

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
Повышение надежности в узлах электроснабжения предприятий по переработке газа

УДК 621.31.031.05-192:665.632.013

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Батманян Арамаис Мнацаканович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сумарокова Л. П.	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков М.А.	к.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

_____ Сурков М.А.

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Батманян Арамаис Мнацаканович

Тема работы:

**Повышение надежности в узлах электроснабжения предприятий по переработке
газа**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

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, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Типовая схема электроснабжения предприятия по переработке газа. Статистические данные по показателям надежности отдельного электрооборудования и электроустановок.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(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).

1. Анализ типовой схемы электроснабжения предприятия по переработке газа;
2. Расчет показателей надежности для различных режимов и конфигураций работы исходной типовой схемы электроснабжения;
3. Оценка возможности увеличения показателей надежности за счет уменьшения количества ступеней трансформации;
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;
5. Социальная ответственность;
6. Заключение

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point)
---------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	к.э.н., доцент Попова С.Н.
Социальная ответственность	к.т.н., доцент Бородин Ю.В.
Иностранный язык	к.п.н., доцент Матухин Д.Л.

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

Introduction

Structural components of gas processing enterprises

The main reasons for the failure of equipment for power supply systems for gas processing enterprises

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
-------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сумарокова Л. П.	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Батманян Арамаис Мнацаканович		

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:	25.05.17г.
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Обзор литературы	
	Исследование типовой системы электроснабжения, расчет и оценка показателей надежности	
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
	Социальная ответственность	
	Заключение	
	Обязательное приложение на иностранном языке	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сумарокова Л. П.	Кандидат технических наук		

СОГЛАСОВАНО:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Батманян Арамаис Мнацаканович

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. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Затраты на топливо по вариантам электроснабжения, затраты по оплате труда
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормативы потребления топлива, нормативы рабочего времени, нормативы рабочего времени с учетом времени суток
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления на социальные цели 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Определение стоимости электроэнергии: <ul style="list-style-type: none"> • Передаваемая по ЛЭП • Вырабатываемая ДЭС
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Расчет заработной платы электромонтера за характерный месяц, при работе как в дневную так и в ночную смену.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Определение эксплуатационных затрат каждого из трех вариантов
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Анализ эксплуатационных затрат, оценка экономической эффективности каждого варианта, выбор наилучшего.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Батманян Арамаис Мнацаканович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Батманян Арамаис Мнацаканович

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.</i></p>	<p>Тема: «Повышение надежности в узлах электроснабжения предприятий по переработке газа». Объектом исследования является типовая схема системы электроснабжения предприятия по переработке газа. Анализ показателей надежности и степени резервирования.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><i>1. Производственная безопасность</i></p>	<p>1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. 1.2. Обоснование мероприятий по защите персонала от действия опасных и вредных факторов.</p>
<p><i>2. Экологическая безопасность.</i></p>	<p>2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 2.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</p>
<p><i>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.</i></p>	<p>3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. 3.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.</p>
<p><i>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</i></p>	<p>4.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.</p>

Перечень графического материала:

<p><i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i></p>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Батманян Арамаис Мнацаканович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 120 _____ с., _____ 20 _____ рис., _____ 13 _____ табл., _____ 40 _____ источников, _____ 4 _____ прил.

Ключевые слова: частота отказов, вероятность безотказной работы, среднее время восстановления, наработка на отказ, _____

Объектом исследования является (ются) _____ типовые _____ схемы электроснабжения предприятия по переработке газа _____

Цель работы – Обоснование структуры и параметров систем электроснабжения предприятия по переработке газа, выявление недостатков СЭС, разработка мероприятий по увеличению надежности в узлах электроснабжения предприятий по ПГ. _____

В процессе исследования проводились расчеты _____ показателей надежности систем электроснабжения и оценка результатов, разработка мероприятий по увеличению надежности систем электроснабжения _____

В результате исследования выявлены схемы электроснабжения, обладающие наиболее высокими показателями надежности, влияние количества ступеней трансформации на надежность систем электроснабжения _____

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: наличие _____ двух _____ ступеней трансформации 35/6 и 6/0,4 кв, использование двух резервнй дизельный электростанций 1360 кВт, питания предприятия от двух одноцепных ЛЭП _____

