

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

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Применение накопителей энергии для повышения эффективности автономных систем электроснабжения

УДК 621.319.4-049.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Шишлянникова Светлана Анатольевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Плотников Игорь Александрович	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Завьялов В.М.	д.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

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

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой ЭПП

**Завьялов**

\_\_\_\_\_

(Подпись)

\_\_\_\_\_

(Дата)

(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>магистерской диссертации</b>
---------------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5K	Шишлянникова Светлана Анатольевна

Тема работы:

<b>Применение накопителей энергии для повышения эффективности автономных систем электроснабжения</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.02.2017 г. № 719/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(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, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Наименование объекта исследования;</li> <li>- Удаленный поселок Левинские пески (Красноярский край)</li> </ul>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Автономные системы электроснабжения удаленных объектов. Аналитический обзор;</li> <li>- Разработка системы электроснабжения удаленного населенного пункта на базе дизельной электростанции;</li> <li>- Повышение эффективности использования дизель-генераторных установок;</li> <li>- Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>- Социальная ответственность</li> </ul>

<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	- Презентация в формате PDF
--	-----------------------------

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Попова Светлана Николаевна
<b>Социальная ответственность</b>	Амелькович Юлия Александровна
<b>Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке</b>	Соколова Эльвира Яковлевна

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Introduction
Autonomous power supply systems
Description of the built-in battery in the diesel generator system
Conclusion

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Плотников Игорь Александрович	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Шишлянникова Светлана Анатольевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ5К	Шишлянникова Светлана Анатольевна

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): Расчет стоимостивариантов построения схемы электроснабжения поселка</i>	<i>Расчет стоимости вариантов построения схем электроснабжения поселкаЛевинские Пески, согласно принятой методике</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления в внебюджетные фонды – 27,1% от фонда оплата труда.</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и  
разработке:**

1. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Оценка ресурсной и финансовый эффективности исследований.</i>
--	--

**Перечень графического материала:**

1. <i>Смета расходов для первого варианта построения схемы электроснабжения поселка</i>
2. <i>Смета расходов для второго варианта построения схемы электроснабжения поселка</i>
3. <i>Смета расходов для третьего варианта построения схемы электроснабжения поселка</i>
4. <i>Смета расходов для четвертого варианта построения схемы электроснабжения поселка</i>
5. <i>Диаграмма расходов построения схемы электроснабжения поселка</i>
6. <i>Интегральный финансовый показатель</i>
7. <i>Сравнительная оценка характеристик вариантов построения схемы электроснабжения поселка</i>
8. <i>Интегральный показатель ресурсоэффективности</i>
9. <i>Сравнительная эффективность разработки</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ5К	Шишлянникова Светлана Анатольевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5AM5K	Шишлянникова Светлана Анатольевна

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Электроснабжение промышленных предприятий</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Электроэнергетическая установка на основе дизель-генераторов
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- напряженность зрения;</li> <li>- шум и вибрации;</li> <li>- запыленность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- отклонение параметров микроклимата от нормы.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- движущиеся механизмы, подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- электрический ток.</li> </ul> <p>Разработка организационных и технических мер по нормализации уровней факторов и защите от их действия.</p>

<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- влияние дизельного двигателя на окружающую среду;</li> <li>- разработка решений по обеспечению экологической безопасности.</li> </ul>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия по улучшению условий труда.</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.03.17 г.
--	-------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ5К	Шишлянникова Светлана Анатольевна		

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

---

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования магистр

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

Период выполнения осенний 2015/2016/, весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
...	...	...
...	...	...

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Плотников Игорь Александрович	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Завьялов В.М.	д.т.н., доцент		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 121с., рис.35, табл.33 и 37 источников

Ключевые слова: Автономная система электроснабжение, дизель-генераторная установка, накопители энергии, инверторная ДЭС, оптимизация системы.

Целью диссертационной работы является анализ возможных вариантов повышения топливной эффективности автономных систем электроснабжения на базе ДГУ.

В процессе исследования выполнены следующие задачи:

- Провели анализ автономных систем электроснабжения.
- Оценили рынок ДГУ и ДЭС.
- Разработали систему электроснабжения удаленного населенного пункта на базе дизельной электростанции.
- Рассмотрели пути повышения эффективности дизельной электростанции (использование ИБП и инверторных ДЭС).

В ходе исследования анализированы различные пути повышения топливной эффективности дизельной электростанции. Рассчитаны расход топлива при использовании дизель-генераторной установки с применением АКБ и инверторных ДЭС.

Все поставленные задачи согласно заданию ВКР выполнены в полном объеме.



## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие сокращения:

АЭС – автономная электроэнергетическая система;

ЭП – электроприемник;

ЛЭП – линии электропередач;

ГЭС – гидроэлектростанция;

ТЭС – теплоэлектростанция;

ДЭС – дизельная электростанция;

ДГУ – дизель-генераторная установка;

АБ – аккумуляторная батарея;

ИБП – источники бесперебойного питания;

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).

ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности"

ПУЭ 85. Правила устройства электроустановок. Издание 6 01.01.1985  
Р2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

СНиП 11-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	13
1.1 Требования, предъявляемые к автономным системам электроснабжения .....	13
1.2 Виды автономных систем электроснабжения .....	14
1.3 Использование ДГУ в автономных системах электроснабжения .....	19
1.4 Накопители энергии в СЭС .....	24
1.5 Цель и задачи выпускной квалификационной работы .....	30
4 Техничко-экономическое сравнение вариантов .....	31
4.1 Техничко-экономическое обоснование целесообразности построения электростанции.....	31
4.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности .....	35

## ВВЕДЕНИЕ

Самым большим в мире государством по площади зон децентрализованного электроснабжения является Российская Федерация. К центральным электрическим сетям не подключено около 70% территории России. По различным оценкам здесь проживает от 10 до 20 млн. человек. К таким территориям относятся Дальний Восток, Сибирь, северные территории и некоторые другие регионы. Одной из основных задач страны является надежное и качественное энергоснабжение данных районов. Энергообеспечение таких потребителей возможно с помощью малой энергетики. В России ведущую часть малой энергетики составляют дизельные электростанции, их насчитывается около 47 тыс., а установленная мощность достигает 15 млн. кВт.

Дизельные электростанции, обладая высокой надежностью, достаточно большим моторесурсом и долговечностью, не заменимы в качестве автономных источников основного и резервного электроснабжения. Однако топлива необходимые для работы дизельной электростанции завозятся из удаленных центров водными, автомобильными транспортом, а иногда даже вертолетом, что делает его доставку дорогим. Кроме этого доставка топлива зависит от погоды, от времени года, поэтому доставка топлива не всегда возможна.

Очевидно, что при современном уровне электрификации ее стратегической задачей является повышение надежности и энергетической эффективности малой энергетики России, без успешного решения которой невозможно социально-экономическое развитие многих регионов РФ.

Помочь потребителям можно совершенствуя схему электроснабжения, тем самым сокращая недоотпуск электроэнергии потребителям и соответственно уменьшая наносимый им материальный ущерб, но капитальные расходы на ее эксплуатацию увеличиваются[1].

Целью диссертационной работы является анализ возможных вариантов повышения топливной эффективности автономных систем электроснабжения на базе ДГУ.

В первом разделе работы проведен анализ требований, предъявляемых к автономным системам электроснабжения. Проведен аналитический обзор схем построения ДЭС. Определены пути повышения эффективности дизельной электростанции (использование ИБП, инверторных ДЭС).

Во втором разделе выбран объект электроснабжения, рассчитаны электрические нагрузки и построены суточные графики для разных сезонов

года. Произведен выбор числа и мощности электроагрегатов ДЭС, рассчитан расход топлива выбранных ДГУ. Разработана схема построения поселка с учетом выбранной ДЭС.

В третьем разделе произведен анализ и выбор системы накопителей энергии, определено оптимальное количество АКБ. Рассчитан расход топлива для различных вариантов.

