

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

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Оптимизация системы электроснабжения объекта ЗАО «Сибирская Аграрная Группа»	

УДК 621.31.031.48.34:621.1(571)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Пакидов Артём Константинович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2017 г.

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

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭПП

(Подпись) _____ (Дата) **Сурков М.А.**
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Пакидов Артём Константинович

Тема работы:

Оптимизация системы электроснабжения объекта ЗАО «Сибирская аграрная группа»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.02.2017 г. № 719/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Разработка эффективной системы электроснабжения предприятия ЗАО “Сибирская Аграрная Группа”, которая обеспечивается за счет разработки новых источников энергии
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	1. Анализ существующего состояния агропромышленных комплексов в России и объекта исследования в частности; 2. Разработка вариантов электроснабжения с использованием традиционного и альтернативного источников энергии; 3. Выбор и расчет необходимого оборудования; 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5. Социальная ответственность; 6. Заключение

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

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Попова С.Н.
Социальная ответственность	Бородин Ю.В.
Иностранный язык	Матухин Д.Л.

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

Введение

Основные наработки

Заключение

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Пакидов Артём Константинович		

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

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования магистр

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

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

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

25.05.17г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.12.2015	Обзор литературы	20
12.03.2016	Исследования и проектирование системы электроснабжения	50
10.04.2017	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
27.04.2017	Социальная ответственность	10
5.05.2017	Заключение	5
10.05.2017	Обязательное приложение на иностранном языке	5

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Пакидов Артём Константинович

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования: материально-технических, энергетических, финансовых	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г.Томску, Российской Федерации и зарубежных аналогов
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Норма дисконта 11 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Потенциальные потребители результатов исследования; - Анализ технических решений.
2. Формирование бюджета затрат на проект	- Капитальные затраты; - Заработная плата; - Отчисления на социальные цели; - Эксплуатационные расходы
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой и экономической эффективности исследования	Оценка целесообразности проекта: - Чистый дисконтированный доход; - Индекс доходности; - Срок окупаемости

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

--

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Пакидов Артём Константинович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Пакидов Артём Константинович

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	<i>Описание места проведения работ по разделу на предмет:</i> - возникновения вредных и опасных проявлений факторов производственной среды; - возникновения негативного воздействия на окружающую среду; - возникновения чрезвычайных ситуаций (пожара, взрыва); - организации работы отдела охраны труда и его месторасположения.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	<i>1. Анализ вредных факторов, проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i> - выдержки из действующих нормативов на нормы с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства); - описание технических систем, обеспечивающих требования нормативов. <i>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды:</i> - электробезопасность (технические способы защиты). <i>3. Охрана окружающей среды:</i> - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. <i>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</i> - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения); - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. <i>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия управления охраной труда, ООС, ЧС. <i>Перечень законодательных и нормативных документов</i>
Перечень расч-го и граф-го материала	<i>1. Расчет молниезащиты ГПП;</i> <i>2. План эвакуации блока управления газопоршневой станцией</i>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Пакидов Артём Константинович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 153 с., 21 рис., 18 табл., 47 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: ЗАО “Сибирская Аграрная Группа”, электроснабжение, энергия биомассы, агропромышленный комплекс, органическое топливо, биогазовые электростанции.

Объектом исследования агропромышленный комплекс ЗАО “Сибирская Аграрная Группа”.

Цель работы – разработка эффективной системы электроснабжения предприятия, которая обеспечивается за счет разработки новых источников энергии.

В процессе исследования проводился анализ состояния агропромышленных комплексов в целом по России и объекта исследования в частности, а также оценка возобновляемого энергетического потенциала отходов предприятия.

По ходу работы был произведен расчет и выбор необходимого оборудования для выбранных источников питания.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики подобранного оборудования были получены на основе отечественных и зарубежных аналогов и предложены для использования на предприятии.

Область применения: агропромышленные комплексы различных масштабов, а так же отдаленные районы России, где отсутствует возможность подключения к центральным электрическим сетям.

В разделе финансовый менеджмент представлен технико-экономический расчет вариантов электроснабжения объекта с использованием различных источников энергии.

В разделе социальная ответственность рассмотрена перечень вредных, опасных производственных факторов, а так же правовых и организационных вопросов по обеспечению безопасности в процессе работы.

В недалеком будущем планируется использовать биогазовые технологии для утилизации органических отходов как передовую отрасль возобновляемой энергетики. Безусловно, данный вариант позволит оптимально реализовать природный потенциал страны, обеспечив при этом энергетическую и сырьевую безопасность, а также устойчивое развитие экономики.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ В РОССИИ	12
1.1. Проблема переработки отходов в агропромышленных комплексах	12
1.2. Примеры использования биогазовой энергетики в России	13
1.3. Характеристика объекта ЗАО "Сибирская Аграрная Группа"	16
1.4. Требования, предъявляемые к животноводческим хозяйствам	18
1.5. Кому выгодно строительство биогазовой станции	20
1.6. Заключение по разделу.....	22
2. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗОВОЙ СТАНЦИИ НА ОБЪЕКТЕ ЗАО "СИБИРСКАЯ АГРАРНАЯ ГРУППА"	24
2.1. Понятие биогаза, биогазовой установки	24
2.2. Потенциал выхода биогаза на предприятии при имеющемся количестве отходов	26
2.3. Способы переработки органических отходов на биогазовых станциях.....	29
2.3. Обзор систем по удалению навоза и прочих отходов	32
2.5. Технические и стоимостные характеристики биогазовых станций	35
2.6. Использование когенерационных станций в составе БГУ	38
2.7. Выбор типа биогазовой установки	41
2.8. Выбор оборудования для когенерационной станции.....	45
2.9. Выбор контроллера для работы генераторов на ГПУ	51
2.10. Заключение по разделу.....	53
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	55
4.1. Потенциальные потребители проекта и анализ технических решений	56
4.2. Определение суммарных приведенных затрат традиционного варианта электроснабжения.....	57
4.2.1. Определение суммарных приведенных затрат на сооружение ВЛЭП 35 кВ и ПС 35/10 кВ.....	57
4.2.2. Определение суммарных приведенных затрат силового оборудования	59
4.3. Определение суммарных приведенных затрат смешанного варианта электроснабжения	61
4.3.1. Определение суммарных приведенных затрат на строительство БГУ	61
4.3.2. Определение суммарных приведенных затрат на сооружение ВЛЭП 35 кВ и ПС 35/10 кВ.....	63
4.3.3. Определение суммарных приведенных затрат силового оборудования	64
4.4. Заключение по разделу	67

ВВЕДЕНИЕ

Общая установленная мощность электрогенерирующих установок и электростанций, использующих возобновляемые источники энергии, в Российской Федерации на данный момент не превышает 2200 МВт. Из года в год с помощью возобновляемых источников энергии вырабатывается около 8,5 млрд. кВтч электрической энергии, что составляет менее 1% от общего объема производства. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования альтернативных источников энергии приводит к внедрению инновационных наукоемких технологий и оборудования в энергетическую сферу, а также развитию производства высокотехнологичного генерирующего и вспомогательного оборудования, поэтому является одним из наиболее значимых мероприятий, связанных с выполнением международных обязательств Российской Федерации. (В редакции Распоряжения Правительства Российской Федерации от 28.05.2013 г. N 861-р). К 2020 году установлены следующие значения целевых показателей объема производства и потребления электрической энергии на основе альтернативных источников энергии: к 2010 году - 1,5%; 2015г. - 2,5%; 2020 г. - 4,5% [1]. Стоимость электроэнергии в определенных регионах практически сопоставимы с «зелеными» тарифами для станций, работающих на возобновляемых источниках энергии.

Цель работы – оптимизация системы электроснабжения агропромышленного комплекса, а также повышение уровня экологической безопасности атмосферы и земельных угодий путем переработки отходов животноводства с помощью биогазовых технологий. Данные технологии позволяют использовать отходы животноводства, растениеводства и др. для получения биогаза, который является источником энергии. На выходе установки вместе с биогазом производится дорогостоящее органическое удобрение.

На основе сформулированной цели определим ключевую задачу проекта:

Создание и оснащение электростанции для получения биогаза, электроэнергии, тепла, биоудобрений.

Если проанализировать статистику использования биогазовых технологий на уровне государства и индивидуальных хозяйств, то можно увидеть, что это и имеет следующие цели:

- Дешевое производство энергии;
- Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур с помощью применения биоудобрений;
- Улучшение качества сельскохозяйственной продукции - производство экологически чистых продуктов;
- Улучшение социальных условий жизни сельского населения;
- Сохранение лесопосадок, снижение эрозии почв;
- Повышение уровня жизни сельского населения;

Сегодня большинство отечественных компаний усиленно проявляют активность в изучении и разработке проектов биогазовых установок различной мощности и назначения.

В качестве производственно-технологического объекта выступает агропромышленный комплекс ЗАО «Сибирская Аграрная Группа» г. Томска, имеющий в достаточном количестве необходимое для переработки сырье.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ В РОССИИ

1.1. Проблема переработки отходов в агропромышленных комплексах

Отходы – это одна из основных современных экологических проблем, которая несет в себе потенциальную опасность, как для здоровья людей, так и для окружающей природной среды. Некоторые страны используют общегосударственные и региональные программы по уменьшению отрицательного давления этих отходов на экологию. К сожалению, в большинстве стран до сих пор существует проблема недопонимания всей серьезности отходов, в связи с чем, нет строгого регламента, а также необходимых нормативно-правовых актов, регулирующих вопросы, связанные с отходами. Отходы промышленного животноводства и особенно птицеводства сильно загрязняют окружающую среду. Поэтому на сегодняшний день наиболее актуальным вопросом является поиск альтернативных методов утилизации отходов. Одним из таких является применение биоэнергетических методов и новых технологий утилизации.

У агропромышленных комплексов (далее АПК) России на сегодняшний день существует проблема переработки внушительной части отходов. В большинстве случаев их просто вывозят с хозяйств и складировуют, а это ведет к окислению почв, отчуждению сельскохозяйственных земель, загрязнению грунтовых вод и выбросам в атмосферу метана. Если поставить задачу интенсивного развития сельского хозяйства с высокой степенью эффективности на уровне государства, то данную проблему надо решать сейчас и не оставлять этот вопрос на будущее.

Отходы АПК, которые необходимо утилизировать, сами по себе являются существенным энергетическим ресурсом. Почти из всех видов отходов сельскохозяйственного производства с разной степенью эффективности,

возможно получение биогаза. Поэтому с уверенностью можно сказать, что если продвигать биогазовую энергетику, то это поможет решить как вопрос с отходами, так и энергетические трудности районов, испытывающих проблемы с электроснабжением. К примеру, большинство регионов с высоким уровнем сельского хозяйства имеют внушительное количество сырья для производства биогаза, и при этом являются энергодефицитными. Практически все сельскохозяйственные регионы сталкиваются с проблемой доступности объектов энергетики, в частности 37% крупных и средних сельхозпроизводителей имеют доступ к сетевому газу. Если привести цифры, то суммарный энергетический потенциал отходов АПК России достигает 81 млн. т.у.т. Предположим, что весь биогаз будет перерабатываться на газопоршневых электростанциях, тогда полученное количество энергии способно обеспечить суммарные потребности экономики в электроэнергии на 23%, на 15% в тепловой энергии и на 14% в природном газу и тепловой мощности. [43]

1.2. Примеры использования биогазовой энергетики в России

В настоящее время в мире ведется активное внедрение систем биогазовой энергетики, и если в древности биогаз использовали лишь в теплых климатических условиях, то современные технологии позволяют эффективно применять биогазовые энергетические системы в условиях континентальных климатических зон, преобладающих и на территории России. [7]

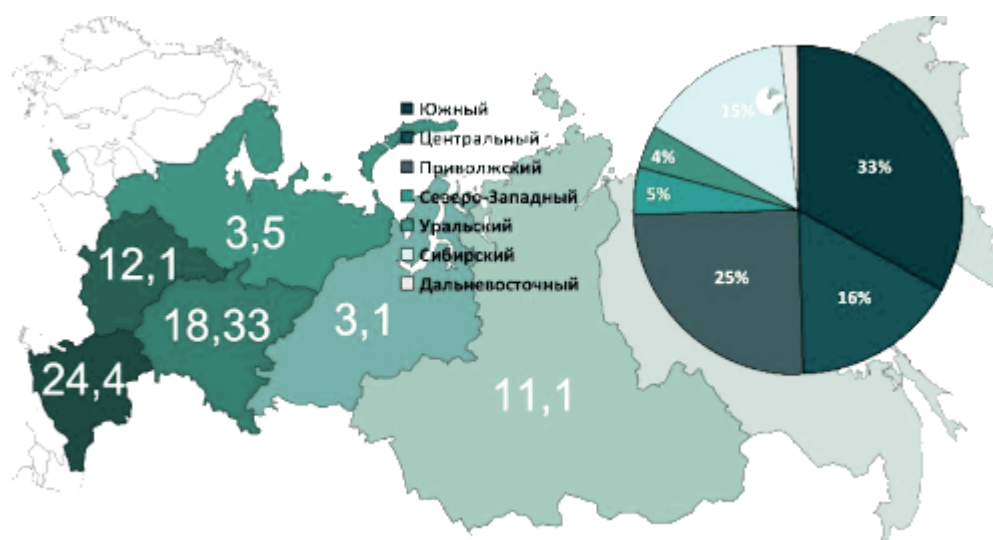


Рисунок 1.1 - Процентное соотношение производства биогаза в России

По данным «Агробитеха», реально работающих на сельскохозяйственных отходах биогазовых установок в России сейчас не более пяти. В их числе — «Байцуры» и «Лучки», перерабатывающие сырье «Агро-Белогорья». Свои установки имеют калужский «МосМедыньАгропром» и подмосковный «Мортадель». Электроэнергию в промышленных масштабах — 2,4 мВт/час — производит только «Лучки». Крупного производства альтернативной энергии в России сейчас нет, потому что себестоимость строительства промышленных биогазовых электростанций в пять-семь раз выше в расчете на кВт/час, чем традиционных. К примеру, установка «МосМедыньАгропрома», открывшаяся в 2009 году, построена компанией «БиоГазЭнергоСтрой», которой предоставлен кредит производителя оборудования Landesbank Berlin € 750 млн на 18 лет. Однако опыт получился непоказательным: станция задействована лишь на половину мощности. Вместо расчетных 600 кВт/час производит 350кВт/час, то есть фактически отсутствует возможность подключиться к сети и продавать излишки, [9] поэтому альтернативной энергией обеспечиваются только животноводческие помещения, вблизи которых находится установка, и вспомогательные системы — шнеки, насосы и прочее.