Область применения: _____ системы _____ электроснабжения _____ промышленных предприятий по переработке газа _____

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Надежность – свойство объекта выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования. Отсюда следует, что:

- надежность является внутренним свойством объекта, заложенным при проектировании и изготовлении, которое проявляется при функционировании объекта;
- надежность проявляется в процессе выполнения заданного объема функций, или во времени. Если нет наблюдения за объектом в процессе его работы, то нельзя сделать и заключений о фактической его надежности;
- надежность проявляется различно в зависимости от условия эксплуатации. Нельзя оценивать надежность объекта в отрыве от условий его эксплуатации.

Безотказность – непрерывное сохранение работоспособности в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечность – сохранение работоспособности до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

Ремонтопригодность – приспособленность к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений объекта и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания;

Устойчивоспособность – непрерывное сохранение устойчивости системы в течение некоторого времени.

Режимная управляемость – приспособленность к управлению с целью поддержания нормального режима.

Живучесть – способность противостоять крупным возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением питания.

Безопасность – способность не создавать ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.

Резервирование – повышение надежности введением избыточности, которое, в свою очередь, подразделяется на следующие виды: структурное, функциональное, временное и информационное.

Структурное резервирование – использование избыточных элементов структуры объекта, т.е. элементов, которые не являются необходимыми для выполнения возложенных на объект функций, например установки вторых трансформаторов на подстанциях, сооружение вторых цепей, когда пропускная способность первых еще не исчерпана.

Функциональное резервирование – использование способности элементов выполнять дополнительные функции, повышая надежность работы системы за счет перераспределения функций при отказах элементов.

Временное резервирование – использование избыточного времени. Суть его заключается в том, что системе в процессе функционирования предоставляется возможность израсходовать дополнительное время для выполнения задания. Оно осуществляется за счет резерва времени, в течение которого система имеет возможность выполнить задание, либо за счет использования резерва мощности уменьшением времени выполнения задания.

Информационное резервирование – использование избыточной информации.

Техническое обслуживание – обеспечение надежности путем выполнения комплекса работ для поддержания работоспособности объекта. Этот комплекс включает в себя систематическое диагностирование состояния объекта, поддержание режимов работы, наиболее благоприятных для надежности, обеспечение благоприятных условий содержания оборудования и т.д.

Ремонт – обеспечение надежности путем выполнения комплекса работ для восстановления работоспособности объекта. Система ремонтов включает в себя предупредительные и аварийные ремонты.

Коэффициент готовности – представляет собой отношение времени исправной работы к сумме времен исправной работы и вынужденных простоев объекта, взятых за один и тот же календарный срок.

Средний ресурс – это средняя наработка объекта от начала эксплуатации или ее возобновления после предупредительного ремонта до наступления предельного состояния.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ – это вероятность того, что в заданном интервале времени t при определенных режимах и условиях эксплуатации не произойдет ни одного отказа.

Вероятность отказа $Q(t)$ – это вероятность того, что в заданном интервале времени t произойдет хотя бы один отказ.

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ – представляет собой условную плотность вероятности возникновения отказа для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник.

Средняя наработка до отказа (T_0) – среднее время работы элемента от периода пуска в эксплуатацию до отказа.

Среднее время восстановления (T_B) – среднее время отыскания и устранения одного отказа. Данный показатель является достаточно наглядной количественной характеристикой ремонтпригодности системы.

Гистограмма – это способ представления статистических данных в графическом виде – в виде столбчатой диаграммы. Она отображает распределение отдельных измерений параметров изделия или процесса. Иногда ее называют частотным распределением, так как гистограмма показывает частоту появления измеренных значений параметров объекта.

