made and research tasks are set.

The second section provides a general research program, describes the methods of substantiating the type of wind power plant, determining its capacity depending on the energy consumption regime of an agricultural enterprise. The technique of technical and economic assessment of a wind power plant is also presented.

The third section presents the results of theoretical studies on the substantiation of energy supply to agricultural enterprises on the basis of a wind power plant and the determination of the capacity of a wind power plant depending on the energy consumption regime of an agricultural enterprise. The main design and technological parameters of the wind power plant have been substantiated.

The fourth section presents the results of approbation of the research results in the LLC "Mayak" Baltasinsky district of the Republic of Tatarstan. Recommended wind turbine for implementation. Prospects for further development of the topic are proposed.

The explanatory note ends with conclusions.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	10
1.1 Анализ технологий производства ветроэнергии.....	10
1.2 Анализ существующих конструкций ветроэнергетических установок	16
1.3 Анализ систем управления ветроэнергетической установкой.....	26
1.4 Краткие выводы. Цель и задачи исследования.....	32
2 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
2.1 Программа исследования.....	35
2.2 Методика обоснования типа ветроэнергетической установки для энергоснабжения сельскохозяйственного предприятия.....	36
2.3 Методика определения мощности ветроэнергетической установки в зависимости от режима энергопотребления сельскохозяйственного предприятия.....	37
2.4 Методика технико-экономической и энергетической оценки разработки.....	38
3 ТЕОРИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ.....	41
3.1 Обоснование типа ветроэнергетической установки для энергоснабжения сельскохозяйственного предприятия.....	41
3.2 Определение мощности ветроэнергетической установки в зависимости от режима энергопотребления сельскохозяйственного предприятия.....	44

3.3 Обоснование конструктивно-технологических параметров ветроэнергетической установки.....	46
4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ООО “МАЯК” БАЛТАСИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРТСТАН...51	
4.1 Исходные данные.....	51
4.2 Рекомендации по внедрению ветроэнергетической установки.....	52
4.3 Перспективы дальнейшей разработки темы.....	57
ВЫВОДЫ.....	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	59

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. По мере научно-технического прогресса будет возрастать конкурентоспособность нетрадиционных источников энергии.

Одним из видов нетрадиционных источников энергии является энергия ветра. Энергия ветра на земле неисчерпаема, а в последние 15 - 20 лет бурно развивалось ее использование для производства. Многие столетия человек пытается использовать энергию ветра себе во благо, строя ветростанции, выполняющие различные функции: мельницы, водяные и нефтяные насосы, электростанции.

Россия располагает значительными ресурсами ветровой энергии, в том числе и в тех районах, где отсутствует централизованное энергоснабжение. Побережье Северного Ледовитого океана, Камчатка, Сахалин, Чукотка, Якутия, а также побережье Финского залива, Черного и Каспийского морей имеют высокие среднегодовые скорости ветра.

География распределения ветроэнергетических ресурсов позволяет рационально их использовать как автономными ветроэнергетическими установками, так и при работе ВЭУ в составе местных энергетических систем. Валовой ветровой потенциал России оценивается в $80 \cdot 10^{15}$ кВт/ч/год, экономический – $40 \cdot 10^9$ кВт/ч/год (рис. 2). Анализ векового хода скорости ветра на европейской территории России показывает, что вековые вариации ветроэнергетических характеристик могут достигать значительных величин (30-50 процентов для среднемесячных и 15-25 процентов - для среднегодовых скоростей ветра), учет которых необходим при решении практических задач ветроэнергетики.

Для интенсивного развития ветроэнергетики в России необходимо следующее:

– во-первых, масштабное внедрение ветроустановок в состав «большой энергетики», особенно с учетом неизбежного снижения цен на ветроустановки и роста цен на традиционное топливо (нефть, уголь и т.д.);

– во-вторых, создание ВЭУ как большой, так и малой мощности для решения проблем энергообеспечения удаленных и изолированных районов, которые недостаточно обеспечены электроэнергией и практически не имеют другой, экономически выгодной альтернативы, как строительство ветроэлектростанций;

– в-третьих, внедрение стимулирующих механизмов: налоговые льготы; предоставление кредитов на продолжительный срок под льготный процент с отсрочкой платежей до окончания строительства; введение экологического налога; установление местных тарифов, которые позволят обеспечить возвращение капитальных вложений в ветроэнергетику; субсидирование пользователей ВЭУ; создание информационной сети, системы образования, стажировок и т.д.

Обеспечение энергоэффективности и энергоресурсосбережение – важнейшие проблемы во всех отраслях экономики, в том числе в сельскохозяйственном производстве. Одним из направлений решения этих проблем во всем мире выступает производство энергии из нетрадиционных источников. Анализ исследований и практического опыта в данной области показывает, что наиболее рациональными источниками нетрадиционной энергии для сельскохозяйственного производства выступает ветровая энергия. Эти источники могут быть эффективно использованы в том числе для автономного или комбинированного электроснабжения сельскохозяйственного предприятия.

Однако в настоящее время мало исследований в данной отрасли. Поэтому исследования направленные на научные обоснования комбинированного энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на основе

использования биогазовых и ветроэнергетических установок, являются актуальными.

Цель диссертационной работы – повышение энергоэффективности сельскохозяйственного предприятия на основе электроснабжения с использованием ветроэнергетической установки.

Объектом исследования – система электроснабжения сельскохозяйственного предприятия на основе ветроэнергетической установки.

Предмет исследования – Структура системы электроснабжения сельскохозяйственных предприятий с применением ветроэнергетической установки и схемы взаимодействия её элементов.

Научная новизна.

1. Разработаны методологические основы комбинированного электроснабжения сельскохозяйственного предприятия на основе ветроэнергетической установки.

2. Получены теоретические зависимости, позволяющее обосновать возможность комбинированного электроснабжения сельскохозяйственного предприятия на основе различных типов ветроэнергетических установок.

3. Получены математические зависимости позволяющие определить мощность ветроэнергетической установки в зависимости от его типа и природно- климатических условий.

Методы исследований. Работа проводилась с применением теоретических исследований на основе общенаучных специальных и специфических методов исследований. В теоретических исследованиях использованы следующие методы исследований: анализ и синтез индукции и дедукции проектного, графического и математического моделирования. Также использованы положения и методы физики, математики, геометрии, компьютерных технологий.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследований могут быть использованы при моделировании комбинированного

электроснабжения производственных предприятий разного вида деятельности на основе ветроэнергетических технологий.

Степень достоверности. Достоверность научных положений и результатов теоретических исследований обеспечено их сравнением с результатами предыдущих исследований и практического опыта в области электроснабжения различных объектов производственной деятельности традиционными и нетрадиционными видами энергии.

Апробация. Основные положения диссертационной работы докладывались и одобрены на внутривузовских конференциях.

Результаты научно-исследовательской работы приняты к практическому использованию в ООО «Маяк» Балтасинского района Республики Татарстан.

Отдельные результаты используются при проведении занятий со студентами по направлению «Агроинженерия» в ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет».

На защиту выносятся:

1. Результаты исследований возможности использования ветроэнергии для энергообеспечения сельскохозяйственного предприятия.
2. Теоретическое обоснование электроснабжения сельскохозяйственных предприятий на основе ветроэнергетической установки.
3. Методика для определения получения электрической энергии в зависимости от силы ветра.
4. Результаты использования полученных исследований.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы и приложения. Работа изложена на 63-ех страницах машинописного текста, содержит 12 рисунков, 6 таблиц. Список литературы включает 46 наименований.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Анализ технологий производства ветроэнергии

Энергия ветра – это кинетическая энергия движущегося воздуха. Ветер, обладающий энергией, появляется из-за неравномерного нагрева атмосферы солнцем, неровностей поверхности земли и вращения Земли. Скорость ветра определяет количество кинетической энергии, которая может быть преобразована в механическую энергию или электроэнергию. Механическая энергия может использоваться, например, для помола зерна и перекачивания воды. Механическая энергия может также использоваться для работы турбин, которые производят электричество [1]. Данная работа сосредоточена именно на ветровой электроэнергии, а не на других незлектрических формах энергии ветра.

Существует два основных способа, с помощью которых энергия ветра может быть преобразована (как для механических, так и для электротехнических целей):

- использование силы «аэродинамического сопротивления»;
- силы «подъема».

Способ аэродинамического сопротивления означает простое размещение одной стороны поверхности против ветра, в то время, как другая сторона находится с подветренной стороны. Движение за счет аэродинамического сопротивления происходит в том же направлении, что и дует ветер [2]. Способ подъема несколько изменяет направление ветра и создает силу, перпендикулярную направлению ветра. Способ аэродинамического сопротивления менее эффективен, чем способ подъема.

Концентрация энергии ветра колеблется в широких пределах от 10

Вт/м² (при легком ветерке 2,5 м/сек) и до 41000 Вт/м², во время урагана со скоростью ветра 40 метров в секунду (м/с) или 144 км/час. В общем, энергия ветра пропорциональна кубу скорости ветра. Это означает, что электрическая мощность чрезвычайно чувствительна к скорости ветра (при удвоении скорости ветра мощность увеличивается в восемь раз).

Карта распределение ветра показывает глобальные ресурсы ветра. Видно, что регионы с высоким потенциалом (около 9 м/с) находятся в средних и высоких широтах (Антарктида, южная Латинская Америка, Гренландия, Северная и Западная Европа), а также в районе огромных равнин и пустынь центральной части Северной Америки, России, Центральной Азии и Северной Африки (примерно 6 м/с) [3]. Скорость ветра необходимая для выработки электроэнергии должна быть, по крайней мере, 2,5...3 м/с и не более 10...15 м/с. Многие районы Земли не пригодны для размещения ветровых установок. Однако значительная часть поверхности Земли характеризуется среднегодовой скоростью ветра, превышающей 4,5 м/с, когда энергия ветра наверняка может быть экономически конкурентоспособной.

Оценка ветровых ресурсов конкретной территории является сложной задачей, которая требует многообъемлющих данных. В целом, доступность и надежность данных о скорости ветра крайне низка во многих регионах мира.

В общих чертах, потенциал производства ветровой электроэнергии зависит от следующих четырех факторов [5]:

- широта и преобладающие режимы ветра
- рельеф и высота
- водоемы
- растительность и застройка территории

Скорость ветра, преобладающую в регионе, можно определить исходя из глобальной модели (низко- и высокоширотные восточные, среднеширотные западные, и маловетренные тропические зоны конвергенции). Кроме того, в прибрежных районах часто наблюдаются морские и наземные бризы, а

высотные районы могут усиливать воздушные возмущения, вызванные тепловыми циклонами.

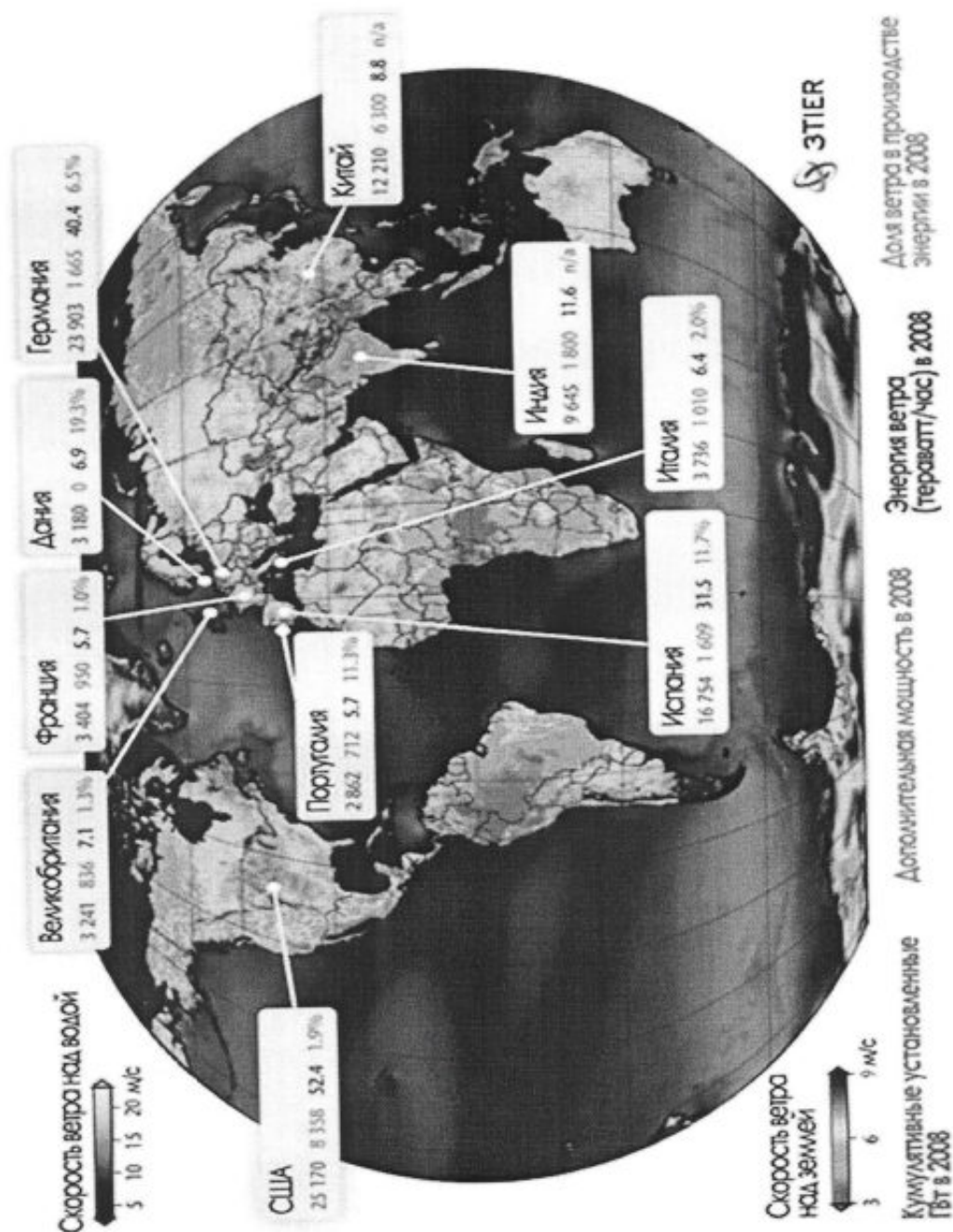


Рисунок 1.1 – Карта ветровых ресурсов мира

Энергия ветра, с ее зарождением в конце 1970-х гг., стала глобальной отраслью, в которой участвуют энергетические гиганты. В 2008 году новые

инвестиции в ветроэнергетику достигли 51,8 млрд. долларов США (35,2 млрд. евро) (ЮНЕП, 2009) [6].

