

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

Школа: **Инженерная школа новых производственных технологий**  
 Отделение школы (НОЦ): **Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера**  
 Направление подготовки: **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Установка получения древесного волокна с разработкой основного оборудования для производства</b>

УДК 674.817.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<b>4КМ81</b>	<b>Червинский Александр Сергеевич</b>		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Н.В.	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук И.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И.И.	к.т.н.		

Консультант по разделу «Механический оборудования»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	к.т.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	к.т.н., доцент		

Томск – 2020 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП 18.04.02 выпуска 2020 г.

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
P1	Осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P2	Осуществлять управление проектом на всех этапах его жизненного цикла	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 28.004 «Инженер-проектировщик установок для утилизации и обезвреживания медицинских и биологических отходов»
3	Организовывать и руководить работой команды, вырабатывать командную стратегию для достижения цели	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»,
P4	Применять современные коммуникативные технологии в том числе на иностранном языке (-ах) для академического и профессионального взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»
P5	Проводить анализ и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»
P6	Определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности, разрабатывать способы ее совершенствования на основе самооценки	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»
P7	Формулировать, разрабатывать и реализовывать методы решения научно-исследовательских задач, в области проектирования и конструирования энерго и ресурсоэффективных химических, нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств, представлять и защищать результаты	Требования ФГОС ВО, СУОС, <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 28.004 - «Инженер-проектировщик установок для утилизации и обезвреживания медицинских и биологических отходов», 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P8	Проводить все стадии проектирования с использованием компьютерного 3-х мерного моделирования, коммерческих симуляторов и пакетов прикладных программ, в области проектирования и конструирования энерго и ресурсоэффективных химических, нефтегазоперерабатывающих и	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 19.002 - «Специалист по химической переработке нефти и газа», 19.003 - «Специалист по обслуживанию и ремонту нефтезаводского оборудования»

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
	нефтехимических производств, представлять и защищать результаты	
Р9	Формулировать, разрабатывать и реализовывать методы решения научно-исследовательских задач, в области проектирования и конструирования энерго и ресурсоэффективных химических, нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам », 19.00- «Специалист по химической переработке нефти и газа», 19.003 «Специалист по обслуживанию и ремонту нефтезаводского оборудования», 19.008 «Специалист по диспетчерско-технологическому управлению нефтегазовой отрасли»



проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).		финансово-экономическую составляющую разработки и безопасность производства
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)		Технологическая схема – А1; Общей вид проектируемых аппаратов – А1; Экономические показатели – А2; Схема автоматизации – А1.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)		
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук И.В.	
Социальная ответственность	Романцов И.И.	
Английский язык	Диденко А.В.	
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>		
Литературный обзор		

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	<b>02.03.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Н.В.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ81	Червинский А.С.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 229 с., 40 рис., 42 табл., 55 источников, 3 прил.

Ключевые слова: древесное волокно, варочный котел, набивочный агрегат, мешалка, рафинер, дефибратор.

Объектом исследования являются варочный котел и набивочный агрегат.

Цель работы – разработать основное оборудование установки подготовки древесного волокна.

В процессе исследования рассматривалась гарнитура литая для дисковых мельниц.

В результате исследования была выявлена пригодная литая гарнитура для получения качественного волокна, удовлетворяющего потребности при низких затратах размалывающего усилия и энергии размола.

Область применения: деревоперерабатывающие производства.

В финансовом менеджменте произведен экономический расчет выбранных и рассчитанных агрегатов производства древесного волокна.

В социальной ответственности были рассмотрены всевозможные опасные и вредные факторы, связанные с эксплуатацией и монтажом оборудования.

## **Abstract**

Graduation work Graduation work of 229 pages, 40 figures, 42 tables, 55 sources, 3 applications.

Keywords: wood fiber, digester, stuffing unit, mixer, refiner, defibrator.

The object of study is a digester and stuffing unit.

The purpose of the work is to develop the basic equipment of a wood fiber preparation plant.

In the course of the study, a cast headset for disc mills was considered.

As a result of the study, a suitable cast headset was found to produce high-quality fiber that meets the needs at low cost of grinding effort and grinding energy.

Scope: wood processing industries.

In financial management, an economic calculation was made of selected and calculated aggregates of wood fiber production.

In the social responsibility were considered all kinds of dangerous and harmful factors associated with the operation and installation of equipment.

## Оглавление

Введение.....	11
1 Обзор литературы.....	13
1.1 Сырьевые материалы для производства.....	13
1.2 Способы размола древесных частиц .....	14
1.3 Типы древесных частиц .....	17
1.4 Метод «Дефибратор» или «Рафинер» .....	17
2 Технологическая схема установки .....	24
3 Расчет набивочного агрегата .....	31
3.1 Выбор конструкционных материалов .....	33
3.2 Механический расчет набивочного агрегата .....	34
3.2.1 Подбор фланцев .....	36
3.2.2 Расчет фланцевого соединения на герметичность .....	37
3.2.3 Расчет и подбор штуцеров .....	38
3.2.4 Проверка необходимости укрепления отверстий .....	39
4 Расчет варочного котла.....	41
4.1 Технологический расчет .....	42
4.2 Конструктивный расчет .....	47
4.2.1 Выбор конструкционного материала .....	47
4.2.2 Расчет и подбор технологических штуцеров .....	48
4.2.3 Расчет толщины изоляции .....	49
4.3 Механический расчет варочного котла .....	50
4.3.1 Расчетные параметры.....	51
4.3.2 Расчет толщин стенок аппарата.....	52
4.3.3 Расчет фланцевого соединения.....	53
4.3.4 Проверка необходимости укрепления отверстий .....	55
4.3.5 Расчет мешалки варочного котла .....	60
4.3.6 Расчет варочного котла от воздействия опорных нагрузок .....	66

4.3.7	Расчет средств защиты варочного котла.....	68
4.3.8	Характеристики предохранительного клапана.....	69
5	Монтаж оборудования .....	72
6	Автоматизация и контроль производства .....	76
7	Результаты проведенного исследования (разработки) .....	80
7.1	Ситовой анализ фракционного состава волокна.....	83
7.2	Результаты фракционного состава волокна .....	84
8	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	99
8.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	99
8.1.1	Анализ конкурентных технических решений .....	99
8.1.2	SWOT-анализ.....	101
8.2	Планирование научно-исследовательских работ .....	104
8.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	104
8.2.2	Трудоемкость выполнения работ и разработка графика проведения.....	105
8.3	Бюджет научно-технического исследования.....	109
8.4	Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта .....	114
9	Социальная ответственность .....	119
9.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	120
9.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	120
9.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	122
9.2	Производственная безопасность.....	123
9.2.1	Анализ вредных производственных факторов .....	124
9.2.2	Анализ опасных производственных факторов .....	133
9.3	Экологическая безопасность.....	136
9.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	138
	Заключение.....	140
	Список литературных источников .....	142

ПРИЛОЖЕНИЕ А Расчет набивочного агрегата.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
А1 – Механический расчет набивочного агрегата.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
А2 – Расчет толщины корпуса шнека .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
А3 – Расчет фланцевого соединения.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
А4 – Расчет и подбор штуцеров .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
А5 – Проверка необходимости укрепления отверстий .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Расчет варочного котла.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Б1 – Расчет и подбор технологических штуцеров .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Б2 – Расчет толщины стенок варочного котла.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Б3 – Расчет фланцевого соединения .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Б4 – Проверка необходимости укрепления отверстий котла .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Б5 – Расчет мешалки варочного котлаР .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Б6 - Воздействия опорной нагрузки .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Б7 – Расчет пропускной способности ПК .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ В WOOD FIBER APPLICATION .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## Введение

Существуют два аспекта при организации процесса измельчения древесного сырья: технологический (получение частиц, которые обеспечивают в свою очередь производство плит требуемого качества) и экономический (минимальные затраты).

В настоящее время для производства плит высокой прочности требуются частицы, обладающие хорошей прочностью и большим соотношением длины к толщине. Для этого необходимо, чтобы расщепление древесины происходило непосредственно вдоль волокон. Для достижения такого результата требуется разработать оборудование, которое бы позволяло добиться расщеплению древесины вдоль волокон. Тонкие и длинные частицы обладают высокой прочностью и испытывают деформации без разрушения. Что касается минимальных затрат – разрушение древесины происходит избирательно по наиболее слабым структурным элементам древесины. Также на характер разрушения древесины влияют способ и режимы измельчения, ее структура и физико-механические свойства и др. [1]

Поэтому цель магистерской диссертации состоит в разработке основного оборудования установки подготовки древесного волокна.

На ООО «Монолит – Строй» смонтирована технологическая линия по производству древесноволокнистых плит фирмы «Dieffenbacher».

ООО «Монолит – Строй» фирмой «Dieffenbacher» – поставщиком оборудования, опыта производства MDF на отечественных предприятиях.

Проектная мощность технологической линии при расчетных 330 рабочих днях в году и при 22,5 ч. эффективной работы оборудования в сутки – 264 тыс. м<sup>3</sup> в год при расчетной толщине плит 16 мм и плотности 750 кг/м<sup>3</sup>. Толщина выпускаемых древесноволокнистых плит средней плотности от 8 до 40 мм, плит ХДФ – от 3 до 8 мм. Суточный выпуск древесностружечных плит расчетной толщиной 16 мм при этих условиях составит 800 м<sup>3</sup>.

Задачи в магистерской диссертации по разработке основного оборудования установки подготовки древесного волокна следующие:

- По исходным данным произвести технологический расчет оборудования;
- Выбрать конструкционные материалы;
- Для обеспечения надежности оборудования во время эксплуатации, или во время монтажных работ, гидроиспытаний, необходимо сделать механический расчет элементов, узлов оборудования;
- Рассчитать экономическую целесообразность разрабатываемого оборудования;
- Рассмотреть вопросы выполнения требований безопасности и гигиены труда к промышленной безопасности, по охране окружающей среды. Выяснить всевозможные опасности при эксплуатации проектируемого оборудования, описать опасные и вредные факторы. Предложить мероприятия по организации безопасности согласно стандартам.

Задачи, касающиеся расчета оборудования, решаются при использовании программного обеспечения Mathcad.

По результатам расчета ожидается подбор эффективного оборудования для производства древесного волокна, обладающего экономической эффективностью и имеющего экономически целесообразную технологию по получению древесного волокна.

Конечной задачей является разработка чертежа разрабатываемого оборудования.

# 1 Обзор литературы

## 1.1 Сырьевые материалы для производства

Для процесса измельчения древесного сырья важную роль играют: технологический и экономический процессы. Технологический процесс заключается в получении частиц, которые обеспечивают производство плит требуемого качества. Экономический процесс заключается в минимальных затратах.

Одним из основных условий обеспечения высокой прочности плит является прочность частиц и их большое отношение длины к толщине. Тонкие и длинные частицы с ориентацией волокон вдоль их длины сочетают высокую прочность и способность испытывать деформацию. Также немало важную роль играет геометрия частиц, от которой зависит определение свойств и характеристик плитных материалов наравне с породой древесины, типом и количеством связующего и других добавок, структурой плиты и условиями прессования [2].

В качестве сырья для производства плит используют различные древесные материалы от круглых лесоматериалов до шлифовальной пыли, а также сельскохозяйственные отходы, например, хлопчатник, лен, конопля, виноградная лоза и др. Из целой древесины или отходов можно получить частицы с различной геометрией пригодных для использования в технологическом процессе изготовления плит и нуждающихся в дополнительной переработке, например, стружка-отходы от фрезерующих станков. Важными факторами, определяющими способ изготовления, вид станков и экономику производства, являются типы частиц и стоимость их изготовления. Существенное влияние на качество изготавливаемых плит оказывает каждый тип частиц, а также присущая им геометрия и комбинация различных частиц. Большие возможности широкого варьирования геометрии зависят от вида сырья. Максимальные возможности представляются при переработке круглых свежесрубленных лесоматериалов. Это позволяет

измельчать древесину любым экономически выгодным предприятию способом. Возможность использования отходов для дальнейшего измельчения по форме и размерам немного ограничена. Тем не менее, улучшение геометрии частиц может быть достигнуто при правильном использовании мельниц и стружечных станков [2].

В нынешнее время в производстве плит используют следующие виды сырьевых материалов: свежесрубленные круглые лесоматериалы (технологическое сырье); центральная часть чураков, остающаяся при лущении (карандаши); низкосортные пиломатериалы; горбыли и рейки; отпиленные концы досок (сырые и сухие); отходы при оцилиндровке фанерных чураков (шпон-рванина); обрезки шпона; технологическая щепка; стружка-отходы при фрезеровании древесины; опилки от лесопильных рам; разнообразные отходы деревообрабатывающих производств (мебельного, домостроения и т.д.); обрезки фанеры; пыль от шлифовальных станков.

При использовании отходов сельскохозяйственного производства (хлопчатника, костры и т.п.) нельзя допускать, чтобы их внешняя волокнистая поверхность попадала в оборудование для измельчения. При подготовке массы крайне важно удаление сердцевины и грязи. Сердцевина этих растений не имеет конструктивной прочности и обладает большой поглощающей способностью, что требует высокого содержания связующего [2].

## **1.2 Способы размола древесных частиц**

Одной из основных задач процесса размола является более полное разделение древесины на отдельные волокна. Волокнистая масса состоит из композиции неодинаковых по форме и величине пучков волокон, отдельных целых волокон, частиц волокон, клеток, фибрилл и мелких частиц клеток. Щепка истирается, сжимается, разделяется на волокна и частично расщепляется при вращении размольных дисков машины. При этом степень размола зависит от режима работы и конфигурации размольных дисков.

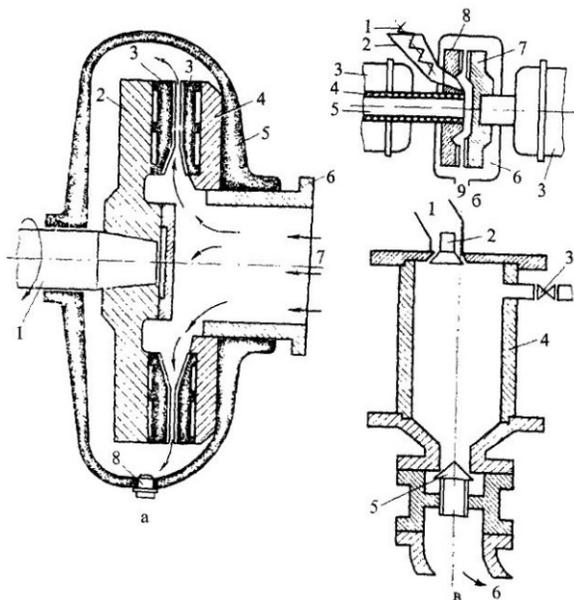
В промышленности применяют различные способы разделения древесины на волокна и получения древесной массы. Способы разделения есть по существу процесса и по характеру применяемых машин. Волокнистые материалы размалываются на быстроходных рафинерах, в автоклавах с высоким давлением и резким перепадом пара, в рафинерах или дефибраторах. Действие этих машин, отличающихся конструктивно друг от друга, основано на подогревании щепы и последующем расщеплении ее на волокна между размольными дисками. Существуют разные методы размола [2].

Метод «Дефибратор» (рисунок 1, а) предполагает, что щепу одновременно пропаривают и дефибрируют при 170 – 185 °С. Под щепой понимается небольшие куски древесины, отрезанные от блока древесины клиновидными резцами. Щепка винтом проталкивается через выпускной патрубок и разделяется на волокна между двумя металлическими дисками, имеющими нарезку (рифление). Один диск неподвижен, другой – вращается от вала. Расстояние между дисками регулируется.

Важную роль при дефибрировании играют следующие факторы: сырье, его размер и влажность; температура и продолжительность пропаривания; зазор между рабочими дисками размольных машин; форма и состояние размольных дисков; требуемая степень помола. Подаваемый в машину пар в дефибраторе, прогревает древесину, тем самым происходит ослабление связей между волокнами. Отсюда, не допуская изменения температуры выше установленного предела, пар поглощает тепло, которое возникает при трении древесины о размольные диски машины.

При размоле сухой щепы температура резко поднимается и это приводит к термическому разложению древесины. Повышение температуры при дефибрировании способствует снижению расхода энергии и улучшению качества массы. Резкое снижение расхода энергии при дефибрировании происходит при 170 – 180 °С.

По окружности диска укрепляют рабочий инструмент – размольные сегменты. Форма насечек (ножей) сегментов различна и зависит от состояния щепы и других технологических требований.



а) метод «Дефибратор», где 1 – вал привода диска; 2 – подвижный диск; 3 – размалывающие сегменты; 4 – неподвижный диск; 5 – корпус станка; 6 – впускной патрубок; 7 – подача щепы; 8 – пробка выпуска конденсатора;

б) метод «Бауэра», где 1 – винт подачи щепы; 2 – приемная воронка; 3 – электродвигатели; 4 – полый вал; 5 – ввод связующих; 6 – корпус станка; 7, 8 – размалывающие диски; 9 – выпуск массы;

в) метод «Мэсонит», где 1 – приемная воронка; 2 – загрузочный клапан периодического действия; 3 – паровой вентиль; 4 – корпус установки; 5 – разгрузочный клапан; 6 – выпуск массы

Рисунок 1 – Способы размола древесины [2]

Метод «Бауэра» (рисунок 1, б). Древесная щепа прогревается в течение 5 – 15 минут в специальном котле под давлением пара 0,5 – 0,6 МПа и подается в камеру размола, где происходит расщепление массы на волокна в рафинере между двумя нарезными стальными дисками, вращающимися в разные стороны. При сухом способе производства древесноволокнистых плит (ДВП)

через полый вал в массу может быть введено связующее. Направление вращения дисков можно изменять

Метод «Мэсонит» (рисунок 1, в) – метод взрывания. Древесную щепу через воронку и отверстие помещают в камеру, где в течение 30 секунд держат под давлением 2,5 МПа (220 °С), после чего на 4 – 5 секунд давление доводят до 7 – 8,5 МПа (290 °С). Затем давление резко снижают до атмосферного, открывая разгрузочный клапан. Мгновенно расширяясь, пар разрывает щепу на волокна. Оборудование для этого процесса называется пушкой Мэсона, которая как бы выстреливает волокно при открывании клапана.

В работе использован метод «Дефибратор», по-другому его еще называют «Рафинер».

### **1.3 Типы древесных частиц**

Одним из основных условий обеспечения высокой прочности плит является прочность частиц и их большое отношение длины к толщине. Тонкие и длинные частицы с ориентацией волокон вдоль их длины сочетают высокую прочность и способность испытывать деформацию.

Различают древесные частицы по типу: щепы, сливные стружки, древесное волокно, плоские частицы (стружка), стружка-отходы от фрезерных станков, игольчатая стружка и волокнистая стружка.

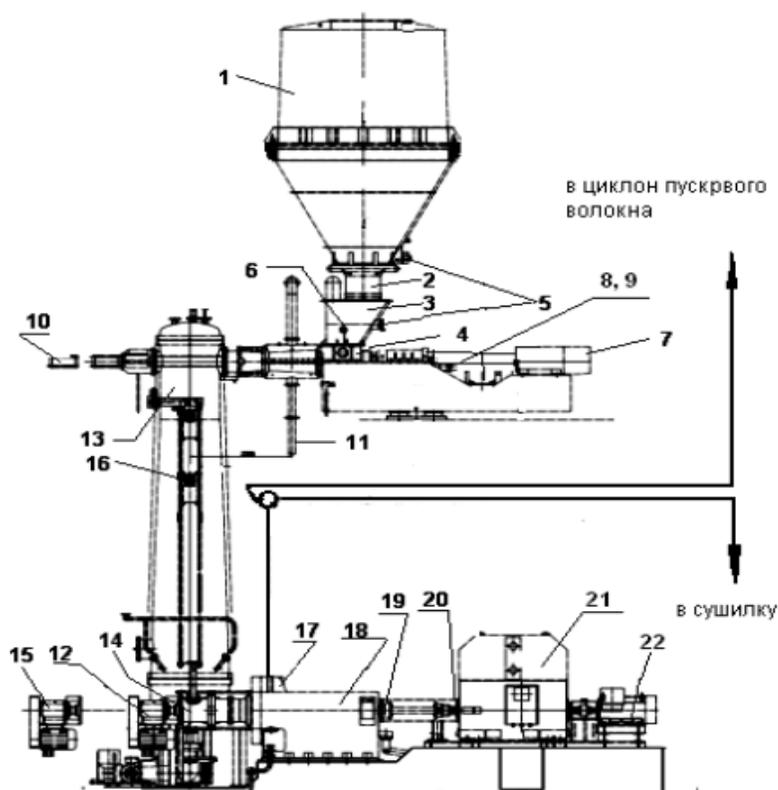
Размеры и форма (геометрия) частиц могут изменяться от древесной щепы или плоских стружек с размерами, равными или превышающими размерами щепы, до мельчайших, таких, как шлифовальная пыль. От геометрии частиц зависит определение свойств и характеристики плитных материалов наравне с породой древесины, типом и количеством связующего и других добавок, структурой плиты и условиями прессования.

### **1.4 Метод «Дефибратор» или «Рафинер»**

Размол щепы предназначен для получения из технологической щепы древесных волокон, достаточно пластичных с развернутой, разветвленной

поверхностью, обеспечивающей в процессе формирования ковра хорошую свойлачиваемость волокон и увеличение площади их контакта при прессовании древесноволокнистых плит. Размол осуществляют на рафинере PR-62 фирмы «Pallmann».

Рафинер состоит из 3 основных агрегатов; набивного шнека PRS 20; пропарочного котла PRK 16.1,8; размольной камеры PR – 62, рисунок 2 и сопутствующего оборудования.

