

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Использование вторичных ресурсов для получения энергии

УДК 620.91:658.567.1-049.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б4А2	НЕКРАСОВ Михаил Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	А.А. Матвеева	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель ОСГН ШБИП	Н.В.Потехина	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Н.А.Алексеев	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	М.А.Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	А.М.Антонова	к.т.н., доцент		

Томск – 2019 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата, указанными в ФГОС ВПО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Универсальные компетенции	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач.
P3	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни, непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
Профессиональные компетенции	
P7	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности в широком (в том числе междисциплинарном) контексте в комплексной инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач комплексного инженерного анализа с использованием базовых и специальных знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования. производстве тепловой и электрической энергии.

P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять комплексные инженерные проекты с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить комплексные научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением базовых и специальных знаний и современных методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами на основе АСУТП; использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Специальные профессиональные	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.

P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н.Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ А.М.Антонова
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б4А2	Некрасову Михаилу Владимировичу

Тема работы:

Использование вторичных ресурсов для получения энергии	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2019 года
--	------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Целью работы является сбор и обобщение информации об опыте применения, современном уровне развития и потенциале использования вторичных ресурсов для получения энергии в мире и в России. Объектом исследования в работе является использование древесных отходов в качестве топлива на котельной предприятия ООО «Сибирьлес». Предметом исследования выступают факторы, определяющие возможность широкого использовании вторичных ресурсов для получения энергии.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1.Виды и источники вторичных энергетических ресурсов. 2.Описание технологии получения тепловой энергии путем сжигания древесных отходов. 3.Расчет тепловой схемы установки. 4.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5.Социальная ответственность. Заключение
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Принципиальная тепловая схема котельной.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Н.В.Потехина, ст.преподаватель ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Н.А.Алексеев, ассистент отделения общетехнических дисциплин
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	А.А.Матвеева	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б4А2	Некрасов Михаил Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б4А2	Некрасову Михаилу Владимировичу

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ И.Н.Бутакова
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад для руководителя 33664 руб. Оклад для инженера 21760 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации основных фондов -33,33% Районный коэффициент 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Социальные отчисления - 30% от ФЗП

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Описание потенциальных потребителей; Анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ; Разработка диаграммы Ганта; Формирование сметы затрат на исследование.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет простого срока окупаемости
4. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
5. Нормы и нормативы расходования ресурсов	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Потехина Н.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б4А2	Некрасов М.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б4А2	Некрасову Михаилу Владимировичу

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ И.Н.Бутакова
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Использование вторичных ресурсов для получения энергии на примере котельной предприятия ООО «Сибирьлес». Вид топлива- древесные отходы.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1.ПБ 10-574–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов»; 2.ПБ 10-573–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды»; 3.ПБ 03-576–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» и др.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1.Повышенный уровень шума, вибрации. 2.Повышенная температура воздуха, рабочих поверхностей. 3.Пожароопасность. 4.Запыленность. 5.Запыленность, загазованность, задымленность 6.Повышенная влажность. 7.Пониженная освещенность. 8.Брызги горячей воды, выбросы пламени и пара, ударные волны.

	9. Движущиеся части машин и механизмов. 10. Электрический ток опасной величины. 11. Напряженность трудового процесса. 12. Обоснование мероприятий по снижению воздействия опасных факторов.
3. Экологическая безопасность:	1. Вредные выбросы в атмосферу. 2. Воздействие на гидросферу. 3. Воздействие на литосферу.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	1. Возможные ЧС при эксплуатации котельной: взрывы, пожары, технологические аварии; 2. Описание наиболее типичных технологических аварий.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Алексеев Н.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б4А2	Некрасов М.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 98с., 7рис., 16табл., 40 источников, 2 прил.

Ключевые слова: котельная, тепловая схема, топливо, вторичные ресурсы, древесные отходы, тепловая энергия.

Объектом исследования является котельная деревообрабатывающего предприятия ООО «Сибирьлес».

Цель работы – исследование использования вторичных энергетических ресурсов для получения тепловой энергии.

В процессе исследования проводились: анализ работы котельной на древесных отходах, принципиальная тепловая схема котельной, компоновка и состав основного и вспомогательного оборудования котельной.

В результате исследования проведена оценка ресурсоэффективности использования древесных отходов по данной технологии для деревообрабатывающего предприятия.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: в работе сделан расчет тепловой схемы котельной, производительностью пара 10 т/час, расход топлива-древесных отходов.

Область применения: получение тепловой энергии на предприятиях деревообрабатывающей промышленности.

Экономическая эффективность/значимость работы: Экономическая выгода от использования отходов деревообработки для получения энергии на предприятиях: решение вопроса утилизации древесных отходов; уменьшение вредного влияния на экологию; уменьшение себестоимости выпускаемой продукции.

В будущем планируется внесение предложения по проектированию установки турбины для получения электроэнергии для собственных нужд предприятия.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие нормативные акты:

1. ГОСТ 12.2.049-80ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
2. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
4. ГОСТ 12.1.005-88ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
5. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
7. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
8. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
9. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
- 10.ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
- 11.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
- 12.СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
- 13.СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
- 14.СП 60.13330.2016.Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
- 15.СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003

16.СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное
освещение.Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

Оглавление

Введение.....	15
1 Виды и источники вторичных энергетических ресурсов.....	16
2 Описание технологии получения тепловой энергии путем сжигания древесных отходов.....	20
2.1 Общие сведения о предприятии ООО «Сибирьлес».....	20
2.2 Принципиальная тепловая схема котельной установки, параметры в узловых точках схемы.....	21
2.2.1 Описание тепловой схемы.....	21
2.3 Характеристики основного и вспомогательного оборудования.....	23
2.3.1 Основное оборудование.....	23
2.3.2 Вспомогательное оборудование.....	29
2.4.Описание технологии подготовки древесных отходов для сжигания.....	45
2.5 Преимущества и недостатки рассматриваемой технологии.....	49
3. Расчет тепловой схемы установки.....	54
3.1 Расчет показателей тепловой экономичности установки.....	54
3.2 Расчет экономических показателей.....	56
3.3 Определение необходимого расхода топлива на установку.....	57
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	59
4.1 Потенциальные потребители.....	59
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	60
4.2 Планирование работ.....	61
4.2.1 Структура работ.....	61
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	63
4.2.3 Разработка графика проведения работ.....	63
4.3 Бюджет.....	66
4.3.1 Расчет материальных затрат.....	66
4.3.2 Расчет амортизационных отчислений.....	66
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей.....	67
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей.....	68
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	69
4.3.6 Накладные расходы.....	69

4.3.7 Формирование бюджета затрат.....	69
4.4 Определение потенциальной эффективности.....	70
5. Социальная ответственность.....	75
Введение.....	75
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	76
5.2 Производственная безопасность.....	78
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	78
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего.....	79
5.3 Экологическая безопасность.....	84
5.3.1. Валовый выброс твердых частиц в дымовых газах.....	85
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	85
Заключение.....	87
Заключение.....	88
Список использованных источников.....	90
Приложение А Опасные и вредные факторы.....	93
Графические материалы:	
ФЮРА.311330.001Т3 Тепловая схема	

Введение

Вторичные энергетические ресурсы - это энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся при технологических процессах, в агрегатах и установках, который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использоваться для энергосбережения других агрегатов (процессов).

Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность является одной из отраслей России, имеющих большой потенциал роста. По мере расширения производства такой продукции будут возрастать объемы древесных отходов. В то же время любое предприятие отрасли заинтересовано в том, чтобы утилизация древесных отходов из статьи затрат перешла в статью доходов.

Одним из основных направлений утилизации древесных отходов является их использование для получения тепловой и электрической энергии. В последние годы энергетическое использование древесных отходов рассматривается как альтернатива традиционным видам топлива [20].

Это связано с тем, что древесные отходы являются CO₂-нейтральными, имеют низкое содержание серы, относятся к возобновляемым источникам энергии. Все это привело к тому, что технологии получения энергии из древесных отходов в последние годы развиваются и совершенствуются [20].

Объект исследования этой работы – исследование использования отходов деревообработки для получения тепловой энергии на котельной предприятия ООО «Сибирьлес».

Практическая значимость результатов ВКР – результаты могут быть полезны для усовершенствования утилизации отходов деревообработки и получения тепловой энергии.

1 Виды и источники вторичных энергетических ресурсов

Выделяют следующие основные группы вторичных энергетических ресурсов: горючие, избыточного давления, тепловые.

1. Горючие вторичные энергетические ресурсы. К горючим вторичным энергетическим ресурсам относятся образующиеся в процессе производства основной продукции газообразные, твердые или жидкие отходы, которые обладают химической энергией и могут быть использованы в качестве топлива. Источником горючих вторичных энергетических ресурсов являются лесная и деревообрабатывающая промышленность, химическая промышленность, сельское и коммунальное хозяйство.

К горючим вторичным энергетическим ресурсам относятся:

- древесные отходы;
- отходы гидролизного производства;
- отходы целлюлозно-бумажной промышленности;
- отходы от производства аммиака, капролактама;
- сельскохозяйственные отходы (солома и ботва растений);
- городской мусор.

В настоящее время большое внимание уделяется утилизации твердых древесных отходов, лигнина, отходов сельскохозяйственного производства и т. п. В лесной и деревообрабатывающей промышленности приблизительно половина заготавливаемой древесины идет в отходы [20].

Одной из первостепенных задач является их утилизация путем сжигания с целью получения теплоты.

Древесные отходы делятся на несколько типов:

- лесосечные отходы (недревесневшие молодые побеги, хвоя, листья);
- стволовая древесина, кора и древесная гниль.

Древесина по своему составу включает такие же компоненты, что и твердое топливо, за исключением серы. Особенностью древесных отходов некоторых производств является повышенная влажность. Отходы лесозаготовительных предприятий имеют влажность 45-55%.

При этом влажность коры достигает 80%. Отходы деревообрабатывающего и мебельного производства имеют влажность 10-20%. Древесина имеет большой выход летучих веществ, что благоприятствует, несмотря на повышенную влажность, устойчивому процессу горения[21].

Мелкие древесные отходы различаются также по гранулометрическому составу:

- древесная пыль с частицами менее 0,5 мм;
- опилки - менее 5-6 мм, щепа после рубильных машин - менее 30 мм;
- крупная щепа с размерами частиц более 30 мм.

Гранулометрический состав определяют просеиванием через сито. Способы сжигания древесных отходов зависят от гранулометрического состава и влажности. Древесную пыль без включения абразивных частиц сжигают факельно-вихревым способом, при наличии абразивных частиц - в циклонных топках. Более крупные отходы эффективно сжигать в слоевых топках с "кипящим" или плотным слоем. Первичная переработка местных древесных отходов может включать изготовление брикетов, что позволяет сжигать их в топках с плотным слоем [21].

Процесс сжигания древесных отходов включает предварительную сортировку и сушку. Сжигание проводится в топке с "кипящим" слоем с частичной рециркуляцией дымовых газов. Это обеспечивает полное сгорание топлива, выносимого с отходящими газами. Сжигание производится с целью получения теплоты и передачи ее энергоносителю - пару или горячей воде, которые могут непосредственно направляться потребителю.

Теплота может также преобразовываться в электричество с помощью паровой или газовой турбины.

Для России лесоперерабатывающая промышленность является традиционной и занимает в экономике страны ведущее место.

Западная Европа уже давно задумалась не только об энергосберегающих технологиях, но и об альтернативных источниках энергии. Одни из самых востребованных источников — отходы лесоперерабатывающей

промышленности. Для Сибири в целом и для Томской области в частности эта тема более чем актуальная, если учесть, какие объемы лесозаготовок и лесопереработки здесь ведутся.

К сожалению, переработка древесины сопровождается выходом значительного количества отходов, объемы которых зачастую превосходят объемы готовой продукции. Утилизация древесных отходов не отличается разнообразием: незначительное их количество перерабатывается в лесохимии, вывозится в места складирования бытовых и промышленных отходов, но основная часть сжигается в котельных.