В четвертом разделе произведено технико-экономическое сравнение вариантов системы электроснабжения, выбран наиболее оптимальный вариант.

Пятый раздел содержит факторы, влияющие на персонал при обслуживании ДГУ. Определены чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при работе дизельного двигателя рассмотрены меры для предотвращения таких ситуаций.

В заключении подводятся итоги магистерской диссертации. Формулируются основные выводы по результатам работы.

# 1 АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

## 1.1 Требования, предъявляемые к автономным системам электроснабжения

Система электроснабжения представляет собой совокупность источников и систем преобразования, передачи и распределения электрической энергии. В систему электроснабжения не входят потребители (или приёмники электроэнергии).

К системам электроснабжения предъявляются следующие основные требования:

- безопасность обслуживания элементов СЭС;
- надёжность системы и бесперебойность электроснабжения потребителей;
- качество электроэнергии на вводе к потребителю;
- унификация (модульность, стандартизация);
- большая степень автоматизации;
- экономичность, включает в себя такие понятия, как энергоэффективность и энергосбережение;
- эргономичность;
- экологичность.

Особенностями АСЭ являются:

- малое количество ЭП, в результате график нагрузок является резко переменный;
- большое число однофазных ЭП, как следствие, несимметрия нагрузки.

Конфигурация СЭС представляет собой схему расположения источников электроэнергии, входящих в СЭС, устройств распределения, передачи, преобразования электроэнергии (электростанции, ЛЭП, трансформаторные подстанции, распределительные устройства и т. д.).

Система электроснабжения может включать в себя:

- источники электроэнергии: ГЭС, ТЭС, ветрогенератор, солнечная батарея;
- систему передачи электроэнергии: ВЛ, КЛ, электропроводка;
- систему преобразования электроэнергии: трансформатор, автотрансформатор, выпрямитель, преобразователь частоты, конвертор;
- систему распределения электроэнергии: открытое распределительное устройство, закрытое распределительное устройство;

– релейную защиту и систему автоматизации: защита от перенапряжения, грозозащита, защита от короткого замыкания, дуговая защита;

– систему управления и сигнализации: система диспетчерской связи, автоматизированная система контроля и управления энергией (АСКиУЭ), автоматизированная система коммерческого учёта энергией (АСКУЭ);

– операционную систему: технологические карты, графики нагрузки, графики регламентного технологического обслуживания;

– систему собственных нужд: системы обогрева, освещения, вентиляции в зданиях и сооружениях, где размещены элементы СЭС;

– систему гарантированного электропитания для самых ответственных потребителей: источник бесперебойного питания (ИБП), система автономного электроснабжения (САЭ), система резервного электроснабжения (СРЭ), мобильная система аварийного электроснабжения (МСАЭ)[2].

## **1.2 Виды автономных систем электроснабжения**

Автономное электроснабжение – это независимое электропитание объекта, т.е. когда электроэнергия не подается от централизованной сети, а вырабатывается исключительно внутренними источниками.

АСЭ широко применяют в промышленной индустрии, строительстве, сельском и коммунальном хозяйствах. Они работают на предприятиях, в аэропортах, морских и речных портах, в энергоблоках больниц, в фермерских хозяйствах, в системах аварийного энергоснабжения, на объектах оборонного комплекса – везде, где необходимо электричество, а сеть либо отдалена, либо работает с перебоями.

Электроэнергия, которая необходима для питания таких объектов, должна вырабатываться бесконечно и при любых условиях, это ключ нормальной жизнедеятельности. Источник энергии должен быть предпочтительно возобновляемым и безвредным.

Наиболее распространенными и доступными сегодня системами, которыми решается автономная электрификация, можно назвать следующие виды оборудования:

- дизельные электростанции;
- солнечные электростанции;
- ветроэнергетические установки;
- портативные гидроэлектростанции.

Рассмотрим особенности работы, преимущества и недостатки каждой из этих систем.

К дизельным электростанциям относятся установки, в которых электрический генератор работает от двигателя внутреннего сгорания, использующего в качестве топлива бензин или дизельное топливо. Это оборудование вполне доступно сегодня в разных категориях мощности.

Современная промышленность в области электротехники предлагает сегодня массу различного генераторного оборудования, которое отличается не только ценой, но и принципом по которому происходит генерация электроэнергии.

Обычный электрогенератор – это устройство, которое использует углеводородное топливо в качестве основного источника энергии, которая механическим путем преобразуется в электрическую. На рисунке 1.1 представлен общий вид дизель-генератора.

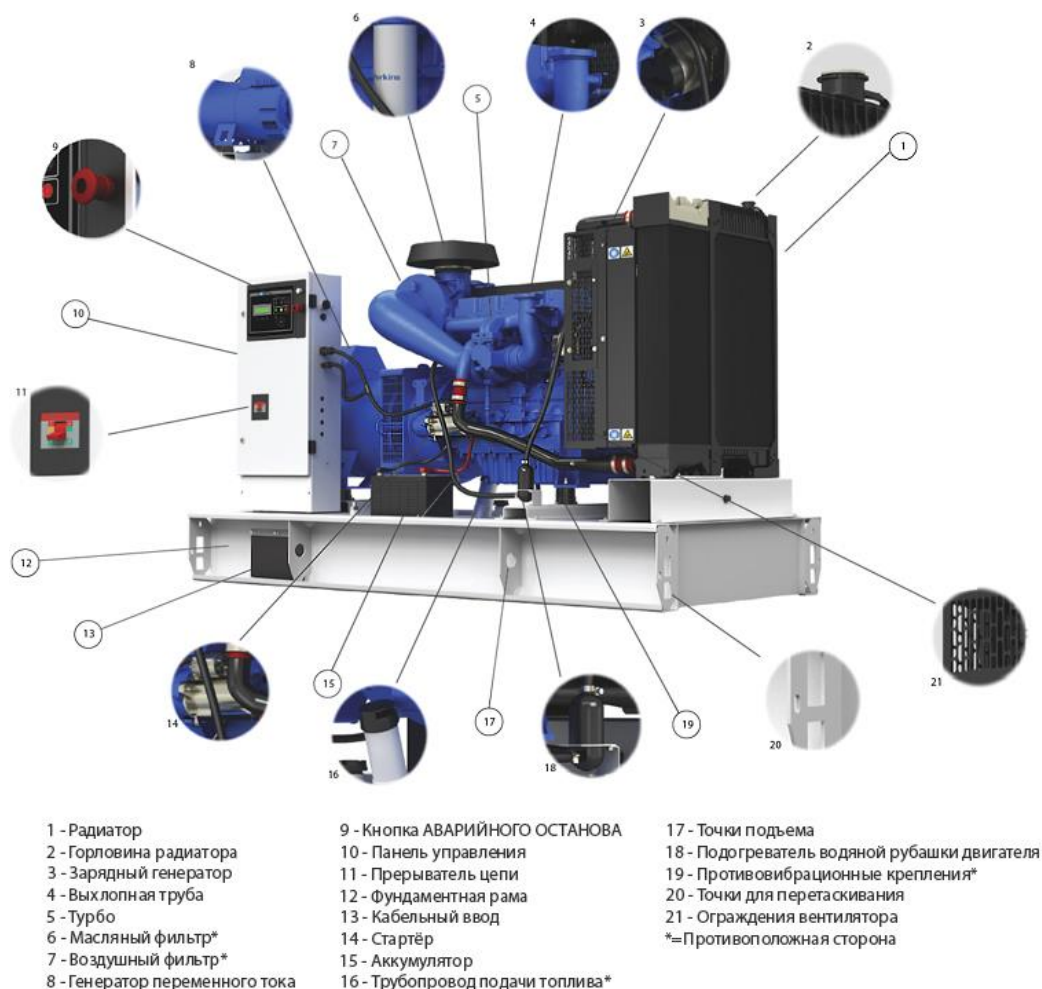


Рисунок 1.1 – Общий вид дизель-генератора

Топливо используется для приведения в движение двигателя, который непосредственно соединяется с альтернатором (электрогенератором переменного тока). Альтернатор преобразует механическую энергию

двигателя в электрическую за счет системы постоянных магнитов и обмотки ротора.