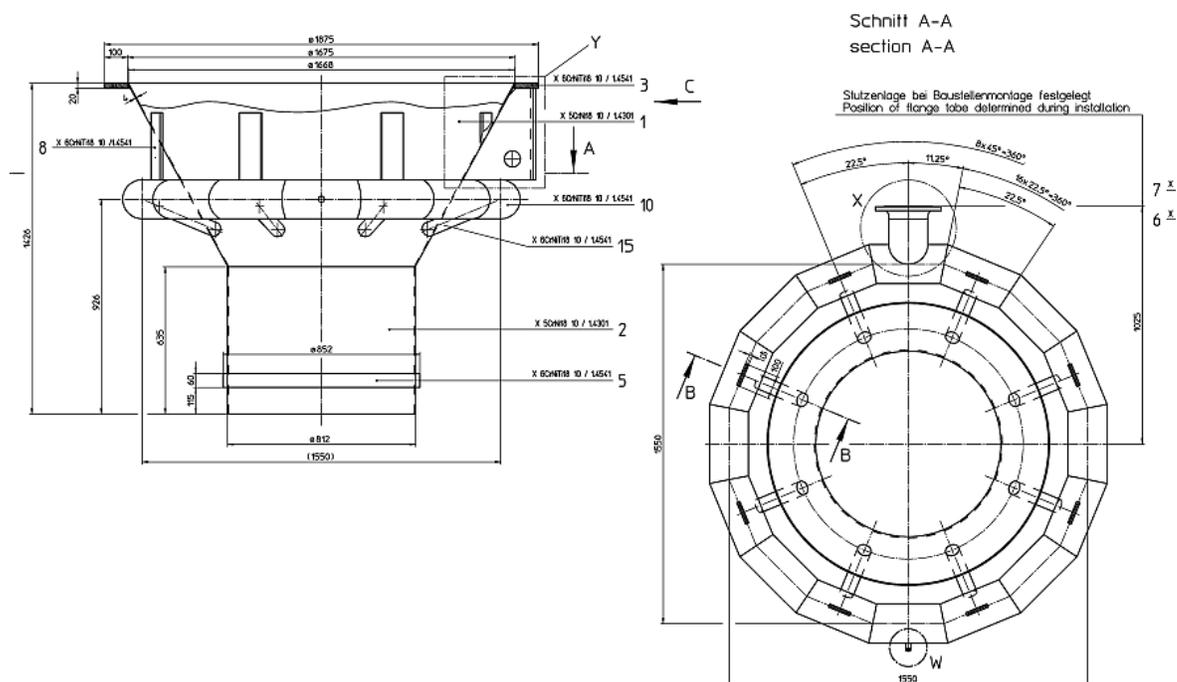


- 1 – бункер щепы; 2 – вертикальный патрубок; 3 – вибрлоток; 4 – набивной шнек;  
 5 – вибратор; 6 – оптический датчик; 7 – электродвигатель; 8, 9 – привод (редуктор, муфта);  
 10 – противоупор; 11- дренаж; 12 – выносной шнек; 13 – пропарочный котел;  
 14 – мешалка; 15 – привод загрузочного шнека; 16 – уровнемер; 17 – размольная камера;  
 18 – сервогидравлическая система; 19 – муфта; 20 – тормоз; 21 – главный двигатель;  
 22 – пусковой двигатель

Рисунок 2 – Схема рафинера PR – 62 фирмы «PALLMANN» [3]

### Описание процесса размола щепы на волокна.

Промытая щепка подается в расходный бункер. Бункер цилиндрической формы с нижней конической частью. В конической части бункера по кольцевому трубопроводу и 12 трубкам, входящим под углом в коническую часть бункера, подается насыщенный пар для прогрева щепки, рисунок 3. Щепка перемещается через бункер щепки через цилиндрический патрубок в загрузочный питающий вибрлоток. Во избежание сводообразования в бункере щепки и на загрузочной лотке установлены вибраторы. Бункер щепки и загрузочный лоток должны быть всегда заполнены во время работы установки. Контроль поступления щепки в загрузочный шнек осуществляется с помощью оптических датчиков 6, расположенных с двух сторон вибрлотка 3.



1 – конусная часть бункера; 2 – кольцевой паропровод; 3 – патрубок подачи пара в бункер;  
4 – цилиндрическая труба перемещения щепки в вибрлоток

Рисунок 3 – Система подачи пара в конусную часть бункера для прогрева щепки [3]

Из загрузочного вибрлотка щепка попадает в набивной шнек PRS. Функция набивного шнека PRS состоит в том, чтобы перемещать щепку в

пропарочный котел PRK, находящийся под давлением. Кроме этого, в шнеке PRS щепы уплотняются в пробку, и излишняя вода удаляется через дренажные отверстия фильтры набивного шнека. Пробку создают при малых оборотах загрузочного шнека. Когда щепы перестает подаваться, наружная глухая труба закрывается контрупором. Усилие прижима контрупора регулируется давлением воздуха в пневмоцилиндре, прижимающем контрупор к наружной глухой трубе. Чем больше контрдавление, тем тверже образуемая пробка. Однако контрдавление не должно быть слишком высоким, иначе в результате возникающего в этом случае момента трения между щепой и загрузочным (набивным) шнеком происходит срабатывание предохранителя от перегрузки двигателя привода набивного шнека.

Устанавливаемое давление в пневмосистеме должно составлять приблизительно 2 – 2,5 атм. Если прекращается подача щепы, то тарелка клапана прижимается к отверстию в патрубке для образования пробки (положение "вперед") и тем самым дополнительно уплотняет пробку. После образования пробки запорный клапан передвигается в положение "назад". При сжатии щепы из нее выжимается избыточная вода, удаляемая через дренаж 11. Влажность щепы, необходимая для образования пробки, не должна быть менее 35 %. За коническим участком шнека – пробкообразователя расположен цилиндрический патрубок для пробки щепы, через который пробка попадает в вертикальный пропарочный котел.

Спрессованная в пробку щепы попадает в пропарочный котел, в котором под действием насыщенного пара высокого давления до 1,2 МПа разбухает и рассыпается. Пар прогревает древесину до высокой температуры 165 – 190 °С, при этом лигнин в древесине размягчается и почти расплавляется, ослабляя связи между волокнами в древесине. В случае выбивания пробки щепы, щепы через трубопроводы, пристроенные сверху к корпусу набивного шнека и сверху вибротка, эвакуируется наружу за пределы цеха.

Пропарочный котел 13 типа PRK 16.1 фирмы "Pallmann" представляет собой вертикальный сосуд конусообразной формы, с увеличивающимся

диаметром к низу, оснащенный мешалкой 14, для более равномерной пропарки (прогрева) щепы, выгрузки и предупреждения сводообразования.

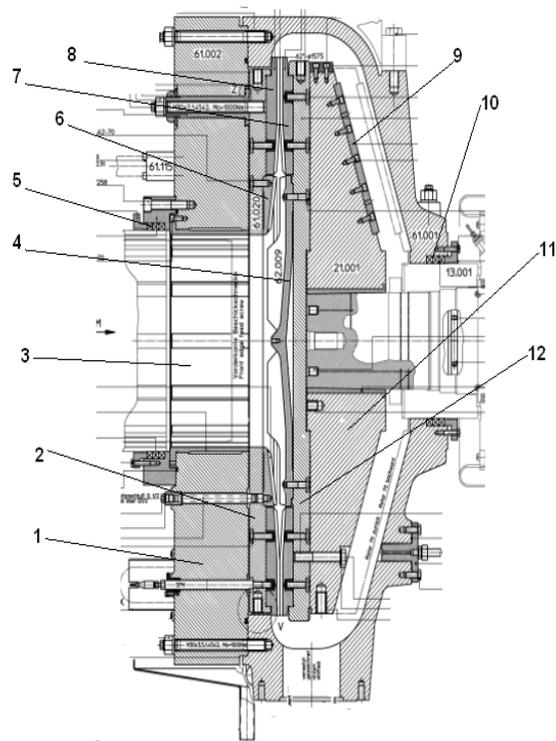
В днище пропарочного котла расположен разгрузочный (выносной) шнек 12, изменение частоты, вращения которого определяет производительность пропарочно-размольной установки. Подачу пара в котел осуществляют сверху и по кольцевому паропроводу. Изменением высоты заполнения щепой пропарочного котла регулируют продолжительность пропарки. Для определения и поддержания уровня заполнения пропарочного котла применяют позиционный уровнемер, 16, действие которого основано на изменении плотности потока гамма-излучения при прохождении через щепу. Если основание насыпного конуса щепы располагается выше заданной высоты, измерительная головка фиксирует наименьшее излучение, при незаполненном котле – наибольшее. Изменение величины интенсивности излучения через систему автоматического регулирования дает сигнал на изменение частоты вращения загрузочного (набивного) шнека. Автоматическое регулирование уровня щепы в пропарочном котле позволяет при изменении производительности рафинера сохранять заданную продолжительность пропаривания и, наоборот, при постоянной производительности менять продолжительность пропаривания для различного породного состава сырья. Для установки требуемого уровня щепы в пропарочном котле с пульта управления можно задать высоту уровня по установленной вертикально мерной линейке с помощью исполнительного механизма, включающего электродвигатель, редуктор и цепную передачу.

Пространство пропарочного котла заполнено насыщенным паром, давлением до 12,0 бар, что приводит к размягчению лигнина, к частичному гидролизу щепы. Нельзя подавать перегретый пар вместо насыщенного, т. к. в этом случае щепы пересыхает, а на размалывающих дисках волокна пригорают, обугливаются, увеличивая расход электроэнергии на размол, ухудшается качество получаемого волокна.

Из пропарочного котла пропаренная щепа выносным шнеком передается в загрузочный шнековый конвейер, который через осевое отверстие неподвижного диска – статора подается в размольную камеру 17 в пространство между неподвижным и вращающимся дисками, попадает на установленную против этого отверстия фасонную гайку, которая при вращении с помощью нанесенных на ее поверхности ребер, отбрасывает щепу в зону предразмола размалывающих сегментов. Постепенно щепа раздавливается, уменьшается ее толщина, и она попадает в зону размола, где размольными сегментами размалывается на волокна. Качество полученного волокна зависит от параметров пара в пропарочном котле и размольной камере, зазора между сегментами, степени открытия вытяжного клапана. Кондиционное волокно центробежными силами выносится за пределы размольных дисков и через регулируемый вытяжной клапан выбрасывается с паром в массопровод. Дефлектор, установленный после рафинера, направляет кондиционное волокно после обработки клеем и химическими добавками в сушилку, некондиционное пусковое грубое волокно направляется в пусковой циклон.

В процессе работы острые кромки канавок и углублений дисков затупляются, при этом уменьшается степень размола, снижается качество массы и производительность дефибратора. Цельные диски с фрезерованной поверхностью снимают и затачивают на дискозаточном станке.

Перед установкой сегментодержателей следует регулярно (3 раза в год) проверять торцевое биение ротора на максимальном диаметре. Торцевое биение должно составлять не более 0,05 мм. Размольные сегменты поставляются комплектами по 18 штук. Роторные сегменты динамически сбалансированы и промаркированы на наружном диаметре красной краской цифрами от 1 до 18. На внутреннем диаметре ротор промаркирован номером комплекта сегментов. Сегменты должны монтироваться в соответствии с нумерацией на роторном сегментодержателе. Сегментодержатель ротора промаркирован с наружного края буквами «ROTOR» и динамически сбалансирован [3].



1 – статор; 2 – сегментодержатель статора; 3 – фильтрный загрузочный патрубок; 4 – крыльчатый диск предразмола ротора; 5 – сальниковое уплотнение; 6 – кольцо предразмола статора; 7 – сегменты ротора; 8 – сегменты статора; 9 – планка; 10 – сальниковое уплотнение; 11 – ротор; 12 – сегментодержатель ротора

Рисунок 4 – Разрез размольной камеры рафинера PR-62 [3]

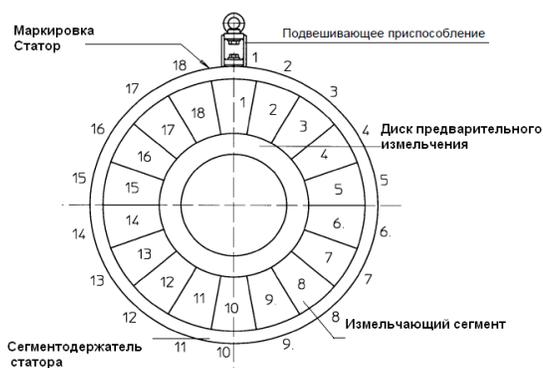


Рисунок 5.а – Сегментодержатель статора

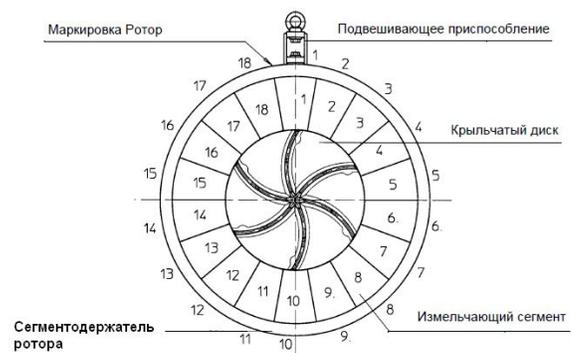


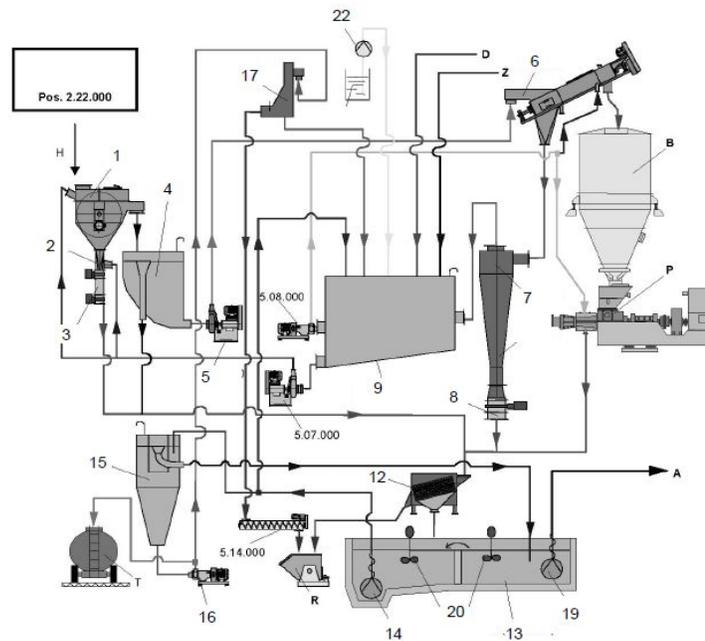
Рисунок 5.б – Сегментодержатель ротора

Крыльчатый диск предразмола должен привинчиваться точно в своём месте посадки в роторном сегментодержателе.



наплаву на уровне поверхности выгрузки. Ротор ворошителя с лопастями, вращаясь, создают большую турбулентность, за счет чего от щепы отделяются загрязнения. Ротор ворошителя своими лопастями погружает щепу в воду, более тяжелые частицы: камни, песок, частицы металла осаждаются в нижерасположенном гравитационном сепараторе, поз.2. В гравитационном сепараторе тяжелые частицы подвергаются сепарированию за счет встречного направленного вверх потока воды. Осажденные тяжелые включения отводятся через шлюз, поз.3, промытая щепа вместе с потоком воды поступает в бак для щепы, поз.4. В схеме предусмотрены 2 клапана: сверху и снизу шлюза, которые периодически по заданной программе поочередно открываются и закрываются. Насос щепы, поз 5, перекачивает смесь воды со щепой из бака промытой щепы в обезвоживающий шнек, поз.6. Благодаря турбулентности перекачиваемого потока приставший песок и другие мелкие загрязнения отделяются от поверхности щепы. В обезвоживающем шнеке щепа отделяется от загрязненной промывочной воды.

Обезвоживающий шнек состоит из приемной камеры, в которую насосом щепы подается пульпа из воды и щепы. Пульпа поступает в наклонный обезвоживающий шнековый конвейер, который состоит из 2 шнековых наклонных конвейеров, которые располагаются в лотках с перфорированным дном. При вращении шнеков щепа поднимается по наклонной поверхности вверх и при перемещении от щепы отделяется вода, которая стекает по ложному дну вниз и поступает в гидроциклон, поз. 7. В обезвоживающем шнеке предусмотрены сопла для чистки ложного дна и нижней поверхности перфорированного днища.



1 – роторный ворошитель-промыватель щепы; 2 – гравитационный сепаратор; 3 – шлюз; 4 – бак для щепы; 5 – насос перекачивания пульпы со щепой P01; 6 – обезвоживающий шнек; 7 – гидроциклон; 8 – клапан; 9 – приемный резервуар; 10 – питающий насос P02; 11 – насос промывочной воды P03; 12 – ротационное сито; 13 – бетонный бассейн; 14 – рециркуляционный погружной насос; 15 – отстойник; 16 – грязевой насос осадочной воды; 17 – дуговое вибросито; 19 – погружной насос; 20 – мешалки; 22 – насос подачи пеногасителя; Z – система подачи свежей воды; R – контейнер для отходов; B – расходный бункер щепы рафинера; D- подача пара; 5.07.000 – насос подачи воды из емкости 9 в роторный ворошитель-промыватель щепы; 5.08.000 – насос подачи промывочной воды из емкости 9 на промывку дренажных отверстий набивного шнека рафинера и обезвоживающего шнека; 5.14.000 – шнековый конвейер для транспортирования шлама в контейнер отходов

Рисунок 7 – Схема промывочной установки PWN 240

Обезвоживающий шнек загружает промытую щепу в расходный бункер рафинера.

Из загрязненной технологической промывочной воды в гидроциклоне, поз.7, предназначенном для отделения песка и мелких древесных частиц, под воздействием высоких центробежных сил песок и мелкие оседающие древесные частицы осаждаются и выводятся через специальный клапан, поз.8.

Верхняя осветленная вода из гидроциклона, поз.7, течет через трубу в верхней части гидроциклона в приемный резервуар, поз.9.

Загрязненная вода поступает на ротационное сито, поз. 12, рисунок 7, на котором отделяется грязь и выводится в контейнер отходов. На ротационное сито поступает загрязненная вода от ворошителя-промывателя, гидроциклона и набивного шнека рафинера. Ротационное сито представляет собой вращающийся сетчатый ротор, внутрь которого подается загрязненная вода. Сверху с помощью высоконапорного насоса и распылительных сопел осуществляется промывка наружной поверхности сетчатого ротора. Шлам при вращении ротора и при помощи движения загрязненной воды по винтовой поверхности выгружается и поступает в контейнер шлама. Предварительно очищенная вода стекает вниз корпуса ротационного сита и попадает в бетонный бассейн, поз.13. Привод сетчатого ротора осуществляется мотором-редуктором. Питающий насос РО2, поз. 10, перекачивает воду из осаждающего резервуара назад в ворошитель-промыватель щепы, поз.1. и к сепаратору тяжелых частиц, поз.2.

Насос промывочной воды РОз, поз. 11, подает промывочную воду к набивному шнеку рафинера и к обезвоживающему шнеку, поз.6. Ротационное и дуговое вибросито очищаются одновременно подачей воды под высоким давлением. Мешалки, поз. 20, в бетонном бассейне, поз.13, необходимы, чтобы частицы, находящиеся в воде, не осаждались. Технологическая вода рециркуляционным погружным насосом, поз. 14, откачивается в отстойник, поз.15.

В отстойнике, поз.15, тяжелые частицы оседают на дно. Чистая вода с возможными мелкими, легкими взвесями подается на так называемую сторону чистой воды бетонного бассейна, поз.13. Осадок насосом осадочной воды, поз.16, направляется в дуговое вибросито, поз.17 рисунок 7. Для улучшения самоочистки осадок на сите поддерживается в движении вибродвигателями с неуравновешенными роторами. Частицы размером менее 0,25 мм отделяются через прорези дугового сита и шнековым конвейером, поз. 5.14.000,

направляются в контейнер для отходов, R. Очищенная вода с дугового вибратора, поз.17, поступает в приемный резервуар, поз.9.

Избыточная вода из бетонного бассейна, поз.13. поступает через перелив от чистой секции к стороне сырой воды, где она снова используется для процесса промывки.

При переполнении бассейна в случае повышенной подачи отжимной воды от набивного шнека, P, избыточная вода удаляется погружным насосом, поз. 19. Эту воду необходимо повторно подготовить в отдельной системе водоподготовки или отвести наружу.

Для достижения нормальной очистки щепы и для оттаивания щепы в зимних условиях вода в приемном резервуаре, поз. 9, подогревается подачей пара, поз D. Пар подается с регулированием температуры технологической воды, которую поддерживают в интервале от +10 до + 40 °С. Практически температура промывочной воды находится в пределах от 30 до 65 °С. При недостатке воды вода добавляется через систему свежей воды Z. Сигнал заполнения выдается через датчик уровня воды в бетонном бассейне, поз. 13.

Для предотвращения пенообразования в приемный резервуар насосом, поз. 22, постоянно добавляется пеногаситель. Количество пеногасителя периодически настраивают в соответствии с параметрами технологического процесса. Количество пеногасителя изменяется в зависимости от породы древесины, производительности, температуры. При правильном дозировании пеногасителя предотвращается пенообразование, как следствие забивание установки. С повышением температуры воды можно уменьшить расход пеногасителя.

Таблица 1 – Техническая характеристика промывочной установки – гидромойки щепы PWH 240

Наименование параметра	Значение параметра
Производительность, кг абс. сух/ч	35000
<b>Требования к исходному материалу</b>	
Размер щепы, мм, мин./макс.	<5 / <45
Абсолютная влажность щепы, %	От 60 до 100
Температура щепы, °С	От - 40 до + 30
Насыпная масса материала, кг/м <sup>3</sup> , мин. / макс.	140 / 180
Температура промывочной воды при работе, °С	От + 30 до + 65

В состав пропарочно-размольной установки – рафинера PR 62 входит расходный бункер с вибрлотком, набивной шнек PRS 20, пропарочный котел PRK 16/1,8 с мешалкой и выносным шнеком, размольная камера с загрузочным шнеком, вытяжным-разгрузочным клапаном и переключающимся клапаном. Назначение рафинера – размол щепы на волокна. Производительность – до 30 т абс. сух./ч.

Промытая щепка поступает в расходный бункер, с вибратором, предотвращающим сводообразование, затем по вибрлотку с вибратором щепка непрерывным потоком загружается в набивной шнек, который перемещает щепу к пропарочному котлу. В конусной втулке набивного шнека перед входом в пропарочный котел образуется пробка, которая поддерживается контрупором. Пробка необходима для предотвращения выхода пара из пропарочного котла. При образовании пробки происходит отжим излишней влаги из щепы. Щепка далее поступает в пропарочный котел, в который также подается насыщенный пар давлением от 8 до 12 бар. В пропарочном котле щепка пластифицируется, происходит размягчение лигнина, что в дальнейшем при размолу позволяет получать более качественное волокно, при этом снижается расход энергии на размол. Продолжительность пропарки задается высотой уровня (объемом щепы) в котле с помощью радиометрического измерительного устройства.

Разгрузка щепы производится выносным шнеком с регулируемой частотой вращения. Для равномерной загрузки выносного шнека в нижней части пропарочного котла расположена мешалка. Производительность рафинера определяет частота вращения выносного шнека. Выносной шнек передает пропаренную щепу в загрузочный шнек, с постоянной частотой вращения, который подает щепу в размольную камеру. Размол щепы осуществляется между статором и ротором размольными сегментами. Выгрузка волокна осуществляется через вытяжной-продувочный клапан. Степень его открытия определяет время нахождения волокна в размольной камере. Готовое волокно по массопроводу через перекидной клапан (дефлектор), может быть направлено либо в пусковой циклон, либо - в сушильную установку.