К технологиям получения энергии из биомассы в последнее время вырос интерес со стороны торговых компаний и промышленности. Это происходит вследствие постоянно растущей стоимости покупной электроэнергии и тепловой энергии.

На данный момент много говорится и пишется о том, что Россия находится в состоянии отложенного энергетического кризиса. Действительно, старение энергетических мощностей достигло столь критического уровня, что страна в ближайшее время рискует столкнуться с общим дефицитом энергетических мощностей.

Коммерческая привлекательность реализации настоящего проекта заключается в реальной экономии средств за счет реконструкции существующей котельной, работающей на отходах деревообрабатывающего производства. Возможности получать пар на технологические нужды, обеспечение предприятия отоплением, вентиляцией и горячим водоснабжением, а также обеспечить потребление электроэнергии от собственного источника. Это позволит сократить расходы своего основного, профильного бизнеса, снизить долю затрат на электро- и теплоэнергию в себестоимости своего основного продукта. Имеется возможность выйти на рынок в качестве поставщика тепловой энергии.

Основными направлениями использования древесных отходов являются:

- топливное (древесные отходы используются непосредственно в качестве топлива);
- тепловое (древесные отходы используются непосредственно в качестве тепла или для выработки тепла в утилизационных установках);
- силовое (древесные отходы используются непосредственно в виде электрической или механической энергии, полученной в утилизационных установках);
- комбинированное (древесные отходы используются непосредственно как электрическая/механическая энергия и тепло, полученные одновременно в утилизационных установках)[21].

2 Описание технологии получения тепловой энергии путем сжигания древесных отходов

2.1 Общие сведения о предприятии ООО «Сибирьлес»

ООО «СИБИРЬЛЕС» - это предприятие по заготовке и переработке древесины в Зырянском районе Томской области. Основной вид деятельности предприятия: обработка древесины с целью изготовления шпона лущеного, а также пиломатериалов.

Общество с ограниченной ответственностью «СИБИРЬЛЕС» осуществляет свою деятельность с 05.05.2006 года и на данный момент имеет среднесписочную численность работников в районе 200 человек. С 30.09.2006 года и по настоящее время ООО «СИБИРЬЛЕС» сотрудничает с китайской компанией ООО «Чжу Чжэнская компания «Сун Юань» (имеется действующий контракт на поставку лесоматериала, в том числе досок лиственных и хвойных пород, досок(брусков) и шпона березового лущеного). Вместе с партнерами из Китая сотрудничает со шведской фирмой «ИКЕА». «СИБИРЬЛЕС» первым в Томской области получил сертификат FSC. Сертификат выдан 44 органом по сертификации «Rainforest Alliance» на основе оценки, проведенной компанией «НЭПКон». Компания ведет закупки у сторонних держателей сертификатов. В 2016 году был успешно пройден аудит по стандарту IWAY .

Площадь участка для размещения котельной – 2087,0 м².

На участке размещаются котельная на древесных отходах с установленным паровым котлом КЕ-10-14 ДВ, труба дымовая, транспортер подачи топлива, дымосос, циклон, бункер «живое дно» 18м³.

Климатические характеристики района:

Снеговой район - IV с расчетным значением снегового покрова 2,4кПа.

Ветровой район - III с нормативным значением ветрового давления 0,38кПа.

Расчетная температура наиболее холодной пятидневки минус 43°С.

Сейсмичность района –6 баллов.

Внутренняя температура в котельном зале + 12°С

Высота котельного зала - 9,00 м (до низа ферм)

Целью производственной котельной для ООО «СИБИРЬЛЕС» является покрытие потребностей предприятия в насыщенном паре.

Для выработки пара в котельной устанавливаются паровой котел КЕ-10-14ДВ со вспомогательным оборудованием.

Максимальная паровая нагрузка 7,0 т/ч на нужды предприятия.

Трубопровод пара $P=10$ кгс/см² $T=175^{\circ}\text{C}$.

В качестве основного топлива определены древесные отходы

2.2 Принципиальная тепловая схема котельной установки, параметры в узловых точках схемы

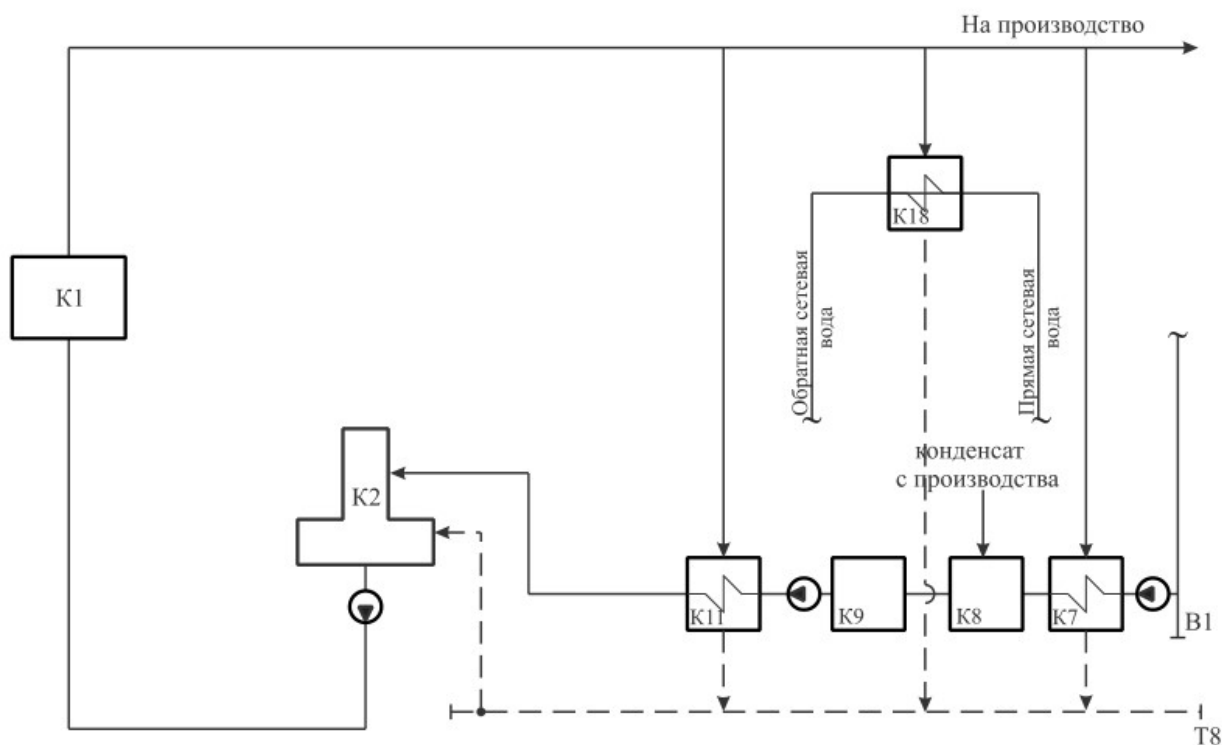


Рисунок 1- Тепловая схема котельной: К1-котел, К2-деаэратор. К7-теплообменник, К8-блок водоподготовки, К9- бак накопитель, К11-теплообменник. К18-теплообменник.

2.2.1 Описание тепловой схемы

В производственной котельной размещается котловая ячейка с паровым котлом КЕ-10-14 ДВ с котельно-вспомогательным оборудованием.

Установленный котел в номинальном режиме вырабатывает $Q=10$ т/ч насыщенного пара с рабочим давлением на выходе $P=13$ кгс/см² и температурой $T=194^{\circ}\text{C}$. Котел оборудован вихревой топкой для сжигания древесных отходов.

Исходная вода из водопровода предприятия подается в бак запаса исходной воды К5. Откуда при помощи насосов исходной воды К6 (1 рабочий и 1 резервный) подается на пластинчатый теплообменник К7, где подогревается до 25°C . Из теплообменника исходная вода поступает в блок водоподготовительного оборудования К8, где происходит ее осветление и умягчение, откуда хим. очищенная вода подается в бак накопитель К9. Из бака К9 при помощи насосов ХОВ К10 (1 рабочий и 1 резервный) вода подается на пластинчатый теплообменник К11, где подогревается до 110°C . (см. Приложение).

После чего хим. очищенная вода подается в щелевой деаэратор К2. Уровень воды в деаэраторе регулируется электрическим клапаном.

Питательная вода из щелевого деаэратора К2 и бака накопителя К3 подается на питательные насосы К4 (1 рабочий и 1 резервный), откуда по трубопроводам подаются в экономайзер К27 и затем в верхний барабан котла К1, регулирование давления и температуры питательной воды осуществляется задвижками. На питательной линии перед экономайзером устанавливается регулирующий клапан осуществляющий регулирование уровня воды в допустимых пределах в верхнем барабане котла. На напорном коллекторе устанавливается регулирующий клапан рециркуляции сбрасывающий излишки питательной воды в бак деаэратор.

Из бака накопителя К3 насосом К28 подается вода на охлаждение потолочного экрана топки. После топки вода возвращается в бак накопитель К3.

Насыщенный пар, вырабатываемый котлом К1 поступает на паровой коллектор. С парового коллектора пар разбирается на технологические нужды предприятия и собственные нужды котельной, а именно:

- подогрев исходной воды в пластинчатом теплообменнике К7;

- подогрев хим. очищенной воды в пластинчатом теплообменнике K11;
- подогрев воды в пластинчатом теплообменнике K18 для системы вентиляции. Для регулирования температуры воды после пластинчатых теплообменников на паровых трубопроводах предусмотрен регулирующий клапан.

Трубопровод непрерывной продувки от устанавливаемого котла заводится в существующий коллектор непрерывной продувки котельной. Трубопроводы напорного и безнапорного дренажей заводятся в дренажные каналы котельной. Выхлопные атмосферные трубопроводы с предохранительных клапанов котла выводятся за пределы котельной через кровлю. Для определения качества котловой воды и вырабатываемого пара устанавливаемого котла в котельной устанавливается двухточечный холодильник отбора проб.

Дымовые газы, пройдя через воздухоподогреватель, экономайзер, циклон и дымосос отводятся по стальным газоходам к самонесущей дымовой трубе. Воздух для горения котла берется с улицы, после чего подогревается в воздухоподогревателе и при помощи 2х дутьевых вентиляторов подается в топку котла.

2.3 Характеристики основного и вспомогательного оборудования

2.3.1 Основное оборудование

К основному оборудованию относится паровой котел KE-10-14 ДВ производства «Бийский завод энергетического машиностроения» с вихревой топкой для сжигания древесных отходов.

