

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт **Энергетический (ЭНИН)**

Направление подготовки **13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Кафедра **Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Ветро-дизельная система электроснабжения поселка

УДК [621.31.031: 621.311.024/.26]

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Пархоменко О.Ю.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лукутин Б.В.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных пред- приятий	Сурков М.А.	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код ре- зультата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства
P2	Применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений
P3	Применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности
P4	Составлять инструкции по эксплуатации оборудования и программ испытаний
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.

P12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.
Универсальные компетенции	
P13	формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
P14	Применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
P15	Использовать иностранный язык в профессиональной сфере
P16	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P17	Использовать на практике навыки и умения в организации научно- исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P18	Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт **Энергетический (ЭНИН)**

Направление подготовки **13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Кафедра **Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)**

УТВЕРЖДАЮ:

и. о. зав. кафедрой ЭПП

_____ Сурков М.А.

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ5К	Пархоменко Олегу Юрьевичу

Тема работы:

Ветро-дизельная система электроснабжения поселка

Утверждена приказом директора (дата, номер)

13.02.2017 г. № 719/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, вли-

Поселок, представленный в виде жилых, производственных зданий и двух канатных дорог. Находится в Таштагольском районе Кемеровской области. Необходимо в ходе работы разработать проект ветро-дизельного электроснабжения указанного поселка. Суммарная максимальная нагрузка около 1350кВт.

<i>яния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>		
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>		<p>С целью объективной оценки технико-экономического обоснования данного проекта, осуществить сравнение трех вариантов системы, построенных с использованием разных ветроустановок.</p> <p>Попытаться улучшить технико-экономические характеристики автономной системы электроснабжения за счет использования ветроэлектростанции.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>		График нагрузки, баланс мощностей, конструкция мачт ветрогенераторов, фундаменты ветрогенераторов
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>		
Раздел	Консультант	
Социальная ответственность	Амелькович Ю.А., доцент, к.т.н.	
Финансовый менеджмент	Попова С.Н., доцент, к.э.н.	
Иностранный язык (немецкий)	Костомаров П.И., доцент, к.ф.н.	
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>		
Автоматизация системы электроснабжения		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалифика-	
---	--

ционной работы по линейному графику	
-------------------------------------	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лукутин Б.В.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Пархоменко О.Ю.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5K	Пархоменко Олегу Юрьевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных пред- приятий (ЭПП)
Уровень об- разования	магистр	Направление/специальность	13.04.02 – Электро- энергетика и электро- техника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Система электроснабжения, основанная на ветро и дизельных генераторных установках, сопутствующие с этим потенциально негативные вредные факторы.

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
ГОСТ 12.1.003-2014 Межгосударственный стандарт. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»;
ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования;
ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

– Техника безопасности при работе с опасными факторами

– Электробезопасность

– Производственная санитария:
- Микроклимат
- Производственная вентиляция
- Производственное освещение
- Виброакустические вредные факторы
- Защита от электромагнитных полей
- Статическое электричество

– Расчет защитного заземления

– Пожарная безопасность
- Мероприятия по профилактике пожарной безопасности
- Средства пожаротушения

– Экология и охрана окружающей среды

– Чрезвычайные ситуации	
– Особенность электроэнергетики	
Перечень графического материала:	
Контур заземления	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Пархоменко О.Ю.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5K	Пархоменко Олегу Юрьевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость 1кВт установленной мощности; себестоимость 1кВт*ч производимой электроэнергии
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Определение численности сотрудников
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на налоги: дополнительно 30% к фонду заработной платы

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Определение дохода от продажи электроэнергии в сеть	
2. Определение затрат на сооружение и эксплуатацию энергокомплексов	

Перечень графического материала:

1. Доход, получаемый от продажи излишков электроэнергии в сеть.
2. Капитальные вложения на создание гибридного комплекса на базе ветрогенератора Enercon E-40
3. Капитальные вложения на создание гибридного комплекса на базе 10 ветрогенераторов Condor Air

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Пархоменко О.Ю.		

Реферат

Данная выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 89 страницах, 29 рисунков, 19 таблиц, 4 приложения, 19 источников.

Ключевые слова: ветрогенератор, ветропотенциал, система электроснабжения, автоматизация, релейная защита, реконструкция, возобновляемые источники энергии, модернизация.

Объектом исследования является гибридная ветро-дизельная система электроснабжения, находящаяся на юге Кемеровской области на высоте 1260 метров.

Цель работы – произвести технико-экономическое сравнение двух приемлемых вариантов гибридных систем.

В процессе исследования проводились анализ материалов в открытом доступе, запросы производителям, технико-экономическое сравнение.