Качество вырабатываемой электроэнергии напрямую зависит от стабильности работы двигателя, поэтому он должен вращаться с постоянной скоростью. В этом и состоит основной недостаток конструкции такого генератора. Обычный генератор может быть очень неэффективен, в зависимости от режима работы. На рисунке 1.2 показана схема ДЭС.

Основная проблема — это высокий расход топлива при неполной загрузке, особенно при длительной эксплуатации в этом режиме. Данный факт необходимо учитывать, потому как аренда дизельного генератора или его покупка, в конечном счете, может оказаться весьма дорогостоящим удовольствием во время эксплуатации. По этой причине необходимо подбирать генератор строго по мощности нагрузки.

Другая проблема таких генераторов заключается в образовании сажи в двигателе при эксплуатации оборудования на неполной загрузке, что приводит к преждевременной необратимой поломке двигателя.

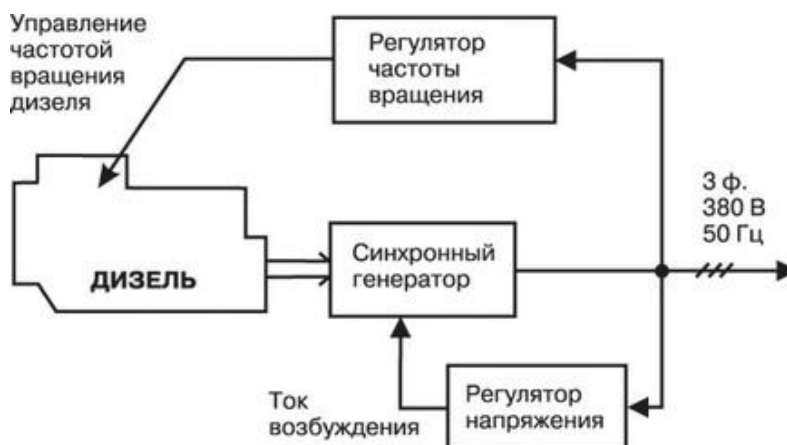


Рисунок 1.2 – Схема дизель электростанции

Не смотря на описанные минусы у генераторов классической схемы производства электроэнергии есть одно неоспоримое преимущество, которое оставляет далеко позади своих более технологичных собратьев. Это преимущество заключается в практически неограниченных возможностях по спектру мощностей, а также невероятно высокой надежности и долговечности при использовании на полную мощность и регулярным проведением ТО. При этом стоимость обычного генератора значительно меньше инверторного той же мощности.

Инверторный генератор — это также генератор переменного тока (дизельный или бензиновый), но принцип выработки электроэнергии у него значительно отличается от классической схемы. Инверторный генератор не



выдает электроэнергию напрямую, а накапливает ее в аккумуляторной батарее, которая встроена в конструкцию устройства.

Принцип работы инверторного генератора следующий: сначала двигатель производит переменный ток высокой частоты и преобразует его в постоянный с использованием силовой электроники и заряжает им батарею. На следующем этапе электроэнергия из батареи преобразуется при помощи инвертора в электроэнергию переменного тока нужного напряжения и частоты (220В / 50Гц). Структурная схема инверторной ДЭС представлена на рисунке 1.3.

Благодаря такой схеме получения электроэнергии инверторные генераторы крайне эффективны в вопросе расхода топлива. Вся суть в том, что данному генератору нет необходимости поддерживать точно заданную скорость вращения двигателя. Поэтому при малых нагрузках и топлива расходуется гораздо меньше. Также это позволяет делать конструкцию устройства более легкой и компактной, так как можно использовать двигатель меньших размеров и мощности. Другое важное преимущество — это практически бесшумная работа устройства по сравнению с обычными генераторами.

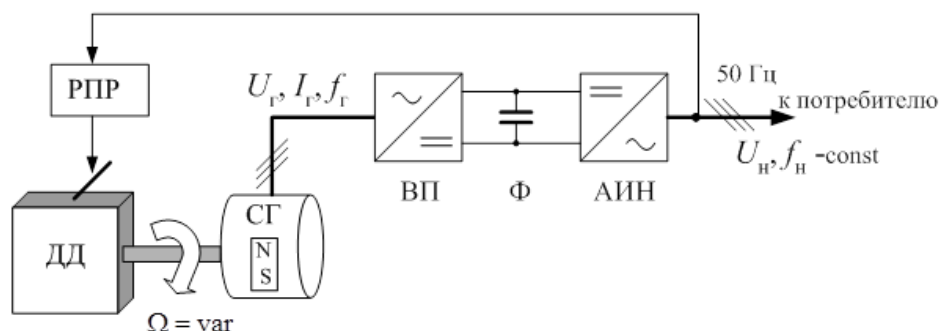


Рисунок 1.3 – Структурная схема инверторной ДЭС

К недостаткам инверторных генераторов можно отнести цену, которая значительно превышает выше стоимости обычных «классических» генераторов, а также особенность конструкции, в которой используется аккумуляторная батарея, установленная без возможности замены, и имеющая ограничение емкости.

Наличие батареи означает, что краткосрочное подключение мощных потребителей или долгосрочное подключение маломощных устройств, может быть произведено только к генератору с батареей необходимой емкости: в противном случае аккумулятор не будет успевать заряжаться. Комфортное использование «неподходящего» генератора не возможно, так

как возникнет необходимость в отключении нагрузки и ожидания, пока батарея вновь зарядится.

Солнечные электростанции, известные нам, как солнечные батареи следует признать наиболее перспективным видом оборудования, которым достигается автономная электрификация нашего частного дома. Они представляют собой специальные экологически безопасные фотоэлектрические модули, внешняя сторона которых имеет защиту из специального текстурированного закаленного стекла, в несколько раз увеличивающего поглощение солнечных лучей.

Самыми долговечными моделями признаются устройства с применением кремниевых монокристаллов. Их особые свойства позволяют обеспечить работу в течение тридцати лет без снижения эффективности и количества производимой энергии.

В составе комплекта солнечной батареи устанавливается набор аккумуляторов для сохранения электрического тока и его подачи в ночное время суток, а также специальный инвертор, преобразующий ток из постоянного в переменный. Контроллер заряда при этом обеспечивает правильный режим заряда АКБ с соблюдением величин зарядных напряжений для каждой стадии и вводя температурную компенсацию напряжений. Структурная схема ФЭУ показана на рисунке 1.4.

