

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

---

Институт Энергетический  
Специальность Энергетическое машиностроение  
Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы

**Гибридная энергоустановка для объектов малой распределенной энергетики**

УДК 620.9.002.5:621.31.031.697.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5Б	Мыльников Алексей Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПГС и ПГУ	Казаков А.В	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПГС и ПГУ	Заворин А.С.	д.т.н., профессор		

Томск – 2017 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код	Результат обучения
<b>Универсальные компетенции</b>	
P1	Способность и готовность самостоятельно учиться и развивать свой общекультурный и интеллектуальный уровень, изменять свой научный и научно-производственный профиль в течение всего периода профессиональной деятельности с учетом изменения социокультурных и социальных условий, вести педагогическую работу в области профессиональной деятельности
P2	Способность проявлять и использовать на практике навыки и умения организации работ по решению инновационных инженерных задач в качестве члена или руководителя группы, нести ответственность, в том числе в ситуациях риска, за работу коллектива с применением правовых и этических норм при оценке и самооценке профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов, проблемных инженерных задач
P3	Способность и готовность приобретать и применять новые знания и умения с использованием методологических основ научного познания и библиографической работы с привлечением современных технологий, понимать роль информации в развитии науки, анализировать её естественнонаучную сущность, синтезировать и творчески применять при решении инновационных профессиональных задач
P4	Способность и готовность проявлять в инновационной деятельности глубокие естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте
P5	Способность осуществлять коммуникации в профессиональной сфере и в обществе в целом, принимать нестандартные решения с использованием новых идей, разрабатывать, оформлять, представлять и докладывать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P6	Способность и готовность выполнять инженерные проекты с использованием современных технологий проектирования для разработки конкурентно способных энергетических установок с использованием знаний теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах и аппаратах
P7	Способность и готовность ставить и решать инновационные задачи инженерного профиля, анализировать, искать и выработать компромиссные решения с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний в условиях неопределенности, использовать методы решения задач оптимизации параметров в различных сложных системах

Код	Результат обучения
Р8	Способность и готовность проводить инновационные инженерные исследования, технические испытания и (или) сложные эксперименты, формулировать выводы в условиях неоднозначности с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практические рекомендации по их использованию
Р9	Способность и готовность оценивать техническое состояние объектов профессиональной деятельности, с применением современного оборудования и приборов, анализировать и разрабатывать рекомендации по их надежной и безопасной эксплуатации, понимать проблемы научно-технического развития сырьевой базы, современных технологий по утилизации отходов в энергетическом машиностроении и теплоэнергетике и научно-техническую политику в этой области
Р10	Способность и готовность к эффективному участию в программах освоения новой продукции и технологий, использованию элементов экономического анализа в практической деятельности на предприятиях и в организациях, готовность следовать их корпоративной культуре

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



Институт: Энергетический  
Направление подготовки: 13.04.03 Энергетическое машиностроение  
Кафедра: парогенераторостроения и парогенераторных установок

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ПГС и ПГУ  
\_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Дата) Заворин А.С.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5ВМ5Б	Мыльников Алексей Андреевич

Тема работы:

Гибридная энергоустановка для объектов малой распределенной энергетики

Утверждена приказом директора (дата, номер)

08.02.2017, № 687/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2017 г.

**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.).

Сферой применения объекта проектирования должна быть малая распределенная энергетика. Разрабатываемый объект проектирования должен использовать не менее 2-х источников энергии. Разрабатываемый объект проектирования должен вырабатывать тепловую и электрическую энергии. Аналитический обзор научно-информационных источников должен обосновать существующие проблемы в тепло-электроснабжении потребителей малой распределенной энергетики. Аналитический обзор научно-информационных источников

	<p>должен определить целевые группы потребителей.</p> <p>Аналитический обзор научно-информационных источников должен показать современное состояние исследований и разработок по теме проекта.</p> <p>Патентные исследования должны показать современный уровень разработок по теме проекта.</p> <p>Патентные исследования должны позволить выбрать прототип объекта проектирования.</p> <p>Выбор объекта проектирования должен быть обоснован, должны быть описаны преимущества и недостатки объекта проектирования.</p> <p>Сопряженная технологическая схема должна демонстрировать взаимосвязь составных частей объекта проектирования и их функциональные свойства.</p> <p>Расчеты объекта проектирования должны быть выполнены в объеме, достаточном для разработки эскизной конструкторской документации.</p> <p>Эскизная конструкторская документация должна содержать принципиальные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы разрабатываемого объекта, а также данные, определяющие его назначение, основные параметры и габаритные размеры.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p>(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).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение (обоснование актуальности и цели работы)</li> <li>2. Характеристика практической направленности проекта. Обоснование задач проектирования.</li> <li>3. Выбор и обоснование объекта проектирования.</li> <li>4. Разработка объекта проектирования.</li> <li>5. Обобщение результатов.</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>7. Социальная ответственность.</li> <li>8. Заключение.</li> </ol>

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Энергомодуль АПК 250С-Е400-2НР. Расположение оборудования;</li> <li>2. Схема соединения электроагрегата АПК 250С-Е400-2НР и ШВА-24-16Г;</li> <li>3. Сопряженная схема гибридной установки;</li> <li>4. Таблица сравнения действующей ДЭС и проектной гибридной установки;</li> <li>5. Диаграмма зависимости теплоты сгорания генераторного газа от состава и вида древесины</li> <li>6. Диаграмма зависимости расхода газа от выработанной энергии различных видов топлива.</li> </ol>	<p>Общие виды установки – 2 листа (формат А1).</p>
--	--

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

Раздел	Консультант
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Грахова Е.А
<b>Социальная ответственность</b>	Бородин Ю.В
<b>Иностранный язык</b>	Костамаров П.И

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

Обзор литературы, Заключение.

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Казаков А.В.	к.т.н.		13.03.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5Б	Мыльников Алексей Андреевич		13.03.2017

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

Студенту:

Группа	ФИО
5ВМ5Б	Мыльников Алексей Андреевич

Институт	Энергетический	Кафедра	Парогенераторостроения и парогенераторных установок
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Энергетическое машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	– примерный бюджет проекта 30000000 рублей; – заказчиком проекта является Верхнекетский район Томской области, поселение Степановское; – в реализации проекта задействованы 2 человека: руководитель и инженер;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	– амортизация основных фондов и нематериальных активов (15% от материальных затрат);
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	– отчисления по страховым взносам 30%

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	– инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование; – потенциальные потребители результатов НТИ;
2. Разработка устава научно-технического проекта	
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	– перечень работ (этапов), необходимых для достижения поставленных задач; -- основные расходы на оборудование; – расходы на служебные командировки; – основная и дополнительная заработная плата;
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	– определение ресурсной и экономической эффективности исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры МЕН	Грахова Елена Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5Б	Мыльников Алексей Андреевич		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА**  
**«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5ВМ5Б	Мыльникову Алексею Андреевичу

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ПГС и ПГУ</b>
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Энергетическое машиностроение

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Рассматриваемая рабочая зона представляет собой операторную для обслуживания ГПУ, в которой оператор следит за безопасными показателями параметров работы газопоршневой установки, а также, само помещения, где будет работать ГПУ. В помещении существует опасность поражения электрическим током и возникновения возгорания. Помимо этого, на находящихся в таком помещении людей могут оказывать влияние вредные факторы, такие как некачественное освещение, шум, электромагнитное излучение, запылённость и ненадлежащее состояние микроклимата.

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

**1. Производственная безопасность**

- 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:
- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
  - действие фактора на организм человека;
  - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
  - предлагаемые средства защиты;
  - (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).
- 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:
- механические опасности (источники, средства защиты);
  - термические опасности (источники, средства

Основными вредными факторами при работе в рассматриваемой рабочей зоне являются факторы, связанные с качеством освещения, уровнем шума, состоянием микроклимата, запылённостью и интенсивностью излучения. Необходимо определить нормативные значения данных факторов для данного помещения. Предложить мероприятия по уменьшению воздействия вредных факторов и привести возможные средства защиты.

Основными опасными факторами для данного помещения являются возможность поражения электрическим током и возникновение пожара. Источниками возникновения данных факторов является работающее электрооборудование и неправильное обращение с ним. Необходимо рассмотреть средства и мероприятия по организации безопасной работы с ними, а

защиты); электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)	также средства защиты (например, месторасположение и порядок использования средств пожаротушения).
<b>2. Экологическая безопасность:</b> <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>	Рассматриваемая рабочая зона не оказывает существенного воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу. Срок эксплуатации комплектующих данного оборудования достаточно велик. По истечении срока службы часть передается на восстановление, а часть поступает в отходы.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <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>	Наиболее возможными ЧС в рассматриваемой рабочей зоне являются поражение людей электрическим током и возникновение пожара. Для их предупреждения необходимо строгое соблюдение правил безопасности и норм, определяющих порядок работы с оборудованием. Персонал и студенты для допуска к работе должны изучить технику безопасности и уметь правильно действовать в случае ЧС. Рассмотреть средства, определяющие действия при возникновении ЧС и ликвидации их последствий (например, план эвакуации и средства пожаротушения).
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> </ul>	Определить порядок и организацию работы в рассматриваемом помещении, обеспечивающие безопасные и комфортные условия труда, с соблюдением санитарных и технологических норм

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Бородин Юрий Викторович	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5Б	Мыльников Алексей Андреевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 190 страниц, 51 рисунка, 26 таблиц, 58 источников и четырёх приложений.

Ключевые слова: Степановское поселение, органическое топливо, малая энергетика, децентрализованное энергоснабжение, газификатор, дизельная установка, газопоршневая установка.

Объектом исследования является существующая система тепло и электроснабжения Степановского поселения Верхнекетского района Томской области.

Цель работы – разработать энергетическую гибридную установку для данного поселения, которая будет эффективнее и надежнее ныне действующих энергетических установок местной малой энергетике.

В процессе исследования проводился анализ существующего энергетического комплекса Степановского поселения, а также дана оценка имеющимся местным ресурсам, которые могут быть задействованы в процессе производства энергии.

В результате исследования было выбрано энергетическое оборудование, которое будет превосходить уже имеющиеся дизельные установки по экономическим показателям, как для потребителя, так и для производителя электрической и тепловой энергии. А именно, газификатор и газопоршневая установка.

Основные технологические, технико-эксплуатационные и конструктивные характеристики предложенного оборудования были выбраны из уже существующих и серийно изготавливаемых аналогов, которые ориентированы специально на районы с децентрализованным энергообеспечением.

Область применения: децентрализованные северные и южные районы России, которые нецелесообразно подключать к централизованному энергоснабжению.

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ГПУ – газопоршневая установка;

КПД – коэффициент полезного действия, %;

ДЭС – дизельная электростанция;

ГГ – газогенератор;

$d_B$  – наружный диаметр трубопровода, мм;

$R_y$  – предел текучести, Мпа;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение при расчётной температуре, МПа;

$\varphi_r$  – коэффициент прочности продольного сварного шва;

$d_p$  – расчётный диаметр отверстия, мм;

$s_{1p}$  – расчётная толщина днища, мм;

$K_0$  – коэффициент ослабления отверстием;

$S_\phi$  – фактическая толщина стенки, мм;

$h_{max}$  – глубина поверхностных дефектов, мм;

$A_m$  – амортизационные отчисления годовые с оборудования, руб;

$P$  – потребление электроэнергии одним домом, кВт;

$P_{сут}$  – потребление электроэнергии всеми домами, кВт/сут;

$C_{пол}$  – полная себестоимость ГПУ, руб;

$I_{т.р.}$  – затраты на текущий ремонт, руб;

$V_p$  – часовой расход натурального топлива, т/час;

$N_{уст}$  – установочная мощность токоприемников ГПУ, кВт;

$\rho_\Pi$  – коэффициент отражения потолка, % ;

$F_{реал}$  – световой поток, Лм.

## Актуальность

В утвержденной Правительством РФ Энергетической стратегии России, существенная роль отводится снижению доли газа в потреблении первичных топливно-энергетических ресурсов, развитию использования новых возобновляемых источников энергии и энергоносителей, вовлечению в топливно-энергетический баланс местных топливных ресурсов[1]. В соответствии с Основными направлениями государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии целевым ориентиром является увеличение относительного объема производства и потребления электрической энергии с использованием местных низкосортных топливных ресурсов и возобновляемых источников энергии. Переход от централизованной системы энергоснабжения на автономные гибридные энергетические установки, использующие в качестве топлива различное сырье, рассматривается как одно из перспективных направлений развития Энергетики России.

До 70 % территории России находится в зонах децентрализованного электроснабжения. Доставить туда электроэнергию — задача, посильная только малой энергетике [1].

## Оглавление

	с.
Введение.....	15
1 Обзор литературы.....	17
1.1 Характеристика существующего состояния инфраструктуры и энергетических ресурсов Степановского поселения.....	17
1.2 Энергетические ресурсы Томской области.....	28
1.3 Обзор современного рынка газогенераторов.....	41
1.4 Обзор газопоршневых установок на современном рынке.....	50
1.5 Газогенератор Woodbio WBG - 100.....	66
1.6 Газопоршневая установка АПК250С - Т400 - 2РН.....	76
2 Объект и методы исследования.....	101
3 Расчет основных элементов сопряженной схемы гибридной установки...102	
4 Результаты проведенного исследования.....	121
4.1 Сравнение экономических показателей действующей дизельной станции и проектной ГПУ.....	123
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.125	
Социальная ответственность .....	139
Заключение .....	156
Список публикаций.....	158
Список использованной литературы.....	159
Приложение А Brennstoffvorbereitung und - verbrennung für Energieerzeugung in Gaskolbenanlagen АПК250S - Т400 - 2RN.....	166
Приложение Б Перспективные направления газификации низкосортных топлив.....	183
Приложение В Схема соединения электроагрегата АПК 250 и ШВА -24 -16Г .....	189
Приложение Г Чертеж общего вида газопоршневой установки.....	190

## Введение

Из-за особых климатических и географических условий региона, около 50 % территории Томской области не охвачены сетями централизованного электроснабжения [2]. На территории области 80 населенных пункта, в которых проживает порядка 30 тысяч человек. Для таких пунктов характерно низкая плотность населения и слабая производственная освоенность этих собственных районов. Котельные, работающие на углеводородах, построены достаточно давно и устарели не только морально, но и не могут вырабатывать должную мощность, а обслуживание их обходится дорого населению [2].

Низкий коэффициент полезного действия большинства дизельных электростанций, очень высокая цена на дизельное топливо и высокие транспортные тарифы приводят к очень дорогостоящей себестоимости производства электроэнергии на дизельных электростанциях. По оценке экспертов, только топливная составляющая в тарифе электроэнергии на дизельных электростанциях более чем в 8,1 раз превышает себестоимость 1 кВт/ч электроэнергии от электростанций, которые относятся к Томскому филиалу ОАО «ТГК-11» [3].

Основные цели и задачи энергетической политики РФ сформулированы в Энергетической стратегии России на период до 2030 года [4].

В Томской области имеется своя программа «Повышение энергоэффективности в Томской области» от 08 августа 2016 года [5].

В данной стратегии указаны приоритетные направления повышения эффективности малой распределенной энергетики за счет использования местных ресурсов.

Моральное и физическое устаревание энергетического оборудования дизельных электростанций и постоянный рост цены на дизельное топливо ухудшают и так неблагоприятную экономическую ситуацию. Это может

вызвать дальнейший спад производства и отразиться на качестве электроснабжения потребителя, массовые неплатежи за некачественное энергообеспечение.

Данные вышеупомянутые обстоятельства вынуждают прибегнуть к необходимости поиска путей снижения стоимости электрической энергии, которая поставляется в удаленные поселки Томской области и одновременно необходимо обновление оборудования генерирующих источников.

В настоящий момент времени стало актуально разрабатывать современные технологий, которые позволят использовать для выработки электрической и тепловой энергии органическое топливо, а именно древесину, запасы которой на территории Томской области достаточно велики.

Степановское поселение Верхнекетского района автономно обеспечивается электроэнергией от дизельных электростанций, которые давно превысили свой паспортный срок службы.

Ремонт одной дизельной установки обходится дорого, и сопоставим со стоимостью нового оборудования, а также, дизельная установка имеет очень большой расход топлива (793 тонны в год). Исходя из всего этого, стоит сделать вывод, что необходимо искать более эффективные и выгодные источники энергии для децентрализованного поселения [5].

На сегодняшний момент, самым оптимальным решением данной проблемы, будет замена дизельных установок на гибридные газопоршневые, так как возле Степановского поселения имеются свои ресурсы, такие как древесина и торф, которые в газификаторе будут сжигаться и служить топливом для данной установки. Следовательно, отпадает надобность доставки топлива с дальнего расстояния, с экономической стороны это выгодно [6].



## **1 Обзор литературы**

### **1.1 Характеристика существующего состояния инфраструктуры и энергетических ресурсов Степановского поселения**

#### **1.1.1 Общие сведения о Степановском поселении**

Степановское поселение входит в состав Верхнекетского района, расположенного в северной части Томской области. Численность населения поселка Степановка на 2016 год, согласно статистическим данным составила 2112 человек [6].

Поселение является наиболее крупным сельским поселением Верхнекетского района, в нем проживает около 1/4 сельского населения района. 99,6 % населения сконцентрировано в п. Степановка, который, соответственно, является самым крупным по числу жителей сельским населенным пунктом [7].

Преимущественными сферами занятости для жителей поселения являются лесозаготовки, торговля, ведение личных подсобных хозяйств и бюджетная сфера. Так как северная граница поселения проходит по р.Кеть, в поселении имеются значительные рыбные запасы.

Вместе с тем, следует отметить, что поселение граничит с территорией Максимоярского лесничества, запасы деловой древесины которого составляют 56,7 тыс. м<sup>3</sup> (14,5 % от общерайонного объёма), грибов – 83 т/год (1,8 %), ореха – 150 т/год (1,6 %). Кроме того, на территории лесничества имеются и иные запасы не древесных ресурсов леса: брусники - 391 т/год, черники - 14 т/год, клюквы - 55 т/год, голубики - 8 т/год [6].

Имеющиеся на территории поселения древесные и не древесные ресурсы леса крайне ограничены и могут использоваться исключительно для внутренних нужд поселения.

Ключевой проблемой развития поселения являются низкий уровень доходов населения, высоким уровнем безработицы в поселении, а также

значительным числом лиц, основным видом деятельности которых является ведение личного подсобного хозяйства. Данные факторы оказывают негативное влияние на качество жизни населения и сдерживают развитие сферы услуг и потребительского рынка.

Транспортная доступность с поселением имеет круглогодичный характер и осуществляется по автомобильной дороге с грунтовым покрытием.

### 1.1.2 Источники тепло и электроснабжения п. Степановка

Электроснабжение Степановского поселения осуществляется от дизельных электростанций, которые характеризуются большим износом.

Дизельная электростанция являются муниципальной собственностью, и принадлежит обслуживающей энергосберегающей организации ООО «БИО ТЭК-С». Местонахождение муниципальных объектов представлено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Местонахождение объектов п. Степановка

Наименование объекта	Местонахождение объекта
1	2
Муниципальное автономное учреждение «Культура» Степановский Дом культуры	Томская область, Верхнекетский район, п. Степановка, пер. Аптечный, 2
Муниципальное автономное учреждение «Культура» Степановская библиотека	
Областное государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Верхнекетская районная больница», филиал Степановская участковая больница	Томская область, Верхнекетский район, п. Степановка, пер. Аптечный, 4
Муниципальное бюджетное образовательное учреждение «Степановская средняя общеобразовательная школа»	Томская область, Верхнекетский район, п. Степановка, пер. Аптечный, 5, стр. 1

Продолжение таблицы 1.1

1	2
<p>Филиал № 6 муниципального автономного дошкольного образовательного учреждения «Верхнекетский детский сад»</p>	<p>Томская область, Верхнекетский район, п. Степановка, ул. Гагарина, 3</p>

Отопление в домах печное и осуществляется самими жильцами за свой счёт. Муниципальные учреждения, а именно: МАУ «Культура» Степановский Дом культуры, МАУ «Культура» Степановская библиотека (рис.1.1), ОГБУЗ «Верхнекетская ЦРБ» филиал Степановская участковая больница (рис.1.2), МБОУ «Степановская средняя общеобразовательная школа» (рис.1.3) и Филиал № 6 МАДОУ «Верхнекетский детский сад» (рис.1.4) отапливаются отдельно от котельных, которые работают на дровах [8].