В результате исследования определен наиболее выгодный вариант.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: сравниваются ветроустановка немецкого производства 2000 года и парк из ветроустановок современного российского производства с разными высотами, массами, электрическими показателями.

Степень внедрения: в настоящее время подобные комплексы широко применяются в США, Китае и европейских странах, в РФ все чаще применяются при децентрализованном электроснабжении.

Область применения: энергодефицитные отдаленные районы, наиболее перспективные с точки зрения малой энергетики и обладающие потенциалом ВИЭ, в частности ветропотенциалом.

Экономическая эффективность/значимость работы: реализация данного проекта повысит надежность электроснабжения комплекса, повысит экономические показатели.

В будущем планируется произвести статистическое накопление данных по ветрам на расчетном участке хотя бы за 1 год, определиться с материалами, стойкими к низким температурам, обледенениям и произвести более детальный расчет.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, графических редакторах Microsoft Visio, расчеты произведены в Mathcad, IndorElectra и Microsoft Excel.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения:

Возобновляемая энергия – энергия из источников, являющихся неисчерпаемыми по человеческим масштабам.

Возобновляемые источники энергии – это энергоресурсы постоянно существующих природных процессов на планете, а также энергоресурсы продуктов жизнедеятельности биоценозов растительного и животного происхождения.

Ветроэнергетика – отрасль энергетики, связанная с разработкой методов и средств преобразования энергии ветра в механическую, тепловую или электрическую энергию.

Ветровой потенциал – полная энергия ветрового потока какой-либо местности на определенной высоте над поверхностью земли.

Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) – комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для преобразования энергии ветра в другие виды энергии (механическую, тепловую, электрическую и т.д.).

Сокращения:

ВИЭ – возобновляемые источники энергии;

ДЭС – дизельная электростанция;

ВЛЭП – воздушная линия электропередачи;

КВЛ – кабельно-воздушная линия;

СГЭ – система генерирования электроэнергии;

КПД – коэффициент полезного действия;

АПВ – автоматическое повторное включение;

АВР – автоматический ввод резерва;

ВДК – ветро-дизельный комплекс;

ВДЭС – ветро-дизельная электростанция;

НН – низшее напряжение;

АБ - аккумуляторная батарея;

ГСМ – горюче-смазочные материалы;

САПР – система автоматизированного проектирования;

ВИЭ – возобновляемые источники энергии;

НВИЭ – нетрадиционные возобновляемые источники энергии;

ВЭУ – ветроэнергетическая установка;

ВЭС – ветроэлектрическая станция;

ДЭС – дизельная электростанция;

БКТП – комплектная трансформаторная подстанция наружной установки в бетонных блоках;

КЗ – короткое замыкание;

МТЗ – максимальная токовая защита;

ТП – трансформаторная подстанция.

Нормативные ссылки:

НТП ЭПП-94 «Проектирование электроснабжения промышленных предприятий»;

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»

ГОСТ 12.1.003-2014 Межгосударственный стандарт. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;

ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»;

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования;

ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление;

ГОСТ 15.101-98 Порядок выполнения научно-исследовательских работ;

ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

«Приказ от 3 апреля 2000 г. N 68 Об утверждении рекомендаций по нормированию труда работников энергетического хозяйства»

Оглавление

Введение	7
1. Обзор литературы	8
1.1 Проблемы становления ВИЭ в Российской Федерации	8
1.2 Ситуация в мире	11
2. Объект и методы исследования	13
3. Проектирование ветро-дизельной системы электроснабжения.	14
3.1 Графики нагрузок	14
3.2 Оценка ветрового потенциала	16
3.2.1 Фактические данные.	16
3.2.2 Построение различных градаций скорости ветра за год.	16
3.2.3 Определение скорости ветра на высоте.	20
3.3 Разработка вариантов структурных схем гибридных электростанций и алгоритмов их функционирования	21
3.4. Определение рациональной мощности ДЭС	24
3.5 Выбор оборудования ветроэлектростанции	25
3.5.1 Ветрогенератор Enercon E-40 (производство Германия 2000г.).	25
3.5.2 Парк ветрогенераторов серии«Condor Pro» - 380/60 (60кВт).	33
3.5.3 Проблемы при эксплуатации ветрогенераторов	38
3.6 Расчет энергетического баланса гибридных электростанций	40
4. Схема электроснабжения	42
4.1 Описание схемы нормального режима	42
4.2 Выбор кабельных линий	42
4.3 Защита отходящих линий	46
4.3.1 Расчет токов КЗ на шинах НПС Sky Way, ВПС Sky Way, Sky Way.	46
4.3.2 Расчет токов самозапуска	50
4.3.3 Выбор уставок МТЗ для выключателей линий, питающих ВПС, НПС Sky Way	51
4.3.4 Токовая защита нулевой последовательности КЛ	53
5. Автоматизированная система управления	56
5.1 Краткая характеристика существующих систем	56
5.2 Характеристика внедряемых систем	56
5.3 Основные функции внедряемых систем	58
5.4. Учет энергии	61
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	64
7.1 Определение дохода от продажи электроэнергии в сеть	64
7.2 Определение затрат на сооружение и эксплуатацию энергокомплексов	64
7.3 Заключение	68
8. Социальная ответственность	69
8.1 Введение	69
8.2 Анализ опасных и вредных факторов	69