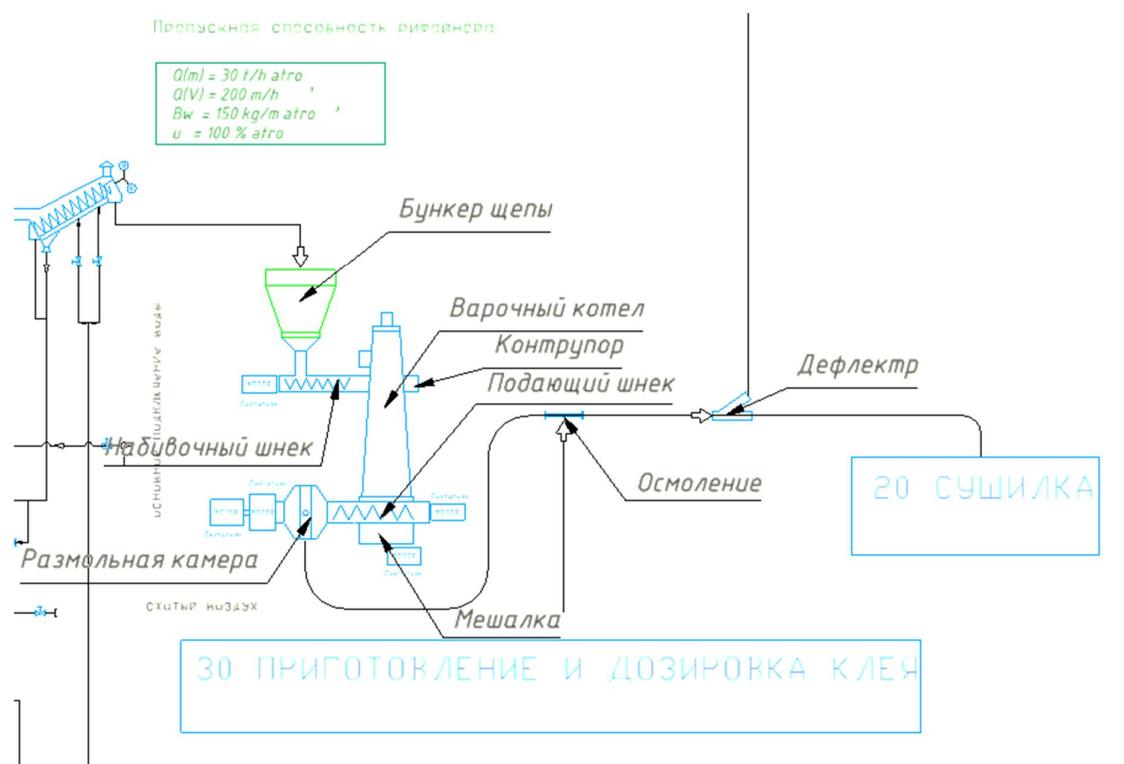


Рисунок 8 – Пропарочно-размольная установка

### 3 Расчет набивочного агрегата

Набивной шнек (рисунок 9 и 10) приводится в действие от электродвигателя с регулируемой частотой вращения. Через муфту, цилиндрический редуктор, зубчатую муфту, подшипниковую опору, торцевое винтовое соединение момент вращения передается набивному шнеку.

После загрузочного вибрлотка корпус набивного шнека разъемный и по длине состоит из 3 частей. Первая часть расположена в зоне цилиндрической части, вторая – в конусной части шнека – зоне образования пробки, третья в цилиндрической части передвижения образовавшейся пробки в пропарочный котел. Вторая и третья части разъемные, состоят из верхней и нижней половин, стянутых винтовым соединением.

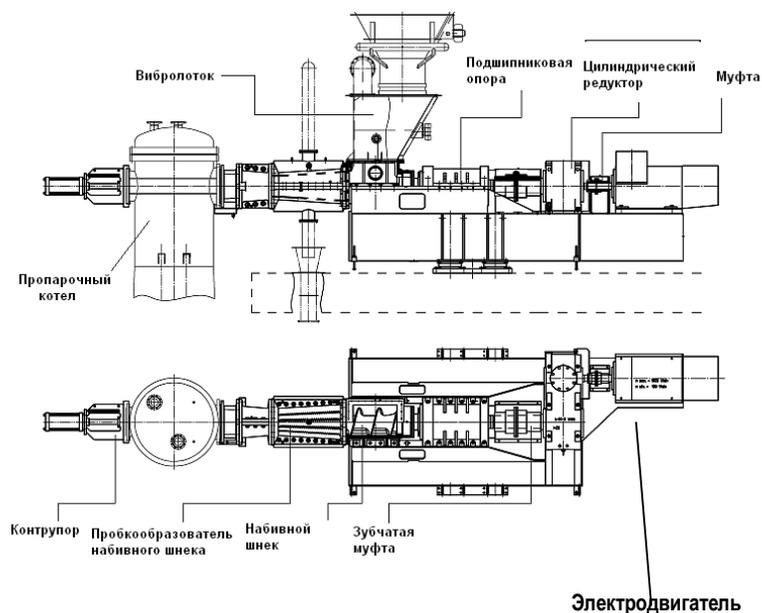


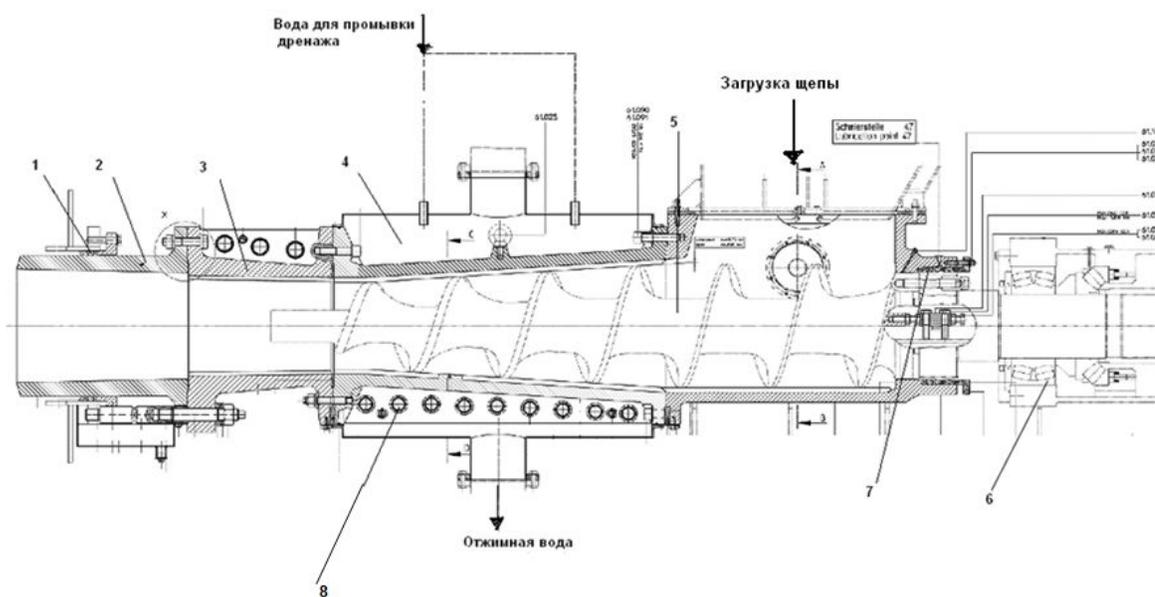
Рисунок 9 – Общий вид набивного шнека

Такая конструкция позволяет производить разборку и сборку корпусов при замене набивного шнека. Норматив работы набивного шнека около 4 месяцев. При хорошей очистке щепы норматив может быть выше.

В процессе эксплуатации происходит износ шнека, увеличивается зазор между фильерой и витками шнека, происходит полный износ последнего витка

набивки шнека, что приводит в конечном случае к пробуксовыванию при подаче щепы, повышению токовой нагрузки на приводном двигателе. Увеличение зазора выше нормы в случае износа или некорректного восстановления профиля шнека после ремонта приводит к пробуксовыванию шнека, когда щепка вращается вместе со шнеком, но не продвигается вперед, к заклиниванию шнека. Привод набивного шнека имеет реверсирование и регулирование частоты вращения. При износе шнека происходит увеличение содержания в древесноволокнистой массе пылевидных фракций, возникают повышенный расход связующего, проблемы на главной линии.

В зоне пробкообразования набивного шнека из щепы отжимается вода, для этого в фильерах полуконусов предусмотрены дренажные отверстия для удаления отжатой воды.



1 – сальниковое уплотнение; 2 – запорная труба; 3 – цилиндрическая вставка корпуса набивного шнека; 4 – коническая вставка; 5 – набивной шнек; 6 – роликовый подшипник; 7 – сальниковое уплотнение; 8 – дренажные отверстия

Рисунок 10 – Рабочая зона набивного шнека:

Для предотвращения забивания дренажных отверстий в зону пробкообразователя подается промывочная вода через 2 сопла. Для

предотвращения выхода пара из пропарочного котла и защиты от пара подшипникового опорного узла набивного шнека в соединениях устанавливаются сальниковые уплотнения. Корпус цилиндрической части после пробкообразователя крепится к запорной трубе, подвижной и входящей в пропарочный котел. На запорной трубе устанавливаются сальниковые уплотнения для предотвращения выхода пара из пропарочного котла. Сальниковые уплотнения, установленные на вращающихся поверхностях, смазывают маслом. Смазку осуществляют посредством установки централизованной смазки (лубрикатора), установленной на конструкции пропарочного котла.

Для наибольшего удаления влажности набивочным агрегатом, планируется спроектировать отжимную втулку с перфорированными отверстиями и соответствующим дренажем. Выглядеть это будет следующим образом. [4]

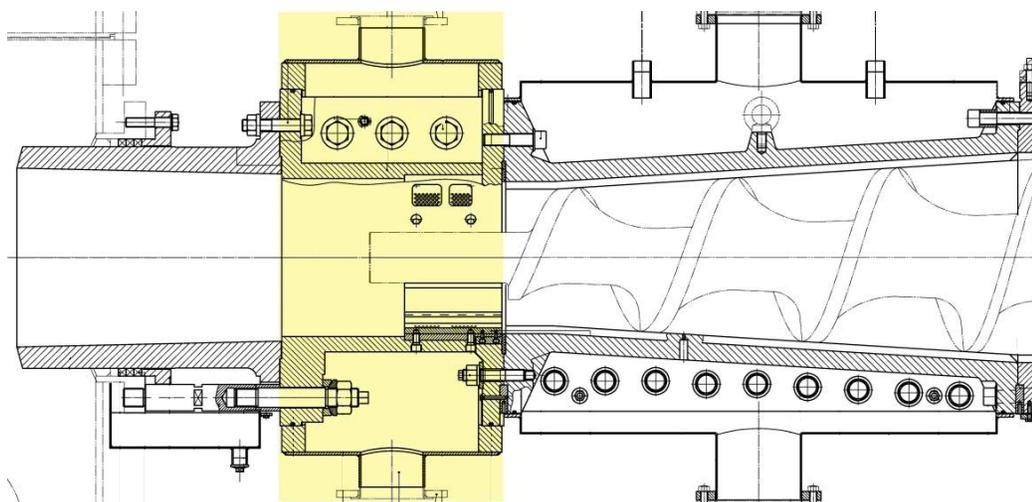


Рисунок 11 – Установленная втулка отжима с перфорацией

### 3.1 Выбор конструкционных материалов

Средой, которая соприкасается со всеми элементами варочного котла, является насыщенный водяной пар и при расщеплении древесины – лигнин.

Лигнин не является самостоятельным веществом, а представляет собой смесь ароматических полимеров родственного строения.

По [5] перечень стойких материалов, которые используются при работе с ароматическими полимерами: стали 08X18H10T, 12X18H10T, латунь всех марок, 10X17H13M2T, паронит, картон асбестовый. Так как все детали набивочного агрегата отлиты, примем сталь марки: 10X17H13M2T. Для защиты от коррозии применим лакокрасочные покрытия. Согласно ГОСТ 23494-79 выбираем лак марки ХС-724, данный лак водостойкий и применяется при высоких температурах, покрываем им внутренние части аппарата.

Вычислим прибавку к расчетным толщинам стенки, учитывая срок службы аппарата 10 лет, и с проницаемостью 0.1 мм/год [5]:  $c_k = 1$  мм. Так как в аппарате имеется шнек, и имеет ударное действие среды на детали, ранее разогретой древесной щепы о стенки сосуда, то примем прибавку на эрозию:  $c_э = 1$  мм.

Компенсация утонения стенки в зависимости от технологической операции:  $c_1 = 0.5$  мм.

Общая прибавка с компенсацией минусового допуска, мм:

$$c = 2,5$$

### 3.2 Механический расчет набивочного агрегата

Расчет набивочного агрегата ведется согласно источникам [6], [7], [8], [9], [10], [11].

Целью расчета является обеспечение механической прочности в рабочих условиях и в условиях испытания.

Механический расчет набивочного шнека приведен в приложении А.

Исходные данные для расчета набивочного шнека:

Материал – древесная щепа

Производительность 32 т абс. сух/ч

Высота транспортирования:  $H = 0$ , м

Насыпная плотность:  $\rho_n = 0.160$  т/м<sup>3</sup>

Диаметр наибольшего витка шнека:  $D = 0.500$  м  
 Диаметр вала:  $d = 0.230$  м  
 Длина подачи материала:  $L = 3.575$  м  
 Плотность материала шнека:  $\rho_{ш} = 7820$  кг/м<sup>3</sup>  
 Вес шнека:  $G_{ш} = 12000$  Н  
 Число оборотов в минуту:  $n = 65$  об/мин, или  $n_c = 1.08$  об/мин  
 Коэффициент наполнения транспортера:  $\psi = 0.5$   
 Максимальная рабочая температура:  $t_{max} = 190$  °С  
 Максимальное рабочее давление, МПа:  $p_p = 1$  МПа  
 Коэффициент угла наклона:  $C = 1$   
 Угол наклона:  $\beta = 0$   
 Рабочая температура:  $T = 448$  К  
 Шаг винта, м:  $s = 0.355$  м  
 Влажность щепы, необходимая для образования пробки:  $w = 35\%$ .

Основные параметры шнекового агрегата, полученные по результатам расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные параметры набивочного агрегата

Название величины	Размерность	Значение
<b>Набивочный шнек</b>		
скорости транспортирования материала	м/с	$V = 0.385$
Диаметр сердечника в начале зоны дозирования	м	$d_n = 0.167$
Глубина винтового канала шнека в начале зоны дозирования	м	$h_n = 0,198$
Средняя вязкость щепы	Па*с	$\mu_{cp} = 45294$
Максимальное давление, оказываемое шнеком на стенки аппарата	МПа	$P_{max} = 12.4$
Мощность электродвигателя	кВт	$N_d = 685$
Крутящийся момент на валу шнека	Н*м	$T_{кр} = 49386$
Действующая осевая сила на вал шнека	Н	$P_{o.c.} = 251452$
Максимальный прогиб шнека	мм	$\Delta = 0.00204$
Допустимые прогибы шнека	мм	$\Delta_{д.min} = 0.5$ $\Delta_{д.max} = 0.75$
Поперечная сила действующая на вал шнека	Н	$R = 25071$

Продолжение Таблицы 2

Толщины корпуса шнека		
Расчетное давление	МПа	$P_{рас} = 15,5$
Пробное давление при испытании	МПа	$P_{пр} = 18.1$
Толщина дозирующей части	мм	$S_{ц} = 43$
Толщина уплотняющей конической части	мм	$S_{к} = 45$
Толщина конической части	мм	$S_{к1} = 42$
Толщина конической втулки	мм	$S_{к2} = 55$
Толщина кожуха промывки		
Диаметр кожуха	мм	$D_{кож} = 890$
Давление промывающей воды	МПа	$p_{в} = 0.6$
Толщина стенки	мм	$s_{ц1} = 7$

### 3.2.1 Подбор фланцев

В качестве расчета фланцевого соединения выберем патрубок кожуха промывки и дренажа. Расчет ведется согласно [12].

Исходные данные фланца:

$D_{ф1} = 315$ мм	$h = 22$ мм
$D_H = 219$ мм	$h_{ц} = 2$ мм
$D_6 = 280$ мм	$S_0 = 5$ мм
$D_{сц} = 240$ мм	$d = 18$ мм
$b_{ц} = 18$ мм	$n = 8$ (количество болтов)
$P = 0.893$ МПа	$d_6 = 18$ мм
$c_0 = 1$ мм	$D = 209$ мм
$t = 40^{\circ}\text{C}$	

Материал обечаек и фланцев – сталь 08X18H10T.

Материал болтов – сталь 35Х.

Материал прокладки – паронит ПОН.

Фланцы соединения с плоскими фланцами согласно ГОСТ Р 52857.4-2007 по рисунку 12.

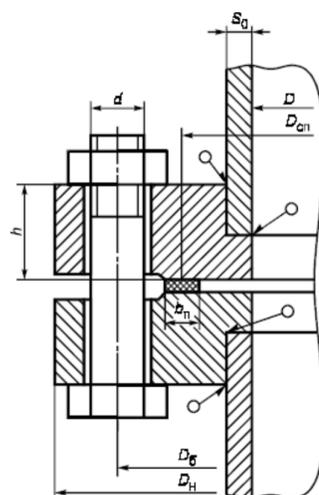


Рисунок 12 – Фланцевое соединение с гладкой уплотнительной поверхностью

Фланцы с гладкой уплотнительной поверхностью рекомендуется применять для условных давлений среды до 1,6 МПа.

### 3.2.2 Расчет фланцевого соединения на герметичность

Расчет фланцевого соединения приведен в приложении А3.

В таблице 3 – представлены рассчитанные параметры фланцевого соединения.

Таблица 3 – Параметры фланцевого соединения

Название величины	Размерность	Значение
Эффективная ширина плоской прокладки	мм	$b_0 = 17$
Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке	Н	$P_{\text{зат}} = 14307.0$
Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения	Н	$R_{\text{г}} = 28615.0$
Равнодействующая нагрузка от давления	Н	$Q_{\text{д}} = 40398$
Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций	Н	$Q_{\text{т}} = 1983$
Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения	Н	$P_{\text{а1}} = 186944.0$
Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений в рабочих условиях	Н	$P_{\text{аδ}} = 184842.0$

Согласно условиям прочности шпилек и прочности прокладок, фланцевое соединение подобрано верно.

### 3.2.3 Расчет и подбор штуцеров

Расчет патрубков сводится к определению диаметра патрубка из уравнения объемного расхода. В данном разделе подобраны штуцера кожуха промывки и дренажа. Подробный расчет описан в приложении А4.

В кожухе имеются четыре технологических штуцера, два для подачи воды, один для отвода пара, второй для слива воды с дренажа.

Внутри труб протекает вода, поэтому скорость воды принимаем равной:  $\omega_{\text{в}} = 1$  м/с.

Поток воды:  $G_{\text{в}} = 0.4$  кг/с.

Плотность воды при средней температуре равной 40°C:  $\rho_{\text{в}} = 992.2$  кг/м<sup>3</sup>.

Скорость пара примем равной:  $\omega_{\text{п}} = 10$  м/с.

Плотность пара температуре равной 190°C рассчитываем:  $\rho_{\text{п}} = 6.378$  кг/м<sup>3</sup>

Расход пара:  $G_{\text{п}} = 1.25$  кг/с.

Таблица 4 – Расчетные параметры штуцеров

Название величины	Размерность	Значение
<b>Патрубок подачи воды</b>		
Расчетный диаметр	м	$d_{1,p} = 0.0227$
Принятый диаметр	мм	$d_{1,1} = 32$
Расчетная толщина стенки	мм	$s_{1,1} = 1.11$
Внутренний диаметр	мм	$d_{\text{вн}1,1} = 27$
Допускаемо давление	МПа	$[p_{1,1}] = 0.895$
<b>Патрубок выхода пара</b>		
Расчетный диаметр	мм	$d_p = 0.158$
Принятый диаметр	мм	$d = 219$
Расчетная толщина стенки	мм	$s_{1,2} = 1.83$

Продолжение Таблицы 4

Внутренний диаметр	мм	$d_{вн1.2} = 209$
Допускаемо давление	МПа	$[p_{1.2}] = 0.893$
<b>Патрудок выходы воды</b>		
Расход щепы с влажностью 100%	т/час	$Q_{шнек} = 32,6$
Расход щепы с конечной влажностью 35%	т/час	$Q_{сухщ} = 24,1$
Расход отжатой воды	кг/с	$q_{вд} = 2,36$
Расчетный диаметр	мм	$d_{2.p} = 0.0637$
Принятый диаметр	мм	$d = 219$
Расчетная толщина стенки	мм	$s_{1.2} = 1.83$
Внутренний диаметр	мм	$d_{вн1.2} = 209$
Допускаемое давление	МПа	$[p_{1.2}] = 0.893$

### 3.2.4 Проверка необходимости укрепления отверстий

В соответствии с [13] проверим необходимость укрепления отверстий. Расчет выполним на примере укреплений отверстий кожуха промывки и дренажа. Расчет укрепления производится по принципу компенсации изъятого отверстием металла. Расчет описан в приложении А5.

Необходимые данные для расчета:

1) Кожух

Внутренний диаметр укрепляемой оболочки, мм:  $D_{кож} = 890.0$

Исполнительная толщина оболочки, мм:  $s_{ц} = 10$

Расчетная толщина оболочки, мм:  $s_{рц1} = 3.55$

Максимальное давление, которое испытывает оболочка, МПа:  $p_{пр} = 0.893$ .

2) Штуцер подачи воды

Внутренний диаметр штуцера, мм:  $d_{вн1.1} = 27.0$

Исполнительные (избыточные) толщины, мм:  $s_{11.2} = 2.5$ ;  $s_{31.2} = 2.5$ ;  
 $s_{21.2} = 0$

Длины частей штуцера, мм:  $l_{11.2} = 155$ ;  $l_{21.2} = 0$ ;  $l_{31.2} = 59$ .

### 3) Штуцер отвода воды и пара

Внутренний диаметр штуцера, мм:  $d_{вн1.2} = 209.0$

Исполнительные (избыточные) толщины, мм:  $s_{13} = 5$ ;  $s_{33} = 5$ ;  $s_{23} = 0$

Длины частей штуцера, мм:  $l_{13} = 155$ ;  $l_{33} = 0$ ;  $l_{23} = 0$ .

Все величины под индексом 1 примем внешнюю часть штуцера, под индексом 2 – накладное кольцо, а под 3 – внутреннюю часть штуцера.

В таблице 5 представлены расчетные параметры укрепления отверстий.

Таблица 5 – Расчетные параметры укрепления отверстий

Название величины	Размерность	Значение
<b>Проверка укрепления штуцера воды</b>		
Расчетный диаметр	мм	$d_{p1.2} = 32$
Расчетные длины частей штуцера	мм	$l_{1p1.2} = 8.6\epsilon$ $l_{3p1.2} = 3.4\epsilon$ $l_{2p1.2} = 0.0$
Ширина зоны укрепления обечайки	мм	$L_{\bar{r}} = 89.5$
Расчетный диаметр отверстия	мм	$d_{op} = 35.8$
Расстояние до соседних штуцеров	мм	$b_{1.2} = 17\epsilon$
Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления	мм	$d_{\bar{r}1.2} = 311.0$
<b>Проверка укрепления штуцера отвода воды и пара</b>		
Расчетный диаметр	мм	$d_{\delta1.3} = 214.0$
Расчетные длины частей штуцера	мм	$l_{1p3} = 36.6$ $l_{3p3} = 0.0$ $l_{2p2} = 0.0$

По итогам расчета было выяснено, что исполнительных толщин штуцера и укрепляемой оболочки вполне достаточно, чтобы компенсировать возникающие напряжения в зоне отверстия. Нет необходимости укреплять данные отверстия.

$$d_{\bar{r}1.2} \geq d_{\delta1.2} = 310.6 \geq 32.0$$

$$d_{\bar{r}1.2} \geq d_{\delta1.3} = 310.6 \geq 214.0$$

#### 4 Расчет варочного котла

Варочный котел (PRK 16/1,8) (рисунок 13) объемом 18 м<sup>3</sup> является частью размольной установки и служит для пропаривания щепы перед размолом.