Рисунок 1.1 – МАУ «Культура» Степановский Дом культуры, МАУ «Культура» Степановская библиотека

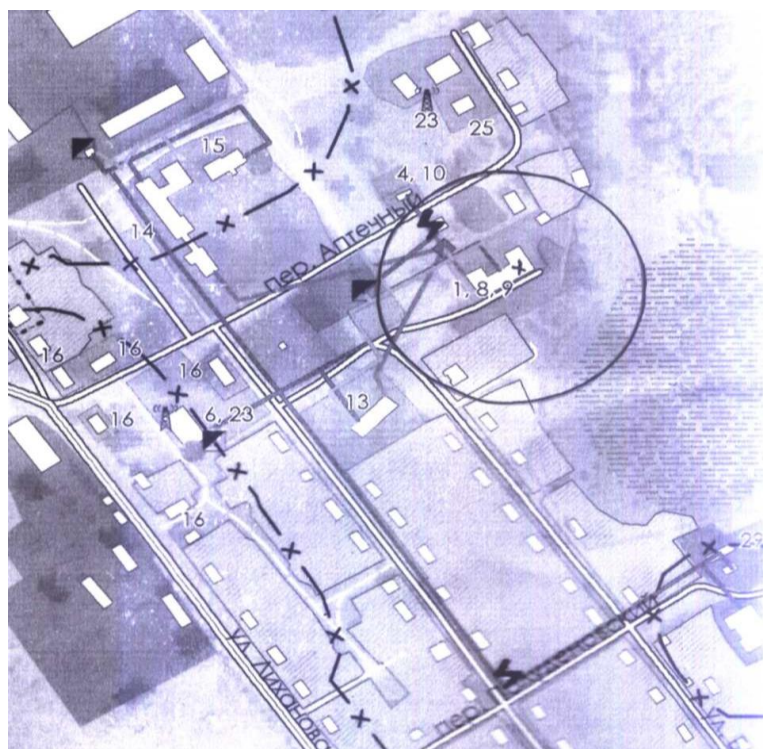


Рисунок 1.2 - ОГБУЗ «Верхнекетская ЦРБ» филиал Степановская  
участковая больница



Рисунок 1.3 - МБОУ «Степановская средняя общеобразовательная  
школа»





Рисунок 1.4 - Филиал № 6 МАДОУ «Верхнекетский детский сад»

### **1.1.3 Общие сведения и состояние дизельных станций Томской области**

В томской области функционирует 25 дизельных электростанций (ДЭС), обеспечивающих электроэнергией 32 отдаленных поселка региона. ДЭС являются муниципальной собственностью. Их обслуживают 19 энергоснабжающих организаций, деятельность которых подлежит государственному регулированию тарифов, т.е. электроэнергия, производимая этими электростанциями, предназначена для сторонних потребителей.

Основным оборудованием ДЭС являются дизельный двигатель и генератор. На 25-ти ДЭС установлено 93 дизель-генераторных установки, срок ввода которых варьируется от 1979 года до 2011 года. Анализ показал, что 85 % оборудования с износом более 50 % [5].

Коэффициент загрузки ДЭС варьируется от 7 до 28 %. В среднем эта величина находится на уровне 10–15 %, что является крайне низким показателем загрузки ДЭС.

Низкая загрузка ДЭС связана с наличием неиспользуемых дизель генераторов большой мощности и с низкой загрузкой отдельных установок.

Средний КПД всех ДЭС с 2011 года по 2014 год составил 27,3 %, наименьший -12,35 % (с. Наунак), наибольший – 36,08 % (с. Назино) [7].

В структуре затрат на электроэнергию, вырабатываемую ДЭС, более 50% составляют расходы на дизельное топливо. При снижении выработки электроэнергии затраты увеличиваются за счет постоянного роста цены на топливо. Затраты на топливо на 2014 год определены из цены 28 715 рублей за тонну. Общий годовой объем дизельного топлива, необходимый для 25-ти ДЭС составляет 5,5 тыс. тонн.

Расчетный среднегодовой тариф на электрическую энергию на 2013 год по всем ДЭС составляет 20,97 руб./кВтч. В с. Лукашкин Яр Александровского района минимальный тариф – 16,08 руб./кВтч., в с. Наунак Каргасокского района максимальный тариф 117,15 руб./кВт.ч [8].

Проблемы систем электроснабжения, источником электроэнергии в которых является ДЭС:

- старение оборудования;
- низкие технико-экономические показатели большинства ДЭС;
- высокие цены на дизельное топливо;
- высокая себестоимость производства электроэнергии;
- высокие тарифы для потребителей электроэнергии;
- рост затрат областного бюджета на субсидии энергоснабжающим организациям в целях компенсации расходов, возникающих при применении тарифов, установленных для населения, в системе централизованного энергоснабжения [9].

Дизельные электростанции используют в качестве топлива дизельное топливо, являющееся продуктом переработки нефти.

Достоинством дизельного топлива и нефти является их высокая калорийность, но данные источники являются не возобновляемыми, а также

дорогостоящими в плане доставки их в удаленные децентрализованные населенные пункты.

Основными факторами, которые можно назвать неэффективными для применения дизельного топлива в поселке являются:

А) Нефть является невозобновляемым ресурсом и рано или поздно закончится её добыча;

Б) Себестоимость добычи нефти постоянно растет, так как происходит удорожание технологий по её добыче;

В) Цену на нефть устанавливают рынки, а не государство, государство устанавливает цены только на тарифы электрической и тепловой энергии, а из этого следует, чтобы не произошел дисбаланс в экономике, то местному гос.органу необходимо будет увеличивать субсидии, а это приведет к потерям средств из местного бюджета.

#### **1.1.4 Основное и вспомогательное оборудование ДЭС поселка Степановка**

Основным оборудованием любой ДЭС являются дизельный двигатель и генератор.

Вспомогательным оборудованием называю то оборудование, без которого невозможно нормальное функционирование дизельной станции, а именно:

- а) насосы;
- б) защитная арматура;
- в) измерительная аппаратура;
- г) устройства пуска.

#### **1.1.4.1 Дизельный двигатель**

Поселок Степановка оснащен дизельными двигателями модели 11Д100 и Г72М, принадлежат ООО «БИО-ТЭК-С» и относятся к категории В – мощные средней быстроходности [8].

#### **1.1.4.2 Генератор**

Установленный генератор ГД2-17-44-16.

Следующим по частоте применения является генератор СГ2-85/45-12.

#### **1.1.4.3 Вспомогательное оборудование**

Компрессоры служат для запуска двигателей, а насосы для перекачки охлаждающей жидкости. Для защиты от короткого замыкания или перенапряжения применяется релейная защита, объединенная на специальном щите.

ДЭС в блочно-модульном исполнении. При данном типе исполнения дополнительным преимуществом является заводской набор необходимого и вспомогательного оборудования, что обеспечивает оптимальную работу всего модуля.

#### **1.1.4.4 КПД станции и удельный расход топлива**

Удельный расход топлива является важнейшим показателем работы установки, от расхода топлива зависит КПД станции. Показатель удельного расхода топлива это произведение удельного расхода топлива на единицу выработанной мощности.

Нормативный расход топлива рассчитывается на основе Приказа Министерства энергетики РФ от 30.12.2008 № 323 «Об организации в



Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов удельного расхода топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию от тепловых электрических станций и котельных» [10].

Расчетные показатели КПД ДЭС показаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – КПД ДЭС п. Степановское

Населенный пункт	КПД факт 2012 год, %	КПД факт 2013 год, %
МО Степановское с/п, п. Степановка	28,78	28,40

Как можно увидеть на рисунке 1.5, что КПД станции уменьшается, так как оборудование давно истощило свой ресурс.

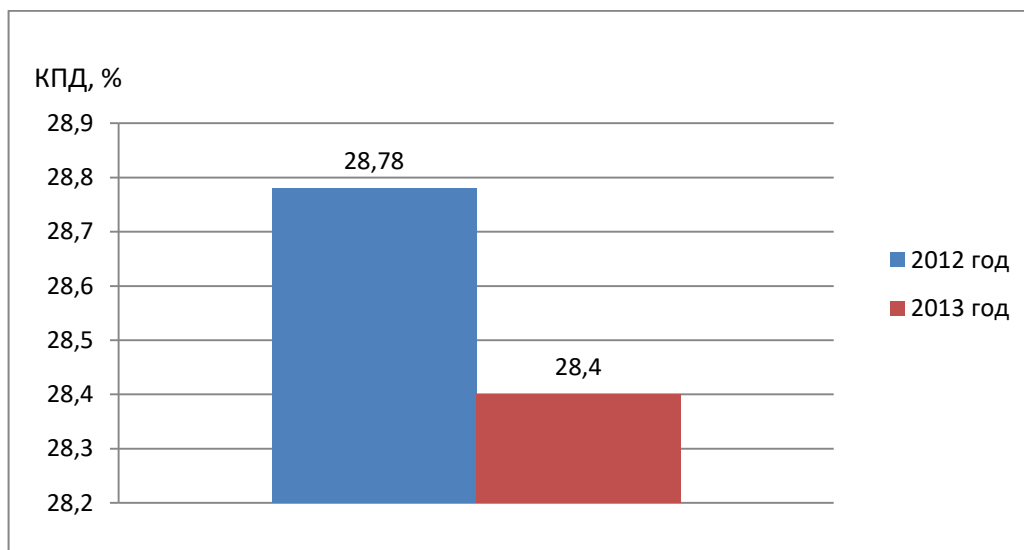


Рисунок 1.5 – КПД ДЭС Степановского поселения

На КПД влияет не только удельный расход топлива, так же влияет качество топлива, техническое состояние сомой установки и правильность выбора объема потребляемого топлива.

### 1.1.5 Суточное и годовое потребление электроэнергии сельского поселения Степановское

Для того чтобы начать проектировать какой-либо энергетический объект, необходимо определиться с потребителем. Потребителем электроэнергии будут являться частные дома Степановского поселения. Для расчета потребности в электрической энергии одного дома, возьмем стандартный ряд электроприборов, который имеется почти в каждом жилом доме. Приборы и их электрическая мощность представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Установленные электробытовые приборы в одном жилом доме

Электроприёмник	Мощность электроприёмника Р, кВт
Холодильник	0,5
Телевизор	0,3
Стиральная машина	2,2
Электрочайник	2
Компьютер	0,5
Пылесос	1,2
Утюг	2,2
Электрическая плита	3,5
Накопительный водонагреватель	2,69
Лампы освещения	0,06
Итого	15,15

Как видно из таблицы 1.3, что суточное потребление электроэнергии в одном доме равняется 15,15 кВт. Чтобы получить суточное потребление электричества всех домов поселка, то необходимо умножить суточное потребление на количество домов.

$$P_{\text{мес}} = P \cdot n$$

где  $P$  – потребление электроэнергии одним домом, кВт;

$n$  – количество домов.

Чтобы посчитать количество домов, нам необходимо общее число жителей разделить на четыре, так как это примерный состав среднестатистической семьи.

$$n = 2112 / 4 = 528 \text{ домов}$$

где 2112 – число жителей поселка, чел;

4 – среднее число человек в одной семье.

В итоге получаем следующее выражение:

$$P_{\text{сут}} = 15,15 \cdot 528 = 7999,2 \text{ кВт/сут}$$

Чтобы определить потребление электроэнергии всеми домами в час, воспользуемся следующим выражением:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{сут}} : 24$$

где  $P_{\text{сут}}$  - потребление электроэнергии всеми домами, кВт/сут;

24 – число часов в сутках.

В итоге получаем следующее выражение:

$$P_{\text{общ}} = 7999,2 : 24 = 333,3 \text{ кВт/ч}$$

Исходя из всех расчетов, получаем, что мощность потребления всех домов в час составляет 333,3 кВт.

## 1.2 Энергетические ресурсы Томской области

### 1.2.1 Общие сведения

Основные источники тепла, а именно котельные, установлены более 10 лет назад и около 55 % оборудования уже давно устарели морально и физически. КПД котельных варьирует от 30 до 85 %. Некоторые котельные не так-то просто обеспечить топливом, и на его доставку уходят миллионы рублей. Поэтому приходится местному бюджету тратить большие суммы на субсидирование затрат на доставку. К примеру, на субсидирование только дизельных электростанций уходит из бюджета Томской области порядка 250 миллионов рублей в год [11].

В данной ситуации вывод напрашивается сам по себе, а именно, использовать местные источники энергии. Такими являются отходы лесоперерабатывающей промышленности. Данный опыт имеется в Финляндии, где 1/3 всей тепловой и электрической энергии вырабатывается именно от данного вида сырья. Финляндия и Томская область обладают схожим климатом, площадью и биоресурсами [12].

Когда только начинало появляться децентрализованное энергоснабжение населенных пунктов, то возникало много споров по целесообразности их эксплуатации. Финансирования естественно было минимальным, так как никто не верил в успех этой области малой энергетики.

На данный момент картина происходящего начинает меняться в лучшую сторону.

Во-первых, с инициативой введения таких мощностей выступают сами местные районы области. Во-вторых, администрация Томской области сама заинтересована в развитии отдаленных секторов. В-третьих, был проделан большой объем работы Томского центра ресурсосбережения и энергоэффективности, Томского политехнического университета и других

организаций, по итогам которого, пришли к выводу, что использование такой технологии технически возможно и экономически целесообразно.

В результате положительного отзыва, была создана специальная группа по эффективному использованию местных ресурсов. В первую очередь необходимо использовать отходы лесопромышленного комплекса и выстроить систему управления отходами. Наиболее подходящими районами являются Колпашевский, Кривошеинский и Верхнекетский районы Томской области.

К примеру, только в Верхнекетском районе общий топливный потенциал ЛПК составляет 50,9 тыс. т. у т., это позволит выработать 350,3 тыс. Гкал тепловой энергии. В данном районе лесозаготовка ведется в больших масштабах, а, следовательно, дефицита топлива наблюдаться не будет [12].

Первая котельная на щепе уже появились в селе Белый Яр, которая отапливает местную школу.

Поселок Степановка это отдельный объект, так как население считается большим для размера поселка и поэтому ему такое внимание. Планируется строительство когенеративной установки на древесных отходах взамен дизельной электростанции и трех котельных.

Для дальнейшего стабильного развития данного проекта необходимо вписать его в нормативно-правовую базу, так как финансирование проекта будет более надежно, когда есть подспорье в правовом документе. В результате этого должны быть достигнуты следующие цели: новые вырабатываемые мощности будут включены в топливно-энергетический баланс региона, оптимальный тариф для жителей отдаленных регионов области, ликвидация ряда проблем региона и повышение бюджетной эффективности.

## 1.2.2 Ресурсы поселка Степановка

### 1.2.2.1 Древесная биомасса

Томская область является регионом с общей площадью лесного фонда около 28 669,8 тыс. Га, занимающей 92 % территории всей Томской области и общим запасом древесины 2851,4 млн. м<sup>3</sup> [13].

В настоящее время лесное хозяйство задействовано мало в энергетических целях. Для решения этой задачи разработана специальная программа «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года» [14].

Запасы древесины по породам представлены на рисунке 1.6.

**Распределение долей запасов древесины по породам**

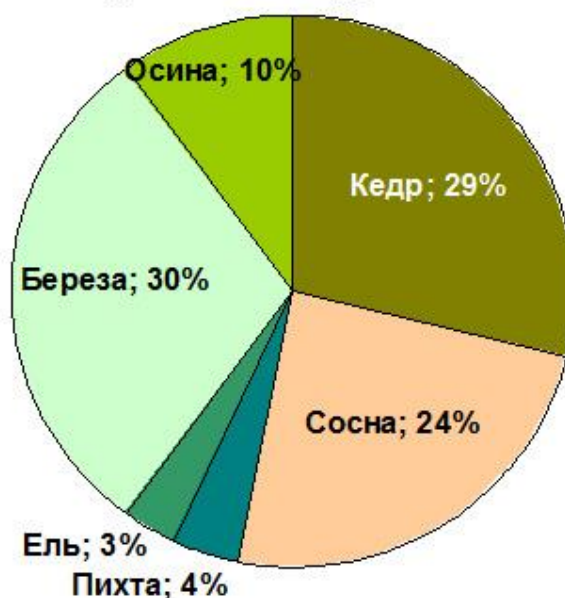


Рисунок 1.6 – Распределение запасов древесины по породам в Томской области

Лесозаготовительные мощности Томской области главным образом сосредоточены в Первомайском, Верхнекетском и Асиновском районах.

Объёмы заготовки леса представлены на рисунке 1.7.

### Рейтинг районов Томской области по лесозаготовке, тыс. куб. м в год

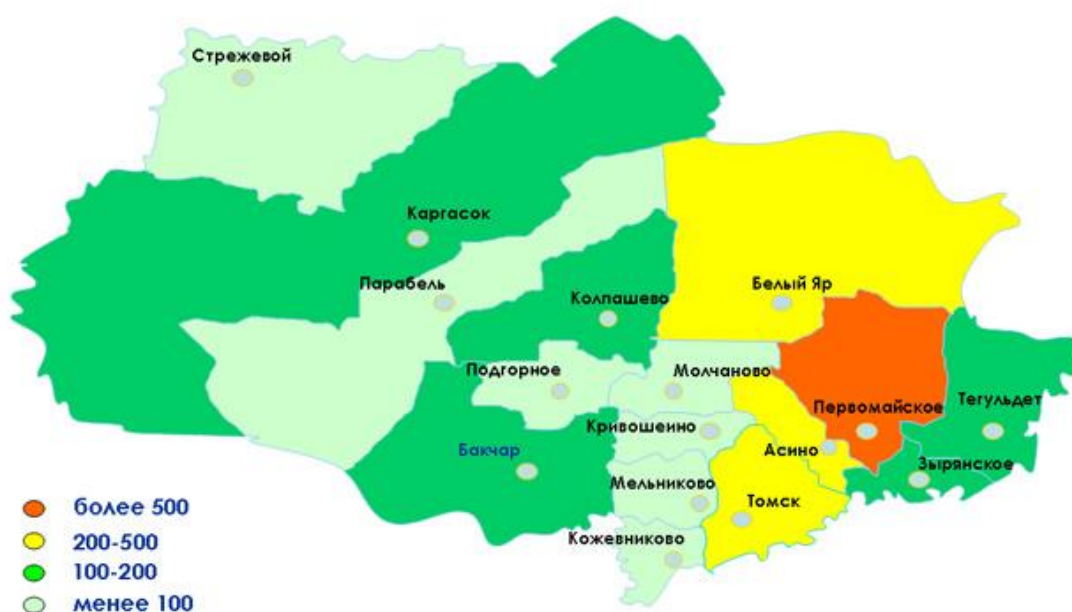


Рисунок 1.7 – Объёмы заготовки леса в Томской области

Как видно на рисунке 1.7, что Верхнекетский район относится к районам, которые заготавливают приличное количество леса, от 200 до 500 тысяч кубометров в год, а, следовательно, после заготовки и переработки материала будет оставаться большое количество стружки и прочих отходов, которые можно и нужно использовать в малой распределенной энергетике.

Древесная биомасса относится к твердому возобновляемому виду топлива. Так же биомассу называют «местным» видом топлива, так как она находится вблизи объекта, который использует её в виде топлива.

Большое влияние на теплотехнические свойства данного вида топлива влияет ее переработка, условия хранения и транспортировка. К примеру, если влажность образца порядка 40 % изначальная, то через полгода она может возрасти до 50-60 % [9].

#### 1.2.2.2 Характеристика древесной биомассы.

Одной из главных характеристик является влажность. Влажность древесной биомассы — это количественная характеристика, которая

показывает содержание влаги в биомассе. Она бывает абсолютная и относительная.

Абсолютная влажность это отношение массы влаги к сухой массе древесины:

$$W_a = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\%$$

где  $W_a$  — абсолютная влажность, %;

$m$  — масса образца во влажном состоянии, г;

$m_0$  — масса того же образца, высушенного до постоянного значения, г.

Относительная или рабочая влажность это отношение массы влаги к массе влажной древесины:

$$W_p = \frac{m - m_0}{m} \cdot 100\%$$

где  $W_p$  — относительная, или рабочая, влажность, %

При расчетах, которые необходимы для сушки древесины, всегда используют абсолютную влажность.

Различаются две формы влаги: гигроскопическую и свободную.

Гигроскопическая влага преобладает внутри стенки клетки и удерживается там при помощи физико-химической связи. Удаление этой влаги требует дополнительной энергии и дополнительных затрат, что сказывается на свойстве древесины.

Свободная влага находится между клеток и удерживается только механическими связями. Удалить её из образца гораздо легче, а также, в ходе процесса удаления меньше происходит влияние на структуру древесины.

При продолжительном нахождении древесины на воздухе происходит обмен влагами, в целях уравнивания процентного содержания влаги образца и окружающей среды, а именно, если древесина была слишком влажная, то она начинает высыхать, а если же влажность воздуха больше, то древесина будет увлажняться и её влажность вырастет.



Следующей важной характеристикой является зольность. Зольность это содержание в топливе минеральных веществ, которые остаются после полного выгорания всей горючей массы топлива.

Зола подразделяется на внутреннюю и внешнюю. Внутренняя зола содержится в древесном веществе, а внешняя попадает при заготовке, транспортировке или хранении дерева. Также зола имеет различную плавкость. Различают три вида плавкости: жидкоплавкое состояние ниже  $1350^{\circ}\text{C}$ , среднеплавкое состояние в пределах  $1350\text{—}1450^{\circ}\text{C}$  и тугоплавкое состояние, когда температура превышает  $1450^{\circ}\text{C}$ .

Внутренняя зола относится к категории тугоплавкая, а внешняя к легкоплавкой. Содержание внутренней золы в древесине варьируется в пределах от 0,2 до 1,17 % [8].

Следующей характеристикой является плотность. Плотностью называют отношение массы материала, который образует стенки клеток, к занимаемому им объему. Плотность древесинного вещества принято считать одинаковой для всех пород древесины. Она приравнивается к  $1,53\text{ г/см}^3$ . Плотность измельченных отходов колеблется от  $100\text{ кг/м}^3$  до  $350\text{ кг/м}^3$ .

### **1.2.2.3 Виды древесных отходов**

Отходы лесозаготовок. Отходами лесозаготовок называют отделяемые части дерева, которые получаются в процессе лесозаготовительного производства. К ним относятся хвоя, листья, побеги, ветви, сучья, вершинки, козырьки, кора и т. п.

Отходы деревообработки. Отходы деревообработки называют такие отходы, которые образуются в процессе деревообрабатывающего производства. К ним относятся: горбыль, рейка, срезка, короткомеры, стружка, опилки, отходы производства технологической щепы, древесная пыль, кора.

В зависимости от формы и размера частиц, древесные отходы можно подразделить на кусковые древесные отходы и мягкие древесные отходы.