8.3 Техника безопасности при работе с опасными факторами	70
8.3.1 Для работы с электроустановками выше 1000 В	70
8.3.2 Для работы с электроустановками ниже 1000 В	70
8.4 Электробезопасность	72
8.5 Производственная санитария	74
8.5.1 Микроклимат	74
8.5.2 Производственная вентиляция	75
8.5.3 Производственное освещение	76
8.5.4 Виброакустические вредные факторы	76
8.5.5 Защита от электромагнитных полей	78
8.5.6. Статическое электричество	79
8.6 Расчет защитного заземления	79
8.7 Пожарная безопасность	81
8.6.1 Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на:	82
8.6.2 Средства пожаротушения	83
8.6.3 Профилактические мероприятия, предупреждающие возникновение пожаров	83
8.8 Экология и охрана окружающей среды	84
8.9 Чрезвычайные ситуации	85
8.9.1 Устойчивость работы объектов энергетики в чрезвычайных ситуациях	86
8.10 Особенность электроэнергетики	86
Заключение	88
Список используемых источников:	89

Введение

Децентрализованное электроснабжение характерно для огромной части территории Российской Федерации. В большинстве своем децентрализованная энергетика представлена дизельными электростанциями (ДЭС), работающими на привозном дизельном топливе.

Для оптимизации работы ДЭС, экономии топлива и технического ресурса дизельных агрегатов, повышения надежности электроснабжения потребителей целесообразно вводить в автономные системы электроснабжения возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Таким образом, гибридные автономные системы электроснабжения на базе ДЭС с ветрогенераторами или солнечными фотопанелями способны решить ряд насущных проблем децентрализованной энергетике.

Для принятия решения о приемлемости применения того или иного возобновляемого источника необходимо провести оценку потенциала возобновляемых энергоресурсов в данной местности.

Целью работы является проектирование ветро-дизельной системы электроснабжения потребителей в поселке, находящимся вблизи поселка городского типа Шерегеш Таштагольского района Кемеровской области на базе имеющихся 3 ДЭС по 315кВт. Географическое расположение рассматриваемого участка, рельеф – представлены в приложении В.

Под поселком в моей работе подразумевается комплекс жилых и нежилых зданий, пара канатных дорог, принадлежащие группе компаний «Malca».

В настоящее время электроснабжение осуществляется по ВЛЭП местной электросетевой организации. Указанная ЛЭП не надежна, происходят частные отключения. Данная работа призвана оценить целесообразность замены имеющегося источника электроэнергии или хотя бы удешевления стоимости потребляемой энергии. Рассматриваются три разных варианта ветрогенераторов.

Для осуществления поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- построить график энергопотребления поселка по месяцам года;
- оценить ветроэнергетический потенциал ВИЭ в данной местности;
- разработать структурную схему гибридной электростанции и алгоритм ее функционирования;
- определить рациональную установленную мощность электростанции, использующей ВИЭ;
- выбрать оборудование энергоустановок ВИЭ;
- произвести расчеты объемов возобновляемой электроэнергии по месяцам года;
- рассчитать энергетический баланс гибридной электростанции;
- выполнить технико-экономическое обоснование целесообразности построения гибридной системы электроснабжения;
- соблюсти мероприятия направленные на безопасность жизнедеятельности;
- выполнить графическую часть проекта.

1. Обзор литературы

1.1 Проблемы становления ВИЭ в Российской Федерации

Будущее наступает внезапно, особенно если вы не следите за новостями. И энергетическая революция, призрак которой уже давненько бродит по миру, в этом смысле не исключение. Пока одни из всех сил готовятся к приходу новой эпохи (и приближают ее), другие с сизифовым упорством зарываются все глубже в землю для добычи стораемых энергоресурсов.