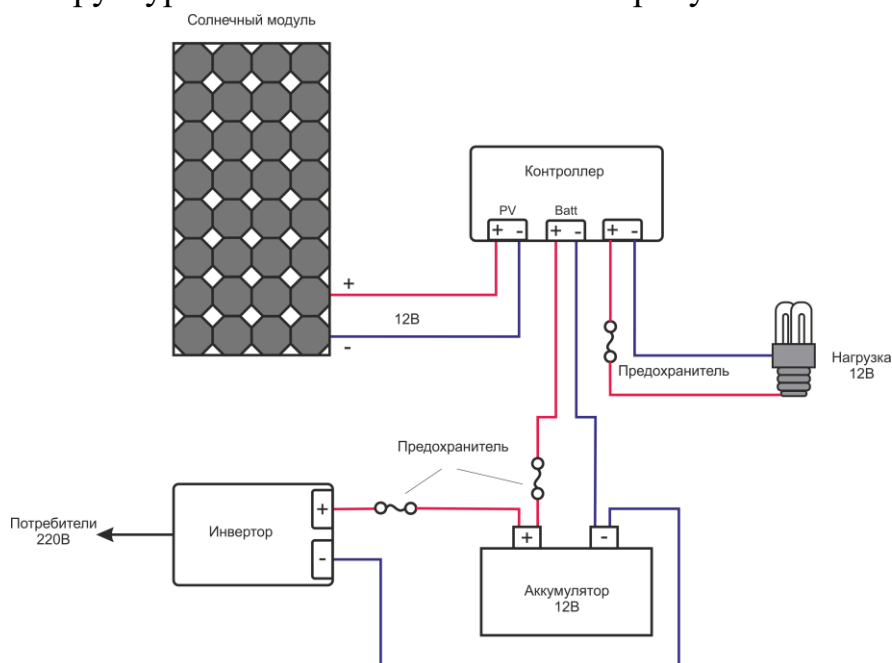


Рисунок 1.4 – Структурная схема ФЭУ

Ветроэнергетические установки представляют собой генераторы, вырабатывающие электричество от вращения лопастей пропеллера,

приводимого в движение потоками воздуха. В комплекте такого генератора также предусматриваются аккумуляторы для накопления электричества и инверторная установка. Смеха ветроэнергетической установки представлена на рисунке 1.5.

Существенным недостатком следует признать то, что их установка в качестве постоянных систем автономного энергоснабжения, в отличие от солнечных батарей, невозможна в местах, где отсутствуют природные движения воздуха – ветер.

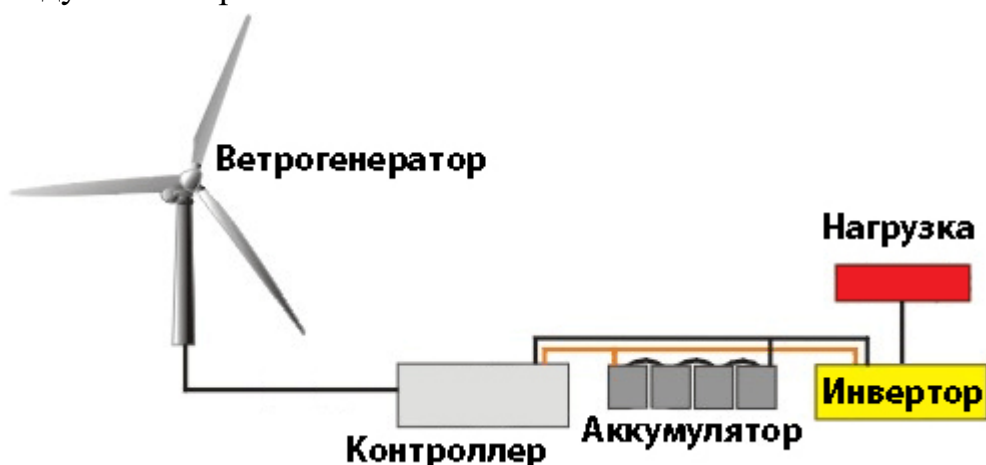


Рисунок 1.5 – Структурная схема ВЭУ

### 1.3 Использование ДГУ в автономных системах электроснабжения

Лидерами рынка являются дизельные электростанции, имеющие широкий спектр преимуществ по сравнению с другими типами электростанций:

- высокий КПД и, следовательно, малый удельный расход топлива;
- быстрота пуска, полная автоматизация всех технологических процессов, возможность длительной работы без технического обслуживания;
- малый удельный расход воды для охлаждения двигателей;
- компактность, простота технологического процесса;
- малая потребность в строительных объемах, быстрота строительства зданий станции и монтажа оборудования;
- возможность блочно-модульного исполнения электростанций, сводящая к минимуму строительные работы на месте применения.

Дизельный генератор - это комплекс из двух сложных агрегатов: дизеля и электрического генератора, а также вспомогательные устройств: рама, приборы контроля, топливный бак. Дизельный генератор преобразовывает химическую энергию топлива, сгораемого в цилиндрах дизеля в электрическую энергию тока, вырабатываемую электрогенератором.

Вырабатывает энергию автономно в местах, где нет возможности подключения к центральной распределительной сети. Область применения дизельных генераторов разнообразна, благодаря различным вариациям исполнения. Так же дизельные генераторы могут быть в качестве резервных (аварийных) источников питания. Как правило, ДЭС используются в качестве основных систем электроснабжения в тех местах, где невозможно подключиться к централизованной электросети, или её возможностей недостаточно для определенного потребителя.

Принцип работы дизельных генераторов:

Сгорание дизтоплива образует необходимую энергию. Полученная энергия трансформируется в механическую благодаря работе кривошипно-шатунного элемента.

Эта энергия запускает ротор генератора. В результате образуется магнитное поле, приводящее к появлению ЭДС.

ЭДС направляет напряжение через системы стабилизации конечному пользователю.

Автоматизация автономных установок обеспечивает их автоматический запуск по управляющему импульсу или дистанционный запуск по усмотрению оператора. Во многих случаях применяют систему посменной работы, когда один или несколько агрегатов работают, а другие в это время бездействуют, и наоборот. В этом случае весьма важное значение имеют автоматический контроль и защита агрегатов. Резервные агрегаты включаются в работу автоматически при перегрузке основных агрегатов или используются для работы при максимальных нагрузках в качестве «пиковых» (для снятия пиков нагрузки). В зависимости от назначения и условий эксплуатации применяют одну из четырех степеней автоматизации дизель-генератора.

Первая степень автоматизации сводится к оборудованию дизель-генератора устройствами аварийно-предупредительной сигнализации и защиты. Дизель-генератор, автоматизированный таким образом, предназначен для станций, где может постоянно присутствовать обслуживающий персонал, осуществляющий запуск агрегата, уход за ним, управление вспомогательными механизмами и т.д. Должны выполняться следующие операции:

– автоматическое регулирование частоты вращения вала дизеля, напряжения и температуры в системах охлаждения и (или) смазки;

- местное и (или) дистанционное управление запуском, остановом, предпусковыми и после остановочными операциями, а также частотой вращения (нагрузением) реверсированием;

- автоматическая подзарядка АКБ, обеспечивающих запуск и (или) питание средств автоматизации;

- автоматическая аварийно-предупредительная сигнализация и защита;

- индикация значений контролируемых характеристик на местном (дизельном) щитке и (или) дистанционном пульте;

- время необслуживаемой работы 4 (8, 12) ч.

Вторая степень автоматизации предусматривает более широкое применение автоматического и дистанционного управления дизель-генератором. Дополнительно к 1-ой степени автоматизации должны выполняться:

- дистанционное автоматизированное и (или) автоматическое управление пуском, остановом, предпусковыми и послеостановочными операциями, частотой вращения и реверсированием при его наличии;

- автоматический прием нагрузки при автономной работе или выдача сигнала о готовности к приему нагрузки;

- автоматизация совместной работы двигателей, в том числе автоматический прием нагрузки в ходе синхронизации при параллельной работе ДГА между собой или с внешней сетью;

- автоматическое поддержание двигателя в готовности к быстрому приему нагрузки;

- автоматическое регулирование вязкости тяжелого топлива и автоматизированное управление переходом с одного вида топлива на другой;

- автоматизированный экстренный пуск и (или) останов;

- исполнительная сигнализация;

- время необслуживаемой работы 24 (36, 50) ч.

Третья степень автоматизации предусматривает работу дизель-генераторной установки без обслуживающего персонала. В этом случае дизель-генератор включается в работу по определенной программе. Он работает в течение заданного времени без всякого наблюдения и обслуживания. Дополнительно ко 2-ой степени автоматизации должны выполняться:

- автоматическое пополнение расходных емкостей: топлива, масла, охлаждающей жидкости и сжатого воздуха;

- автоматизированное и (или) автоматическое управление вспомогательными агрегатами и (или) отдельными операциями обслуживания двигателя;

- время необслуживаемой работы 150 (250) ч.