К кусковым древесным отходам можно отнести откомлевки, козырьки, фаутные вырезки, горбыль, рейка, срезки, короткомеры. К мягким же древесным отходам можно отнести опилки и стружку.

Одной из важнейших характеристик измельченной древесины является ее фракционный состав. Фракционный состав это количественное соотношение частиц определенных размеров в общей массе измельченной древесины. Фракцией измельченной древесины называют процентное содержание частиц определенного размера в общей массе.

Измельченную древесину по размерам частиц разделяют на три вида:

- а) древесная пыль образуется при шлифовании древесины, фанеры и древесных плит, основная её часть частиц проходит через сито с отверстием 0,5 мм;
- б) опилки образуются при продольной и поперечной распилке древесины и проходят через сито с отверстиями 5 6 мм;
- в) щепа образовывается при измельчении древесины и древесных отходов в рубительных машинах, основная часть щепы проходит через сито с отверстиями 30 мм и остается на сите с отверстиями 5...6 мм. Крупная щепка имеет размеры частиц больше 30 мм.

Так как территория Томской области на 92 % покрыта лесами и доступ к данному ресурсу для объектов генерации очень высокий, то можно сделать вывод, что данный вид ресурса является приоритетным и должен использоваться для газификации с целью получения электрической и тепловой энергии. Чтобы минимизировать затраты на данный вид ресурса, объекты генерации должны быть распределены по степени доступности, то есть, должна быть возможность использования отходов существующей лесозаготовливающей и обрабатывающей промышленности вблизи объекта генерации. По приблизительным подсчетам для выработки 1000 кВт

электроэнергии способом газификации, необходимо от 1,5 до 2,7 м<sup>3</sup> плотной древесины. Это зависит от выбранной технологии медленный или быстрый пиролиз [9].

#### **1.2.2.4 Объёмы опилок и щепы в Верхнекетском районе**

За 2015 год в Верхнекетском районе было заготовлено 436,5 тысяч метров кубических древесины [9].

Согласно нормам выхода обрезных материалов и опилок, после обработки 1 м<sup>3</sup> любой древесины, остаётся 0,14 м<sup>3</sup> опилок [14].

Чтобы получить чистый объём опилок, необходимо весь объём заготовок умножить на остаток опилок, в итоге получим выражение:

$$V_{об} * V_{оп} = 436,5 * 0,14 = 61,11 \text{ тыс. м}^3 / \text{год}$$

Чтобы получить объём в сутки, необходимо поделить на число дней в году. Получаем выражение:

$$61,11 / 360 = 169,7 \text{ м}^3 / \text{сутки}$$

Чтобы пересчитать объём на килограммы, необходимо плотность древесины умножить на данный объём. Для расчета возьмем среднюю плотность сосны, равную 500 кг/м<sup>3</sup>. Получаем выражение:

$$V_{оп} * \rho_{древ} = 169,7 * 500 = 84850 \text{ кг}$$

Чтобы получить объём суточный в килограммах, необходимо разделить на 24. Получаем выражение:

$$84850 : 24 = 3535,42 \text{ кг /сут}$$

В исследуемом районе преобладают такие породы, как сосна, береза, осина. Чтобы рассчитать опилки в килограммах, необходимо плотность древесины умножить на объём материала. Плотность древесины указана на рисунке 1.8.

Название древесной породы	Средняя плотность	Условная плотность
Береза	650 кг/м <sup>3</sup>	520 кг/м <sup>3</sup>
Бук	670 кг/м <sup>3</sup>	530 кг/м <sup>3</sup>
Граб	800 кг/м <sup>3</sup>	630 кг/м <sup>3</sup>
Дуб	690 кг/м <sup>3</sup>	550 кг/м <sup>3</sup>
Ель	445 кг/м <sup>3</sup>	360 кг/м <sup>3</sup>
Кедр	435 кг/м <sup>3</sup>	350 кг/м <sup>3</sup>
Клен	690 кг/м <sup>3</sup>	550 кг/м <sup>3</sup>
Липа	495 кг/м <sup>3</sup>	400 кг/м <sup>3</sup>
Лиственница	660 кг/м <sup>3</sup>	520 кг/м <sup>3</sup>
Ольха	520 кг/м <sup>3</sup>	420 кг/м <sup>3</sup>
Орех	590 кг/м <sup>3</sup>	470 кг/м <sup>3</sup>
Осина	495 кг/м <sup>3</sup>	400 кг/м <sup>3</sup>
Пихта	375 кг/м <sup>3</sup>	300 кг/м <sup>3</sup>
Сосна	500 кг/м <sup>3</sup>	400 кг/м <sup>3</sup>
Ясень	680 кг/м <sup>3</sup>	550 кг/м <sup>3</sup>

Рисунок 1.8 – Плотность некоторых пород древесины

В итоге получаем следующее выражение:

$$V_{\text{оп}} * \rho_{\text{древ}} = m_{\text{оп}} \text{ кг}$$

где  $V_{\text{оп}}$  – объём опилок, после обработки 1 м<sup>3</sup>, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{древ}}$  – плотность древесной породы, кг/м<sup>3</sup>.

1) Для сосны  $0,14 * 500 = 70$  кг

2) Для осины  $0,14 * 495 = 69,3$  кг

3) Для березы  $0,14 * 650 = 91$  кг

#### 1.2.2.5 Торф и его характеристики

На территории Томской области находится 1444 месторождения торфа, а общая площадь залежей равняется 7 988 209 Га. Суммарные запасы торфа по прогнозам экспертов составляют 30,7 млрд. т [15].

В Томской области добыча торфа ведется в малых объемах и исключительно только для нужд сельского хозяйства.

Торф, как и древесина, обладает следующими показателями, а именно, теплотой сгорания, зольностью и влажностью.

Топливный торф, который подходит для пылевидного сжигания, должен удовлетворять определенным требованиям, а именно, содержание общей влаги не более 52 % и зольность на сухую массу не более 23 % [16].

Сводная таблица характеристик нескольких месторождений торфа Томской области представлена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Характеристика торфяных месторождений Томской области

Параметры	Каргасогский	Первомайский (уч.839,815,817,822,86)	Парабельский (уч.495,496,521, 522)	Томский (уч.933,931,932, 930)	Северск (уч.966)	Шегарский (уч.397-5,6)
Площадь, тыс. Га	150	100	40	10	1	17
Общие запасы, тыс.тонн	461500	175000	155000	50000	7300	37000
Готовность к производству	Средняя	Средняя	Средняя	Выше среднего	Выше среднего	Высокая
Энерг. параметры торфа, МДж/кг	12	10	10	12	10	14
Влажность, %	70	70	70	60	60	50
Зольность, %	5-7	5-7	5	5-7	5	6-8
Содержание серы, % на горючую массу	0,25	0,3	0,14	0,4	0,1	0,25
Элементный состав С/Н/Н, %	55/5/3	57/7/3	56/6/2	55/5/2	55/3/1	57/4/2

Согласно данным, которые отражены в таблице, торфяные месторождения по Томской области можно охарактеризовать невысоким содержанием серы, низшей теплотой сгорания, которая находится в пределах от 10 до 14 МДж/кг (2387-3340 ккал/кг) и зольностью, не превышающей 8 %.

Торф имеет ряд преимуществ и недостатков в процессе переработки и подготовки к сжиганию. Плюсы и минусы использования торфа как топлива приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Преимущества и недостатки переработки торфа

Технология	Преимущества	Недостатки
Брикеты из торфа	Технология давно применяется.	Необходимо осушить участки Возможно производство только 3-5 мес. в году.
Пеллеты из торфа	Имеют высокую теплоту сгорания и низкую зольность.	Технология недостаточно проработана Технология требует больших энергозатрат.
Газификация	Технология давно применяется. Малые затраты на организацию производственного процесса.	Высокие показатели вредных выбросов, но укладываются по нормативным нормам. Установка должна находиться вблизи объекта.
Жидкие углеводороды (процесс Фишера-Тропша)	Возможно получить широкий ряд высококачественных химических продуктов, таких как дизельное топливо, воск, полиэтилен высокого давления, эфиры, масла, бензин	Значительные стартовые денежные вложения на оборудование. Технология требует высококвалифицированный обслуживающий персонал. Высокие требования к изначальному сырью. Необходимость сертифицировать топливо Дополнительный расход на катализаторы.
Скоростное коксование торфа с получением жидких моторных фракций	Технология давно применяется. Возможно использовать сырьё повышенной влажности. Возможно добывать круглый год (гидронамыв).	Требуется проверка технологической константы, чтобы масштабирования достигло промышленного масштаба. Необходима сертификация топлива.

Основными недостатками торфа в качестве топлива можно назвать следующие факторы:

а) потребители продукции должны располагаться в радиусе 50-75 км от месторождения торфа и объем потребления его должен составлять не менее 20 000 тонн в год. При увеличении данного расстояния или снижении объемов потребления, возрастает стоимость торфа, а это делает его использование не целесообразным по сравнению с другими видами топлива;

б) время добычи фрезерного торфа вписывается в рамки 4-5 месяца в год. Вкратце, что применение других технологий увеличит период добычи торфа, но конкретных разработок на данный момент не имеется;

в) необходимо постоянное уточнение объемов и качества запасов торфа, который располагается вблизи от объекта генерации.

Так же, главными причинами не освоения торфяных месторождений можно назвать следующие обстоятельства:

а) слабая изученность географо-экономических районов залежей торфа;

б) основной способ добычи торфа фрезерный, он требует большое разнообразие машин и комплекса оборудования для добычи, погрузки, транспортировки сырья.

в) в Сибири важную роль при добыче торфа играют климатические факторы. Так как непродолжительный сезон добычи торфа предполагает, что необходимо будет его складировать в летний период, а это дополнительные затраты, а также во время хранения торф становится влажнее. Зимой же необходимо рыхлить промерзшие залежи.

г) правовая часть тоже имеет место, так как, закон о добыче ископаемых из недр противоречит другим правовым документам, а именно Водному кодексу РФ, в котором говорится о защите болот, которые относятся к особым водным объектам и для работы на этих объектах необходима лицензия.

д) После завершения добычи торфа на месторождении необходимо рекультивировать землю и вывезти все отходы. Это обходится примерно в 5-8 % от стоимости продукции [18].

Из всего вышеуказанного можно сделать вывод, что торф имеется в достаточном количестве в пределах 100 км от п. Степановское, но так как практически невозможно его добывать фрезерным способом (потому что добытый торф обладает высокой влажностью), то данный вид топлива рассматривать нерентабельно и нецелесообразно для дальнейшей газификации.



## **1.3 Обзор современного рынка газогенераторов**

К середине XX в процесс газификации начал широко распространяться во многих промышленных странах мира. Например, в СССР в 50-е годы функционировало свыше 350 газогенераторных станций, на которых были установлены около 2500 газогенераторов. Станции каждый год вырабатывали 35 млрд. м<sup>3</sup> энергетического и технологического газа [16].

В последнее время люди начали все больше внимания уделять использованию древесной биомассы в энергетических целях, в частности, древесных отходов, которые в дальнейшем станут отличной альтернативой традиционному топливу. Древесные отходы это возобновляемые источники энергии, которые содержат очень мало серы и золы (в пределах 1 %). Зола биомассы, как правило, не содержит тяжелые металлы и другие загрязнители, а, следовательно, её можно вносить в почву в качестве удобрения. Технологии выработки энергии от древесных отходов постоянно развиваются и совершенствуются.

В настоящее время процесс газификации твердого топлива снова привлек к себе внимание. Большое количество компаний занимается разработкой новых конструкций газогенераторов и технологий газификации.

### **1.3.1 Зарубежные разработки**

Самые передовые разработки по генерации пиролизного газа, конечно же, имеют начало за границей. Там большое внимание уделяется данному способу выработки энергии. Далее будут рассмотрены самые передовые газогенераторные установки из имеющихся на данный момент.

### **1.3.1.2 Финляндия. Foster Wheeler Energia Oy.**

Наиболее известной фирмой сегодня являются газификаторы Bioneer, которые выпускает компания Foster Wheeler Energia Oy (Финляндия) [17].

Газификатор был сконструирован в Финляндии компанией VTT при совместном сотрудничестве с SME Company. Bioneer генерирует низкокалорийный генераторный газ с большим содержанием смол. Генераторный газ можно применять на ТЭЦ 1-15 МВт и мини-ТЭЦ, мощностью 1-3 МВт, на газопоршневых электростанциях, но только после каталитической очистки, а также в сушильных и технологических печах [18].

Газификаторы Bioneer полную автоматизацию всех процессов, а характеристики сырья не особо влияют на его работу (фракционный состав, влажность).

Газификатор состоит из питателя, шахтного реактора, футерованного огнеупорным материалом и вращающейся конусной решетки. Сырье, после попадания в газификатор сверху, перемещается вниз, а затем проходит последовательно зону сушки, пиролиза, газификации и горения. Зола, которая остаётся после горения, удаляется через решетку в нижней части установки. Температуру в зоне горения можно регулировать, изменяя влажность воздушного дутья. Воздух и пар подается в газификатор снизу через вращающуюся решетку. Генераторный газ по короткой теплоизолированной трубе поступает далее на утилизацию.

Из-за того, что газ имеет высокое содержание смол, он не может транспортироваться на дальние расстояния и использоваться без предварительной очистки в двигателях внутреннего сгорания.

Смолы, которые содержатся в генераторном газе, приводят к засорению каналов, соединяющих газификатор с приёмником. Всё это неизбежно приводит к необходимости часто прочищать каналы. К примеру, на ТЭЦ в Финляндии, которые оборудованы газификатором Bioneer, каналы

протищают каждые 2-6 недель в зависимости от свойств сырья и мощности газификатора.

На рисунке 1.9 представлена схема установки газификации БМ при помощи газификатора Bioneer.

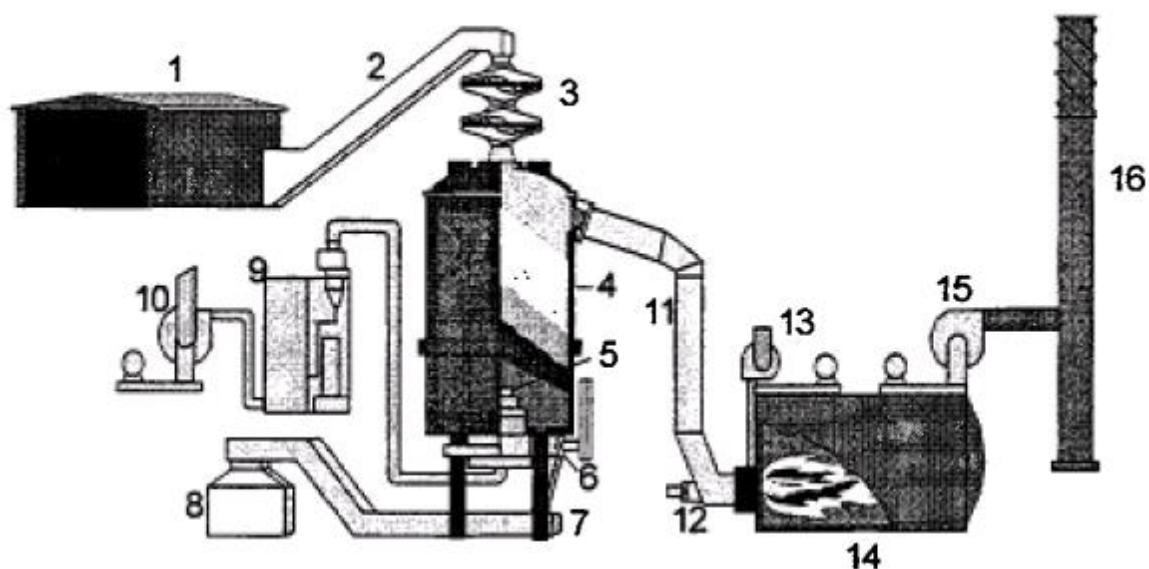


Рисунок 1.9 - Газификатор Bioneer в составе с действующей малой ТЭЦ в Каухайоки ( Финляндия): 1- бункер с сырьём; 2 – конвейер; 3 – питатель; 4 – газификатор; 5 – решётка; 6 – удалитель золы; 7 – конвейер золы; 8 – сборник золы; 9 – увлажнитель; 10, 13, 15 – компрессоры; 11 – газопровод; 12 – газовая горелка; 14 – газовый котел; 16 – труба.

Требования к сырью:

- а) Влажность не более 50 %;
- б) Зольность в пересчёте на сухое сырьё не более 10 %;
- в) Точка размягчения золы не менее 1190 градусов Цельсия;
- г) Теплотворная способность 0.65-1.7 МВт/м<sup>3</sup>.

### 1.3.2 Германия. Lurgi Energie und Umwelt.

Немецкая компания Lurgi Energie und Umwelt является известным разработчиком и производителем газификаторов с циркулирующим кипящим слоем. В начале 1980 года инженеры разработали процесс ЦКС-газификации для биомассы [19].

Система включает в себя реактор, возвратный циклон и буферную ёмкость. Высокая скорость проходящего газа гарантирует унос крупных частиц с потоком и отвод их через верх реактора. После разделения в циклоне на твердые частицы через буферную ёмкость возвращаются в реактор. Окислитель, обычно воздух, поступает как через носики решётки, так и уровнем выше подачи топлива в качестве вторичного воздуха. Реактор представлен на рисунке 1.10. На рисунке 1.11 представлена схема работы действующего реактора на цементном заводе Рудерсдорф в Германии.

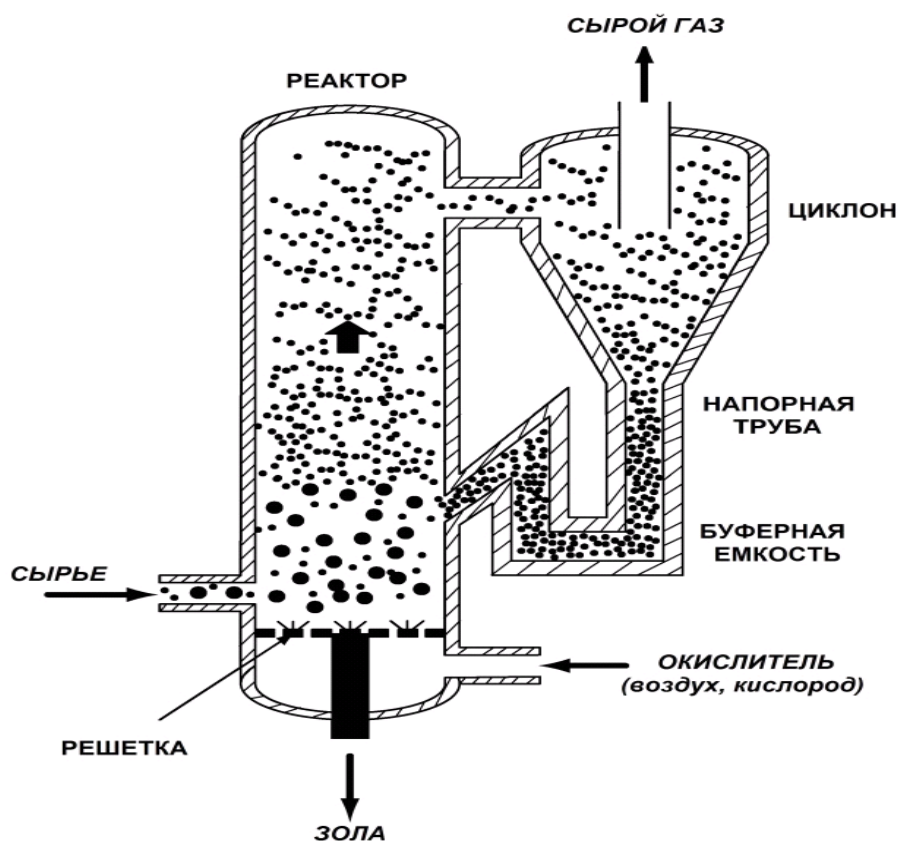


Рисунок 1.10 - ЦКС-реактор газификации биомассы фирмы Lurgi

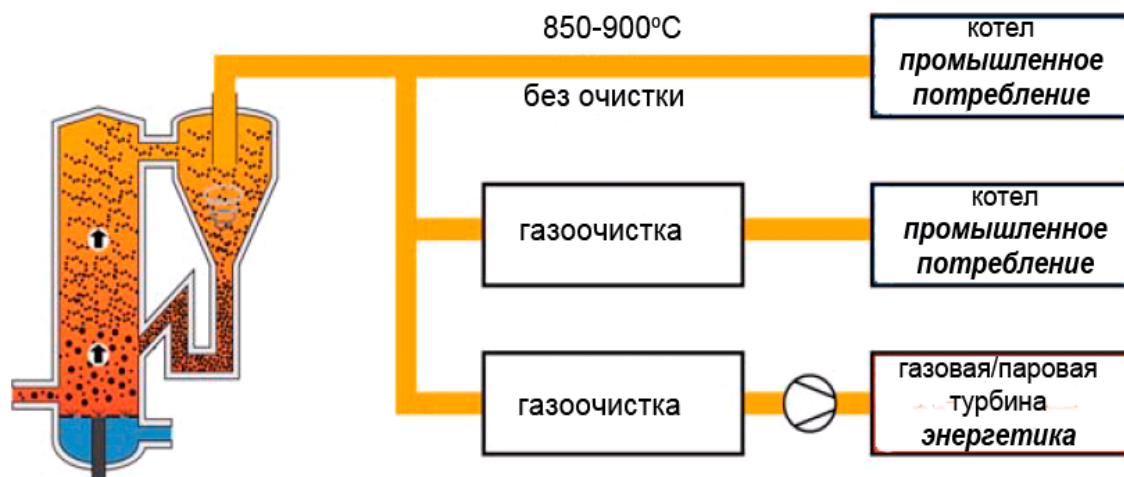


Рисунок 1.11 - Промышленная технологическая схема с реактором на цементном заводе Рудерсдорф.