Котел предназначен для выработки насыщенного пара, используемой для различных технологических нужд промышленных предприятий. Основные технические характеристики котла приведены в табл. 1

Таблица 1 - Технические данные и характеристики для котла КЕ-10-14 ДВ

Наименование показателя	Обозначение	Величина
Номинальная паропроизводительность, т/ч	D _{ном}	10
Абсолютное давление в барабане, МПа	P _а	1,4
Рабочее давление котла, МПа	P _р	1,3
Радиационная поверхность нагрева, м ²		54
Конвективная поверхность нагрева, м ²		234
Температура пара, °С		194
Водяной объем котла, м ³		10
Паровой объем котла, м ³		2,51
Расчетное топливо		Древесные отходы
Низшая теплота сгорания расчетного топлива, кДж/кг	Q _{н^p}	8087
Влажность, не более	%	50
Расход расчетного топлива, кг/ч:	B _р	3400
Состояние или температура пара, °С	t _п	насыщенный
Температура уходящих газов за котлом, °С, не более	t _г	330
Температура уходящих газов за воздухопод, °С, не более	t _г	200
Аэродинамическое сопротивление, Па (кгс/м ²)- газового тракт - воздушного тракта	P	130 150
Температура воздуха перед ВДН, °С, не менее	t _в	30
Разряжение в топке, Па (кгс/м ²)	P _т	2
Коэффициент избытка воздуха	α	1,3
КПДпри работе на древесных отходах	%	82,0
Температура питательной воды, °С	t _{п.в.}	104

Топочная камера ограничена зажимающей решёткой, боковые стенки нижней части топки выложены из огнеупорного кирпича. Фронтной экран топочной камеры делится Ø 219x8 мм на две части: верхняя часть экрана выполнена из труб Ø51x2,5 мм с шагом 130 мм, нижняя часть – из ошпированных (шипы Ø 10 мм, длина – 25 мм) труб Ø51x5 мм с шагом 110 мм (зажимающая решётка). Предтопок скоростного горения представляет собой вертикальную шахту под которую устанавливается вихревая топка Предтопок

отделяется от топочной камеры зажимающей решеткой. Зажимающая решётка формирует слой топлива в предтопке и удерживает его от просыпания и выноса в топочную камеру. В топочной камере для организации вихря устанавливается газоплотный экран с газовыпускным окном с целью вывода газов в камеру дожигания. Для создания вихря в газовыпускное окно устанавливается улитка (чертеж 9), в которую подается воздух от вентилятора острого дутья. Топочная камера, для уменьшения потерь с уносом и химическим недожогом делится кирпичной шамотной перегородкой на две части: собственно топку и камеру догорания. Между первым и вторым рядами труб котельного пучка устанавливается шамотная перегородка, отделяющая кипяtilьный пучок от камеры догорания. Таким образом, первый ряд труб котельного пучка – задний экран камеры догорания. Внутри котельного пучка чугунная перегородка делит его на первый и второй газоходы. Выход газов из камеры догорания и из котла асимметричен.

Трубы зажимающей решетки особенно при работе котлов на пониженных параметрах пара (давление ниже 1,4 МПа), подвержены сильному истиранию. Это связано с повышением в составе продуктов термоллиза, конденсирующихся на стенках труб, доли различных кислот, что приводит к заметной коррозии металла. Движущий слой топлива снимает пленку окислов с труб, процесс коррозии продолжается. И стенка постепенно утоняется до недопустимых размеров. Для контроля стенки труб зажимающей решетки необходимо регулярно, примерно через 1000 часов работы, производить замеры в определенных заранее местах.

Для предотвращения этого явления по длине трубы в зоне нижнего пережима со стороны топлива на высоту около 1 м привариваются стальные прутки диаметром 10 мм (рисунок 1). При этом повышается температура стенки трубы со стороны слоя топлива и уменьшается конденсация кислых смол. Кроме того, наваренный металл принимает на себя весь износ.

Топливо поступает в предтопок с помощью шнеков, с регулируемыми оборотами от двигателя с частотным регулятором, через понижающий редуктор.

Трубы топочных экранов верхними и нижними концами приварены к камерам. Верхний и нижний барабаны соединены развальцованными в них трубами, образующими конвективный пучок.

Барабаны изготавливаются из стали 09Г2С ГОСТ 5520-79 толщиной 13 мм. Для внутреннего осмотра на днищах барабанов имеются лазы размером 325х400 мм. На верхнем барабане приварены патрубки для установки предохранительного клапана, для ввода питательной воды, для главной паровой задвижки, для вентиля для отбора проб пара и собственных нужд. В водяном пространстве верхнего барабана установлена питательная труба, а паровом пространстве – паросепарационные устройства.

На днище верхнего барабана установлены два штуцера 32х3 для автоматики.

Для установки водоуказательных приборов прямого действия в цилиндрическую часть верхнего барабана вварены две соединительные трубы 57х3 мм.

В нижнем барабане установлено устройство для прогрева барабана, патрубков для напорного слива, патрубков для непрерывной продувки.

Котел имеет силовой, обшивочный каркас. Площадки и лестницы, расположенных в местах, необходимых для обслуживания арматуры, водоуказательных приборов, лазов, лючков, гляделок.

Котел снабжается контрольно-измерительными приборами, и арматурой в пределах котла, двумя предохранительными клапанами, установленными на барабане.

На днище нижнего барабана – вентиль и обратный клапан для прогрева, на патрубке периодической продувки - два запорных вентиля, на линиях периодической продувки на всех нижних камерах экранов - по два запорных вентиля, и одному сливному вентилю.

Вихревая топка- камерная топка стационарного котла с многократной циркуляцией топливовоздушной смеси, которая достигается благодаря специальной форме стен топки, компоновке горелок и способу подачи топлива и воздуха.

В вихревых топках благодаря аэродинамической схеме обеспечивается глубокое низкотемпературное выжигание горючих из частиц с одновременным устранением образования внутритопочных и натрубных отложений, характерных для высокотемпературных топочных процессов. Принципы работы вихревой топки

Топка механизирована, шурующая планка распределяет топливо по длине колосниковой решетки.

В надслоевом объеме котла организуется вторичное дутье, обеспечивающее вихревое перемешивание летучих веществ с воздухом и центробежное удержание частиц топлива до их полного выгорания.

Колосниковая решетка имеет три зоны воздушного дутья с независимым регулированием. Кроме того, из-под конвективного пучка организуется возврат уноса, выполняющий одновременно роль острого дожигающего дутья.

Реализованная схема воздушного дутья обеспечивает высокую маневренность котла, высокую эффективность топочного процесса и широкий диапазон регулирования нагрузок (до 120%).

Топка с шурующей планкой имеет цепной привод, что обеспечивает плавность хода и высокие эксплуатационные характеристики.

Продукты сгорания на выходе из топки дожигаются по экологически эффективной схеме ступенчатой подачи дутья в вихре, в потоке острого дутья, удерживающего частицы в топке. Далее дымовые газы охлаждаются в камере дожигания, двухходовом конвективном пакете.

Вихревая топка имеет следующие достоинства и преимущества:

1). Система подачи дожигающего острого дутья обеспечивает:

- низкие выбросы оксидов (CO , NO_x , SO_2 - зависит от состава золы) в атмосферу;

- низкий химический и механический недожог и соответственно высокий К.П.Д. и экономию топлива;

2). Механизированные водоохлаждаемые дожигательные решетки просты в эксплуатации, надежны в работе и обеспечивают:

- шуровку слоя и выгрузку догоревшего шлака;

- возможность полной автоматизации топочного процесса.

3). Активная вихревая аэродинамика обеспечивает:

- появление заметной доли конвективной составляющей теплообмена топочных экранов;

- удержание частиц в топке и заполнение вихря излучающим потоком частиц и соответственно сглаживание неравномерностей тепловыделения и подавление излучающего ядра факела;

- повышение степени черноты топки и конвективного теплообмена даже при увеличении теплонапряженности топки снижают максимумы температуры в топке и создают низкотемпературный топочный процесс, тепловосприятие экранов пониженное и равномерное, что увеличивает надежность их работы;

- низкотемпературный топочный процесс подавляет эмиссию вредных оксидов и возгонку золы, экраны топки не шлакуются;

- за счет конвекции от циркуляции вихря, чистых экранов, большего и равномерного излучения от удерживаемых в вихре частиц интенсивность теплообмена возрастает, температурное поле в топке более равномерное, а температура снижается, таким образом, обеспечивается более надежный и эффективный низкотемпературный топочный процесс.

За котлом устанавливается легко очищаемый стальной экономайзер. Топка выполняется по индивидуальному проекту (с учетом вида основного и резервного топлива, типа котла и др.) и вписывается в имеющийся топочный объем, в том числе с сохранением габаритов котла.

В котлах при организации топочного процесса по этому способу, за вихревой топкой практически нет выноса искр, интенсивное горение сосредоточено в камере сгорания. Температура в вихревой камере не превышает уровня начала размягчения и интенсивной возгонки золы. Продукты сгорания охлаждаются в топке, не содержат липких, расплавленных частиц золы и могут направляться для охлаждения в конвективный газоход котла без опасности его зашлаковывания. Активная аэродинамика, формируемая в топке, позволяет обеспечить равномерное заполнение топки факелом, что благотворно влияет на работу экранов паровых котлов. Система раздачи вторичного дутья,

организуемая на выходе из вихревой топки, позволяет обеспечить глубокое дожигание. По имеющемуся опыту данная вихревая технология за счет обеспечения хорошего перемешивания потоков может быть приспособлена для дожигания горючих в шлаке уносе и химнедожоге и повышения экономичности типовых слоевых котлов.

Таким образом, вихревая технология это:

- Высокий КПД и экономичность;
- Высокие экологические показатели;
- Возможность сжигания любых марок углей, в том числе с высокой зольностью ($>25\%$), а также измельченных отходов, отсевов и шламов.

2.3.2 Вспомогательное оборудование

Для обеспечения требуемых параметров работы котельной к установке принято следующее оборудование:

- Теплообменники

Основное назначение теплообменников - это передача тепла между двумя разделенными между собой средами.

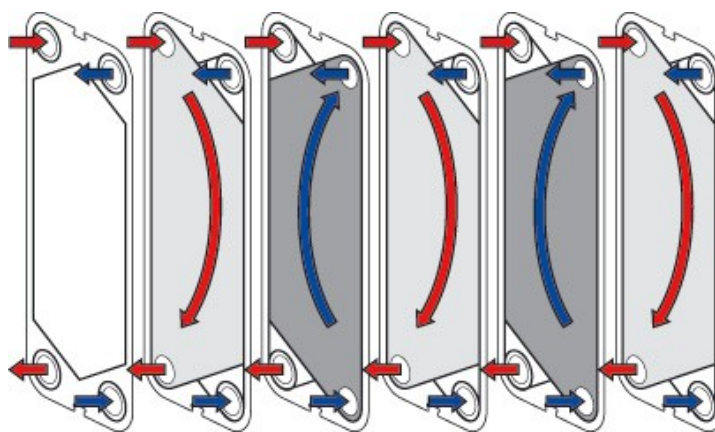


Рисунок 2-Принцип работы пластинчатого теплообменника

Передача тепла в пластинчатых теплообменниках осуществляется от горячего теплоносителя к холодной (нагреваемой) среде через стальные гофрированные пластины, которые установлены в раму и стянуты в пакет. В процессе теплообмена жидкости движутся навстречу друг другу

(впротивотоке). В местах их возможного перетекания находится либо стальная пластина, либо двойное резиновое уплотнение, что практически исключает смешение жидкостей.