Но в один прекрасный день много лет назад хитроумные датчане ни с того ни с сего начали пересаживаться на велосипеды и застраивать прибрежные регионы «садами» из ветряных электростанций. В результате сегодня маленькая, но гордая Дания получает почти 40% своей энергии от ветряков. А две трети депутатов датского парламента приезжают на заседания на велосипедах. А Норвегия, один из главных поставщиков природного газа на европейский рынок, практически целиком обеспечивает себя энергией, вырабатываемой на ГЭС. Что это? Скандинавский идеализм? Забота о природе и будущих поколениях? Экологическое мышление? Думаю, дело не только в этом

В некоторых местах будущее уже настало. В Баварии, например, уже есть деревни, которые не только перешли на полное самообеспечение электричеством, но и зарабатывают миллионы евро в год на продаже излишков энергии в национальную электросеть. Правительство все той же Дании поставило амбициозную цель – к 2050г. полностью освободить страну от стораемых источников энергии, а на четверть века раньше, уже к 2025г., Копенгаген собирается первым из мировых столиц перейти на «нулевой углеродный след», т.е. свести к нулю городские выбросы углекислого газа [13].

Россия сегодня прочно занимает место сырьевого придатка промышленно развитых стран и сильно зависит от мировых рынков углеводородов. Доля валютных поступлений от экспорта нефти, газа и продуктов их переработки в общем объеме российского экспорта составляет порядка 68%, нефтегазовые доходы – это 50% доходов федерального бюджета. Судьбоносную важность для России сырьевых рынков подчеркивает тот факт, что новостные ленты отводят публикациям биржевых котировок цен на нефть самые видные места. Но объемы российского экспорта углеводородов при международных сопоставлениях отнюдь не поражают воображение. Размер всех наших зарубежных поставок нефти за год в денежном выражении сопоставим с выручкой всего лишь одной компании Apple.

Для России ситуация осложняется еще и тем, что наш основной, европейский рынок, на который направляется большая часть российских нефтяных и газовых потоков, сделал однозначный выбор в пользу чистой энергии и движение в этом направлении будет происходить на нем быстрее, чем в среднем в мире. Переориентация экспортных поставок на азиатские рынки требует значительных капитальных инвестиций в транспортную инфраструктуру, при этом оправданность таких вложений также неочевидна.

Лидерами в возобновляемой энергетике являются индустриально развитые страны, имеющие четкую промышленную политику, прозрачные меры финансо-

вой поддержки производителей (и потребителей), активно и обильно финансирующие научные исследования как прикладного, так и фундаментального характера. Именно данные черты являются причинами их технологических преимуществ, в том числе перед Россией. Таким образом, первоочередным ответом на вызовы, которые возобновляемая энергетика бросает российской сырьевой экономике, является отнюдь не ускоренное развитие сегмента ВИЭ. Наука, промышленные технологии и производства – единственная основа, на которой Россия сможет экономически развиваться в дальнейшем. Развитие, например, машиностроения, в том числе станкостроения, дает колоссальный мультипликативный эффект. На одно место в машиностроении может создаваться до семи рабочих мест. Наконец, нельзя недооценивать роль сложного, технологичного и наукоемкого производства в совершенствовании социальной структуры общества – в создании образованного, творческого, по-настоящему креативного слоя граждан.

В настоящее время, увы, российская экономическая модель во много основывается на перераспределении богатства, созданного еще в советский период. Основные используемые месторождения ископаемого топлива разведаны и освоены еще во времена СССР. В то же время большинство важнейших несырьевых отраслей фактически похоронено. Зависимость от импорта в станкостроении, тяжелом машиностроении, радиоэлектронике составляет 80-90% [14].

Причиной сложившейся на сегодняшний день неблагоприятной ситуации в экономике во многом является отсутствие больших целей и смыслов, которые должны задаваться элитой и «овладевать массами». Господствующая идея «брать от жизни все», обогащаться здесь и сейчас в сочетании с обезьянничаньем и оглядками на Запад не способствует развитию научно-технических разработок. Похоже, что формирование национального ориентированной элиты началось в России только сейчас, украинский кризис, приведший к разочарованию в «западных партнерах», ускорил этот процесс.

Мировой опыт развития возобновляемой энергетике с абсолютной четкостью показывает, что технологически и промышленно развитые государства, независимо от их места в глобальных индексах и рейтингах свободы – и страны, как принято считать, с развитой и свободной рыночной экономикой, и «менее свободный, более тоталитарный» Китай – используют крайне жесткие модели государственного долгосрочного планирования с постановкой конкретных, измеряемых конечных целей и широчайшим набором законодательно установленных мер и инструментов, призванных обеспечить достижение этих целей. Россия явно выбивается из этого стройного ряда, видимо получив иммунитет от планирования в экономике, отторгающий даже крайне важные его инструменты.