Согласно статистическим данным, опубликованным Европейской Ассоциацией Ветровой Энергетики (EWEA, 2011), преуспевающие рынки существуют в местах с надлежащими условиями размещения. В 2008 году ветроэнергетические установки обеспечили производство около 20% всей электроэнергии Дании, более 11% в Португалии и Испании, 9% в Ирландии и почти 7% в Германии, более 4% всей электроэнергии Европейского союза (ЕС) и почти 2% в США (МЭА Энергия ветра, 2009) [7].

Начиная с 2000 года, совокупная установленная мощность выросла в среднем на 30% в год. В 2008 году более 27 ГВт электрической мощности были установлены в более чем 50 странах, в результате чего глобальный наземный и морской потенциал достиг 121 ГВт. В 2008 году Мировой Совет Энергии Ветра подсчитал, что было выработано около 260 миллионов мегаватт часов (260 ТВтатт часов) электроэнергии.

Ветроэнергетика характеризуется следующими преимуществами :

- энергия ветра является доступным и возобновляемым источником энергии, запасы которого неисчерпаемы;
- отсутствие парниковых и вредных выбросов в атмосферу при производстве электрической энергии;
- небольшая площадь занимаемой территории (возможность использования земли, на которой установлена ВЭУ, для других целей, например для сельского хозяйства);
- возможность автономного энергообеспечения удаленных и изолированных территорий.

К числу недостатков ветроэнергетики относятся:

- непостоянная и нерегулируемая выработка электроэнергии;
- более высокие капитальные издержки на единицу мощности по сравнению с традиционными тепловыми электростанциями;

- необходимость развития сетевой инфраструктуры;
- шумовое, визуальное и электромагнитное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Самым распространенным видом ВЭУ являются береговые горизонтально-осевые ветроэлектрические установки – ГОВЭУ. Как правило, такие ВЭУ оснащены тремя лопастями (существуют также много-, двух- и однолопастные ВЭУ), а их мощность может достигать 10 МВт. Мощность ГОВЭУ зависит, главным образом, от диаметра и высоты расположения ветроколеса (ротора) – лопастной системы ВЭУ, воспринимающей аэродинамические нагрузки от ветрового потока. Диаметр ветроколеса для крупных ВЭУ может достигать 100 м. С целью повышения эффективности работы ГОВЭУ оснащаются специальными устройствами ориентации на ветер. Так, в малых ГОВЭУ могут использоваться обычные флюгеры. Ориентация на ветер более крупных установок требует использования механизированных систем поворота ВЭУ [8].

Морские ГОВЭУ имеют схожую конструкцию за небольшими исключениями, связанными со способами их установки. Так, морские ГОВЭУ подразделяются на опорные (устанавливаются в мелководье на специальную опору-фундамент) и плавучие (используются на глубоководных морских участках). Морские ГОВЭУ позволяют нивелировать некоторые недостатки береговых аналогов. Так, во избежание негативного «теневого» эффекта (аэродинамический след работы соседних ВЭУ) ГОВЭУ должны быть установлены на определенном расстоянии друг от друга. Такая ситуация ведет к проблемам поиска оптимальных территорий для размещения ВЭУ на суше. Выбор мест размещения морских ГОВЭУ менее ограничен. Плавучие ГОВЭУ могут также размещаться в местах, удаленных от суши на расстояние до 20 км, в результате они не видны с берега и визуально не портят ландшафт. Кроме того, морские ГОВЭУ работают в более благоприятных условиях (более высокая и стабильная скорость ветра) для выработки электроэнергии.

Тем не менее, морские ГОВЭУ характеризуются более высокими по сравнению с береговыми аналогами капитальными издержками, что обусловлено повышенной сложностью их установки, в том числе более протяженной сетевой инфраструктурой, особенно для плавучих ГОВЭУ. Кроме того, размещение ВЭУ в море требует проведения анализа их негативного эффекта на морскую экосистему.

Как правило, вертикально-осевые ветроэлектрические установки (ВОВЭУ) имеют вид ротора Савониуса (1922 год) или ротора Дарье (1931 год). Часто также отдельно выделяют одну из вариаций ротора Дарье – геликоидную турбину Горлова (2001 год) [10].

ВОВЭУ характеризуются более низкими по сравнению с ГОВЭУ начальными рабочими скоростями ветра. Кроме того, ВОВЭУ можно размещать намного ближе к поверхности земли по сравнению с ГОВЭУ, а также достаточно близко друг к другу. Более того, существуют исследования, результаты которых показали, что определенная схема расстановки ВОВЭУ может повысить эффективность работы расположенных рядом установок. Кроме того, ВОВЭУ не требуют оснащения системами ориентации на ветер.

Ветроэлектрическая установка с потокоусилителем (ВЭУПУ) является разновидностью ГОВЭУ. В данном виде ветроэнергетической установки используются один или несколько специальных потокоусилителей (конусов и/или желобов) с целью концентрации ветрового потока и усиления скорости ветра, проходящего через лопастную систему ВЭУ. Поскольку данный вид ветроэнергетических технологий требует установки дополнительных деталей (потокоусилителя), их применение ограничено.

Безредукторная ветроэлектрическая установка (БРВЭУ) обладает низкой начальной рабочей скоростью ветра, которая позволяет вырабатывать электроэнергию при скорости ветра в 2 м/с. Тем не менее, оптимальная для работы БРВЭУ скорость ветра составляет 5,6 м/с. Данный вид ветроэлектрической установки характеризуется отсутствием редуктора, вместо

которого используется кольцевой канал с медным стержнем внутри, установленный вокруг обода ротора. Электрический ток в таких ВЭУ вырабатывается путем взаимодействия медного стрежня с магнитами, смонтированными в обод ротора [11]. Такая конструкция позволяет избежать потерь, характерных для редукторных ВЭУ. Диаметр ротора современных моделей БРВЭУ, вырабатывающих 1500 кВт. ч в год, достигает 180 см.

Высотные, или воздушные, ВЭУ являются перспективными видами ВЭУ и представляют собой специальные воздушные змеи (кайты), аэростаты и глайдеры. Выработка электроэнергии с помощью кайта осуществляется на земле (натяжение троса, передающего тяговое усилие на генератор), а с помощью аэростатов и глайдеров – в воздухе (вращение аэростата или установленных на аэростате/глайдере роторов). В качестве основного преимущества данного вида ВЭУ выделяется более высокая и стабильная скорость ветра, что позволит добиться большего объема выработки электроэнергии.

1.2 Анализ существующих конструкций ветроэнергетических установок

Все типовые ветровые турбины komponуются из лопастей, которые вращают ось, связанную с генератором, который и производит электрическую энергию. Возможность производства электроэнергии определяется, в основном, конструкцией ветровых турбин.

Основными преимуществами ветряной энергетики являются:

1. Энергия ветра с экономической точки зрения является достаточно дешевой, если будет использоваться в широких масштабах;
2. Энергия ветра – возобновляемая энергия. Наша планета производит ветер постоянно, бесплатно и без ущерба для окружающей среды;
3. Ветрогенераторы в процессе эксплуатации не производят вредных выбросов угарного газа (CO), углекислоты (CO₂), окислов азота и серы,

пылевых загрязнителей и других вредных отходов, а также «парниковых» газов;

4. Энергия ветра доступна практически в любом месте на земного шара. Местами ветер слабее, местами сильнее, но он есть практически везде;

5. Производство и эксплуатация ветряных турбин дает предпосылки для появления новых рабочих мест;

6. Энергия ветра всегда будет востребована в отдаленных местах, куда доставка электроэнергии привычными способами затруднена;

7. Ветряные турбины расположены на мачтах и занимают очень мало места, что позволяет размещать их совместно с другими строениями и объектами.

Несмотря на все положительные аспекты не стоит забывать и о недостатках ветроэнергетических установок:

1. Высокая начальная себестоимость установки;

2. Некоторые люди считают, что ветряки портят природный ландшафт местности;

3. При сооружении ветряных электростанций необходимо предварительное исследование и разработка карты ветров;

4. Ветряные электростанции, в основном, простираются на обширные местности и находятся в достаточном отдалении от потребителя, что создает дополнительные расходы на транспортировку энергии;

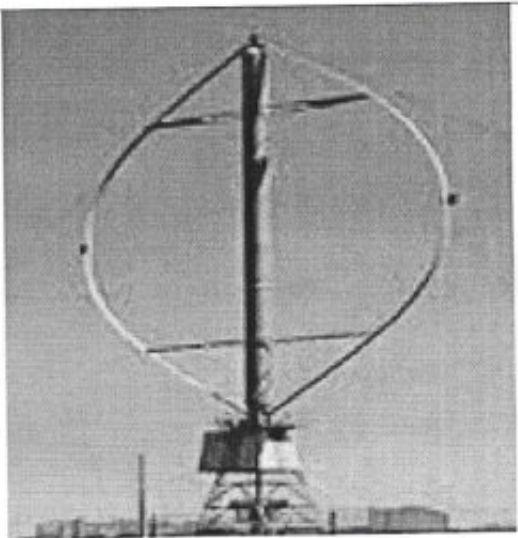
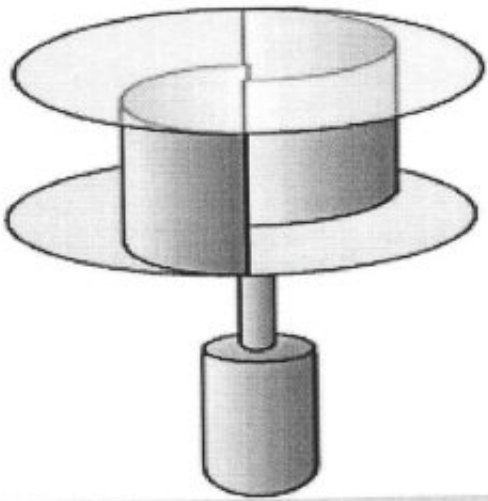
5. Ветряные турбины создают звук, который сравним со звуком автомобиля, развивающим скоростью 70 км/ч. Это создает неудобство для людей и отпугивает животных;

6. Некоторые исследования показывают, что ветряки заставляют некоторые виды птиц менять пути миграции;

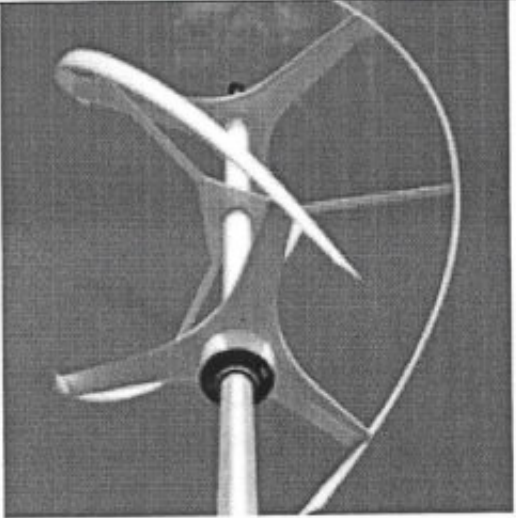
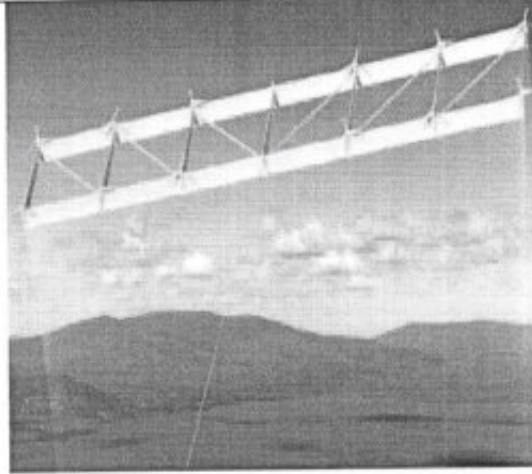
7. Турбины могут создавать помехи, ухудшающие прием радио- и телепередач.

Таблица 1.1 – Основные виды ветроэнергетической установки и их коэффициенты полезного действия

Тип ВЭУ	Коэффициент полезного действия	Изображение
ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЕВЫЕ ВЭУ		
Морская ВЭУ (опорная)	До 40%	
Береговая ВЭУ	До 40%	

Морская ВЭУ (плавучая)	До 40%	
ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВЫЕ ВЭУ		
Ротор Дарье	До 40%	
Ротор Савониуса	До 40%	

Продолжение таблицы 1.1

Геликоидная Горлова	турбина До 40%	
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ И ПРОЧИЕ ВЭУ		
Высотные (воздушные) ВЭУ	До 40%	
Безредукторная ВЭУ	До 56%	

Продолжение таблицы 1.1

ВЭУ потокоусилителем	с До 56-90%	
-------------------------	----------------	--

Таким образом, на сегодняшний день они бывают различных типов.