Как видно на схеме, что потребителем может быть любой источник, если использовать газ для турбин или ГПУ, то его необходимо обязательно подвергнуть очистке.

### 3.3 Индийские разработки

Индия является бесспорным мировым лидером по переработке биомассы. В стране разработаны программы по данному направлению, которые реализуются уже давно. По данным на 2003 год, на территории Индии вырабатывалось 55,1 МВт электрической энергии и было задействовано 1817 единиц газогенераторных установок [21].

За последние года было произведено порядка 100 единиц установок, которые экспортировались в 15 стран мира, в том числе и в Россию.

В России имеются работающие станции фирмы Woodbio в Забайкальске мощностью 500кВт, работающая на древесных отходах и в Краснодаре, работающей на лузге подсолнечника.

Газогенераторные станции состоят из установки фирмы Woodbio и электрогенераторной установки мощностью от 50 до 600кВт. Электростанции могут быть укомплектованы установками утилизации тепла в режиме когенерации. Так как модули поставляются блоками, то можно

построить станцию большой мощности, но для решения проблем децентрализованных объектов эта необходимость отпадает.

Газогенераторная тепловая станция служит автономным источником газа для котельной. Она состоит из одной или нескольких газогенераторных установок Woodbio и горелок (в том числе комбинированных для сжигания генераторного газа вместе с природным газом или жидким топливом), а также трубопроводов для подачи газа к горелкам.

Всё оборудование перед отправкой тестируется и только потом отправляется заказчику. На рисунке 1.12 показан процесс тестирования установки WBG-850 перед отправкой в Латвию.



Рисунок 1.12 - Испытание газогенераторной электростанции с газогенератором WBG-850 мощностью 850 кВт на заводе в Индии перед отгрузкой в Латвию

### **1.3.4 Австрийские разработки**

Для децентрализованных районов Австрии была разработана установка газификации биомассы в кипящем слое. На рисунке 1.13 показана схема завода по газификации биомассы.

В результате газификации биомассу нагревают до температуры 850 °С при подаче пара. При использовании пара вместо воздуха

обеспечивается полное отсутствие азота и смолянистых примесей в пиролизном газе и его высокую теплотворную способность. Частицы, которые остаются в углистом веществе попадают в камеру сгорания через кипящий слой, а это позволяет получить дополнительное тепло. Полученный газ отделяется и охлаждается, а затем отдаёт тепло в систему теплоснабжения. Газ очищается от пыли тканевым фильтром, а далее попадает в скруббер, где он дополнительно очищается от смол, аммиака и кислотных компонентов. После очистки в газе остается около 440 мг/нм<sup>3</sup> аммиака (NH<sub>3</sub>). Аммиак при окислении в камере сгорания вызывает резкое увеличение выбросов окислов азота. Тем самым он сокращает срок службы деталей камеры сгорания. Но при длительном процессе эксплуатации не было выявлено критических отрицательных моментов. Тем не менее, всё же на данный момент ведутся успешные работы по добавке специальных агентов в воду, которая подаётся в скрубберы для очистки газа, с целью связывания аммиака.

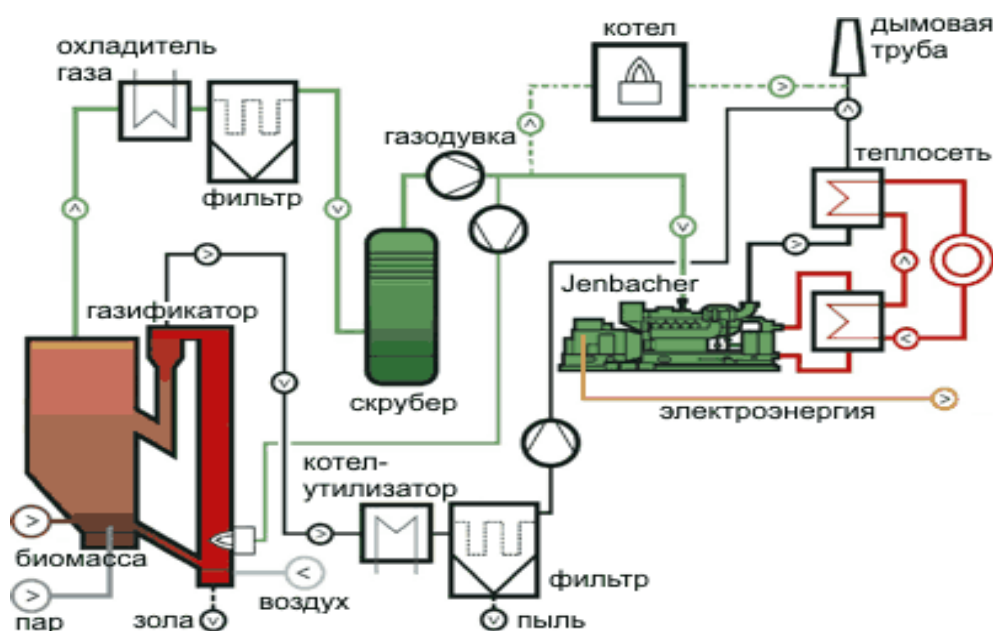


Рисунок 1.13 – Завод по газификации древесины, Австрия

На рисунке 1.14 показан газификатор и газопоршневой двигатель установки. Газопоршневая электростанция была запущена в 2002 году.



Газопоршневые двигатели обеспечивают общий КПД преобразования энергии топлива свыше 85 %.



Рисунок 1.14 - Газификатор древесных отходов в кипящем слое в Gussing, Австрия

Характеристики газификатора с газопоршневой установкой:

- а) Gussing Австрия, модель 1xJMS-620 GS S.L;
- б) Электрическая мощность 1964 кВт;
- в) Тепловая мощность 2490 кВт;
- г) Ввод в эксплуатацию февраль 2002 года;
- д) Нарботка на 2005 более 20000 рабочих часов (каждым модулем).

Вывод к разделу: В данном разделе была проделана работа по изучению современного рынка газогенераторов. Как можно увидеть из раздела, что на сегодняшний день, много фирм во всех странах мира занимаются вопросом газификации БМ. Во время анализа рынка, было выявлено, что разработки Индии подходят благоприятнее для переработки щепы, так как они имеют малую мощность, приспособлены именно под щепу, мало выделяют смолы, а также имеют опыт внедрения для российских



условий. Поэтому стоит уделить внимание именно газогенератору, который произведен в Индии. В данном разделе не были рассмотрены российские разработки, так как, как показывает практика внедрения газогенераторов в децентрализованные районы, то отдаётся предпочтение именно зарубежным уже функционирующим аналогам.

## 1.4 Обзор газопоршневых установок на современном рынке

На данный момент существует очень много газопоршневых установок с различными техническими характеристиками. В этом разделе будет изучен основной перечень установок, которые котируются на современном рынке и в итоге будет подобрана такая установка, которая будет удовлетворять требованиям к поселению Степановка Томской области.

На рынке газопоршневых агрегатов лидерами являются иностранные компании, но и российские разработки тоже достойны рассмотрения [25].

На рисунке 1.15 и 1.16 представлены самые распространенные компании на российском и мировом рынках [26].

№ п/п	Компания	Диапазон мощностей, кВт	Двигатель	Генератор
1	ОАО «Барнаултрансмаш»	125-500	Собственное производство	Собственное производство
2	ОАО «Волжский дизель им. Маминых»	60-3859	Собственное производство, Caterpillar, Cummins, MTU	Собственное производство, Leroy Somer, Stamford, Marathon
3	ОАО «Звезда-Энергетика»	220-1750	Собственное производство, Cummins, MVM (принадлежит Caterpillar), MTU Onsite Energy	Собственное производство, Waukesha
4	ОАО «РУМО»	500-1750	Собственное производство, Cummins	Собственное производство, Cummins
5	ХК ОАО «НГ-Энерго»	315-8550	Собственное производство, MAN, GE Jenbacher, Cummins, Rolls-Royce, MVM (принадлежит Caterpillar)	Собственное производство, Waukesha
6	ПГ «Генерация»	125-3859	Собственное производство, Caterpillar, Cummins, CHIDONG	Собственное производство, Cummins

Рисунок 1.15 - Основные российские производители ГПУ

№ п/п	Страна	Компания	Диапазон мощностей при $\cos\varphi=1,0$ , кВт
1	США	Caterpillar Inc (включая приобретенные FG Wilson, MWM GmbH, Perkins)	70-6720
2		Cummins Inc	20-2000
3		Waukesha Engine Dresser Inc	65-3480
4	Германия	MAN Diesel & Turbo SE	47-18900
6		MTU Onsite Energy GmbH (Tognum Group)	120-2145
7	Австрия	GE Energy Jenbacher gas engines	300-9500
8	Япония	Mitsubishi Heavy Industries Ltd.	305-5750
9	Великобритания	Rolls Royce Power Engineering Plc (Power Generation)	1190-8550
10	Финляндия	Wartsila Finland Oy	4000-19000
11	Словакия	Elteco a.s. (двигатели – Lombardini, Perkins, Volvo Penta, Iveco, MTU)	6,9-2700
12	Чехия	TEDOM s.r.o.	7-3800
13	Испания	Guascor S.A.	140-1204

Рисунок 1.16 - Основные производители ГПУ на мировом рынке

#### 1.4.1 США. Штат Коннектикут (General Elektrik, сокр. GE.)

Многоотраслевая корпорация, основанная в США. Имеет представительство в РФ. Конкретно из продукции данной корпорации интересует газопоршневой двигатель из серии Jenbacher Тур 3, которой производится на заводе в Австрии (Йенбах). Данная модель ближе всего подходит по требованиям к проекту поселка Степановка. На рисунке 1.17 представлен данный агрегат.



Рисунок 1.17 Jenbacher Тур 3

Описание установки.

Удобная для обслуживания конструкция двигателя и низкий расход топлива обеспечивает максимальную экономичность двигателя. Двигатель обладает продолжительным межсервисным интервалом, который составляет 80000 часов до капитального ремонта. Диапазон мощностей варьируется от 500кВт до 1,1 МВт.[24]

#### **1.4.1.1 Примеры действующих установок.**

##### 4.1.1.1 Кавенаго, Италия. Контейнерная установка J312.

Каждый двигатель снабжён линией подачи свалочного газа и системой очистки выхлопных газов. Производимая электрическая энергия используется для собственных нужд станции, избыток электричества подаётся в общественную сеть электроснабжения. Использование системы CL.AIR\* обеспечивает очистку выхлопных газов для соблюдения обязательных предписаний по уровню выбросов. Тепловая энергия используется для обработки сточных вод свалки и для отопления теплиц.

Сама установка представлена на рисунке 1.18



Рисунок 1.18 - Контейнерная установка J312

1.4.1.1.2 Бильбао, Испания «Профуза»; производитель кокса. Установка J316.

а) при работе на 100 % коксовом газе б) при работе на 60 % коксового газа и 40 % природного газа или на 100 % природном газе С помощью этой станции, разработанной и спроектированной сотрудниками завода Jenbacher, фирма «Профуза» получила возможность преобразовывать не используемый ранее коксовый газ, содержание водорода в котором составляет примерно 50 %, в ценную электроэнергию. Время наработки 12-ти двигателей составило более одного миллиона часов на начало 2008 года. Установка представлена на рисунке 1.19.



Рисунок 1.19 - Установка J316

4.1.1.3 Барселона, Испания «Экопарк I»; J320

а) на биогазе б) на природном газе На станции «Экопарк I» перерабатываются органические отходы для получения биогаза, который служит источником энергии для наших двигателей. Производимая электроэнергия используется на собственные нужды станции, а также подаётся в общественную сеть электроснабжения. Часть тепловой энергии используется для подогрева метантенков. Установка представлена на рисунке 1.20.



Рисунок 1.20 - Установка J320

В таблицах 1.6 – 1.7 указаны основные показатели установок.

Таблица 1.6 - Основные теплотехнические показатели установок.

Вид топлива	Тип двигателя	Электрическая мощность	Тепловая мощность	Ввод в эксплуатацию
Газ мусорных свалок	2×J312	1202 кВт	1494 кВт	09/1999
Коксовый газ и природный газ	12 х J316	5 642 кВт (а), 6 528 кВт (б)	-	11/1995
Биогаз и природный газ	5 х J320	5 240 кВт	2 960 кВт (а) 3 005 кВт (б)	12/2001 01/2002

Таблица 1.7 - Технические данные установок.

Технические данные	J312	J316	J320
Ход поршня (мм)	170	170	170
Частота вращения (об/мин)	1 500 (50 Гц)	1 500 (50 Гц)	1 500 (50 Гц)
Виды используемых газов	Природный газ, попутный газ, пропан, биогаз, газ мусорных свалок, газ сточных вод. Особые виды газа, такие как: шахтный, коксовый, древесный, пиролизный		
Число цилиндров	12	16	20
Общий рабочий объем цилиндров (л)	29,2	38,9	48,7
Габариты Д х Ш х В (мм)	4 700 х 1 800 х 2 300	5 200 х 1 800 х 2 300	5 700 х 1 700 х 2 300
Контейнерное исполнение Д х Ш х В (мм)	12 200 х 2 400 х 2 600	12 200 х 2 400 х 2 600	12 200 х 2 400 х 2 600
Вес в незаполненном виде (кг)	9 300	11000	13700

Таблица 1.8 - Показатели мощности и КПД установок.

NOx <	Тип	Рэл (кВт)	η эл (%)	Ртепл (кВт)	η тепл (%)	η сумм (%)
500 мг/ нм <sup>3</sup>	J312	527	41,6	557	43,9	85,5
	J316	703	40,5	774	44,6	85,1
	J320	1067	40,9	1179	45,2	86,1

#### 1.4.2 Россия, Барнаул ( Автономные системы)

АПК-250 газовая электростанция 250 кВт с когенерацией тепла 250 кВт.

Данная установка имеет ряд мощностей от 100 до 2500 кВт электрической и тепловой энергии, но в данном разделе будет рассмотрена установка с мощностью 250 кВт [29].

Области использования когенерационных электростанций различны, это тепличные комплексы, промышленные и жилые комплексы, больницы, любые объекты, где центральное электроснабжение отсутствует, либо дорого



тянуть линии электропередач, либо по разным другим причинам не представляется возможным, но есть углеводородное топливо.

Когенерационные электростанции рассчитаны на постоянную круглогодичную и круглосуточную работу, как в островном режиме (полное отсутствие центрального электро и теплоснабжения), так и совместно – параллельно с центральным электроснабжением.

Общий вид агрегата представлен на рисунке 1.21.



Рисунок 1.21 – Общий вид АПК-250

#### **1.4.2.1 Состав и устройство агрегата**

Когенерационный электроагрегат представляет собой энергетическую установку, в состав которой входят:

- а) газопоршневой электроагрегат (мотор-генератор);
- б) теплоутилизационное оборудование;
- в) внутреннее газооборудование;
- г) система управления, контроля и защиты;
- д) система жизнеобеспечения;
- е) вспомогательное оборудование, необходимое для обеспечения работы электроагрегата.



Все оборудование агрегата смонтировано в утепленном блок-контейнере.

#### **4.2.1.1 Газопоршневой электроагрегат (мотор-генератор)**

Мотор-генератор выполнен на базе двенадцатицилиндрового, четырехтактного газового двигателя типа 1Г12 и приводимого им во вращение синхронного генератора [29].

Тип (модель) двигателя и генератора указывается в паспорте агрегата.

Общий вид мотор-генератора показан на рисунке 1.22.

Двигатель и генератор, жестко соединены сцентрированными фланцами в единый блок с помощью болтов, которые смонтированы на общей раме. Для снижения вибрации, двигатель и генератор установлены на амортизаторах.

Валы двигателя и генератора соединены посредством приводной муфты, которая обеспечивает передачу крутящего момента от дизеля к генератору. Соосность валов обеспечивается фланцевым соединением двигателя и генератора.

Радиаторный блок системы охлаждения двигателя, включающий в себя водяной радиатор и электровентилятор, выполнен выносным (на отдельной раме) и смонтирован на крыше блок-контейнера

#### **1.4.2.1.2 Теплоутилизационное оборудование**

В состав теплоутилизационного оборудования агрегата входят сетевой водяной электронасос и водо-водяной пластинчатый теплообменник, установленные на раме мотор-генератора, а также два котла-утилизатора, смонтированные в помещении блок-контейнера.

#### **4.2.1.3 Система управления, контроля и защиты**

Система управления мотор-генератором включает в себя местный технологический пульт управления приборов, комплектное устройство

(шкаф управления), а также датчики и исполнительные устройства автоматики, смонтированные на агрегате и в его системах.

Местный пульт управления смонтирован на раме мотор-генератора, шкаф управления установлен в выгороженном отсеке управления блок-контейнера.

#### 4.2.1.4 Система жизнеобеспечения

Для обеспечения функций жизнеобеспечения и вспомогательной автоматики в состав агрегата входят:

1) шкаф вспомогательной автоматики типа ШВА, предназначенный для автоматического управления системой жизнеобеспечения блок-контейнера и заряда аккумуляторных батарей;

2) шкаф терморегулирования (ШТР), обеспечивающий управления регулирующими трехходовыми кранами системы охлаждения и утилизации тепла, а также управлением электроклапаном;

3) сигнализатор превышения концентрации метана в технологическом отсеке блок-контейнера;

4) сигнализатор превышения концентрации оксида углерода (на отдельных модификациях)

5) исполнительные устройства систем жизнеобеспечения и вспомогательной автоматики.

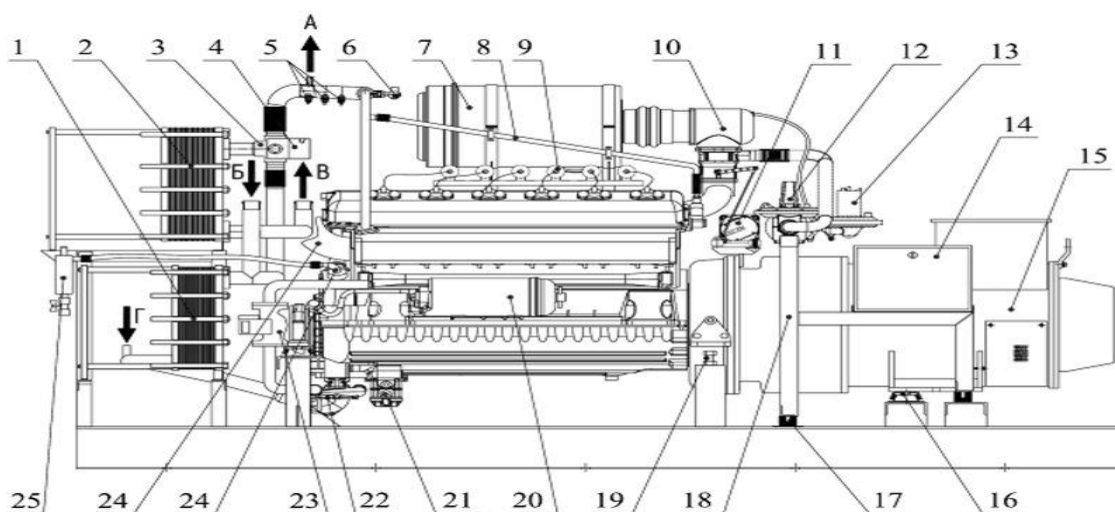


Рисунок 1.22 - Общий вид мотор-генератора.

1-водомаляный теплообменник; 2-водо-водяной теплообменник; 3, 4-шаровой кран с электроприводом; 5-датчики температуры ОЖ; 6-термопреобразователь; 7 -- воздухоочиститель; 8 - пароотводный трубопровод; 9-катушка зажигания; 10 - газовый карбюратор; 11-актуатор; 12-субрегулятор; 13-газовый редуктор; 14-пульт управления; 15-силовой генератор; 16, 17-амортизатор; 18-стойка; 19-болт-домкрат; 20-малыный фильтр; 21-малыный насос; 22-водяной насос двигателя; 23 - водяной электронасос; 24 - суфлер; 25 - маслоотделитель.

А - отвод пара в расширительный бачок.

Б - подвод ОЖ от радиатора.

В - отвод ОЖ на радиатор.

Г – подпор ОЖ от расширительного бачка.

#### 1.4.2.1.5 Технические характеристики АПК-250

Технические характеристики газопоршневой установки представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 - Технические характеристики АПК-250

Наименование параметра	Значение
Тип двигателя	DOOSAN GV180TI
Тип генератора	STAMFORD / Engga
Номинальная электрическая мощность, кВт	250
Максимальная мощность, кВт	275
Номинальная тепловая мощность, кВт (Гкал/ч), не менее	250 (0,29)
Номинальная частота вращения, об/мин	1500
Расход газа на номинальной мощности, нм3/ч, не более	80
Давление газа на входе в двигатель, кПа (кгс/см <sup>2</sup> )	98 ±15 (1,0±0,15)
Номинальная температура сетевой воды (вход/выход), °С	65/80
Максимально-допустимая температура сетевой воды на входе в утилизационный блок (обратный теплоноситель), °С	75
Объем охлаждающей жидкости в системе охлаждения, л, не более	200
Масса «сухого» агрегата (в базовой комплектации), кг, не более	9000
Температура наружного воздуха, °С	от минус 50 до плюс 50

#### 1.4.2.1.6 Техническое обслуживание

Техническое обслуживание (ТО) электроагрегата выполняется в объеме и в сроки, необходимые для предупреждения отказов и поддержания агрегата в постоянной готовности к использованию [29].