ПГ – переработка газа;

ЛЭП – линии электропередач;

СЭС – системы электроснабжения;

ДЭС – дизельная электростанция;

ЭСН – электростанция собственных нужд;

РЗ и СА – релейная защита и сетевая автоматика;

АВР – автоматический ввод резерва;
КЗ – короткое замыкание;
ГПП – главная понизительная подстанция;
ГПА – газоперекачивающий агрегат;
ИБП – источник бесперебойного питания;
АКБ/АБ - аккумуляторные батареи;
КС – компрессорные станции;
АДЭС – аварийная дизельная электростанция;
АВО газа – автоматическое воздушное охлаждение газа;
МГ – магистральный газопровод;
ОРУ – открытое распределительное устройство;
ЗРУ – закрытое распределительное устройство;
КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;
КТП – комплектная трансформаторная подстанция;

Оглавление

Введение.....	14
Обзор литературы.....	16
Глава 1. Научно-технические проблемы надежности и экономичности систем электроснабжения предприятий по переработке газа	18
1.1 Структурные компоненты предприятий по переработке газа	18
1.2 Характеристики восстанавливаемых объектов.....	27
1.3 Основные причины отказа оборудования систем электроснабжения предприятий по переработке газа.....	31
1.4 Анализ существующих вариантов систем электроснабжения газотранспортных предприятий	35
1.5 Нормативные документы, регламентирующие надежность систем электроснабжения	37
Глава 2. Оценка надежности систем электроснабжения предприятий по переработке газа	39
Глава 3. Обоснование параметров и топологии СЭС промышленных предприятий по ПГ удовлетворяющих требованиям структурной достаточности	57
3.1 Временное и структурное резервирование в СЭС промышленных предприятий по ПГ	57
3.2 Алгоритм достижения временной, структурной и параметрической достаточности СЭС.....	59
3.3 Обоснование оптимального варианта СЭС предприятий по ПГ	66
3.4 Технические средства компенсации высших гармоник в кривых тока и напряжения	68
3.5 Обобщенная схема СЭС компрессорной станции с ГПА.....	69

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	70
5. Социальная ответственность	76
5.1 Техногенная безопасность	76
5.2. Экологическая безопасность.....	86
5.3. Организационные мероприятия обеспечения безопасности	87
5.4. Защита в чрезвычайных ситуациях	87
5.5. Особенности законодательного регулирования проектных решений...	89
5.6. Социальная ответственность администрации и персонала в части охраны окружающей среды и охраны труда.....	91
5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	92
Заключение	96
Список используемых источников.....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ А	102
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	114
ПРИЛОЖЕНИЕ В	115
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	118

Введение

Стабильная работа предприятий по переработке газа (ПГ) гарантируется надежным функционированием систем их электроснабжения (СЭС), кроме того, даже кратковременная остановка электроснабжения может привести к внушительным материальным потерям. Особенность таких предприятий заключается в сложности их структуры, которые включают в себя собственные и внешние источники питания, электроустановки преобразования и распределения электрической энергии. Надежность СЭС можно оценить, зная параметры и характеристики электрооборудования, влияющие на их работоспособность, а также при помощи информации о степени резервирования источников питания. Наличие значительного количества ступеней трансформации является причиной снижения надежности. Используемые в настоящее время системы электроснабжения, нередко имеют структурную чрезмерность, что приводит к значительному увеличению расходов на материальные ресурсы.

Основной задачей является обоснование структуры систем электроснабжения объектов по ПГ. Во-первых, выявление элементов системы, существенно влияющих на ее общую надежность, во – вторых, определение минимально необходимых уровней резервирования элементов, в том числе необходим учет значений нормативных показателей надежности и качества электрической энергии. При выборе минимального требуемого количества элементов СЭС необходимо оперировать их параметрами для максимально экономичной, безопасной и эффективной эксплуатации СЭС.

Обоснование структуры СЭС производится при следовании заданному уровню надежности и сравнению различных схем электроснабжения предприятий по ПГ. Для этого целесообразно использовать логико-вероятностный метод, содержащий в себе алгебру логики и алгебры некоторые элементы теории вероятности.

Цель работы

Обоснование структуры и параметров систем электроснабжения предприятия по переработке газа, выявление недостатков СЭС, разработка мероприятий по увеличению надежности в узлах электроснабжения предприятий по ПГ.