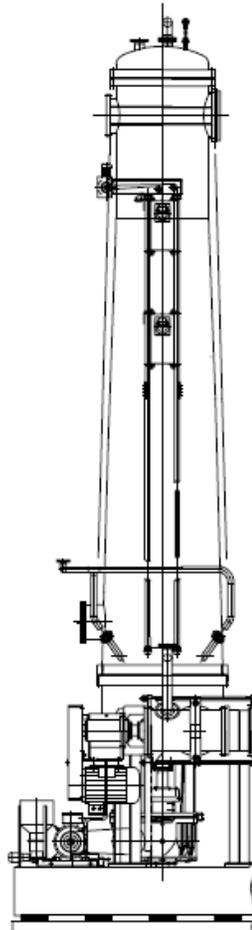


Рисунок 13 – Варочный котел

В процессе пропаривания лигнин древесины размягчается и при этом облегчается процесс разделения древесной щепы на волокна, удельное усилие размола уменьшается.

Варочный котел состоит из основных частей: верхней конической части с фланцевым соединением с нижней частью, включающей корпус с мешалкой и ее приводом и фильерную камеру для размещения выносного шнека. На конструкции варочного котла смонтирован на консольной подставке лубрикатор. Вдоль варочного котла по высоте установлен изотопный

уровнемер с механизмом перемещения. Котел обвязан паропроводами подачи насыщенного пара сверху и по кольцу, связан с системой подачи пара в размольную камеру. На крышке котла имеется присоединение DN 125, а в нижней зоне котла находятся четыре присоединения DN 80, которые соединены с кольцевым трубопроводом. Сверху котла смонтирован защитный предохранительный паровой клапан. При достижении заданного внутреннего давления клапан открывается, и пар может выходить наружу.

Дополнительно в случае неполадки может открыть клапан в питающем трубопроводе по направлению к кольцевому трубопроводу и тем самым быстро сбросить давление в варочном аппарате. Котел имеет инспекционное окно для чисток и проведения ремонтных работ, датчики контроля давления и температуры в варочном котле.

#### **4.1 Технологический расчет**

В технологическом расчете рассчитаем количество щепы, подаваемое на 1 оборот выносного шнека и Уровень заполнения пропарочного котла.

Количество щепы, подаваемой на 1 оборот выносного шнека, можно определить на разных оборотах выносного шнека косвенно по готовой плите. Ниже приводится методика такого определения применительно к каландровой линии. Методика применима и для производства МДФ, изменяются только исходные и фактические данные.

При стабильной работе технологической линии, при постоянной частоте вращения выносного шнека, постоянном уровне волокна в бункере-дозаторе, постоянной скорости прессования в течение не менее 15 минут отбирается контрольная плита. Определяется средняя толщина, средняя плотность и абсолютная влажность плиты. Определяется количество плиты в пог. м, изготовленной за контрольное время. За это же время фиксируется количество израсходованной смолы, отвердителя и парафина. За вычетом влаги, добавленных химикатов определяется количество абс. сух. древесины в плите.

### Исходные данные для расчета:

Частота вращения выносного шнека:  $n_{\text{вын.ш}} = 30$  об/мин

Скорость линии прессования:  $v = 14.5$  м/мин

Ширина обрезанного волокнистого ковra:  $X = 2.830$  м

Влажность готовой плиты:  $w = 14.5$  %

Расход карбамидоформальдегидной смолы (клея):  $p = 12.7$  %

Концентрация клея:  $Q_k = 0.525$

Концентрация отвердителя:  $Q_0 = 15.5$  %

Плотность клея:  $\rho_k = 1.202$  кг/м<sup>3</sup>

Плотность отвердителя:  $\rho_0 = 1.045$  кг/м<sup>3</sup>

Средняя толщина полученных плит:  $\delta_{\text{плит}} = 0.0168$  м

Средняя плотность полученных плит:  $\rho_{\text{плит}} = 799$  кг/м<sup>3</sup>

За 15 минут непрерывной работы в стабильном режиме при постоянной скорости линии, частоте вращения выносного шнека, уровне в бункере-дозаторе волокна, отобрана контрольная плита, определены средние значения толщины, плотности, влажности.

Производительность непрерывного пресса, м<sup>3</sup>/год:

Число суток работы пресса в год, в среднем:  $m = 366$  дней.

Число часов работы в сутки:  $n = 24$  часа.

$$Q = 60v \cdot m \cdot n \cdot \delta_{\text{плит}} \cdot X = 60 \cdot 14.5 \cdot 366 \cdot 24 \cdot 0.0168 \cdot 2.830 = 363335.0 \quad 1)$$

Переведем в м<sup>3</sup>/ч:

$$Q_{\text{м3ч}} = \frac{Q}{8760} = \frac{363335.0}{8760} = 41.5 \quad 2)$$

В пересчете на 15 минут, получаем выпущенную продукцию, м<sup>3</sup>:

$$Q_{15\text{мин}} = Q_{\text{м3ч}} \cdot \frac{15}{60} = 41.5 \cdot \left(\frac{15}{60}\right) = 10.4 \quad 3)$$

В м<sup>2</sup>/ч будет:

$$S = \frac{Q_{15\text{мин}}}{\delta_{\text{плит}}} = \frac{10.4}{0.0168} = 619.0 \quad 4)$$

Длина готовой плиты:  $l_{\text{пл}} = 6.235 \text{ м}$

Площадь плиты,  $\text{м}^2$ :

$$S_{\text{пл}} = l_{\text{пл}} \cdot X = 6.235 \cdot 2.830 = 17.6 \quad 5)$$

Получим число плит выпущенных в течение 15 минут, шт:

$$N_{\text{пл}} = \frac{S}{S_{\text{пл}}} = \frac{619.0}{17.6} = 35.0 \quad 6)$$

Рассчитаем массу полученной продукции, кг:

$$M = Q_{15\text{мин}} \cdot \rho_{\text{плит}} = 10.4 \cdot 799 = 8309.0 \quad 7)$$

Абсолютно сухой плиты масса, кг:

$$M_{\text{сух}} = \frac{M}{\rho_{\text{к}}} = \frac{8309.0}{1.202} = 6912.0 \quad 8)$$

В течение 15 минут израсходовано смолы, по расходомеру:  $Q_{\text{см}} = 1521 \text{ кг}$

По абсолютно сухому веществу, кг:

$$Q_{\text{см.сух}} = Q_{\text{см}} \cdot Q_{\text{к}} = 1521 \cdot 0.525 = 799.0 \quad 9)$$

По расходомерам израсходовано компонентов:

Отвердитель:  $Q_{\text{отв}} = 44 \text{ кг}$

Парафин:  $Q_{\text{пар}} = 24 \text{ кг}$

Суммарный расход компонентов, кг:

$$\Sigma Q = Q_{\text{см.сух}} + Q_{\text{отв}} + Q_{\text{пар}} = 799.0 + 44 + 24 = 867.0 \quad 10)$$

Содержание абсолютно сухого древесного вещества в плите, кг:

$$Q_{\text{др}} = M_{\text{сух}} - \Sigma Q = 6912.0 - 867.0 = 6045.0 \quad 11)$$

Исходя из данных расчетов, вычислим количество щепы за 1 оборот выносного шнека за 15 минут работы, кг/об:

$$Q_{\text{щеп}} = \frac{Q_{\text{др}}}{n_{\text{вын.ш}} \cdot 15} = \frac{6045.0}{(30 \cdot 15)} = 13.4 \quad (12)$$

Уровень заполнения варочного котла.

Объем заполнения пропарочного котла в м<sup>3</sup> является функцией продолжительности пропарки в минутах и производительности в кг/ч абсолютно сухой древесины.

Насыпная масса щепы определяется следующим образом. Изготавливают из фанеры или легкого металла ящик размером 1 × 1 × 1 м. Определяют массу ящика, P<sub>0</sub>, взвешиванием на платформенных весах с точностью 0.1 кг. Засыпают щепу в ящик до верха, выравниваем слой ровно по высоте. Взвешивают ящик со щепой, P<sub>1</sub>. Определяем массу сырой щепы P<sub>2</sub> = P<sub>1</sub> – P<sub>0</sub>. Берем 3 пробы массой 100 г на влажность щепы. Взвешиваем на электронных весах с точностью 0.1 г. Навески в корытцах, изготовленных из фольги, ставим в сушильный шкаф и высушиваем до постоянной массы при температуре 100 ± 2°C в течение 6 – 8 часов. Взвешиваем навески абсолютно сухой щепы с точностью 0.1 г. Определяем абсолютную влажность щепы, W, по формуле:  $W = \frac{P_1 - P_0}{P_0} * 100\%$ , где P<sub>1</sub> – масса влажной щепы, г; P<sub>0</sub> – масса абсолютно сухой щепы.

Зная абсолютную влажность щепы, определяем насыпную массу абсолютно сухой щепы,

$$\rho = \frac{P_2 * 100}{(100 + W) * 1} \text{ кг/м}^3.$$

Насыпная масса сухой щепы находится в пределах 140 – 180 кг/м<sup>3</sup>.

Время пропаривания щепы в котле находится в пределах 2 – 5 минут.

Зная, сколько необходимо древесины в течение 15 минут для производства плиты, узнаем, сколько нужно ее, чтобы проработать 1 час, кг/ч:

$$Q_{\text{час}} = Q_{\text{др}} \cdot 4 = 6045.0 \cdot 4 = 24180.0 \quad (13)$$

С учетом всех компонентов, рассчитанный выход осмоленного волокна получается, кг/ч:

$$Q_{\text{час.осм}} = Q_{\text{час}} + \Sigma Q \cdot 4 = 24180.0 + 867.0 \cdot 4 = 27648.0 \quad 14)$$

По лабораторным результатам насыпная масса при породном составе древесины в процентном соотношении береза – 35%, осина – 20%, хвоя – 20%, горбыль – 25%, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho_{\text{щ}} = 153$$

Время пропаривания примем максимальным, мин:

$$\tau = 5$$

Диапазон производительности абсолютно сухой древесины (без компонентов):

$$Q_{\text{щ}} = 0..32000 \text{ кг/ч}$$

Объем заполнения котла щепой имеет следующую зависимость:

$$V_{\text{ап}}(Q_{\text{щ}}) = \frac{Q_{\text{щ}} \cdot \tau}{\rho_{\text{щ}} \cdot 60} \quad 15)$$

На рисунке 14 показана зависимость  $V_{\text{ап}}(Q_{\text{щ}})$ .

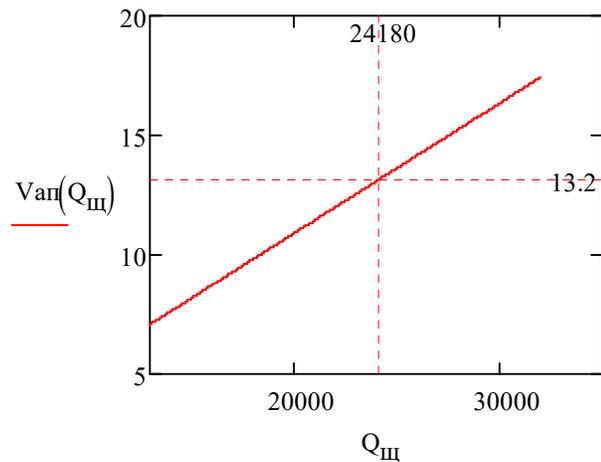


Рисунок 14 – Зависимость объема заполнения котла от количества щепы

Объем щепы в котле при производительности в 24,18 т/час, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{ап}}(24180) = 13.2$$

Максимальное заполнения щепой котла по уровню, согласно

производителю: 13,9 м<sup>3</sup>, остальное пространство котла находится под насыщенным паром.

## **4.2 Конструктивный расчет**

Варочный аппарат имеет в конической обечайки 4 штуцера в основании и 1 на крышке для подачи пара, 1 на крышке для предохранительного клапана, 2 для измерения температуры и давления. Имеет инспекционный люк в основании корпуса и два соосных штуцера для установки контрупора и присоединения набивочного агрегата.

### **4.2.1 Выбор конструкционного материала**

Средой, которая соприкасается со всеми элементами варочного котла, является насыщенный водяной пар и при расщеплении древесины – лигнин. Лигнин не является самостоятельным веществом, а представляет собой смесь ароматических полимеров родственного строения.

По [5] перечень стойких материалов, которые используются при работе с ароматическими полимерами: стали 08X18H10T, 12X18H10T, латунь всех марок, 10X17H13M2T, паронит, картон асбестовый.

Примем сталь марки: 12X18H10T.

Для защиты от коррозии применим лакокрасочные покрытия. Согласно ГОСТ 23494-79 выбираем лак марки ХС-724, данный лак водостойкий и применяется при высоких температурах, покрываем им внутренние части аппарата.

Вычислим прибавку к расчетным толщинам стенки, учитывая срок службы аппарата 20 лет, и с проницаемостью 0.1 мм/год [5]:  $c_k = 2$  мм.

Так как в аппарате имеется мешалка, и имеет ударное действие среды на детали, ранее разогретой древесной щепы о стенки сосуда, то примем прибавку на эрозию:  $c_э = 2$  мм.

Компенсация утонения стенки в зависимости от технологической операции:  $c_1 = 0.3$  мм.

Общая прибавка с компенсацией минусового допуска, мм:

$$c = c_k + c_э + c_1 + 0.2 = 2 + 2 + 0.3 + 0.2 = 4.5 \quad (16)$$

#### 4.2.2 Расчет и подбор технологических штуцеров

Котел обвязан паропроводами подачи насыщенного пара сверху и по кольцу, связан с системой подачи пара в размольную камеру. В своем составе имеет технологические штуцера подачи пара. На крышке аппарата смонтирован штуцер для предохранительного клапана, два штуцера под измерительные приборы температуры и давления. В низу аппарата имеется смотровой люк. Так же котел имеет два соосных штуцера под присоединения контрупора и набивочного агрегата.

Расчет и подбор технологических штуцеров представлен в приложении Б1.

Исходными данными для расчета являются:

Скорость пара примем равной 30 м/с:

$$\omega_{\text{п}} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Плотность пара температуре равной 190 °С, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho_{\text{п}} = 6.378$$

Расход пара на тонну древесины, кг/т:

$$G_{\text{п.т}} = 372$$

Расход пара в час, кг/час:

$$G_{\text{п}} = Q_{\text{час}} \cdot \frac{G_{\text{п.т}}}{1000} = 24180.0 \cdot \left( \frac{372}{1000} \right) = 8994.0 \quad (17)$$

Расход пара в секунду, кг/с:

$$G_{\text{п.сек}} = \frac{G_{\text{п}}}{3600} = \frac{8994.0}{3600} = 2.5 \quad (18)$$

В таблице 6 представлены расчетные параметры штуцеров.

Таблица 6 – Расчетные параметры штуцеров

Название величины	Размерность	Значение
<b>Патрубок подачи пара в крышке аппарата</b>		
Расчетный диаметр	м	$d = 0.129$
Принятый диаметр	мм	$d_n = 140$
Внутренний диаметр	мм	$d_{вн} = 131$
<b>Патрубок подачи пара в основании аппарата</b>		
Расчетный диаметр	мм	$d_1 = 0.0645$
Принятый диаметр	мм	$d_n = 88,5$
Внутренний диаметр	мм	$d_{вн1} = 80,5$

### 4.2.3 Расчет толщины изоляции

Аппарат установлен в помещении, то поэтому температуру окружающего воздуха в помещении примем равной 20 °С. Определим суммарный коэффициент теплоотдачи в окружающую среду лучеиспусканием и конвекцией по уравнению [14, с. 168]:

$$\alpha = 9.74 + 0.07 \cdot \Delta t \quad 19)$$

где  $\Delta t$  – разность температур поверхности аппарата и окружающего воздуха.

Температура поверхности изоляции не должна превышать 60 °С.

Разность температур:  $\Delta t = 60 - 20 = 40$  °С.

Тогда:

$$\alpha = 9.74 + 0.07 \cdot \Delta t = 9.74 + 0.07 \cdot 40 = 12.54 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad 20)$$

Удельный тепловой поток:

$$q = \alpha \cdot \Delta t = 12.54 \cdot 40 = 502.0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad 21)$$

Принимая приближенно, что все термическое сопротивление сосредоточено в слое изоляции, можно написать:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_{\text{раб}} - 20) \quad (22)$$

В качестве изоляционного материала примем теплоизоляционную минеральную вату [15].

Коэффициент теплопроводности, Вт/м × К:

$$\lambda = 0.150$$

Откуда толщина изоляции, мм:

$$\delta_{\text{и}} = \frac{\lambda}{q} \cdot (t_{\text{раб}} - 20) = \frac{0.150}{502.0} \cdot (190 - 20) = 0.0508 \quad (23)$$

Принимаем толщину изоляции из ряда: 60 мм.

### 4.3 Механический расчет варочного котла

**Исходные данные для расчета:**

Емкость аппарата:  $V = 18 \text{ м}^3$

Рабочая среда: щепа; насыщенный пар

**Параметры насыщенного пара:**

Максимальное рабочее давление подаваемого в котел пара:  $p_{\text{раб}} = 1$

МПа

Максимальная рабочая температура:  $t_{\text{раб}} = 190 \text{ }^\circ\text{C}$

**Геометрические параметры котла:**

Диаметр котла в верхней части:  $D_{\text{в}} = 1400 \text{ мм}$

Диаметр котла в нижней части:  $D_{\text{н}} = 1800 \text{ мм}$

Высота конической части:  $H_{\text{к}} = 7041 \text{ мм}$

Высота цилиндрической части:  $H_{\text{ц}} = 2000 \text{ мм}$

**Параметры лопастной мешалки:**

Мощность электропривода:  $N_{\text{э.п}} = 55 \text{ кВт}$

Частота вращения вала электропривода:  $n_{\text{а.п}} = 985 \text{ об/мин}$

Частота вращения мешалки:  $n_1 = 15.5$  об/мин

Вес лопасти мешалки:  $G_1 = 180$  кг

### **Параметры выносного шнека:**

Диаметр шнека:  $D_{\hat{a}.\emptyset} = 0.56$  м

Мощность электродвигателя  $N_{\dot{y}.\hat{a}.\emptyset} = 75$  кВт

Частота вращения выносного шнека:  $n_{\min.\emptyset} = 5$  об/мин;  $n_{\max.\emptyset} = 45$  об/мин.

### **4.3.1 Расчетные параметры**

Расчетные параметры:

Физико-механические свойства стали 12Х18Н10Т.

Температура испытания, °С:  $t_{\text{исп}} = 20$

Расчетная температура, °С:  $t_p = 190.0$

Коэффициент запаса по пределу текучести:  $n_{\text{тр}} = 1.5$  – рабочее;  $n_{\text{тг}} = 1.1$  – гидравлическое испытание.

Допускаемое напряжение при расчетной температуре с учетом коэффициента запаса устойчивости, МПа:

$$[\sigma] = 121.3$$

Минимальное значение предела текучести при температуре испытания, МПа:

$$[\sigma_{\text{и}}] = 130.7$$

Модуль упругости для стали при расчетной температуре:

$$E_t = 1.91 \cdot 10^5$$

Модуль упругости для стали при температуре испытания 20°С:

$$E_{20} = 2.05 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Высота аппарата:  $H_{\text{ап}} = 10122$  м;

Плотность воды:  $\rho_{\text{в}} = 998$  кг/м<sup>3</sup>.

Расчетное давление равно сумме рабочего и давления столба воды при гидравлическом испытании, МПа:

$$P_{\text{рас}} = P_{\text{раб}} + \frac{\rho_{\text{в}} \cdot g \cdot H_{\text{ап}}}{10^9} = 1 + \frac{998 \cdot 9.8 \cdot 10122}{10^9} = 1.1 \quad (24)$$

Пробное давление при гидравлическом испытании, МПа:

$$P_{\text{пр}} = 1.25 \cdot P_{\text{рас}} \cdot \frac{[\sigma_{\text{И}}]}{[\sigma]} = 1.5 \quad (25)$$

Пробное давление, действующее на крышку аппарата, МПа:

$$P_{\text{пр1}} = 1.25 \cdot P_{\text{раб}} \cdot \frac{[\sigma_{\text{И}}]}{[\sigma]} = 1.3 \quad (26)$$

Вид сварного шва и способ сварке выбираем стыковой с двухсторонним проваром, выполняемым автоматической сваркой под слоем флюса, долина контролируемых швов 100 %. Тип шва без скоса кромок, двусторонний. Вид сварного соединения – прямолинейное стыковочное (обечаяк).

$$\psi = 0.9$$

### 4.3.2 Расчет толщин стенок аппарата

Расчет толщин стенок частей аппарата представлен в приложении Б2. В таблице 7 представлены расчетные параметры стенок котла.

Целью расчета толщины стенок является обеспечение механической прочности в рабочих условиях и в условиях испытания. Критерием механической надежности, является прочность и устойчивость.

Таблица 7 – Расчетные параметры стенок котла

Название величины	Размерность	Значение
<b>Нижняя цилиндрическая часть аппарата</b>		
Расчетная толщина	мм	$S_{\text{рц1}} = 11,55$
Исполнительная толщина	мм	$S_{\text{ц1}} = 18$
Допускаемое давление	МПа	$[p_{\text{ц}}] = 1,751$

Продолжение Таблицы 7

<b>Верхняя цилиндрическая часть аппарата</b>		
Расчетная толщина	Расчетная толщина	Расчетная толщина
Исполнительная толщина	мм	$S_{ц} = 18$
Допускаемое давление	МПа	$[p_{ц}] = 2,247$
<b>Коническая часть аппарата</b>		
Расчетная толщина	мм	$s_{рк} = 8,983$
Исполнительная толщина	мм	$S_{к} = 18$
Допускаемое давление	МПа	$[p_{к}] = 2,247$
<b>Эллиптическая крышка</b>		
Расчетная толщина	мм	$s_{э} = 7,76$
Исполнительная толщина	мм	$S_{э} = 18$
Допускаемое давление	МПа	$[p] = 2,258$
Высота цилиндрической части крышки	мм	$h_1 = 110$
Высота эллиптической крышки	мм	$H_э = 350$

### 4.3.3 Расчет фланцевого соединения

Соединение узлов аппарата производится с помощью фланцев. Данный тип фланцев с учетом пробного давления 1,5 МПа и с пожароопасной средой применяется фланцы по типу уплотнительной поверхности «выступ-впадина». Расчет производился по [16].

Целью расчета фланцевого соединения является подбором такого типа фланца и прокладки, при которых выполняются условия герметизации фланцевого соединения и прочность в рабочих условиях и в условиях испытания. В качестве критериев надежности выступают прочность и герметичность.

Проверим условия прочности и герметичности соединений узлов котла. Данный расчет представлен в приложении Б3.

Расчетная схема фланцевого соединения изображена на рисунке 15.