Техническое обслуживание агрегата выполняется в зависимости от наработки мотор-генератора в моточасах и по календарным срокам (для агрегатов, используемых в качестве резервных).

Виды и периодичность ТО:

- 1) Разовое техническое обслуживание, выполняемое один раз через 100-120 моточасов с начала эксплуатации агрегата (после приработки);
- 2) ТО-1 – выполняется через каждые 500 моточасов или 12 месяцев (в зависимости от того, что наступит раньше);
- 3) ТО-2 – выполняется через каждые 1000 моточасов или 24 месяца (в зависимости от того, что наступит раньше);
- 4) Сезонное техническое обслуживание выполняется при переходе с летней эксплуатации на зимнюю и наоборот, если температура окружающего воздуха соответственно ниже или выше 8 °С;
- 5) Переборка (текущий ремонт) выполняется после выработки ресурса до переборки, указанного в паспорте агрегата или при необходимости. При удовлетворительном состоянии агрегата комиссия эксплуатирующей организации может продлять сроки эксплуатации без переборки на 500-600 ч.

#### 1.4.3 Россия, Москва (Кама - Энергетика)

Компания «КАМА-Энергетика» представляет собой современное предприятие по производству дизельных электростанций, силовых и газопоршневых установок [30].

Энергетические установки производства «КАМА-Энергетика» комплектуется только проверенным оборудованием от крупнейших мировых производителей.

В данном разделе будет рассмотрена модель газопоршневой установки KG-330S.

Общий вид установки представлен на рисунке 1.23



Рисунок 1.23 – Общий вид газопоршневой установки KG-330S

Основные характеристики представлены в таблице 1.10

Таблица 1.10 – Основные характеристики газопоршневой установки KG-330S

Электрическая мощность	300 кВт
Тепловая мощность	441 кВт
Напряжение	400 В
Частота тока	50 Гц
Расход газа при 75% нагрузки	79,2 м <sup>3</sup> /ч
Расход газа при 100% нагрузки	94,8 м <sup>3</sup> /ч
Габаритные размеры (ДхШхВ)	2600x1150x1565 мм
Вес	5550 кг
Частота вращения вала двигателя	1500 об / мин
Возможность работы с перегрузкой в 10% в течение 1 часа	Да, работа с перегрузкой в 10% в течение 1 часа возможна
Вид топлива	Природный, пиролизный, попутный газ
Объем системы охлаждения	156 л
температура окружающего воздуха	От -40 до +40°С
высота над уровнем моря	Не более 4000 м
относительная влажность воздуха	Не более 98%
Вид исполнения	Открытый и блок-контейнер

Дополнительные опции:

- Автоматическая система дозаправки масла;

- Система дистанционного мониторинга и управления;
- Система управления параллельной работой электроагрегатов;
- GSM/GPRS модем для контроля работы удаленных объектов;
- Автоматический останов двигателя при возникновении аварийной ситуации;
- Автоматическое поддержание нормальной работы ГПУ после пуска и включения нагрузки, в том числе без обслуживания в течение 4-8 ч.

Особенности и преимущества установки:

- Протестирован на работоспособность в различных условиях эксплуатации;
- Способен выдерживать длительные и скачкообразные нагрузки;
- Доступность сервиса и запасных частей;
- 18 месяцев с момента отгрузки или 12 месяцев с момента ввода в эксплуатацию или 2000 моточасов в зависимости от того, какой срок наступит раньше.

#### **1.4.4 Германия. (MTU Friedrichshafen GmbH)**

Данная компания очень известна на мировом рынке производителей ГПУ. По всему миру, а также и на территории РФ компания имеет своих дистрибьюторов [31].

Будет рассмотрена ГПУ модели TCG 2016 C с мощностью 400 кВт.

Описание основных параметров установки представлено в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Основные энергетические параметры и габариты ГПУ TCG 2016 C

Параметр	Единицы измерения	Значение
1	2	3
Мощность электрическая	кВт	400
Мощность тепловая	кВт	427
Температура выхлопных газов	°С	442
Электрический КПД	%	42,5
Тепловой КПД	%	42,3

Продолжение таблицы 1.11

1	2	3
Общий КПД	%	84,8
Расход жидкости в рубашке охлаждения	м <sup>3</sup> /ч	23
Расход топлива при 100% нагрузке	м <sup>3</sup> /ч	100
Габаритные размеры (ДхШхВ)	мм	3070×1480×2280
Сухой вес агрегата	кг	4500

Преимущества данной модели перед другими ГПУ ряда этой же мощности, заключается в том, что она может работать на газах различного состава, даже на газах с низким метановым числом, имеет надежную систему управления, имеет возможность монтажа в контейнер, содержание вредных выбросов регулируется температурой в камере сгорания [32].

Общий вид представлен на рисунке 1.24.



Рисунок 1.24 – Общий вид в контейнере TCG 2016 С

Выводы к разделу:

а) если сравнивать зарубежные и российские разработки в области ГПУ, то можно отдать предпочтение именно российским установкам, так как они обладают меньшей стоимостью, меньшей единичной мощностью и

комплектующие и доставка тоже обходится в разы дешевле, чем зарубежные аналоги.

б) цены на оборудование не указывают большинство производителей, в силу этого фактора, в рамках данной выпускной работы, тоже это является плюсом именно к российскому производителю. Полная информация о продукте.

в) разработки российского рынка более приспособлены для работы в условиях сибирской зимы, хоть у зарубежных аналогов и указан температурный климатический режим работы, но он не был протестирован именно в тех условиях, которые нужны заказчику. Покупать оборудование без тестирования в реальных условиях и, не имея опыта внедрения именно определенной модели агрегата, имеет экономические риски.

г) в данном разделе был проанализирован рынок установок ГПУ (именно мощностью не более 500 кВт электрической) так как поселку Степановка необходимо 333,3 кВт электроэнергии в сутки. Устанавливать агрегаты большей мощности невыгодно, так как будут излишки энергии, а также будет сжигаться больше топлива, а это негативно отразится на экономической составляющей проекта.

д) выбор пал на российскую разработку АПК-250 (Барнаул), так как данная установка может работать на пиролизном газе (а это важный момент), имеет небольшую стоимость оборудования 4 млн. руб., срок окупаемости 2 года, вырабатывает электроэнергию с низкой себестоимостью. Поэтому данная установка является приоритетной для выпускной работы.



## 1.5 Газогенератор Woodbio WBG-100

Газогенераторная установка Woodbio предназначена для выработки генераторного газа. Газ получается из горючего топлива, а именно, из древесных отходов щепы от распиловки леса и деревообработки. Можно использовать фанеру, ДСП, МДФ, отработанные железнодорожные шпалы, гранулы (пеллеты) и брикеты из опилок. Сельскохозяйственных отходы тоже часто используют для получения газа, а именно, лузги подсолнечника, стебли кукурузы, подсолнечника, хлопка, стержни кукурузных початков и многие другие.

Газогенератор превращает топливо в генераторный газ. Загрузка топлива в газогенератор производится с помощью ковшового подъёмника или наклонного транспортёра, сопряжённого с автоматическим шлюзовым устройством газогенератора. Общий вид газогенератора представлен на рисунке 1.25



Рисунок 1.25 - Газогенератор WBG-100

## Конструкция газогенератора

Газогенератор состоит из шлюзового устройства с автоматическим управлением для загрузки щепы, бункера, реактора, системы сухого золоудаления и необходимого приборного оснащения.

Корпус газогенератора WBG-100 является разъемным и состоит из двух частей. Верхняя часть называется бункер и изготавливается из углеродистой стали. Он представляет собой сосуд формы конуса, вверху этого конуса монтируется шлюзовое устройство. В бункере протекает реакция сушки, пиролиз, при последнем щепка переходит в форму древесного угля и выделяет летучие продукты. Во время эксплуатации бункер периодически снимается, при помощи крана-балки и осматривается решетка реактора, скребковый механизм и осуществляется очистка или замена конуса горения и т.д. Установка происходит вертикально и соосно с конусом горения и реактором. Разъемное соединение между бункером и конусом горения, вставленное сверху и соосно в реактор, обязательно герметизируется асбестовым шнуром. Бункер и реактор фиксируются фланцевым соединением при помощи болтов.

Нижняя часть имеет название реактор. Материал, из которого изготавливается реактор это нержавеющая сталь. Форма реактора цилиндрическая. В реакторе протекает реакция восстановления и происходит образование генераторного газа. Большинство смол, образовавшихся при пиролизе, сгорают на слое раскаленного угля, благодаря этому газ, выходящий из установки, получается с минимальным содержанием смол. Удаление золы из газогенератора осуществляется сухим способом через фланец, который находится внизу наклонного дна реактора, а затем при помощи винтового транспортера с водяным охлаждением и двух запорных люков поступает в приемный контейнер.

## Система сухой очистки и охлаждения газа

Установка для очистки и охлаждения генераторного газа дает возможность получать чистый газ без задействования в оборот воды. В результате охлаждения газа выделяется порядка 200-300 мл конденсата из каждого 1 кг щепы, попавшей в установку (точное выражаясь, точное содержание конденсата будет зависеть от влажности и «смолистости» биомассы). Образовавшийся конденсат подвергается утилизации в системе утилизации конденсата [33].

Очистительная установка включает в себя такие элементы, как:

- Стартовая газодувка с факелом, через которую формируется во время розжига газогенератора начальный газ и затем вентилируется в атмосферу, для того, чтобы высокое содержание смолы в начальном составе газа не загрязняло очень быстро фильтры очистительной установки.

- Когда газогенератор начинает работать в нормальном режиме, тогда большинство смол сгорает, во время прохождения газа через слой горячего древесного угля в зоне восстановления газогенератора, а затем горячий газ поступает дальше для охлаждения и фильтрации.

- В теплообменнике происходит первый этап охлаждения первой ступени, и охлаждение происходит при помощи воздуха.

- Затем через фильтр газ движется дальше. В фильтре газ очищается от частиц золы размеры, которых до 1 мкм. Частицы, которые копятя на стенках фильтра, через определенные промежутки времени удаляются импульсом сжатого газа. Опавшая пыль транспортируется далее в накопительный контейнер.

- После очищения от частиц в газ поступает в охладитель газа, который состоит из двух теплообменников. Вторая ступень теплообменника охлаждается водой с температурой до 32 °С. Третья ступень теплообменника охлаждается водой с температурой 8 °С. Газ, охлажденный до температуры

ниже точки росы, конденсируется, а затем почти полностью очищается от влаги и смолы.

- Далее конденсат поступает в систему утилизации, а примеси, которые остаются в газе, удаляются в нескольких последовательных фильтрах. Они состоят из влагоотделителя. Влагоотделитель это емкость, которая заполнена специальным материалом (керамзитом, керамическими или пластиковыми «кольцами Рашига»), фильтр тонкой очистки представляет собой емкость, которая заполнена сухими опилками специального размера, и картриджного фильтра с синтетическими картриджами.

Очистительная установка позволяет увеличить срок эксплуатации газопоршневых установок, путем снижения уровня содержания частиц золы до  $< 15 \text{ мг/нм}^3$ , а пиролизных смол в газе до  $10 \text{ мг/м}^3$  [34].

Характеристика газогенераторной установки приведена в таблице 1.12

Таблица 1.12 – характеристики газогенератора Woodbio WBG-100

Мощность по газу, $\text{Нм}^3/\text{час}$	250
Мощность тепловая, МВт	0,37
Топливо	Щепа, брикеты, пеллеты, лузга подсолнечника, стебли кукурузные и другие
Расход, кг/час	100
Подача	Периодическая подъемником или транспортером
Температура газа, °С	300 - 500 °С после газогенератора, менее 30°С после системы очистки
Калорийность газа, $\text{Ккал/Нм}^3$	1100-1300
Тепловой КПД, %	В конфигурации «горячий газ» $>85\%$ , в конфигурации «холодный газ» $>75\%$
Удаление золы и угля	Сухое, непрерывное

## 1.5.1 Система управления

Управление газогенератором Woodbio WBG-100 происходит при помощи пульта автоматического управления с центральным процессором Siemens CPU 313C-2 DP (рисунок 1.26). Эта установка позволяет отследить основные параметры системы, включить и выключить дискретное оборудование, а также обеспечить производительность газогенератора в соответствии с необходимой нагрузкой в автоматическом режиме. Визуальный контроль параметров процесса газификации выводится на тактильный дисплей (модель Siemens TP-177 A). В случае, если возникнет предаварийная ситуация, такая как повышение температуры газогенератора или увеличение перепада давления в газогенераторе или очистительной установке, то система управления выдаст мгновенное сообщения оператору и сама выполняет множество автоматических операций.

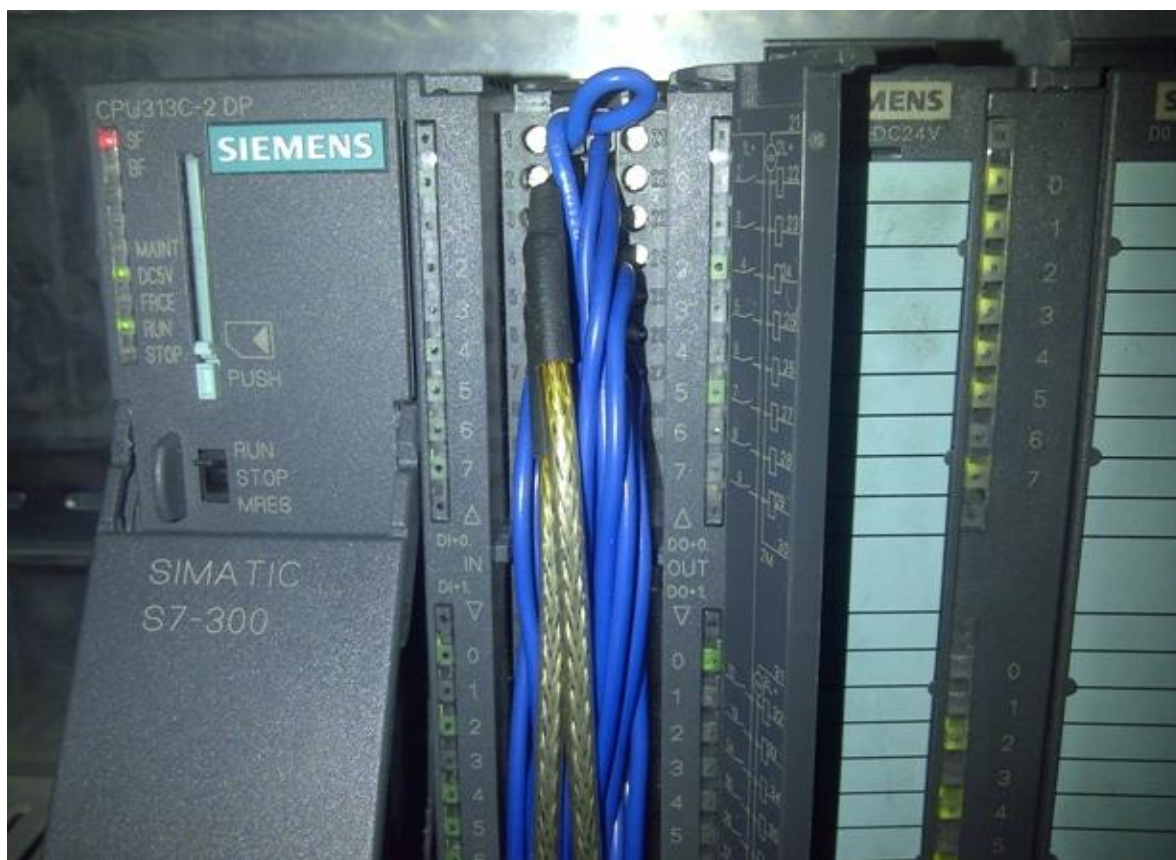


Рисунок 1.26 - Процессор Siemens CPU 313C-2 DP

### **1.5.2 Система утилизации конденсата**

Конденсат, образовавшийся при охлаждении газа в теплообменниках во второй и третьей ступенях, представляет собой темно-коричневую жидкость с сильным запахом фенола. Конденсат имеет в своем составе значительную концентрацию растворенных веществ аммония и высокий уровень рН среды. Утилизация конденсата происходит в три этапа:

- 1) Нейтрализация серной кислотой;
- 2) Осветление в фильтре из древесного угля после газификации (уголь после газификации является близким по свойствам активированному углю);
- 3) Использование осветленной воды.

Работа по утилизации конденсата осуществляется следующим образом: конденсат из емкости сбора конденсата насосом попадает в емкости нейтрализации. Тем временем в емкость нейтрализации дозирующим насосом подается нужно количество 98 % серной кислоты. После нейтрализации конденсат пропускается через угольный фильтр, чтобы удалить цвет и запах. Вода после фильтра поступает в емкость осветленной воды. Если нет иного применения для осветленной воды, то осветленную воду можно направить в испаритель, на выходе которого получаем чистую воду (возвращается в оборот) и незначительное количество твердого осадка, который направляется на полигон отходов.

### **1.5.3 Стадии прохождения щепы в газогенераторе**

Газогенератор обращенного типа Woodbio WBG-100 имеет несколько стадий по щепе (Рисунок 1.27). Биотопливо в газогенераторе проходит через четыре отдельные зоны: зона сушки, зона пиролиза, зона горения и зона восстановления [28].

### **1.5.3.1 Зона сушки**

Зона сушки газогенератора предназначена для испарения воды, благодаря этому, топливо сушится при температуре 150-200 °С. Водяные пары перемещаются и добавляются к парам воды, которые образуются в зоне горения.

### **1.5.3.2 Зона пиролиза**

В зоне пиролиза температура возрастает до 400-650 °С. При такой температуре начинается процесс пиролиза топлива. Более детально химический процесс пиролиза известен не до самого конца, но есть предположения, что во время нагрева, крупные молекулы целлюлозы и лигнина начинают расщепляться на средние молекулы и углерод (древесный уголь). Продукты, полученные при пиролизе, перемещаются далее ниже в более горячую зону газогенератора. Некоторые молекулы сгорают в зоне горения, а те, которые не сгорели расщепляются в более мелкие молекулы, водорода, метана, окиси углерода, этана, этилена и т.д., при условии, что молекулы должны пребывать в горячей зоне продолжительное время.

### **1.5.3.3 Зона горения**

Зона горения образуется после ввода воздуха в газогенератор. Реакции, которые протекают вместе с кислородом, называются экзотермическими. При этой реакции выделяется 401,9 и 241,1 КДж/моль тепла соответственно, в результате этого температура резко увеличивается до 900-1200 °С. Важная функция зоны окисления это превращение и полное выгорание всех продуктов конденсации, которые получают в низкотемпературных частях системы, а в последующем образуют в пиролизные смолы и масла, которые негативно влияют на работу

оборудования. Подача воздуха в зоне горения происходит при помощи нескольких трубок, которые расположены по окружности конуса горения.

#### **1.5.3.4 Зона восстановления**

Продукты реакции, которые получились в зоне окисления, а именно, горячий газ и раскалённый древесный уголь, перемещаются вниз в зону восстановления. В этой зоне теплосодержание газов превращается в химическую энергию генераторного газа.

В итоге, конечный продукт химической реакции, который происходит в зоне восстановления, получается горючий газ с температурой 250-500 °С и остаток древесного угля и зола [35].

Газогенераторная установка Woodbio представляет собой комплекс оборудования для получения генераторного газа, а также для подготовки его к дальнейшему использованию. Газогенераторная установка Woodbio состоит из следующих частей: устройство загрузки биомассы, самого газогенератора, системы охлаждения и очистки газа, и системы управления аппаратом. Топливо с периодичностью поступает в газогенератор через шлюзовое устройство при помощи ковшового подъёмника или наклонного транспортёра. Газогенератор превращает щепу в генераторный газ. Система охлаждения и очистки служит для охлаждения газа и удаления из газа смол и частиц. Система управления обеспечивает все ключевые параметры процесса автоматикой и регулирует объем вырабатываемого газа в зависимости от нагрузки.



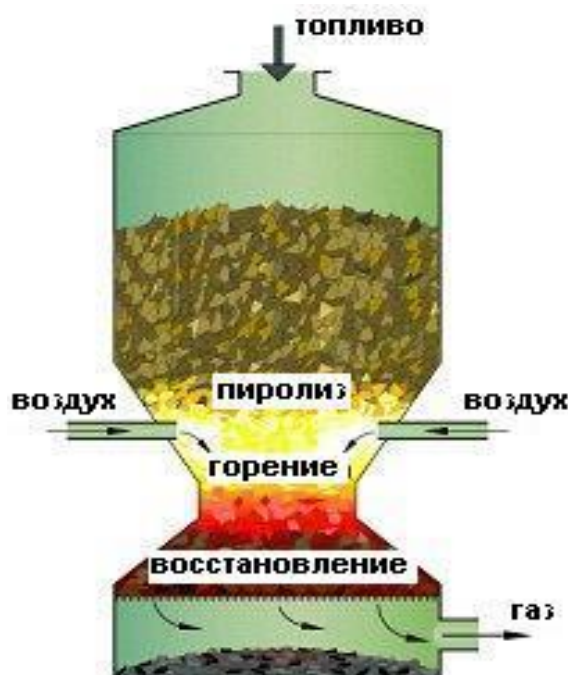


Рисунок 1.27 – Стадии прохождения щепы в генераторе Woodbio WBG-100

Газогенератор Woodbio WBG-100 может работать в режиме когенерации и тепло можно использовать как на сушку топлива перед газификацией, так и на отпуск его потребителю. В этом случае установку нужно доукомплектовывать газовой теплообменником для утилизации тепла выхлопных газов и/или пластинчатыми теплообменником.