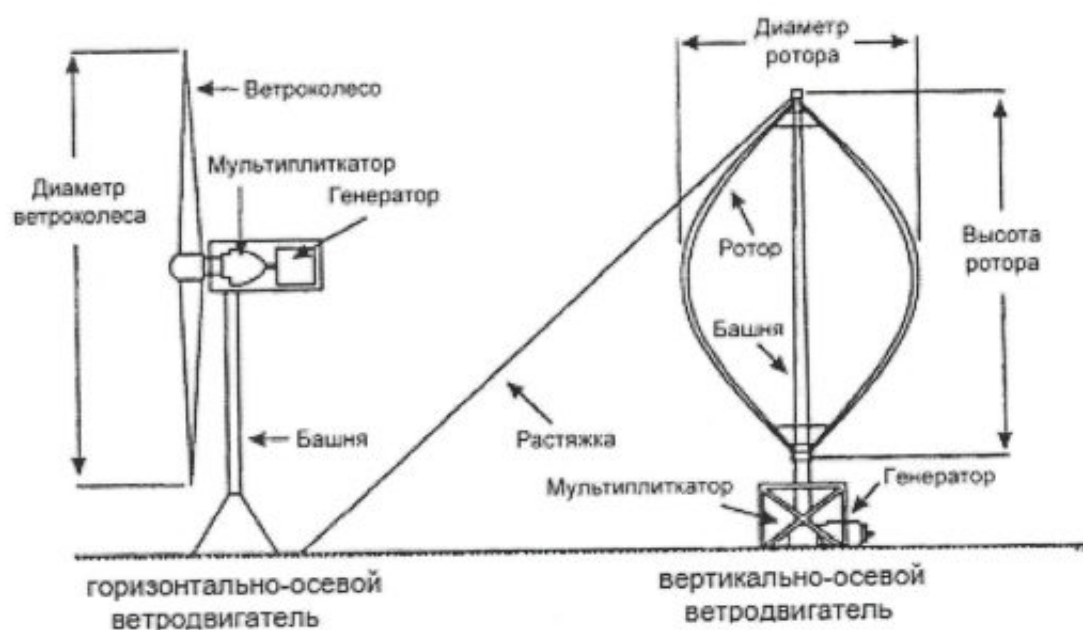


Рисунок 1.2 – Основные компоненты установок обоих типов

Мощность и размер ветровых турбин варьируется в широких пределах. Три основных типа ветровых турбин это с вертикальной осью, с горизонтальной осью и каналные [12].

В настоящее время преобладают пропеллерные ветровые турбины (сокращенно ПВТ). Этот тип похож на ветряную мельницу с лопастями в форме пропеллера, вращающимися вокруг горизонтальной оси.

Пропеллерные ветровые турбины состоят из: основной оси ротора и электрического генератора в верхнем отрезке мачты. Ось ротора всегда должна быть обращена в сторону ветра. Большинство крупных ветровых турбин имеют редуктор, который преобразует медленное вращение ротора в быстрое вращение генератора, что ценно для выработки электроэнергии. Малые турбины определяются по ветру с помощью простых направляющих, установленных перпендикулярно лопастям ротора. А для больших турбин обычно используется датчик ветра, управляющий поворотным двигателем.

Для того чтобы устранить удар лопастей о мачту при сильном ветре, лопасти ветряных турбин изготавливаются жестким соединением. Кроме того, лопасти иногда немного наклонены и расположены на значительном удалении от мачты [13].

Турбины должны располагаться с той стороны, откуда дует ветер, так как за мачтой образовывается турбулентность. В противном случае, турбулентность может привести к поломке из-за усталостных напряжений, что снижает надежность установки. Но, несмотря на проблемы турбулентности, сооруженные установки с расположением турбины по направлению ветра, так, что они не нуждаются в дополнительном механизме для их ориентации по ветру. Во время сильного ветра, их лопасти могут гнуться, что уменьшает зону скольжения, а, следовательно, сопротивление ветру.

Винтроторные ветровые турбины (ВВТ) бывают разных типов, но все они имеют общее свойство: основной вал ротора расположен вертикально [14].

Там, где направление ветра очень изменчиво или беспокойно специально разрабатываются ВВТ модели. Так как генератор и другие основные компоненты должны быть размещены близко к земле, ВВТ считаются более

простыми в установке и обслуживании (нет необходимости в том, чтобы мачта держала компоненты турбины, а компоненты становятся более доступны).

ВВТ генераторы менее эффективны, чем ПВТ, по следующим причинам:

- Зачастую установлены на более низкой высоте (земля или крыша здания), где скорость ветра меньше.

- Они часто создают сопротивление при вращении.

- Наличие препятствий, связанных с вибрацией, например, шум и более быстрый износ и разрыв опорной конструкции (так как воздушный поток имеет большую турбулентность на низкой высоте).

Ветряную турбину Дарье из-за ее внешнего вида иногда называется «венчиком для взбивания яиц». Она состоит из нескольких вертикально направленных лопастей, которые крутятся вокруг центральной оси.

Таблица 1.2 – Себестоимость производства электроэнергии в зависимости от источника, долл./ кВт.ч [15].

Тип электростанции	Минимум	Средняя	Максимум
Фотоэлектрическая станция	0,14	0,25	0,48
Тепловая солнечная ЭС	0,17	0,19	0,20
Морская ВЭУ	0,09	0,12	0,17
Крупная ГЭС	0,03	0,06	0,11
Геотермальная ЭС	0,04	0,06	0,12
Угольная ЭС	0,04	0,05	0,11
АЭС	0,01	0,06	0,11
Береговая ВЭУ	0,03	0,06	0,09
Парогазовая ЭС	0,02	0,05	0,07

Таблица 1.3 – Структура капитальных издержек для береговых и морских ВЭУ [16]

	Морская ВЭУ	Береговая ВЭУ
Капитальные издержки	3300-5000	1700-2450
Стоимость ВЭУ	30-50	65-84
Стоимость подключения к сети	15-30	9-14
Стоимость монтажных работ и транспортировки %	15-25	4-16
Другие капитальные издержки	8-30	4-10

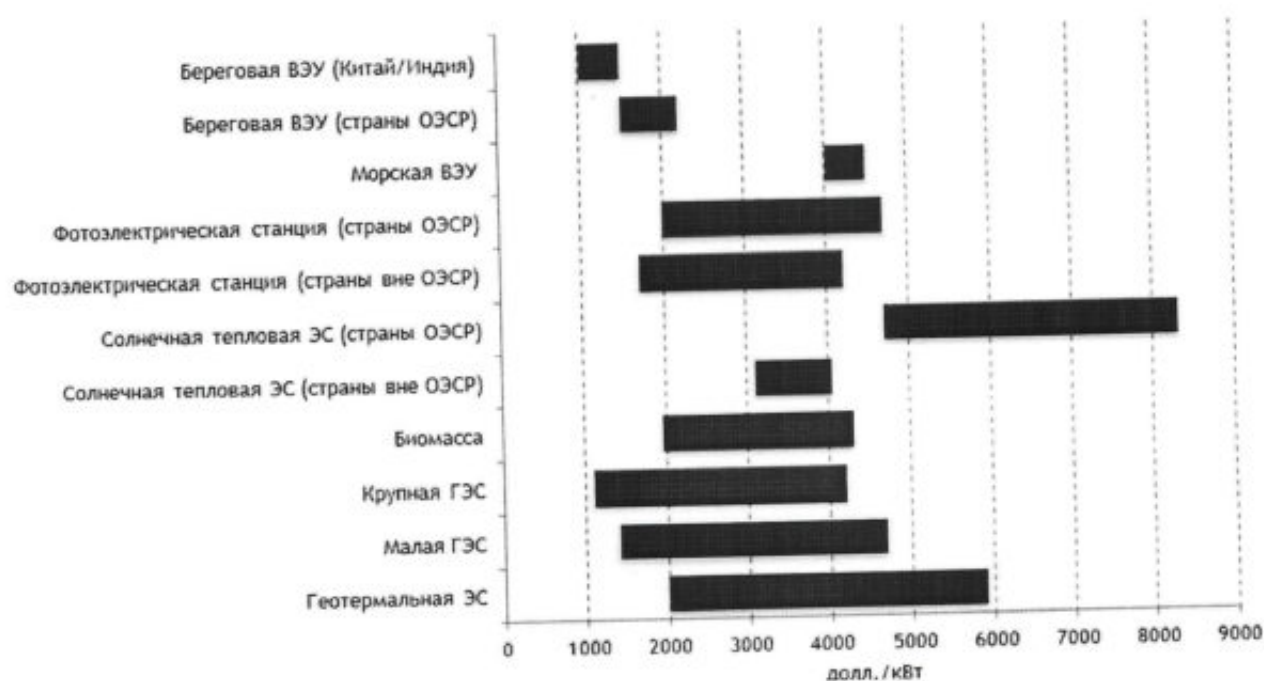


Рисунок 1.3 – Сравнение разброса капитальных издержек для различных типов электростанций, работающих на основе ВИС

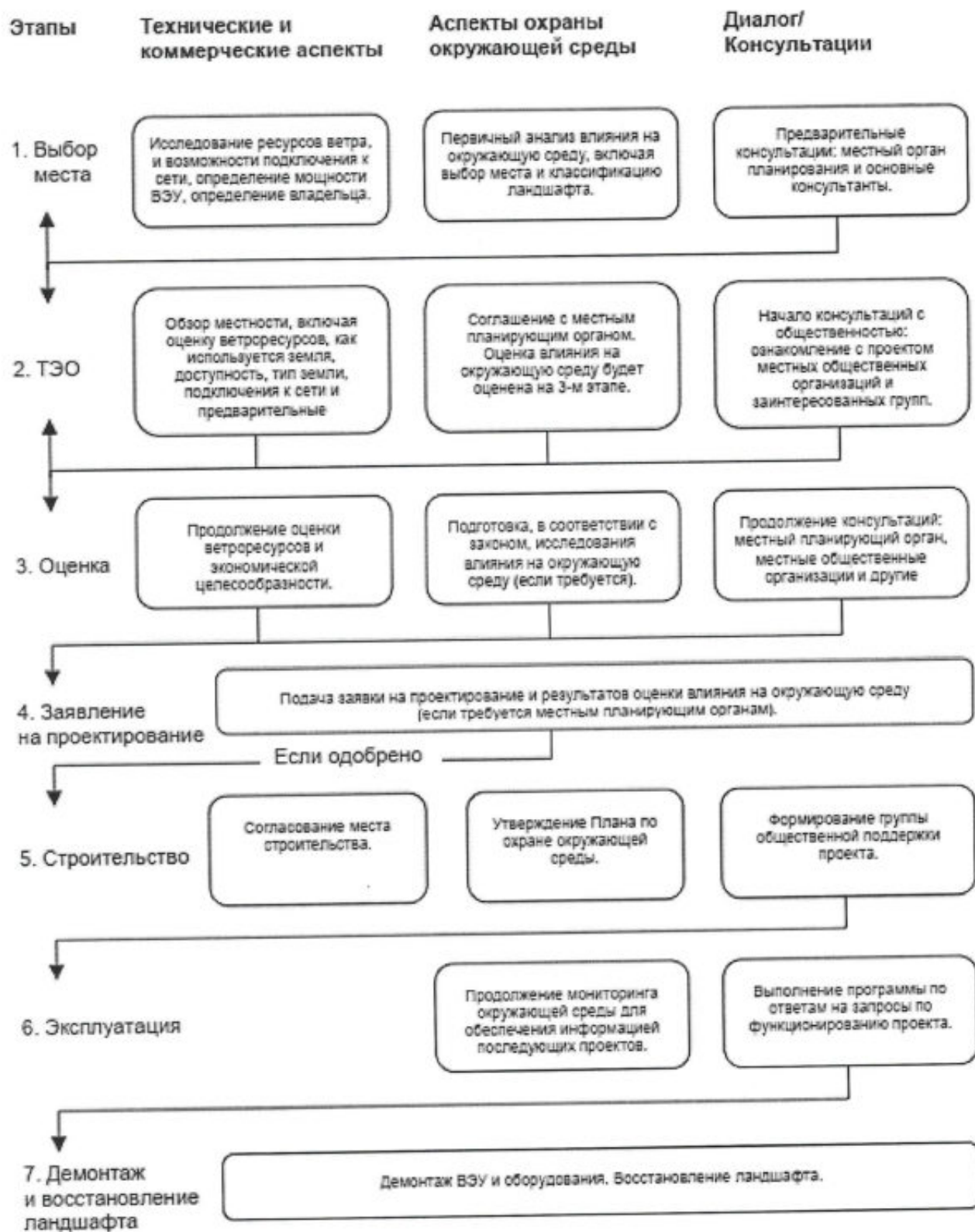


Рисунок 1.4 – Структурная схема при разработке ветроэнергетического проекта

Ветроэнергетика характеризуется следующими преимуществами [17]:

- энергия ветра является доступным и возобновляемым источником энергии, запасы которого неисчерпаемы;
- отсутствие парниковых и вредных выбросов в атмосферу при производстве электрической энергии;
- небольшая площадь занимаемой территории (возможность использования земли, на которой установлена ВЭУ, для других целей, например для сельского хозяйства);
- возможность автономного энергообеспечения удаленных и изолированных территорий.

Недостатки ветроэнергетики характеризуются следующим образом [18]:

- переменная и неуправляемая выработка электроэнергии;
- необходимость развития сетевой инфраструктуры;
- более высокие капитальные издержки на единицу мощности по сравнению с традиционными ТЭЦ;
- шумовое, визуальное и электромагнитное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

1.3 Анализ систем управления ветроэнергетической установкой

Синхронный генератор на постоянных магнитах (СГПМ) получает питание от двухзвенного преобразователя частоты и со стороны ветроколеса на него непрерывно поступает отрицательный момент [19]. В системе присутствуют следующие контуры управления: два внешних (контур регулирования потока и контур регулирования скорости) два внутренних (контуры регулирования тока по осям d и q).