- Теплообменник исходной воды

Таблица 2 - Технические данные и характеристики теплообменника исходной воды NT50THV/CDS-16/10-VITON-STEAMQ=0,27 Гкал/ч , производства Машимпекс

Наименование показателя	Контур	
	Гор. сторона	Хол. сторона
Среда	пар	Вода
Массовый расход, кг/ч	561	13491
Объемный расход, м³/ч	108,77	13,5
Температура на входе, °C	180	5
Температура на выходе, °C	80	25
Потери давления, мбар	17,67	48,3
Тепловая нагрузка, ккал/ч	270000	
Запас площади поверхности, %	111,96	
Эффективная площадь, м²	0,54	
Число пластин, компоновка пластин	10	
Компоновка каналов	1x4	1x5
Материал прокладок	Viton/ glued	
Рабочее/пробное давление, кгс/см²	16,9/20.80	
Толщина, материал пластин	0,5 мм AISI316	
Расчетная температура, °C	200	
Соединения	Соединение фланцевое Ду50	Соединение фланцевое Ду50

-Теплообменник подогрева

Таблица 3- Технические данные и характеристики - теплообменникподогрева ХОВ NT50THV/CDS-16/28-VITON-STEAM. Q=0.9Гкал/ч, производства Машимпекс

Наименование показателя	Контур	
	Гор. сторона	Хол. сторона
Среда	пар	Вода

Продолжение Таблицы 3

Массовый расход, кг/ч	1870	10109
Объемный расход, м³/ч	362,57	10,31
Температура на входе, °C	180	20
Температура на выходе, °C	80	109
Потери давления, кПа	23,37	5,536
Тепловая нагрузка, ккал/ч	900000	
Запас площади поверхности, %	110,03	
Эффективная площадь, м²	4,39	
Число пластин, компоновка пластин	28	
Компоновка каналов	1x13	1x14
Материал прокладок	Viton/ glued	
Рабочее/пробное давление, кгс/см²	16,9/20,80	
Толщина, материал пластин	0,5 мм AISI316	
Расчетная температура, °C	200	
Соединения	Соединение фланцевое Ду50	Соединение фланцевое Ду50

-Теплообменник вентиляции

Таблица 4 -Технические данные и характеристики теплообменника вент. установки NT50THV/CDS-16/14-VITON-STEAM
 $Q=0.4$ Гкал/ч, производства Машимпекс

Наименование показателя	Контур	
	Гор. сторона	Хол. сторона
Среда	пар	Вода
Массовый расход, кг/ч	831	15951
Объемный расход, м³/ч	161,14	16,44
Температура на входе, °C	180	70
Температура на выходе, °C	80	95
Потери давления, мбар	18,85	36,32
Тепловая нагрузка, ккал/ч	400000	
Запас площади поверхности, %	182,8	
Эффективная площадь, м²	20,5	
Число пластин, компоновка пластин	14	
Компоновка каналов	1x6	1x7
Материал прокладок	Viton/ glued	
Рабочее/пробное давление, кгс/см²	16,9/20,80	
Толщина, материал пластин	0,5 мм AISI316	
Расчетная температура, °C	200	
Соединения	Соединение фланцевое Ду50	Соединение фланцевое Ду50

- Деаэратор

Деаэрационная установка состоит из следующего оборудования:- деаэратор щелевой ДЩ(А)-10-0,4 (1 рабочий) производительностью $Q=10$ т/ч, производства ООО «КВАРК», г.Москва;

- бак объемом $V=8$ м³ (1 рабочий) производства ООО «КВАРК», г.Москва.

Щелевые деаэраторы «КВАРК» марки ДЩ предназначены для удаления из воды и других жидкостей растворенных коррозионно-активных газов и являются термическими атмосферно-вакуумными деаэраторами гидродинамического типа.

Щелевые деаэраторы применяются в системах питания паровых и водогрейных котлов, водоподготовки подпиточной воды тепловых сетей, удаления растворенного воздуха в технологических циклах пищевых, фармацевтических, химических и нефтехимических производств, а также в иных технологических схемах, в которых требуется деаэрация воды.

Современный способ деаэрации

Деаэрация в деаэраторе «КВАРК» происходит без подвода пара или другого теплоносителя. В обычном барботажном термическом деаэраторе подогрев воды происходит контактным способом за счет подачи пара или перегретой воды непосредственно в деаэраторный бак. В щелевом деаэраторе подогрев воды может производиться в любом теплообменнике перед деаэратором. Разделение стадий подогрева воды и собственно деаэрации значительно повышает надежность работы деаэратора, позволяет экономить энергоресурсы и обеспечивает стабильность деаэрации в переменных режимах (при резком изменении расхода деаэрируемой воды).

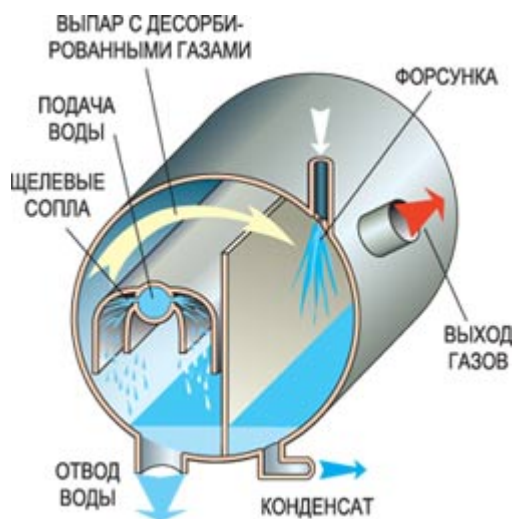


Рисунок3- Принцип работы деаэратора

Для запуска деаэратора достаточно подать во входной патрубок воду, нагретую на несколько градусов выше температуры насыщения. Далее деаэрируемая вода поступает на щелевые сопла, где происходит увеличение скорости потока и его вскипание. Затем двухфазный поток направляется на профилированную криволинейную поверхность, где за доли секунды эффективно разделяется на выпар и деаэрированную воду. Деаэрированная вода стекает в деаэраторный бак. Выпар, содержащий коррозионно-активные газы, отводится на встроенный либо вынесенный охладитель выпара и далее выбрасывается через воздушную свечу в атмосферу, либо отсасывается вакуум-эжектором или вакуумным насосом.

- Энергосберегающий эффект

Полное исключение проскоков барботажного пара, незначительные потери на излучение с поверхности деаэратора, температурная стабилизация процесса деаэрации позволяет экономить до 3% от общего расхода тепла на деаэрацию. Щелевой деаэратор «КВАРК» в модификации со встроенным охладителем выпара позволяет полностью утилизировать тепло выпара, большая часть которого в традиционном деаэраторе просто сбрасывается в атмосферу.

- Надежность

Деаэраторы «КВАРК» изготавливаются из нержавеющей стали, конструкция деаэратора обеспечивает быстрый выход на рабочий режим

и устойчивое качество деаэрации в широком диапазоне расходов со полным исключением гидроударов, проскоков недеаэрированной воды, режимов захлебывания и влагоуноса. Деаэраторный бак используется совместно с щелевым деаэратором в качестве аккумуляторной безнапорной емкости и может быть любой конфигурации. Барботаж в баке деаэрированной воды не производится, что в несколько раз увеличивает его рабочий ресурс.

Таблица 5-Технические данные и характеристики щелевых деаэраторов «КВАРК»

Наименование параметра	Типы щелевых деаэраторов «КВАРК»: ДЩ(А)
Рабочее давление в контактной зоне деаэратора, МПа абс	0,10-0,14
Диапазон номинальных расходов, т/ч (в скобках - для модификации со встроенным охладителем выпара ДЩ(ОВС))	1-800 (1-400)
Температура воды на входе в деаэратор, °С	100-109
Избыточное давление воды на входе в деаэратор, МПа изб	0,3-0,6
Нагрев воды в деаэраторе, °С	отсутствует
Содержание растворенного кислорода в деаэрированной воде на выходе из деаэратора, мкг/кг, не более: - при содержании O_2 в исходной воде не более 13 мг/кг - при содержании O_2 в исходной воде не более 1,0 мг/кг	
	20
	20
Содержание свободной углекислоты в деаэрированной воде, мг/кг, не более: - при содержании свободной CO_2 в исходной воде не более 20 мг/кг и бикарбонатной щелочности более 0,7 мг-экв/кг - при содержании свободной CO_2 в исходной воде не более 10 мг/кг и бикарбонатной щелочности 0,4-0,7 мг-экв/кг - при содержании свободной CO_2 в исходной воде не более 5 мг/кг и бикарбонатной щелочности 0,2-0,4 мг-экв/кг	Отсутствует
	Отсутствует
	Отсутствует
Удельный расход выпара ^[2] , мкг/кг	2,0-4,0

- Дымосос

Дымосос ДН-12,5-1500 с двигателем мощностью $N=55,0$ кВт $n=1500$ об/мин с карманом всасывающим, производства ООО «БЗЭМ», г.Бийск

Центробежные дымососы одностороннего всасывания типа ДН предназначены для отсасывания дымовых газов из топок котельных агрегатов, оборудованных эффективно действующими системами золоулавливания, а также для отсасывания дымовых газов из топок газомазутных котельных агрегатов.

При работе на озоленных дымовых газах рабочие колеса дымососов типа ДН отличаются повышенной износоустойчивостью и являются самоочищающимися.

Основными узлами дымососов являются рабочее колесо, ходовая часть, улитка, входной патрубок, направляющий аппарат, рама ходовой части. Рабочее колесо дымососа состоит из крыльчатки и ступицы. Крыльчатка представляет собой сварную конструкцию, состоящую из листовых назад загнутых или вперед загнутых лопаток, расположенных между основным и покрывным дисками. Ходовая часть дымососов состоит из вала, соединительной упругой втулочно-пальцевой муфты и подшипников, расположенных в литом корпусе, имеющем горизонтальный разъем.

-Циклон

Циклон ЦН-15-900х4УП номинальной производительностью 26000 м³/ч, производства ООО «БЗЭМ», г.Бийск;

Циклоны ЦН-15 предназначены для сухой очистки газов. Указанные циклоны рекомендуется применять для улавливания:

- зола из дымовых газов;
- пыли, уносимой из сушилок;
- пыли, уносимой газом из аппаратов, в которых протекают процессы со взвешенными в газе частицами;
- пыли, образующейся при пневматической транспортировке материалов;
- для очистки загрязненного воздуха с начальной запыленностью до 400 г/м³.

Для очистки воздуха от взрывоопасной, сильнослипающейся и волокнистой пыли циклоны ЦН-15 применять не следует. В зависимости от расхода очищаемого воздуха циклоны могут применяться как в одиночном исполнении, так и в групповом, состоящем из 2-х, 4-х, 6-и и 8-ми циклонов. При подборе типоразмера циклона надо учитывать, что с увеличением диаметра циклона степень очистки воздуха уменьшается. В связи с этим не рекомендуется применять циклоны с диаметром более 800-1000мм. Конструкция циклона рассчитана на температуру до 400°С и разряжение (давление) 5(500) кПа (кгс/м²) .

При работе циклонов должна быть обеспечена выгрузка пыли. При этом уровень пыли в бункерах должен быть не выше плоскости, расположенной от крышки бункера на 0,5 диаметра циклона.

В технической характеристике приведены значения производительности, отнесенные к скорости в цилиндрической части циклона $V=2,5$ и $4,0$ м/с. В обычных условиях оптимальной считается скорость $4,0$ м/с.



Рисунок 4- Принцип работы циклона

-Воздухоподогреватель

Воздухоподогреватель ВП-О-444 с площадью нагрева $F=444$ м², производства ООО «БЗЭМ», г.Бийск.

Стальной трубчатый воздухоподогреватель ВП-О-444 производства ОАО «Бийский котельный завод» предназначен для комплектации котлов КЕ, работающих на высоковлажных топливах (фрезерном торфе, древесных отходах и бурых углях). Воздухоподогреватели устанавливаются в качестве хвостовой поверхности нагрева котельного агрегата. Воздухоподогреватель ВП-О-444 представляет собой жёсткую конструкцию из трубных пакетов, каркаса с плотной обшивкой и воздухоперепускным коробом.

Трубный пакет является поверхностью нагрева воздухоподогревателя ВП-О-444 (поверхность нагрева 444 кв.м.) и состоит из стальных параллельных труб, расположенных в шахматном порядке и вваренных в трубные доски. Газ движется внутри труб, а воздух - в межтрубном пространстве.

Нагретый воздух подается в топочную камеру либо на сушку топлива.

Установка воздухоподогревателей ВП-О-444 увеличивает экономичность котельного агрегата за счёт снижения потерь тепла с уходящими газами.

При применении воздухоподогревателей ВП-О-444 улучшается процесс горения топлива, что связано с повышением температурного уровня в топке. Воздухоподогреватель ВП-О-444 является двухходовым по воздуху и газу.

-Экономайзер.

Экономайзер БВЭС-IV с площадью нагрева $F=239 \text{ м}^2$ производства ООО «БЗЭМ», г.Бийск;

Таблица 6- Технические данные и характеристики экономайзера

Наименование показателя	Значение
Наименование изделия	Экономайзер БВЭС-IV-1
Номер чертежа	00.9091.009
Площадь поверхности нагрева, м^2	113
Давление воды, МПа (кгс/см ²)	2,5(25)
Температура воды на выходе, С	100
Габаритные размеры (ширина)	1400

Продолжение Таблицы 6

Габаритные размеры (длина)	2350
Габаритные размеры (высота)	4200
Масса, кг	4317

Стальные экономайзеры разработаны с целью установки их вместо чугунных экономайзеров и используются в качестве неотключаемых поверхностей нагрева котлов.