Задачи исследования:

- исследование структур СЭС предприятий по ПГ, обеспечивающих постоянство и непрерывность технологических процессов переработки и транспортировки газа согласно требуемым параметрам надежности;
- разработка и обоснование различных структур систем электроснабжения предприятий по переработке газа при учете временного резервирования и минимизации количества ступеней трансформации;
- рекомендации по увеличению надежности в узлах систем электроснабжения предприятий по ПГ;
- технико-экономическое сравнение разработанных вариантов систем электроснабжения.

Методы исследований

В ходе данной работы использовались методы теории систем электроснабжения, теории электрических цепей, теории надежности, статистический анализ, компьютерное моделирование, логико-вероятностный метод.

Обзор литературы

При написании данной дипломной работы были использованы научные, научно-методические источники литературы, статьи и нормативные документы.

Основными источниками, раскрывающие теоретические основы принципов надежности электроснабжения являются научные работы таких авторов как Абрамович Б.Н., Петров С.П., Бабурин С.В. Так же проблемами надежности систем электроснабжения раскрывал Полищук В.В.

На основе работ Беленко А.В., Петрова С.П. «Дальнее резервирование отказов защит в сетях 0.4 кВ на предприятиях транспорта газа; «Обоснование рациональной системы электроснабжения с учетом применения автономных источников питания. Эффективность применения компенсирующих устройств в сети предприятия»; Белоусенко И.В., Трегубова И.А. «Реконструкция электростанций собственных нужд ОАО Газпром»; Васильева Н.Н., Смереки Б.М. «Повышение эффективности эксплуатаций компрессорных станций»; Динкова В.А., Гриценко А.И., Васильева Ю.Н., Мужиливского П.М. «Повышение эффективности использования газа на компрессорных станциях» подробно рассмотрены основные компоненты надежности и сформулирована структура и параметры систем электроснабжения предприятия по переработке газа.

Помимо перечисленных работ, данной проблемой так же занимались следующие авторы: Ефанов В. И., Леонтьев Е.В., Галлиулин З.Т., Стурейко О. П., Меньшов Б.Г., Ящерицын В.Н.

При изучении работ Гук Ю.Б. «Анализ надежности электроэнергетических установок» и «Расчет надежности схем электроснабжения»; Константинова Б.А., Лосева Э.А. «Логико-аналитический метод расчета надежности восстанавливаемых систем электроснабжения»; Можяева А.С. «Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования сложных систем» была сформулирована математическая модель расчетов в данной

дипломной работе, основные методы расчета в соответствии с задачами исследования.

Расчет степени надежности был основан на работах таких авторов: Калявин В.П., Козлов Б., Ушаков И., Конюхова Е.А., Киреева Э.А., Меньшов Б.Г., Ершов М.С.

Правильность и соответствие действительности полученных значений сравнивались с такими нормативными документами как:

- ГОСТ 27.301-95. Надёжность в технике. Расчёт надёжности. Основные положения.
- ВРД 39-1.10-071-2003 «Правила технической эксплуатации электростанций собственных нужд ОАО «Газпром».

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

На предприятиях, занимающихся добычей, переработкой и транспортировкой газа, одним из важных решений является выбор оборудования электроснабжения, а также определение их стоимости и обоснование сравнительной эффективности этих решений.

В рамках проекта сделаем допущение, что капитальные затраты по проекту не различаются. Определим экономическую эффективность трех наиболее предпочтительных с точки зрения показателей надежности вариантов электроснабжения.

Наиболее предпочтительными вариантами являются:

Обеспечение электроснабжение предприятия по ПГ только от ЛЭП централизованной системы электроснабжения и использование автономных источников в качестве резерва;

Обеспечение электроснабжения предприятия по ПГ при работе только автономных источников, два основных и дополнительного автономного источника питания в качестве резервного;

Обеспечение электроснабжения предприятия по ПГ за счет параллельной работы автономных источников электроэнергии с ЛЭП, одна ЛЭП и один автономный источник электроэнергии в резерве.