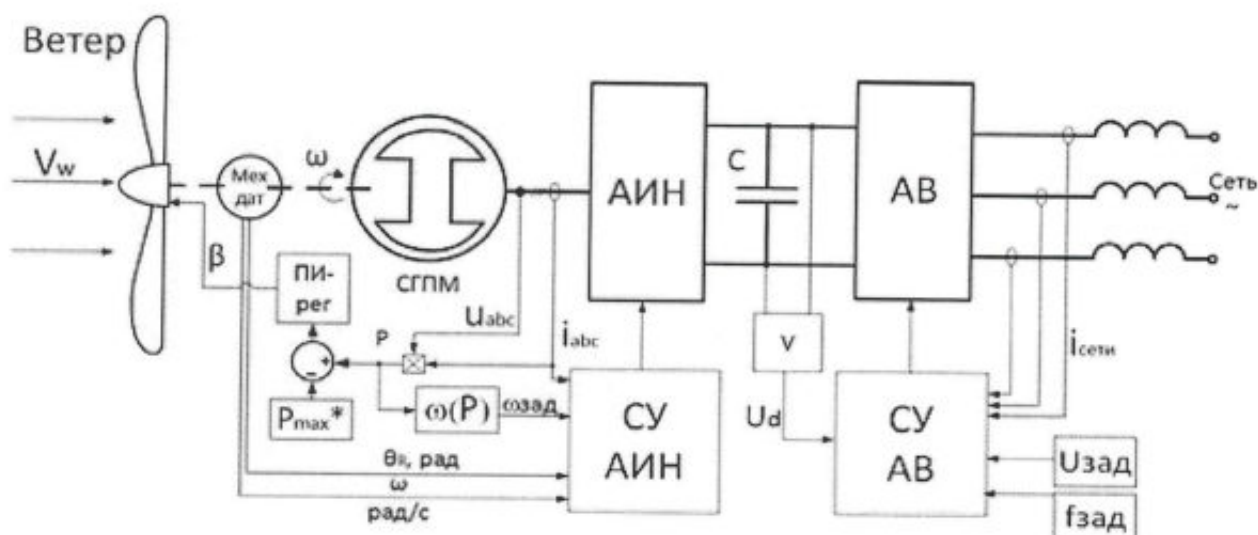


Рисунок 1.5 – Функциональная схема ВЭУ

На турбину поступает ветер со скоростью V_w , который передает долю кинетической энергии, взаимодействуя с лопастями турбины. Турбина связана валом, на котором возникает момент вращения, с синхронным генератором на постоянных магнитах (СГПМ). С генератора берут: угол поворота θ_R , рад и скорость вращения вала ω , рад/с. В генераторе механическая энергия преобразуется в электрическую и поступает на автономный инвертор напряжения (АИН), который работает в функции выпрямителя. На данном этапе получаем напряжения u_{abc} и токи статора i_{abc} , показатели которых идут на систему управления инвертором и на определение заданной скорости вращения $\omega_{зад}$.

С АИН электрическая энергия поступает в звено постоянного тока, где при участии конденсатора большой мощности накапливается и поступает на активный выпрямитель (АВ), который работает в режиме инвертора. Со звена постоянного тока определяется напряжение U_d и передается в систему управления активного выпрямителя (СУ АВ).

В схеме применяется двухзвенный преобразователь частоты (ПЧ), действующий как регулятор источника энергии, чтобы формировать выходящие в сеть напряжения (токи) с заданными значениями основной

(первой) гармоники. Для регулирования и формирования выходного напряжения ПЧ используется принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Схемы АВ и АИН выполнены всегда из полностью управляемых полупроводниковых силовых ключей.

Источник постоянного напряжения U_d регулируемый и поддерживает двухстороннюю связь энергии с сетью. АВ помогает обеспечить полноценный двухсторонний обмен энергией с сетью, обеспечивая при этом практически синусоидальные входные токи ПЧ (токи сети) [20].

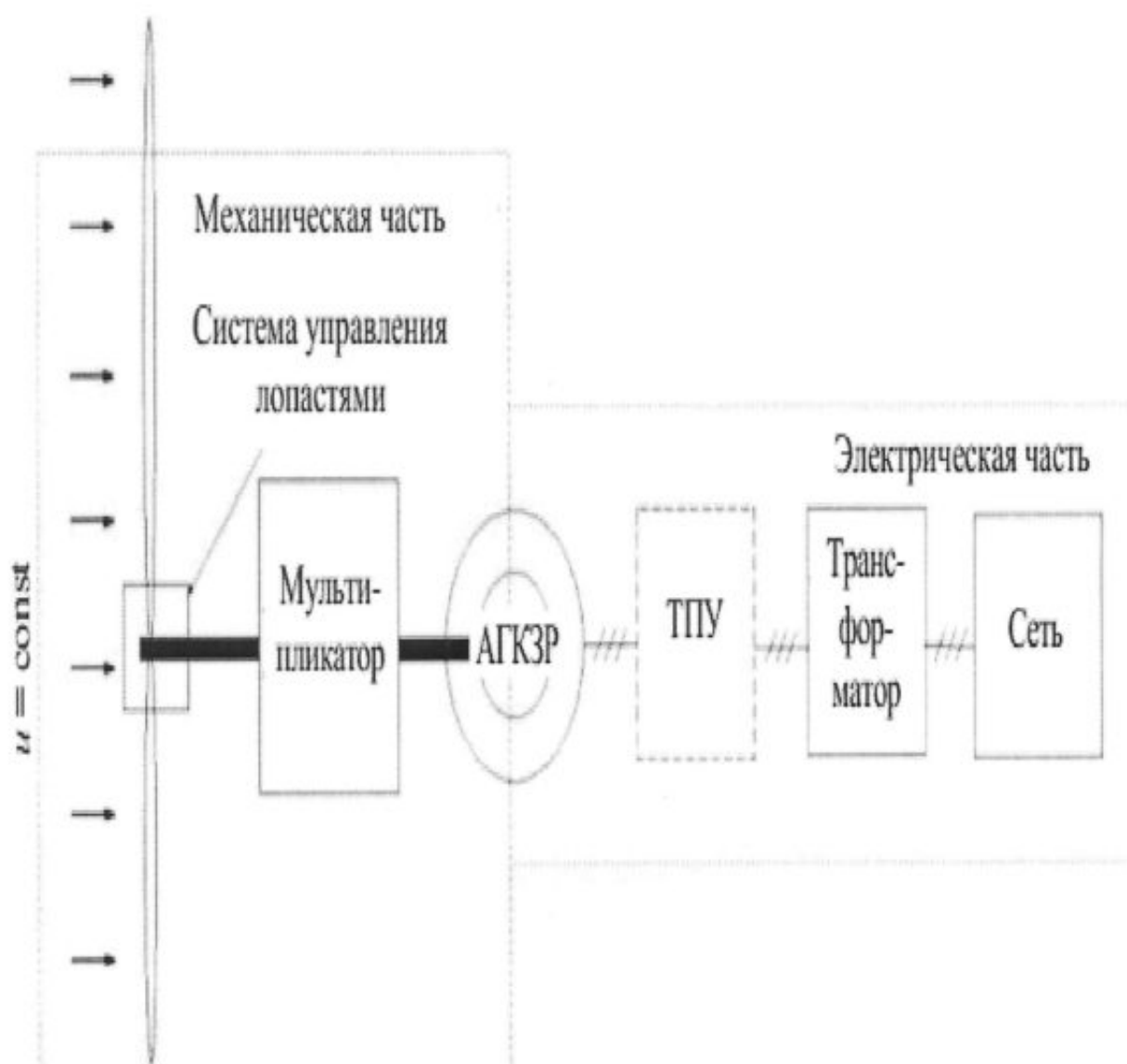


Рисунок 1.6 – Концепция управления с постоянной скоростью

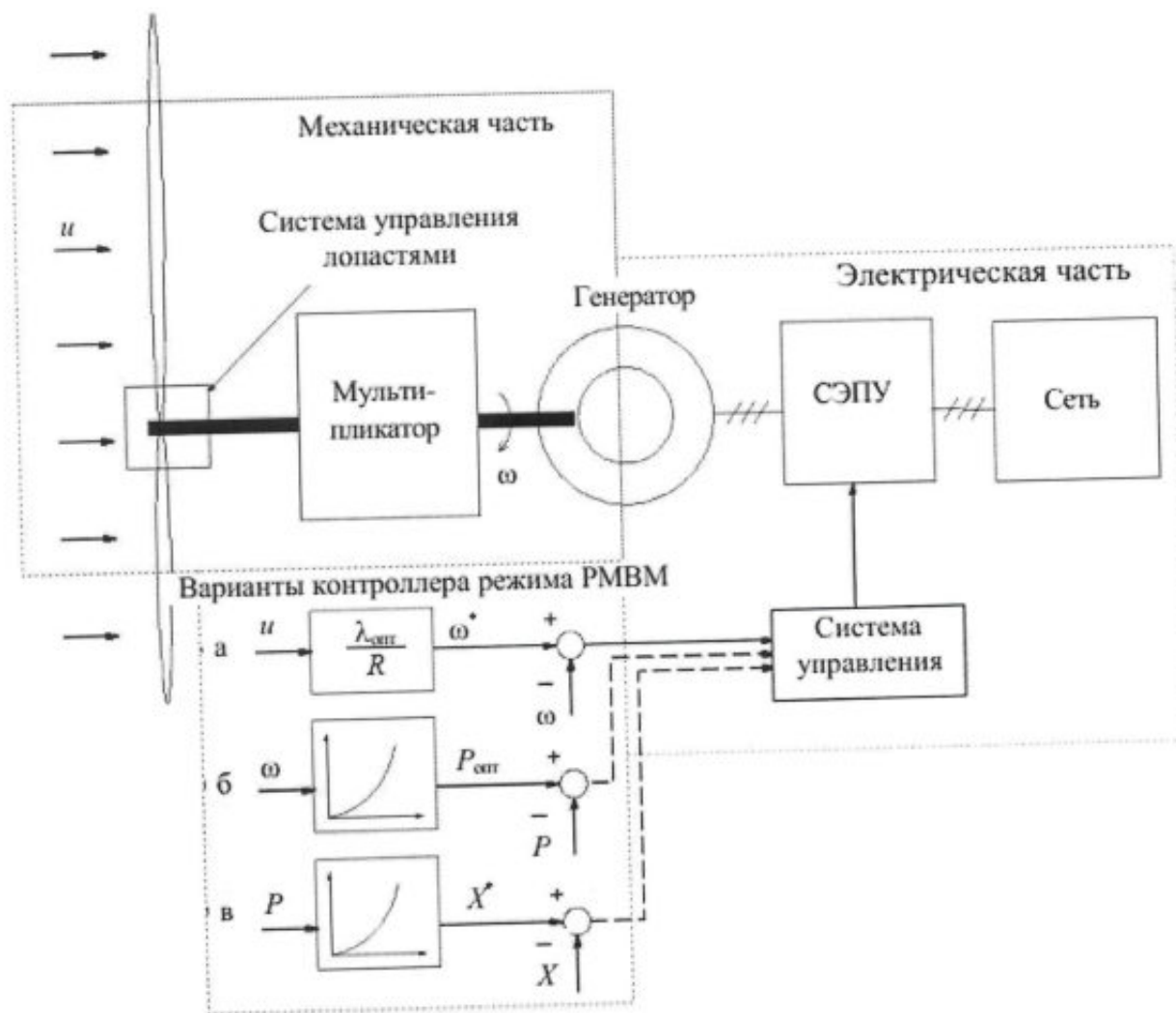


Рисунок 1.7 – Функциональные решения системы управления ВЭУ для гарантии режима работы с максимальной мощностью на выходе

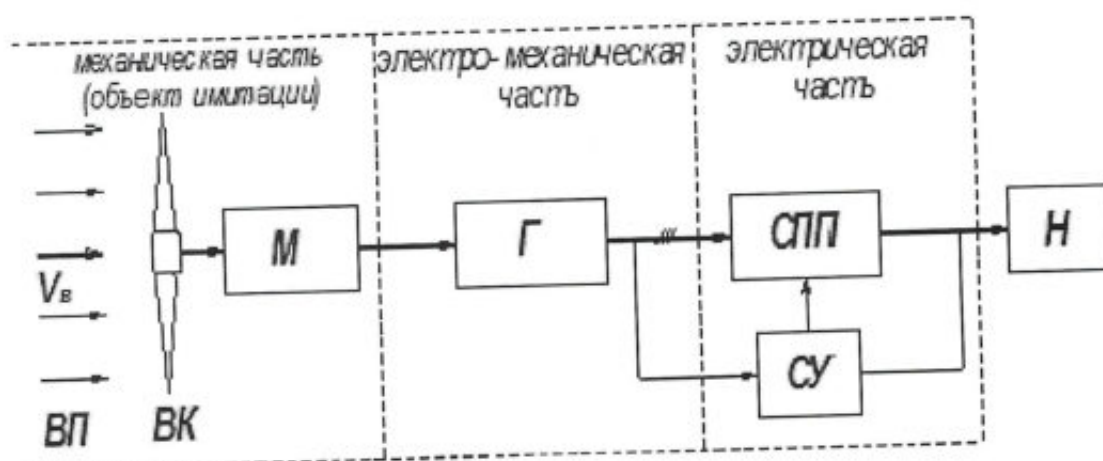


Рисунок 1.8 – Структурная схема ВЭУ

ВП – ветровой поток;

ВК – ветровое колесо;

М – мультипликатор;

Г – генератор;

СПП – система полупроводниковых преобразователей;

СУ – система управления;

Н – нагрузка.