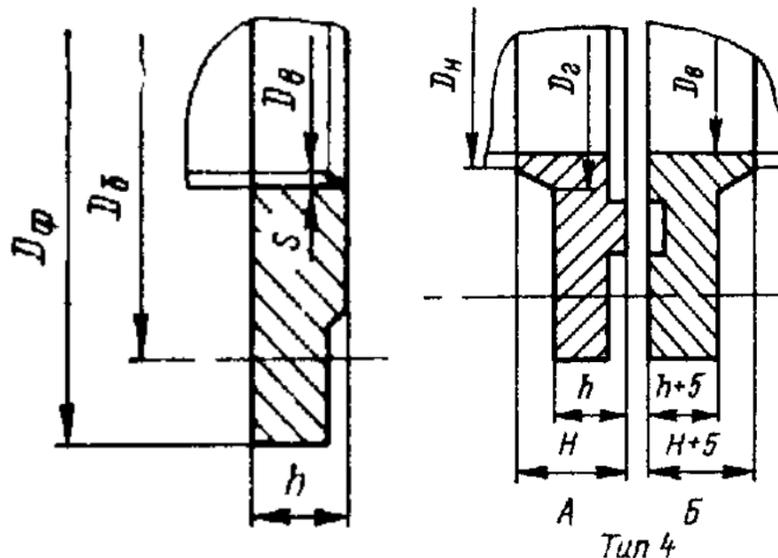


Рисунок 15 – Расчетная схема фланца типа «выступ-впадина»

Исходные данные фланца соединения нижней цилиндрической части и конической части аппарата:

$D_e = 1800$ мм	$s = 0$ мм
$D_\phi = 1995$ мм	$h = 75$ мм
$D_H = 1832$ мм	$n_b = 72$ шт. (M24)
$D_2 = 1890$ мм	$D_\delta = 1950$ мм

Материал обечаек и фланцев – сталь 12X18H10T

Материал болтов – сталь 40X

Материал прокладки – паронит ПОН.

Выбор крепежных элементов: шпильки

Исходные данные фланца соединения конической части аппарата и верхней цилиндрической части:

$D_e = 1400$ мм	$s = 8$ мм
$D_\phi = 1555$ мм	$h = 58$ мм
$D_H = 1422$ мм	$n_b = 64$ шт. (M22)
$D_2 = 1466$ мм	$D_\delta = 1515$ мм

В таблице 8 представлены параметры фланцевого соединения.

Таблица 8 – Параметры фланцевого соединения

Название величины	Размерность	Значение
<b>Фланцевое соединение нижней цилиндрической части и конической части</b>		
Эффективная ширина плоской прокладки	мм	$b_0 = 28$
Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке	Н	$P_{\dot{a}\ddot{a}} = 301168.0$
Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения	Н	$R_{\dot{\gamma}} = 602337.0$
Равнодействующая нагрузка от давления	Н	$Q_{\ddot{a}} = 3.93e6$
Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций	Н	$Q_t = 1.56e6$
Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения	Н	$P_{\dot{a}\dot{i}} = 5.76e6$
Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений в рабочих условиях	Н	$P_{\dot{a}\delta} = 1.07e7$
<b>Фланцевое соединение конической части аппарата и верхней цилиндрической части</b>		
Эффективная ширина плоской прокладки	мм	$b_{01} = 23$
Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке	Н	$P_{\dot{a}\ddot{a}1} = 194415.0$
Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения	Н	$R_{\dot{\gamma}1} = 388830.0$
Равнодействующая нагрузка от давления	Н	$Q_{\ddot{a}1} = 2.43e6$
Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций	Н	$Q_{t1} = 1.04e6$
Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения	Н	$P_{\dot{a}\dot{i}1} = 5.44e6$
Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений в рабочих условиях	Н	$P_{\dot{a}\delta 1} = 8.57e6$

Согласно условиям прочности и герметичности фланцевого соединения, фланцы подобраны верно.

#### 4.3.4 Проверка необходимости укрепления отверстий

Проверка необходимости укрепления отверстий варочного котла описана в приложении Б4.

Целью расчета укрепления отверстий заключается в определение предельного диаметра неукрепленного отверстия и сравнения его с

расчетным диаметром отверстия, если расчетный диаметр превышает предельный диаметр, то данное отверстия подлежит укреплению в целях компенсации возникающий напряжений в зоне отверстия.

Расчетные схемы укрепления отверстий изображены на рисунках 16 – 18.

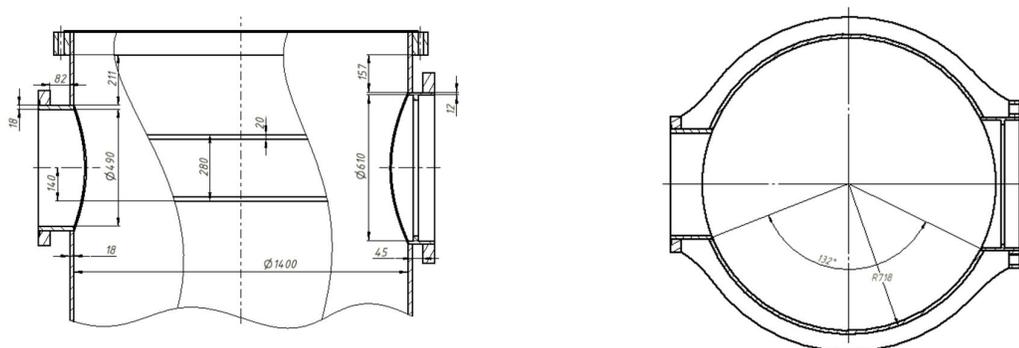


Рисунок 16 – Расчетная схема укрепления отверстий в верхней цилиндрической части

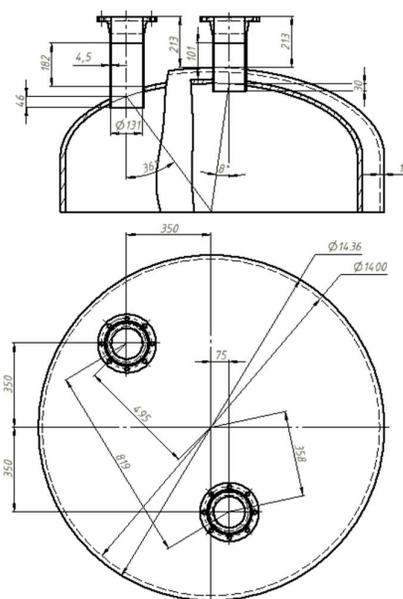


Рисунок 17 – Расчетная схема укрепления отверстий в эллиптической крышке

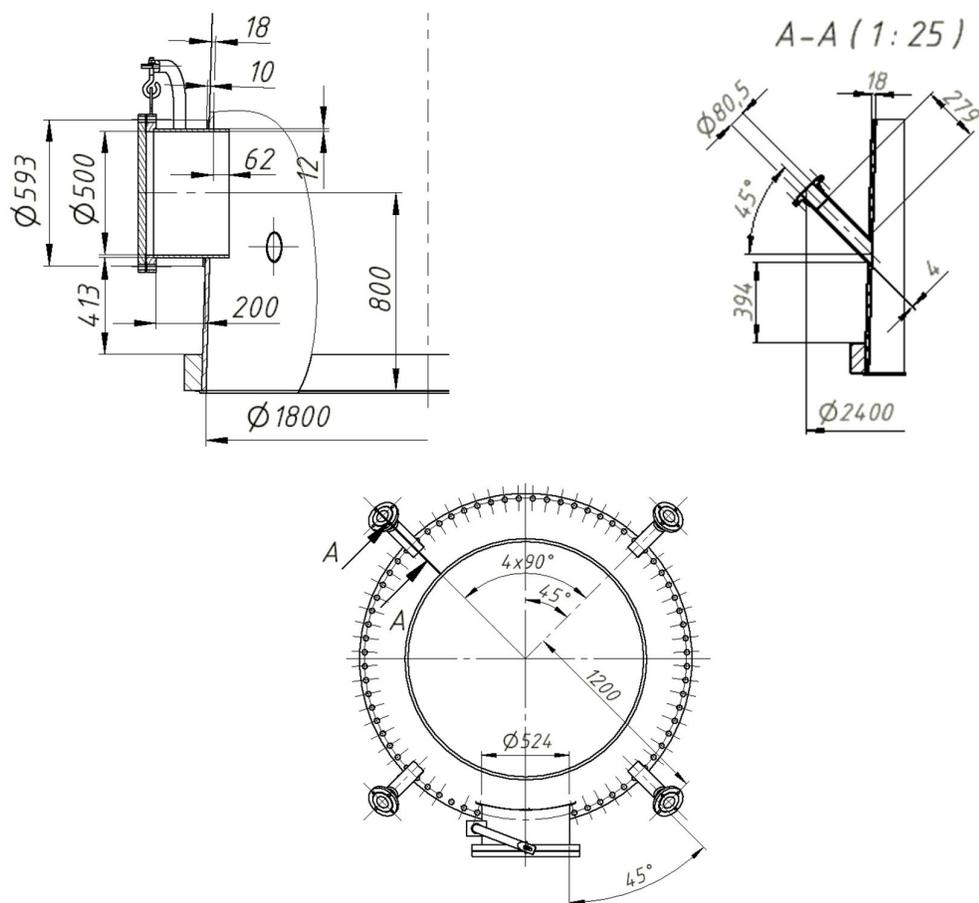


Рисунок 18 – Расчетная схема укрепления отверстий в конической части

Исходные данные для проверки необходимости укрепления отверстий в варочном котле приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные для расчета укрепления отверстий

Название величины	Размерность	Значение
<b>Верхняя цилиндрическая часть</b>		
Внутренний диаметр укрепляемой оболочки	мм	$D_{\text{вн}} = 1400.0$
Длины частей штуцеров	мм	$l_{1.1} = 182; l_{3.1} = 0; l_{2.1} = 0$ $l_{1.2} = 101; l_{3.2} = 0; l_{2.2} = 0$
Толщины частей штуцера	мм	$s_{1.1} = 18; s_{3.1} = 18; s_{2.1} = 0$ $s_{1.2} = 18; s_{3.2} = 18; s_{2.2} = 0$
<b>Коническая часть</b>		
Внутренний диаметр укрепляемой оболочки	мм	$D_{\text{вн}} = 1800.0$

Продолжение Таблицы 9

Длины частей штуцеров	мм	$l_{1\_1} = 200; l_{3\_1} = 62; l_{2\_1} = 0$ $l_{1\_2} = 279; l_{3\_2} = 0; l_{2\_2} = 0$
Толщины частей штуцера	мм	$s_{1\_1} = 12; s_{3\_1} = 12; s_{2\_1} = 0$ $s_{1\_2} = 4.5; s_{3\_2} = 4.5; s_{2\_2} = 0$
<b>Эллиптическая крышка</b>		
Внутренний диаметр	мм	$D_{\text{вн}} = 1400.0$
Расстояния от центра укрепляемой оболочки до оси отверстия	мм	$X_1 = 495$ $X_2 = 358$
Длины частей штуцеров	мм	$l_{11} = 182; l_{31} = 46; l_{21} = 0$ $l_{12} = 101; l_{32} = 30; l_{22} = 0$
Толщины частей штуцера	мм	$s_{11} = 4.5; s_{31} = 4.5; s_{21} = 0$ $s_{12} = 4.5; s_{32} = 4.5; s_{22} = 0$

Таблица 10 – Расчётные данные укрепления отверстий

Название величины	Размерность	Значение
<b>Эллиптическая крышка</b>		
Расчетный диаметры	мм	$D_{1\delta} = 2213.0$ $D_{2\delta} = 2510.0$
Расчетные длины частей штуцера	мм	$l_{11p} = 27.0; l_{12p} = 27.0;$ $l_{31p} = 10.8$ $l_{32p} = 10.8$
Название величины	Размерность	Значение
<b>Эллиптическая крышка</b>		
Ширина зоны укрепления обечайки	мм	$L_{1o} = 173.0; L_{2o} = 184.0$
Расчетный диаметр отверстия	мм	$d_{1p} = 159.0$ $d_{2p} = 148.0$
Расчетные толщины стенок штуцеров	мм	$s_{1p} = 0.739$
Расстояние до соседних штуцеров	мм	$b_{1.2} = 679$
Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления	мм	$d_{1op} = 69.1; d_{2op} = 73.6$
Наибольший диаметр, не требующий укрепление	мм	$d_{1i} = 325.0; d_{2i} = 346.0$

Продолжение Таблицы 10

<b>Верхняя цилиндрическая обечайка</b>		
Расчетный диаметр	мм	$D_{\delta} = 1400.0$
Расчетные длины частей штуцера	мм	$l_{1.1p} = 114.0; l_{1.2p} = 101.0$ $l_{3.1p} = 0.0; l_{3.2p} = 0.0$
Ширина зоны укрепления обечайки	мм	$L_{22o} = L_{11o} = 137.0$
Расчетный диаметр отверстия	мм	$d_{11p} = 492.0; d_{12p} = 612.0$
Расчетные толщины стенок штуцеров	мм	$s_{12p} = 0.739; s_{11p} = 0.739$
Расстояние до соседних штуцеров	мм	$b_{1..2} = L = 1654.0$
Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления	мм	$d_{1.op} = 55.0$
Наибольший диаметр, не требующий укрепление	мм	$d_{1.i.} = 257.0$
Площадь укрепляемого кольца жесткости	мм <sup>2</sup>	$A = 156421.0$
<b>Коническая часть</b>		
Расчетный диаметр	мм	$D_{\delta 1} = 1800.0$
Расчетные длины частей штуцера	мм	$l_{1\_1p} = 94.7; l_{1\_2p} = 22.2$ $l_{3\_1p} = 37.9; l_{3\_2p} = 0.0$
Ширина зоны укрепления обечайки	мм	$L_{o1} = 156.0$
Расчетный диаметр отверстия	мм	
Расчетные толщины стенок штуцеров	мм	$s_{p1} = 3.35; s_{p2} = 0.581$
<b>Коническая часть</b>		
Расстояние до соседних штуцеров	мм	$b_{1\_1} = L = 1654.0$ $b_{1\_2} = L_1 = 696.0$
Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления	мм	$d_{op1} = 62.4$
Наибольший диаметр, не требующий укрепление	мм	$d_{f1.} = 219.0$
Площадь накладного кольца	мм <sup>2</sup>	$\dot{A}_{2\delta\_ep\hat{e}} = 345.0$
Расчетная длина накладного кольца	мм	$l_{2\_1\delta} = 35.0$

Исходя из проверок укрепления отверстий в приложении Б4 были укреплены отверстия в верхней цилиндрической части двумя кольцами

жесткости толщиной 20 мм. В конической части укреплено отверстие под смотровой люк накладным кольцом толщиной 10 мм, диаметром 594 мм.

#### 4.3.5 Расчет мешалки варочного котла

Расположенная в нижней части мешалка обеспечивает разгрузку щепы из пропарочного котла и препятствует сводообразованию. Мешалка подает щепу через отверстие в дне пропарочного котла в расположенный ниже выносной шнек с регулируемой частотой вращения. Выносной шнек подает щепу непосредственно в загрузочный шнек, вращающийся с постоянной скоростью. Расчет производился по [17].

##### **Исходные данные:**

Среда – древесная щепа:  $\rho_{щ} = 153 \text{ кг/м}^3$

Температура рабочая:  $t_{раб} = 190 \text{ }^\circ\text{C}$

Внутренний диаметр корпуса:  $D_{низ} = 1.8 \times 10^3 \text{ мм}$

Материал аппарата – сталь 12Х18Н10Т

Давление в корпусе рабочее:  $P_{раб} = 1 \text{ МПа}$

Пробное давление гидроиспытания:  $P_{пр} = 1.5 \text{ МПа}$

Динамический коэффициент вязкости щепы:  $\mu = 93195 \text{ н} \times \text{сек/м}^2$

Объем занимаемого пространства в аппарате:  $V_{зап} = 13.9 \text{ м}^3$

Высота аппарата:  $H_{ап} = 1.012 \times 10^4$

Объем аппарата:  $V = 18 \text{ м}^3$

*Параметры лопастной мешалки:*

Мощность электропривода:  $N_{э.м.} = 55 \text{ кВт}$

Частота вращения вала электропривода:  $n_{в.э.м} = 985 \text{ об/мин}$

Частота вращения мешалки:  $n_m = 15.5 \text{ об/мин}$

Вес лопасти мешалки:  $G_m = 180 \text{ кг}$

Сальниковое уплотнение.

На рисунке 19 представлена мешалка лопастная, тихоходная с нижним приводом.

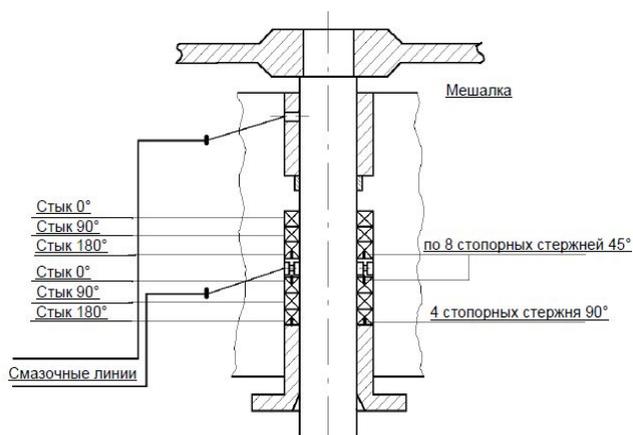


Рисунок 19 – Мешалка лопастная, тихоходная с нижним приводом

Кинематика привода мешалки электродвигатель-клиноременная передача-редуктор.

Вал консольного типа.

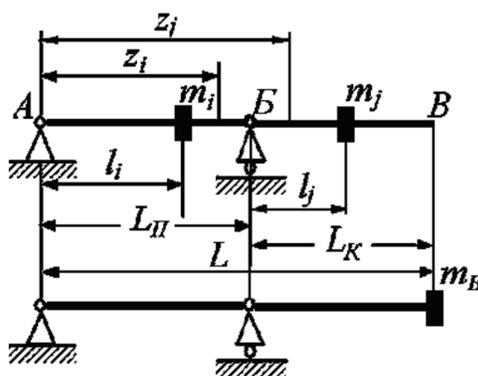


Рисунок 20 – Схема мешалки

Определим в первом приближении диаметр мешалки, м:

$$d_M = \frac{\left( \frac{D_{\text{низ}}}{1000} \right)}{1.5} = \frac{1800}{1.5} = 1.2 \quad 26)$$

Высота установки нижней мешалки над днищем аппарата, мм:

$$h_M = 10$$

Приближенная ширина лопасти мешалки, мм:

$$b_{\text{л}} = 0.1 \cdot d_{\text{М}} = 0.1 \cdot 1.2 = 0.12 \quad (27)$$

Высота заполнения аппарата:

Из формулы объема усеченного конуса, найдем высоту заполнения, мм:

$$H_{\text{зап}} = \frac{V_{\text{зап}} \cdot 3 \cdot 10^9}{\pi \cdot \left[ \left( \frac{D_{\text{верх}}}{2} \right)^2 + \left( \frac{D_{\text{верх}}}{2} \right) \cdot \left( \frac{D_{\text{низ}}}{2} \right) + \left( \frac{D_{\text{низ}}}{2} \right)^2 \right]} = \frac{13.9 \cdot 3 \cdot 10^9}{\pi \cdot \left[ \left( \frac{1400}{2} \right)^2 + \frac{1400}{2} \cdot \left( \frac{1800}{2} \right) + \left( \frac{1800}{2} \right)^2 \right]} = 68 \quad (28)$$

Проверка требуемого условия  $H_{\text{зап}} > D_{\text{В}}$ :

$$Usl_{\mu} = \begin{cases} \text{"Требуемое условие выполняется"} & \text{if } H_{\text{зап}} > D_{\text{В}} \\ \text{"Условие не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_{\mu} = \text{"Требуемое условие выполняется"}$$

По величине допускаемого крутящего момента выбираемого привода определяется в первом приближении диаметр вала мешалки.

Окружная скорость мешалки с приближенным диаметром, м/с:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{d_{\text{М}}}{2} \cdot \frac{n_{\text{М}}}{60} = 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{1.2}{2} \right) \cdot \left( \frac{15.5}{60} \right) = 0.974 \quad (29)$$

Расчетный крутящийся момент на валу с перемешивающим устройством  $M_{\text{к}}$  в Н × м определяется по формуле:

$$M_{\text{к}} = \frac{N_{\text{э.м}} \cdot 10^3}{\omega} = \frac{55 \cdot 10^3}{0.974} = 56468.0 \quad (30)$$

Предварительный диаметр вала равен, м:

Допускаемое напряжения на кручение для материала вала в Н/м<sup>2</sup>

Материал вала – сталь 35ХМ

$$\tau_{\text{д}} = 65 \cdot 10^6$$

$$d_{\text{В}} = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{к}}}{0.2 \cdot \tau_{\text{д}}}} = \sqrt[3]{\frac{56468.0}{0.2 \cdot (65 \cdot 10^6)}} = 0.163 \quad (31)$$

Примем диаметр вала равным, м:

$$d_{\text{В}} = 0.165$$

Мешалка варочного котла была рассчитана на прочность и жесткость, тихоходная мешалка не рассчитывается ветроустойчивость. Расчеты в приложении Б5.

Основные расчетные параметры мешалки варочного котла приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Расчетные параметры мешалки

Название величины	Размерность	Значение
<b>Проверка жесткости вала мешалки</b>		
Безразмерный динамический прогиб вала в опасном сечении	м	$y_{z0} = 0.459$
Приведенная масса вала с мешалкой	кг	$m_{\dot{\delta}} = 411.0$
Смещение оси вала от оси вращения в точке приведенной массы за счет зазоров в опорах	м	$\Delta \hat{a} = 0.000565$
Динамический прогиб вала	м	$Y_z = 0.0000409$
Смещение оси вала от оси вращения в опасном по жесткости сечении за счет зазоров в опорах	м	$D_z = 0.000129$
Поперечная гидродинамическая сила, действующая на мешалку	Н	$Q_{\dot{\delta}} = 1521.0$
Смещение оси вала от оси вращения в опасном сечении за счет начальной изогнутости	м	$E_z = 0.0000184$
Динамическое смещение вала в опасном по жесткости сечении от суммарной гидродинамической силы	м	$Y_Q = 0.00000725$
<p>Для сальникового уплотнения, допускаемое смещение, мм:</p> $\Delta z_{\text{ä}} = 0.1$ $Y_z + D_z + E_z + Y_Q = 0.000196 \quad (32)$ <p> <math display="block">Usl_{\Delta zQ} = \begin{cases} \text{"Требуемое условие выполняется"} &amp; \text{if } Y_z + D_z + E_z + Y_Q \leq \Delta z_{\text{ä}} \\ \text{"Условие не выполняется"} &amp; \text{otherwise} \end{cases}</math> <math display="block">Usl_{\Delta zQ} = \text{"Требуемое условие выполняется"}</math> </p> <p>Жесткость валов МПУ проверяют путем сравнения расчетного динамического смещения: вала в опасном сечении с допускаемым</p>		
<b>Проверка прочности мешалки</b>		
Крутящий момент в опасном прочностном сечении	Н*м	$\dot{e} = 565.0$

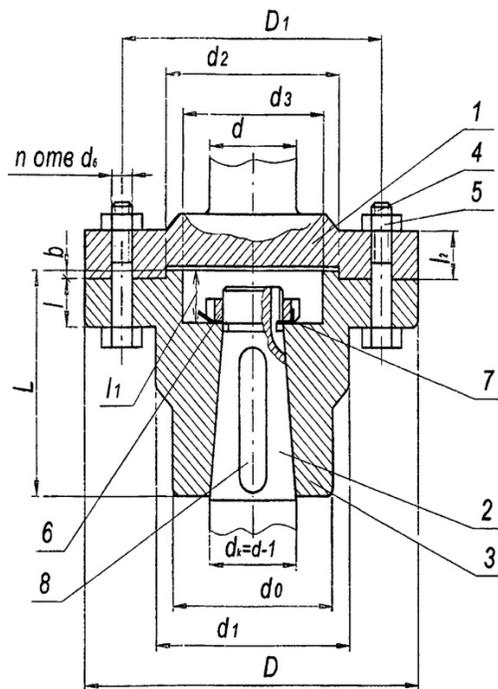
Продолжение Таблицы 11

Изгибающий момент в опасном сечении по прочности сечения	$H \times M$	$\dot{i}_{\epsilon} = 7831.0$
Допускаемый запас прочности		$\eta_{i\_a\ddot{u}} = 2.4$
Рассчитанный запас прочности в опасном сечении		$\eta_i = 9.05$
<p>Прочность валов МПУ оценивается по соотношению запаса прочности в опасных сечениях с допускаемым запасом прочности</p> $Usl_{\eta} = \begin{cases} \text{"Требуемое условие выполняется"} & \text{if } \eta_i \geq \eta_{i\_a\ddot{u}} \\ \text{"Условие не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$ <p><math>Usl_{\eta} = \text{"Требуемое условие выполняется"}</math></p>		

Мешалка варочного котла удовлетворяет условиям жесткости и прочности.