Четвертая степень автоматизации - дополнительно к 3-ей степени должны выполняться следующие операции:

- централизованное управление двигателем с помощью управляющих машин;

- централизованный автоматический контроль;

- автоматизированное и (или) автоматическое техническое диагностирование состояния двигателя в целом или его отдельных частей;

- время необслуживаемой работы 250 (375) ч. (допускается устанавливать значение времени необслуживаемой работы 2-й и 3-й степеней)[3].

Сегодняшний мировой рынок дизельного электрооборудования насчитывает более пяти десятков крупных производителей дизельных электростанций. Среди наиболее популярных производителей генераторов можно назвать такие фирмы, как AKSA, Cummins, Caterpillar, SDMO, FG Wilson, IvecoMotors, CТM, OnisVisa.

При разработке новых моделей дизель-генераторных установок разные производители делают упор на определённые параметры. Так, продукцию одного производителя отличает выдающаяся надёжность, что, разумеется, влияет на её стоимость; другая компания, напротив, стремится предоставить клиенту продукт по наиболее привлекательной цене; третий участник рынка стремится оснастить свои дизельные генераторы наибольшим количеством полезных функций.

Каждый производитель имеет свои традиции и принципы производства силового оборудования, свои сильные и слабые стороны. Зачастую модели одного класса и назначения от разных производителей могут весьма существенно различаться. При этом такие дизель-генераторы могут выглядеть практически идентичными для неспециалиста.

В таблице 1.1 приведён сравнительный рейтинг продукции производителей дизельного силового оборудования.

Таблица 1.1 – Рейтинг производителей промышленных дизельных электростанций

Место	Производитель	Страна	Качество сборки	Цена / качество	Сервис и гарантия	Ассортимент	Популярность	Общий рейтинг
1	<u>SDMO</u>	Франция	5	4.72	5	4.5	2.7	4.10
2	<u>F. G. Wilson</u>	Англия	5	3.76	5	4.6	2.4	3.99
3	Caterpillar	США	5	3.4	5	3.3	3.8	3.97
4	<u>Cummins</u>	Англия	5	3.76	5	3.3	3.2	3.94
5	<u>Geko</u>	Германия	4.8	4.78	4.5	4.4	1.3	3.79
6	<u>Elcos</u>	Италия	5	4.7	5	4.1	1.2	3.75
7	<u>Broadcrown</u>	Великобритания	4	3.78	4	4.3	1.1	3.72
8	Denyo	Япония	4.8	3.84	4.5	3.2	2.6	3.65
9	<u>Pramac</u>	Италия	4.2	3.9	4.5	4.4	1.6	3.54
10	<u>Gesan</u>	Испания	4.2	3.7	4.5	4.1	1.3	3.53
11	<u>Energo</u>	Франция	4.2	3.86	4.5	4	1.6	3.46
12	<u>Teksan</u>	Турция	3.6	4.02	3.5	3.4	1.4	3.45
13	<u>Fogo</u>	Польша	3.4	3.9	4	3.2	1.2	3.41
14	Yanmar	Япония	4.8	3.6	4.5	3.4	1.7	3.35
15	<u>Kubota</u>	Япония	4.2	3.58	3	3.4	2	3.26
16	CTM	Италия	3.8	3.92	3.5	4.3	1.1	3.25
17	<u>Inmesol</u>	Испания	3.8	3.84	3.5	3.2	1.5	3.14
18	<u>AKSA</u>	Турция	3.4	4.06	4	3.9	2.1	3.02
19	OnisVisa	Италия	3.2	3.82	3.5	3.4	1.2	2.84
20	<u>ListerPetter</u>	Великобритания	2.6	4	2	2.4	1.2	2.81
21	АД	Россия	2.6	5	3.5	2.4	2.2	2.80
22	<u>MingPowers</u>	Китай	1.8	4.2	3	2.9	1.1	2.72
23	CTG	Китай	3.4	4	4	2.2	2.5	2.68
24	PowerLink	Китай	2.4	4	3	2.3	1.5	2.44
25	<u>Kipor</u>	Китай	2.4	4.1	3	1.6	1.4	2.27

Рейтинг составлен на основе сравнения наиболее важных параметров, которые следует учитывать при выборе ДГУ:

«Качество сборки». Данный показатель является совокупной характеристикой, построенной с учетом качества используемых

комплектующих, основных узлов и агрегатов, количества гарантийных обращений владельцев ДГУ, суммарного КПД двигателя, показателя потребления топлива и ряда других факторов.

«Цена/качество». Это соотношение определяет относительную усреднённую стоимость выработки 1 кВт электроэнергии по отношению к рейтингу качества продукции.

«Сервис и гарантия». Данный показатель определяет доступность и быстроту обращения за сервисным и техническим обслуживанием и основан на учете количества сервисных центров, доступности запасных частей и расходных материалов, качества и скорости реагирования на заявку о поломке или проведения техобслуживания, стоимости эксплуатационного сопровождения работы ДГУ и др.

«Ассортимент». Определяет охват производителем максимально возможного количества сфер данной ниши (класса, типа и назначения ДГУ).

«Популярность». Характеризует относительную оценку количества запросов в нашу компанию о покупке оборудования конкретного производителя. В таблице 1 представлено основные производители ДГУ и ДЭС упорядоченным суммарным рейтингом[4].

Кривая нагрузки для типичного удаленного местоположения показывает изменяющийся профиль спроса. Для систем с дизельным генератором, генераторы имеют мощность, рассчитанную исходя из ожидаемого пикового спроса. В таких системах генератор работает в режиме частичной нагрузки в течение большой продолжительности времени. Одним из вариантов управления нагрузкой является объединение аккумуляторных батарей с такими системами, для повышения общей эффективности системы.

#### **1.4 Накопители энергии в СЭС**

Накопители электроэнергии предназначены для частичного или полного разделения во времени процессов генерации и потребления электрической энергии. В них энергия аккумулируется из ЭЭС, сохраняется и возвращается, если это необходимо, обратно в систему. Обеспечение динамической устойчивости энергетической системы при различных авариях осуществляется главным образом путем автоматизации системы. При этом вместе с аварийными объектами отключается и часть потребителей. Использование накопителей энергии является одним из наиболее перспективных и очень эффективных способов решения этих проблем. Накопители могут частично или полностью решать следующие задачи:

- а) выравнивание графиков нагрузки ЭЭС;



- б) увеличение пропускной способности межсистемных связей;
- г) стабилизация частоты и напряжения, улучшение качества электроэнергии;
- д) принудительное распределение мощности по сети;
- е) улучшение статической и динамической устойчивости ЭЭС;
- ж) повышение надежности ЭЭС.

Основные типы НЭЭ: гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС); сверхпроводящие индуктивные накопители энергии (СПИНЭ), электрохимические (аккумуляторные батареи); емкостные накопители (конденсаторные батареи). В последние годы благодаря уникальным свойствам и успехам в области сверхпроводимости наибольшее внимание уделяется СПИНЭ, являющимся достаточно перспективным типом НЭЭ, пригодным для комплексного использования в ЭЭС.

Накопители электроэнергии соединяются с энергосистемой посредством управляемого вентильного преобразователя (ВП), который необходим не только для преобразования энергии переменного тока в энергию постоянного тока и обратно с возможно большим КПД, но и для управления процессами заряда и разряда НЭЭ, который не имеет средств управления. Входящие в состав ВП трансформаторы обеспечивают согласование накопителя с сетью переменного тока по току и напряжению. По отношению к энергосистеме НЭЭ вместе с ВП должны рассматриваться как единый объект, характеристики которого определяются параметрами как собственно накопителя, так и преобразователя.