Турбина Дарье позволяет работать при скорости ветра до 220 км/ч (≈ 60 м/с) и при любом его направлении. Основной минус турбины Дарье – невозможность автономного включения. Для запуска турбины требуется внешний привод (небольшой двигатель или несколько маленьких турбин Савониуса). При удовлетворительной скорости вращения, ветер создает достаточный крутящий момент, и ротор начинает крутиться вокруг оси с помощью ветра [21].

Турбины Дарье теоретически так же эффективны, как и пропеллерные, если скорость ветра неизменная, но на практике эта эффективность не часто реализуется, так как образуются физические напряжения, конструкционных особенностей и непостоянной скорости ветра.

Отдельным типом турбины Дарье является «Тип Н» (или «Gyromill»). Для «взятия» энергии ветра он работает по тому же принципу, что и ветряная турбина Дарье, но на смену изогнутых лопастей применяются 2 или 3 прямые лопасти, персонально прикрепленные к вертикальной оси [22].

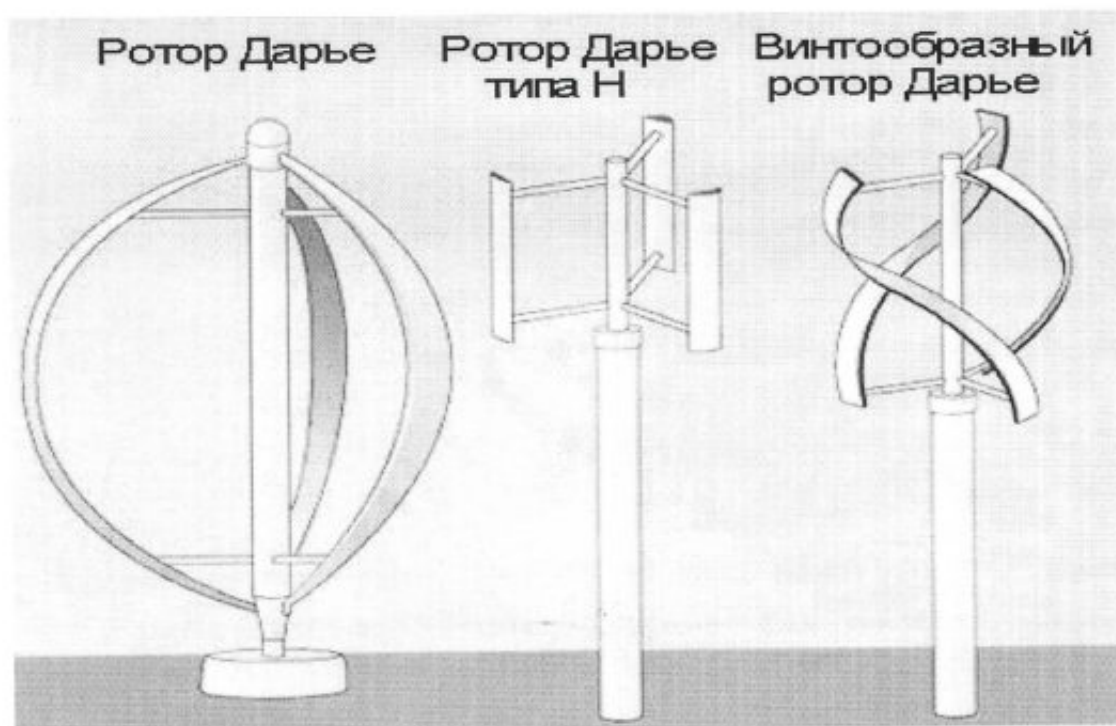


Рисунок 1.9 – Основные виды ротора Дарье

Турбина Савониуса является обычным видом турбины. Она обычно используется в случаях, требующих высокой надежности, а не высокой эффективности (в вентиляции) [23].

Турбины Савониуса значительно менее эффективны, чем ВВТ и ПВТ Дарье (около 15%), но различие от первых связано с тем, что они довольно хорошо работают при турбулентном ветре и, в отличие от последних, они включаются автономно. Как устройство, они являются устойчивыми, довольно хорошо противостоят сильным ветрам и остаются без повреждений, и работают тише по сравнению с иными типами.

Турбина Савониуса, в отличие от турбины Дарье, которая работает под действием силы «подъема», действует по принципу «аэродинамического сопротивления». В нее входит 2–3 «ковша»: изогнутые элементы получают меньшее сопротивление при движении против ветра, чем при движении по ветру так как форма ковшей изогнутая. С точки зрения аэродинамики как раз

это дифференциальное сопротивление вынуждает турбину Савониуса вращаться.

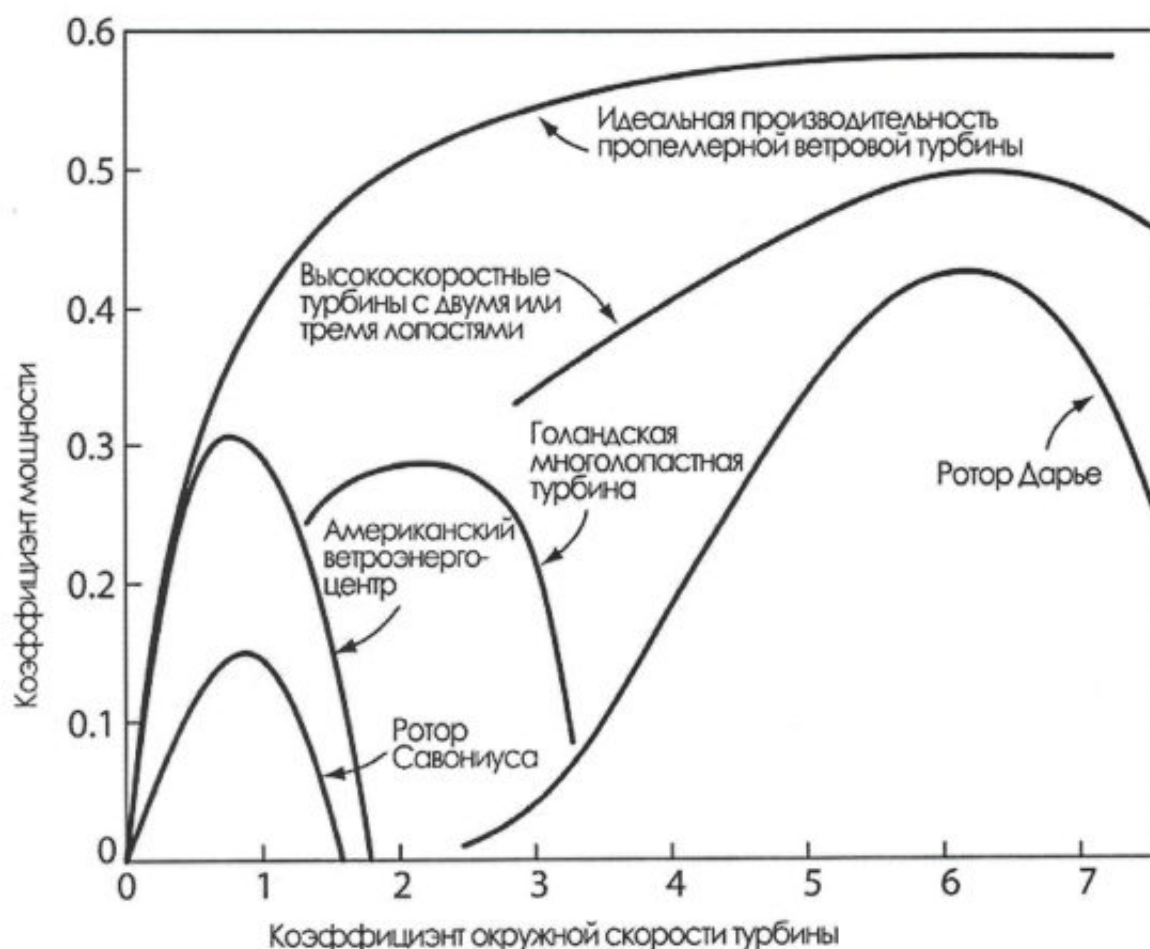


Рисунок 1.10 – Коэффициент мощности C_p зависит от типа ветровой турбины, и изменяется от 0,05 до 0,45

1.4 Краткие выводы. Цель и задачи исследования

1. Скорость ветра необходимая для выработки электроэнергии должна быть 2,5...3 м/с и не более 10...15 м/с. Энергия ветра, с ее зарождением в конце 1970-х гг., стала глобальной отраслью, в которой участвуют энергетические гиганты.

Ветроэнергетика характеризуется следующими преимуществами:

- энергия ветра является доступным и возобновляемым источником энергии, запасы которого неисчерпаемы;
- отсутствие парниковых и вредных выбросов в атмосферу при производстве электрической энергии;
- небольшая площадь занимаемой территории (возможность использования земли, на которой установлена ВЭУ, для других целей, например для сельского хозяйства);
- возможность автономного энергообеспечения удаленных и изолированных территорий.

К числу недостатков ветроэнергетики относятся:

- непостоянная и нерегулируемая выработка электроэнергии;
- более высокие капитальные издержки на единицу мощности по сравнению с традиционными тепловыми электростанциями;
- необходимость развития сетевой инфраструктуры;
- шумовое, визуальное и электромагнитное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

2. Самым распространенным видом ВЭУ являются береговые горизонтально-осевые ветроэлектрические установки – ГОВЭУ. Мощность ГОВЭУ зависит, главным образом, от диаметра и высоты расположения ветроколеса (ротора) – лопастной системы ВЭУ, воспринимающей аэродинамические нагрузки от ветрового потока.

Вертикально-осевые ветроэлектрические установки (ВОВЭУ) имеют вид ротора Савониуса (1922 год) или ротора Дарье (1931 год).

Средний КПД установок до 40%. Конструкции ВЭУ с потокоуслителем могут достигать 90%, а безредукторные ВЭУ до 56%.

3. Рассмотрены концепции проектирования электрооборудования современных ветроэлектрических установок, проведен анализ способов их управления и применяемых для этих целей силовых электронных преобразовательных устройств. Выполнен сравнительный анализ оборудования

ведущих мировых производителей. Приведены функциональные схемы систем для различных электрических генераторов, механических передач и разных комбинаций силовых электронных преобразовательных устройств.

Выполненный нами анализ показал, что ВЭУ может быть использован как дополнительный источник энергии в сельскохозяйственных предприятиях и в быту сельских жителей, наряду с традиционными источниками энергии и другими видами возобновляемых источников энергии, например биогаз.

Однако, проведенный анализ в области ВЭУ показал, что в настоящее время мало исследований связанных с энергообеспечением сельскохозяйственного производства на основе автономного и комбинированного использования ВЭУ. Поэтому, перед настоящей работой были поставлены следующие задачи:

1. Разработать методику и программу исследований.
2. Провести теоретические исследования по обоснованию методики электроснабжения сельскохозяйственных предприятий на основе ветроэнергетики.
3. Обосновать тип и параметры ветроэнергетической установки для комбинированного электроснабжения сельскохозяйственного предприятия.
4. Провести апробацию результатов исследований на примере конкретного сельскохозяйственного предприятия.

2 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Программа исследования

Целью исследований является подтверждение и уточнение разработанных теоретических положений, а также соответствие параметров и режимов функционирования технических средств ВЭУ. Программой экспериментальных исследований предусмотрен сбор необходимой статистической информации для решения оптимизационной задачи, обоснования оптимальных параметров работы технических средств ВЭУ [24].

При этом основными задачами исследований являлись:

- верификация теоретических принципов и утверждений, определяющих характер и структуру процессов проектирования;
- оценка адекватности разработанных моделей при оптимизации параметров предложенных технических решений и теоретическое подтверждение их эффективности.

Независимо от способа представления объекта, вида и характера его изменения основным при оптимизации систем является выбор наиболее подходящего решения. Для решения таких сложных задач необходимо применение методологии системного подхода, которая направлена на комплексное изучение объектов и процессов.

Характерной особенностью указанной методологии является применение моделирования систем и замещения на время анализа реального объекта подобной ему моделью. При проектировании моделей необходимо придерживаться некоторых принципов, соблюдение которых позволит получить адекватное и точное отображение исследуемого процесса. Теоретические основы проектирования следует строить не столько «снизу» за счет индуктивного обобщения полученных инженерной наукой и практикой, сколько «сверху» по отношению к ним, то есть на основе сформулированных

фундаментальных принципов целой системы более конкретных утверждений, раскрывающих структуру и содержание проектных операций синтеза, оптимизации и выбора решений.

На основе сформулированного принципа полученные утверждения имеют иерархическое строение, которое характеризует наличие нескольких уровней [25]. Утверждения последнего уровня при помощи алгоритма определяют не только единственный вариант оптимального решения задачи, но и рациональный путь, к нему ведущий.

2.2 Методика обоснования типа ветроэнергетической установки для энергоснабжения сельскохозяйственного предприятия

Методика обоснования типа позволяет подобрать ВЭУ, которая будет снабжать электричеством сельскохозяйственное предприятие. В связи с этим нами составлена следующая методика обоснования типа ВЭУ для энергообеспечения сельскохозяйственного предприятия, которая включает следующую последовательность действий:

- обоснование местности;
- изучение розы ветров, позволят определить возможно ли установить ВЭУ;
- обоснование типа, какой ветряк лучше ставить вертикальную или горизонтальную;
- обоснование мощности, сколько кВт нужно для сельскохозяйственного предприятия;
- расчет мощности установки, подчитываем сколько вырабатывает одна ВЭУ;
- какую часть электроэнергии обеспечивает один ВЭУ;

– определение количества установок, подбирается оптимальное количество установок для этого сельскохозяйственного предприятия;

– расчет себестоимости установки;

– период окупаемости.