Экономайзер БВЭС-IV-1 выполнен с коридорным расположением змеевиков, изготовленных из труб. У каждого второго змеевика места гибов отогнуты на угол 10° , что позволяет разместить два змеевика в одной плоскости и выполнить более плотный коридорный пучок.

Экономайзер БВЭС-IV-1 выполнен одноколонковым, пакет труб разделён на три секции.

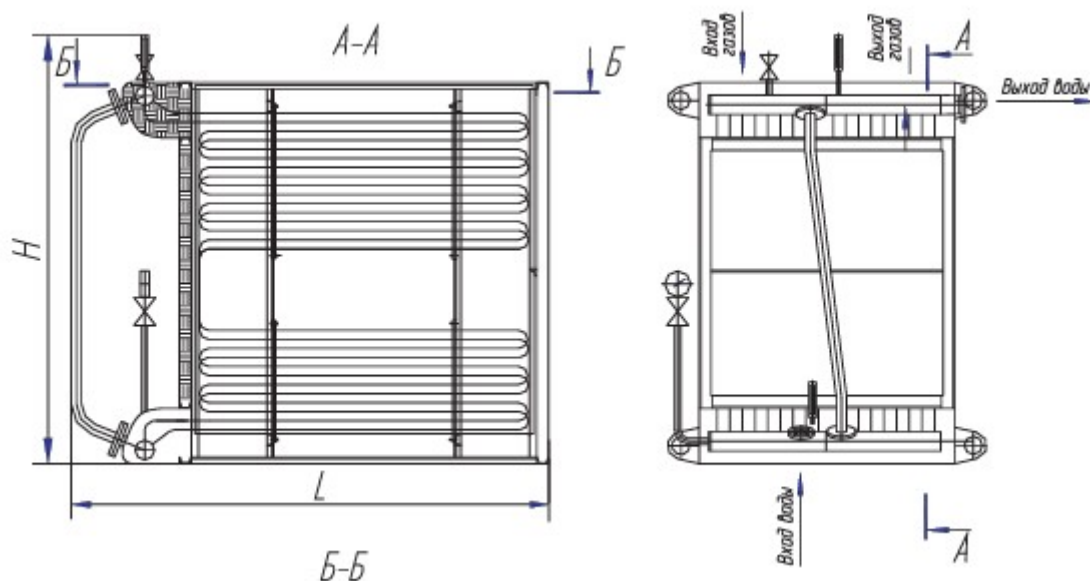


Рисунок 5- Общий вид экономайзера БВЭС-IV-1

Экономайзер БВЭС-IV-1 применяются для использования тепла уходящих газов серийно выпускаемых котлов типа Е (КЕ), Е (ДЕ) и ДКВр. Техническая характеристика стального экономайзера БВЭС-IV-1 приведены в таблице. Размеры хвостовых поверхностей нагрева для того или иного котла определяются величинами температуры уходящих газов, рассчитанными при оптимальных значениях скоростей газов и оптимальных разностях температур

на холодном конце экономайзер БВЭС-IV-1 Величина экономически наиболее выгоднейших скоростей газов находится в пределах 6-8 м/с. Величина скорости газов для многозольных топлив должна быть не ниже 9-10 м/с из-за опасности заноса золой хвостовой поверхности нагрева.

Трубы экономайзера БВЭС-4-1 укреплены на стойках, которые устанавливают на опорные балки коробчатой формы. Опорные балки крепят к каркасу. Балки изолируют, а иногда и охлаждают воздухом, путем присоединения их к дутьевому вентилятору (вентилятор ВДН, ВД). Как правило, трубы экономайзера БВЭС-4-1 располагают в шахматном порядке (лучший коэффициент теплоотдачи и меньший износ, чем при коридорном расположении).

Стальной экономайзер БВЭС-4-1 применяются для котлов с избыточным давлением пара выше 13 кгс/см², представляют собой несколько секций змеевиков, изготовленных из труб определенной длины и радиусагиба. Змеевики стальных экономайзеров типовых конструкций изготавливают длиной 1820 мм. Отдельные пакеты змеевиков не должны иметь более 25 рядов и высоту более 1,5 м. Между пакетами должны быть предусмотрены разрывы для размещения обдувочных устройств.

Стальной экономайзер бывает «не кипящего» и «кипящего» типа. В экономайзерах «кипящего» типа допускается вскипание и частичное испарение (до 25 %) питательной воды. Эти экономайзеры не отделяются от барабана котла отключающим устройством. При сжигании природного газа температура воды на входе в стальной экономайзер должна быть не ниже 65°С.

Экономайзер БВЭС-4-1 позволяет снизить затраты по расходу топлива на 10%, и хорошо komponуются с котлами серии ДКВР и другими котлами. По подсчетам специалистов, применение теплообменников уходящих газов (экономайзеров) позволяет экономить до 9% энергетического топлива, позволяет снижать эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу.

Могут быть предусмотрены самые различные технико-технологические варианты проектирования экономайзера котла. Возможно разнообразие вариантов исполнения экономайзера (встроенный, расположенный рядом,

отдельно стоящий). Встроенные экономайзеры котла поставляются в стандартной комплектации с обвязкой и сопутствующей арматурой.

На экономайзере БВЭС-IV-1 устанавливается арматура: на входе – обратный клапан, обводная линия с вентилем, вентиль запорный, регулятор питания, манометр, термометр, предохранительный клапан; на выходе – вентиль для выпуска воздуха (вантуз), манометр, предохранительный клапан, термометр, сгонная линия, запорный вентиль. Кроме того, на нижнем коллекторе экономайзера БВЭС-4-2 должна быть проведена установка трубопроводов, необходимых для спуска воды (сливной вентиль), а в удобных местах следует разместить устройства для отбора проб воды и измерения температур и давления, а на верхнем коллекторе котельной установки – вентиль для удаления воздуха.

Экономайзер БВЭС-IV-1 состоит из труб, согнутых в виде змеевиков, ввальцованных или вваренных в коллекторы круглого и квадратного сечений. Стальные экономайзеры должны иметь возможность отключаться от котла как по водяной, так и по газовой стороне, для чего у них обязательно делают свободный трубопровод питания и обводной газоход помимо экономайзера. На питательном трубопроводе как перед барабаном, так и перед входным коллектором стального экономайзера устанавливают запорные вентили и обратные клапаны.

- Вентиляторы.

- вентилятор первичного дутья В Д Н -9 - 1500 с двигателем мощностью N=15 кВт n=3000 об/мин, производства ООО «БЗЭМ». Вентилятор дутьевой центробежный котельный ВДН-9-1500 одностороннего всасывания предназначен для подачи воздуха в топку паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности;

- вентилятор вторичного дутья ВР-240-26 №4 исп. 1 с двигателем мощностью N=11 кВт n=3000 об/мин, производства ООО «Тайра»;

- вентилятор удаления уноса ВР-240-26 №3,15 исп. 1 с двигателем мощностью N=4 кВт n=3000 об/мин, производства ООО «Тайра».

Вентиляторы ВР 240-26 радиальные высокого давления предназначены для перемещения воздуха и других газов, обыкновенного качества, не выше агрессивности воздуха с температурой до + 80 0С, не содержащих пыли и других твердых примесей в количестве более 100 мг/м³, а также липких веществ и волокнистых материалов в условиях климата

Вентиляторы ВР 240-26 применяются для подачи воздуха в вагранки, печи, вентиляционные системы зерновых элеваторов и глубоких шахт, а также для установки в пневмотранспорт эжекционного типа и установки других различных технологических систем.

Вентилятор ВР 240-26 применяют в системах стандартной вентиляции и кондиционирования помещений, а также для подачи воздуха и неагрессивных воздушных смесей в печи, вентиляционные системы шахт, зерновые хранилища и т. д. Агрегаты находят применение в различных технологических системах и установках на производстве и в строительстве.

- Насосы

Для перекачки питательной и сетевой вода в котельной установлены многоступенчатые центробежные насосы высокого давления Helix:

- насос исходной воды Helix V 1605-1/16/E/S/400-50 3~ с двигателем мощностью N=4,0 кВт n=2900 об/мин (1 рабочий, 1 - резервный), подачей Q=13,0 м³/ч, напором H=55 м, производство "WILO", Германия; N=2,5 кВт n=2900 об/мин (1 рабочий, 1 - резервный), подачей Q=10,0 м³/ч, напором H=55 м, производство "WILO", Германия;

- насос питательный Helix V 1613-1/25/E/KS/400-50 3~ с двигателем мощностью N=9,0 кВт n=2900 об/мин (1 рабочий, 1 - резервный), подачей Q=12 м³/ч, напором H=155 м, производство "WILO", Германия;

- насос охлаждения топки Helix V 1603-1/16/E/S/400-50 3~ с двигателем мощностью N=2,2 кВт n=2900 об/мин (1 рабочий, 1 - резервный), подачей Q=16 м³/ч, напором H=30 м, производство "WILO", Германия.

- Установка умягчения воды Q=10 м³/ч, производство ООО "СК", г.Томск.

Двухступенчатая установка водоподготовки (диам. стакана 30 дюймов*72 дюйма) с установленным автоматическим клапаном "РАНСИН"

Для подготовки питательной воды парового котла КЕ-10-14ДВ применяется двухступенчатое умягчение. При двухступенчатом умягчении: исходную воду вначале умягчают в основных катионитовых фильтрах (фильтры I ступени) до остаточной жесткости 1000мкг.экв/л., а затем доумягчают в катионитовых фильтрах II ступени до конечной жесткости 20мкг.экв/л. Целью натрий-катионирования является удаление из воды ионов, обуславливающих ее жесткость, т.е. кальция и магния. Установленный автоматический клапан позволяет производить регенерацию натрий-катионитовых установок после прохождения установленного объема воды без участия человека.

- Холодильник отбора проб

- двухточечный холодильник отбора проб (3 рабочих) с площадью теплообмена $F=0,45 \text{ м}^2$ производства ООО «БЗЭМ», г.Бийск.

Холодильник двухточечный для отбора проб пара и воды предназначен для охлаждения отбираемых для химического анализа проб пара или воды до температуры 40 °С.

Холодильник отбора проб представляет собой цилиндрический сосуд с днищами. Корпус может быть разборным и неразборным. В неразборной модели днища приварены к корпусу. При разборном корпусе фланец крышки холодильника отбора проб присоединяют к фланцу корпуса болтами. Фланцевое соединение уплотняют паронитовой прокладкой. Внутри корпуса холодильника отбора проб расположен змеевик (одноточечный) или два змеевика (двухточечный) из нержавеющей стали. Концы змеевиков выведены через верхнее и/или нижнее днища холодильника в зависимости от модели. Холодильник двухточечный присоединяется по схеме котельной к магистрали с охлаждающей водой и к пробоотборным линиям. Линии отбора проб пара и воды должны быть оборудованы вентилями запорными.

Работа холодильника двухточечного, то есть отбор проб, может быть непрерывной или эпизодической.

- Бункер

- бункер «живое дно» 18м³ мощностью N=4 кВт, производства "КЕ Техника", г. Тверь.

На любом производстве, независимо от его вида, важно организовать бесперебойную работу. При производстве пеллеты необходимо обеспечить эффективность подачи сырья в сушильный комплекс, а при использовании топливного сырья – в котельные. Вопрос механизации топливного склада можно решить путём установки бункера с подвижным полом, именуемого в народе «живым дном» или «живым полом». Этот вид оборудования обеспечивает накопление сырьевого материала, а потом, в соответствии с установленным графиком, осуществляет равномерную регулярную подачу на сушку и в топку. <http://agro-russia.com> В связи с тем, что для топки используется не только однородное сырьё, но и различные крупные включения, то необходимо производить тщательный отсев нестандартного материала. Неоднородность сырья может стать причиной сбоя в производственном процессе. Слишком крупные неотсортированные элементы сырья могут даже привести к поломке оборудования. Поэтому, с целью обеспечения непрерывной работы, и равномерной механизированной подачи материала будет полезным использование бункера с подвижным полом. Работа с качественно отсортированным материалом и отсутствие сбоев в производстве послужат фактором увеличения эксплуатационного срока оборудования.