Более удачен опыт в Белгородской области. Пример — биогазовая станция «Байцуры» недалеко от принадлежащего «Агро-Белогорью» свинокомплекса «Стригуновский». Станция имеет возможность поставлять энергию в сеть по 9 руб. за кВт/час, тогда как сбытовая компания продает ее конечному потребителю Белгородской области примерно по 4 руб. но даже при таком тарифе проект выйдет на самоокупаемость через 8–9 лет, а если бы киловатты закупались по рыночной цене, то деньги вернулись бы минимум через 15 лет. Белгородскую биогазовую станцию «Лучки» в 2014 году запустила компания «АльтЭнерго», входящая в «Агро-Белогорье». В год перерабатывается 14,6 тысяч тонн отходов мясоперерабатывающего завода, 26 тысяч тонн стоков свинокомплексов, 1,8 тысяч тонн канализационных отходов и 26 тысяч тонн силоса. Расчетная годовая выработка составит 19,6 млн кВт/ч электроэнергии, 18,2 тыс. Гкал тепловой энергии и 66,8 тыс. тонн органических удобрений. [9]

Когда речь заходит об источниках доходов биогазовых станций, сразу же становится заметна большая разница между теорией и практикой. В теории станция зарабатывает, отпуская тепло и электричество потребителям, техническую воду и удобрения аграриям, биометан на нужды автотранспорта и углекислый газ для пищевой и химической промышленности. Да еще за отдельную плату по долгосрочным договорам с сельхозпроизводителями оказывает услуги по утилизации отходов. На практике все проще: под каждый источник дохода должен существовать свой рынок, которым движут спрос и предложение. Иначе это не источник дохода, а лишь дополнительные трудности. Станция «Байцуры», например, за сутки производит 40 тонн удобрений, которые просто некому продать. Другие хозяйства были бы готовы брать удобрение, но находятся далеко от станции, поэтому логистика слишком затратная. Пока не развиты рынки, биогазу в России уготована второстепенная роль. Но и здесь он способен служить неплохую службу - как топливо автономного снабжения предприятия электроэнергией. Наглядный пример — проект по строительству биогазовой станции специально для нужд компании,

которая добывает сапропель неподалеку от озера Карасево в Колпашевском районе Томской области. Возможности протянуть ЛЭП или газопровод у предприятия нет. Зато в достатке имелся сапропель — отложения на дне водоема в виде остатков растений, рыб и планктона, которые считаются ценным удобрением. Новая технология позволила не только использовать имевшийся в наличии материал, но также сократить цикл биогазовой реакции втрое благодаря использованию селективных микроорганизмов. Предприятие получило экологически чистую энергию, возможность для утилизации органических отходов — и все это в условиях строгих экологических ограничений. [9]

Пусть электричество, произведенное с помощью биогаза, дорого, но ведь есть и побочные продукты. Для того чтобы у биогазового хозяйства были хоть какие то шансы на развитие в России, необходимо с помощью установок решать сразу две-три проблемы, не меньше. Мало кто без особой необходимости станет отказываться от удобного природного газа только лишь для того, чтобы куда-то деть отходы с ферм или улучшить экологию.

Из представленных примеров на первый взгляд может показаться, что использование биогазовых технологий не выгодно в плане высокой себестоимости за отпущенную электроэнергию. Но если не ставить перед собой цель продажи “зеленой энергии”, а использовать ее для собственных нужд предприятия, то биогаз может стать надежным источником электроснабжения, при этом решая вопрос с утилизацией отходов производства. В следующем пункте будет рассмотрен животноводческий комплекс ЗАО “Сибирская Аграрная Группа” г. Томска, выступающий объектом исследования в данной работе.

1.3. Характеристика объекта ЗАО “Сибирская Аграрная Группа”

«Сибирская Аграрная Группа» начало свое существование в период рыночных преобразований в России, когда продовольственный рынок страны

нуждался в качественных продуктах питания. Само собой, при таком положении деятельность компании сразу же приобрела ориентацию на заполнение потребительского рынка сначала Томской области, а затем и соседних регионов мясной продукцией. В рейтинге крупнейших производителей свинины в России ТОП-20 за 2014 год Национального союза свиноводов свинокомплексы Группы занимают 5-е место. В 2014 году на свинокомплексах Холдинга произведено 91,1 тысяча тонн свинины в живом весе, что составляет 3,1 % от общего объема промышленного производства в РФ.

Томский свинокомплекс был построен в 1979 году и на данный момент является одним из крупнейших свиноводческих комплексов России. Единственный за Уралом свинокомплекс, имеющий статус селекционно-гибридного центра. Обеспечивает производство 30 тысяч тонн свинины в год. Численность животных — 166 тысяч голов единовременного содержания. Предприятие обеспечивает сырьем потребности мясоперерабатывающих производств Сибирской Аграрной Группы в Томской и Кемеровской областях, а также других сибирских производителей продукции мясопереработки. [3]

Как и большинство комплексов, основывающих свою деятельность на животноводстве, объект «Сибирской Аграрной Группы» имеет проблемы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха, неправильным обращением с отходами производства и потребления. Согласно сведениям агентства новостей г. Томска управление Росприроднадзора по Томской области в ходе проверки выявило нарушения в области охраны атмосферного воздуха, обращения с отходами производства и потребления. Деятельность комплекса осуществляется в отсутствии специального разрешения на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Часть источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух не учтены в разрешительной документации предприятия. Кроме того, был выявлен ряд нарушений Свиноводческим комплексом при обращении с отходами производства и потребления. В результате основной деятельности предприятия образуются

отходы от содержания животных. Для удаления навоза от цехов содержания свиней используется вода, далее образованные отходы попадают в подземный коллектор, а затем по трубопроводу подаются через канализационную насосную станцию (далее КНС) для разделения на жидкую и твердую фракции. Жидкая фракция насосами КНС откачивается в пруд-накопитель. Она является отходом третьего класса опасности. [4]

Чаще всего агропромышленные комплексы наносят ущерб окружающей среде из-за того, что большинство из них используют устаревшие технологии и технические средства, а так же не соблюдают установленные экологические требования. Самый оптимальный способ снижения негативного воздействия на природу - модернизация и обновление технологического оборудования в подразделениях, внесение изменений в организацию хозяйственной деятельности, соответствующих современным экологическим нормам. Это возможно за счет внедрения малоотходных и безотходных технологий, работа которых основана на использовании всех типов сырья, образующихся и накапливающихся на предприятиях. Так же снизив объёмы органических отходов, газовых выбросов, потребления воды и сбрасывания сточных вод, мы сможем уменьшить процент негативного влияния на окружающую среду. В следующем пункте приведены требования, предъявляемые к животноводческим комплексам, к числу которых относится объект исследования.

1.4. Требования, предъявляемые к животноводческим хозяйствам

При строительстве АПК руководствуются гигиеническими, геологическими, противопожарными, экономическими и другими требованиями, прописанными в нормативных документах. Данные документы определяют наименьшую удаленность комплексов от населенных пунктов и дорог, расстояния между животноводческими, птицеводческими и звероводческими фермами разного назначения, регламентируется

расположение скотоводческих ферм по отношению к водоемам, подземным источникам водоснабжения, залежам полезным ископаемым и т. д. АПК следует располагать с подветренной стороны населенных пунктов. Зона застройки должна хорошо проветриваться. Ввиду этого нельзя проектировать комплексы в замкнутых котловинах, на участках в центре других застроек и т.п. Поверхностные стоки с территории предприятия, которые появляются при таянии снега, сильных дождях или в аварийных ситуациях, не должны стекать на территорию населенных пунктов и в водоемы. Чтобы этого не произошло, площадь под застройку используют на местности, которая имеет уклон от населенного пункта к комплексу. Так же можно использовать водосток, отделяющий АПК от населенного пункта. Расстояние от берега водоема до границы застройки предприятия не должно быть меньше 40 м. Если существует вероятность попадания стоков в водоем, то должны быть предусмотрены канавы для отвода стоков в специальные емкости. Следовательно, перед тем как выбрать территорию для застройки, надо определиться с местом, где будут храниться навоз и продукты его переработки, где и каким образом будут использоваться поверхностные стоки, например для орошения земель или под заправку, если они будут вывозиться в цистернах. Если же предполагается использовать стоки в системах орошения, то эти системы необходимо проектировать совместно с самим комплексом. Земля, выбранная для застройки АПК, не должна быть плодородной и пригодной для полеводства. Правильное использование отходов и поверхностных стоков АПК является основным условием при их строительстве. Навоз и навозные стоки не должны нести ущерб окружающей среде, а наоборот их необходимо использовать, чтобы увеличить плодородность полей, улучшить структуру почвы. [5]

Как показывает практика, за последние 20 лет при строительстве АПК данному вопросу не всегда уделяется должное внимание. Большинство предприятий бесцельно накапливают отходы или вносят навозные стоки в почву в количествах, при которых она лишается плодородия. Из предыдущего пункта известно, что Томский АПК имеет проблемы с хранением отходов

производства третьего класса опасности, что не соответствует требованиям, представленным выше. Поэтому строительство биогазовой станции должно быть интересно в первую очередь руководству компании. В следующем пункте приведены условия, опираясь на которые, можно будет определить, выгодно ли строить биогазовую станцию на территории комплекса «Сибирской Аграрной Группы».

1.5. Кому выгодно строительство биогазовой станции

Фермеры, которые собираются строить биогазовую станцию, в основном задаются следующей целью: производство электроэнергии. Помимо этого, выгоду от строительства БГУ можно получить благодаря производимым удобрениям, уменьшению интенсивности запахов, уменьшению загрязнения воздуха аммиаком и метаном, утилизации органических отходов. Так же есть возможность сэкономить на затратах, которые присутствуют при подключении к канализации.

Неприятный запах, появляющийся при разложении отходов, один из наиболее весомых аргументом для фермеров, чьи комплексы находятся в густозаселенных регионах. Нельзя не отметить, что строительство БГУ включает в себе создание новых рабочих мест.

Перед тем, как приступить к строительству станции, нужно принять во внимание следующие аспекты:

- Строительство БГУ не поможет вывести комплекс из кризиса, но способно поддерживать эффективные предприятия оставаться такими и далее;
- Затраты на станцию предполагают долгосрочные капиталовложения, следовательно проектирование БГУ должно быть хорошо рассчитано с учетом перспективы;

- В виду того, что количество БГУ постепенно растет, некоторым регионам не хватает посадочных площадей для выращивания субстрата. Из-за этого вырастает цена на аренду земли;
- Доходность станции, несмотря на выгоду за выработанную электроэнергию может упасть. Поэтому стоит разрабатывать систему с высокой эффективностью использования тепловой энергии;
- Стабильная работа БГУ требует наличие специализированного персонала. Следовательно, особое внимание необходимо уделять образованию и повышению квалификации работников;
- Нельзя эксплуатировать станцию без надзора и проведения профилактических работ; [10]

Учитывая предложенные обстоятельства можно выделить пункты, из которых станет понятно, окажется ли целесообразным строительство БГУ:

- поголовье АПК должно содержать не менее 100 голов крупного рогатого скота (далее КРС);
- Уменьшить потери и повысить доходность станции возможно, выполняя часть работ при строительстве самостоятельно;
- Станции, работа которых основана только на альтернативных источниках энергии, по возможности должны иметь большие собственные территории для выращивания энергетических растений, чтобы избежать рисков, связанных с ценой аренды земли;
- Возможность получения дешевых отходов производства в течение продолжительного времени повышает доходность станции, а так же позволяет экономить на приобретении удобрений;
- Строительство БГУ является целесообразным для АПК, испытывающих трудности с хранением органических отходов;
- Емкости, необходимые для хранения отходов предприятия, можно использовать с помощью биогазовых технологий для выработки биогаза;

- Биогазовая станция будет выгодной для комплексов, испытывающих трудности с загрязнением воздуха при хранении отходов производства или вывозе их на поля;

Помимо всего вышеперечисленного, животноводы получают еще и дополнительный, так называемый бонус: отпадает необходимость платить за утилизацию отходов III и IV классов опасности (эти экологические платежи регламентируются Постановлением Правительства РФ №344 от 12.07.2003) и значительно сокращается санитарно-защитная зона вокруг животноводческих комплексов. [2]

Приобретение биогазовой установки решает проблему экологической безопасности, но не накопления отходов животноводческих производств. Объем дегистата (продукта переработки навоза), прошедшего через биореактор, всего на 5% меньше исходного количества навоза. Если для роста выработки энергии добавить к навозу силосной массы, то дегистата будет на 30% больше навоза, т.е. объем отходов увеличится, т.е. дегистат не решает проблемы хранения отходов. Конечно, сроки хранения, по сравнению с навозом, уменьшаются, но все равно потребность в емкостях уменьшается, а не исчезает полностью. Окупить затраты на эту логистику можно, продавая дегистат другим сельхозпроизводителям. [8]

1.6. Заключение по разделу

В заключение данной главы можно сказать, что в современных условиях на территории России биогазовые технологии не пользуются большим спросом, т.к. электричество, полученное с помощью биогаза, дороже по сравнению с традиционными источниками энергии. Если же использовать эти технологии для собственных нужд, то они окажутся достаточно энергоэффективными, при этом решая вопрос с утилизацией отходов. Проанализировав основные условия для строительства биогазовой установки, можно с уверенностью сказать, что строительство биогазовой станции на территории объекта ЗАО "Сибирская

Аграрная Группа” будет выгодно, как минимум, по двум причинам. Как нам уже известно, предприятие испытывает трудности с производственными отходами, которые относятся к третьему классу опасности, что является грубым нарушением в области обращения с отходами. Благодаря биогазовой станции необходимость платить за утилизацию отходов III и IV классов опасности отпадает. В этом плане БГУ будет единственным выходом из сложившейся ситуации. Второй момент - это получение электроэнергии из имеющихся отходов для электроснабжения предприятия. Напомним, что поголовье комплекса составляет 166 тысяч единовременного содержания. Т.е. доступного сырья для производства биогаза более чем достаточно. Насколько этот вариант окажется энергоэффективным, будет известно из следующей главы.

2. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗОВОЙ СТАНЦИИ НА ОБЪЕКТЕ ЗАО “СИБИРСКАЯ АГРАРНАЯ ГРУППА”

На данном этапе работы необходимо определиться, что представляет из себя биогаз и биогазовая установка, произвести оценку потенциала выхода биогаза при имеющихся количествах топлива. На основании полученных данных можно выбрать необходимое оборудование для проектируемой биогазовой станции, но перед тем как произвести выбор, необходимо так же проработать следующие темы:

- Способ ферментации в зависимости от исходного топлива;
- Система удаления стоков на предприятии;
- Технические и стоимостные характеристики биогазовых установок;
- Использование когенерационных мини-ТЭЦ;

2.1. Понятие биогаза, биогазовой установки

Биогаз – газ, получаемый в результате микробного разложения биомассы. Он состоит в основном из метана (55-70%) и диоксида углерода (45-30%), но также содержит некоторые включения, которые удаляются в биогазовой станции. По своим свойствам биогаз наиболее близок к природному газу (80-98 % метан). Он не имеет цвета и запаха.

Биогаз может использоваться для сжигания в котлах и двигателях внутреннего сгорания без обогащения. Наиболее распространено использование биогаза для выработки электрической энергии. [11]

Основные характеристики биогаза представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1- Основные характеристики биогаза

Запас энергии в 1м ³ биогаза	6–6,5кВтч
Теплотворная способность	4500–6300ккал/м ³
Плотность биогаза	1,16–1,27 кг/м ³
Температура возгорания	650–750С
Давление биогаза в реакторе	0,05атм
Давление биогаза перед потребителем	Поднимается до требуемого

Биогазовые установки представляют собой строительные объекты, состоящие из герметичных реакторов, оснащенных комплексом систем подачи сырья, подогрева, перемешивания, канализации, воздушной газовой и электрической. Биогазовые установки производят биогаз путем контролируемого сбраживания биомассы в анаэробных условиях. Получение биогаза возможно в биогазовых установках самых разных масштабов. Это могут быть небольшие очистные и установки для обеспечения предприятия своей энергией и гигантские централизованные энергетические парки для подачи газа и электроэнергии в сеть. Для производства биогаза пригодно большинство отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства, а также специально выращенные энергетические растения. Биогазовые установки могут работать как на моно-сырье, так и на смеси. [11]

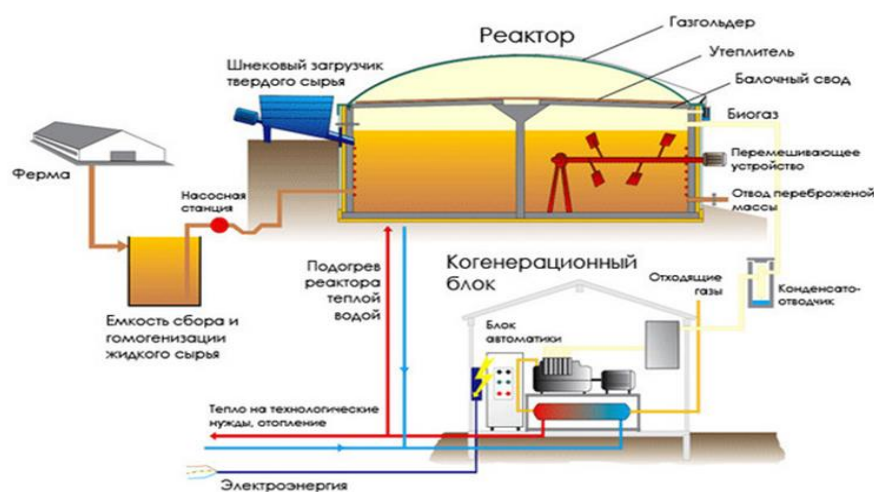


Рисунок 2.1 - Общий вид биогазовой установки

2.2. Потенциал выхода биогаза на предприятии при имеющемся количестве отходов

Одно животное КРС, массой 500-600 кг может дать за сутки столько навоза, сколько хватит на выработку полутора кубических метров биогаза. Свинья весом в 80-100 кг даст сырья около 4,5 кг или 40 литров. [22] поголовье животноводческого комплекса “Сибирской Аграрной Группы” составляет 166 тысяч голов одновременного содержания. Такое количество животных будут производить около 747 тонн сырья в сутки.

Выход биогаза зависит от большого количества местных факторов. Усредненные показатели выхода биогаза из различных видов сырья животного происхождения представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Удельные объемы выхода биогаза и основных видов сырья

Субстрат животного происхождения	Выход м ³ /т
Навоз КРС (природный 85-88% влажности)	54
Навоз КРС (самосплавный 95% влажности)	22
Навоз свиной (природный 85% влажности)	62
Навоз свиной (самосплавный 85% влажности)	25
Птичий помет клеточный (75% влажности)	103

Если проанализировать данные таблицы 2.2, сразу можно сказать, что биогаз возможно получить из разных типов отходов, в частности и тех, которые являются значительной проблемой в плане их переработки. Несомненно, к таким относятся отходы свиного комплекса и птицефабрик, биологические отходы мясоперерабатывающих производств и т.п. В основном биогаз используют при сжигании в электрогенерирующем либо теплофикационном оборудовании. Чтобы получить тепло, чаще всего используются водогрейные и

паровые котлы, предназначенные для работы на природном газе, без каких-либо дополнительных переделок. Производство электрической энергии происходит за счет использования газопоршневых и газотурбинных электростанций. [23]

Суточный выход биомассы для сбраживания определяется по формуле:

$$m_{\text{сут}} = \sum N_i \cdot m_i = 166000 \cdot 4,5 = 747 \text{ тонн} \quad (2.1.)$$

где N_i - кол-во голов на свинокомплексе; m_i - суточный выход навоза от одной свиньи.

Суточный выход навоза с учетом содержащегося прочих примесей (подстилка, остатки корма и пр.):

$$m_{\text{общ}}^{\text{сут}} = k_n \cdot m_{\text{сут}} = 1,3 \cdot 747 = 971 \text{ тонн} \quad (2.2.)$$

где k_n - поправочный коэффициент, учитывающий примеси (1,3-1,6)

Выход биомассы за год:

$$m_{\text{год}} = 971 \cdot 365 = 354415 \text{ тонн} \quad (2.3.)$$

Чтобы определить выход биогаза из свежего сырья, необходимо знать его влажность. Для этого можно высушить килограмм свежего навоза и взвесить сухой остаток. Влажность навоза в процентах можно подсчитать по формуле: $(1 - \text{вес высушенного навоза}) \cdot 100\%$. Влажность свиного навоза при клеточном содержании составляет 85 %, тогда 1 кг сухого вещества будет соответствовать 6,6 кг свежего навоза :

$$m_{1\text{кг.сух}} = \frac{100}{100-85} = 6,6 \text{ кг.} \quad (2.4.)$$

Тогда, масса сухого вещества:

$$m_{\text{сух}} = \frac{971}{6,6} = 147 \text{ тонн} \quad (2.5.)$$

Выход биогаза измеряется литрами либо кубометрами на килограмм сухого вещества, содержащегося в навозе. Из таблицы 2.1 видно, что для разных видов сырья значения выхода биогаза на килограмм сухого вещества будет различным. Для свиного навоза 85% влажности это значение составит в пределах $0,062 \text{ м}^3$. Это значит, что 1 кг сухого вещества (6,6 кг свежего навоза) выделяет $0,062 \text{ м}^3$ биогаза, тогда 971 тыс. кг. выделяет 60202 м^3 биогаза за сутки. Для того чтобы узнать сколько энергии выработается биогазом, нужно знать его теплотворную способность или теплоту сгорания. Теплота сгорания зависит от содержания в газе метана. Так при 50%- ном содержание получают 17,8 МДж энергии, при 60%-ном получают 21,36 МДж, а при 70% 25 МДж энергии. Произведем расчет для граничных показателей выработки биогаза за год, за сутки и за час. И посчитаем количество вырабатываемой электрической энергии.

Таблица 2.3 - Количество вырабатываемой электроэнергии от биогаза при различном содержании метана

	Выход биогаза	50% метана		60% метана		70% метана	
	Тыс. м^3	МДж	МВт	МДж	МВт	МДж	МВт
За год	21973,7	3911323 94	109000	4693588 73	130000	5493432 50	153000
За сутки	60,2	1071595	297,7	1285914, 72	357,2	1505050	418,1
За час	2,5	44649,81	12,4	53579,78	14,9	62710,4	17,4

По теплоте сгорания 1 м^3 биогаза эквивалентен $0,8 \text{ м}^3$ природного газа. При сгорании 1 м^3 природного газа вырабатывается 2,2кВтч электроэнергии. Т.е., для выработки 1 кВтч нам потребуется $0,56 \text{ м}^3$ биогаза.

Считаем количество вырабатываемой электроэнергии, которую сможем использовать:

$$\frac{2508,41 \text{ м}^3}{0,56} = 4479,3 \text{ кВтч} \quad (2.6.)$$

В результате нам известно, что исходного топлива в сутки составит 971 тонн (924,7 м³). Выход биогаза в сутки - 60202 м³. Количество вырабатываемой энергии, которую можно использовать для обеспечения электроснабжения хозяйства, равно 4479,3 кВтч. Хватит ли этого, чтобы обеспечить автономное электроснабжения предприятия, будет известно из расчета электрических нагрузок объекта исследования в следующей главе.

2.3. Способы переработки органических отходов на биогазовых станциях

Европейской фирмой Zorg Biogas предложены два способа переработки отходов. Данная компания успешно осуществляет комплекс работ по проектированию, строительству биогазовых станций, поставке биогазового оборудования и его наладке с 2007 г. В послужном списке Zorg Biogas более 65 биогазовых станций в 18 странах. Она использует самые передовые технологии производства биогаза: термофильные и мезофильные режимы, металлические и железобетонные реакторы, сухой и мокрый способ, ферменты и прочее. Zorg Biogas является правообладателем патентов на устройство и способ производства биогаза. [11]

Первый, так называемый «мокрый» способ переработки органических отходов и возобновляемого сырья в биогаз получил самое широкое распространение. Он отлично подходит для сырья с высоким содержанием влаги. При «мокром» способе сырье разбавляется до влажности 90% и перекачивается в реакторы насосами. Реакторы герметично закрыты и работают без доступа кислорода. В процессе непрерывной работы свежее сырье подается

порциями из предварительного резервуара в нижнюю часть реактора. Порциями же отводится перебродившая масса. В утепленном предварительном резервуаре и реакторе происходит подогрев биомассы и перемешивание. Материал всех емкостей и реакторов - сталь с покрытием или железобетон. В реакторе поддерживается наиболее благоприятная мезофильная температура для бактерий 37-40 С. Перемешивание происходит периодически. Периодические остановки необходимы для того чтобы масса успела расслоиться и с перебродившей массой не происходил слив свежего сырья. В реакторе работают несколько видов бактерий (гидролиз, кислотообразование, метанообразование). Микроорганизмы, проделывающие работу по сбраживанию отходов, вводятся в реактор один раз при первом запуске. На выходе получают два продукта: биогаз и биоудобрения. Образующий в процессе брожения биогаз для удаления серы проходит через биофильтр и поступает в газгольдер низкого давления, который одновременно является куполом реактора. Из газгольдера биогаз поступает на осушку и компремирование. Биогаз почти полный аналог природного газа далее поступает к потребителям – котел или теплоэлектростанцию. Переброженная масса представляет собой биоудобрения. Отработанная масса (биоудобрение) удаляется через верхнюю часть реактора через сифон. Отработанная масса разделяется на жидкую и твердую фракцию. Жидкие скапливаются в емкости-хранилище. Твердые удобрения накапливаются на площадке под навесом. Всеми процессами управляет автоматика при минимальном контроле оператором. Подогрев биогазового реактора ведется за счет охлаждения теплоэлектростанции либо, если ее нет в комплекте, за счет сжигания части биогаза. При этом на свои нужды расходуется менее 10% производимой энергии. [11]

Не так давно биогазовые технологии отдавали предпочтение «мокрой ферментации». Но прогресс не заставил себя ждать, и все той же компанией Zorg Biogas была разработана новая система ферментации, которая позволяет производить биогаз из твердых отходов загрязненных неорганическими

включениями. Такой способ ферментации был назван сухим. Сухой способ ферментации позволяет сбраживать субстраты с 50% влажностью. Отходы загружаются в ферментатор и сбраживаются без доступа кислорода. Постоянная подача бактериального сырья происходит при помощи рециркуляции перебродившего жидкого фильтрата, который распыляется над органическими отходами в реакторе. В процессе не происходит перемешивания, перекачки либо переворачивания субстрата, также свежее сырье не подается. Излишки фильтрата собираются через дренажную систему в емкость, а затем распыляются над биомассой в реакторе. Сбраживание происходит в благоприятном мезофильном режиме в диапазоне 34-37°C. Стен и пол реактора имеют подогрев.