Вспомогательное оборудование включает в себя комплекс оборудования для топливоподготовки и механизированной топливоподдачи в газогенераторы. Выпуск всего вспомогательного оборудования по техническим требованиям фирмы Flex Technologies Limited. имеет все комплектующие в России.

В зависимости от используемой системы подготовки газа, установка Woodbio WBG-100 выпускается в двух конфигурациях.

Первая конфигурация это «холодный чистый газ», которая служит для получения газа для использования в двигателях внутреннего сгорания, и вторая это «горячий очищенный газ», которая служит для сжигания в горелках, установленных на расстоянии не более 20 м от газогенератора.

Вывод к разделу: В данном разделе была приведена информация по выбранному газогенератору фирмы Woodbio, модель WBG-100. Данный газогенератор вырабатывает  $250 \text{ м}^3$  пиролизного газа, это при 100 % нагрузке генератора. Этого объёма вполне хватит на газопоршневую установку, так как потребление газа ГПУ составляет  $160 \text{ м}^3$  (об этом будет сказано в следующем разделе). Все основные характеристики газогенератора приведены в таблице 5.1. Как можно увидеть из таблицы, что теплота сгорания выработанного газа составляет  $1100\text{-}1300 \text{ Ккал/Нм}^3$ , для пиролизного газа это хороший показатель калорийности. Такая теплота сгорания обеспечит стабильную работу ГПУ установки. Газогенератор оснащен системой очистки от смол, а также автоматикой, что позволяет продлить срок службы ГПУ. Автоматика на оборудовании обеспечит максимальный контроль над процессами, происходящими в реакторе газогенератора. WBG-100 фирмы Woodbio имеет в России представителя Flex Technologies Limited, у этого представителя можно заказать комплектующие, в случае поломки какой-либо части ГГ или же заказывать те же самые фильтры, то есть доступность запасных частей обеспечена данной фирмой на территории РФ.

## 1.6 Газопоршневая установка АПК250С-Т400-2РН

Описание конструктивного исполнения газопоршневого агрегата по ТУ 3378-003-15363300-2009

Данные технические условия (ТУ) распространяются на автоматизированные установки мощностью от 12 до 315 кВт. Они предназначены для выработки переменного трехфазного тока для автономной работы одного агрегата или же и параллельной работы между собой на электрическую сеть [36].

Технические условия распространяются на стационарные, бескапотные и агрегаты контейнерного типа.

Модули могут быть объединены в установку более мощную, например, два по 250 кВт можно объединить в установку общей мощностью в 500кВт.

Структура условных обозначений выглядит следующим образом:

АП123 – 45 – 678 – 9;

- где
- АП – электроагрегат газопоршневой;
  - 1 – Буква К обозначает, что агрегат когенерационный;
  - 2 – Номинальная электрическая мощность;
  - 3 – Буква С означает, что агрегат стационарный, если нет этой буквы, то исполнение контейнерное;
  - 4 – Буква Т означает, что ток трехфазный;
  - 5 – Номинальное напряжение тока;
  - 6 – Цифра, обозначающая степень автоматизации;
  - 7 - Буква Р означает степень охлаждения первичного двигателя ( радиаторная);
  - 8 – Буква Н означает, что агрегат контейнерного исполнения;
  - 9 – Исполнение агрегата в соответствии со спецификацией.

## 1.6.1 Описание и работа базовой установки АПК250С-Т400-2

### 1.6.1.1 Назначение агрегата

Электроустановка с когенерацией тепла типа АПК250С-Т400-2 предназначена для работы в составе энергетической установки в качестве источника переменного электрического тока и источника тепловой энергии.

На базе АПК250С-Т400-2 изготавливаются электроустановки в контейнерном исполнении АПК250С-Т400-2РН, а также агрегаты без утилизации тепла, модель установки АП250С-Т400-2Р.

Для надежной работы агрегата необходимо соблюдать следующие условия:

- 1) Температура окружающего воздуха и воздух, который поступает во впускную систему газового двигателя, должны варьироваться от + 8 до +50 °С;
- 2) Относительная влажность воздуха не должна превышать 98 %;
- 3) Высота над уровнем моря не должна превышать 1000 метров;
- 4) Запыленность помещения, в котором будет находиться агрегат не должна превышать 0,01 г/м<sup>3</sup>;
- 5) Наклон, относительно горизонта не должен превышать отметку в 5 градусов.

### 6.1.2 Особенности конструкции электроагрегата

Особенность конструкции заключается в том, что некоторые элементы агрегата изготавливаются из прочных материалов или же, на них наносится защитный слой, что увеличивает их срок службы. Основные данные представлены в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Основные усовершенствованные элементы  
электроагрегата

Система или элемент	Вид улучшения
Головка блока цилиндров	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Сёдла клапанов изготавливаются из износостойкого чугуна с содержанием хрома до 30 %;</li> <li>- Впускные и выпускные клапана имеют наплавку жаростойким материалом на фаску;</li> <li>- Свечи зажигания с иридиевыми электродами фирмы NGK или DENSO</li> </ul>
Система зажигания	- Блок зажигания CD-200 ALTRONIK, USA
Система газоснабжения	- Используется всережимный газовый карбюратор типа IMP, USA
Система охлаждения	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Применен радиаторный блок в комплекте с электровентилятором, взамен ременной передачи;</li> <li>- Установлены электрические насосы охлаждения типа WILO;</li> <li>- Для охлаждения масла и охлаждающей жидкости используется пластинчатый теплообменник типа «Альфа Лаваль»;</li> <li>- Контроль температуры охлаждающей жидкости происходит при помощи датчиков типа TCM и регистрируется на щите управления</li> </ul>
Система управления	- Установлен электронный регулятор типа ESD -5500 GAS, USA

Технические характеристики электроагрегата представлены в таблице 1.14

Таблица 1.14 – Технические характеристики электроагрегата

Наименование параметра	Величина
Двигатель	1Г12-520
Генератор	БГ-315 или аналог
Система пуска	Электростартер
Соединение двигателя с генератором	Резина-пальцевая муфта
Мощность на выходных клеммах генератора при $\cos\phi=0,8$ , номинальная и максимальная мощность в течение 1 ч непрерывной работы, кВт	250 и 290
Тепловая мощность, кВт	375
Род тока	Переменный, трехфазный
Частота тока, Гц	50
Напряжение, В	400
Сила тока, А	451
Расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$	$80\pm 5$
Давление газа в магистрали, кПа ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ )	50-150 (0,5-1,5)
Удельный расход масла на угар после приработки (через 100-120 ч), $\text{г}/\text{кВт}\cdot\text{ч}$	2,0
Объем охлаждающей жидкости в системе охлаждения, л	150
Объем масла в системе смазки, л	80
Масса "сухого" агрегата, кг	3650
Габаритные размеры агрегата, мм:	
длина	3450
ширина	1350
высота	1850
Назначенный ресурс до капитального ремонта, час	20000

### 1. 6.1.3 Состав агрегата

Агрегат АПК250С-Т400-2 представляет собой энергетическую установку, объединяющую на общей раме 16, в соответствии с рисунком 1, газовый двигатель 10 (1Г12), синхронный генератор 1 переменного тока, а также узлы систем охлаждения и смазки. На рисунке 6.1 представлен газопоршневой электрогенератор.

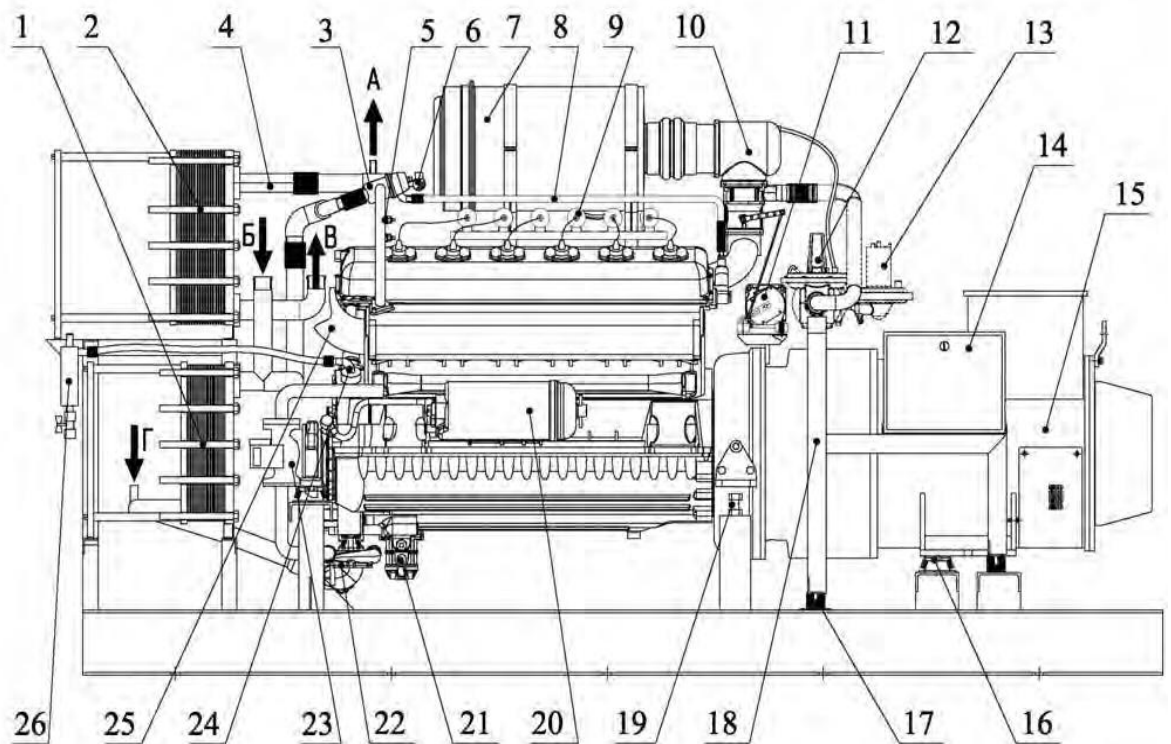


Рисунок 1.28 – Общий вид газопоршневого электрогенератора

1-водомаляный теплообменник; 2-водо-водяной теплообменник; 3-терморегулятор, 4-патрубок; 5-датчики температуры ОЖ; 6-термопреобразователь; 7-воздухоочиститель; 8-пароотводный трубопровод ; 9-катушка зажигания; 10-газовый карбюратор ИМР; 11-актуатор; 12-субрегулятор; 13-газовый редуктор; 14-пульт управления; 15-силовой генератор; 16, 17-амортизатор; 18-стойка; 19-болт-домкрат; 20-малыный фильтр; 21-малыный насос; 22-водяной насос двигателя; 23 - водяной электронасос; 24 - суфлер; 25 -.маслоотделитель.

А - отвод пара в расширительный бачок.

Б - подвод ОЖ от радиатора.

В - отвод ОЖ на радиатор.

Г – подпор ОЖ от расширительного бачка.

Соединение силового генератора с двигателем - фланцевое, что обеспечивает необходимую соосность валов двигателя и генератора.

Валы соединены между собой с помощью пальцевой (упругой) муфты.

Рама представляет собой сварную конструкцию из профилированного и листового проката. На раме имеются стойки на котором установлены агрегат и блок охлаждения.

Проем рамы закрыт поддоном, в котором имеется отверстие с крышкой для слива масла и охлаждающей жидкости, попадающих в поддон при работе агрегата, при техническом обслуживании и эксплуатации.

На специальных кронштейнах установлены водоводяные и водомасляные пластинчатые теплообменники.[29]

#### 1.6.1.4 Устройство и работа

##### Общее устройство двигателя

Газовый двигатель 1Г12 – шестицилиндровый, рядный, четырехтактный с искровым зажиганием, жидкостного охлаждения. Технические характеристики двигателя приведены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Технические характеристики двигателя 1Г12

Наименование параметра	Величина
1	2
Диаметр цилиндра, мм	150
Ход поршня, мм	180
Степень сжатия	10,5-11
Рабочий объем всех цилиндров, л	38,8
Мощность, кВт (л.с)	
номинальная	285(388)
максимальная	312(424)
Номинальная частота вращения, об/мин	1500
Расход газа, м <sup>3</sup> /ч	70
Вид топлива	Пиролизный газ, коксовый газ, попутный газ, природный газ, пропан, бутан



### Продолжение таблицы 1.15

1	2
Давление газа в магистрали, кПа (кгс/см <sup>2</sup> )	50-150 (0,5-1,5)
Удельный расход масла на угар после приработке, г/кВт	1,5
Габаритные размеры двигателя, мм:	
-длина	1688
-ширина	1052
-высота	1276
Масса "сухого" двигателя, кг	1600

#### 1.6.1.5 Система подачи газа

Система подачи газа необходима для равномерного и дозированного поступления газовой смеси в цилиндры двигателя.

Система состоит из следующих элементов: трубки подвода газа 1, в соответствии с рисунком 6.2, шарового крана газового трубопровода 2, газового электромагнитного клапана 3, газового редуктора низкого давления 7, смесителя 8 с заслонкой 9, актуатора 10 и трубопроводов 6.

#### 1.6.1.6 Работа системы подачи газа

Газ по трубе подвода поступает в газовый редуктор 1 среднего давления, откуда далее поступает в электромагнитный клапан 2, затем в редуктор низкого давления (Субрегулятор), далее по соединительному трубопроводу движется в газовый карбюратор. В газовом карбюраторе происходит смешивание воздуха и газа в заданном ранее соотношении. Газовый карбюратор состоит из дроссельной заслонки, которая регулирует количество газозоудной смеси, поступающей в двигатель. Управляется заслонка актуатором 5 через систему тяг и рычагов.



1 -- редуктор среднего давления типа РДНК-1000\*; 2 -. редуктор низкого давления; 3- трубопровод подачи газа в карбюратор; 4 – впускной коллектор; 5 - электромагнитный клапан; 6 - газовый карбюратор; 7 – гофрированный рукав; 8 – воздухоочиститель; 9 – предохранительный клапан.\*- вариант исполнения.

Предохранительный клапан служит для предотвращения повреждений газового карбюратора при хлопках газовой смеси или при нарушении работы свечей зажигания. Устройство клапана показано на рисунке 1.31.

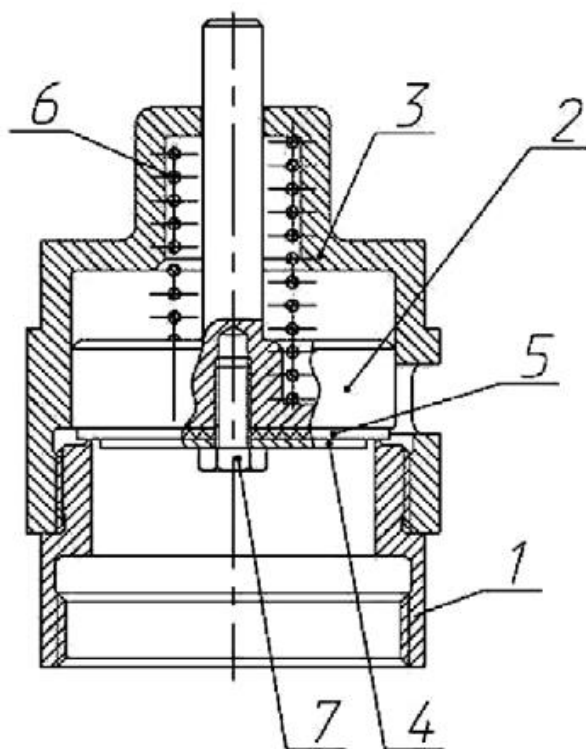


Рисунок 1.31 - Предохранительный клапан  
1 – седло клапана; 2 – направляющий поршень; 3 – корпус клапана; 4 – шайба; 5 – уплотнительная прокладка; 6 – пружина; 7- болт.

#### 1.6.1.7 Газовый карбюратор IMP

Газовый карбюратор необходим для того, чтобы газ и газоздушная смесь подавалась дозированно на всех режимах работы двигателя. Изменение количества поступающей смеси в цилиндры, происходит за счет изменения

угла дроссельной заслонки 6. Вал заслонки соединен с валом актуатора, который по сигналу от блока управления меняет положение заслонки, необходимое при заданной нагрузке. Соотношение газа и воздуха регулируется газовым регулятором, который имеет диафрагму и обратную пружину. Воздух через воздушную горловину 1 попадает в смесительный модуль 5, где происходит смешивание газа и воздуха. Полученная смесь, через распределительный коллектор, попадает во впускные коллекторы двигателя. Устройство карбюратора изображено на рисунке 1.32.

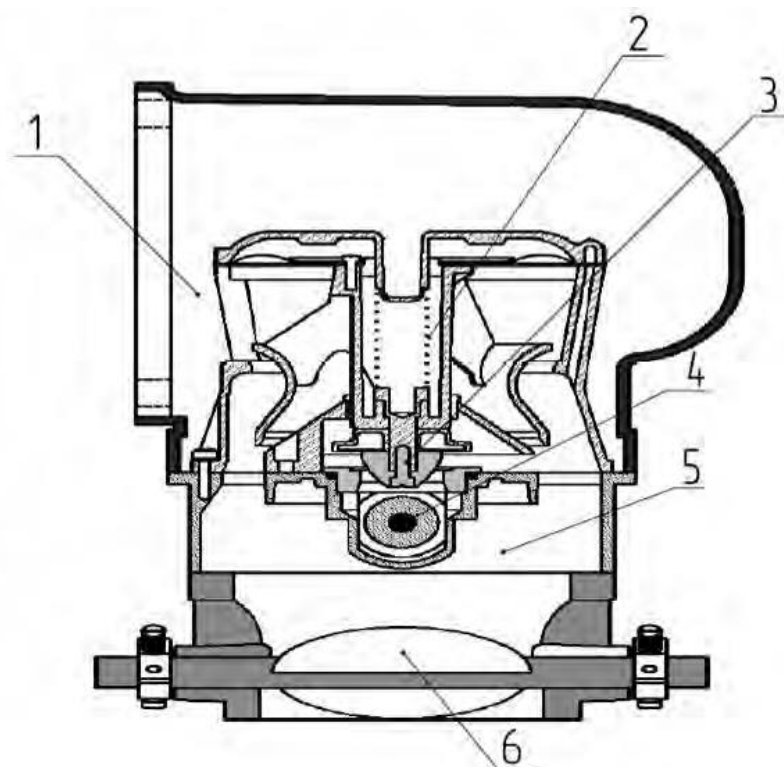


Рисунок 1.32 - Газовый карбюратор «IMР»

1 - воздушная горловина; 2 - пружина; 3 - газовый клапан; 4 - газоприемный модуль; 5 - смесительный модуль; 6 - дроссельная заслонка.

#### 1.6.1.8 Система зажигания

Для поджога горючей смеси в цилиндрах двигателя применяется электронная система зажигания Altronic CD200. Для питания система использует блок напряжения в 24В. Поджог управляется микропроцессором в соответствии в заданным чередованием вспышек по времени. Момент

зажигания можно изменять как в ручном режиме, так и при помощи автоматики [36].

Установка программного обеспечения производится на предприятии изготовителем.

Свечи зажигания для надежной работы двигателя допускаются следующих типов:

- DENSO IK22, VK22, PK22PR8;
- NGK PFR6G, BKR7EIX.

Так же можно использовать и другие свечи, но их ресурс работы будет меньше тех, которые были указаны выше. Вот несколько примеров альтернативных с уменьшенным ресурсом работы:

- NGK BCP7ES, BCPR7ES;
- DENSO Q22PR-U;
- BOSCH FR5DC, FR5DP.

Правильная схема установки свечей зажигания указана на рисунке 1.33.

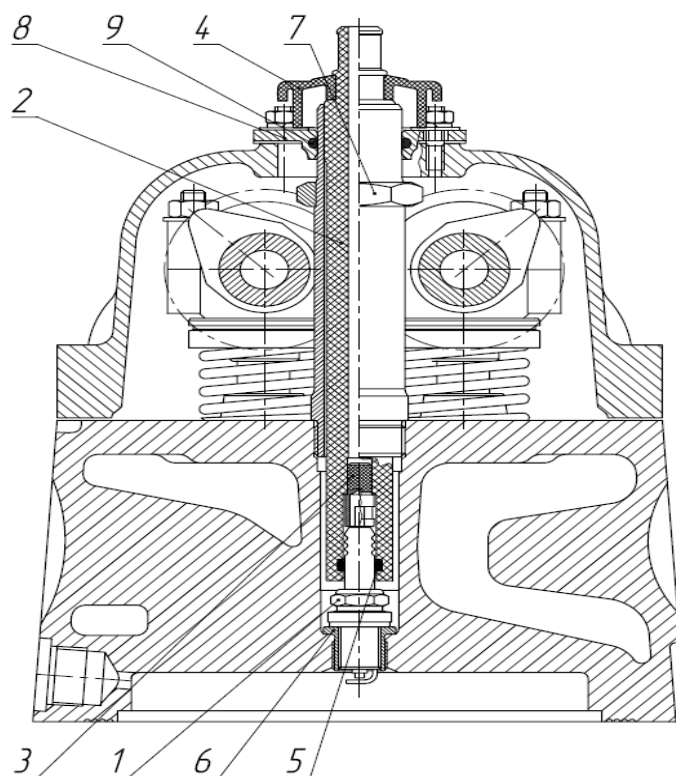


Рисунок 1.33 – Установка свечей зажигания:

1 - свеча зажигания; 2 - изолятор удлинителя свечи; 3 - контактный наконечник; 4 - защитный колпачок; 5 - уплотнительное кольцо свечи; 6 - резьбовая втулка; 7 - стакан свечи; 8 - лючок крышки головки; 9 - уплотнительное кольцо удлинителя свечи.