При обеспечении электроснабжения предприятия только от линий электропередачи с резервированием от ДЭС основными затратами являются стоимость электроэнергии и затраты на обслуживание ДЭС находящихся в резерве. В случае, когда ДЭС является основным источником электроэнергии, то стоимость затрат на электроэнергию складывается из эксплуатационных издержек на обслуживание ДЭС, т.е. затраты на дизельное топливо и на зарплату рабочим ее обслуживающим. Учтем, что при использовании ДЭС как основной источник энергии, на каждую из них приходится по 2 электромонтера, если же ДЭС в резерве, то достаточно только одного

электромонтера. В любом из представленных случаев для работы в ночную смену на каждую ДЭС требуется один электромонтер.

Стоимость электроэнергии передаваемое по линиям электропередач, складывается из нескольких параметров и рассчитывается по следующей формуле:

$$T = t_1 + t_2 + P_{\text{э/э}} + k \cdot P_{\text{Г}};$$

где, t_1, t_2 – цена транспортировки единицы электроэнергии;

$P_{\text{э/э}}$ – условно-переменные расходы на выработку единицы электроэнергии, руб./кВт*час;

k – удельный расход топливного газа на выработку единицы электроэнергии, 1000 м³/кВт*час

$P_{\text{Г}}$ – условно-переменные расходы по добыче 1000 м³ газа, руб/1000м³;

$$T = 2,07672 + 1,16761 + 0,00099 + 0,00042161 \cdot 1111,2 = \\ 3,7138 \text{ руб/кВтч};$$

Чтобы оценить стоимость электроэнергии, вырабатываемой ДЭС, нужно рассчитать оплату труда рабочим на обслуживание дизельной электростанции.

Зарплату посчитаем по шаблону расчета заработной платы используемому в предприятиях ОАО “Газпром”. Учитываем, что рабочие работают вахтовым методом по 11 часов днем или 12 часов ночью, работа в день или в ночь зависит от графика работ. Расчет произведем для месяца августа, со стандартным для таких предприятий окладом для электромонтера 4 разряда 18000 рублей.

Величина амортизационных отчислений не включается в сумму эксплуатационных затрат, так как при финансовых расчетах не учитывается налогообложение.

Таблица 9. – Расчет заработной платы для электромонтера, работающего весь месяц в ночную смену.

Повременная оплата	372	36 391,30р.
Доплата за работу ночью	372	14 556,52р.
Доплата за вредн. усл.	8%	2 911,30р.
Допл. вахт. метод.	31	5580
Районный коэффициент	80%	43087,30
Северная надбавка	80%	43 087,30р.
Премия за текущ. мес.	30%	16 157,74р.
Северная надб. на премию	80%	12 926,19р.
Районный коэф. на премию	80%	12 926,19р.
Итого начислено		187 623,86р.
Подходный налог тек.м.	13%	23 665,70р.
Профсоюз. взносы	1%	1 820,44р.
Итого удержано		25 486,14р.
Сумма к выдаче		162 137,72р.

Таблица 10. – Расчет заработной платы для электромонтера, работающего весь месяц в дневную смену.

Повременная оплата	341	33 358,70р.
Доплата за работу ночью	0	0 р.
Доплата за вредн. усл.	8%	2 668,70р.
Допл. вахт. метод.	31	5580
Районный коэффициент	80%	28 821,91р.
Северная надбавка	80%	28 821,91р.
Премия за текущ. мес.	30%	10 808,22р.
Северная надб. на премию	80%	8 646,57р.
Районный коэф. на премию	80%	8 646,57р.
Итого начислено		127 352,58р.
Подходный налог тек.м.	13%	15 830,44р.
Профсоюз. взносы	1%	1 217,73р.
Итого удержано		17 048,16р.
Сумма к выдаче		110 304,42р.

Для всех случаев выбираем ДЭС GMGen GMT1850 HV10.5 с номинальной рабочей мощностью 1 663 кВА (1 330 кВт) и резервной мощностью 1 830 кВА (1 464 кВт). Данная дизельная электростанция нагрузке 70% от номинальной затрачивает 222 л/ч дизельного топлива. Средняя стоимость одного литра дизельного топлива по Томской области 37,5 рублей. Также нужно учесть, что предприятия имеют возможность закупать дизельное топливо оптом по цене много ниже розничной, наименьшая оптовая цена, находящаяся в открытом доступе 25 рублей за литр дизельного топлива при покупке его от 50 тонн. Принимаем, что в характерном месяце предприятием было затрачено 1 385 300 кВт*ч, данное значение взято из расчета выработанной электроэнергии двумя ДЭС за 31 день при непрерывной работе в режиме 70% нагрузки от номинального.