Сухая ферментация – это одностадийный циклический метод сбраживания. Этапы разложения (гидролиз, кислотообразование, метанообразование) происходят в одном и том же боксе. Цикличность процесса подразумевает, что во время ферментации свежее сырье не добавляется и не удаляется перебродившая биомасса, а субстрат бродит до конца цикла сбраживания. Реакторы представляют собой газонепроницаемые бетонные камеры типа "гараж", в которые при помощи фронтального загрузчика загружается сырьё. Несколько реакторов строятся рядом и работают одновременно в синхронизированном режиме для обеспечения бесперебойного производства биогаза. Температура в изолированном ферментаторе регулируется подогреваемыми полом и стенами. Отопительные трубы монтируются в стены и пол ферментатора вовремя строительства, поэтому в ферментаторе нет никаких выступающих элементов. Ферментаторы укомплектованы газонепроницаемыми стальными дверями шлюзового типа, которые управляются гидравликой. Система герметизации дверей наполняется воздухом, как только двери закрываются, таким образом, закрывая все возможные отверстия. Перед открытием дверей воздух из системы герметизации выпускается. Затем двери открываются с низу вверх, что позволяет избежать каких-либо столкновений с загрузчиком сырья и повредить

их. Надувная система герметизации встроена в края двери, что также делает невозможным ее повреждение. Система герметизации работает при небольшом избыточном давлении 20 кПа, что абсолютно предотвращает возможность взрыва газовой смеси даже в случае утечки. Преимуществом сухого метода ферментации является отсутствие перемешивающих механизмов. Нет необходимости в насосном и перемешивающем оборудовании. Используемый субстрат не нуждается, в какой либо подготовке. Собственное потребление энергии минимальное. [11]

Основными отходами агропромышленного комплекса ЗАО "Сибирская Аграрная Группа" является свиной навоз. Влажность данного сырья составляет порядка 80-85%, то есть данный тип отходов относится к сырью с высоким содержанием влаги. Поэтому из представленных выше технологий переработки отходов в нашем случае больше подойдет «мокрый» способ.

2.3. Обзор систем по удалению навоза и прочих отходов

Одним из важнейших условий содержания животных является микроклимат. Навозоудаление имеет значительное влияние на этот фактор. Организация оптимальной системы навозоудаления помогает снизить уровень заболеваемости животных, сократить трудовые и энергетические затраты на обслуживание свиного комплекса, поддерживать на предприятии санитарно-гигиенические нормы. В результате чего достигается высокая эффективность производства.

Системы сбора и удаления навозных стоков, разделяющихся по принципу их действия и конструкции, подбираются в зависимости; от количества обслуживаемых животных, способов их откорма и содержания. Они подразделяются на: механические, самотечные, самосплавные и гидросмывные. При этом механические способы удаления и транспортировки навозных масс применяются на предприятиях, содержащих до двадцати четырех тысяч голов

свиней в год, для откорма которых используются корма собственного изготовления, а так же пищевые отходы.[12]

Наиболее распространенными являются гидросмыв и самосплавная система навозоудаления.

Гидросмывная система удаления навоза заключается в применении установок для смыва навоза под напором воды по наклонным каналам и поверхностного смыва с площадок содержания животных. При такой системе удаления навоза требуется гораздо большее количества воды, чем при самосплавном способе и может достигать до двадцати литров на одну голову скота. Преимуществом данной системы навозоудаления является практически полное удаление скопившегося навоза. Кроме того, установка системы гидросмыва осуществляется очень просто и в короткие сроки. Данная система навозоудаления является самой дешевой и окупается за достаточно быстрый промежуток времени. Но, стоит отметить, что гидросмыв является самой энергоемкой системой, поэтому рекомендуется устанавливать ее на небольших фермах и при расширении свиноводческих ферм. [12]

Далее навозные стоки собираются в навозосборнике, чаще всего в этих целях используется самосплавная система канализации, при этом стоки могут подаваться как выше, так и ниже уровня навоза. В последнем случае в системе присутствует гидрозатвор, препятствующий выделению газов в производственные помещения. Навозные стоки в общей сборной накопительной емкости подвергаются усреднению с помощью механических пропеллерных мешалок, устанавливаемых с помощью специальных кронштейнов, регулируемых по высоте. В том случае, если накопительный резервуар для навозных стоков имеет небольшие размеры, то для перемешивания используются циркуляционные насосы. После усреднения навозные стоки перекачиваются для последующей их обработки с помощью насосов погружного типа, подбираемых в зависимости от напора и производительности. [13]

Навозоудаление при помощи системы самосплава осуществляется по мере наполнения навозных ванн путем транспортировки навоза по наклонным трубам в предлагауну. После чего навоз отправляют на хранение в специальный резервуар или лагуну. Преимуществом данной системы навозоудаления является небольшая энергоемкость, требует небольшого количества воды, очистку от продуктов жизнедеятельности свиней возможно проводить раз в две недели, минимальное количество задействованного обслуживающего персонала, снижение затрат на техническое обслуживание системы навозоудаления, герметичность системы, благодаря чему исключается опасность попадания вредных веществ в грунтовые воды. Применять самосплавную систему навозоудаления можно на свинокомплексах любого размера. После удаления навоза из помещения свинарника его можно подвергнуть утилизации. Для этого любую систему навозоудаления снабжают сепаратором, при помощи которого навоз разделяют на жидкую и твердую фракции. Жидкую фракцию используют для полива, а твердую - в качестве удобрения.[12]

Что касается объекта исследования, то здесь используется гидросмывная система. Исходя из выше сказанного, можно выделить преимущества и недостатки данной системы. К преимуществам следует отнести полное удаление навоза, простоту установки и дешевизну. Недостатком является большой расход воды для удаления навоза, энергоемкость, большая стоимость очистных сооружений. Поэтому гидросмывную систему рекомендуется устанавливать на небольших фермах. Объект исследования в нашей работе с поголовьем в 166 тысяч нельзя отнести к числу малых комплексов. Следовательно, проектирование биогазовой установки с данной системой удаления навоза окажется экономически неоправданным. Возникнет необходимость в завышении объема реакторов для разжиженного навоза. Этого можно избежать, если использовать самосплавную систему, которая менее энергоемкая, требует меньшего расхода воды, затрат на обслуживание.

Поэтому в рамках магистерской работы будем рассматривать самосплавную систему удаления навоза.

2.5. Технические и стоимостные характеристики биогазовых станций

БГУ представляет объект с оборудованием и с живыми микроорганизмами внутри. Чтобы построить станцию, сперва нужно произвести земляные работы, гидроизоляцию, отлить монолитные реакторы. В первую очередь необходимо уделить внимание качеству изготовления реакторов, т.к. среда внутри данного оборудования достаточно агрессивная. Эксплуатационные расходы на БГУ довольно низкие, если сравнить их с годовой стоимостью станции (1,5-2%). Данные затраты состоят из заработной платы персонала, затрат на электроэнергию, эксплуатационных затрат. [16]

Не секрет, что зарубежные бренды являются наиболее распространенными в мире. К их числу можно отнести немецкие Schmack, EnviTec Biogas, Biogas Nord, Lipp. Самая высокая стоимость оборудования производства Schmack (4 миллиона евро за проект под ключ). Более низкие цены у Biogas Nord, EnviTec Bio-gas, Lipp (3–3,5 миллиона евро за проект под ключ). Украинско-швейцарская компания Zorg предоставляет БГУ стоимостью 2,5–2,7 миллиона евро. [39] Какой бы не был производитель, комплект оборудования для станций обычно мало отличается. Чего нельзя сказать о цене, она зависит от престижности бренда. БГУ состоит из модулей, поэтому ее мощность при необходимости можно увеличивать, добавляя дополнительный реактор. Чтобы помимо биогаза была возможность получать электричество и тепло, в составе БГУ предусматривают когенерационную станцию. Стоимость данного оборудования составляет порядка 30% от всей стоимости биогазовой станции. Мощность биогазовой станции зависит от количества производимого предприятием сырья, выработанного биогаза, количества электроэнергии, необходимого для работоспособности

предприятия, а так же суммы капиталовложений. Она может быть как на уровне бытовых установок (1 кВт), так и достигать нескольких десятков МВт. Наиболее окупаемыми являются станции мощностью 500 кВт и более.

В данном пункте предложены стоимостные и технические характеристики биогазовых станций Zorg Biogas, Ecoentec GmbH, ООО “Агроббиогаз” работающих на свином навозе с 85% влажностью. [11,14,15,17]

Таблица 2.4 - Технические характеристики БГУ Zorg Biozas

	Производительность по сырью, т/сутки			
	60	120	180	240
Выход биогаза, м3/сутки	3600	7200	10800	14400
Потребляемая эл. мощность, кВт	20	40	60	80
Потребляемая тепл. мощность (при -15С), кВт	200	400	600	800
Количество основных реакторов, шт.	1	2	3	4
Обслуживающий персонал, чел.	1	1	1	1
Занимаемая площадь, га.	0,4	0,8	1,2	1,6
Выход жидких биоудобрений, т/сутки	40	80	120	160
Выход твердых биоудобрений, т/сутки	16	32	48	64

В таблице 2.5. представлены входные и выходные параметры установок Ecoentec GmbH.

Таблица 2.5 - Входные и выходные параметры БГУ Esoentec GmbH

Комбинированная БГУ для производства тепл. и эл. энергии					
Установленная мощность, кВт	эл.	500	1000	2000	5000
Установленная мощность, кВт	тепл.	450	900	1800	4500
Производство энергии, МВтч/год	эл.	3700	7400	14000	35200
Производство энергии, МВтч/год	тепл.	2000	4000	10800	25000
Тепловая БГУ для производства тепловой энергии					
Установленная мощность, кВт	тепл.	1200	2400	4800	12000
Производство энергии, МВтч/год	тепл.	8000	15900	31500	76200
Газовая БГУ для производства биогаза					
Тепловая способность биогаза, МВтч/год	способность	8900	17700	35000	85000
Требуемые субстратов, т/год	объемы				
Свиной навоз		23000	46000	90000	217000

В таблице 2.6. представлены технические и стоимостные характеристики БГУ производства «Агробιοгаз».

Таблица 2.6 - Технические и стоимостные характеристики БГУ «Агробιοгаз»

Производительность установки по объему переработки сырья, т/сутки	Объем биогаза, м ³ / сутки	Количество вырабатываемой эл.энергии, кВтч/сутки	Стоимость БГУ без когенератора, тыс.руб	Стоимость БГУ с когенераторной станцией, тыс.руб
10	900	2600	11222	16082
50	4500	13000	25442	44882
100	9000	26000	41005	77725
200	18000	52000	70450	139570
350	31500	90000	113108	207608

Из приведенных таблиц видно, что существует множество вариантов БГУ в зависимости от установленной мощности, производительности по сырью и других параметров. По причине большого разнообразия применяемого сырья, производимых компонентов, технологических вариантов, расчетных мощностей, местных условий и т. д. возникает необходимость, практически каждую биогазовую установку, проектировать индивидуально. Для большинства агропромышленных комплексов возникает необходимость тянуть газопровод, линию электропередачи, устанавливать резервные дизельные генераторы и строить лагуны. Частично избежать этого возможно путем внедрения биогазовых технологий, сэкономив на капитальных затратах (30-40% от стоимости станции). Как уже говорилось в предыдущих пунктах, при строительстве БГУ отпадает необходимость оплаты штрафов за неправильное хранение отходов. Используя опыт отечественных проектов биогазовых установок, возможно снизить объем капитальных затрат при строительстве почти в два раза по сравнению со стоимостью импортных установок.

2.6. Использование когенерационных станций в составе БГУ

Термин «когенерация» обозначает комбинированную генерацию различных видов энергии. В техническом отношении, когенерация представляет собой процесс, при котором тепло и электричество вырабатываются одновременно в особом устройстве. Такое устройство называется «когенератор» и типичным его примером прикладного применения когенерации является газовая электростанция. Когенератор включает в себя генератор, газовый двигатель, систему отбора тепла и систему управления. Принцип когенерации лежит в основе различных современных технических решений. [18]

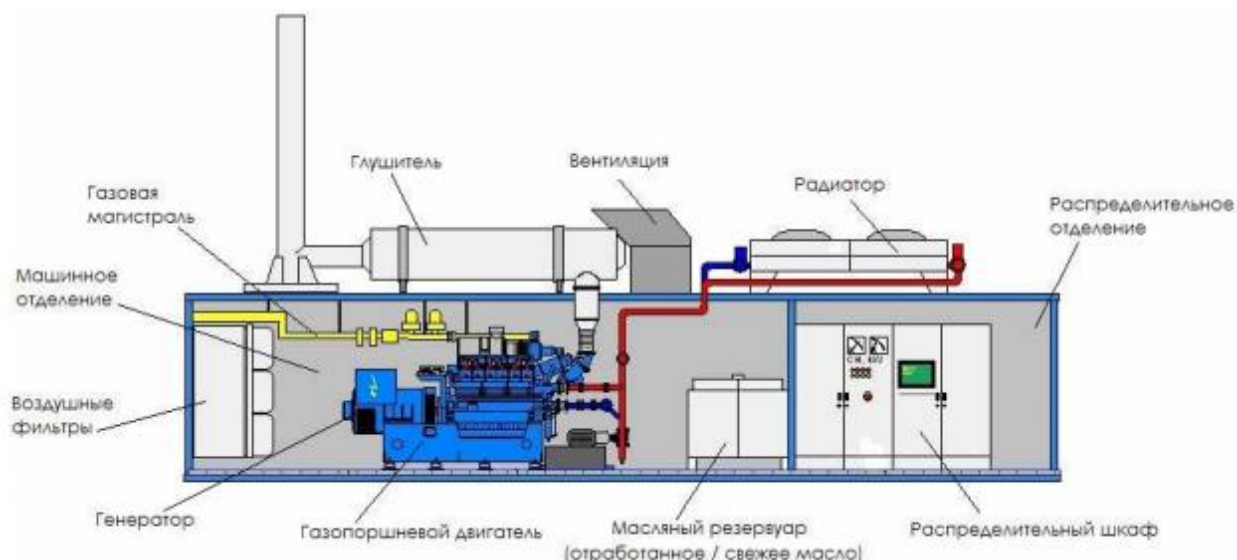


Рисунок 2.2 - Основные компоненты когенерационной станции

Газогенераторная электростанция представляет собой систему производства электрической энергии из внутренней энергии топлива. Работают они на сжиженном или магистральном природном газе, биогазе, попутном газе.