Вал мешалки вал редуктора соединены с помощью фланцевой муфты. Проверочный расчет заключается в расчете болтов, соединяющих обе полумуфты, на срез.

Фланцевая муфта изображена на рисунке 21.



1 – полумуфта ведущая; 2 – вал ведомый; 3 – полумуфта ведомая; 4 – болт; 5 – гайка; 6 – гайка специальная; 7 – шайба стопорная; 8 – шпонка врезная призматическая

Рисунок 21 – Фланцевая муфта

Исходные данные фланцевой муфты приведены в таблице 12, расчетные – в таблице 13.

Таблица 12 – Фланцевая муфта

Название величины	Размерность	Значение
Диаметр болтового соединения	мм	$D_1 = 425$
Коэффициент режима работы при спокойной работе		$\hat{E}_\delta = 1.7$
Диаметр болтов	мм	$d_{\dot{a}} = 20$
Количество болтов	шт	$z = 12$
Предел текучести болтов, из стали 35ХМ на срез	МПа	$\tau_{\dot{a}.n} = 9.9 \times 10^7$

Таблица 13 – Расчетные параметры фланцевой муфты

Название величины	Размерность	Значение
Расчетный момент	Н × м	$\dot{I}_\delta = 960.5$
Поперечная сила	Н	$Q_{\dot{r}} = 377.0$
Расчетный предел прочности на срез	МПа	$\tau_{\dot{n}} = 1.2 \times 10^6$

Проверка условия прочности:

$$Usl_{\tau_{\dot{a}.n}} = \begin{cases} \text{"Требуемое условие выполняется"} & \text{if } \tau_{\dot{n}} \leq \tau_{\dot{a}.n} \\ \text{"Условие не выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_{\tau_{\dot{a}.n}} = \text{"Требуемое условие выполняется"}$$

### Герметизирующая способность сальникового уплотнения

Герметичность контакта вращающегося вала с мягкой сальниковой набивкой обеспечивается за счёт поджатия набивки к валу в результате затяжки болтового или резьбового соединения втулки. В процессе работы уплотнения втулка периодически подтягивается, чтобы компенсировать износ колец набивки и вымывание из них смазочного материала.

В качестве сальниковой набивки используется асбестовый шнур, пропитанный графитовой смазкой. Схема сальникового уплотнения изображена на рисунке 22.

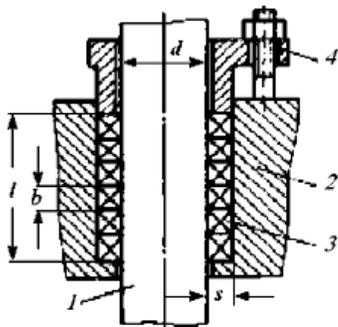


Рисунок 22 – Схема сальникового уплотнения

#### 4.3.6 Расчет варочного котла от воздействия опорных нагрузок

Для вертикальных аппаратов применяются опорные лапы и стойки. Для расчета воздействий опорных нагрузок необходимо рассчитать вес аппарата, заполненного водой, так как в условиях гидравлического испытания вес заполненного аппарата водой, превышает вес аппарата в рабочем состоянии.

Целью расчета, является проверка несущей способности корпуса аппарата от воздействия опорной нагрузки от рабочего веса аппарата. Расчет производился по [18].

Расчет приведен в приложении Б6.

Варочный котел установлен на три стойки. Схема изображена на рисунке 23.

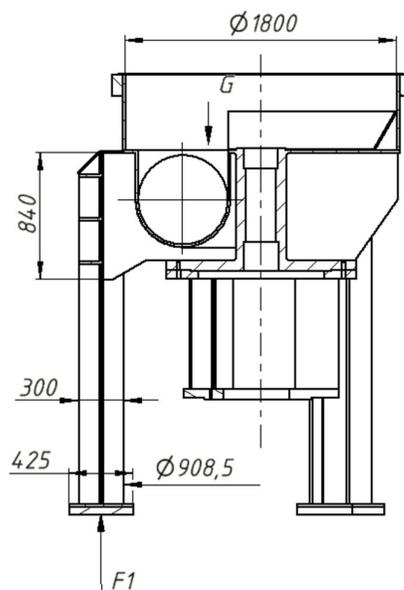


Рисунок 23 – Опорные стойки. Схема нагрузки

Исходные данные для расчета приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Исходные данные и расчетные воздействия опорных нагрузок

Название величины	Размерность	Значение
Вес сухого аппарата	Н	
Вес заполненного аппарата	Н	
Количество опорных стоек	шт	3
Допускаемое нормальное усилие для неподкрепленного днища	Н	$F_1 = 2.19e8$
Вертикальное усилие на опорную стойку	Н	$F_1 = 129213.0$

Проверка несущей способности:

$$Usl_{12} = \begin{cases} \text{"Требуемое условие выполняется"} & \text{if } \frac{F_1 \cdot \sin(\alpha)}{F_1} + \frac{P_{i\delta}}{[p\delta]} \leq 1 \\ \text{"Условие не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

**Usl<sub>12</sub> = "Требуемое условие выполняется"**

$$\frac{F_1 \cdot \sin(\alpha)}{F_1} + \frac{P_{i\delta}}{[p\delta]} = \frac{129213.0 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)}{2.19e8} + \frac{1.5}{2.247} = 0.668 \quad (33)$$

Несущая способность корпуса аппарата от воздействия опорной нагрузки от рабочего веса аппарата выполняется.

#### 4.3.7 Расчет средств защиты варочного котла

В соответствии с требованиями Госгортехнадзора РФ для аппаратов, работающих под давлением пара или газа, число предохранительных устройств (ПУ), их размеры и пропускную способность выбирают таким образом, чтобы избыточное давление в аппарате при действии ПУ не превышало следующих допустимых значений [19]:

$P_p$ , МПа	$\leq 0,3$	от $\leq 0,3$ до $\leq 0,6$	$> 0,6$
$P_1$ , МПа	$P_p + 0,05$	$1,15 P_p$	$1,1 P_p$

Рассчитать и выбрать ПУ для защиты варочного котла с рабочим давлением насыщенного пара  $P_p = 1$  МПа. Перед аппаратом установлен автоматический клапан – регулятор давления с  $D_y = 80$  мм. Перед клапаном давление  $P_1 = 1,2$  МПа. Насыщенный пар сбрасывается через ПУ в атмосферу  $P_2 = 0,1$  МПа. Температура в системе равна примерно 448 К. Температура в котле при открытии ПК  $T_1 = 463$  К.

Расчет проводился согласно [20].

Последовательность расчета предохранительного клапана, следующая [20]:

- 1) Расчет пропускной способности предохранительного клапана.
- 2) Определение проходного сечения ПК (предварительное).
- 3) Рассчитывается диаметр выходного патрубка ПК.
- 4) По полученному сечению, диаметру выходного патрубка и параметрам сброса, предварительно выбирается марка предохранителя.
- 5) Определяется сопротивление трубопровода, подводящего и отводящего.
- 6) Уточняется проходное сечение ПК.
- 7) Окончательно выбирается марка ПК с его условным давлением.

8) Подбирается пружина ПК.

По итогам расчета в приложении Б7, был подобран предохранительный клапан пружинного типа, характеристики описаны в следующем разделе.

Таблица 15 – Пружинный предохранительный клапан ARI-SAFE (KP900)

<b>Среда – Насыщенный пар</b>							
<b>Рабочие данные</b>							
Массовый расход, кг/ч	Молярная масса, кг/моль	Рабочая температура, °С	Показатель адиабаты	Рабочее давление, bar	Давление срабатывания, bar		
14400	0,018	190	1,313	10	12		
<b>Характеристики выбранного (установленного) клапана, приведенные из каталога [6]</b>							
Номинальное давление	Материал	Номинальный диаметр	Температурный диапазон	Фланцы			
PN16/16	EN-JL1040	DN1 = 80 мм DN2 = 125 мм	-10°С до +300°С	DIN EN 1092-2			
<b>Конструкция – пружинный предохранительный клапан прямого действия</b>							
<b>Рабочий диапазон пружины: стандартное исполнение</b>							
DN1/DN2			>14 – 19 bar				
<b>Габаритные размеры</b>							
d0, мм	A0, мм <sup>2</sup>	l, мм	l1, мм	H, мм	X, мм	C, мм	Вес, кг
Продолжение таблицы 15							
72	4072	160	195	610	400	280	53
<b>Стандартные размеры фланцев</b>							
ØD1, мм		ØD2, мм		b1, мм		b2, мм	
200		250		22		26	
<b>Стандартные размеры отверстий фланцев: DN1/DN2</b>							
ØK, мм				n x Ød, мм			
160/210				8x18/8x18			
Пропускная способность насыщенного пара через ПК – 2000 кг/ч							

#### 4.3.8 Характеристики предохранительного клапана

Характеристики установленного пружинного предохранительного клапана (рисунок 24) серии ARI-SAFE (KP900) производителя ARMATUREN



Продолжение Таблицы 16

<b>Поз.</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Фигура 12.901, материал</b>
14	Шток	X20Cr13+QT, 1.4021+QT
17	Натяжной винт	X20Cr13+QT, 1.4021+QT
22	Резьбовая заглушка	5.8
27	Уплотнительное кольцо	CuFA
28	Колпак закрытый	EN-JL1040
31	Уплотнительные кольца	Чистый графит
35	Вилка подрывного рычага	EN-GJL-400-15
36	Рычаг, закрытое исполнение	EN-GJL-400-18U-LT
37	Пружина	FDSiCr / 51CrV4, 1.8159

## 5 Монтаж оборудования

Для всех работ, связанных с установкой и вводом в эксплуатацию оборудования, рекомендуется привлекать обученный технический персонал. Этим обеспечивается правильный монтаж и оптимальный ввод в эксплуатацию оборудования.

Монтаж оборудования состоит из подготовки определённых действий специалистов по его запуску, изучению документации, обучению технического состава. От этого зависит насколько надёжно, долговечно и качественно будет работать установка.

Монтаж промышленного оборудования включает следующие этапы:

- подготовку площадки для установки оборудования, предварительного хранения;
- такелаж оборудования;
- снабжение площадки устройствами, инструментами, необходимыми для сборки;
- создание условий безопасной работы;
- сборка и монтаж оборудования.

Техническая документация разрабатывается в соответствии с [22]. Проект производства работ включает в себя: ведомость монтажного оборудования, пояснительную записку, схему монтажа, генплан, графики монтажных работ, технологические карты. До монтажных работ подготавливаются подъездные пути, заранее отлит фундамент под оборудование, смонтирована конструкция для установки оборудования.

**Монтаж варочного котла.** В качестве захватного устройства используются стальные стропы. Схемы монтажа изображены на рисунках 25 – 26. В первую очередь на фундамент устанавливается нижняя часть аппарата, вес которой, согласно проектной документации, составляет 9800 кг.

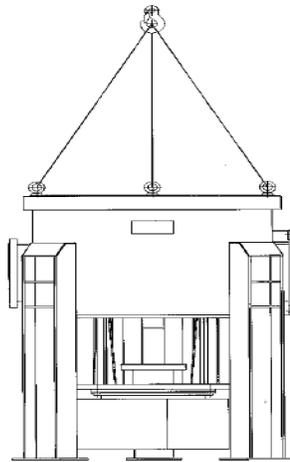


Рисунок 25 – Нижняя часть варочного котла

Рассчитаем усилия в стропях, при подъеме нижней части варочного котла. Расчет ведется согласно [23]. Строп с четырьмя ветвями.

Ветви стропа расположены под углом  $30^\circ$  к горизонту.

Для стропа с четырьмя ветвями коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки отдельных ветвей стропа:  $k = 1,35$ .

$$S_{\text{н}\delta\delta} = \frac{k \cdot G_{\text{г.}\div}}{\eta_{\text{н}\delta\delta} \cos(\delta)} = \frac{1,35 \cdot 98000}{\left(4 \cdot \cos\left(\frac{35 \cdot \pi}{180}\right)\right)} = 38191,0 \text{ Н} \quad (34)$$

Разрывное усилие с учетом коэффициентом запаса прочности, равным подъемного каната для крана:  $k = 6$

$$P = S_{\text{н}\delta\delta} k_1 = 38191,0 \cdot 6 = 229146,0 \text{ Н} \quad (35)$$

Согласно [23]. Выбираем канат стальной 6 X 37 = 222 проволоки с органическим сердечником, ГОСТ 3071-55.

Диаметр каната 11,5 мм, диаметр проволоки 0,4 мм.

Верхняя часть котла устанавливается на нижнюю часть согласно следующей схеме.

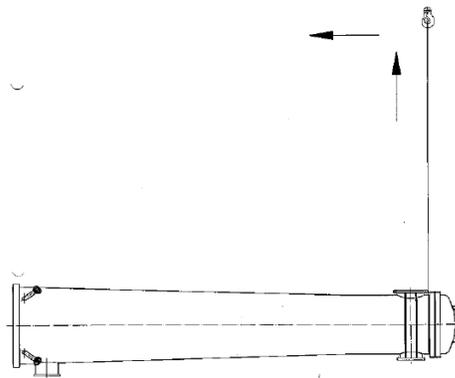


Рисунок 26 – Верхняя часть аппарата

Верхнюю часть аппарата можно отнести к колонному аппарату, высота верхней части составляет 9662 мм. Исходное положение аппарата вертикальное, при помощи стропового каната его сначала поднимают, зацепив строп за край аппарата (в зоне крышки). Используем строп с двумя ветвями:

$$S_{\text{нòò1}} = \frac{k \cdot G_{\text{а.÷}}}{\eta_{\text{нòò}} \cos(\delta)} = \frac{1.35 \cdot 110000}{\left(4 \cdot \cos\left(\frac{30 \cdot \pi}{180}\right)\right)} = 42868.0 \quad (36)$$

$$P_1 = S_{\text{нòò1}} k_1 = 42868.0 \cdot 6 = 257208.0 \quad (37)$$

Для подъема данной части так же используем тот же канат стальной 6 X 37 в соответствии с разрывной силой каната.

**Монтаж набивочного агрегата.** Набивочный агрегат состоит из сборных частей. Наибольшей массой обладает сам набивочный шнек, масса которого 1200 кг. Масса корпусных деталей не превышает 500 кг. С помощью автокрана подъем деталей производится в специальных деревянных ящиках на высоту 10 метров. Расположение набивочного агрегата изображено на рисунке 27.

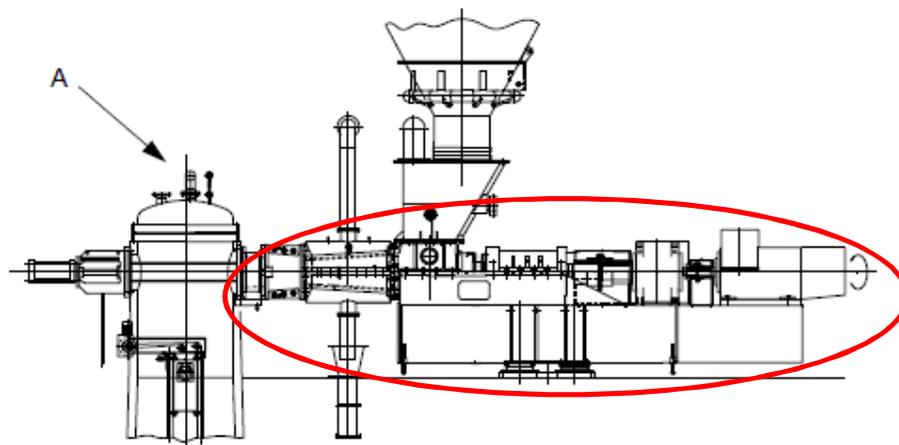


Рисунок 27 – схема расположения набивочного агрегата относительно варочного котла

## 6 Автоматизация и контроль производства

Схема автоматизации и контроля технологического процесса производства древесного волокна изображена на рисунке 28.

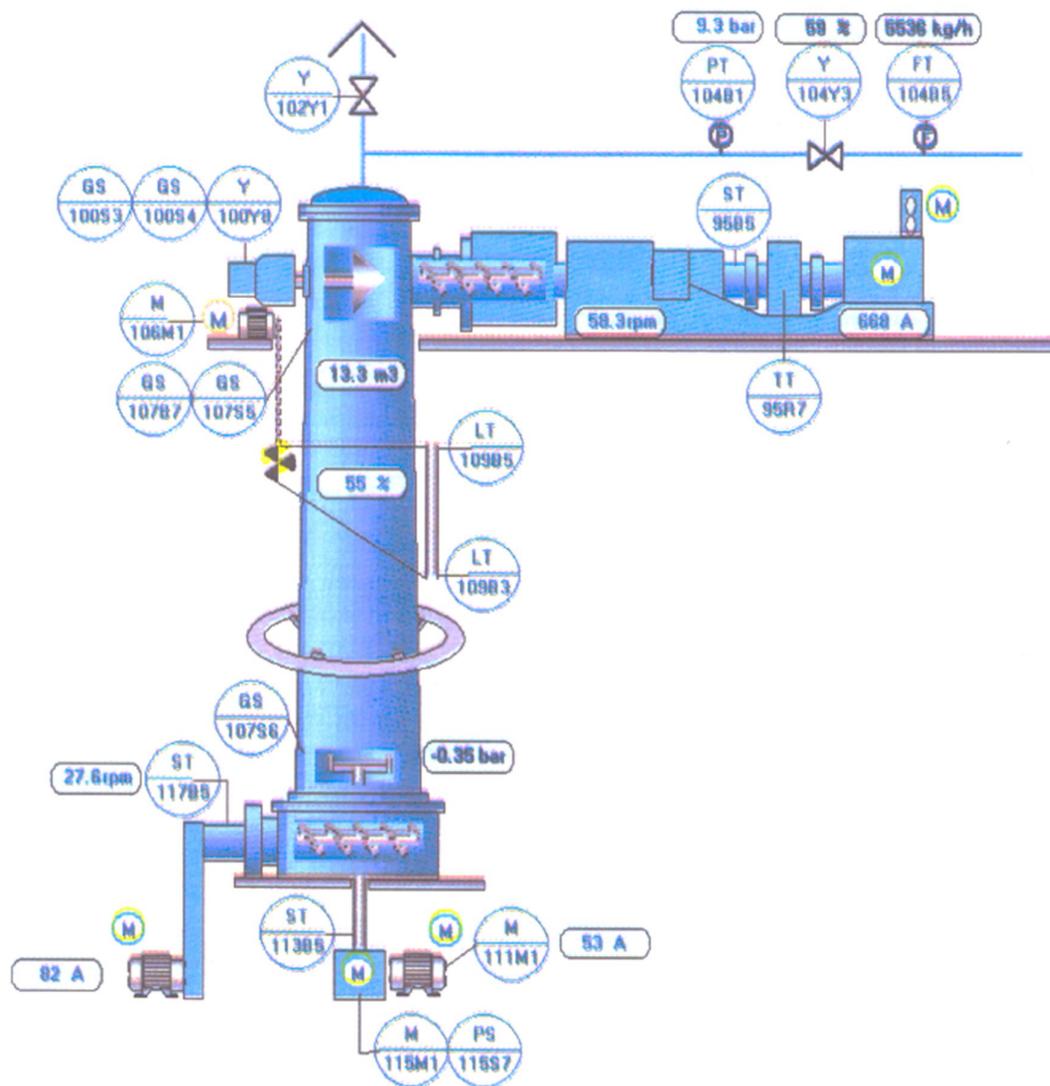


Рисунок 28 – Схема автоматизации набивочного агрегата и варочного котла

Параметры, подлежащие контролю и регулированию:

- Уровень щепы в котле;
- Число оборотов разгрузочного, набивочного шнека и мешалки;
- Давление и расход пара в котле;
- Температура подшипников.

Контрольно-измерительные приборы приведены в таблице 17.

Таблица 17 – КИПиА

Устройство	Функция	Примечание
У	Преобразование сигнала открытия клапана	Установлен по месту с выводом значения в ЦПУ
FT	Измерение расхода пара	Установлен по месту с выводом значения в ЦПУ
PT	Измерение давления	Установлен по месту с выводом значения в ЦПУ
LT	Измерение уровня	Установлен по месту с выводом значения в ЦПУ
ST	Измерение частоты вращения	Установлен по месту с выводом значения в ЦПУ
TT	Измерение температуры подшипников	Установлен по месту с выводом значения в ЦПУ
GS	Контроль перемещения радиометрического устройства, мешалки	Установлен по месту

**Уровень щепы в котле.** Для определения и поддержания уровня заполнения пропарочного котла применяют радиометрическое устройство, действие которого основано на изменении плотности потока излучения при прохождении через щепу. Радиометрическое устройство состоит из 2 отдельных и автономных блоков:

- регулируемого автоматического блока;
- неподвижного устройства контроля максимального уровня.

**Температура подшипников.** Применяется датчик температуры (рисунок 29) серии MBT 5310. [24]



Рисунок 29 – Температурный датчик [24]

Основные характеристики:

- Диапазон измерений: 30 – 200 °С;
- Чувствительный элемент Pt 100, Pt 1000.

**Измерение давления.** Датчики избыточного давления Агат-100МТ-ДИ предназначены для непрерывного измерения и преобразования избыточного давления рабочих сред (жидкости, пара, газа) – в унифицированный токовый выходной сигнал 4 – 20 мА, 0 – 5 мА, цифровой сигнал по HART протоколу или по протоколу Modbus на базе интерфейса RS-485. [25]



Рисунок 30 – Датчики избыточного давления Агат-100МТ-ДИ [25]

Основные характеристики:

Пределы основной погрешности измерения:  $\pm 0,05$ ;  $\pm 0,065$ ;  $\pm 0,075$ ;  $\pm 0,1$ ;  $\pm 0,15$ ;  $\pm 0,2$ ;  $\pm 0,25$ ;  $\pm 0,5$ ;  $\pm 1\%$ ;

Верхние пределы измерения: min 0,16 кПа; max 100 МПа;

Диапазон рабочих температур окружающего воздуха: -60...80 °С.

**Контроль перемещения.** Разновидностью датчиков D-типа являются датчики с подавлением переднего фона, заднего фона и переднего и заднего фона одновременно. Датчики с подавлением фона предназначены для обнаружения предметов на строго определенном расстоянии.