#### 1.6.1.9 Система охлаждения

Система охлаждения служит для поддержания определенного теплового режима работающего агрегата. Тип схемы закрытый с жидкостным принудительным охлаждением. Охлаждение масла происходит за счет циркуляции жидкости двигателя через водомасляный теплообменник пластинчатого типа. В качестве тела используется вода с различными присадками или же низкозамерзающая жидкость.

Существует система охлаждения в двух вариантах: с радиаторным блоком и без него.

Если агрегат планируется использовать в группе с другими устройствами, дубль-блоки например, то исполнение должно быть без радиаторного типа. Тепло при этом отводится с сетевой водой или же рассеивается в градирнях.

Система охлаждения состоит из: циркуляционного насоса, водяного электронасоса, выносного радиаторного блока, регуляторов температуры (термостатов), водо-водяного теплообменника и трубопроводов. Дополнительные циркуляционные насосы обеспечивают увеличенную прокачку охлаждающей жидкости через двигатель. Водо-водяной теплообменник принадлежит к системе утилизации тепла. Схема системы охлаждения представлена на рисунке 1.34.

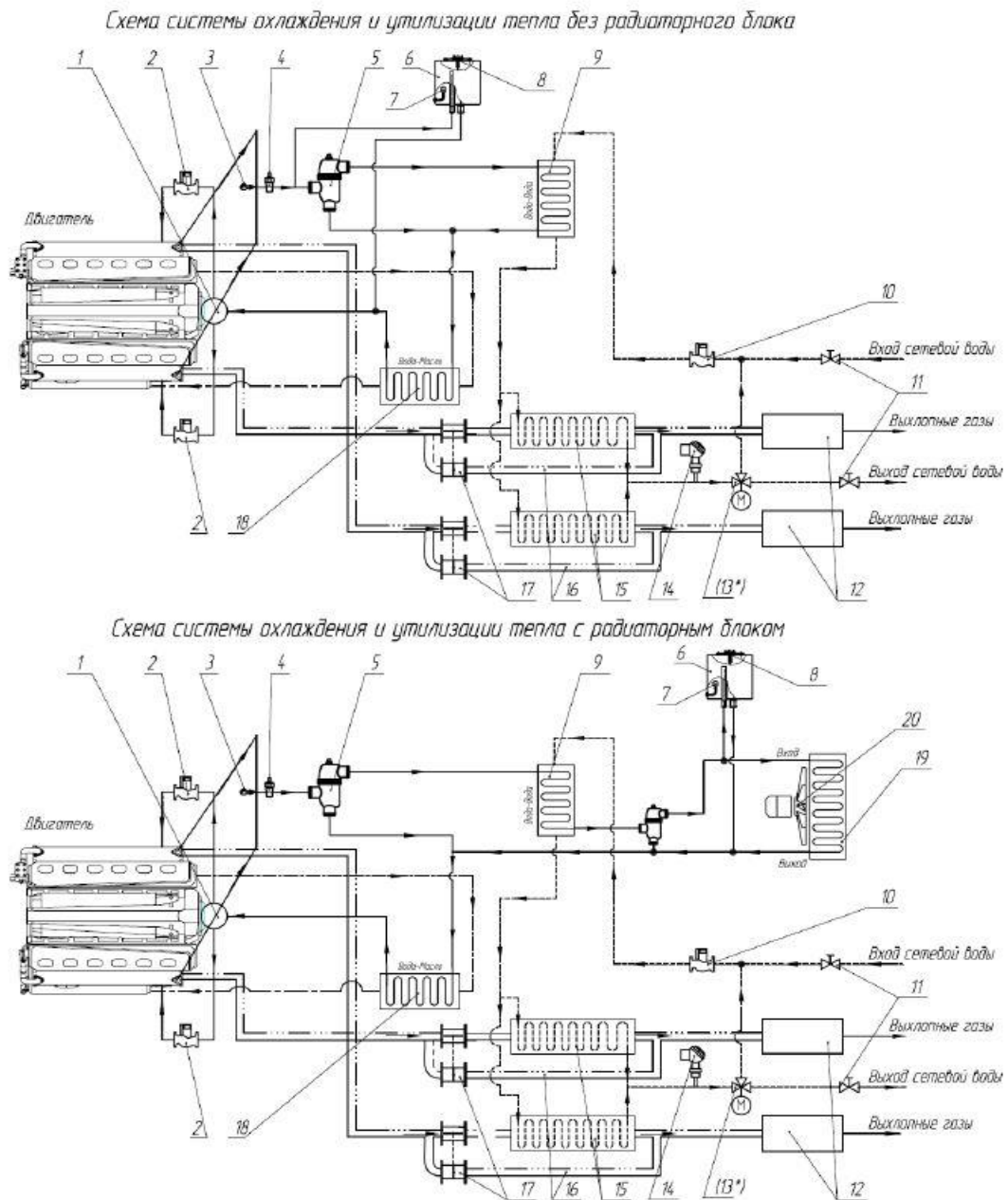


Рисунок 1.34 – Схема системы охлаждения и утилизации тепла

1 - механический водяной насос; 2 - электрический водяной насос WILLO; 3,4 - датчики температуры; 5 - терморегулятор; 6 - расширительный бачок; 7 - датчик уровня ОЖ; 8 - паровоздушный клапан; 9 - водоводяной теплообменник; 10 - электрический насос сетевой воды; 11 - вентили сетевой воды; 12 - глушители; 13 - трехходовой регулирующий кран BELIMO сетевой воды (поставляется в комплекте с системой терморегулирования; 14 - датчик температуры сетевой воды; 15 - котлы-утилизаторы; 16 - байпасный трубопровод выхлопных газов; 17 - регулирующие заслонки, 18 - водо-масляный теплообменник.

Во время работы агрегата охлаждающая жидкость движется при помощи циркуляционного насоса двигателя. Далее жидкость поступает в электронасос, а затем под напором движется в нижнюю часть зарубашечное пространство цилиндров, омывая втулки цилиндров, по трубкам жидкость поступает в водяные полости головок блока, там и охлаждает своды камер сгорания. Затем по трубам выпускных коллекторов жидкость попадает в термостаты. Если температура охлаждающей жидкости превышает 85 °С, то термостат направляет жидкость в водо-водяной теплообменник, где она отдаёт тепло сетевой воде и далее направляется в радиаторный блок. Далее вода направляется к водяному насосу, если же температура сразу составляет менее 80 °С, то первая стадия водо-водяного теплообменника не имеет надобности. Охлаждение жидкости происходит в радиаторном блоке за счет потока воздуха, который обеспечивает регулятор-измеритель «ОВЕН». Система полностью автоматизированная и все действия осуществляются по сигналам датчика-термопреобразователя [36].

#### 1.6.1.10 Утилизационное оборудование

Утилизационное оборудование необходимо для нагрева сетевой воды выхлопными газами двигателя и состоит из водо-водяного теплообменника пластинчатого типа, двух котлов-утилизаторов выхлопных газов, сетевого водяного насоса и запорной арматуры. Схема утилизации тепла представлена на рисунке 1.34.

Котел-утилизатор представляет собой теплообменник трубчатого типа с фланцевыми патрубками для отвода и подвода сетевой воды. Корпус теплообменника изготовлен из стальной трубы и вваренными сильфонными компенсаторами из нержавеющей стали, которые компенсируют тепловую деформацию, возникающую в процессе работы утилизатора. Внутри теплообменника расположен пакет стальных трубок, по внутренним полостям которых проходят выхлопные газы двигателя, сетевая вода



циркулирует в межтрубном пространстве. Межтрубное пространство разделено перегородками, это увеличивает путь прохода сетевой воды, повышая эффективность теплосъёма. Снизу и сверху у теплообменника прикреплены с помощью болтов цилиндрические крышки с приваренными патрубками подвода и отвода выхлопных газов.

Водо-водяной теплообменник устанавливается на раме мотор-генератора и подключается трубопроводами к системе охлаждения двигателя и к контуру сетевой воды. Теплообменник состоит из тонкостенных гофрированных пластин, которые образуют две изолированные друг от друга полости, охлаждающей жидкости и сетевой воды. Пакет пластин стягивается между станиной и нажимной плитой шпильками.

#### 1.6.1.11 Работа системы утилизации тепла

Работа обеспечивается при подключении оборудования к тепловым сетям и контуру сетевой воды потребителя, после заполнения оборудования сетевой водой и при открытых шаровых кранах на выходе сетевой воды.

Циркуляция сетевой воды происходит за счет электрического сетевого насоса типа WILLO, который входит в состав утилизационного оборудования.

Система работает следующим образом: сетевая вода поступает в водяной насос через открытый запорный шаровой кран на входе сетевой воды, затем по трубопроводам движется к водо-водяному теплообменнику и затем к утилизаторам выхлопных газов. После этого сетевая вода по объединительному трубопроводу движется к регулирующему трехходовому крану. При помощи регулирующего крана открывается проход нагретой сетевой воды в выходящий трубопровод сетевой воды, в случае, если температура воды превышает 60 °С. Если температура сетевой воды ниже 60 °С, то сетевая вода направляется на «перепуск» в водяной насос. Управляется регулирующим краном за счет измерителя ПИД-регулятора

«ОВЕН» типа ТРМ-10А(или аналогичным), который входит в состав шкафа вспомогательной автоматики (ШВА).

Сетевая вода нагревается за счет работы двигателя и тепла охлаждающей жидкости внутреннего контура. Нагрев происходит через водо-водяной теплообменник за счет энергии выхлопных газов, которые проходят через котел-утилизатор [29].

В летнее время в выхлопной системе газов, заслонка устанавливается на положение «на глушитель».

Включается и выключается водяной насос со шкафа управления.

Температура сетевой воды на выходе фиксируется регулятором «Овен» и отражается на шкафу управления.

Система управления, контроля и защиты

Система управления установки состоит из:

- местного пульта управления и проборов;
- комплектного устройства (шкафа управления);
- датчиков автоматики;
- электронного регулятора частоты вращения.

Операции управления, контроля и защиты:

А) Пуск, установка и приём нагрузки;

Б) Коммутация нагрузки;

В) Индикация значений контролируемых параметров агрегата:

- давление масла;
- температура охлаждающей жидкости;
- температура масла;
- частота вращения;
- напряжение силового генератора между фазами;
- частота тока;
- ток нагрузки по фазам;
- мощность;

Напряжение зарядного генератора;

- наработка агрегата.

Г) Аварийно – предупредительная сигнализация и аварийная защита по параметрам:

- высокой температуры охлаждающей жидкости;
- высокой температуры масла;
- низким давлением масла в главной магистрали двигателя;
- высокой частоты вращения;
- высокого / низкого напряжения генератора;
- высокой / низкой частоты тока генератора;
- перегрузки генератора и короткого замыкания.

Примечание - Для ручного пуска и останова агрегата, он имеет технологический пульт управления (рисунок 1.35).



Рисунок 1.35 – технологический пульт управления

1 - термометр ОЖ / Масла; 2 - тахометр; 3- указатель давления масла; 5 - индикатор «Нижний уровень масла»; 6 - индикатор включения газового клапана двигателя; 7 - индикатор «Аварийный уровень ОЖ»; 8 - индикатор дистанционного управления; 9 - индикатор «Аварийный уровень масла»; 10 -кнопка «МЗН»; 11 - кнопка «СТАРТЕР»; 12 - переключатель «ПИТАНИЕ»; 13 - переключатель термометра «ОЖ / Масло».

Управление мотор-генератора осуществляется со шкафа автоматического управления (ШАУ). Он представлен на рисунке 1.36.



Рисунок 1.36 – Шкаф автоматического управления мотор-генератором

Шкаф представляет собой металлическую конструкцию, которая состоит из металлического корпуса, запорных устройств с закрепленной дверцей и приборной панели.

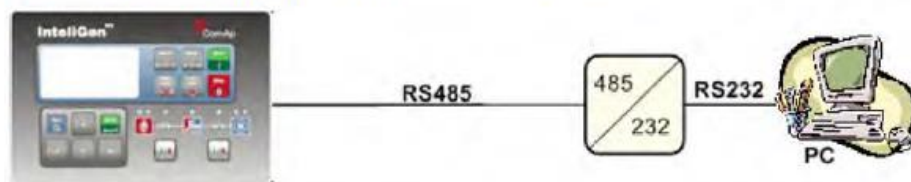
#### 6.1.12 Система дистанционного контроля и управления

Блок управления IntelliGen встроен в шкаф автоматического управления. Блок обеспечивает мониторинг и управление электроагрегата на расстоянии. Варианты обмена информацией между блоком управления и агрегатом, представлены на рисунке 1.37.

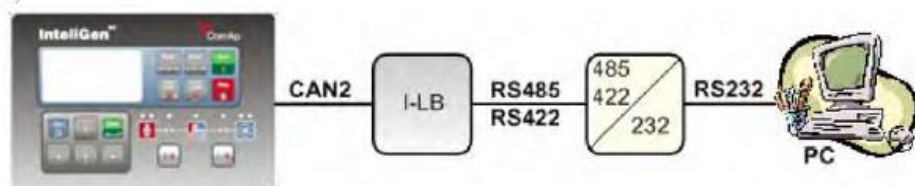
- прямое подключение PC через интерфейс RS 232;



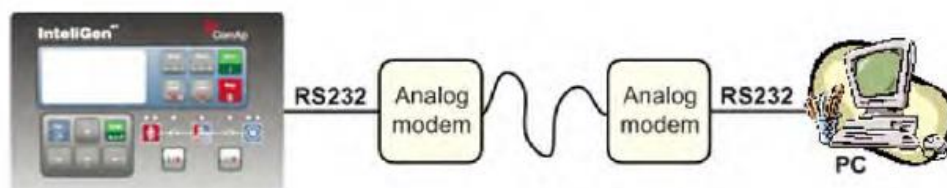
- подключение PC через интерфейс RS485/RS 232;



- подключение PC через интерфейс RS485/RS 232 по шине CANbus через преобразователь I-LB;



- подключение PC через телефонную линию с использованием стандартных аналоговых модемов;



- подключение PC по беспроводной линии с использованием стандартных GSM модемов;

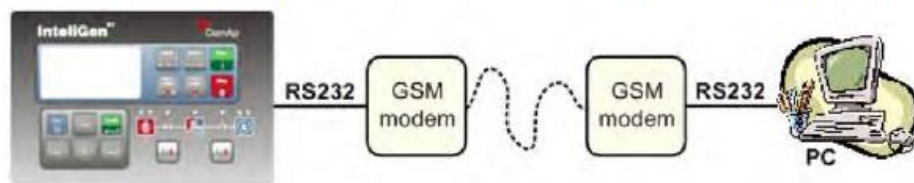


Рисунок 1.37 – Дистанционное управление агрегатом

Так же, имеется возможность управлять агрегатом при помощи сети Интернет, а также с мобильного телефона через смс-сообщения.

В комплект поставки включен программный пакет InteliMonitor, SW version 2.1, при помощи которого осуществляются все вышеперечисленные операции.

### 1.6.1.13 Энергомодуль

Энергомодуль представляет из себя один или два утепленных блок-контейнера, в которых установлены электроагрегаты АПК250С-Т400-2Р. Если необходимо применение сдвоенных блок-контейнеров, то для них возводится общий тамбур, чтобы обеспечить доступ к отсекам управления каждого из них.

По степени автоматизации, агрегат относится ко второй категории, по ГОСТ 13822.

АПК250С-Т400-2РН используется как независимый источник электроэнергии, так и как резервный источник для системы 1-й и 2-й категорий надежности электроснабжения.

Контейнер это транспортабельная конструкция, которая применяется при необходимости наличия передвижного источника электрической и тепловой энергии в тех местах, где отсутствует централизованное энергоснабжение.

Контейнерная электростанция АПК250С-Т400-2РН состоит из:

- утепленного цельно-металлического блока-контейнера, приспособленного для размещения в нем основного и вспомогательного оборудования;

- газопоршневого электроагрегата АПК250С-Т400-2Р;

- радиаторного блока в комплекте с электровентиляторами, размещаемого в передней части блок-контейнера;

- вентиляционного блока с вытяжным вентилятором, защитного от атмосферных осадков кожуха и жалюзийно управляемого клапана;

- жалюзийного утепленного проема притока воздуха с регулирующим приводом «BELIMO»;

- газооборудования системы питания газообразным топливом;

- системы электроотопления в режиме ожидания запуска в зимний период времени;

- систем электрооборудования, автоматической пожарной сигнализации и автоматического порошкового пожаротушения;
- шкафов автоматики электроагрегата, вспомогательной автоматики;
- шкафа аккумуляторной батареи;
- систем электрической рабочей и аварийной освещенности;
- системы дистанционного управления, контроля при помощи персонального компьютера.

Внешний вид энергомодуля представлен на рисунке 1.38.

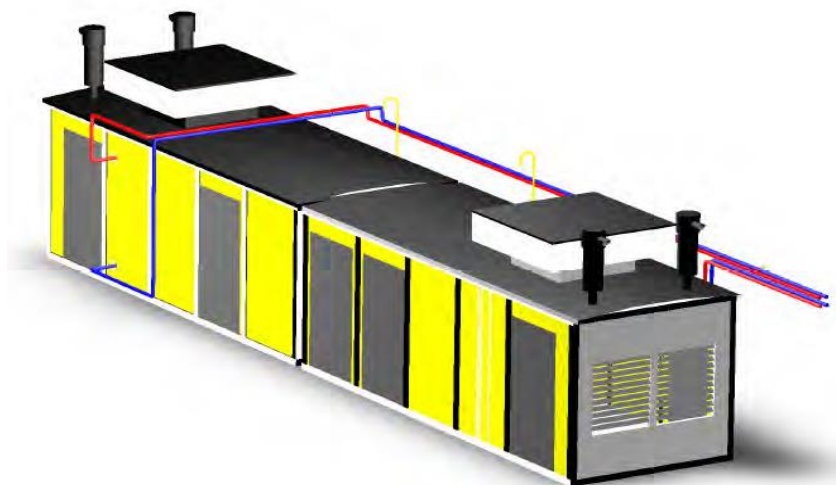


Рисунок 1.38 – Сдвоенный энергомодуль АПК-250С×2

Габаритный чертеж энергоблока представлен в приложении Г.

Чертеж соединения электроагрегата с другими элементами технологической схемы представлен в приложении В.

Контейнер это сборная утепленная металлоконструкция с габаритными размерами 6215x2400x2530 мм, она состоит из двух отсеков - технологического и отсека управления. Комплект электроагрегата АП250С располагается в технологическом отсеке, который имеет под собой опорную конструкцию. Панели стенового ограждения имеют технологические проемы для воздушного клапана, которые обеспечивают воздухообмен, а также имеется дверной проем для обслуживающего персонала.

Отсек управления включает в себя электрические щиты управления, аварийную сигнализацию и аккумуляторный шкаф. Отсек разделяются

металлической перегородкой из стального профилированного листа звукоизолирующим волокнистым материалом.

Стеновое ограждение состоит из трехслойной сэндвич-панели. Пространство между обшивками панели заполняется минеральным теплоизоляционным материалом. С торцевой стены контейнера обеспечивается возможность монтажа и демонтажа технологического оборудования. Торцевая стена контейнера выполнена в виде распашных ворот, что обеспечивает возможность монтажа и демонтажа технологического оборудования. В воротах имеется проем для выброса горячего воздуха от радиатора двигателя.

Радиатор двигателя и электровентилятор устанавливаются в отдельный отсек, там же монтируется воздушный клапан выброса воздуха, который снабжается электрическим приводом.

Газовыхлопные трубы, трубопроводы слива протечек масла присоединяются к боковой стене блок-контейнера и панели крыши. Глушители шума выпуска устанавливаются вертикально в передней части крыши. Технологический отсек оборудуется обязательно электрическим отоплением, который состоит из двух масляных электрообогревателей, оно обеспечивают зимой температурный режим не менее +5 °С.

Воздух для горения и для охлаждения двигателя поступает через жалюзийные проемы и его обратный выброс происходит тоже через жалюзийный проем.

Трубопроводы отработавших газов оборудуются сиффонами и глушителями. Глушитель располагается на крыше блок-контейнера. Всё оборудование имеет изоляционный слой.

В отсеке управления смонтирован шкаф управления, шкаф вспомогательной автоматики и блоки пожарной сигнализации [36].

#### 1.6.1.14 Транспортировка и хранение

Транспортировка когенерационного агрегата в исполнении блок-контейнер осуществляется без упаковки. Вид транспортировки на любом



транспорте, так как габариты и масса агрегата позволяют применять любой транспорт.

Блок-контейнер должен вписываться в габариты и осуществляться по правилам перевозки грузов и техническим требованиям к погрузке и креплению груза.

Погрузочные операции осуществляются погрузочными кранами необходимой грузоподъемностью. Строповка происходит петлями. При транспортировке все выступающие элементы ( глушители, кожухи и т.д) должны быть демонтированы, проемы установки должны быть заглушены затычками от защиты проникновения атмосферных осадков. Все комплектующие изделия должны храниться по условиям, которые прописаны в ГОСТ 15150. Совместное хранение блока, запасных частей и химикатов недопустимо. Также необходимо уделять большое внимание консервации оборудования и следить за сроками действия консервации и своевременно производить переконсервацию в соответствии с руководством по эксплуатации.