Принцип действия газогенераторной установки достаточно прост. Основной конструкции является газопоршневой двигатель - это двигатель внутреннего сгорания. При сгорании топлива выделившаяся энергия используется генератором электрического тока. Двигатели могут применяться в установках, предназначенных как для постоянной, так и для переменной работы, а также для одновременного производства электрической и тепловой энергии.

Сама конструкция двигателя внутреннего сгорания, работающего на газовом топливе, менее подвержена повреждениям и износу за счет отсутствия в газе частиц, способных повредить механизм. Особенно это проявляется на низких нагрузках (ниже 20%). Кроме того, когенерационные установки работают и на биогазе с малодымным выхлопом (Евро4), в котором концентрируется минимальное количество вредных веществ.

Газопоршневая станция способна обеспечить производство тепла и электроэнергии для жилого дома или промышленного предприятия в зависимости от ее технических характеристик. При наличии магистрали

когенератор вполне может осуществлять бесперебойную подачу электроэнергии. Расход топлива при этом наблюдается значительно более экономичный, чем в случае с бензиновыми или дизельными станциями.

Преимуществами газопоршневых электростанций являются простота в использовании и невысокая стоимость топлива. В районах с магистральным газопроводом газопоршневая электростанция выступает в качестве самого экономичного постоянного или резервного источника энергии. Газогенераторная станция является выгодным вариантом для замены тепловым сетям, благодаря гибкому изменению параметров теплоносителя в зависимости от требований потребителя в любое время года. Предприятие, имеющее в своем составе газопоршневую установку, в меньшей степени зависит от экономического состояния дел крупных теплоэнергетических компаниях. Экономия средств за счет производства электрической и тепловой энергии, в небольшие сроки покрывает расходы на газогенераторную станцию. Разница между капитальными затратами на электроснабжение от внешней сети и от автономного источника энергии состоит в том, что вложения в газогенераторную станцию возмещаются, а затраты на подключение к сетям безвозвратно уходят при передаче новых построенных подстанций на баланс энергетических компаний. В большинстве случаев, полный возврат средств за оборудование происходит после трех-четырех лет работы газогенераторной станции. [19]

Из всего вышеперечисленного можно с уверенностью сказать, что преимуществ у когенерационной установки более чем достаточно. К тому же она довольно быстро окупается после введения в эксплуатацию. Поэтому принято решение использовать данное оборудование в составе БГУ.

Проанализировав пункты 2.3 - 2.6. можно определиться с технологией утилизацией отходов БГУ, системой удаления навоза на предприятии. Так как отходы на предприятии имеют высокое содержание влаги, то при работе БГУ будем использовать «мокрую» технологию утилизации отходов. Так же в рамках нашей работы придется изменить систему удаления навоза с

гидросмывной на самосплавную чтобы проект БГУ не оказался убыточным. Исследуя потенциал выхода биогаза, учитывая теплотворную способность газа, на данном предприятии нам известно, что количество доступного сырья в сутки составляет 971 тонна, выход биогаза в сутки – 60202 м³. Ко всему этому принято решение использовать когенерационную станцию в составе БГУ, т.к. она довольно быстро окупается после введения в эксплуатацию. Количество вырабатываемой электроэнергии, которую сможем использовать в данном случае равно 4479,3 кВтч. На основании этих данных произведем выбор конкретного типа биогазовой установки по производительности, оборудования для мини-ТЭЦ.

2.7. Выбор типа биогазовой установки

Как уже оговаривалось ранее, из-за большого разнообразия применяемого сырья, технологических вариантов, расчетных мощностей, возникает необходимость проектировать БГУ индивидуально. В предыдущих пунктах мы уже определились с технологией переработки органических отходов и системой удаления навозов с предприятия. Далее необходимо подобрать БГУ по имеющейся производительности отходов, которая составляет 971 тонну. Проанализировав пункт 2.5 можно сделать вывод о том, что снизить объем капитальных затрат при строительстве возможно используя отечественные проекты биогазовых установок в место импортных. Поэтому в рамках работы будем использовать биогазовую электростанцию производства “Росбиогаз”. В таблице 2.7 приведены параметры данной БГУ.

Таблица 2.7 - Технические характеристики БГУ “Росбиогаз”

Длина модуля конструкции, м	12
Количество модулей, шт.	86
Полезный объем биореактора, м ³	16313
Диаметр модуля биореактора, м	4,5
Длина конструкции биореактора, м	1026
Технологический процесс брожения	Непрерывный

Производительность биореактора, тонн/сутки	971
Время брожения, суток	5-18
Производительность по биогазу до, м ³ /сутки	60202
Эквивалент по возможной вырабатываемой эл. энергии до, кВт/час	6020
Количество дополнительно вырабатываемой тепловой энергии до, кВт/час	7024
Количество вырабатываемой только тепловой энергией до, кВт/час	15552
Потребляемая энергия для начального нагрева, кВт/час	13594,17
Способ нагрева	Трубчатые теплообменники
Режим брожения	Мезофильно-термофильный
Мешалка миксер, шт.	1
Насос измельчитель 1шт., мощность, кВт	317,2
Избыточное давление биогаза, кПа	2
Температура брожения в мезофильной секции, С ⁰	30–40
Температура брожения в термофильной секции, С ⁰	45–57
Газгольдер объем, м ³	25084,17
Количество жидких удобрений на выходе, т/сутки	1262
Период перемешивания	4 раза в сутки по 10 минут

Устройство установки для получения биогаза приведено на рисунке 2.3. Такая установка состоит из приемной емкости (Поз.1), биореактора, емкости накопителя жидких удобрений (Поз.2) и аккумулятора биогаза, газгольдера. В приемную емкость (Поз.1) производится загрузка сырья, все делается в соответствии с датчиком уровня. Далее загруженное сырье подвергается тщательному перемешиванию и смешиванию с порциями воды для достижения необходимой консистенции. Как правило, вода добавляется из расчета 1/3, после чего открывается вентиль в следующий отсек и включается перемешивающий насос измельчитель, который позволяет добиться необходимой степени измельченности сырья. Далее, при достижении нужного состояния, в противоположном конце открывается выгрузочный люк и происходит постепенная перегрузка сырья в биореактор, при этом насос не

останавливается. После полного опорожнения приемной емкости насос выключается автоматически. Биореактор представляет собой трубчатую пластиковую или стальную емкость, расположенную горизонтально. Разделение на три части биореактора позволяет выделить перевалочные и рабочие зоны: загрузочную, собственно рабочую и выгрузочную. Рабочая секция состоит из N модулей (N – количество модулей). Количество модулей может наращиваться в любое время при расширении производства. В верхней части рабочей секции расположен герметично закрывающийся люк, а также два штуцера: для отбора газа и для подключения тягонапоромера с релейным выходом. Тягонапоромер позволяет следить за уровнем давления газа в биореакторе и при достижении определенных величин автоматически включает и выключает компрессор, который откачивает выделившийся газ в газгольдер. В каждом модуле есть трубчатый теплообменник, он позволяет контролировать температуру биомассы и поддерживать ее на необходимом уровне. Также внутри смонтированы особые перемешивающие устройства, что позволяет биомассе быть в движении и предотвращает образование плавающей корки. После того, как масса достаточно перебродит, приходит очередь выгружать ее через выгрузочный сектор в емкость-накопитель жидких удобрений (Поз.2), в нижней части которой находится насос, используемый как для перемешивания биомассы, так и для ее откачки. Биогаз же из газгольдера по редуцирующим клапанам поступает к потребителю. Весь технологический процесс автоматизирован и контролируется диспетчером с персонального компьютера АРМ. Для комбинированного производства электроэнергии и тепла необходима когенерационная установка, проектирование которой так же предусмотрено при строительстве БГУ. Поэтому в следующем пункте осуществим выбор оборудования для когенерационной станции.

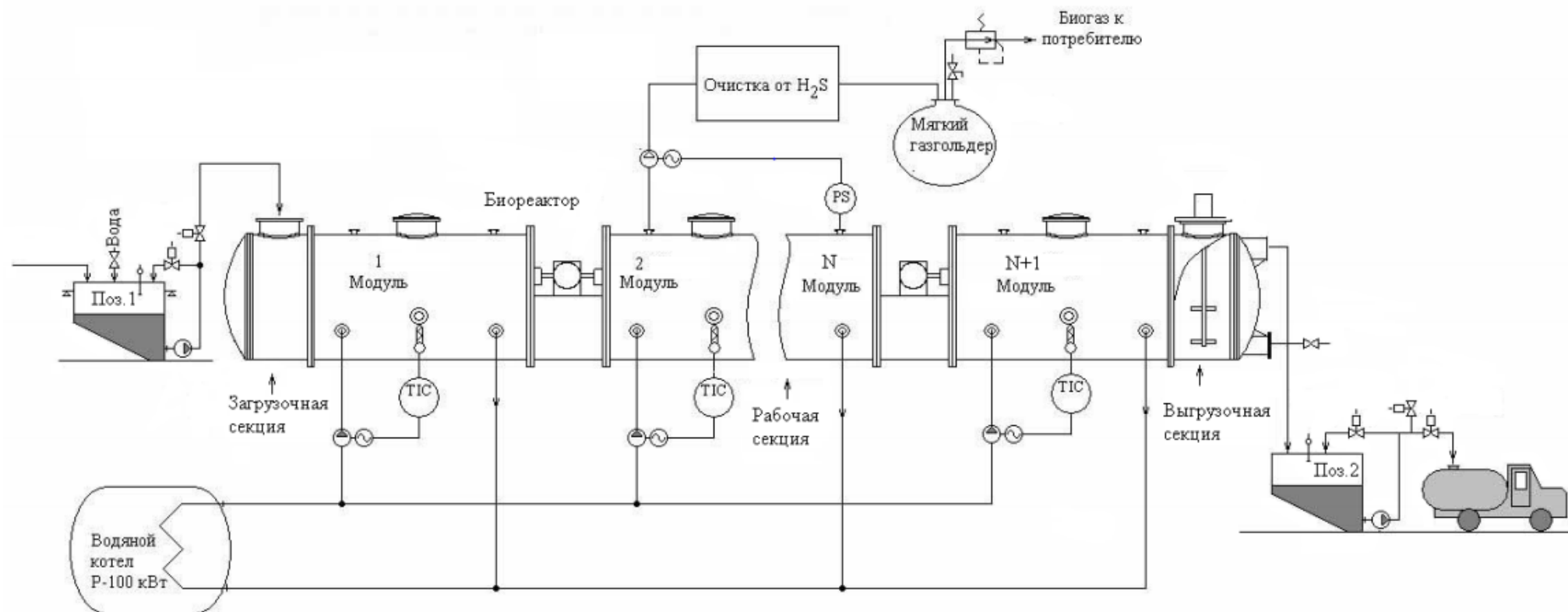


Рисунок 2.3 - Схема работы биогазовой установки со всем необходимым оборудованием

2.8. Выбор оборудования для когенерационной станции

Терпеть убытки из-за перебоев электроэнергии неприятно, особенно если знать ценность этого фактора. Установка газопоршневой мини ТЭС обеспечит бесперебойную работу предприятия. Грамотный выбор электростанции на газу позволит сэкономить на подключении к сетям и надежно защитит от непредвиденных обстоятельств. При выборе оборудования необходимо определиться со следующим:

– Тип электростанции

1. Когенератор (газопоршневая электростанция) с системой утилизации тепла. Происходит выработка двух видов энергии: электрической (переменный 3-хфазный ток с частотой 50 Гц, тепловой (горячая вода или пар). Общий КПД электростанции достигает 90%. В итоге вы получаете дополнительную энергию - гигакалории и киловатты;
2. Газопоршневая электростанция без системы утилизации тепла. Размещается на объектах, где необходима только электроэнергия, например, использующих в качестве топлива попутный газ нефтяных месторождений.

– Характер нагрузки:

1. Постоянное обеспечение электрической и тепловой энергией;
2. Работа в резервном режиме (страховка от внезапных скачков электроэнергии и отключений от общей энергосети);
3. Параллельная работа с внешней сетью в случае нехватки мощности внешней сети

– Комплектность

Комплектность электростанции на газу определяется не только желанием заказчика, но и указаниями Ростехнадзора, а именно отдела контроля за энергоэффективностью использования природного топлива. В обязательном порядке в стандартный комплект оборудования электростанции ТЭС должны

входить теплообменники, позволяющие использовать тепло рубашки охлаждения двигателя и вырабатываемых выхлопных газов для отопления или горячего водоснабжения. При использовании нескольких газопоршневых теплоэлектростанций необходимо ведение учета топлива на каждую электростанцию ТЭС. Параллельная работа с сетью, а также использование сразу нескольких станций автономно предусматривает наличие шкафа защитного отключения и управления блоком станций. Электростанция на газу не заменяет котельную, а снижает ее тепловую нагрузку, экономя природный газ на отопительные нужды. Газовая теплоэлектростанция нужна в период пиковых тепловых нагрузок в отопительный сезон, на проведение регламентных работ, в момент низкой загрузки ТЭС (выходные дни, праздники).