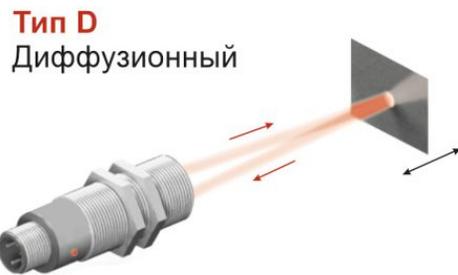


Рисунок 31 – Оптический диффузионный датчик [26]

**Измерение частоты вращения.** Индуктивный датчик (рисунок 32): измерение основывается на замерах катушкой изменений магнитного потока, создаваемого геометрией с зубцами и разрывами. Вращательное движение зубчатого колеса наводит напряжение в катушке. Необходимое магнитное поле подается от встроенного постоянного магнита. Датчик частоты вращения колеса определяет амплитуду и частоту наведенного переменного напряжения. [27]



Рисунок 32 – Индуктивный датчик [27]

## 7 Результаты проведенного исследования (разработки)

Исследование проводилось на базе завода «Латат» по переработки древесины в Сибири.

Гарнитура литая для дисковых мельниц, предназначена непосредственно для размолы целлюлозы, полуцеллюлозы и других волокнистых материалов в целлюлозно-бумажном производстве и производстве древесноволокнистых плит. Изготавливается в виде отдельных секторов методом точного литья из высоколегированной стали. Каждый сектор гарнитуры термообрабатывается. [28]

В качестве материала используются нержавеющая износостойкая сталь или специальный чугун с присадкой хрома. Ведутся работы по поиску материала для гарнитур. После отливки рабочая поверхность ножей подвергается шлифовке. Твердость рабочих поверхностей стальной гарнитуры 45 – 52 HRC, отбеленного чугуна HB 380 – 420. Считается, что материал гарнитуры ротора должен быть более твердым на HRC 5 – 10 по сравнению с гарнитурой статора. [30]

Типы гарнитуры отличаются конфигурацией рабочей поверхности и площадью размола.

Обеспечивает:

- комплектование из секторов дисков статора и ротора;
- снижение трудоёмкости монтажа и технического обслуживания.

Литая гарнитура для дисковых мельниц обладает высокой износостойкостью и обеспечивает качественный помол волокнистых материалов.



Рисунок 33 – Измельчающий сегмент

Сегменты по типу рисунка 33 подразделяются на односторонние и двухсторонние. Двухсторонние сегменты позволяют работать в двух направлениях вращения ротора: по часовой стрелке и против часовой стрелки. Для повышения срока службы двухсторонних сегментов размалывающих дисков рекомендуется один раз в неделю изменять направление вращения ротора рафинера. При этом затупившаяся кромка сегментов за счет износа сегментов при размоле самозатачивается. Зубья размольной зоны сегмента прямоугольной формы. У новых сегментов высота зуба от 9 до 10 мм. Допускается использовать такие сегменты с минимальной высотой зуба не менее 5 мм. Применение сегментов с высотой зуба 5 и менее мм приводит к повышению токовой нагрузки на главный двигатель, ухудшению качества волокна, увеличению гидравлического давления прижима ротора, повышению содержания в волокне пылевидных фракций, увеличению расхода связующего.

В последнее время применяют односторонние сегменты, отличающиеся меньшим энергопотреблением при размоле. Сегменты работают только в одном направлении вращения ротора. Зуб у этих сегментов может быть прямоугольным и наклонным. У односторонних сегментов рисунок сегментов наклонный в одном направлении. Сегменты работают при вращении ротора тупым углом вперед только в одном направлении. За счет образующихся при этом центробежных сил увеличивается производительность рафинера. Для получения качественного и ровного по фракции волокна необходимо

производить подачу щепы одного породного состава. При размоле щепы хвойных пород устанавливают меньшее значение зазора между дисками, при размоле щепы из твердолиственных пород древесины для получения качественного волокна зазор и время пропарки увеличивают.

Опыт эксплуатации показывает, что оптимальное время работы комплекта сегментов от переточки до переточки 1 – 1,5 месяца. Более продолжительное время эксплуатации между переточками приводит к большему заваливанию режущих кромок и необходимости снятия большего слоя при переточке. Срок службы нового комплекта размольных сегментов от 1,5 до 3,5 месяцев в зависимости от степени загрязнения размалываемой щепы.

Лучший результат при заточке сегментов получается, когда сегменты затачиваются установленными на сегментодержателе. Это обеспечивает установку более точного зазора между сегментами статора и ротора и, соответственно, получение более ровного по фракционному составу волокна. Немецкая технология предусматривает точность установки зазора между сегментами статора и ротора 0,05 мм. Если сегменты при эксплуатации получили повреждения, необходимо произвести статическую балансировку. Масса каждых двух диаметрально противоположных сегментов в комплекте не должна иметь большой разницы. С тыльной стороны сегментов имеются круглые углубления, используемые для статической балансировки сегментов ротора путем заливки в них необходимой массы свинца или забивания колец из цветного металла.

Очень важно при установке сегментов на сегментодержатель и установке сегментодержателя с сегментами на ротор и статор выдерживать рекомендуемые фирмой «Pallmann» моменты затяжки крепежных болтов.

Немецкая технология не предполагает промежуточную заточку сегментов. Сегменты работают до износа, при благоприятном стечении обстоятельств (исключение попадания металла, камней) максимальный срок службы комплекта сегментов 4 – 6 месяцев.

Комплекты сегментов поставляются следующими из списка компаниями:

Andritz AG – австрийский международный машиностроительный концерн;

Pallmann – немецкий производитель машин и комплексных систем для обработки и измельчения практически всех материалов;

АО Канский машиностроительный завод «Сегмент».



Рисунок 34 – Размельчающая гарнитура

### 7.1 Ситовой анализ фракционного состава волокна

Ситовой анализ основан на механическом разделении частиц по крупности на решетках или ситах с отверстиями различной величины на классы крупности. Материал, который остался на сите после просева называется «ОСТАТОК», а прошедший через сито – «ПРОХОД». [30]

### *Выполнение работы.*

1) Каждую смену отбирается и контролируется волокно с формстанции, где формируется древесноволокнистый ковер;

2) Записываются в сопроводительный лист параметры рафинера, при которых получено волокно, в данные параметры входит: производительность волокна, степень открытия выпускного клапана, установленного после размольной камеры, давление и температура в размольной камере, размольный зазор, нагрузка основного двигателя рафинера, число оборотов разгрузочного шнека, количество пара в бункере щепы, уровень заполнения пропарочного котла и время пропарки, размольная энергия, заданный породный состав щепы;

3) Отобранное волокно относится в заводскую лабораторию, где лаборант взвешивает исходное количество волокна и помещает на верхнее сито механического встряхивателя. Размеры сит следующие: >4.00 мм, >2.00 мм, >1,25 мм, >0.50 мм, >0.25 мм, >0.14 мм, >0.063 мм, <0.063 мм. В течение 10 минут с амплитудой встряхивания 50%, происходит рассев материала. Оставшийся на каждом сите материал взвешивают, и выход каждого класса в граммах и в процентах от общей массы пробы записывают в таблицу.

4) По электронной почте лаборант присылает полученные результаты в таблице программы excel технологу. Технолог принимает дальнейшие меры по увеличению или уменьшению размольной энергии в зависимости, в какой области будет использована полученная плита MDF.

## **7.2 Результаты фракционного состава волокна**

В ходе работы на предприятии были получены множество результатов фракционного состава волокна, при разных установленных сегментах как новых, так и заточных. Приведем примеры следующих полученных данных при производстве плиты MDF толщиной 16 мм, которая используется в производстве мебели, а значит, подвергается фрезеровке. Волокно должно быть по составу мельче 1,25 мм.

При новых установленных сегментах производителя «Andritz» следующие параметры (22.01.2020, 20:00):

Таблица 18 – Параметры рафинера

Параметры рафинера			Параметры сита		
Производство волокна	31,3	t/h	время	10	мин
Выдувной вентиль	52	%	амплитуда	50	%
Давление в разм. Камере	8,2	bar	Кол-во волокна	8,000	гр
Темп. В разм. Камере	163	°C	рифайнер		
Размольный зазор	- 1,32	mm			
Основной двигатель	220 0	KW			
Число обор.разгр.шнека	27,1	rpm			
Пар в бункере щепы	390 0	kg/ m <sup>3</sup>	Заданный породный состав щепы, %		
Уровень наполн.котла	13,0	m <sup>3</sup>	Береза: 35%, осина: 20%, хвойные: 20%, горбыль:25%		
Время пропарки	4,0	min	Данные контроля щепы ЦЗЛ, %		
Размольная энергия	75	KWh/ t	Лиственные: 57,1 %		Хвойные: 42,9 %

Таблица 19 – Фракционный состав волокна с рафинера

Размер ячейки сита	Вес волокна	% волокна	Масса сита пустого, г	Масса сита после просева фракции волокна, г
> 4,00	0,050	0,63	322,83	322,88
> 2,00	0,170	2,13	334,08	334,25
> 1,25	0,670	8,37	314,35	315,02
> 0,50	1,680	21,00	333,41	335,09
> 0,25	1,190	14,88	306,92	308,11
> 0,14	1,290	16,13	300,12	301,41
> 0,063	2,940	36,75	296,22	299,16
< 0,063	0,010	0,12	434,89	434,90

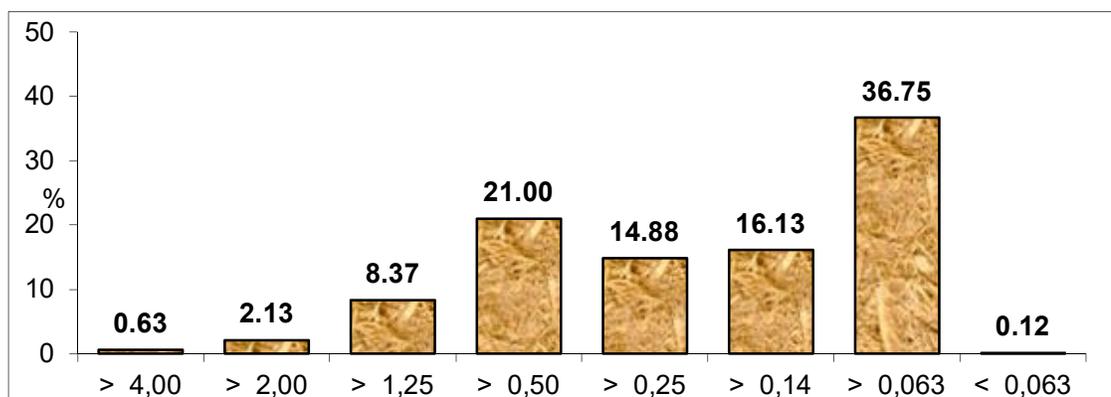


Рисунок 35 – Диаграмма фракционного состава волокна

Результат (23.01.2020, 20:30) при энергии размола 85 кВт-ч/т:

Таблица 20 – Параметры рафинера

Параметры рафинера			Параметры сита		
Производство волокна	33,1	t/h	время	10	мин
Выдувной вентиль	52	%	амплитуда	50	%
давление в разм. Камере	8,7	bar	Кол-во волокна	7,420	гр
темп. в разм. камере	160	°C			
Размольный зазор	- 1,57	mm			
Основной двигатель	250 0	KW	рифайнер		
Число обор.разгр.шнека	28,8	rpm			
Пар в бункере щепы	410 0	Y/N	Заданный породный состав щепы, %		
Уровень наполн.котла	13,1	m³	Береза: 35%, осина: 20%, хвойные: 20%, горбыль: 25%		
время пропарки	3,8	min	Данные контроля щепы ЦЗЛ, %		
Размольная энергия	85	KWh/ t	Лиственные: 63,9%		Хвойные: 36,1 %

Таблица 21 – Фракционный состав волокна с рафинера

Сито размер	вес волокна	% волокна	Масса сита пустого, г	Масса сита после просева фракции волокна, г
> 4,00	0,030	0,40	322,83	322,86
> 2,00	0,120	1,62	334,08	334,20

Продолжение таблицы 21

Сито размер	вес волокна	% волокна	Масса сита пустого, г	Масса сита после просева фракции волокна, г
> 1,25	0,310	4,18	314,35	314,66
> 0,50	1,660	22,37	333,41	335,07
> 0,25	1,180	15,90	306,92	308,10
> 0,14	1,310	17,65	300,12	301,43
> 0,063	2,760	37,20	296,22	298,98
< 0,063	0,050	0,67	434,91	434,96

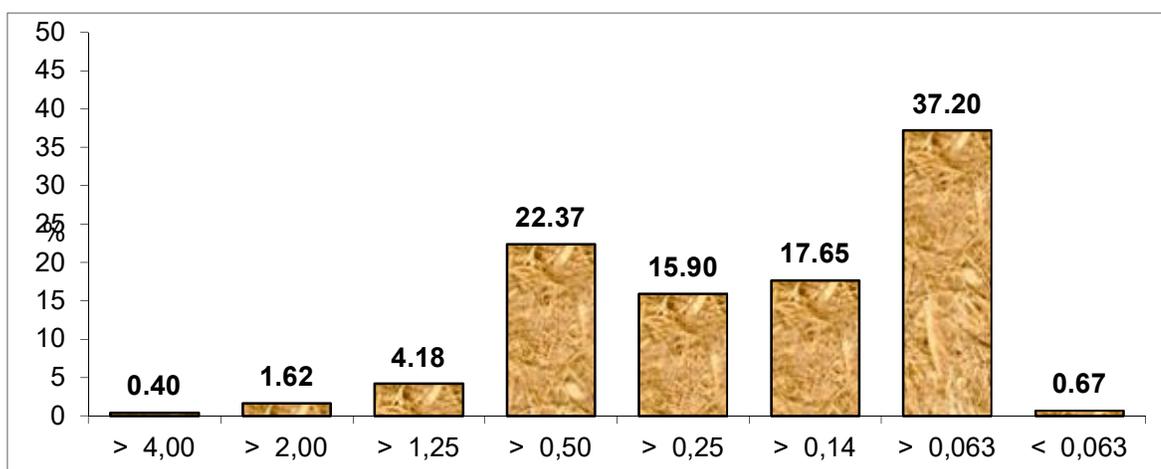


Рисунок 36 – Диаграмма фракционного состава волокна

Результат (30.01.2020, 08:45) при энергии размола 95 кВт-ч/т:

Таблица 22 – Параметры рафинера

Параметры рафинера			Параметры сита		
Производство волокна	32,2	t/h	время	10	мин
Выдувной вентиль	68	%	амплитуда	50	%
давление в разм. Камере	8,2	bar	Кол-во волокна	5,460	гр
темп. в разм. камере	157	°C			
Размольный зазор	-0,37	mm			
Основной двигатель	3000	KW	<b>рифайнер</b>		

Продолжение Таблицы 22

Число обор.разгр.шнека	28,9	rpm		
Пар в бункере щепы	4100	Y/N	Заданный породный состав щепы, %	
Уровень наполн.котла	12,8	m <sup>3</sup>	Береза: 30%, осина35%, хвойные: 10%, горбыль:25%	
время пропарки	3,7	min	Данные контроля щепы ЦЗЛ, %	
Размольная энергия	95	KWh/t	Лиственные: %	Хвойные: %

Таблица 23 – Фракционный состав волокна с рафинера

Сито размер	Вес волокна	% волокна	Масса сита пустого, г	Масса сита после просева фракции волокна, г
> 4,00	0,060	1,10	322,83	322,89
> 2,00	0,120	2,20	334,08	334,20
> 1,25	0,260	4,76	314,35	314,61
> 0,50	1,180	21,61	333,41	334,59
> 0,25	0,970	17,77	306,92	307,89
> 0,14	0,830	15,20	300,12	300,95
> 0,063	1,990	36,45	296,22	298,21
< 0,063	0,050	0,92	434,91	434,96

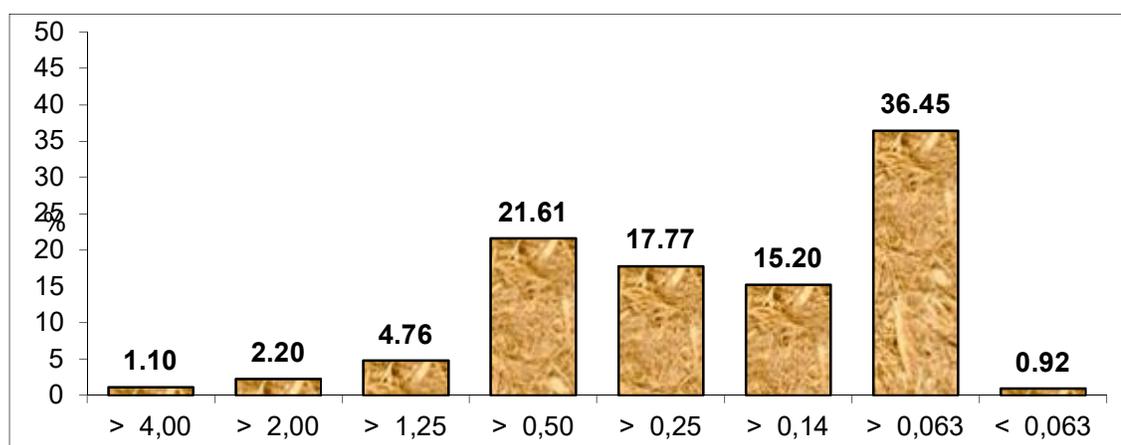


Рисунок 37 – Диаграмма фракционного состава волокна

К 12.03.2020 была запланирована остановка основного производства на профилактические работы, в которые входили замена сегментов, вследствие

износа и повышения пылевидной фракции, повышении нагрузки 7 МВт двигателя рафинера, повышения расхода карбамидоформальдегидной смолы.

**11.03.2020.** Была произведена плита HDF повышенной плотности, в своем составе должна содержать волокно крупнее, чем в плитах MDF. Параметры плиты следующие:

Таблица 24 – Параметры рафинера

Параметры формстанции			Параметры сита		
Производство волокна	<b>29,0</b>	t/h	время	<b>10</b>	мин
Выдувной вентиль	<b>75</b>	%	амплитуда	<b>50</b>	%
давление в разм. Камере	<b>8,9</b>	bar	Кол-во волокна	<b>6,860</b>	гр
темп. в разм. камере	<b>153</b>	°C	<b>рифайнер</b>		
Размольный зазор	- <b>0,43</b>	mm			
Основной двигатель	<b>318</b> <b>8</b>	KW			
Число обор.разгр.шнека	<b>26,0</b>	rpm			
Пар в бункере щепы	<b>358</b> <b>9</b>	Y/N	<b>Заданный породный состав щепы, %</b>		
Уровень наполн.котла	<b>13,4</b>	m <sup>3</sup>	<b>Береза:55%, осина:0%, хвойные:35%, горбыль:10%</b>		
время пропарки	<b>4,3</b>	min	<b>Данные контроля щепы ЦЗЛ, %</b>		
Размольная энергия	<b>110</b>	KWh/ t	<b>Лиственные: 57,2 %</b>		<b>Хвойные: 42,8 %</b>

Таблица 25 – Фракционный состав волокна с рафинера

Сито размер	Вес волокна	% волокна	Масса сита пустого, г	Масса сита после просева фракции волокна, г
> <b>4,00</b>	0,030	0,44	322,83	322,86
> <b>2,00</b>	0,040	0,58	334,08	334,12
> <b>1,25</b>	0,180	2,62	314,35	314,53
> <b>0,50</b>	1,370	19,97	333,41	334,78
> <b>0,25</b>	1,450	21,14	306,92	308,37
> <b>0,14</b>	0,940	13,70	300,12	301,06
> <b>0,063</b>	2,810	40,96	296,22	299,03

Продолжение Таблицы 25

Сито размер	Вес волокна	% волокна	Масса сита пустого, г	Масса сита после просева фракции волокна, г
< 0,063	0,040	0,58	434,86	434,90
	6,860	100,00		

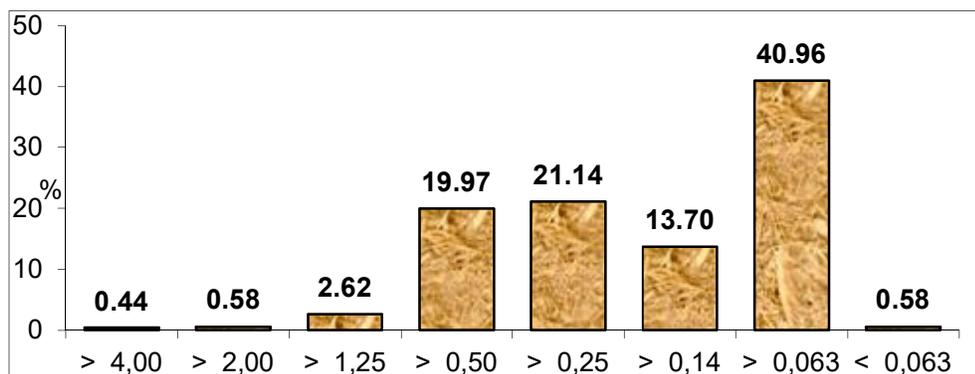


Рисунок 38 – Диаграмма фракционного состава волокна

13.03.2020. Произвели запуск на сегментах Канского производителя, продолжили производство плиты HDF со стартовым размолом 80 кВт-ч/т.

Таблица 26 – Параметры рафинера

Параметры формстанции			Параметры сита		
Производство волокна	28,3	t/h	время	10	мин
Выдувной вентиль	58	%	амплитуда	50	%
давление в разм. камере	8,5	bar	Кол-во волокна	11,710	гр
темп. в разм. камере	165	°C	рифайнер		
Размольный зазор	- 0,43	mm			
Основной двигатель	220 0	KW			
Число обор.разгр.шнека	25,4	rpm	Заданный породный состав щепы, %		
Пар в бункере щепы	360 0	Y/N	Береза:50%, осина:0%, хвойные:40%, горбыль:10%		
Уровень наполн.котла	10,7	m³	Данные контроля щепы ЦЗЛ, %		
время пропарки	3,5	min			
Размольная энергия	80	KWh/t	Лиственные: 54,6 %		Хвойные: 45,4 %

Таблица 27 – Фракционный состав волокна с рафинера

Сито размер	Вес волокна	% волокна	Масса сита пустого, г	Масса сита после просева фракции волокна, г
> 4,00	0,100	0,85	322,83	322,93
> 2,00	0,570	4,87	334,08	334,65
> 1,25	4,110	35,10	314,35	318,46
> 0,50	0,810	6,92	333,41	334,22
> 0,25	1,950	16,65	306,92	308,87
> 0,14	1,100	9,39	300,12	301,22
> 0,063	3,010	25,70	296,22	299,23
< 0,063	0,060	0,51	434,86	434,92

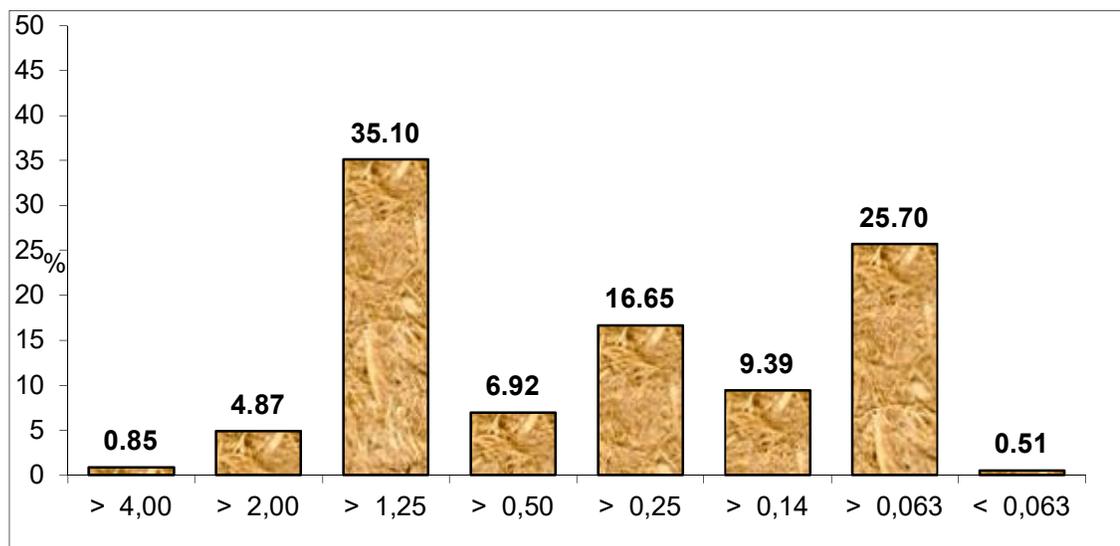


Рисунок 39 – Диаграмма фракционного состава волокна

В связи с тем, что волокно после размола на данных сегментах крупное, при переходе на производство плиты MDF 16 мм встала необходимость увеличения энергии размола на порядок единиц, увеличение количества пара в бункер щепы, котел, увеличение времени пропарки щепы в котле, при неизменном породном составе щепы.