Таким образом, России нужны активная промышленная политика, государственного планирование промышленного производства, целевые индикаторы и подробные «дорожные карты», обеспечивающие достижение поставленных целей. Судя по размерам вознаграждений менеджеров компаний с государственным участием, объемам ресурсов, направляемых государственным бизнесом на содержание футбольных клубов, средства для увеличения финансирования российской науки имеются в избытке.

Официальные данные США на 2012г. [13].позволяют составить следующую картину стоимости строительства разных типов электростанций (без учета стоимости финансирования) (таблица 1).

Таблица 1 – Стоимости сооружения электростанций

Вид электростанций	Капитальные затраты (\$/кВт)
Уголь	2934-6599
Газ	676-2095
Атомная энергетика	5530
Биомасса	4114-8180
Ветер	2213-6230
Солнце (PV)	3873-4183
ГЭС	2936
Геотермальная ЭС	4362-6243

Следует дополнительно подчеркнуть, что здесь приведены данные за 2012 г., с тех пор цены на солнечные модули сократились примерно на 20%.

В сентябре 2014 г. инвестиционный банк Lazard выпустил очередное исследование [13].

LCOE (LCOE= $\frac{\text{все затраты в течение жизненного цикла}}{\text{количество э/энергии,выработанной в течение жизненного цикла}}$) для различных видов электрической генерации (данные для США).

Особое внимание обращает на себя динамика падения затрат на производство одного мегаватт-часа электроэнергии в 2009-2014гг. Для ветряной генерации падение составило 58%, для солнечной – 78%, а результаты исследования в целом чрезвычайно комплементарны возобновляемой энергетике (табл. 2).

Таблица 2 – Стоимости производимой электроэнергии

Вид электростанций	LCOE (\$/МВт) без учета субсидий
Уголь	66-151
Газ (ПГУ)	61-87
Газ (Пиковая электростанция)	179-230
Атомная энергетика	92-132
Дизельная генерация	297-332
Биомасса	87-116
Ветер (onshore)	37-81
Солнце (PV)	72-265
Геотермальная ЭС	89-142

Материковая ветроэнергетика здесь, как видите, является по сути самым экономичным способом производства электричества.

Наконец, уже в 2015г. Международное агентство по возобновляемой энергии (IRENA) выпустило отчет под названием «Стоимость генерации в возобновляемой энергетике в 2014г.». Вывод исследования: стоимость производства электричества береговыми ветряными электростанциями, в геотермальной и гидроэнергетике, а также на основе биомассы равна или ниже, чем стоимость ге-

нерации угольными, газовыми и дизельными электростанциями даже без финансовой поддержки и при падающих ценах на нефть

«Цена солнечного электричества упадет вдвое к 2025-2030гг.. Это превратит его в самый дешевый способ производства энергии в большинстве мест земного шара», - утверждают исследователи Технического университета Лаппеенранта в Финляндии. Это мнение подтверждают исследователи немецкой консалтинговой группы Agora Energiewende.

«Через 30 лет здесь будет огромное количество нефти, но не станет покупателей. Каменный век закончился не потому, что кончились камни. Нефтяная эра закончится не потому, что кончится нефть», - произнес в 2000г. шейх Ахмед Заки Ямани, бывший министр нефти Саудовской Аравии, в интервью одной из британских газет. Сегодня, в 2016, уже не осталось технологических и экономических препятствий для дальнейшего развития возобновляемой энергетики и отказа от традиционных носителей энергии (углеводородов).

В разделе не описывается главный «энергоресурс», «первичное топливо» современности – энергоэффективность. Потенциал энергосбережения в РФ – почти половина потребляемой страной первичной энергии. Не описывается, что возобновляемая энергетика – путь к решению экологических проблем планетарного масштаба.