– Безопасность

При выборе электроснабжения на базе газовых электростанций важно продумать схему электропитания. В период регламентного обслуживания при отказе оборудования объект должен иметь возможность запитки от сети либо от резервного источника. [40]

В нашей работе будем использовать ГПУ производства ЗАО "Трансмашхолдинг". В комплект поставляемого оборудования станции может быть включено:

1. Двигатель-генератор соответствующего типа и исполнения в комплектации по техническим условиям ЗАО "Трансмашхолдинг" (ТУ 24.06.12.033-98) и техническим условиям ООО "Ротваник СНГ"(GazEcos) (ТУ 3120 – 001-53743586 – 2009);
2. Амортизаторы;
3. Рама для установки двигатель-генератора (при необходимости);
4. Воздухоочиститель для двигателя;
5. Блоки охлаждения двигателя с электроприводом;
6. Воздухоочиститель генератора;
7. Глушитель шума с креплением;

8. Шкаф местного управления двигатель-генератором;
9. Пульт центрального управления электростанцией;
10. Комплект оборудования утилизации технологического тепла, включающий котел-утилизатор, блок утилизации и шкаф управления утилизацией;

В качестве основы для производства газопоршневых двигатель-генераторов (ГДГ) единичной мощности 1000/1500/2250кВт GazEcos использует двигатель-генераторы ЗАО "Трансмашхолдинг" по ТУ 24.06.12.033-98. Из пункта 2.2. известно, что выработанная энергия, которую мы сможем использовать, равна 4479,2 кВт. Следовательно, устанавливаем ГПУ с двумя двигателями марки ГДГ49 мощностью 2250 кВт, работающих параллельно. Основные параметры GazEcos ГДГ49 приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 - Основные параметры GazEcos 16ГДГ49

Номинальная мощность	кВт	2250
Тип двигателя	4-х тактный, газопоршневой, V-образный с газотурбинным наддувом, охлаждением наддувочного воздуха, искровым зажиганием	
Число и расположение цилиндров		V, 16 цилиндров
Ход поршня/диаметр поршня	мм	260/260
Объем двигателя	л	220,9
Номинальная частота вращения	об/мин	1000
Назначенный ресурс до капитального ремонта	ч	90 000
Марка синхронного электрогенератора		ГСД-2200-1000
Номинальное напряжение	кВ	6,3 или 10,5
Номинальная частота тока	Гц	50
Номинальный коэффициент мощности (cos φ)		0.8
Максимальная мощность в течение 1ч	кВт	2300
Минимальная мощность без	%	10% номинальной

ограничения по времени		
Максимальный наброс нагрузки со стабилизацией за 2с, (не менее)	%	60% номинальной
Давление газа на входе	мбар	600
Удельный расход топлива в номинальном режиме	нм3/кВтЧ	0.22
Расход газа на режиме номинальной мощности	нм3/ч	495
Расход масла на угар	г/кВтч	0,3-0,6
Масса (сухая)	кг	39000
Габаритные размеры	мм(ДхШхВ)	8952х 2430х 3492
Объём системы смазки	л	1600
Условия эксплуатации		
-температура наружного воздуха	°С	от - 50 до + 50
- высоте над уровнем моря(не более)	м	2200
- относительная влажность воздуха при 25°С	%	98
- атмосферное давление	кПа	79,5
- температура помещения установки агрегата(не более)	°С	60
Стоимость	тыс.руб	103200

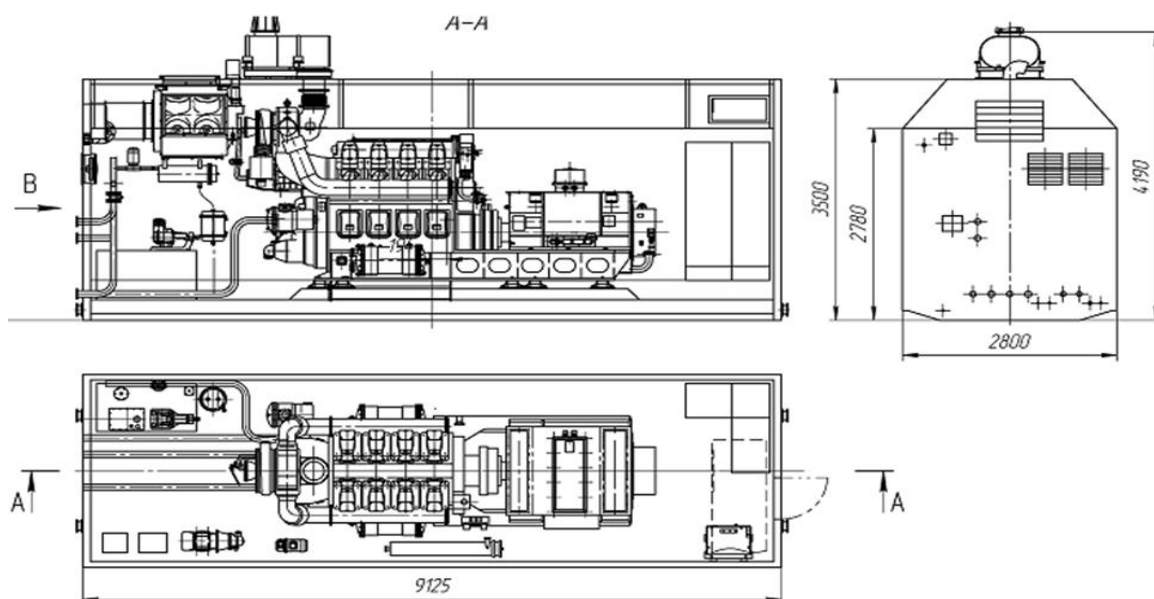


Рисунок 2.4 - Общий вид силовой открытой установки GazEcos 2250 16ГДГ49

Основные преимущества GazEcos ГДГ49:

1. Большой ресурс >90 тысяч часов до капитального ремонта;
2. Низкие расходы на обслуживание и ремонты;
3. Доступность запчастей;
4. Свыше 98% использования отечественных комплектующих;
5. Высокая экономичность (расход газа не более 0,22 нм³ на 1кВтЧ);
6. Высокая эластичность двигателя (наброс >60%, низкие нагрузки <10%);
7. Работа на низком давлении газа (50мбар, 0,06 атм).

Двигатель-генератор может устойчиво работать:

1. В автономном режиме;
2. Параллельно с сетью неограниченной мощности;
3. Параллельно с другими двигатель-генераторами соизмеримой мощности (от 1:3 до 3:1), двигатель-генераторы которых оборудованы системами САР частоты вращения и напряжения генератора, имеющими аналогичные характеристики.

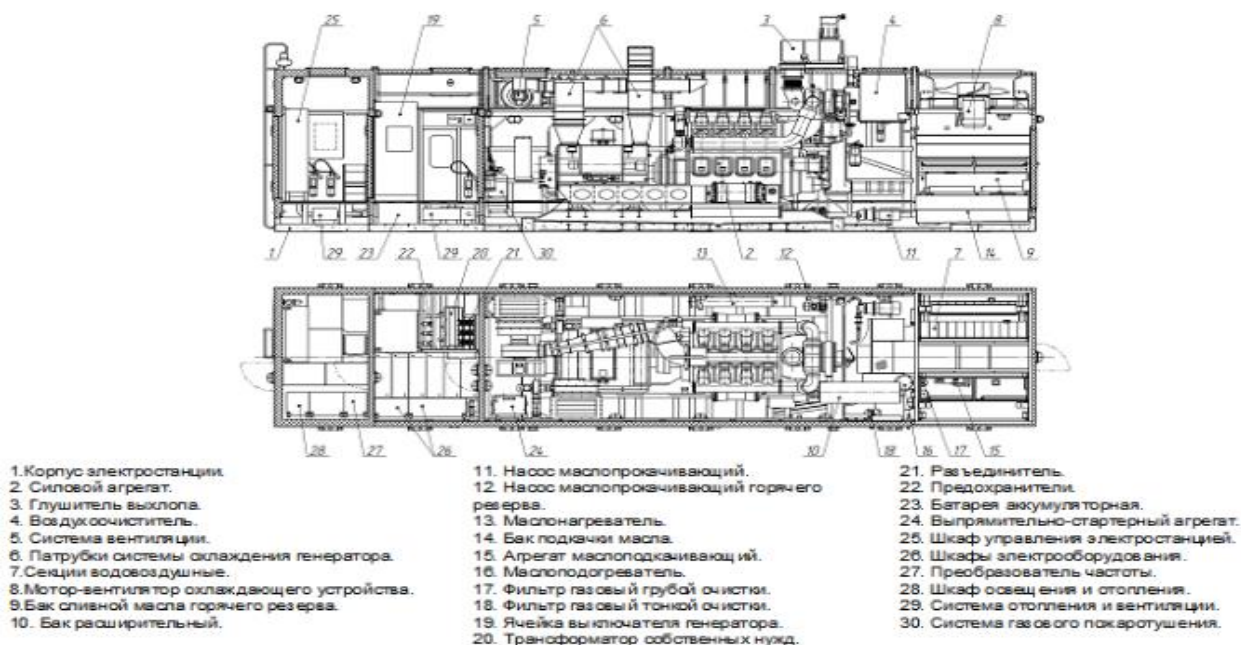


Рисунок 2.5 - Вариант размещения электростанции в контейнере

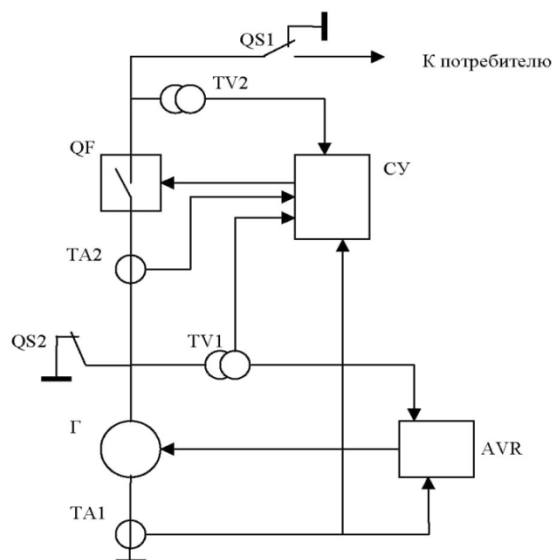


Рисунок 2.6 - Принципиальная однолинейная схема силовой части электростанции. Г – генератор; AVR – микропроцессорный регулятор напряжения; QF – выключатель генератора; QS1 – линейный разъединитель; QS2 – разъединитель-заземлитель; TA1, TA2 – трансформаторы тока; TV1, TV2 – трансформаторы напряжения; СУ– система управления.

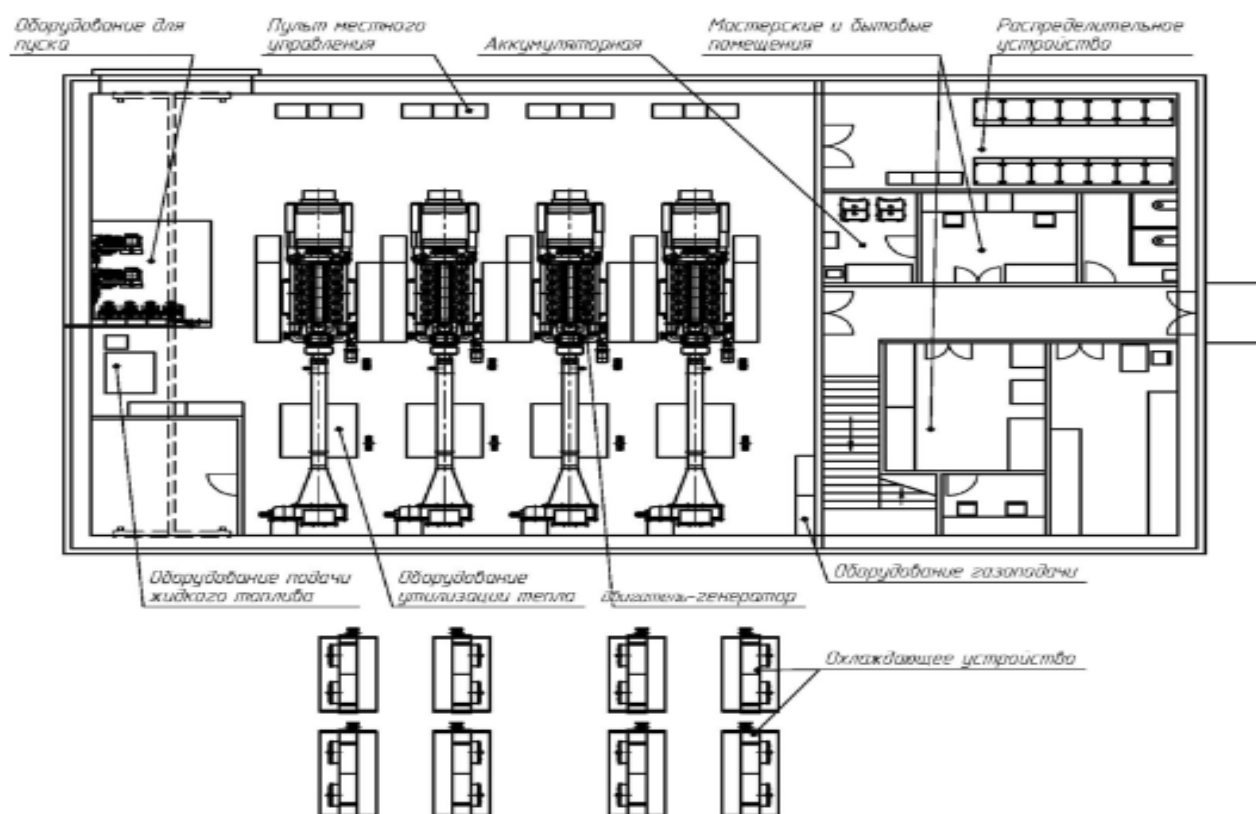


Рисунок 2.7 - Вариант размещения энергогенерирующего оборудования в стационарном здании

2.9. Выбор контроллера для работы генераторов на ГПУ

Из предыдущего пункта мы знаем, что в составе ГПУ два двигатель-генератора. Поэтому необходим контроллер который будет управлять работой ГДГ. В рамках работы будем использовать контроллер easYgen-3000 компании Woodward. Контроллеры управления генераторными агрегатами Woodward отличаются гибкостью и набором функций, которые позволяют использовать их в широком спектре применений – от простых автономных аварийных генераторов до сложных многоагрегатных систем. Линейка Woodward представлена всей гаммой контроллеров генераторных установок. Это позволяет выбрать оптимальное устройство под конкретные задачи. Гибкие функциональные возможности контроллеров Woodward дают возможность создавать решения на базе одного контроллера с широкими возможностями адаптации под любые задачи, связанные с контролем работы генераторов. Устройства серии easYgen-3000 это контроллеры для управления генераторными системами. Множество входов и выходов в комплекте с модульной структурой программного обеспечения позволяют использовать один вид easYgen-3000 во множестве применений. Функциональность включает в себя работу в горячем резерве, автоматический пуск двигателя, ограничение пиков нагрузки, импорт-экспорт мощности, совместную или распределенную генерацию и др. Контроллеры серии easYgen-3000 применимы для режимов работы: изолированный одиночный, изолированный параллельный, параллельный с сетью одного или нескольких агрегатов. Контроллеры серии easYgen-3000 способны управлять сетью, содержащей до 32 агрегатов, оптимизируя последовательность запуска и останова агрегатов. [41]



Рисунок 2.8 - Внешний вид контроллера easYgen-3000

Достоинства контроллера:

1. Имеются различные режимы работы: авто, стоп, ручной, тестовый. Режимы с нагрузкой и без нагрузки могут задаваться дискретными входами;
2. Управление контакторами: синхронизация фаз с нулевым потенциалом, переключением с размыканием и внахлест, мониторинг контактов;
3. Ограничение пиков нагрузки;
4. Режим постоянной готовности;
5. Когенерация тепловой и электроэнергии;
6. Режим работы параллельно с сетью;
7. Распределение электроэнергии;
8. Осуществляет запуск и остановку в зависимости от нагрузки до 32 агрегатов;
9. Программирование последовательности операций;
10. Имеется русскоязычная языковая поддержка;
11. Разделение активной и реактивной нагрузки между 32 агрегатами;
12. Имеется возможность удалённого контроля и программирования системы;
13. Конфигурирование уставок срабатывания сигнализации для функции мониторинга и защиты;
14. Присоединение карт расширения дискретных и аналоговых входов и выходов;

15. Многоуровневый парольный доступ к интерфейсу;
16. Русскоязычный интерфейс.