Таким образом разработанная методика позволяет рационально обосновать типа ВЭУ для энергообеспечения сельскохозяйственного предприятия в зависимости от местности, розы ветров, мощности.

2.3 Методика определения мощности ветроэнергетической установки в зависимости от режима энергопотребления сельскохозяйственного предприятия

Определение мощности ВЭУ нужна для выбора количества установок, которая может обеспечить энергией сельскохозяйственное предприятие. В связи с этим нами составлена методика определения мощности ВЭУ в зависимости от режима энергопотребления сельскохозяйственного предприятия, которая включает следующую последовательность действий:

– обоснование потребной мощности для конкретного сельскохозяйственного предприятия;

– расчет мощности установки, подчитываем сколько вырабатывает одна ВЭУ;

– какую часть потребной электроэнергии может обеспечивать одна ВЭУ;

– определение количества установок, подбирается оптимальное количество установок для конкретного сельскохозяйственного предприятия.

Таким образом разработанная методика позволяет определить мощности ВЭУ для разных видов хозяйств по вырабатываемой мощности.

2.4 Методика технико-экономической и энергетической оценки разработки

1. Для определения количества ВЭУ необходимо рассчитать общее количество электроэнергии которое может вырабатывать одна ВЭУ, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_B = K_D \cdot e_B \cdot K_{\text{ч}} \cdot N_{\text{ВЭУ}} \text{ кВт. ч.}, \quad (2.1)$$

где K_D – количество ветреных дней в году;

e_B – коэффициент ветреных дней в году, ($e_B = 0,4 \div 0,6$);

$K_{\text{ч}}$ – количество часов работы ВЭУ;

$N_{\text{ВЭУ}}$ – мощность одной ВЭУ.

Количество ВЭУ определяется по формуле:

$$G = X \div \mathcal{E}_B \text{ штук}, \quad (2.2)$$

где X – потребление в с.х.п. кВт.

Годовые издержки на зарплату персонала:

$$I_{\text{зп}} = 12 \cdot n \cdot N_{\text{э}} \cdot Z_{\text{пл}} \text{ руб/мес}, \quad (2.3)$$

где n -штатный коэффициент на электростанции чел/МВт,

$N_{\text{э}}$ - электрическая мощность установки, МВт;

$Z_{\text{пл}}$ - ежемесячная зарплата одного штатного сотрудника, руб/месяц.

Отчисления от зарплаты [26]:

$$I_o = 0,3 \cdot I_{\text{зп}} \text{ тыс.руб.} \quad (2.4)$$

Ежегодные амортизационные отчисления тыс.руб.:

$$I_A = p_A \cdot \sum K, \quad (2.5)$$

где p_A – норма амортизационных отчислений (на капитальный ремонт, реконструкцию, расходы на эксплуатацию), от капиталовложений, принятый по формуле $p_{\text{фм}} = \frac{1}{T_{\text{сл}}}$

$T_{\text{сл}}$ – экономический срок службы оборудования (принимается 10 лет).

Суммарные издержки на ВЭУ, руб/год :

$$I_{\text{ВЭУ}} = I_{\text{зп}} + I_o + I_A \quad (2.6)$$

Объем капиталовложений в вариант системы электроснабжения от ВЭУ зависят от следующих показателей: установленной мощности ВЭУ, стоимость оборудования, расходы на строительно-монтажные, пуско-наладочные, проектно-изыскательские работы.

Суммарные капиталовложения в ВЭУ определим из формулы [27]:

$$K = K_{\text{об}} + K_{\text{см}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{пн}}, \quad (2.7)$$

где $K_{\text{об}}$ – затраты на оборудование биогазовой станции, тыс.руб;

$K_{\text{см}} = (0,15 \div 0,2) \cdot K_{\text{об}}$ – стоимость строительно-монтажных работ, тыс.руб;

$K_{\text{пр}} = (0,05 \div 0,1) \cdot K_{\text{см}}$ – затраты на проектные работы, тыс.руб;

$K_{\text{пн}} = (0,03 \div 0,05) \cdot K_{\text{об}}$ – стоимость пуско-наладочных работ, тыс.руб;

Годовые затраты на строительство ВЭУ определяются из формулы:

$$З_{ВЭУ} = \sum И_{ВЭУ} + E \cdot \sum K, \quad (2.8)$$

где E - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

1. Экономическая эффективность проектных решений.

Ожидаемая прибыль:

$$П_0 = C \cdot M_B, \quad (2.9)$$

где C – себестоимость одного кВт электроэнергии ВЭУ, руб;

M_B – производственная мощность, кВт/год.

Налог на прибыль:

$$Н_П = П_0 \cdot K_H \quad (2.10)$$

где $П_0$ – ожидаемая прибыль, руб.;

K_H – 20 % налог на прибыль.

Чистая ожидаемая прибыль [28]:

$$Ч_П = П_0 \cdot Н_П \quad (2.11)$$

Срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{OK} = K \div Ч_П \quad (2.12)$$

Таким образом, выполненные нами теоретические исследования позволяют выполнить апробацию результатов на примере любой животноводческой фермы.

3 ТЕОРИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

3.1 Обоснование типа ветроэнергетической установки для энергоснабжения сельскохозяйственного предприятия

Для ветроэнергетических установок огромную роль играет географические, климатические и технические характеристики конкретного населенного пункта [29].

Перед установкой ВЭУ необходимо изучить местность. В местах с возвышенностью сила ветра будет больше, чем в низменностях. Затем надо изучить розу ветров, она позволяет определить силу, направления и стабильность ветра. После этого выбирается тип ВЭУ. Они бывают вертикальные (вырабатывают электроэнергию при силе ветра от 3-8 м/с) и горизонтальные (при силе ветра от 9- 15 м/с).

Ветроэнергетической установки Согласно ГОСТ Р 51237- 98 подразделяются на 4 класса мощности [30]:

- Очень малой мощности, под данный класс попадают все ветроэнергетические установки мощностью до 5 кВт. Данные установки предназначены для электроснабжения отдельных потребителей;

- Малой мощности. К ним относятся все ветроэнергетические установки мощностью от 5 до 100 кВт. Данные установки перспективно использовать для электроснабжения удаленных поселков и отдельных потребителей, не имеющих централизованного электроснабжения;

- Средней мощности. К ним относятся все типы ветроэнергетических установки мощностью от 100 до 1000 кВт. Данный ветроэнергетические

установки предназначен в основном для электроснабжения небольшого поселка;

–Большой мощности. К ним относятся все ветроэнергетические установки мощностью более 1000 кВт. Данные ветроэнергетические установки предназначены в основном для электроснабжения небольшого города;

Для обоснования типа нами была составлена собственная классификация ветроэнергетической установки [31]

Достоинства и недостатки вертикального ротора:

Ротор Савониуса. Достоинства: способность запускаться при малых значениях ветра, движение начинается при значениях от 3м/сек; быстрый набор высоких показателей крутящего момента; высокая надёжность конструкции; недорог в производстве.

Недостатки: малая эффективность преобразования воздушного потока, отсюда, выпуск устройств с мощностью не превышающей 4–6кВт.

Ротор Дарье. Достоинства: самостоятельная ориентация на направление воздушного потока; основной вал привода располагается вблизи уровня земли, что создаёт удобство в его обслуживании; простая кинематическая схема конструкции.

Недостатки: отсутствует возможность в самостоятельной раскрутке; высокая нагрузка на опорные узлы, вызванная динамическим воздействием от воздушных потоков; необходимость строго придерживаться заданного профиля лопасти по всей её длине; достаточно шумен в работе.

Ортогональный ротор. Достоинства: не требует ориентацию на ветер, расположено на уровне земли, поэтому можно расположить во дворах и на крышах зданий.

Недостатки: массивные по сравнению с горизонтальными ВЭУ, эффективность работы низкая по сравнению с горизонтальными ВЭУ.

Геликоидный ротор. Достоинства: низкий уровень шума, можно устанавливать вблизи жилых домов, не требует ориентацию на ветер,

самоторможение при ураганном ветре. Максимальная скорость вращения ограничена аэродинамическими силами, в следствие чего, не требуется дополнительные системы для торможения.

Недостатки: низкая эффективность работы системы, по сравнению с горизонтально ВЭУ, закрученные лопасти усложняют технологию производства.

Многолопастной ротор. Достоинства: высокая эффективность работы относительно с другими вертикальными ВЭУ, работа при низких скоростях ветра, не требует ориентацию на ветер, расположено на уровне земли, поэтому можно расположить во дворах и на крышах зданий [32].

Недостатки: высокая материалоемкость лопастей, сложность в изготовлении, отсюда высокая стоимость вертикального ветряка.

Выполненная классификация позволяет определить направления исследований по созданию ВЭУ с более высоким КПД [33].

Если рассматривать с.х.п. на примере комбинированного энергоснабжения биогазом, ветроэнергетикой или солнечной энергией. Каждая из них выгодна в зависимости от времени года.

Солнечная энергия выгодна зимой и летом, так как, солнце в это время года светит наиболее ярко [34].

Биогаз выгоден летом, так как, процесс сбраживания происходит лучше в теплую погоду.

3.2 Определение мощности ветроэнергетической установки в зависимости от режима энергопотребления сельскохозяйственного предприятия.

Кинетическая энергия $\mathcal{E}_{\text{кин}}$, Дж, воздушного потока рассчитывается по формуле [35]:

$$\mathcal{E}_{\text{кин}} = \frac{m \cdot v^2}{2}, \quad (3.1)$$

где m – масса воздуха, кг.;

v – скорость ветра, м/с.

Величина m определяется по формуле:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot v \cdot F \quad (3.2)$$

Если в качестве массы воздуха взять секундную массу воздуха (кг/с), то получим значение мощности, развиваемой потоком воздуха (Дж/с):

$$N = 0,5 \cdot \rho \cdot v^3 \cdot F \quad (3.3)$$

где ρ – плотность воздуха (1,23 кг/м³) [36];

F – площадь поперечного сечения, м²;

v – скорость ветра, м/с.

Для площади поперечного сечения 1 м² удельная мощность рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{уд}} = 0,5 \cdot \rho \cdot v^3 \quad (3.4)$$

ВЭУ по мощности делятся:

- малые (до 10 кВт);
- средние (от 10 до 100 кВт);
- крупные (от 100 до 1000 кВт);
- сверхкрупные (более 1000 кВт).

Для ориентировочных расчетов в диапазоне скоростей от 0 до 9 м/с. Полезная мощность ВЭУ (кВт), при заданных скоростях ветра (м/с), диаметре ротора ВЭУ (м), рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{вэу}} = N_{\text{уд}} \cdot F_{\text{вэу}} \cdot \mu_{\text{р}} \cdot \mu_{\text{г}} \cdot \epsilon \quad (3.5)$$

где $N_{\text{уд}}$ – определяется по формуле (3.4), Вт/м²;

$F_{\text{вэу}}$ – площадь ВЭУ, м²;

$\mu_{\text{р}}$ – КПД ротора ($\mu_{\text{р}} = 0,9$) [37];

$\mu_{\text{г}}$ – КПД электрогенератора ($\mu_{\text{г}} = 0,95$) [38];

ϵ – коэффициент мощности ($\epsilon = 0,45$) [39].

Площадь ВЭУ рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{вэу}} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h \quad (3.6)$$

Таким образом, можно рассчитать мощность ВЭУ для определенного сельскохозяйственного предприятия.

3.3 Обоснование конструктивно-технологических параметров ветроэнергетической установки

Аэродинамические силы и моменты, являются суммой сил и моментов, действующих на каждую лопасть ветроколеса в отдельности [40].

При вычислении аэродинамических сил, действующих на каждую лопасть, учитываются возмущения набегающего на нее потока.(рисунок 3.1) Возмущения имеют вид поправки к скорости ветра $\bar{v}_в$ в виде индуктивной скорости $\bar{v}_i$. Аэродинамические силы, действующие на лопасть, определяются как функции скорости обтекания $\bar{v}$ и угла атаки α :

$$F_x = C_x(\alpha) \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot S_m \quad (3.7)$$

$$F_y = C_y(\alpha) \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot S_m \quad (3.8)$$

где F_x и F_y - сила лобового сопротивления и подъемная сила;

C_x и C_y - коэффициенты;

ρ - плотность воздуха;

S_m - площадь лопасти.

Скорость обтекания определяется в системе координат Oxy [41].