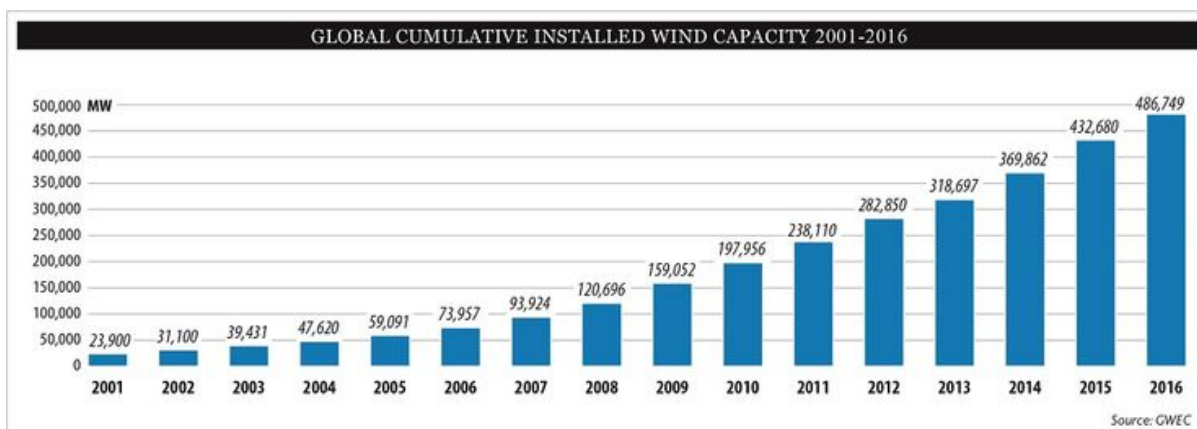
Нашей стране необходимо осуществить свой «промышленный поворот». Для этого необходимы большие идеи развития, крупные, воодушевляющие позитивные цели, подкрепленные развитием науки, экономическим планированием, промышленной и национально ориентированной финансовой политикой. Развитие отечественных ВИЭ должно рассматриваться не просто в качестве «добавки» к существующей энергетике, но как средство решения задач развития науки и промышленности, а также экологических проблем.

1.2 Ситуация в мире

Ветроэнергетика стала заметной отраслью мировой энергетики – около 2 % мирового производства электроэнергии; в Европе – 3,5 % в 2008 г. при общей установленной мощности 121 ГВт.

В 2014 году количество электрической энергии, произведённой всеми ветрогенераторами мира, составило 706 тераватт-часов (3 % всей произведённой человечеством электрической энергии). Некоторые страны особенно интенсивно развивают ветроэнергетику, в частности, на 2015 год в Дании с помощью ветрогенераторов производится 42 % всего электричества; 2014 год в Португалии — 27 %; в Никарагуа — 21 %; в Испании — 20 %; Ирландии — 19 %; в Германии — 8 %; в ЕС — 7,5 %[3]. В 2014 году 85 стран мира использовали ветроэнергетику на коммерческой основе. По итогам 2015 года в ветроэнергетике занято более 1 000 000 человек во всем мире (в том числе 500 000 в Китае и 138 000 в Германии) [19].

На рисунке показан рост суммарной мощности ветроэнергетических установок в мире.



Есть все основания полагать, что к 2020 г. доля ветроэнергетики в производстве электроэнергии достигнет 10 %. По прогнозам в 2020 г. общая мощность ВЭУ достигнет 1200 ГВт. Общая установленная мощность фотоэлектрических станций достигла 16,75 ГВт. Это более чем в 1,6 раза превышает мощность всех геотермальных электростанций. По прогнозам мощность фотоэлектрических установок в 2020 г. составит 800 ГВт. Применение частотных преобразователей и инверторов на ветроустановках и ФЭС позволило решить проблему регулирования напряжения в точках присоединения ВЭС и ФЭС к сети общего пользования. Накопление опыта работы ветростанций позволяет прогнозировать суточную выработку ВЭС с вероятностью 95 %. Необходимость резервирования мощности ВЭС для погашения дополнительной вариации мощности практически отсутствует при доле мощности ВЭС, составляющей до 10 % от мощности системы. Развитие ветроэнергетики и фотоэлектрэнергетики дало мощный импульс развитию производства силовых выпрямителей, преобразователей частоты, инверторов в широком диапазоне мощностей (от 0,1 кВт до 10000 кВт), а также кабелей на напряжение от 0,4 до 110 кВ, в том числе в морском исполнении. Развитие ветроэнергетики резко повысило спрос на генераторы различных типов (диапазон мощностей, диапазон скоростей вращения, диапазон напряжений) – асинхронных с переключением пар полюсов (100-2500 кВт, 750-1000 об/мин, 400-690 В); асинхронизированных (двойного питания) с переменной скоростью вращения (600-5000 кВт, 670- 2000, 1000-2000, 900-1800 об/мин, 690-3300 В), синхронных тихоходных многополюсных (кольцевых) с переменной скоростью вращения (300- 4500 кВт; 16-32, 10-22, 8-13 об/мин, 400-690 В), с постоянными магнитами и переменной скоростью вращения (1000 кВт, 44-146 об/мин, 660 В).

2. Объект и методы исследования

Объектом исследования в нашей работе является система электроснабжения, основанная на базе ветрогенерации.