Накопители электрической энергии являются важнейшим элементом хранения и накопления энергии. Если повысить качество и надежность электрических накопителей, то возможно:

- уменьшение энергетических и экономических потерь;
- обеспечение повышения надежности электросети;
- отсрочка расширения мощности сети;
- обеспечение бесперебойного питания особо важных объектов, собственных нужд электростанций и подстанций;
- сглаживание колебаний мощности, стабилизации работы электрических систем;
- уменьшение размеров источников питания с длительным сроком работы без перезарядки;
- сохранение природного топлива в связи с меньшими энергозатратами;
- улучшение экологической обстановки благодаря использованию накопителей энергии.

Типы, размеры и возможности накопителей могут быть самыми разными — от мельчайших электрических конденсаторов и механических пружин весом в доли грамма, накапливающих минимум энергии на небольшое время, до огромных резервуаров, способных изменять географию и климат целых регионов и обеспечить их энергией в течение многих месяцев. Накопители также отличаются скоростью накопления и отдачи («зарядки» и «разрядки»), удельной плотностью накопленной энергии, различным временем хранения и прочими параметрами, включая надёжность и стоимость изготовления и обслуживания. Правильный выбор накопителя акцентирует внимание на преимуществах генератора даровой энергии и способен скрыть многие его недостатки, ошибка же в выборе может сделать работу даже самого лучшего такого источника практически невозможной...

Методов классификации накопителей может быть множество. Однако наиболее удобным с практической точки зрения является классификация по способу накопления и отдачи, а также видом энергии, накапливаемой в накопитель и отдаваемой оттуда.

Суть накопления потенциальной энергии проста. Когда груз поднимается, энергия сохраняется, а когда опускается, она выполняет полезную работу. Конструктивные особенности зависят от типа груза. Это может быть твердый, жидкий или сыпучий материал. Конструкции устройств такого типа чрезвычайно просты, что обеспечивает высокую надежность и длительный срок эксплуатации. Время хранения накопленной энергии зависит от долговечности материалов и может достигать тысячелетий. Но, такие устройства имеют низкую удельную энергоёмкость.

При механическом хранении кинетической энергии энергия сохраняется в движении тела. Обычно это колебательное или поступательное движение.

Кинетическая энергия в колебательных системах сосредоточена в возвратно-поступательном движении тела. Энергия поставляется и потребляется по частям, в ритм с движением тела. Механизм достаточно сложный и неустойчив в настройке. Количество накапливаемой энергии обычно невелико и подходит только для работы самого устройства.

В накопителях, использующих энергию гироскопа, запас кинетической энергии сосредоточен во вращающемся маховике. Удельная энергия маховика значительно превышает энергию аналогичного статического груза. За короткое время можно получить или отдать значительную мощность. Время хранения энергии недолгительно, и для большинства конструкций оно ограничено несколькими часами. Энергия устройства напрямую зависит от

скорости его вращения. Поэтому во время накопления и высвобождения энергии изменяется скорость вращения маховика. А для нагрузки, как правило, требуется постоянная, скорость вращения.

Более перспективными устройствами являются супермаховики. Они изготовлены из стальной ленты, синтетического волокна или проволоки. Конструкция может быть плотной или иметь пустое пространство. При наличии свободного места витки ленты перемещаются к краю вращения, момент инерции маховика изменяется, часть энергии запасается в деформированной пружине. В таких устройствах скорость вращения более стабильна, чем в твердых конструкциях, а их энергоемкость намного выше. Кроме того, они более безопасны.

Механические устройства хранения, использующие упругие силы, могут хранить огромную удельную энергию. Большие маховики с очень высокими скоростями вращения имеют более высокую энергоемкость, но они очень уязвимы от внешних факторов и имеют короткое время накопления энергии.

Механические накопители, использующие энергию пружин, способны обеспечить наибольшую механическую мощность из всех классов устройств аккумулирования энергии. Она ограничена лишь пределом прочности пружины.

Функции пружины могут выполнять любые упругие элементы. Резиновые жгуты, например, в десятки раз превосходят стальные изделия по запасаемой энергии на единицу массы.

В механических накопителях, использующих энергию сжатых газов, аккумулирование энергии происходит за счет сжатия газа. Если есть избыток энергии, газ компрессором закачивается под давлением в баллон. При необходимости сжатый газ можно использовать для вращения турбины или электрогенератора. При небольших емкостях вместо турбины разумнее использовать поршневой мотор.

Накопление за счет теплоемкости один из самых старых способов. Он основан на принципе накопления тепловой энергии, когда вещество нагревается и тепло выделяется при его охлаждении. Таким накопителем может быть кусок любого твердого вещества либо закрытая емкость с жидким теплоносителем. Хранение тепловой энергии имеет очень большой срок службы, но время хранения не превышает нескольких дней.

Накопители химической энергии делятся на «топливные» и «безтопливные» типы накопителей. Они требуют специальных технологий и зачастую громоздкого высокотехнологичного оборудования. Используемые

процессы позволяют получать энергию в разных видах. Термохимические реакции могут протекать как при низких, так и при высоких температурах.

Накопление энергии за счет производства топлива включает в себя два полностью независимых этапа: накопление энергии и ее использование. Традиционное топливо, как правило, имеет большую удельную энергоемкость, возможность длительного хранения, удобство использования.

В без топливном химическом накоплении энергии энергия накапливается за счет преобразования одних химических веществ в другие.

Электрическая энергия - это самая удобная ее форма в современном мире. От почему электрические накопители стали широко распространенными и наиболее развитыми. Накопителями электрической энергии являются конденсаторы, ионисторы, аккумуляторы.

Конденсаторы являются наиболее массовым типом накопителей. Они способны работать при температурах от -50 до +150 градусов. Число циклов накопления-отдачи энергии – десятки миллиардов в секунду. При параллельном подключении нескольких конденсаторов, можно получить емкость требуемой величины.

Конденсаторы делятся на два класса – полярные и неполярные. Срок службы полярных (электролитических) меньше, чем неполярных. Они больше зависят от внешних условий, но в то же время имеют большую удельную емкость.

Как накопители энергии конденсаторы - не очень удачные приборы. Они имеют малую емкость и незначительную удельную плотность запасаемой энергии, а время ее хранения исчисляется секундами, минутами, редко часами. Конденсаторы нашли применение в основном в электронике и силовой электротехнике.

Ионисторы занимают промежуточное положение между полярными конденсаторами и аккумуляторами. Они имеют большое количество этапов заряда-разряда. Время хранения энергии составляет нескольких недель. Ионисторы очень чувствительны к температуре.

Силовые аккумуляторы используются, если необходимо накопить много энергии. Лучше всего для этой цели подходят свинцово-кислотные приборы. Существует много специализированных моделей, они имеют хорошее качество комплектующих изделий и высокую надежность аккумуляторной батареи. Общая схема АКБ показана на рисунке 1.6.

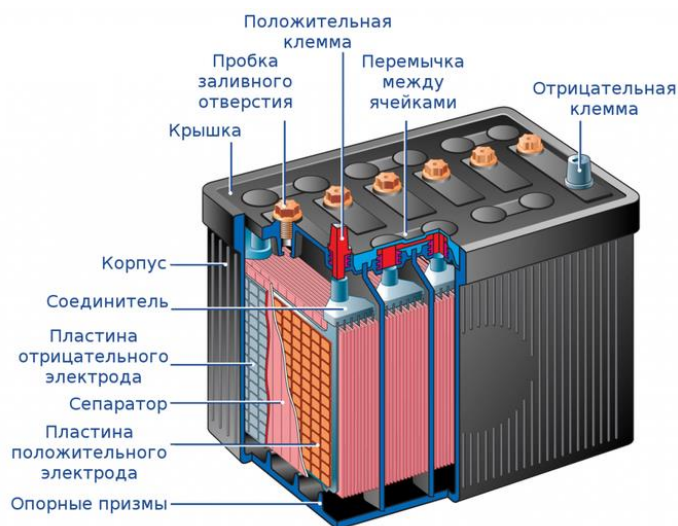


Рисунок 1.6 – Общая схема АКБ

Электрохимические батареи делятся на тяговые и стартовые. Тяговые используются в электротранспорте, источниках бесперебойного питания, электроинструментах. Такие батареи характеризуются длительным равномерным разрядом и большой глубиной. Запуск аккумуляторов может привести к возникновению большого тока в течение короткого периода времени, но глубокая разрядка для них неприемлема.