Таблица 2.9 - Спецификация контроллера easYgen 3000

Напряжение питания	12/24 В DC (от 8 В до 40 В DC)
Потребляемая мощность	Макс 17 Вт
Температура хранения	- 30 °C до + 80 °C
Температура использования	- 20 °C до + 70 °C
Влажность	Не более 95 %
Входное переменное напряжение	120 В AC и 480 В AC
Точность	Класс 1
Входной ток	1 А или 5 А
Дискретные входы	12/24 В DC (от 8 В до 40 В DC)
Ток активной нагрузки	2 А при 24 В DC при 250 В AC
Аналоговый вход	От 0 до 500 Ом, от 0 до 20 мА
Аналоговый выход	$\pm 10 В / \pm 20 мА / ШИМ$
Релейный выход	С гальванической развязкой
Корпус (3200/3100)	Пластиковый/Металлический
Степень защиты	IP66/IP20
Размеры Ш/В/Г (3200/3100)	282/217/99 мм / 250/228/84 мм
Вес (3200/3100)	1850 гр/2150 гр
Стоимость	165,575 тыс. руб

2.10. Заключение по разделу

В результате главы была спроектирована биогазовая станция способная переработать 971 тонну отходов комплекса. Выход биогаза составит 60202 м³ в сутки. Для того чтобы БГУ была экономически оправдана, принято решение изменить систему удаления навоза на предприятии с гидросмывной на самосплавную. Для утилизации топлива во время работы станции будем использовать так называемый “мокрый” способ. Для возможности электроснабжения объекта исследования устанавливаем газопоршневую станцию GazEcos в составе БГУ. Количество энергии, которое мы сможем вырабатывать из доступного количества топлива составляет 4479,2 кВт. Для управления режимами работы двигатель-генераторов будем использовать контроллер easYgen 3000. Чтобы определить, достаточно ли мощности,

вырабатываемой когенераторной станцией, для электроснабжения предприятия, в следующей главе будет произведен расчет электрических нагрузок объекта ЗАО “Сибирская Аграрная Группа”.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку можно найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только за счет превышения технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.1. Потенциальные потребители проекта и анализ технических решений

Биоэнергетика – наиболее перспективный вид ВИЭ в России, обладающей огромным потенциалом использования отходов сельского хозяйства, лесопереработки, пищевой промышленности и городских очистных сооружений. В свою очередь, наиболее привлекательным для инвесторов сегментом биоэнергетики становится производство биогаза, которое может предоставить дополнительные источники дохода от продажи органических удобрений и платы за безопасную утилизацию органических отходов. Применение комплексного подхода при реализации проектов с обязательным решением не только энергетических, но и экологических проблем обеспечит беспрецедентный рост биогазовой отрасли в ближайшие годы. Объектом исследования был выбран агропромышленный комплекс ЗАО "Сибирская Аграрная Группа" г. Томска.

Цель проекта: оптимизировать систему электроснабжения предприятия путем внедрения в нее возобновляемых источников энергии, выполнить оценку экономической эффективности спроектированной системы электроснабжения.

Спроектированная система электроснабжения базируется на использовании возобновляемой энергетики. Электроснабжение комплекса производится от внешней сети через ГПП. Внедрение в существующую систему возобновляемых источников энергии играет колоссальную роль в ресурсоэффективности и ресурсосбережении. Использованию таких источников энергии позволяет покрыть до 50% всей нагрузки предприятия осенью и зимой, а весной и летом работать с избытком, что позволяет продавать электроэнергию и биогаз другим потребителям. В последующих пунктах будет произведен экономический расчет двух вариантов электроснабжения предприятия.

4.2. Определение суммарных приведенных затрат традиционного варианта электроснабжения

В данном пункте необходимо произвести расчет суммарных приведенных затрат на сооружения ВЛЭП, питающих ГПП, а так же силового оборудования подстанции. На основании этих данных можно определить полную себестоимость передачи электроэнергии, годовую плату за электроэнергию данного варианта электроснабжения.

4.2.1. Определение суммарных приведенных затрат на сооружение ВЛЭП 35 кВ и ПС 35/10 кВ

При определении суммарных приведенных затрат рассчитываются капитальные затраты:

$$Z_{\text{ЛЭП}} = E_N^{\text{ЛЭП}} \cdot K_{\text{ЛЭП}} + E_N^{\text{об}} \cdot K_{\text{об}} + I_{\text{сум1}} \quad (4.1.)$$

где $E_N^{\text{ЛЭП}} = 0,152$ – нормативный коэффициент эффективности вложений для ВЛЭП [34];

$E_N^{\text{об}} = 0,193$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений для силового оборудования [34].

Капитальные затраты на сооружение ВЛЭП:

$$K_{\text{ЛЭП}} = n \cdot A \cdot l \quad (4.2.)$$

где n – количество ВЛЭП;

A – стоимость сооружения одного километра линии выбранного сечения на соответствующих опорах [табл.7.4, 30]; Принимаем установку двухцепных стальных опор напряжением 35 кВ;

l – длина ВЛЭП, км.

С применением индекса перехода от ФЕР 2001г. В текущие цены 1 квартала 2017г. 7,27 Томская обл. (приложение 1 к письму Минрегиона России

от 20.03.2017 №8802-ХМ/09) приводим стоимость сооружения одного километра АС-70/11 в цены 1 квартала 2017 г.

$$K_{ЛЭП} = 1 \cdot 1200 \cdot 7,27 \cdot 3 = 26172 \text{ тыс.руб.}$$

Капитальные затраты на установку одного комплекта выключателя:

$$K_{об} = n \cdot B \quad (4.3.)$$

где – n – количество комплектов;

B – стоимость установки одного комплекта выключателя. [36]

$$K_{об} = 3 \cdot 300 = 900 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость потерь энергии в линии:

$$И_{ПOT..ЛЭП} = n \cdot l \cdot \Delta P_{y\phi} \cdot k_3^2 \cdot \tau_{\max} \cdot \Delta C_{\varepsilon} \quad (4.4.)$$

где $\Delta P_{y\phi}$ – удельные потери в линии при номинальной нагрузке [табл. П.5.1., 21];

ΔC_{ε} – стоимость 1кВтч электрической энергии, руб/кВтч [44];

n – количество цепей ВЛЭП;

k_3 – коэффициент загрузки линии.

Коэффициент загрузки линии:

$$k_{загр} = \frac{I_p}{I_{дон}} = \frac{67,276}{265} = 0,254 \quad (4.5.)$$

$$И_{ПOT..ЛЭП} = 2 \cdot 3 \cdot 125 \cdot 0,254^2 \cdot 2225 \cdot 0,128 = 13,780 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость амортизационных отчислений и отчислений на обслуживание ВЛЭП:

$$И_{ам} = E_{ам} \cdot (K_{ЛЭП} + K_{об}); \quad (4.6.)$$

$$И_{обсл} = E_{обсл} \cdot (K_{ЛЭП} + K_{об}) \quad (4.7.)$$

где $E_{ам}=2,8\%$ – коэффициент амортизационных отчислений [35];

$E_{обсл}=0,4\%$ – коэффициент, учитывающий затраты на обслуживание ВЛЭП [35].

$$И_{ам} = 0,028 \cdot (26172 + 900) = 758,016 \text{ тыс.руб.};$$

$$И_{обсл} = 0,004 \cdot (26172 + 900) = 108,288 \text{ тыс.руб.}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\text{сум1}} = I_{\text{пот.лэн}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{обсл}} \quad (4.8.)$$

$$I_{\text{сум1}} = 13,780 + 758,016 + 108,288 = 880,084 \text{ тыс.руб.}$$

Суммарные капитальные затраты:

$$K_{\text{сум1}} = (K_{\text{ЛЭП}} + K_{\text{об}}) \quad (4.9.)$$

$$K_{\text{сум1}} = 26172 + 900 = 27072 \text{ тыс.руб.}$$

Следовательно, суммарные приведенные затраты, связанные с передачей и распределением электроэнергии равны:

$$Z_{\text{лэн}} = 0,152 \cdot 26172 + 0,193 \cdot 900 + 880,084 = 5031,928 \text{ тыс.руб.}$$

4.2.2. Определение суммарных приведенных затрат силового оборудования

Стоимость потерь электрической энергии в трансформаторе:

$$I_{\text{пот.тр}} = \left(2 \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot k_z^2 \cdot \tau_{\text{мах}} + 2 \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} \right) \cdot \Delta C_{\text{э}} \quad (4.10.)$$

где $\Delta P_{\text{кз}}$, $\Delta P_{\text{хх}}$ – каталожные данные трансформатора, кВт [30];

$T_{\text{вкл}} = 8760$ ч – число часов работы трансформатора в течение года;

k_z – коэффициент загрузки трансформатора.

$$I_{\text{пот.тр}} = (2 \cdot 65 \cdot \left(\frac{10857,85}{2 \cdot 10000} \right)^2 \cdot 2225 + 2 \cdot 14,5 \cdot 8760) \cdot 0,128 = 43,430 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость амортизационных отчислений:

$$I_{\text{ам}} = E_{\text{ам}} \cdot K_{\text{тр}} \quad (4.11.)$$

где $K_{\text{тр}}$ – стоимость трансформатора ТДН-10000/35/10, тыс.руб.; [38]

$E_{\text{ам}} = 6,4\%$ - коэффициент амортизационных отчислений [35].

$$I_{\text{ам}} = 0,064 \cdot 5500 = 352 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость обслуживания трансформатора:

$$I_{\text{обсл}} = E_{\text{обсл}} \cdot K_{\text{тр}} \quad (4.12.)$$

где $E_{\text{обсл}}=3\%$ - коэффициент, учитывающий затраты на обслуживание трансформатора [35].

$$I_{\text{обсл}} = 0,03 \cdot 5500 = 165 \text{ тыс.руб.}$$

Суммарные эксплуатационные расходы на установку трансформатора ТДН-10000/35:

$$I_{\text{тр}10000} = I_{\text{пот.тр}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{обсл}} \quad (4.13.)$$

$$I_{\text{тр}10000} = 43,430 + 352 + 165 = 560,43 \text{ тыс.руб.}$$

Рассчитаем суммарные приведенные затраты для трансформатора ТДН-10000/35 кВ:

$$Z_{\text{тр}10000} = E_n \cdot K_{\text{тр}} + I_{\text{тр}10000} \quad (4.14.)$$

$$Z_{\text{тр}10000} = 0,193 \cdot 5500 + 560,43 = 1622,43 \text{ тыс.руб.}$$

Суммарные приведенные затраты, издержки, капитальные затраты по всему варианту электроснабжения:

$$K_{\text{вар1}} = K_{\text{тр}10000} + K_{\text{сум1}} = 5500 + 27072 = 32572 \text{ тыс.руб.};$$

$$I_{\text{вар1}} = I_{\text{тр}10000} + I_{\text{сум1}} = 560,43 + 880,084 = 1440,514 \text{ тыс.руб.}$$

$$Z_{\text{вар1}} = Z_{\text{тр}10000} + Z_{\text{лэн}} = 1062,43 + 5031,928 = 6094,358 \text{ тыс.руб.};$$

Расчетную себестоимость передачи электроэнергии по сетям системы электроснабжения, руб./кВтч, можно определить по формуле:

$$S_{\text{расч1}} = \frac{I_{\text{вар1}}}{P_{\text{max}} \cdot T_{\text{max}}} \quad (4.15.)$$

где P_{max} - максимальная нагрузка предприятия, кВт;

T_{max} - число часов использования максимальной нагрузки в году, ч.

$$S_{\text{расч1}} = \frac{1440514}{8502,2 \cdot 3800} = \frac{1440514}{32308360} = 0,044 \text{ руб./ кВтч}$$

Далее определим годовой платеж за электроэнергию по двухставочному тарифу:

$$\Pi_1^{(2)} = N \cdot P_{\text{max}} \cdot T^{\text{м}} + W_{\text{годГПП}} \cdot (T^{(2)} + S_{\text{расч1}}) \quad (4.16.)$$

где $T^{\text{м}} = 1003,862 \text{ р./кВт в месяц, ставка за мощность; [27]}$

$T^{(2)} = 0,128 \text{ р./кВтч.}$, ставка за ЭЭ; [27]

N - кол-во месяцев в году;

$P_{\max}$ - максимальная нагрузка ЭП 1 и 2 категории, кВт;

$W_{\text{годГПП}}$ - кол-во электроэнергии, выработанной на ГПП за год, кВтч.