Бункер объемом 18куб. м предназначен для приема, накопления, кратковременного хранения и последующей подачи на шнековый, скребковый или ленточный транспортер сыпучего и слабо сыпучего не слеживающегося или слабослеживающегося сырья. Бункер позволяет работать с древесными опилками и щепой, мелкофракционными сельскохозяйственными отходами — дробленой соломой, кострой льна, лузгой подсолнечника, шелухой гречихи и риса, с фрезерным торфом и другими подобными материалами.

Предназначен для подачи сырья, опилок или щепы в сушильный барабан. Влажность материала может варьироваться в широких пределах, не

приводящих к его значительному слипанию. Размер фракции материала до 50 мм.

Бункер «живое дно» используется для организации топливного склада в системах топливоподачи для твердотопливных теплогенераторах и котлов, Для организации складов сырья в системах загрузки в сушилки, в качестве промежуточного склада сухого сырья перед участком гранулирования или брикетирования.

Конструктивно бункер состоит из двух оснований, бортов, двух подвижных балок со скребками и двух гидроцилиндров. В комплекте так же поставляются гидростанция, шкаф управления, датчики положения подвижных балок. Все элементы выполнены в транспортном габарите. Каждое из оснований выполнено в виде плоской рамы из швеллера, зашитой в верхней части металлическим листом с подкреплением уголком. На основании закреплены контрскребки. Основания соединяются между собой при помощи сварки в процессе монтажа. Борта выполнены в виде каркаса, зашитого изнутри профильным листом. Борта устанавливаются после соединения оснований между собой так же на монтаже. Подвижная балка с четырьмя скребками устанавливается на основание при помощи двух опор линейного скольжения. Гидроцилиндр закрепляется к кронштейну основания и кронштейну подвижной балки. Силовая схема замыкается металлоконструкцией, потому специальных фундаментов не требуется.

Работа бункера осуществляется движением балок со скребками вперед (рабочий ход) до срабатывания датчика переднего положения, и движения балки со скребками назад (холостой ход) до срабатывания датчика заднего положения.

Взаимное движение балок может поочередным, одновременным или противоположенным

Монтаж бункера производится на фундамент (бетонный пол) или выровненную и уплотненную площадку с гравийно-песчаным покрытием.

-Транспортерскребковый

транспортер подачи топлива КС-400 мощностью $N=3$ кВт, производства ООО "Промконвейер, г.Барнаул.

Транспортер скребковый КС используется для подачи топлива в бункеры топок на механизированных котельных.

Предназначен для горизонтального, полого наклонного, горизонтально-наклонного транспортирования топлива. Конструкция транспортера позволяет осуществлять быстрый пуск и остановку при полной загрузке, располагать загрузочные и разгрузочные патрубки практически в любой точке. Управление транспортером автоматическое, дистанционное.

2.4 Описание технологии подготовки древесных отходов для сжигания

Наибольший интерес для промышленного использования, с точки зрения количества и качества, представляют отходы лесопиления и деревообработки. На лесопильных заводах количество отходов составляет приблизительно 30% – 35% от исходной древесины, на мебельных фабриках – 45%, а на фанерных заводах – 53% – 57% [7].

Для получения энергии могут использоваться практически все отходы деревообработки и лесопиления: горбыль, рейки, срезки, короткомер, стружка, опилки, отходы производства технологической щепы, кора, причем, как в естественном своем виде, так и в качестве топливной щепы.

Важнейшей характеристикой отходов является влажность. По влажности древесные отходы разделяют на высоковлажные, имеющие влажность выше 50%, влажные – от 25% до 50% и сухие – менее 25% [8].

Влажность древесных отходов зависит от того, на каком этапе переработки они образовались. Отходы лесозаготовительной промышленности и лесопиления имеют влажность свежесрубленной древесины. Она зависит от породы древесины и изменяется в пределах от 30% до 100%. Отходы деревообработки имеют также большой разброс влажности. Та древесина, которая прошла атмосферную сушку на открытом воздухе, имеет влажность

воздушно сухой древесины 13% – 20%, после камерной сушки древесина имеет влажность 8% – 12% [8]. Так же в деревообработке существуют высоковлажные отходы фанерного производства, которые имеют влажность более 100%, так как перед лущением чураки предварительно проходят операцию проваривания.

По размеру куска или частицы древесные отходы различны. Имеются мелкие сыпучие отходы, такие как опилки, стружка и топливная щепа, размеры которых от 2 до 30 мм, и крупные кусковые отходы – рейки, горбыли, срезки и т. п., длина которых достигает 1 – 2 м и более, а ширина 100 – 200 мм.

Кусковые отходы перед сжиганием должны пройти соответствующую подготовку — измельчение до получения из них массы с приблизительно одинаковыми размерами частиц, позволяющими успешно применить для их погрузки, разгрузки и транспортирования обычные средства механизации этих процессов, а также обеспечивающими эффективное сжигание таких частиц простейшим слоевым способом.

Полностью механизировать процесс топливоотдачи древесных отходов в топочные устройства котлоагрегатов трудно, поэтому древесные отходы перед их использованием в котельных обычно измельчают. Весьма сложным является вопрос определения оптимальных размеров частиц, до которых надо измельчать кусковые древесные отходы перед их сжиганием.

Обратимся к опыту сжигания горючих ископаемых. Сжигание каменных углей в современных мощных котельных установках осуществляется при измельчении кусков топлива в высокодисперсную угольную пыль. При этом угольная пыль сжигается при помощи элементарных горелок в простейших топочных устройствах, представляющих собой камеру, экранированную со всех сторон трубными решетками (экранами). Такой способ позволяет эффективно сжигать даже отходы каменного угля с весьма малой активностью, непригодные для сжигания слоевым способом. Пылеугольный способ сжигания твердого топлива дает возможность механизировать все процессы производства тепла при минимальном количестве обслуживающего персонала, предельно упростить и унифицировать топочные устройства.

Однако сжигание каменных углей в пылевидном состоянии целесообразно только в случае, если паропроизводительность котлов превышает 35 т в час. Это обусловлено тем, что для применения пылеугольного сжигания необходимо построить дополнительную сложную систему пылеприготовления, для обслуживания которой требуется дополнительный штат обслуживающего персонала, что экономически целесообразно только для мощных котельных.

В котельных лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий применяются в основном котлоагрегаты с паропроизводительностью до 20 т в час, а следовательно, топливо-подготовка, предусматривающая сжигание всего древесного топлива в пылевидном состоянии экономически не оправдана. При этом следует иметь в виду, что приготовление высокодисперсной пыли из древесины задача более сложная, чем измельчение до такой же степени дисперсности каменных углей и антрацитов, отличающихся большей по сравнению с древесиной хрупкостью.

В топочных устройствах слоевого типа освоено сжигание древесного топлива различного гранулометрического состава, начиная с дров в виде метровых поленьев и кончая опилками с размером частиц не более 6 мм. Таким образом, оптимальный размер частиц, до которого следует измельчать дрова и кусковые древесные отходы, в принципе нужно определять исходя из минимальных затрат энергии на измельчение древесины, с одной стороны, при обеспечении возможности полной механизации и автоматизации процессов топливоподачи — с другой.

Создание специальных машин для измельчения дров и древесных отходов в топливную щепу с оптимальными размерами частиц в настоящее время встречает определенные трудности. Поэтому для производства топливной щепы применяются рубительные машины, разработанные для производства технологической щепы. Это оправдано, с одной стороны, необходимостью унификации парка рубительных машин в лесозаготовительной отрасли. С другой стороны, топливную щепу, полученную на таких рубительных установках, можно успешно сжигать вместе с опилками в одних и

тех же топочных устройствах. Таким образом, все многообразие древесных отходов может быть сведено к трем видам: смесь топливной щепы и опилок; древесная пыль от шлифования фанеры и древесных плит; кора.



Рисунок 6- Рубительная машина для получения щепы.

Смесь топливной щепы и опилок может эффективно сжигаться в слоевых топочных устройствах. Древесная пыль требует применения топочных устройств, предусматривающих сжигание во взвешенном состоянии. Кора, полученная от сухой окорки, после ее измельчения может успешно сжигаться в слоевых топках, где сжигаются опилки и топливная щепа. Высоковлажная кора после ее сушки и достаточно большой степени измельчения может сжигаться в топочных устройствах для сжигания древесной пыли.

Котельная установка на предприятии ООО «Сибирьлес» разработана с учетом работы котлов на древесных отходах фракцией не более 35 мм и влажностью не более 65%. Измельчение отходов до нужных фракций осуществляется в цехах предприятия, где установлены рубительные машины. Из цеха измельченные отходы доставляются автотранспортом в бункер накопитель «живое дно», откуда они попадают в скребковый транспортёр. С помощью транспортёра обрезки деревообработки подаются в бункер накопитель котла, из которого шнековый питатель подает их в топку котла.

Транспортер выполнен в закрытом металлическом коробе, что позволило исключить устройство галереи углеподачи применяемой при использовании ленточных транспортеров.

2.5 Преимущества и недостатки рассматриваемой технологии

Преобладание в энергетическом балансе России ископаемых видов топлива определило типы оборудования, производимого и используемого в теплоэнергетическом хозяйстве. Использование древесины и древесных отходов для энергетических целей может получить широкое распространение только в случае внедрения современных эффективных систем для их сжигания.

Известно, что основные потери тепла, снижающие КПД теплоэнергетического оборудования, связаны с потерей тепловой энергии вместе с выбрасываемыми в атмосферу продуктами горения. Чем выше температура отходящих из топки газов - тем ниже КПД установки. При сжигании топлива, содержащего значительное количество серы, температура отходящих газов поддерживается на уровне 200-250 °С. При более низкой температуре возрастают коррозионные свойства соединений серы, что приводит к разрушению топочного оборудования. При сжигании не содержащих серу древесных отходов температура отходящих газов может составлять 110-120 °С, что позволяет значительно повысить КПД топочного и энергетического оборудования, повысив при этом их ресурс. При сжигании древесины с низкой влажностью (около 40% от массы топлива) и зольностью (около 1% от массы топлива) эффективность работы топочного оборудования приближается к эффективности котельных на жидком топливе и, как правило, превосходит эффективность агрегатов, работающих на каменном угле.

Ещё одной особенностью древесного топлива является незначительное содержание несгораемых остатков. Собственное золосодержание древесины не превышает 1%. Но загрязнение древесины в ходе лесозаготовки может достигать 20% за счёт грязи и песка с делянок. Это повышает требования к очистке древесных отходов от загрязнения в ходе предварительной подготовки.

Благодаря своим свойствам, в первую очередь - тугоплавкости, образующаяся при сгорании чистой древесины зола легко удаляется из зоны горения. В противоположность собственному минеральному составу (зольности) древесины, минеральные включения, загрязняющие плохо подготовленное древесное топливо, являются легкоплавкими, что приводит к спеканию образующегося шлака. Спекшийся шлак по своему химическому составу имеет сходство с материалом кирпичной кладки. В результате при горении он спекается с кирпичной кладкой топки, что существенно усложняет процесс удаления золы.

При вихревом способе сжигания в топке потоком подаваемого воздуха создаётся вращение частиц топлива по кольцевой или петлевой траектории. Частицы топлива сгорают во взвешенном состоянии при движении газозвушной смеси, а для сжигания отдельных крупных частиц вихревые топки снабжаются дожигательными колосниковыми решётками. Большая скорость движения частиц топлива создаёт условия для ускоренного протекания процессов нагревания, подсушивания и сгорания.