Электрохимические батареи имеют ограниченное число циклов заряда-разряда, в среднем от 250 до 2000. Электрохимические аккумуляторы чувствительны к температуре, требуют большого времени заряда и строгого соблюдения правил эксплуатации.

Устройство следует периодически подзаряжать. В зимнее время холодная батарея плохо принимает заряд, а потребление электроэнергии на запуск двигателя возрастает. Поэтому необходимо дополнительно проводить заряд аккумулятора в теплом помещении специальным зарядным устройством. Одним из главных недостатков свинцово-кислотных аккумуляторов является их большой вес.

Если требуются мобильные устройства с не большим весом, то используют следующие типы аккумуляторов: никель-кадмиевые, литий-ионные, металл-гибридные, полимер-ионные. Они имеют более высокую удельную емкость, но и стоимость их значительно выше. Различные типы батарей отличаются по своим параметрам: количество циклов зарядки, срок хранения, емкость, размер и прочее.

Литий-ионные батареи большой мощности используют в электромобилях и гибридных машинах. Они имеют малый вес, высокую удельную производительность и надежность. В то же время литий-ионные аккумуляторы очень пожароопасны. Возгорание может произойти от

короткого замыкания, механической деформации или разрушения корпуса, нарушений режимов заряда или разряда батареи.

Батареи являются основой многих приборов. Например, накопитель энергии для телефона представляет собой компактный внешний аккумулятор, помещенный в прочный, водонепроницаемый корпус. Он позволяет заряжать сотовый телефон. Мощные мобильные накопители могут заряжать любые цифровые аппараты, даже ноутбуки. В таких устройствах, как правило, устанавливают литий-ионные аккумуляторы большой емкости. Накопители энергии для дома также не обходятся без аккумуляторных батарей. Но это гораздо более сложные устройства. Кроме аккумулятора в их состав входят зарядное устройство, система управления, инвертор. Аппараты могут работать как от стационарной сети, так и от других источников. Выходная мощность в среднем составляет 5 кВт.

### **1.5 Цель и задачи выпускной квалификационной работы**

Целью диссертационной работы является анализ возможных вариантов повышения топливной эффективности автономных систем электроснабжения на базе ДГУ.

Для достижения поставленной цели в дипломной работе определены и решены следующие задачи:

- выполнен технико-экономический анализ автономных систем электроснабжения на основе дизель–генераторных установок и определен путь повышения их эффективности;

- проведен анализ методик по расчету электрических нагрузок в изолированных электроэнергетических системах, построению графиков электрических нагрузок автономного потребителя;

- выработана методика оценки экономической эффективности автономных дизельных электростанций, позволяющая производить рациональный выбор основного генерирующего оборудования и режимов его работы.

Вывод: в этом разделе мы изложили требования, предъявляемые к автономным системам электроснабжения. Рассмотрели виды автономных систем электроснабжения. Проанализировали рынок дизельных электростанций и привели рейтинг их производителей. Произведен анализ накопителей энергии.

## 4 Технико-экономическое сравнение вариантов

### 4.1 Технико-экономическое обоснование целесообразности построения электростанции

Для технико-экономического сравнения вариантов необходимо рассчитать капитальные затраты на сооружение внутренней электрической сети предприятия и затраты на ее эксплуатацию.

К основным критериям экономической эффективности электростанций можно отнести приведенные годовые затраты на 1 кВт установленной мощности электростанции и стоимость 1 кВтч электроэнергии. Нужно учесть, помимо известных цен на оборудование, стоимость проектных работ, строительных работ, эксплуатационные расходы, ремонтные расходы. Данные критерии определяются из следующих выражений:

$$Z_p = \frac{Z}{P}, \quad (4.1)$$

где  $P$  – установленная мощность объекта электроснабжения, кВт;

$Z$  – Приведенные годовые затраты.

$$Z = E_n \cdot K + I_{\text{топ}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{рем}}, \quad (4.2)$$

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

$K$  – капитальные затраты, руб;

$I_{\text{топ}}$  – издержки на топливо и ГСМ (включая транспортировку);

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

$I_{\text{рем}}$  – ремонтные расходы.

$$K = K_{\text{обор}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{стр}} + K_{\text{тр}}, \quad (4.3)$$

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.

Стоимость проектных работ, рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{\text{пр}} = 50 \cdot \text{МРОТ} = 50 \cdot 17687 = 884,35 \text{ тыс. руб.}, \quad (4.4)$$

где МРОТ – это минимальный размер оплаты труда, в Таймырском районе Красноярского края с 01.01.2017г. МРОТ = 17687 руб;

Стоимость строительных и монтажных работ по установке электростанции находятся по формуле ниже:

$$K_{\text{стр}} = k_p \cdot K_{\text{обор}} = 0,04 \cdot 9404 = 376,16 \text{ тыс. руб.}, \quad (4.5)$$

где  $k_p$  – коэффициент затрат на установку станции, принимают равным 0,04.

Все затраты, необходимые для реализации первого варианта, приведены в таблице 4.1. Для остальных вариантов расчет аналогичный, расчеты сведены в таблицы 4.2-4.4.

Таблица 4.1 – Смета расходов для первого варианта построения схемы электроснабжения поселка

Наименование товара/работ	Кол-во, шт	Цена за шт, тыс. руб	Сумма, тыс. руб
Дизель-генератор АД-315-Т400	4	1 991	7964
Блок контейнер север	4	360	1440
Итого оборудование			<b>9404</b>
Затраты на геологические работы	-	-	100
Транспортные расходы	-	-	350
Строительно-монтажные работы	-	-	376,16
Проектные работы	-	-	884,35
Итого			<b>11164,5</b>

Стоимость ДТ с доставкой в районы Красноярского края в среднем составляет  $C=39$  тыс. руб. Издержки на топливо и ГСМ (включая транспортировку) составят:

$$I_{\text{топ}} = L * C = 436480,2 * 39 = 17022,7 \text{ тыс.руб/год.} \quad (4.6)$$

Для эксплуатации станции достаточно 2 специалиста со средней заработной платой 45тыс. руб., что составит:

$$I_{\text{экс}} = 45 \cdot 2 \cdot 12 = 1080 \text{ тыс.руб/год.} \quad (4.7)$$

Ремонтные расходы находятся по формуле:

$$I_{\text{рем}} = k_{\text{рем}} \cdot p_n (K_{\text{обор}} + K_{\text{стр}}) = 0,2 \cdot 1/25 \cdot (9404 + 376,16) = 78,3 \text{ тыс.руб.}$$

где  $k_{\text{рем}}$  – это коэффициент затрат на ремонт, принимают равным 0,2;

$p_n$  – это нормативный коэффициент рентабельности,  $p_n = 1/T$ , где  $T$  – это экономический срок службы оборудования, который равен 25 лет.