Произведем расчет экономической эффективности для всех трех вариантов поочередно.

Первый вариант, обеспечение электроснабжение предприятия по ПГ только от ЛЭП централизованной системы электроснабжения и использование автономных источников в качестве резерва.

В данной случае, стоимость электроэнергии будет равна произведению затраченной электроэнергии на тариф.

$$C_{\text{эл.энергии}} = 1\,385\,300 \cdot 3.7138 = 5\,144\,727.14 \text{ рублей};$$

Также в данном случае, нужно учесть затраты на обслуживание резервных ДЭС. Фонд оплаты труда за характерный месяц складывается из заработной платы 4 электромонтеров, двое из которых работают в день и двое в ночь.

$$\text{ФОТ} = 2 \cdot 187\,623,86 + 2 \cdot 127\,352,58 = 629\,952,88 \text{ рублей};$$

Также нужно учесть отчисления на социальные нужды в размере 30,2% от фонда оплаты труда.

$$O_{\text{CH}} = 0,302 \cdot 629\,952,88 = 190\,245,77 \text{ рублей};$$

Далее учтем ремонтный фонд в размере 35% от фонда оплаты труда и прочие затраты в размере 15% от всех выше отмеченных затрат кроме стоимости электроэнергии.

$$P_{\phi} = 0,35 \cdot 629\,952,88 = 220\,483,5 \text{ рублей};$$

$$ПЗ = 0,15 \cdot (P_{\phi} + \Phi OT + O_{CH}) = 156\,102,32 \text{ рублей};$$

Эксплуатационные затраты данного варианта в течение характерного месяца равны:

$$C = P_{\phi} + \Phi OT + O_{CH} + ПЗ + C_{\text{эл.энергии}} = 6\,341\,511,61 \text{ рублей};$$

По аналогии были рассчитаны затраты для второго и третьего варианта, значения рассчитанных показателей сведены в таблице 11. Итоговые эксплуатационные затраты на электроснабжения каждого из трех вариантов схем СЭС предприятий по ПГ сведены в таблице 12.

Таблица 11. – Значение показателей, рассчитанных в процессе вычисления экономической эффективности

№	$C_{\text{эл.энергии}}$, руб.	ΦOT , руб.	O_{CH} , руб.	P_{ϕ} , руб.	ПЗ, руб.	C, руб.
1	5 144 727	629 952,9	190 245,8	220 483,5	156 102,3	6 341 512
2	8 258 400	1 199 634	362 289,6	419 872,1	297 269,4	10 537 466
3	6 701 564	757305,5	228 706,2	265 056,9	187 660,3	8 140 292

Таблица 12. – Эксплуатационные затраты на электроснабжения трех вариантов схем СЭС предприятий по ПГ

№	Вариант схемы СЭС	Эксплуатационные затраты, руб.
1	Питание от ЛЭП, 2 ДЭС в резерве	6 341 512
2	Питание от 2 ДЭС, 1 ДЭС в резерве	10 537 466
3	Параллельная работа ЛЭП и 1 ДЭС, вторая ДЭС в резерве	8 140 292

Из полученных результатов можно сделать вывод, что при равных капитальных затратах наиболее предпочтительным является первый вариант электроснабжения, в котором основными источниками электроэнергии являются ЛЭП, а резервными 2 ДЭС.

В некоторых случаях постройка ЛЭП в принципе может быть нецелесообразна, и более экономичным будет использование 2 ДЭС в качестве основных источников питания, а третьей ДЭС в качестве резерва. Данный вариант будет оптимальным при большом удалении предприятия от централизованной системы питания или же невозможности, или дороговизны постройки ЛЭП из-за характерных особенностей местности. В некоторых случаях доставка дизельного топлива может производиться по воде, т.е. морем, для тех предприятий, которые находятся на прибрежной территории и конечно же при наличии порта, это также существенно снижает затраты на выработку электроэнергии при помощи автономных источников питания.