#### 1.6.1.15 Требования промышленной безопасности

1. Газопоршневой агрегат монтируется по месту эксплуатации согласно проекту, который разрабатывает сама организация, имеющая лицензию Госгортехнадзора на проведение данного рода работ.

2. Проект системы газоснабжения организации должен быть согласован с условиями газоснабжения данного на местности проекта газоснабжения объектов.

3. Всё оборудование должно быть сертифицированное в соответствии к требованиям безопасности и иметь разрешение Госгортехнадзора на их эксплуатацию.

4. Строительство объектов газоснабжения производится с требованиями СНиП «Правил безопасности в газовом хозяйстве» и перед

началом строительства проект должен быть зарегистрирован в местных органах Госгортехнадзора.

5. После монтажа оборудования необходимо провести опрессовку. Все сварные швы, резьбовые и фланцевые соединения проходят обмыливание при температуре от 0 до минус 40 °С.

6. Электропроводка должна проверяться не реже 1 раза в месяц лицом, ответственным за данную часть объекта.

7. Каждую неделю необходимо осматривать состояние заземления проводов, состояние ввода кабелей, осмотр на отсутствие трещин, сколов и вмятин, осмотр вентиляции и приборов КИПа.

8. В помещении, где работает газопоршневая установка, должен обязательно присутствовать газоанализатор, чтобы, в случае утечки газа можно было мгновенно определить его концентрацию.

9. Перед началом ввода в эксплуатацию объекта, всему обслуживающему персоналу должны быть выданы должностные инструкции и проведены инструктажи по месту их работы.

#### 1.6.1.16 Размещение и монтаж

Эксплуатация газопоршневого агрегата возможна только при наличии проекта, выполненного специальной организацией. Проект эксплуатации включает в себя: план фундамента для агрегата, генеральный план вертикальной планировки, готовые решения в случаи возникновения пожара на установке, молниезащиту, заземление, решения по защите окружающей среды.

Наружные сети газоснабжения должны соответствовать СНиП 2.04.08-87 «Газоснабжение» и «Правилам безопасности в газовом хозяйстве», а также требованиям «Внутренне газооборудование».

Наружные тепловые сети должны соответствовать СНиП 2.04.07 – 86 «Тепловые сети» [37].

Указания к монтажу:

Агрегат монтируется строго в соответствии с принятым проектом монтажа.

Порядок монтажа следующий:

1. Устанавливается блок-контейнер на подготовленный ранее фундамент.
2. На крыше контейнера монтируется радиаторный блок и затем производится соединение радиатора с системой охлаждения, расширительным бачком, а также электрическое подключение электродвигателя вентилятора.
3. Устанавливаются защитные кожухи на глушители выхлопа, вентиляционную трубу и другое оборудование, которое требует изоляции от внешней среды.
4. Затем происходит оснащения модуля средствами пожаротушения, подключение установки к автоматическому оборудованию средств пожарной защиты.
5. Подключить внешний контур защитного заземления в соответствии с правилами ПУЭ и проектной документации.
6. Через специальные технологические отверстия ввести электрические кабеля к оборудованию и подключить их. Все кабеля до подключения должны быть теплоизолированы и герметизированы.
7. На последнем этапе необходимо подключить к агрегату наружные тепловые и газовые сети.

## **2 Объект и методы исследования**

Объектом исследования являлась гибридная установка для малой энергетики. В дальнейшем была разработана сопряженная схема установки, которая будет применяться непосредственно к поселению Степановское, Томской области.

Методика состояла из следующих шагов:

- А) Изучение климатических условий и природных ресурсов, которыми располагает поселение;
- Б) Изучение и анализ зарубежного и отечественного рынка газогенераторов и газопоршневых установок;
- В) Выбор более подходящего оборудования, после изучения рынка;
- Г) Составление энергетической схемы, которая включает в себя газогенератор, ГПУ и сопряженное оборудование для их совместной работы;
- Д) Расчётная часть приведена в пункте 3 данной магистерской работы, все расчёты производились согласно ГОСТам и нормативным документам.

### **3 Расчёт и аналитика**

#### **3.1 Расчёт основных элементов сопряженной схемы гибридной установки**

##### **3.1.1 Расчёт газопровода от бака-накопителя к ГПУ**

##### **3.2 Расчёт бака-накопителя**

##### **3.3 Расчёт трубопровода для контура циркуляции воды**

##### **3.4 Расчёт электросетей**

##### **3.5 Компрессор для перекачки газа**

#### **3.6 Зависимость теплоты сгорания генераторного газа от состава и вида древесины**

#### **3.7 Зависимость потребления газа ГПУ от калорийности генераторного газа**

## **4 Результаты проведенного исследования**

### **4.1 Сравнение экономических показателей действующей дизельной станции и проектной ГПУ**

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережен**

Темой дипломного проекта является «Гибридная установка для малой распределенной энергетики».

Проект по разработке гибридной установки осуществляется для поселка Степановка, Верхнекетского района Томской области.

На данный момент в поселке используются дизельные электростанции, которые давно уже исчерпали свой рабочий ресурс и стали нерентабельны.

Целью данного раздела является оценка конкурентоспособности разработки, а так же расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов проектируемой гибридной установки.

### **5.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала**

Применение гибридной установки, работающей на газе, который будет вырабатываться при помощи сжигания местных ресурсов, несомненно, является огромным плюсом и позволит сэкономить на топливе. Если взять данные по топливу для использующихся дизельных станций, то только на доставку дизельного топлива затрачивается в месяц из бюджета Томской области около 20 млн.рублей, а еще плюс стоимость самого топлива обходится в 26,8 млн руб/год. Для замены дизельных станций гибридными, работающими на газе и был произведен анализ рынка газопоршневых установок и в конечном счете выбор самой оптимальной модели.

#### **5.1.1 Анализ конкурентоспособности технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, проводится систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное

исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- а) технические характеристики разработки;
- б) конкурентоспособность разработки;
- в) бюджет разработки;
- г) уровень проникновения на рынок;
- д) финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 5.1. Для сравнения выбраны проектируемая газопоршневая установка и Контейнерная установка J312 г. Кавенаго, Италия, так как эти две модели почти идентичны по своим техническим характеристикам.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1	2	3	4	5	6
Повышение производительности труда пользователя	0,07	3	2	0,21	0,14



Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям)	0,13	4	3	0,52	0,39
Помехоустойчивость	0,03	4	4	0,12	0,12
Энергоэкономичность	0,1	3	3	0,3	0,3
Надежность	0,2	4	3	0,8	0,6
Уровень шума	0,04	2	1	0,08	0,04
Безопасность	0,2	4	3	0,8	0,6

Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,03	4	3	0,12	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,04	1	1	0,04	0,04
Цена	0,06	2	2	0,12	0,12
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	0,5	0,4
Итого	1	36	29	3,61	2,84

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 5.1 подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot b_i$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$b_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Уязвимость позиции конкурентов обусловлена главным образом устареванием эксплуатируемого оборудования и его износом. Следовательно, предполагаемый срок эксплуатации у конкурентного оборудования будет меньше.

Главное конкурентное преимущество разработки – её новизна. Это делает её более надежной в сравнении с конкурентом, а так же более легкой в эксплуатации, что способствует повышению производительности труда рабочих. Удобство в эксплуатации так же сказывается на стоимости производимого газа и электроэнергии в сторону её удешевления.

## 5.2 Расчет капитальных вложений в проектируемую гибридную установку

На стадии предварительных экономических расчетов капитальные вложения можно определять по формуле (разработка ЦКТИ им. Ползунова):

$$\begin{aligned} K &= C_{пол} + C_{пол} \cdot P_n / 100 + K_{тр} + K_{ном} + K_{стр} = \\ &= 9000000 + 9000000 \cdot 0,2 + \\ &+ 180000 + 1620000 + 5032292 = 17632292 \text{ руб} \end{aligned}$$

где  $C_{пол}$  – полная себестоимость ГПУ;

$P_n$  – средняя рентабельность по газопоршневым установкам – 20 %);

$K_{тр}$  – транспортно–заготовительные расходы (2 % от  $C_{пол}$ );

$K_{ном}$  – сопутствующие затраты у потребителя;

$K_{стр}$  – затраты на строительную часть у потребителя.

Суть данной разработки заключается в том, что если оборудование проектируется с нуля под ключ, то необходимо производить расчёты и вводить для этого расчёта коэффициенты необходимые, а если оборудование выбирается из перечня уже выпускаемого серийно оборудования, то берется его стоимость по прайс-листу завода изготовителя:

$$C_{пол} = 9000000 \text{ млн.руб.}$$

В данном случае выло выбрано уже выпускающиеся оборудование и расчёт себестоимости не имеет надобности в данном варианте.

Удельная себестоимость ГПУ выбранного за основу расчета:

$$K_{ном} = K_m + K_{обм} = 720000 + 900000 = 1620000 \text{ руб}$$

где  $K_m$  – затраты на монтаж, 8 % от цены ГПУ;

$K_{обм}$  – затраты на обмуровку и защитные кожухи, 10 % от цены ГПУ (определяются косвенно).

Стоимость строительства:

$$K_{стр} = K_{зд} + K_{ф}$$

где  $K_{зд}$  – стоимость здания, приходящаяся на ГПУ;

$K_{ф}$  – стоимость фундамента.

В свою очередь:

$$K_{зд} = S_m \cdot k_{дн} \cdot Ц_{зд} \cdot h_{ком} = 2,99 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 4,5 = 32292 \text{ руб.},$$

$$K_{ф} = D \cdot k_{ф} = 500 \cdot 10^4 = 5000000 \text{ руб.};$$

где  $S_m$  - площадь ГПУ, м<sup>2</sup>;

$k_{дн}$  – коэффициент дополнительной площади, принимается  $k_{дн} = 2$ ;

$Ц_{зд}$  - стоимость квадратного метра фундамента, руб. за кв. метр;

$h_{ком}$  – высота помещения (верхняя отметка ГПУ +3–4м);

$k_{ф}$  – коэффициент, учитывающий влияние производительности ГПУ на стоимость фундамента,  $k_{ф} = P_{эл} \cdot 10^4$ .

$$K_{стр} = 32292 + 5000000 = 5032292 \text{ руб}$$

Результаты расчетов представлены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

№ п/п	Состав капитальных вложений	Величина	
		Руб	%
1	Себестоимость парогенератора	9000000	51,78
2	Затраты на монтаж	720000	3,23
3	Затраты на обмуровку	900000	4,28
4	Стоимость строительства	5032292	27,46
5	Транспортно-заготовительные расходы	180000	1,05
6	Наценка на ГПУ	1188000	13,2
7	Общие капитальные вложения	17020292	100

### 5.2.1 Расчет годовых эксплуатационных расходов

Расходы, составляющие себестоимость продукции ГПУ (электроэнергия, тепло) состоят из следующих статей затрат:

$I_{тон}$  – затраты на топливо;

$I_a$  – амортизационные расходы;

$I_{т.р.}$  – затраты на текущий ремонт;

$I_э$  – затраты на электроэнергию (на собственные нужды);

$I_{зн}$  – заработная плата обслуживающего ПГ персонала;

$I_{пр}$  – прочие расходы.

Тогда годовые эксплуатационные расходы на производство электроэнергии (тепла) будут иметь вид:

$$I_{год} = I_{тон} + I_a + I_{т.р.} + I_э + I_{зн}.$$

$$I_{год} = 551200 + 629750 + 125950 + 56700 + 10694472 = 12058072 \text{ руб}$$

### Расчет затрат на топливо

$$I_{\text{топ}} = B_p \cdot h_{\text{год}} (1 + B_{\text{ном}}/100) C_{\text{т.н.т.}} = \\ = 80 \cdot 6500 (1 + 6/100) \cdot 1 = 551200 \text{ руб.},$$

где  $B_p$  – часовой расход натурального топлива, т/час;

$h_{\text{год}}$  – число часов использования установленной мощности, час/год;

$B_{\text{ном}}$  – суммарная величина потерь топлива в % от годового потребления топлива;

$C_{\text{т.н.т.}}$  – цена натурального топлива, с учетом доставки 1 руб/т.

### Расчет амортизационных отчислений

$$I_a = p_n \cdot K = 0,037 \cdot 17020292 = 629750 \text{ руб}$$

где  $p_n$  – норма амортизационных отчислений на капитальный ремонт и на реновацию  $p_n = 3,7 \%$ ;

$K$  – капитальные вложения.

### Расчет затрат на текущий ремонт

$$I_{\text{тр}} = 0,2 \cdot I_a = 0,2 \cdot 629750 = 125950,16 \text{ руб.},$$

### 5.2.2 Расчет затрат на электроэнергию

Расходы на электроэнергию (на собственные нужды) определяются по двуставочному тарифу:

$$I_{\text{э}} = N_{\text{уст}} \cdot h_{\text{год}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_n \cdot C_{\text{э}} + N_{\text{уст}} \cdot C_{\text{кв}} = \\ = 500 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 2,13 + 500 \cdot 3,17 = 56,7 \text{ тыс.руб}$$

где  $N_{\text{уст}}$  – установочная мощность токоприемников ГПУ, кВт;

$K_{\text{в}}, K_n$  – коэффициенты времени и потерь эл. энергии;

$C_э$  – тариф на потребленную эл. энергию;

$C_{кВ}$  – стоимость кВт на заявленную мощность.

### 5.2.3 Расчет заработной платы обслуживающего персонала

Расходы на содержание обслуживающего персонала складываются из: заработной платы эксплуатационного, ремонтного и управленческого персонала цеха, отнесенная на одну газопоршневую установку. Прямая заработная плата определится из штатного расписания цеха и должностных окладов, приведенных в таблице 5.3

Таблица 5.3 – Штатное расписание цеха

№ п/п	Наименование должностей	Норма обслуживания в смену	Месячный оклад руб./чел.	Месячный оклад руб./ГПУ
1	Старший машинист	3	17000	17000
2	Машинист насосных	3	15700	15700
3	Машинист обходчик по оборудованию	3	15500	15500
4	Слесарь по ремонту	2	14200	7100
5	Дежурный слесарь	3	13800	2300
6	Дежурный электрик	3	13800	2300
7	Электросварщик	3	14000	2333,33
8	Газосварщик	3	14100	2350
9	Газорезчик	3	14100	2350
10	Токарь	3	13800	2300
11	Кладовщик	3	12500	4166,67
12	Уборщица	3	5000	1666,67
	Итого	35	159100	50885
13	Нач. цеха	1	19000	3166,67
14	Зам. нач. цеха	1	18200	3030,33
15	Нач. смены	3	17800	17800
16	Ст. мастер	1	16000	2666,67
17	Мастер	3	12000	2000
	Итого	9	83000	28663,67
	Всего по цеху	44	242100	79545

Основная заработная плата обслуживающего персонала:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{осн}}^{\text{оп}} &= 3\Pi^{\text{оп}} + 3\Pi^{\text{оп}}(k_{\text{доп}} + k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}}) = \\ &= 159100 + 159100(0,2 + 0,43 + 1,3) = 470936 \text{ руб} \end{aligned}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий доплаты до часового фонда времени;

$k_{\text{прем}}$  – коэффициент, учитывающий премии;

$k_{\text{рк}}$  – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала:

$$\Pi_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 0,8 \cdot 3\Pi^{\text{оп}} = 0,8 \cdot 159100 = 127280 \text{ руб}$$

Общая заработная плата обслуживающего персонала:

$$\Pi_{\text{общ}}^{\text{оп}} = \Pi_{\text{осн}}^{\text{оп}} + \Pi_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 470936 + 127280 = 598216 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководящего персонала:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{осн}}^{\text{рук}} &= 3\Pi^{\text{рук}} + 3\Pi^{\text{рук}}(k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}}) = \\ &= 83000 + 83000(0,43 + 1,3) = 226590 \text{ руб.} \end{aligned}$$

где  $k_{\text{прем}}$  – коэффициент учитывающий премии;

$k_{\text{рк}}$  – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата руководящего персонала:

$$\Pi_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 0,8 \cdot 3\Pi^{\text{рук}} = 0,8 \cdot 83000 = 66400 \text{ руб}$$

Общая заработная плата руководящего персонала:

$$\Pi_{\text{общ}}^{\text{рук}} = \Pi_{\text{осн}}^{\text{рук}} + \Pi_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 226590 + 66400 = 292990 \text{ руб}$$

Затраты на заработную плату:

$$I_{\text{зп}} = 12(P_{\text{общ}}^{\text{оп}} + P_{\text{общ}}^{\text{рук}}) = 12(598216 + 292990) = 10694472 \text{руб}$$

Расчет отчислений на социальные цели

Расчет производится по формуле:

$$I_{\text{соц}} = 0,3 \cdot 3P_{\text{ОБЩ}} = 0,3 \cdot 10694472 = 3208341,6 \text{ руб}$$

Расчет прочих расходов

Прочие расходы принимаются как 12 % от ранее найденных годовых эксплуатационных расходов.

Таким образом, можно рассчитать эксплуатационные расходы. Данные расчетов представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Эксплуатационные расходы

№ п/п	Наименование затрат	Обозначение	Величина, руб.	Уд. Вес %
1	Затраты на топливо	$I_{\text{топ}}$	551200	3,29
2	Амортизационные отчисления	$I_{\text{а}}$	629750	3,76
3	Затраты на текущий ремонт	$I_{\text{тр}}$	125950,16	0,7
4	Затраты на электроэнергию	$I_{\text{э}}$	56700	0,3
5	Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	10694472	63,9
6	Отчисления на соц. цели	$I_{\text{соц}}$	3208341,6	19,19
7	Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	1446968,64	8,65
	Итого	$I_{\text{год}}$	16713382,4	100,00

Анализ данных эксплуатационных расходов показал, что наибольшими затратами являются затраты на заработную плату обслуживающего персонала (63,9 %) , затем следуют отчисления на соц.цели (19.19 %). Такие расходы связаны с тем, что оборудование требует



постоянного надзора, так как оно работает непрерывно и в случае его остановки прервется подача электроэнергии в поселок, а этого допускать нельзя. Обслуживать ГПУ будут высококвалифицированные работники, у которых и сумма заработной платы соответственная. Затраты на топливо минимальные, так как оно производится газогенератором.

Себестоимость выработанного киловатта электричества:

$$C_{\text{выр}} = I_{\text{год}}/D_{\text{год}} = 16713382,4/4300000 = 3,88 \text{ руб./кВт}$$

где  $D_{\text{год}}$  – киловатт электроэнергии за год,

$$D_{\text{год}} = h_{\text{год}} \cdot D = 8600 \cdot 500 = 4300000 \text{ кВт}$$

Себестоимость отпущенного киловатта:

$$C_{\text{отп}} = I_{\text{год}}/D_{\text{отп}} = 16713382,4/4085000 = 4,09 \text{ руб./кВт},$$

где  $D_{\text{отп}}$  – отпущенные киловатты;

$$D_{\text{отп}} = D_{\text{год}} - D_{\text{с.н}} = 4300000 - 215000 = 4085000 \text{ кВт}$$

$D_{\text{сн}}$  – годовой расход электроэнергии на собственные нужды (5 % от  $D_{\text{год}}$ ).

### 5.3 Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности результатов исследования

При сравнительной оценке эффективности исследования рассмотрим интегральный показатель эффективности разработки. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{16713382,4}{30000000} = 0,056$$

где  $I_{\phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где  $I_m^p$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 5.5

Таблица 5.5– Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ГПУ/Дизель	Весовой коэффициент параметра	ГПУ	Натурный эксперимент	Дизельный генератор
1. Способствует снижению цены 1 кВт электроэнергии	0,1	5	3	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	1	3
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3	3
4. Энергосбережение	0,20	4	3	3
5. Надежность	0,25	4	5	3
6. Материалоемкость	0,15	5	1	5
ИТОГО	1	4,5	2,66	3,33

Как видно проведенных расчетов самый низкий интегральный показатель ресурсоэффективности при проведение натурального эксперимента. Для дальнейших расчетов будут использованы показатели ГПУ и ДЭС.

Интегральный показатель эффективности ГПУ и ДЭС определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,5}{0,056} = 80,36,$$

$$I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} = \frac{3,33}{0,056} = 59,46$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} = \frac{80,36}{59,46} = 1,35$$

где  $\mathcal{E}_{cp}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{мэ}^p$  – интегральный показатель разработки;

$I_{мэ}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

В результате данного расчёта было выявлено, что, если сравнивать по интегральному показателю газопоршневую установку и дизельный генератор, то ГПУ на 1.35 эффективнее ДЭС.

Выводы к разделу:

- был выявлен потенциальный потребитель (поселение Степановское);
- был проанализирован рынок конкурентных решений по ГПУ и для сравнения были выбраны две наиболее подходящие модели установки;
- была сформирована рабочая группа;
- была составлена смета проекта и зарплата обслуживающего персонала;
- был определен интегральный показатель эффективности разработки.

Из всех проведенных расчетов в данном разделе, можно сделать вывод, что проект внедрения ГПУ имеет помимо технического и инновационного потенциала и коммерческую ценность.

## **6 Социальная ответственность**

### **6.1 Вредные и опасные факторы**

### **6.2 Обеспечение санитарных норм по освещению**

### **6.3 Обеспечение условий для снижения уровня электромагнитного излучения**

### **6.4 Обеспечение санитарных норм по уровню шума**

### **6.5 Обеспечение надлежащего микроклимата в помещении**

### **6.6 Обеспечение электробезопасности**

### **6.7 Обеспечение пожарной безопасности**

### **6.8 Организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **6.9 Региональная безопасность**

### **6.10 Анализ условий труда**

## Заключение

## Список публикаций

## Список использованной литературы