В системе проекции скоростей ветра $\bar{v}_в$ и лопасти $\bar{v}_л$ на оси координат:

$$v_{vx} = v_v \quad (3.9)$$

$$v_{vy} = 0 \quad (3.10)$$

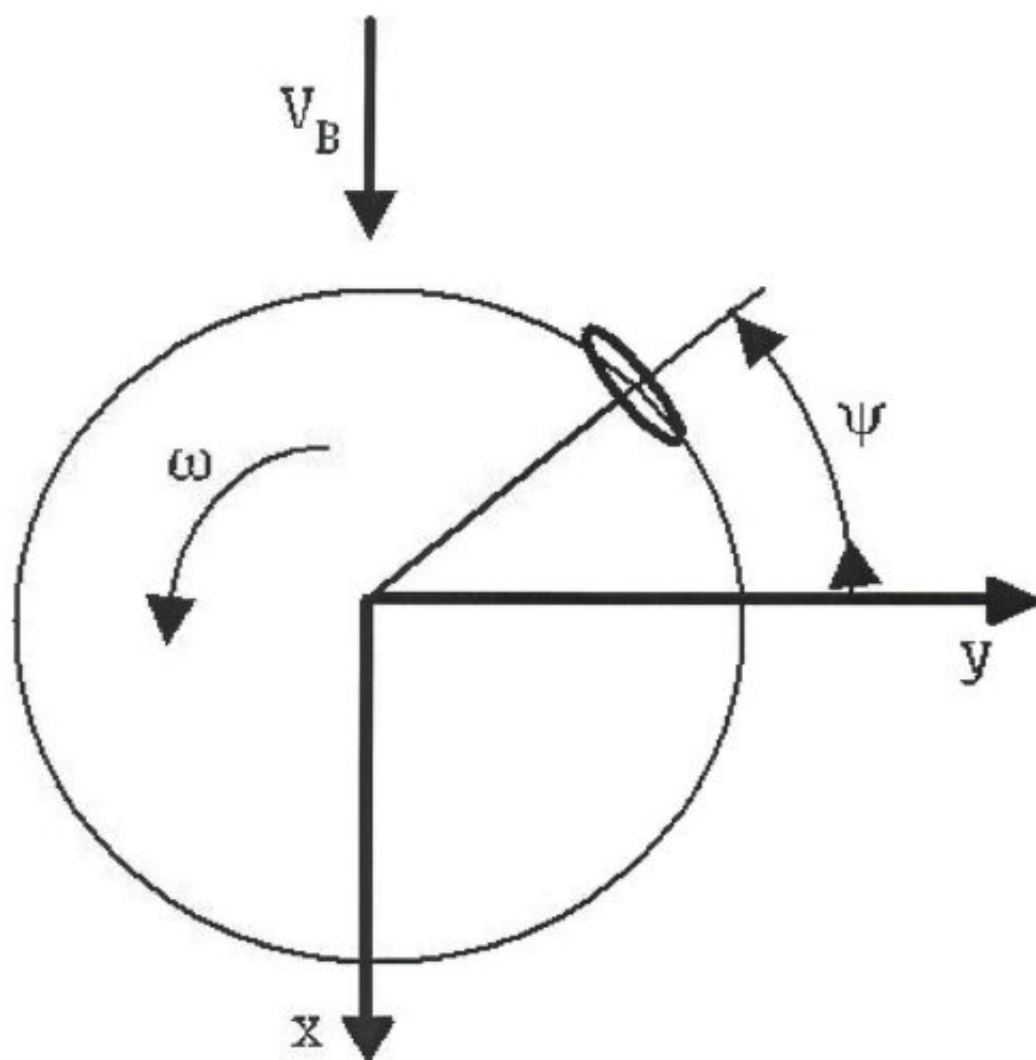


Рисунок 3.1– Схема обтекания

$$v_{lx} = -\omega \cdot R \cdot \cos\varphi \quad (3.11)$$

$$v_{ly} = -\omega \cdot R \cdot \cos\varphi \quad (3.12)$$

Проекция индуктивной скорости определяется [42]:

$$v_{ix} = -z \cdot v_B \quad (3.13)$$

$$v_{iu} = -u \cdot v_B \quad (3.14)$$

Безразмерные компоненты индуктивной скорости определяются:

$$z = z_1; u = v_1 \cdot (\cos\varphi + du), \quad (3.15)$$

при $0 \leq \varphi \leq \pi$;

$$z = z_1 + (z_2 - z_1) \cdot \frac{(\varphi - \pi)}{\delta} \quad (3.16)$$

$$u = u_{12} + (u_2 - u_{12}) \cdot \frac{(\varphi - \pi)}{\delta} \quad (3.17)$$

при $\pi < \varphi \leq \pi + \delta$;

$$z = z_2; u = u_2;$$

при $\pi + \delta < \varphi \leq 2\pi - \delta$;

$$z = z_2 + (z_1 - z_2) \times (\varphi - (2\pi - \delta)) / \delta \quad (3.18)$$

$$u = u_2 + (u_1 - u_2) \times (\varphi - (2\pi - \delta)) / \delta \quad (3.19)$$

при $2\pi - \delta < \varphi < 2\pi$;

где R – радиус ротора;

H – общая высота ротора;

L – длина лопасти;

N – количество лопастей;

Коэффициент заполнения в ярусе рассчитывается [43]:

$$\sigma = L \cdot N / (2 \cdot R) \quad (3.20)$$

Удлинение лопасти рассчитывается:

$$\lambda = H / L \quad (3.21)$$

Быстроходность определяется:

$$Z = \omega R / v_B \quad (3.22)$$

$k_{12} = 3.0$; $du = -0.3$; $u_2 = 0$; $\delta = \pi/10$ – переходный угол;

$k_{11} = 0.3 \cdot (\sigma/0.3) \cdot (0.5)$, если $\sigma > 0.3$, иначе $k_{11} = 0.3 \cdot (\sigma/0.3) \cdot (0.6)$.

Базовые величины:

в ярусе рассчитывается:

$$z_1 = k_{11} \cdot Z / k_{12} \quad (3.23)$$

при $Z < Z_{cr}$, рассчитывается:

$$z_1 = k_{11} / k_{12} \cdot Z_{cr} (Z / Z_{cr}) \cdot pcr \quad (3.24)$$

$Z_{cr} = 6$; $pcr = 0.8$;

$$u_{11} = z_1 \cdot (1 + du) \quad (3.25)$$

$$u_{12} = -z_1 \cdot (1 - du) \quad (3.26)$$

$$z_2 = 1 - (1 - z_1) \cdot (1 - 2 z_1) \quad (3.27)$$

Угол φ для каждой лопасти и в каждом ярусе определяется индивидуально.

Аэродинамический коэффициент C_x лопасти в ярусе вычисляется по формуле [44]:

$$C_x = C_{x_p} + C_y^2 / \pi / \lambda \quad (3.30)$$

$$\lambda = H/L \quad (3.31)$$

где, C_{x_p} вычисляется для невозмущенного потока.

Таким образом, рассчитывается конструктивно-технологические параметры ВЭУ.

4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ООО “МАЯК” БАЛТАСИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРТСТАН

4.1 Исходные данные

В качестве исходных данных для апробации результатов исследований приняты фактические данные по затратам электроэнергии в целом по предприятию и по подразделениям ООО “Маяк”. Затраты машинно-тракторного парка составляют 555500 кВт·ч в год.

Молочный комплекс на 1200 голов, является современным агропромышленным комплексом, оснащенным высокотехнологичным оборудованием фирмы «DeLaval» и укомплектованным высокопродуктивным поголовьем скота, ввезенного из Эстонии и Вологодской области.

Комплекс полностью автоматизирован, включая систему учета поголовья и продуктивности скота. Современная химико-биологическая лаборатория обеспечивает контроль качества кормов и произведенного молока.

Численность работающих на мегаферме составляет 62 человека.

Общая площадь: 360 000 м²

Таблица 4.1– Генеральный план ООО “Маяк”

№ п/п	Наименование здания
1.	Административное здание
2.	Котельная
3.	Животноводческий комплекс
4.	Машинно-тракторный парк
5.	Зерноток
6.	Жижеборник

За сутки одна ВЭУ вырабатывает 205.60 кВт электроэнергии.

Расходы на электроэнергию за 2017 год составляют 3 233 010 рублей при тарифной ставке 5,82 руб. 1 кВт*ч. (555 000 кВт).

4.2 Рекомендации по внедрению ветроэнергетической установки

Имея среднюю скорость ветра 5 м/с, мы выбрали вертикальную ветроэнергетическую установку ВЭУ-30 с мощностью 30кВт.

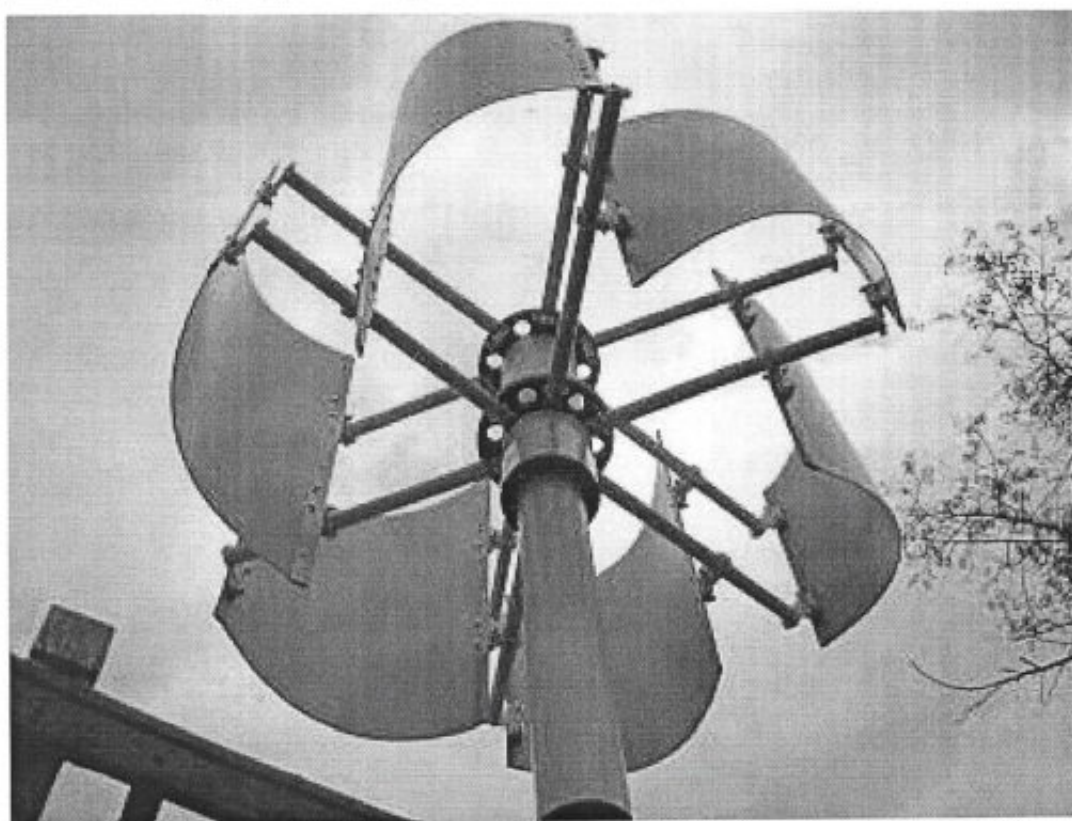


Рисунок 4.1 – Вертикальная ВЭУ

Ветроустановка может служить удобным автономным источником энергоснабжения для большого коттеджа, группы домов, офиса или небольшого цеха, выдавая на пике до 90 кВт (30 кВт выдает ВЭУ, 30 кВт выдает блок аккумуляторов в течение 30-40 минут, 30 кВт выдает дизель-генераторная установка). ВЭУ-30 выпускаются под заказ.

- Мощность генератора номинальная 30 кВт
 - Выходное напряжение ВЭУ 96 (400) В постоянного тока
 - Скорость ветра номинальная 7 м/с
 - Выходное напряжение инвертора 220/110 В или 380В переменного тока
 - Номинальная частота инвертора 50/60 Гц
 - Стартовая скорость ветра 2.8 м/сек
 - Диапазон рабочих скоростей ветра 3.. 60 м/сек
 - Диапазон частоты вращения 25-65 об/мин
 - Номинальная частота вращения 50 об/мин
 - Количество лопастей 3
 - Хорда лопасти (длина по горизонтальному разрезу) 950 мм
 - Диаметр ротора (колеса) 9,2 м
 - Высота ротора 12 м
 - Ометаемая площадь 110,4 кв.м
 - Высота мачты 15,9 м
 - Вибрация (амплитуда виброускорения, м/с²) в резонансе 0.000091 м/с²
 - Шум, дБА (макс. уровень звука на максимальной скорости) 68 дБА
 - Инфразвук, дБ (уровень звукового давления в октавных полосах) не зафиксирован – магнитная индукция 50Гц, мкТл до 8 мкТл
 - Диапазон рабочих температур воздуха -50. . . +40 0С
 - Срок эксплуатации ВЭУ > 20 лет
 - Период между техническим обслуживанием > 5 лет [45]
- Определяем мощность ВЭУ в зависимости от режима энергопотребления сельскохозяйственного предприятия.

1. Рассчитываем удельную мощность при скорости ветра 2 м/с подставив данные в формулу (3.5):

$$N_{уд} = 0,5 \cdot 1,23 \cdot 2^3 = 5 \text{ Вт/м}^2$$

Для других скоростей ветра данные рассчитываются аналогично. И приведены в таблице 1.

Таблица 4.2 – Удельная мощность

ϑ , м/с	2	3	4	5	6	7	8	9
$N_{уд}$, Вт/м ²	5	17	39,4	77	133	211	315	448

2. Площадь ВЭУ рассчитывается по формуле (3.6):

$$F_{вэу} = 2 \cdot 3,14 \cdot 4,6 \cdot 12 = 347 \text{ м}^2,$$

где $R = 4,6$ м.

3. Рассчитываем мощность ВЭУ при удельной мощности 5 Вт/м² подставив данные в формулу (3.5):

$$N_{вэу} = 5 \cdot 347 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,45 = 0,668 \text{ кВт}$$

Для остальных значений мощность определяется аналогично. И записаны в таблице 2.

Таблица 4.3 – Мощность ВЭУ

ϑ , м/с	2	3	4	5	6	7	8	9
N , кВт	0,668	2,27	5,26	10,28	17,76	28,17	42,05	59,81

Основные затраты для ветроэнергетической установки являются капиталовложения, поэтому эффективность установки будет оцениваться не уровнем чистого дохода от ее эксплуатации, а себестоимостью получаемой электрической энергии.

1. Для определения количества ВЭУ необходимо рассчитать общее количество электроэнергии, которое может вырабатывать одна ВЭУ, рассчитывается по формуле (2.1):

$$\mathcal{E}_B = 365 \cdot 0,6 \cdot 24 \cdot 10,28 = 36021,12 \text{ кВт.ч}$$

Машинно-тракторный парк потребляет 155540 кВт в год.