Приведенные годовые затраты для проектируемой станции составят:

$$Z = 11164,5 \cdot 0,05 + 17022,7 + 1080 + 78,3 = 18739 \text{ тыс.руб/год.}$$

Приведенные годовые затраты на 1 кВт установленной мощности для первого варианта построения схемы электроснабжения поселка:

$$Z_p = \frac{18739,2}{315 * 4} = 14,9 \text{ тыс.руб/кВт;}$$

Себестоимость производимой электроэнергии для первого варианта построения схемы электроснабжения поселка:

$$C_{\text{эл}} = \frac{18739195}{348472} = 53,8 \text{ руб/кВтч.}$$



Таблица 4.2 – Смета расходов для второго варианта построения схемы электроснабжения поселка

Наименование товара/работ	Кол-во, шт	Цена за шт, тыс. руб	Сумма, тыс. руб
Дизель-генератор АД-315-Т400	2	1 991	3982
Блок контейнер север	2	360	720
АКБ Challenger A12-200 AGM	364	22,9	8335,6
Батарейный шкаф КРОН-ШМА-03.2000	16	47,4	758,4
Итого оборудование			<b>13796</b>
Затраты на геологические работы	-	-	100
Транспортные расходы	-	-	400
Строительно-монтажные работы	-	-	551,84
Проектные работы	-	-	884,35
Итого			<b>15732,2</b>
Затраты на покупку и транспортировку топлива	-	-	10794,1
Затраты на обслуживание	-	-	1080
Ремонтные расходы	-	-	114,78
Приведенные годовые затраты			12775,5
Приведенные годовые затраты на 1 кВт установленной мощности			20
Себестоимость производимой электроэнергии			36,6

Таблица 4.3 – Смета расходов для третьего варианта построения схемы электроснабжения поселка

Наименование товара/работ	Кол-во, шт	Цена за шт, тыс. руб	Сумма, тыс. руб
Дизель-генератор АД-300-Т400	2	1 822	3644
Блок контейнер север	3	360	1440
Дизельной электростанции Caterpillar 3406С	1	4 881	4881
Счётчика топлива VZO	1	70	70
Итого оборудование			<b>9675</b>
Затраты на геологические работы	-	-	100
Транспортные расходы	-	-	400
Строительно-монтажные работы	-	-	387
Проектные работы	-	-	884,35
Итого			<b>11446,35</b>
Затраты на покупку и транспортировку топлива	-	-	7469,3
Затраты на обслуживание	-	-	1080
Ремонтные расходы	-	-	80,5
Приведенные годовые затраты			9202,1
Приведенные годовые затраты на 1 кВт установленной мощности			10
Себестоимость производимой электроэнергии			26,5

Таблица 4.4 – Смета расходов для четвертого варианта построения схемы электроснабжения поселка

Наименование товара/работ	Кол-во, шт	Цена за шт, тыс. руб	Сумма, тыс. руб
Дизель-генератор АД-315-Т400	2	1 991	3982
Блок контейнер север	3	360	1080
Дизельной электростанции Caterpillar 3406С	1	4 881	4881
АКБ Challenger A12-200 AGM	274	22,9	6274,6
Батарейный шкаф КРОН-ШМА-03.2000	12	47,4	568,8
Итого оборудование			<b>16786,4</b>
Затраты на геологические работы	-	-	100
Транспортные расходы	-	-	400
Строительно-монтажные работы	-	-	671
Проектные работы	-	-	884,35
Итого			<b>18842,2</b>
Затраты на покупку и транспортировку топлива	-	-	6272,3
Затраты на обслуживание	-	-	1080
Ремонтные расходы	-	-	139,66
Приведенные годовые затраты			8434,1
Приведенные годовые затраты на 1 кВт установленной мощности			9,86
Себестоимость производимой электроэнергии			24,2

На рисунке 4.1 представлена диаграмма расходов построения схемы электроснабжения поселка.

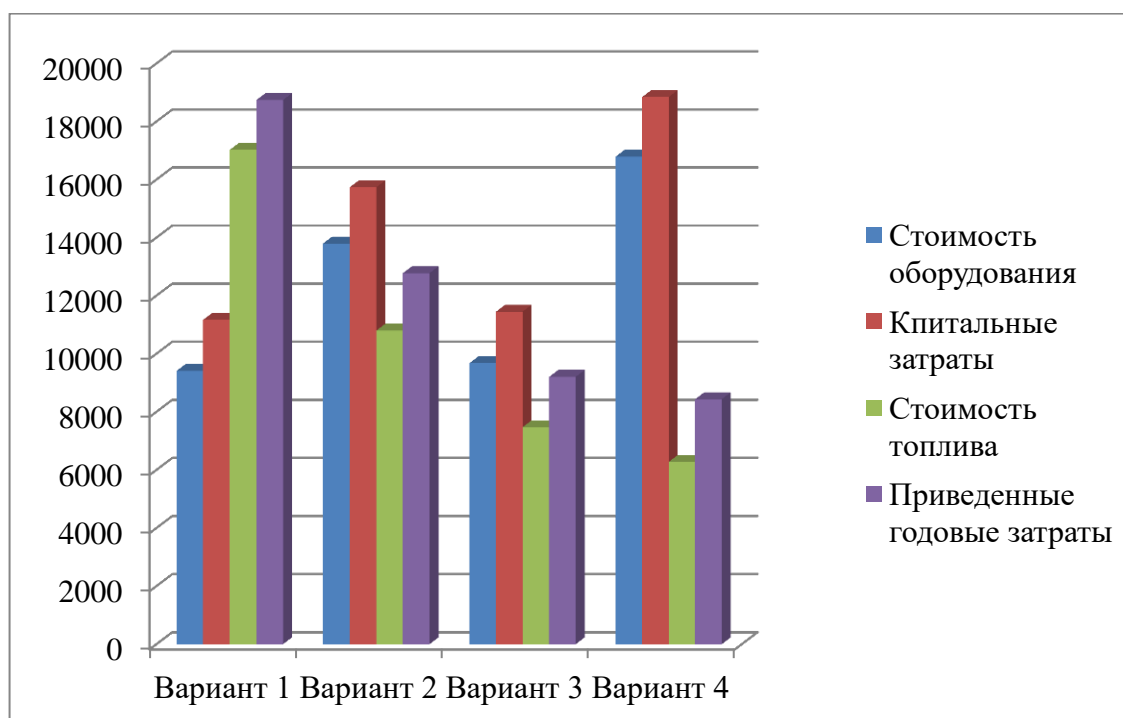


Рисунок 4.1 – Диаграмма расходов построения схемы электроснабжения поселка

## 4.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.8)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчёт интегрального финансового показателя приведен в таблице 4.5

Таблица 4.5- Интегральный финансовый показатель

	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Вариант 1	1
Вариант 2	0,68
Вариант 3	0,49
Вариант 4	0,45

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (4.9)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов построения схемы электроснабжения поселка приведена в таблице 4.6.

Таблица 4.6-Сравнительная оценка характеристик вариантов построения схемы электроснабжения поселка

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	4	5	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	5	4	5
Надежность	0,05	4	5	5	5
Материалоемкость	0,2	5	4	5	3
Безопасность	0,1	3	4	4	5
Простота эксплуатации	0,1	4	3	5	4
Конкурентоспособность продукта	0,2	4	5	5	5
Уровень проникновения на рынок	0,2	3	4	4	5
ИТОГО	1				

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблицы 4.7.

Таблица 4.7 – Интегральный показатель ресурсоэффективности

	$I_{pi}$
Вариант 1	3,9
Вариант 2	4,25
Вариант 3	4,6
Вариант 4	4,5

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исн.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}^{исп.i}}, \quad (4.10)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.(2,3,4)}}; \quad (4.11)$$

В таблице 4.8 приведена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 4.8 -Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3			Вариант 4		
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1			0,68			0,49			0,45		
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,9			4,25			4,6			4,5		
3	Интегральный показатель эффективности	3,9			6,25			9,39			10		
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	квар. 2	квар. 3	квар. 4	квар. 1	квар. 3	квар. 4	квар. 1	квар. 2	квар. 4	квар. 1	квар. 2	квар. 3
		0,62	0,42	0,39	1,6	0,67	0,625	2,4	1,5	0,939	2,56	1,6	1,06

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности [21].

Таким образом, по совокупности технико-экономических показателей, более рациональным является четвертый вариант с применением инверторной ДГУ и аккумуляторных батарей. Приведенные годовые затраты и себестоимость производимой электроэнергии, в данном варианте построения схемы электроснабжения поселка, меньше из-за экономии средств на дизельное топливо.