$\Pi_1^{(2)} = 12 \cdot 8502,5 \cdot 1003,862 + 32308360 \cdot (0,121 + 0,044) = 107800 \text{ тыс.руб.}$,

4.3. Определение суммарных приведенных затрат смешанного варианта электроснабжения

4.3.1. Определение суммарных приведенных затрат на строительство БГУ

Количество энергии, выработанной БГУ за год $W_{\text{год}}$ кВтч. определяется как:

$$W_{\text{годГГУ}} = P_{\text{уст}} \cdot T_{\max} \quad (4.17.)$$

где $P_{\text{уст}}$ - установленная мощность БГУ, кВт;

$T_{\max}$ - время часов использования максимума нагрузки в году. $T_{\max}$ определяется характером и сменностью работы потребителя в год. Для предприятий пищевой промышленности данный параметр находится в интервале 3500-3800 ч. [29]

$$W_{\text{годГГУ}} = 4500 \cdot 3800 = 17100000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Объем капиталовложений в строительство БГУ зависит от следующих показателей: установленной мощности биогазовой установки, расходов на строительно-монтажные, пуско-наладочные, проектно-изыскательские работы.

Суммарные капиталовложения в биогазовую станцию определим из формулы: [25]

$$\Sigma K_{\text{БГУ}} = K_{\text{об}} + K_{\text{см}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{ин}} \quad (4.18.)$$

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

$K_{см} = (0,15 \div 0,2) * K_{об}$ - затраты на строительно-монтажные работы, тыс.руб;

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

$K_{ни} = (0,03 \div 0,05) * K_{об}$ - затраты на пуско-наладочные работы, тыс.руб.

Состав оборудования БГУ состоит из емкости гомогенизации, загрузчика твердого сырья, реактора, мешалок, газгольдера, систем смешивания воды и отопления, газовой системы, насосной станции, сепаратора, когенерационной станции, приборов контроля, КИПиА с визуализацией, аварийных факельных горелок и системы безопасности. Так же сюда следует отнести контроллер, выбранный нами во второй главе. Стоимость компонентов проектируемой БГУ представлена в таблице В.1 приложения В.

$$\Sigma K_{БГУ} = 525987,426 + 105197,485 + 10519,748 + 26299,371 = 668004,03 \text{ тыс.руб},$$

Суммарные затраты на содержание БГУ, руб/год, можно определить из:

$$\Sigma I_{БГУ} = I_{зн} + I_{есн} + I_{ам} + I_{нал} \quad (4.19.)$$

где $I_{зн} = 12nNэ \cdot 3_{нл} = 12 \cdot 0,4 \cdot 4,5 \cdot 32230 = 696,168 \text{ тыс.руб}$ - годовые издержки на

зарплату персонала;

$З_{пл}$ - ежемесячная зарплата одного штатного сотрудника, руб/месяц [26];

n - штатный коэффициент на электростанции чел/МВт;

$Nэ$ - электрическая мощность установки, МВт;

$I_{есн} = 0,3 \cdot I_{зн}$ - отчисления от зарплаты, тыс.руб.;

$I_{ам} = p_{ам} \cdot \Sigma K_{БГУ}$ - ежегодные амортизационные отчисления тыс.руб.,

где $p_{ам}$ – норма амортизационных отчислений (на капитальный ремонт и реновацию, расходы на эксплуатацию) от капиталовложений, принятый по

формуле $p_{ам} = \frac{1}{T_{сл}}$,

$T_{сл}$ - экономический срок службы оборудования (принимается 10 лет).

$I_{нал} = 0,2 \cdot I_{зн}$ - налоги и прочие обязательные платежи, тыс.руб.;

Затраты на транспортировку и подготовку топлива не учитываем, т.к. исходное сырье находится на территории комплекса.

$$\Sigma I_{БГУ} = 696,168 + 208,850 + 66800,403 + 139,233 = 67844,654 \text{ тыс.руб.},$$

Суммарные приведенные затраты на строительство БГУ определяются из формулы:

$$Z_{БГУ} = \Sigma I_{БГУ} + E \cdot \Sigma K_{БГУ} \quad (4.20.)$$

$$Z_{БГУ} = 67844,654 + 0,15 \cdot 66800,403 = 168045,258 \text{ тыс.руб.}$$

Далее определим суммарные приведенные затраты для оборудования ГПП.

4.3.2. Определение суммарных приведенных затрат на сооружение ВЛЭП 35 кВ и ПС 35/10 кВ

Капитальные затраты на сооружение ВЛЭП на основании (4.2):

$$K_{ЛЭП} = 1 \cdot 1200 \cdot 7,27 \cdot 3 = 26172 \text{ тыс.руб.}$$

Капитальные затраты на установку комплектов выключателей на основании (4.3):

$$K_{об} = 6 \cdot 300 = 1800 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость потерь энергии в линии определим из формулы (4.4.):

$$I_{Пот.ЛЭП} = 2 \cdot 3 \cdot 125 \cdot 0,254^2 \cdot 2225 \cdot 0,128 = 13,780 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость амортизационных отчислений и отчислений на обслуживание ВЛЭП найдем из формул (4.6, 4.7.):

$$I_{ам} = 0,028 \cdot (26172 + 1200) = 783,216 \text{ тыс.руб.};$$

$$I_{обсл} = 0,004 \cdot (26172 + 1800) = 111,888 \text{ тыс.руб.}$$

где $E_{ам} = 2,8\%$ – коэффициент амортизационных отчислений [35];

$E_{обсл} = 0,4\%$ – коэффициент, учитывающий затраты на обслуживание ВЛЭП [35].

Суммарные издержки:

$$I_{сум2} = 13,780 + 783,216 + 111,888 = 908,884 \text{ тыс.руб.}$$

Суммарные капитальные затраты:

$$K_{сум2} = 26172 + 1800 = 27972 \text{ тыс.руб.}$$

Следовательно, суммарные приведенные затраты, связанные с передачей и распределением электроэнергии равны:

$$Z_{\text{сум}2} = 0,152 \cdot 26172 + 0,193 \cdot 1800 + 908,884 = 5234,428 \text{ тыс.руб.}$$

4.3.3. Определение суммарных приведенных затрат силового оборудования

Стоимость потерь электрической энергии в трансформаторе на основании (4.10.):

$$I_{\text{пот.тр}} = (2 \cdot 33,5 \cdot (\frac{5525}{2 \cdot 4000})^2 \cdot 2225 + 2 \cdot 6,7 \cdot 8760) \cdot 0,128 = 24,130 \text{ тыс.руб.};$$

Стоимость амортизационных отчислений из (4.11.):

$$I_{\text{ам}} = 0,064 \cdot 1800 = 115,2 \text{ тыс.руб.};$$

Стоимость обслуживания трансформатора из (4.12.):

$$I_{\text{обсл}} = 0,03 \cdot 1800 = 54 \text{ тыс.руб.};$$

Суммарные издержки на установку трансформатора ТМН-4000/35:

$$I_{\text{тр}4000} = 24,130 + 115,2 + 54 = 193,33 \text{ тыс.руб.};$$

Рассчитаем суммарные приведенные затраты для трансформатора ТМН-4000/35 кВ:

$$Z_{\text{тр}4000} = 0,193 \cdot 1800 = 347,4 \text{ тыс.у.е.};$$

Далее посчитаем суммарные эксплуатационные затраты:

$$I_{\text{вар}2} = I_{\text{тр}4000} + I_{\text{БГУ}} + I_{\text{сум}2} = 193,33 + 67844,654 + 908,884 = 68946,868 \text{ тыс.руб.}$$

Суммарные капитальные затраты:

$$K_{\text{вар}2} = K_{\text{тр}4000} + K_{\text{БГУ}} + K_{\text{сум}2} = 1800 + 668004,03 + 27972 = 697776,03 \text{ тыс.руб.}$$

Суммарные приведенные затраты по всему варианту электроснабжения составят:

$$Z_{\text{вар}2} = Z_{\text{тр}4000} + Z_{\text{БГУ}} + Z_{\text{сум}2} = 347,4 + 168045,258 + 5234,428 = 173627,086 \text{ тыс.руб.}$$

Расчетную себестоимость передачи электроэнергии, руб./кВтч, можно определить по формуле (4.15.):

$$S_{\text{нер}2} = \frac{68946868}{4145 \cdot 3800} = \frac{68946868}{15751000} = 4,37 \text{ руб. / кВтч}$$

Далее определим годовой платеж за электроэнергию по данному варианту электроснабжения.

Годовой платеж за электроэнергию:

$$\Pi_2^{(2)} = N \cdot P_{\text{max}} \cdot T^M + W_{\text{годГПП}} \cdot (T^{(2)} + S_{\text{расч1}}) + S_{\text{расч2}} \cdot W_{\text{годБГУ}} \quad (4.21.)$$

$$\Pi_2^{(2)} = 12 \cdot 4145 \cdot 1003,862 + 14751000 \cdot (0,128 + 0,044) + 4,37 \cdot 17100000 = 179600 \text{ тыс.руб.}$$

где N - кол-во месяцев в году;

P_{max} - максимальная нагрузка ЭП 1 и 2 категории, кВт;

$W_{\text{год}}$ - кол-во электроэнергии, выработанной на ГПП за год, кВтч;

$W_{\text{БГУ}}$ - кол-во электроэнергии, выработанной БГУ за год, кВтч;

$T^{(2)} = 0,128 \text{ р./кВт.ч.}$ - ставка за электроэнергию; [27]

$T^M = 1003,862 \text{ р./кВт}$ – ставка за мощность, за месяц. [27]

Теперь необходимо определить чистую текущую стоимость проекта (или ЧДД). Основная идея показателя чистой текущей стоимости проекта заключается в том, чтобы найти соотношение между инвестиционными затратами и будущими доходами, выраженное в скорректированной во времени денежной величине.

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^n \frac{(I_{\text{вар}2} - I_{\text{вар}1}) + \mathcal{E}_{\text{ум}}}{(1+r)^t} \quad (4.22.)$$

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} = & \frac{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7}{(1+0,11)^0} + \frac{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7}{(1+0,11)^1} + \\ & + \frac{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7}{(1+0,11)^2} + \frac{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7}{(1+0,11)^3} = 1852 \text{ тыс.руб.}, \end{aligned}$$

где t - порядковый номер года эксплуатации оборудования;

r - норма дисконта, 11%;

n - количество лет в проекте;

$\mathcal{E}_{\text{ут}}$ - экономия средств за утилизацию отходов 3 и 4 классов опасности.

Согласно постановлению правительства РФ №913 от 13.09.2016 о ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах ставка за размещение отходов производства и потребления 3 класса опасности на 2017 год составляет 1327 руб./т. Нам известно, что количество отходов в сутки на предприятии составляет 971 тонн. Получается, что при использовании такого количество сырья в качестве топлива для биогазовой станции, отпадает необходимость платить за вывоз отходов 3 и 4 класса опасности. Таким образом, годовая экономия средств за счет утилизации отходов с помощью БГУ составит 470308,705тыс.руб.

Индекс доходности:

$$ИД = \sum_{t=1}^n \frac{(I_{\text{вар}2} - I_{\text{вар}1}) + \mathcal{E}_{\text{ym}}}{(1+r)^t} \geq 1 \quad (4.23.)$$

$$\begin{aligned} ИД = & \frac{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7}{(1+0,11)^0} + \frac{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7}{(1+0,11)^1} + \\ & + \frac{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7}{(1+0,11)^2} + \frac{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7}{(1+0,11)^3} = 2,8 \geq 1 \end{aligned}$$

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = \sum_{t=1}^n \frac{(K_{\text{вар}2} - K_{\text{вар}1})}{\frac{(I_{\text{вар}2} - I_{\text{вар}1}) + \mathcal{E}_{\text{ym}}}{(1+r)^t}} \quad (4.24.)$$

$$\begin{aligned} T_{\text{ок}} = & \frac{(697776,03 - 32572)}{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7} + \frac{(697776,03 - 32572)}{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7} \\ & + \frac{(697776,03 - 32572)}{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7} + \frac{(697776,03 - 32572)}{(68946,9 - 1440,5) + 470308,7} \approx 6 \text{ лет} \end{aligned}$$

4.4. Заключение по разделу

В результате данного раздела было проведено сравнение двух вариантов электроснабжения на основе экономических расчетов. Были рассчитаны суммарные приведенные затраты, расчетная себестоимость электроэнергии для каждого случая. Годовой платеж за электроэнергию по двухставочному тарифу первого варианта электроснабжения составил 107800 тысяч рублей. Во втором варианте со смешанным электроснабжением это значение составило 179600 тысяч рублей. Суммарные приведенные затраты первого варианта составили 6094 тысяч рублей, второго варианта - 173627 тысяч рублей. Очевидно, что второй вариант более затратный, но затраты на альтернативные источники энергии обычно предполагают долгосрочные капиталовложения. Поэтому проектирование системы электроснабжения с использованием биогазовой станции было рассчитано с учетом перспективы. Были определены чистый дисконтированный доход, равный 1852 тысяч рублей. Индекс доходности равен 2,8. Это говорит о том, что проект можно принять к реализации.

Срок окупаемости в нашем случае составил 6 лет. Если же мы будем продавать биогаз и удобрения, сроки окупаемости могут составить меньше. Чтобы проект окупился в короткие сроки, нужно выбрать самое дешевое сырье, перерабатывать максимальный объем отходов, использовать все возможности биоустановки, потреблять и продавать продукты производства.