Для эффективной организации процесса вихревого сжигания топлива необходимо строго регулировать скорость и направление движения воздуха в топочной зоне, а также подачу дозированного количества топлива, что усложняет автоматизацию процесса горения. При вихревом способе сжигания не требуется очень тонко измельчать куски топлива. Вихревой процесс позволяет сжигать в одной топке каменный уголь с размером частиц 3-5 мм, древесные отходы, опилки и стружку, фрезерный торф и т.д.

Помимо экономической эффективности использование древесных отходов в качестве источника тепловой энергии имеет следующие преимущества:

- высокая реакционная способность древесины позволяет сжигать ее при более низкой температуре, что уменьшает выбросы окислов азота;
- малое содержание серы и фосфора 0,1% позволяет снизить температуру отходящих газов до 110–120°C;

- газификация древесных отходов обеспечивает полное сгорание топлива, в результате чего достигается высокий КПД установки (90 - 92%);
- автоматическая подача древесных отходов (опилки, стружки) обеспечивает их равномерное горение и поддерживает высокую точность температуры теплоносителя, что особенно важно при использовании установок в системах теплоснабжения сушильных камер;
- в процессах протекающих в вихревых топках (газогенераторах) происходит частичное разложение азотсодержащих органических соединений в бескислородной среде, благодаря этому содержание оксидов азота в дымовых газах значительно ниже предельно допустимой концентрации;
- вследствие полноты сгорания (по сравнению даже с современными газовыми горелками), дымовые газы содержат чрезвычайно мало оксида углерода (II) и остаточных углеводородов (в т.ч. канцерогенных углеводородов).

Наиболее существенным недостатком древесных отходов как топлива является их нестабильное влагосодержание, которое колеблется в пределах 6–60%. В Сжигание древесных отходов высокой влажности приводит к снижению их теплотворной способности и, как следствие, к увеличению расхода топлива. Поэтому представляется целесообразным организовать предварительную подсушку древесных отходов. Для работы котельной топливо (древесные отходы) из цеха подается на склад далее со склада — в расходный бункер. При помощи винтового транспортера топливо автоматически по заданному режиму подается в топку, где проходит три уровня:

- первый — уровень сушки;
- второй — уровень выделения летучих частиц и их возгорание;
- третий — уровень интенсивного горения.

Как показывает практика, такая переработка древесных отходов в топливо имеет очень низкий уровень коэффициента полезного действия, который в процентном соотношении не превышает 13%, для ТЭЦ максимальной мощностью в 1000кВт. Также КПД может быть повышен

посредством применения таких более совершенных методов сжигания древесины как:

- сжигание в кипящем и циркулирующем слое;
- сжигание пылевидного слоя отходов древесины.

Однако данные технологии переработки древесных отходов в топливо применяются только в электростанциях мощностью не менее пяти киловатт, строительство которых является очень дорогостоящим. При этом основными недостатками данной технологии можно назвать:

- высокий уровень дымовых газов, сопутствующих процессу горения древесных отходов;
- низкий уровень коэффициента полезного действия.

Для сжигания древесных отходов изготавливаются котлы с вихревыми топками "горячего типа" с температурами в топке до 1100 °С. Котлы обеспечивают равномерное и стабильное горение топлива, что позволяет в отличие от традиционно применяемых в котлах различных модификаций топок скоростного горения или в классических слоевых топках, плавно регулировать тепловую нагрузку за счет изменения подачи топлива. В топках, за счет оптимальных геометрических параметров, расположения и ориентация сопел дутья, вихревой динамики потока обеспечивается высокая удерживающая способность еще несгоревшего топлива.

Газификация представляет собой процесс высокотемпературного превращения древесины (и других видов биомассы, а также угля и торфа) при нормальном или повышенном давлении в газ, называемый древесным или генераторным газом, а также небольшое количество золы, в специальных реакторах (газогенераторах) с ограниченным доступом воздуха или кислорода. Генераторный газ имеет температуру 300 - 600 °С и состоит из горючих газов (CO , H_2 , CH_4), инертных газов (CO_2 и N_2), паров воды, твердых примесей и пиролизных смол. Из 1 кг древесной щепы получают около 2.5 Нм^3 газа с теплотой сгорания 900 - 1200 Ккал/ Нм^3 . Эффективность газификации достигает 85-90%. Благодаря этому, а также удобству применения газа, газификация является более эффективным и чистым процессом, чем сжигание.

Однако при нагрузках, близких к номинальным, в большинстве существующих схем утилизации древесных отходов наблюдается значительный вынос частиц топлива из зоны горения. Вследствие большой парусности и малого удельного веса частицы древесного кокса с размерами 5 мм и меньше легко подхватываются дымовыми газами и уносятся за пределы котельных агрегатов. Этот унос угольных частиц приводит, во-первых, к потерям тепла от механической неполноты сгорания и, во-вторых, коксовые частицы загрязняют окружающие территории.

Известно, что эффективное выгорание топлива обеспечивается при условии, что время пребывания частицы топлива в топочной камере больше, либо равно времени выгорания частицы. Для создания оптимального топочного устройства необходимо реализовать два основных условия:

- Увеличение времени пребывания частицы в топочной камере;
- Уменьшение времени выгорания частицы.

Существующие на данный момент технологии сжигания древесных отходов имеют целый ряд недостатков, не позволяющих полностью использовать заложенную в них энергию. Применение в энергетике альтернативных видов топлив затруднено недостаточной изученностью свойств этих топлив и их поведения в топочных процессах.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Потенциальные потребители

Повышение конкурентоспособности использования древесных отходов для получения энергии определено ее ролью в числе видов альтернативных топливно-энергетических ресурсов, с учетом ее особенностей как вида сырья для заготовки и использования.

В лесном комплексе страны, в котором, с одной стороны, затраты на топливо и энергию составляют 40% – 45%, а с другой стороны, образуется огромное количество древесных отходов, по некоторым данным отходы составляют около 45-50% от использованного сырья, приоритетным направлением повышения эффективности работы его предприятий является их перевод на собственные источники энергии – древесное сырье. Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность является одной из отраслей России, имеющих большой потенциал роста. По мере расширения производства такой продукции будут возрастать объемы древесных отходов. В то же время любое предприятие отрасли заинтересовано в том, чтобы утилизация древесных отходов из статьи затрат перешла в статью доходов.

Одним из основных направлений утилизации древесных отходов является их использование для получения тепловой и электрической энергии. В последние годы энергетическое использование древесных отходов рассматривается как альтернатива традиционным видам топлива.

Все это привело к тому, что технологии получения энергии из древесных отходов в последние годы развиваются и совершенствуются.

Потенциальные потребители исследования, проведенного в данной работе – это предприятия деревообрабатывающей промышленности.

Цель данного раздела - определение перспективности использования отходов деревообработки для получения тепловой энергии.

Исследование проводилось на деревообрабатывающем предприятии ООО «Сибирьлес».

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Сравним работу котельной при использовании разных видов топлива. Приоритетом для выбора параметров является: стоимость топлива, теплотворность, транспортные расходы, КПД.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения топлива

Вид топлива	КПД	Теплотворность	Стоимость топлива	Транспортные расходы	% золы	Выбросы CO ₂	Сумма
Щепа	8	8	10	10	8	10	54
Газ	9	9	3	3	10	5	39
Каменный уголь	8	7	5	4	5	5	34
Мазут	8	7	5	4	10	3	37
Бурый уголь	7	5	5	4	5	5	31
Торф	5	3	4	3	7	3	25
Важность (b _i)	4	4	5	4	3	3	23
Вес (W _i)	0,174	0,174	0,217	0,174	0,130	0,130	1,000

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения топлива с учетом корректировки

Вид топлива	КПД	Теплотворность	Стоимость топлива	Транспортные расходы	% золы	Выбросы CO ₂	Сумма
Щепа	1,392	1,392	2,17	2,17	1,392	1,3	9,816
Газ	1,566	1,566	0,651	0,651	1,74	0,65	6,824
Каменный уголь	1,392	1,218	1,085	0,868	0,87	0,65	6,083
Мазут	1,392	1,218	1,085	0,868	1,74	0,39	6,693
Бурый уголь	1,218	0,87	1,085	0,868	0,87	0,65	5,561
Торф	0,87	0,522	0,868	0,651	1,218	0,39	4,519

Анализ по оценочной карте показал, что наиболее эффективным видом топлива является щепа. Данный вид топлива лидирует по таким параметрам как стоимость топлива, транспортные расходы и выбросы CO₂, хотя уступает газовому топливу и мазуту по зольности, теплотворности и КПД.

4.2 Планирование работ

4.2.1 Структура работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Таблица 9 – Перечень работ и распределение исполнителей

№ работы	Наименование работы	Исполнители работы
1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Некрасов М.В.
2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Матвеева А.А. Некрасов М.В.
3	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Матвеева А.А.
4	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Некрасов М.В.
5	Описание технологии получения тепловой энергии путем сжигания древесных отходов	Некрасов М.В.
6	Расчет тепловой схемы установки	Некрасов М.В.
7	Определение необходимого расхода топлива на установку	Некрасов М.В.
8	Определение технико-экономических показателей работы установки, сравнение с традиционным топливом	Некрасов М.В.
9	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Матвеева А.А. Некрасов М.В.
10	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Некрасов М.В.
11	Подведение итогов, оформление работы	Некрасов М.В.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, распределены исполнители по видам работ.

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

В данной работе для определения ожидаемого (среднего) значения $t_{\min}$ $t_{\max}$ выбирается исходя из личного мнения исполнителей.

4.2.3 Разработка графика проведения работ

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Расчет коэффициента календарности:

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2019 году 365 календарных дней, 299 рабочих дней, 66 выходных/праздничных дней.

$$T_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22$$

Таблица 10 – Временные показатели проведения работ

Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел-дни			Длительность работ, дни	
		tmin	tmax	тож	Тр	Тк
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Некрасов М.В.	3	6	4	4	5

Продолжение Таблицы 10

Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Матвеева А.А.	1	4	2	2	3
	Некрасов М.В.	3	6	4	4	5
Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Матвеева А.А.	1	4	2	2	3
Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Некрасов М.В.	12	20	16	16	20
Описание технологии получения тепловой энергии путем сжигания древесных отходов	Некрасов М.В.	8	15	12	12	15
Расчет тепловой схемы установки	Некрасов М.В.	8	15	12	12	15
Определение необходимого расхода топлива на установку	Некрасов М.В.	6	12	8	8	10
Определение технико-экономических показателей работы установки, сравнение с традиционным топливом	Некрасов М.В.	6	12	8	8	10
Согласование выполненной работы с научным руководителем	Матвеева А.А.	1	4	2	2	3
	Некрасов М.В.	2	6	4	4	5
Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Некрасов М.В.	6	12	8	8	10
Подведение итогов, оформление работы	Некрасов М.В.	2	5	3	3	4

Таблица 11 – График проведения работ

Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ																	
		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь					
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Некрасов М.В.		■																
Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Матвеева А.А.		▨																
	Некрасов М.В.		■																
Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Матвеева А.А.			▨															

Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Некрасов М.В.									■	■								
Описание технологии получения тепловой энергии путем сжигания древесных отходов	Некрасов М.В.											■	■						
Расчет тепловой схемы установки	Некрасов М.В.												■	■					
Определение необходимого расхода топлива на установку	Некрасов М.В.													■					
Определение технико-экономических показателей работы установки, сравнение с традиционным топливом	Некрасов М.В.														■				
Согласование выполненной работы с научным руководителем	Матвеева А.А.														▨				
	Некрасов М.В.															■			
Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Некрасов М.В.																■	■	
Подведение итогов, оформление работы	Некрасов М.В.																	■	

Согласно графика начало работ по выполнению ВКР 11.02.2019 г.,
окончание 04.06.2019 г.

Трудоемкость работ составляет всего 88 рабочих дней, в том числе затраты труда исполнителей: Некрасов М.В.- 79 р.д.; Матвеева А.А.- 6 р.д.

4.3 Бюджет

4.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья затрат включает в себя стоимость всех материалов, использованных при выполнении работ, затраты на приобретение сырья, полуфабрикатов и комплектующих со стороны.