Предмет исследования – технико-экономические показатели разных вариантов схем электроснабжения на основе ветрогенерации. Сюда относятся стоимость 1кВт установленной мощности, стоимость 1кВт*ч.

При исследовании была проанализирована соответствующая современная литература, изучены и обобщены сведения о подобных системах в мировой практике, произведено технико-экономическое сравнение систем, проектируемых в нашей работе.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Определение дохода от продажи электроэнергии в сеть

В связи с тем, что в нашем проекте количество электроэнергии суммарно в течение года вырабатывается больше чем потребляется, то разумно эту электроэнергию тратить не на нагрев атмосферы, а продавать в сеть.

Процесс согласования и подключения малой энергетики к сетям электросетевых организации процесс трудоемкий, а в особенности в России с ее законами и бюрократией. Но, допускаем, что в ходе реализации проекта получены все согласования со стороны Ростехнадзора, выполнены все условия по отношению к электросетевой организации и наша ветрогенерация может выдавать мощность в сеть. Соответственно на границе балансовой принадлежности ставится двухсторонний счетчик, который фиксирует сколько в течении месяца отдано и сколько потреблено кВт*ч.

Для большей технической эффективности подключение осуществлено по стороне 6кВ. На 2017 год в среднем по Кемеровской области стоимость одного кВт*ч по 6кВ составляет для юридических лиц 2 рубля. Сумма указана без учета наценок энергосбытовых организации и платы за транспорт электроэнергии электросетевой организации.

Рассчитаем дополнительный доход, получаемый от продажи избытков электроэнергии.

Таблица 16 – Доход, получаемый от продажи излишков электроэнергии в сеть.

Ветрогенерация	Выработано за год, кВт*ч	Потреблено в год, кВт*ч	Разница, кВт*ч	Получено денег, руб
Enercon E-40	4127250,00	1540080	2587170,00	5174340
Condor Air	4224900,00	1540080	2684820,00	5369640

Из таблицы 16 видно что при реализации обоих вариантов доход в год получается свыше 5 млн.руб. без учета ежегодного повышения стоимости электроэнергии.

7.2 Определение затрат на сооружение и эксплуатацию энергокомплексов

К основным критериям экономической эффективности гибридных электростанций можно отнести приведенные годовые затраты на 1 кВт установленной мощности электростанции и стоимость 1 Квтч электроэнергии. Данные критерии определяются из следующих выражений:

$$Z_p = \frac{Z}{P}, \quad (91)$$

где P – установленная мощность объекта электроснабжения, кВт;
 Z – Приведенные годовые затраты.

$$Z = E_n \cdot K + I_{\text{экспл}} + I_{\text{зп}}, \quad (92)$$

где E_n – величина, обратная нормативному сроку окупаемости, при сроке окупаемости для гибридных электростанций 20 лет, $E_n = 0,05$ [5];

K – капитальные затраты, руб;

$I_{\text{экспл}}$ – издержки замену запчастей (включая транспортировку);

$I_{\text{зп}}$ – издержки на заработную плату персоналу станции.

$$K = K_{\text{обор}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{стр}} + K_{\text{тр}}, \quad (93)$$

где $K_{\text{обор}}$ – стоимость комплектного оборудования, руб;

$K_{\text{пр}}$ – стоимость проектных работ, руб;

$K_{\text{стр}}$ – стоимость строительных и монтажных работ по установке электростанции, руб.

$K_{\text{тр}}$ – стоимость транспортировки оборудования к месту установки.

Себестоимость 1 кВтч электроэнергии:

$$C_{\text{эл}} = \frac{Z}{W_{\text{год}}}, \text{ руб/кВтч} \quad (94)$$

Определяем капитальные вложения на создание гибридной электростанции.

Стоимость транспортировки ветрогенератора Enercon рассчитываем из средних показателей на рынке. Берем стоимость перевозки 1кг на 1 км ООО «Деловые Линии» в 0.15руб. Расстояние от Магдебурга до Шерегеша 6000км, вес 27,5тонн.

Таблица 17 – Капитальные вложения на создание гибридного комплекса на базе ветрогенератора Enercon E-40.

№	Наименование товара/работ	Кол-во, шт	Цена за шт, евро	Цена за шт, млн. руб	Сумма, млн. руб
1	Ветрогенератор E40	1	195800		12,727
2	Мачта, фундамент	1	137060		8,909
3	Контроллер Enercon	1	19580		1,273
4	Инвертор Enercon 600кВт	1	29370		1,909
5	КТП 630 0,4/6кВ	1		1	1
6	Оборудование для подключения к	144		1	1

	сети (выключатели, кабели и проч.)				
Итого оборудование					24,909
7	Строительно-монтажные работы (20% от стоимости оборудования)	-		-	4,98
8	Проектные работы	-		-	0,5
9	Транспортные расходы	-		-	23,85
Итого					54,24

Таблица 18 – Капитальные вложения на создание гибридного комплекса на базе 10 ветрогенераторов Condor Air.