Количество ВЭУ определяется по формуле (2.2):

$$G = 155540 \div 36021,12 = 4 \text{ штук,}$$

2. Годовые издержки на зарплату персонала рассчитывается по формуле (2.3):

$$I_{\text{зп}} = 12 \cdot 0,4 \cdot 0,03 \cdot 24000 = 3456 \frac{\text{руб}}{\text{мес}}$$

Отчисления от зарплаты определяются по формуле (2.4):

$$I_o = 0,3 \cdot 3456 = 1036,8 \text{ тыс.руб}$$

3. Ежегодные амортизационные отчисления рассчитываются по формуле (2.5):

$$I_A = 0,1 \cdot 1\,543\,750 = 154375 \text{ тыс. руб}$$

Суммарные издержки на ВЭУ определяются по формуле (2.6):

$$I_{\text{ВЭУ}} = 3456 + 1036,8 + 154375 = 158867,8 \text{ руб.г}$$

Объем капиталовложений в вариант системы электроснабжения от ВЭУ зависят от следующих показателей: установленной мощности ВЭУ, стоимость оборудования, расходы на строительные-монтажные, пуско-наладочные, проектно-изыскательские работы.

4. Суммарные капиталовложения в ВЭУ рассчитываются по формуле (2.7):

$$K = 5\,200\,000 + 195\,000 + 9750 + 39000 = 5443750 \text{ руб}$$

Годовые затраты на строительство ВЭУ определяется по формуле (2.8):

$$З_{ВЭУ} = 158867,8 + 0,15 \cdot 5443750 = 975430,3 \text{ тыс. руб}$$

5. Экономическая эффективность проектных решений.

Ожидаемая прибыль рассчитывается по формуле (2.9):

$$П_0 = 3,1 \cdot 30 = 93\,000 \text{ руб}$$

Налог на прибыль определяется по формуле (2.10):

$$Н_П = 93\,000 \cdot 0,20 = 18600 \text{ руб}$$

Чистая ожидаемая прибыль рассчитывается по формуле (2.11):

$$Ч_П = 93000 - 18600 = 74400 \text{ руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле (2.12):

$$T_{ок} = 5443750 \div 74400 = 73 \text{ г}$$

Исходя из результатов теоретических исследований была рекомендована биоустановка БИО - 50. Внедрение такой установки позволяет полностью покрыть расходы на электроэнергию, а также эффективно и безопасно утилизировать отходы, которые получаются в ходе производства. Разработаны сборочные чертежи общего вида спроектированной биогазовой установки и перемешивающего устройства и их спецификации.

Спроектированная биогазовая установка легко встраивается в систему электроснабжения ООО "Маяк". Нами предлагается к использованию генеральный план ООО "Маяк" с включением разработанной биогазовой установки в систему электроснабжения животноводческого комплекса.

4.3 Перспективы дальнейшей разработки темы

Энергообеспечение сельскохозяйственных предприятий на основе ветроэнергетических установок является одним из перспективных направлений исследований в данной области. Применение ветроэнергетических установок позволяет повысить энергоэффективность только сельскохозяйственных предприятий, также предприятий другого производственного направления.

Перспективами дальнейших разработки данной темы являются исследования, направленные:

- на разработку математической модели, позволяющей проводить обоснование комбинированного энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий и предприятий другого производственного направления на основе численного решения этих моделей на компьютере;
- на разработку системы автономного энергоснабжения сельскохозяйственного предприятия и предприятий другого производственного направления на основе ветроэнергетических технологий.

ВЫВОДЫ

1. Одним из направлений повышения энергоэффективности сельскохозяйственного предприятия является, комбинированное электроснабжения на основе ветроэнергетической установки.

По результатам анализа технологий, конструкций, технологических исследований ветроэнергетических установок выявлено, что ветроэнергия, как дополнительный источник энергии может быть эффективно использован в сельскохозяйственном производстве и в быту сельских жителей.

2. Разработаны методологические основы комбинированного электроснабжения сельскохозяйственных предприятий на основе ветроэнергетической установки.

3. Проведены теоретические исследования по энергообеспечению сельскохозяйственных предприятий на основе ветроэнергетической установки.

4. Обоснованы типы и мощности ветроэнергетической установки для использования в условиях сельскохозяйственного предприятия. Установлено, что для комбинированного электроснабжения сельскохозяйственного предприятия, наиболее рациональным является установка Ротора Савониуса ВЭУ-30 на 30 кВт.

5. Апробация и технико-энергетическая оценка ветроэнергетической установки в ООО «Маяк», показало, что четыре ветроэнергетическая установка ВЭУ-30 позволяет вырабатывать 144084,48 кВт.ч электроэнергии в год., что составляет 92% от общей потребляемой электроэнергии. Срок окупаемости составляет 4 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каргиев В.М., Мартиросов С.Н., Муругов В.П., Пинов А.Б., Сокольский А.К., Харитонов В.П. — Москва: ИнтерСоларЦентр. — 2001. — С.62
2. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства. — 2006. — С. 280-290
3. Янсон Р.А. Ветроустановки. Учебное пособие, издательство МГТУ имени Н. Э. Баумана, Москва. — 2007. — С. 36-40
4. Удалов С.Н. Возобновляемые источники энергии: Учебник. — Новосибирск: Изд-во НГТУ. — 2007. — С. 432-456
5. Штерцер В.А. Системы генерации электроэнергии для ветроэнергетических установок/ В.А. Штерцер, С.Д. Саленко// Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 5, Научно-технический центр «ТАТА». — 2010. — С. 134-135
6. Миннуллин Б.И. Обоснование актуальности использования ветроэнергетических технологий/ XXI Аспирантско- магистерский научный семинар. — Казань: Редакционно-издательский отдел КГЭУ. — 2017. — С. 124-127
7. Абзалова Л.А., Гиниятуллина Э.И., Миннуллин Б.И. Энергообеспечение сельскохозяйственных предприятий на основе биогазовой установки/ IX Молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения». — Казань: Редакционно-издательский отдел КГЭУ. — 2019.
8. Миннуллин Б.И. Абзалова Л.А., Гиниятуллина Э.И., Энергообеспечение сельскохозяйственных предприятий на основе ветроэнергетической установки/ IX Молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения». — Казань: Редакционно-издательский отдел КГЭУ. — 2019.

9. Миннуллин Б.И. Классификация ветроэнергетических установок/ XXII Аспирантско- магистерский научный семинар. – Казань: Редакционно-издательский отдел КГЭУ. – 2018.

10. Миннуллин Б.И. Анализ систем автоматического управления ветроэнергетическими установками/ XXII Аспирантско- магистерский научный семинар. – Казань: Редакционно-издательский отдел КГЭУ. – 2018.

11. Миннуллин Б.И. Перспективы развития энергетической отрасли в Германии/ XXI Аспирантско- магистерский научный семинар. – Казань: Редакционно-издательский отдел КГЭУ. – 2017. – С. 174-175

12. Агеев В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. МРСУ. – 2004. – С. 174-185

13. Андрианов В.Н., Быстрицкий Д.Н., Вашкевич К.П., Секторов В.Р. Ветроэлектрические станции. Москва:ГЭИ. – 1960. – С. 320-321

14. Зубова Н. В. Основные принципы управления ветроэнергетической установкой / С. Н. Удалов, Н. В. Зубова // Научный вестник НГТУ.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, №3(48). – 2012. – С. 153-161

15. Милованова К. А. Интеграция ветровой генерации в работу энергосистемы/ К.А. Милованова// Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М.: Типография МЭИ. – 2011. – С. 20-30

16. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники: Учеб. Пособие. – Изд. 4-е испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2009. – С. 672-677

17. Зубова Н. В. Регулирование воздушного потока, окружающего лопасть ветроколеса, при изменении профиля лопасти / Н. В. Зубова, С. Н. Удалов, В. З. Манусов // Энергетика в глобальном мире: сборник тезисов докладов первого международного научно-технического конгресса. - Красноярск: ООО "Версо", 16–18 июня 2010 г. – С. 331-332

18. ГОСТ Р 51237-98 Ветроэнергетика. Термины и определения. – С. 78-88.
19. Елистратов В. В. Использование возобновляемой энергии : учеб. пособие / В. В. Елистратов. — СПб. : Изд-во Политехн. Ун-та. – 2010.– С. 224-250
20. Николаев В. Г., Ганага С. В., Кудряшов Ю. И. Национальный Кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения. /Под редакцией к.ф-м.н. В. Г. Николаева. М. : Изд. "Атмограф". –2008. – С. 584-585
21. Безруких П. П. Ветроэнергетика. (справочное и методическое пособие). М.: ИД "ЭНЕРГИЯ". – 2010. – С. 320-321
22. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Нагрузки на элементы ветроэлектрической установки, её фундамент и основание. Учеб.пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ. – 2011. – С. 57-58
23. Абрахманов Р.С. Об эффективности использования ветроэнергетических ресурсов для выработки электроэнергии / Р.С. Абрахманов, Ю.П. Переведенцев // Метеорология и гидрология № 12. – 2012. – С. 45-47
24. Анапольская Л.Е. Ветроэнергетические ресурсы и методы их оценки / Л.Е Анапольская, Л.С. Гандин // Метеорология и гидрология № 7. –2015. – С. 9-17
25. Бастрон А.В., Чебодаев А.В. Практикум по применению ветроэнергетических установок в сельском хозяйстве. Ч.1/ Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск. – 2010. – С. 47-48
26. Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии / Р.А. Амерханов. – М: Колос. – 2014. – С. 532-534
27. Амерханов Р.А. Проектирование ветроэнергетических установок / Р.А. Амерханов, Б.Х. Драганов. – Краснодар. – 2011. – С. 160-178

28. Аналитический обзор. Потенциал возобновляемых источников энергии в России. Существующие технологии. [Электронный ресурс]. – URL: http://escoecosys.narod.ru/2007_4/art103.pdf (дата обращения 12.03.2013).

29. Бажанов А.В. Энергетическая стратегия России и развитие возобновляемой энергетики. / А.В. Бажанов, И.И. Тюхов. //Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 6-й Международной науднотехнической конференции. Ч.4. Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы. Экология. – М.: ГНУ ВИЭСХ. – 2008. – С. 3-8

30. Баскаков А.П. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Учебное пособие. Ч.1. / А.П. Баскаков – Екатеринбург: ГОУ ВПО УПИ. – 2016. – С. 86-97

31. Безруких П.П. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П.П. Безруких, Ю.Д. Арбузов, Г.А. Борисов.- СПб. : Наука. – 2012. – С. 314-315

32. Вертикальные ветрогенераторы [Электронный ресурс]. – URL: <http://alternativenergy.ru/vetroenergetika/339-vertikalnyy-vetrogenerator-foto.html> (дата обращения 10.03.2013).

33. Вертикальные ветряки: краткий обзор [Электронный ресурс]. – URL: <http://mirenergii.ru/energiyavetra/vertikalnye-vetryaki-kratkij-obzor.html> (дата обращения 10.03.2013).

34. Стребков Д., Харитонов В., Муругов В. Ветроэнергетика России. / Сокольский Сельский механизатор. № 2. – 2013. – С. 21-23

35. Марочкин В.К., Байлук Н.Д., Брилевский М.Ю. Ветроэнергетические агрегаты / Малая энергетика с.-х. предприятий: Справочное пособие. Минск. – 2012. – С. 312-345

36. Воронин С.М. Возобновляемые источники энергии и энергосбережение / Воронин С.М., Оськин С.В., Головки А.Н. Краснодар. – 2006. – С. 267-268

37. Демкин В. Использование ветроэнергетических установок. /Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 4. – 2017. – С. 16-19
38. Кадиков Ю.М., Селиванов А.И. Малая энергетика и энергосберегающие технологии: Ветроэнергетика. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 4. – 2012. – С. 8-15
39. Каталог ветроэнергетических установок типа ЛВМ, <http://www.trianglevert.com>
40. Кирюшатов А.И. Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии в сельскохозяйственном производстве. М.: Агропромиздат. – 2014. – 96-99
41. Шефтера Я. И. Ветроэнергетика / под редакцией Д. де Рензо: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. – 2016. – С. 272-277
42. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления: Пер. с англ. Б. И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний. – 2004. – С. 832-835
43. Ключев А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А. С. Ключев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский. – М.: Энергия. – 2010. – С. 345-348
44. Куликовский Н. Н. Система управления электроустановкой / Н. Н. Куликовский // ПиКАД. №1. – 2003. – С. 20-23
45. Кривцов В. С. Неисчерпаемая энергия. Кн.1. Ветроэнергогенераторы: учебник / В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. И. Яковлев. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т Харьк. авиац. ин-т, Севастополь: Севаст. нац. полит. ун-т. – 2003. – С. 400-405
46. Сабинин Г. Х. Характеристики ветродвигателя в зависимости от направления ветра. Труды ЦАГИ, вып. 28 / Г.Х. Сабинин. – М.: ЦАГИ. – 2015. – С. 112-123

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Батыршин Ленар Габдулфартович
Подразделение	кафедра машин и оборудования в агробизнесе
Тип работы	Магистерская диссертация
Название работы	Разработка и исследование комбинированного энергоснабжения сельскохозяйственного предприятия с применением ветроэнергетической установки
Название файла	ВКР Батыршин Л.Г..docx
Процент заимствования	28.53 %
Процент самоцитирования	0.00 %
Процент цитирования	1.03 %
Процент оригинальности	70.43 %
Дата проверки	17:38:32 07 февраля 2021г.
Модули поиска	Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (RuEn); Модуль поиска переводных заимствований по eLibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция ГАРАНТ; Модуль поиска "КГАУ"; Коллекция Медицина; Диссертации и авторефераты НББ; Коллекция Патенты; Модуль поиска общепотребительных выражений; Переводные заимствования

Работу проверил
Нуруллин Эльмас Габбасович

ФИО проверяющего

Дата подписи

07.02.2021 г.



Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.