Общая сумма материальных затрат запланирована в сумме 2300 рублей.

4.3.2 Расчет амортизационных отчислений

Стоимость основных средств, использованных для исследования принимаем 40000 рублей

Срок полезного использования для машин офисных код 330.28.23.23 составляет 2-3 года, берем 3 года; планируем использовать офисную технику для написания ВКР в течение 4 месяца. Тогда:

- норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33\%$$

- годовые амортизационные отчисления:

$$A_r = 40000 \cdot 0,33 = 13200 \text{ рублей}$$

- ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{13200}{12} = 1100 \text{ рублей}$$

- итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1100 \cdot 4 = 4400 \text{ рублей}$$

Таким образом общая сумма затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей составляет 4400 рублей.

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей

Для расчета основной заработной платы инженера берем оклад 21760 руб.

Для расчета основной заработной платы руководителя берем 33664 руб.

Затраты на заработную плату:

$$Зп = Зосн + Здоп$$

Зосн – основная заработная плата, руб.

Здоп – дополнительная заработная плата, руб.

Заработная плата основная:

$$Зосн = Здн \cdot Тр \cdot (1 + Кпр + Кд) \cdot Кр$$

Здн – среднедневная заработная плата, руб.

Кпр – премиальный коэффициент (0,3- 0);

Кд – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

Кр – районный коэффициент (для Томска 1,3);

Тр – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни

Среднедневная заработная плата:

$$Здн = \frac{Зм \cdot М}{Fд}$$

Зм –оклад работника за месяц, руб.

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня М =11,2 месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней М=10,4 месяца, 6-дневная неделя;

Fд – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб. дн.

Таблица 12 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

Расчет заработной платы для руководителя:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_{д}} = \frac{33664 \cdot 10,4}{243} = 1440,76 \text{ руб.}$$

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Tr \cdot (1 + K_{пр} + K_{д}) \cdot K_{р} = 1440,76 \cdot 6 \cdot (1 + 0,3 + 0,5) \cdot 1,3 \\ = 20228,27 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы для инженера:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_{д}} = \frac{21760 \cdot 10,4}{243} = 931,29 \text{ руб.}$$

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Tr \cdot (1 + K_{пр} + K_{д}) \cdot K_{р} = 931,29 \cdot 79 \cdot (1 + 0,3 + 0,5) \cdot 1,3 \\ = 172158,27 \text{ руб.}$$

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Здн, руб.	Кпр	Кд	Кр	Тр	Зосн, руб
Инженер	931,29	0,3	0,5	1,3	79	172158,27
Руководитель	1440,76	0,3	0,5	1,3	6	20228,27
Итого:						192386,54

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.)

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot k_{доп}$$

Принимаем дополнительную заработную плату 15% от основной заработной платы:

Расчет дополнительной заработной платы исполнителей:

$$З_{доп. инж.} = 172158,27 \cdot 0,15 = 25823,74 \text{ руб.}$$

$$З_{доп. руков.} = 20228,27 \cdot 0,15 = 3034,24 \text{ руб.}$$

Всего затраты на дополнительную заработную плату составляют 28857,98 руб.

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Звнеб = kвнеб \cdot (Зосн + З доп)$$

$kвнеб$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Размер страховых взносов 30%.

В данном проекте отчисления во внебюджетные фонды составляют:

$$Звнеб = 0,3 \cdot (192386,54 + 28857,98) = 66373,36 \text{ руб.}$$

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие расходы при выполнении работ, не входящие в основные статьи расходов (затраты на размножение материалов, ксерокопирование, услуги связи, оплату за электроэнергию и др.)

Величину накладных расходов берем 16% от (материальные затраты + амортизационные отчисления + затраты на основную заработную плату + затраты на дополнительную заработную плату + страховые взносы)

Величина накладных расходов составляет:

$$\begin{aligned} Знакл &= 0,16 \cdot (2300 + 4400 + 192386,54 + 28857,98 + 66373,36) \\ &= 42473,58 \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.3.7 Формирование бюджета затрат

Рассчитанную величину по статьям затрат заносим в таблицу 16 и рассчитываем общую сумму затрат на выполнение работ.

Таблица 14–Бюджет затрат

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	2300	0,68
Амортизационные отчисления	4400	1,31
Затраты на основную заработную плату	192386,54	57,12
Затраты на дополнительную заработную плату	28857,98	8,57
Страховые взносы	66373,36	19,71
Накладные расходы	42473,58	12,61
Общий бюджет	336791,46	100

Таким образом общий бюджет затрат на исследование составляет 336791,46 рублей.

4.4 Определение потенциальной эффективности

Доля энергозатрат в себестоимости продукции российской промышленности составляет в среднем 18 %, а в некоторых масштабных производствах – от 40 до 70 %. Это приводит к слабой конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках. В частности, высокая себестоимость изделий деревоперерабатывающего производства обуславливается тем, что деревопереработка – энергоемкая технология. И в нынешней нелегкой финансовой ситуации это становится все более актуальным.

В данной работе проведено исследование технологии использования древесных отходов для получения энергии. Общая длительность исследования составила 88 рабочих дней. Потенциальная стоимость исследования составила 358948,67 рублей.

Проведем сравнительный анализ применения в качестве топлива древесных отходов и каменного угля методом приведенных затрат.

$$З_{\text{прив}} = З_{\text{текуш}} + K_{\text{вл}} 0,1 \cdot 5$$

$K_{\text{вл}}$ - затраты на дополнительное оборудование;

0,15- нормативный коэффициент эффективности

Таблица 15–Затраты на дополнительное оборудование при использовании древесных отходов.

Наименование	Сумма (тыс.руб)
Стоимость рубительной машины для подготовки древесных отходов	2000
Доставка и монтаж (15% от стоимости оборудования)	300
Итого:	2300

Дополнительные эксплуатационные расходы при использовании щепы складываются из заработной платы дополнительного работника (оператора), амортизационных отчислений, отчислений во внебюджетные фонды.

Расчет заработной платы для оператора рубительной машины:

Оклад оператора 17500 руб.

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{17500 \cdot 10,4}{243} = 748,97 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot Tr \cdot (1 + K_{\text{нр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}} = 748,97 \cdot 243 \times (1 + 0,3 + 0,5) \cdot 1,3 = 425879,32 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{доп}} = 425879,32 \cdot 0,15 = 63881,90 \text{ руб}$$

$$З_{\text{операт.}} = 425879,32 + 63881,90 = 489761,22 \text{ руб/год}$$

Отчисления во внебюджетные фонды

$$0,3 \cdot З_{\text{операт.}} = 489761,22 \cdot 0,3 = 146928,36 \text{ руб/год}$$

Амортизационные отчисления

Срок службы рубительной машины 5 лет.

$$A_{\text{год}} = 1/5 \cdot 2300000 = 460\,000 \text{ руб/год}$$

Расчет затрат на топливо.

Определяем установленную мощность котельной

$$Q_{уст} = D \cdot (h_n - h_{нв}) + D_{пр} \cdot (h'_o - h_{нв}), \text{ кВт}$$

где D– номинальная паропроизводительность котла, кг/с;

hп – энтальпия пара на выходе из котла, кДж/кг;

hпв – энтальпия питательной воды на входе в котел, кДж/кг;

h'_o – энтальпия кипящей воды в барабане котла, кДж/кг;

Dпр– расход пара на продувку, кг/с; Рассчитывается по формуле:

$$D_{пр} = 0,01 \cdot P_{пр} \cdot D$$

где Pпр – процент продувки, %.

$$D_{пр} = 0,01 \cdot 2 \cdot 2,95 = 0,06 \text{ кг/с}$$

$$Q_{уст} = 2,95 \cdot (2785,8 - 462,5) + 0,06 \cdot (848,9 - 462,5) = 6876 \text{ кВт}$$

Определяем годовой отпуск теплоты на отопление

$$Q_o^{год} = 24 \cdot 0,0036 \cdot n_o \cdot Q_o, \text{ ГДж/год}$$

где, nо–продолжительность отопительного периода, сут;

Qо– средний расход за отопительный период на нужды отопления, МВт.

$$Q_o^{год} = 24 \cdot 0,0036 \cdot 234 \cdot 1,8 = 18196 \text{ ГДж/год}$$

Определяем годовой отпуск теплоты на технологические нужды

$$Q_m^{год} = 0,0036 \cdot [D_n \cdot (h_n - h_{нв}) + D_{вк} \cdot h_{вк}] \cdot n_m, \text{ ГДж/год}$$

где Dп – расход пара на технологические нужды, кг/с;

hп – энтальпия пара на выходе из котла, кДж/кг;

hпв – энтальпия питательной воды на входе в котел, кДж/кг;

hвк– энтальпия конденсата возвращаемого потребителем, кДж/кг;

Dвк– возврат конденсата технологическим потребителем, кг/с;

nт – годовое число часов использования потребителями технологической нагрузки (равняется 8760 ч/год – для предприятий с непрерывным технологическим процессом).

$$Q_m^{zod} = 0,0036 \cdot [1,97 \cdot (2785,8 - 462,5) + 0,28 \cdot 398,1] \cdot 8760 = 147852 \text{ ГДж/год}$$

Определяем годовой отпуск теплоты от котельной

$$Q_{omn}^{zod} = Q_o^{zod} + Q_m^{zod}, \text{ ГДж / год},$$

где Q_o^{zod} – годовой отпуск теплоты на отопление, ГДж/год;

Q_m^{zod} – годовой отпуск теплоты на технологические нужды, ГДж/год.

$$Q_{omn}^{zod} = 18196 + 147852 = 166048 \text{ ГДж/год}$$

Определение необходимого расхода топлива

Определяем удельный расход условного топлива на 1 ГДж отпущенной теплоты

$$b_m^{omn} = \frac{34,1}{\eta_k \cdot \eta_n}$$

где η_n – коэффициент подогревателей;

η_k – КПД котла.

$$b_m^{omn} = \frac{34,1}{0,8 \cdot 0,98} = 43,4 \text{ кг.у.т/ГДж}.$$

Расход натурального топлива

$$B = b_m^{omn} \cdot Q_{omn}^{zod} \cdot \frac{29309}{Q_p^H} \cdot 10^{-3}$$

где Q_p^H – калорийность топлива.

Для древесных отходов [1] $Q_p^H = 8087 \text{ кДж/кг}$

$$B = 43,4 \cdot 166048 \cdot \frac{29309}{8087} \cdot 10^{-3} = 26118 \text{ т}$$

Для каменного угля (углеразрез Кузнецкого бассейна, марка 1СС) [2]

$Q_p^H = 23110 \text{ кДж/кг}$

$$B = 43,4 \cdot 164048 \cdot \frac{29309}{23110} \cdot 10^{-3} = 9140 \text{ т}$$

Стоимость угля :

1518 руб./т*9140 т=13872750 руб.;

Транспортные расходы (20% от стоимости угля)

Затраты на угольное топливо составляют:

$11558880 \cdot 1,2 = 16647300$ руб.

Таблица 16—Сравнение экономических показателей котельной при разных видах топлива.

Показатели затрат (годовые)	Вид топлива	
	Древесные отходы	Каменный уголь
Затраты на дополнительное оборудование, (тыс.руб)	2300	-
Текущие эксплуатационные расходы, (тыс.руб)	1923	17473,6
Затраты на топливо	-	16647,3
Годовой отпуск теплоты от котельной, ГДж/год	166048	166048
Себестоимость отпускаемой теплоты, руб/ГДж	1,37	205,49

Экономический эффект при использовании древесных отходов

$\text{Эф-т} = (205,49 - 1,37) \cdot 166048 = 33893718$ руб/год

Простой срок окупаемости

$\text{Квл/Э} = 2300000 / 33893718 = 0,07$ год или 0,84 месяцев

Анализ экономической эффективности показал, что применение в качестве топлива древесных отходов является наиболее эффективным для предприятия.