№	Наименование товара/работ	Кол-во, шт	Цена за шт, млн. руб	Сумма, млн. руб
1	Ветрогенератор Condor Air Pro 60кВт	10	2,75	27,5
2	Фундамент	10	0,2	2
3	Силовой модуль синхронизации	10	0,92	9,2
4	Инвертор 60кВт	10	0,413	4,13
5	КТП 630 0,4/6кВ	1	1	1
6	Оборудование для подключения к сети (выключатели, кабели и проч.)	1	1	1
Итого оборудование				44,83
7	Строительно-монтажные работы (20% от стоимости оборудования)	-	-	8,97
8	Проектные работы	-	-	0,5
9	Транспортные расходы	-	-	12,6
Итого				66,9

Стоимость транспортировки ветрогенераторов Condor определяется: вес ротора, гондолы, башни – 5 тонн, вес свай для фундамента 1,5 тонны. В сумме получится около 7 тонн, стоимость перевозки 1кг на 1 км ООО «Деловые Линии» в 0.15руб. Расстояние от Омска до Шерегеша 1200км.

Основные эксплуатационные затраты приходятся на замену выходящих из строя узлов, блоков, смазку. В среднем это 0,5% в год от капзатрат.

$$I_{\text{экспл } Enercon} = 54,24 * 0,5 = 0,27 \text{ млн руб/год.}$$

$$I_{\text{экспл } Condor} = 66,9 * 0,5 = 0,335 \text{ млн руб/год.}$$

В соответствии с «Приказ от 3 апреля 2000 г. N 68 Об утверждении рекомендаций по нормированию труда работников энергетического хозяйства» требуемая численность обслуживающего персонала энергокомплекса должна составлять 6 человек.

Средняя заработная плата по отрасли 45,38тр.

Дополнительно учитываем 30% на налоги с фонда оплаты труда.

$$I_{3П} = 59 \cdot 6 \cdot 12 = 4,25 \text{ млн. руб/год.}$$

Приведенные годовые затраты для проектируемой станции составят:

$$Z_{Enercon} = 54,24 \cdot 0,05 + 0,27 + 4,25 = 7,23 \text{ млн. руб/год.}$$

$$Z_{Condor} = 66,9 \cdot 0,05 + 0,335 + 4,25 = 7,93 \text{ млн. руб/год.}$$

Приведенные годовые затраты на 1 кВт установленной мощности:

$$Z_{Enercon} = \frac{54,24}{600} = 90,4 \text{ тыс. руб/кВт;}$$

$$Z_{Condor} = \frac{66,9}{600} = 111,5 \text{ тыс. руб/кВт;}$$

Себестоимость производимой электроэнергии:

$$C_{Enercon} = \frac{7230000}{4127250} = 1,75 \text{ руб/кВтч.}$$

$$C_{Condor} = \frac{7930000}{4224900} = 1,87 \text{ руб/кВтч.}$$

Себестоимость производимой электроэнергии с учетом компенсации величины затрат на производство электроэнергии за счет продажи ее в сеть:

$$C_{Enercon} = \frac{7230000 - 5174340}{4127250} = 0,5 \text{ руб/кВтч.}$$

$$C_{Condor} = \frac{7930000 - 5369640}{4224900} = 0,6 \text{ руб/кВтч.}$$

Существующий тариф на электроэнергию составляет в среднем 6 руб/кВтч.

Не приводим расчеты на содержание имеющегося дизельного комплекса, т.к. при реализации любого варианта ветростанции, дизельные мощности меняться не будут и затраты на их содержание будут одинаковыми в обоих вариантах.

По совокупности технико-экономических показателей, более рациональным является вариант с одним промышленным ветрогенератором Enercon E-40 по сравнению с гибридной ветро-дизельной системой на базе 10 ветрогенераторов Condor Air.

При реализации этого варианта себестоимость производимой электроэнергии будет на 16% дешевле, капитальные затраты на 11,6 млн меньше (54.24 млн.руб вместо 66.9млн.руб).

Но такое решение будет неоднозначным, т.к. согласно действующему законодательству РФ, генерирующие мощности одной единицы, превышающие 250кВт, требуют специальных разрешений и согласований.

Согласование также потребует по высоте ВЭС, т.к. по действующему законодательству РФ объекты высотой свыше 50 м требуют разрешений.