### 16.03.2020. Параметры:

Таблица 28 – Параметры рафинера

Параметры формстанции			Параметры сита		
Производство волокна	<b>30,0</b>	t/h	время	<b>10</b>	мин
Выдувной вентиль	<b>63</b>	%	амплитуда	<b>50</b>	%
Давление в разм. камере	<b>9,1</b>	bar	Кол-во волокна	<b>7,280</b>	гр
Темп. в разм. камере	<b>166</b>	°C			
Размольный зазор	<b>- 1,10</b>	mm			
Основной двигатель	<b>330 0</b>	KW	<b>рифайнер</b>		
Число обор.разгр.шнека	<b>26,9</b>	rpm			
Пар в бункере щепы	<b>420 0</b>	Y/N	<b>Заданный породный состав щепы, %</b>		
Уровень наполн.котла	<b>13,9</b>	m³	<b>Береза:35%, осина:20%, хвойные:20%, горбыль:25%</b>		
Время пропарки	<b>4,3</b>	min	<b>Данные контроля щепы ЦЗЛ, %</b>		
Размольная энергия	<b>115</b>	KWh/ t	<b>Лиственные: 68,8 %</b>		<b>Хвойные: 31,2 %</b>

Таблица 29 – Фракционный состав волокна с рафинера

Сито размер	Вес волокна	% волокна	Масса сита пустого, г	Масса сита после просева фракции волокна, г
> <b>4,00</b>	0,040	0,55	322,83	322,87
> <b>2,00</b>	0,090	1,24	334,08	334,17
> <b>1,25</b>	0,150	2,06	314,35	314,50
> <b>0,50</b>	1,160	15,93	333,41	334,57
> <b>0,25</b>	1,270	17,45	306,92	308,19
> <b>0,14</b>	1,410	19,37	300,12	301,53
> <b>0,063</b>	3,060	42,03	296,22	299,28
< <b>0,063</b>	0,100	1,37	434,86	434,96

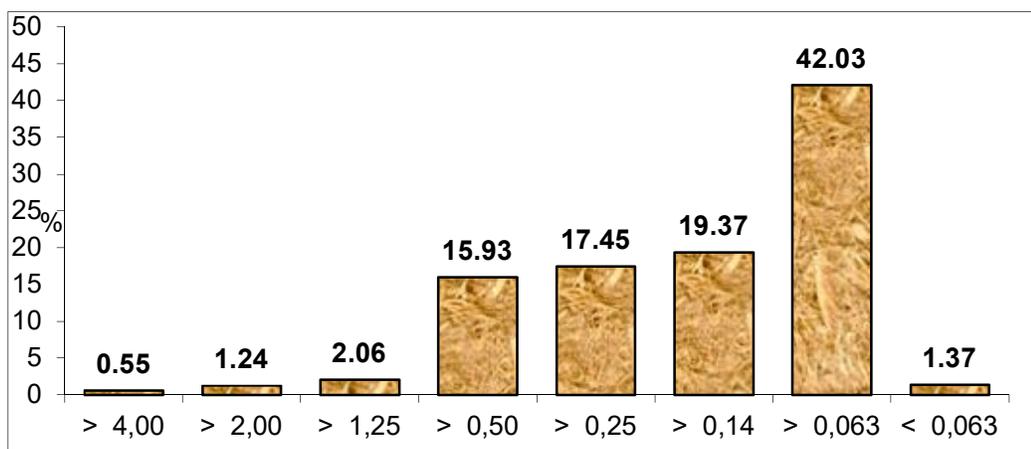


Рисунок 40 Диаграмма фракционного состава волокна

**23.03.2020.** Постепенное увеличение энергии размола к этому числу.

Производство MDF 16 мм. Параметры:

Таблица 30 – Параметры рафинера

Параметры формстанции			Параметры сита		
Производство волокна	<b>30</b>	t/h	время	<b>10</b>	мин
Выдувной вентиль	<b>75</b>	%	амплитуда	<b>50</b>	%
давление в разм. камере	<b>9,2</b>	bar	Кол-во волокна	<b>4,080</b>	гр
темп. в разм. камере	<b>162</b>	°C	<b>рифайнер</b>		
Размольный зазор	<b>0,97</b>	mm			
Основной двигатель	<b>3800</b>	KW			
Число обор.разгр.шнека	<b>27</b>	rpm	<b>Заданный породный состав щепы, %</b>		
Пар в бункере щепы	<b>4000</b>	Y/N			
Уровень наполн.котла	<b>13,9</b>	m <sup>3</sup>	<b>Береза:35%, осина:20%, хвойные:20%, горбыль:25%</b>		
время пропарки	<b>4,3</b>	min	<b>Данные контроля щепы ЦЗЛ, %</b>		
Размольная энергия	<b>130</b>	KWh/t	<b>Лиственные: 58,2%</b>		<b>Хвойные: 41,8%</b>

Таблица 31 – Фракционный состав волокна с рафинера

Сито размер	Вес волокна	% волокна	Масса сита пустого, г	Масса сита после просева фракции волокна, г
> 4,00	0,000	0,00	322,83	322,83
> 2,00	0,070	1,72	334,08	334,15
> 1,25	0,090	2,21	314,35	314,44
> 0,50	0,610	14,95	333,41	334,02
> 0,25	0,750	18,38	306,92	307,67
> 0,14	0,730	17,89	300,12	300,85
> 0,063	1,790	43,87	296,22	298,01
< 0,063	0,040	0,98	434,86	434,90

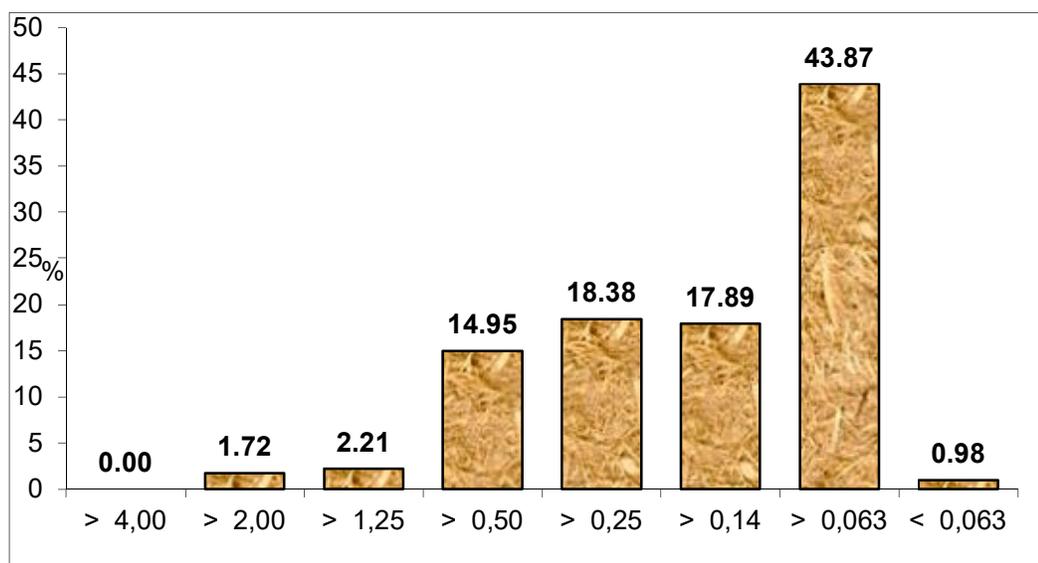


Рисунок 41 – Диаграмма фракционного состава волокна

**29.03.2020.** Замена сегментов в связи с повышением энергии размола, что привело к ухудшению качества волокна и повышению затрат на электроэнергию, так как нагрузка двигателя превышала 4000 кВт. Установка заточенных предыдущих сегментов.

**30.03.2020.** Параметры на запуске на плите 10 мм MDF.

Таблица 32 – Параметры рафинера

Параметры формстанции			Параметры сита		
Производство волокна	<b>31,4</b>	t/h	время	<b>10</b>	мин
Выдувной вентиль	<b>69</b>	%	амплитуда	<b>50</b>	%
давление в разм. Камере	<b>9,4</b>	bar	Кол-во волокна	<b>9,730</b>	гр
темп. в разм. камере	<b>160</b>	°C			
Размольный зазор	<b>- 1,62</b>	mm			
Основной двигатель	<b>300 0</b>	KW	<b>рифайнер</b>		
Число обор.разгр.шнека	<b>28,2</b>	rpm			
Пар в бункере щепы	<b>380 0</b>	Y/N	<b>Заданный породный состав щепы, %</b>		
Уровень наполн.котла	<b>12,5</b>	m³	<b>Береза:35%, осина:40%, хвойные: 0%, горбыль:25%</b>		
время пропарки	<b>3,7</b>	min	<b>Данные контроля щепы ЦЗЛ, %</b>		
Размольная энергия	<b>95</b>	KWh/ t	<b>Лиственные: 80,4 %</b>	<b>Хвойные: 19,6 %</b>	

Таблица 33 – Фракционный состав волокна с рафинера

Сито размер	Вес волокна	% волокна	Масса сита пустого, г	Масса сита после просева фракции волокна, г
> <b>4,00</b>	0,060	0,62	322,83	322,89
> <b>2,00</b>	0,090	0,92	334,08	334,17
> <b>1,25</b>	0,190	1,95	314,35	314,54
> <b>0,50</b>	2,630	27,03	333,41	336,04
> <b>0,25</b>	2,690	27,65	306,92	309,61
> <b>0,14</b>	0,960	9,87	300,12	301,08
> <b>0,063</b>	3,050	31,35	296,22	299,27
< <b>0,063</b>	0,060	0,62	434,86	434,92

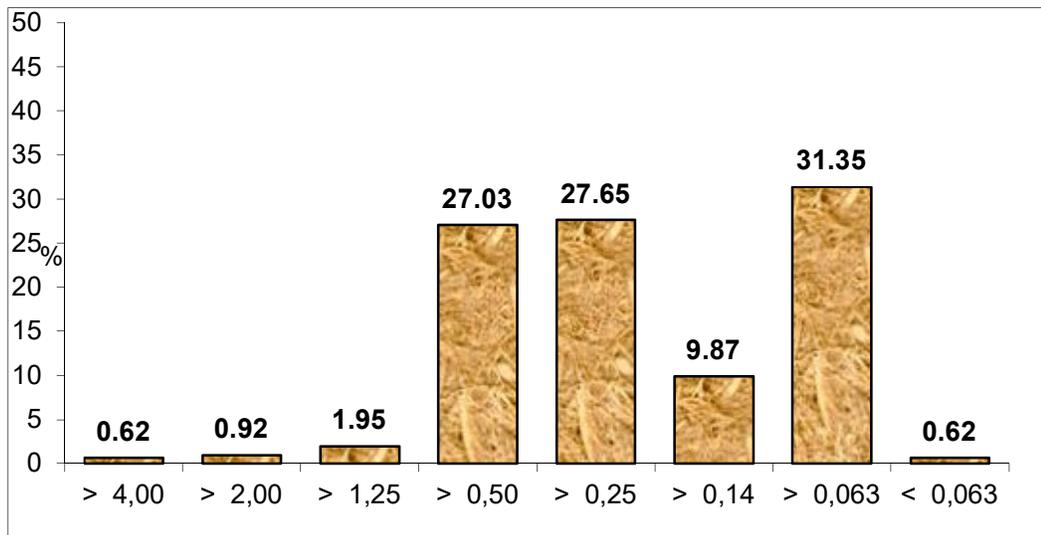


Рисунок 42 – Диаграмма фракционного состава волокна

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4KM81	Червинский Александр Сергеевич

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>им. Н.М. Кижнера</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Определены отчисления во внебюджетные фонды</i>

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений рынка. Выполнение SWOT-анализа проекта.</i>
<i>2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Составлена структура работ, определена трудоемкость, разработан график проведения научного исследования.</i>
<i>3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Рассчитан бюджет научного исследования</i>
<i>4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Определены интегральный финансовый показатель, интегральный показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности.</i>

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

1. Оценка конкурентоспособности ИР	
2. Матрица SWOT	

3. <i>Диаграмма Ганта</i>
4. <i>Бюджет ИП</i>
5. <i>Основные показатели эффективности ИП</i>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Владимировна	к.т.н.		10.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ81	Червинский Александр Сергеевич		10.02.2020

## **8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

*Введение.* Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Задачей дипломной работы является разработка основного оборудования получения древесного волокна предприятия ООО «Монолит-Строй».

### **8.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **8.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Продукт: нестандартное оборудование, набивочный агрегат и варочный котел. Набивочный агрегат служит для удаления влажности с древесной щепы, путем уплотнения ее в пробку, а варочный котел для пропаривания щепы насыщенным водяным паром, для размягчения связей волокон, перед загрузкой щепы в размольную камеру. Древесное волокно используется в производстве древесноволокнистых плит МДФ. Далее плиты идут потребителю для придания конечного продукта. Плиты МДФ служат заготовками для напольных покрытий, стеновых панелей и для производства мебели.

Целевой рынок: Мебельная фабрика «Витра» г. Томск, производство напольных покрытий «Tarkett», производство напольных покрытий «Unilin». Строительные магазины г. Томска и т.д. где можно встретить продукцию напольных покрытий «Ламинели» и стеновые панели собственного производства.

Ближайшими конкурентами по концентрации производства плит МДФ и продукции из них в России являются такие предприятия как Завод МДФ и ДСП в г. Елабуга, республика Татарстан; ООО «Кроностар» г. Шарья, Костромская обл. – концерн SwissKronoGroup, главный офис которого находится в Австрии.

Анализ конкурентных технических заключений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет выполнить оценку сравнительной эффективности проекта и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, представленной в таблице.

В качестве сравнения приведем характеристики, установленные детали узлов, рассматриваемы детали, которые увеличивают производительность линии.

В данной работе предлагается проектирования узлов набивочного агрегата, и варочного котла, а именно постдренажная втулка с дренажем набивочного агрегата и мешалка варочного котла.

Преимущество перед установленными узлами. Набивочный агрегат:

- Экономия затрат в последующих процессах;
- Экономия энергии сушилки древесного волокна;
- Дополнительная экономия энергии на главном двигателе.

Все эти преимущества связаны с тем, что через дополнительные перфорированные отверстия удаляется влажность со щепы, щепы менее влажная становится, легче поддается последующей обработке. Варочный котел:

- Уменьшенное перекрытие в варочном котле;

- Увеличенная степень заполнения в разгрузочном шнеке;
- Улучшает поток материала в котле.

В таблице 34 представим оценку конкурентоспособности.

Таблица 34 – Оценка конкурентоспособности узлов

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>Ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>Ф</sub>	Б <sub>к1</sub>
1	2	3	4	5	6
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1.Производительность	0,1	5	4	0,50	0,40
2.Удобство в эксплуатации	0,08	5	5	0,40	0,40
3.Помехоустойчивость	0,09	5	4	0,45	0,36
4.Надежность	0,09	5	4	0,45	0,36
5. Доступность запасных частей	0,09	4	4	0,36	0,36
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1. Конкурентоспособность	0,07	5	4	0,35	0,28
2. Предлагаемый срок эксплуатации	0,07	5	5	0,35	0,35
3. Цена	0,07	5	4	0,35	0,28
4. Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	0,30	0,35
Итого	1			4,86	4,43

По данным таблицы 34 можно сказать то, что проектируемые детали установки более эффективны в сравнении с установленными. Такие узлы конкурентоспособны не только своим характеристикам, но и по цене за счет низкой металлоёмкости.

### 8.1.2 SWOT-анализ

Итогом SWOT-анализа считается описание сильных и слабых сторон проектируемых узлов, выявление возможностей и опасностей для его реализации, которые проявились или же имеют все шансы возникнуть в

его внешней среде. Табличная конфигурация SWOT-анализ представлена в таблице 35.

Таблица 35 – SWOT-анализ

	<p><i>Сильные стороны проекта</i></p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Более низкая стоимость по сравнению с установленными деталями</p> <p>С3. Возможность увеличения производительности</p> <p>С4. Простое удобство эксплуатации</p>	<p><i>Слабые стороны проекта</i></p> <p>Сл1. Слабое проникновения на российский рынок.</p> <p>Сл2. Нет подобных технологий изготовления деталей в России.</p>
<p><i>Возможности</i></p> <p>В1. Увеличения производительности линии.</p> <p>В2. Развитие потребительской способности рынка на выпускаемый продукт.</p> <p>В3. Высокое качество продукции</p> <p>В4. Выход на всероссийский рынок.</p>		
<p><i>Угрозы</i></p> <p>У1. Угроза нарушения герметичности при неправильной эксплуатации</p> <p>У2. Риск невозможности импорта товаров из-за введения секторальных санкций</p> <p>У3. Высокая конкуренция рынка.</p>		

На данном этапе необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Интерактивная матрица проекта отображена в таблице 36.

Таблица 36 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	0	+
	В2	+	-	+	-

Продолжение таблицы 36

	<b>B3</b>	+	+	+	+
	<b>B4</b>	+	+	0	+

Таблица 37 – Итоговый SWOT-анализ

	<p><i>Сильные стороны проекта</i></p> <p>S1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>S2. Более низкая стоимость по сравнению с установленными деталями</p> <p>S3. Возможность увеличения производительности</p> <p>S4. Простое удобство эксплуатации</p>	<p><i>Слабые стороны проекта</i></p> <p>Сл1. Слабое проникновения на российский рынок.</p> <p>Сл2. Нет подобных технологий изготовления деталей в России.</p>
<p><i>Возможности</i></p> <p>V1. Увеличения производительности линии.</p> <p>V2. Развитие потребительской способности рынка на выпускаемый продукт.</p> <p>V3. Высокое качество продукции</p> <p>V4. Выход на всероссийский рынок.</p>	<p><i>Сильные стороны и возможности</i></p> <p>1. Варьирование количеством пара, подаваемого в бункер щепы, температурой воды на установке предварительной мойки щепы</p> <p>2. Развитие торговых отношений отечественных и иностранных производителей.</p> <p>3. Нет разницы, в каком положении будет находиться аппарат. В вертикальном или горизонтальном положении</p>	<p><i>Слабые стороны и возможности</i></p> <p>1. Создание новой технологии, которая бы обеспечила заинтересованность иностранных потребителей.</p> <p>2. Привлечение новых заказчиков.</p> <p>3. Рациональное распределение потоков может исключить сводоброобразование щепы в котле</p>
<p><i>Угрозы</i></p> <p>У1. Угроза нарушения герметичности при неправильной эксплуатации</p> <p>У2. Риск невозможности импорта товаров из-за введения секторальных санкций</p> <p>У3. Высокая конкуренция рынка.</p>	<p><i>Сильные стороны и угрозы</i></p> <p>1. Использование подходящего рода фланцев, например «шип-паз», или использование подходящих прокладок.</p> <p>2. Появление новых конкурентов и риск невозможности импорта товаров из-за введения секторальных санкций может негативно сказаться на желании квалифицированного специалиста работать на предприятии.</p> <p>2. Продвижение товара на мировой рынок за счет новизны технологии и дешевой стоимости.</p>	<p><i>Слабые стороны и угрозы</i></p> <p>1.Появление иностранных конкурентов с товарами низкой стоимости.</p> <p>2. Повышение цен на выпускаемую продукцию.</p> <p>3. Риск невозможности импорта товаров из-за введения секторальных санкций может отбросить необходимость поиска высококвалифицированной инжиниринговой компании, а также снизить спрос на технологию.</p>

Исходя из SWOT – анализа можно сказать, что для поддержания конкуренции необходимо создать следующие мероприятия:

- Создание новой технологии, которая бы обеспечила заинтересованность иностранных потребителей.

## 8.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе необходимо привести перечень этапов разработки проекта. В состав рабочей группы входят:

- Инженер (Червинский Александр Сергеевич);
- Руководитель темы (Тихонов Николай Викторович).

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей в таблице 38.

Таблица 38 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Формирование и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направленности исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме установки подготовки древесного волокна	Инженер
	3	Выбор направленности Исследований	Руководитель и инженер
	4	Календарное планирование дел по теме диссертации	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Проверка расчетов	Руководитель
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель и инженер
	8	Определение необходимости проведения ОКР	Инженер
<b>Проведение ОКР</b>			
Разработка технической документации и проектирование	9	На основе расчетов построение модели аппарата в AutodeskInventor, на основе модели построение чертежа в этой же программе	Инженер
	10	Проверка чертежей	Руководитель

Продолжение Таблицы 38

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Оформление документации и чертежей по ОКР	11	Составление пояснительной записки, оформление чертежей	Инженер

### 8.2.2 Трудоемкость выполнения работ и разработка графика проведения

Показателем трудоемкости выполняемых работ служит ожидаемая трудоемкость  $t_{ожі}$ :

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} \quad (35)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения каждой из 11 работ в чел.-дн.;  $t_{\text{min}}$  – минимальная трудоемкость выполнения работы, чел.-дн.;  $t_{\text{max}}$  – максимальная трудоемкость выполнения работы, чел.-дн.

Данная работа выполняется 4 месяца (февраль – май) количество рабочих дней при шестидневной рабочей неделе составляет 98 дней. Поэтому 98 дней необходимо распределить на 11 работ это будет максимально возможная трудоемкость (таблица 39). Кратчайший срок на дипломную работу составляет в сумме 63 дня.

Таблица 39 – Трудоемкости запланированных работ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$t_{\text{min}}$	1	7	1	1	10	1	1	1	22	1	17
$t_{\text{max}}$	1	9	2	3	14	2	2	2	25	1	21

Вычисляем ожидаемую трудоемкость для запланированных работ, округляя значения до целого числа. Представляем ее в таблице 40.

Таблица 40 – Ожидаемая трудоемкость

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$t_{ожі}$	1	8	1	2	12	1	1	1	23	1	19

Определяем продолжительность каждой работы по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{i\text{э}i}}{x_i} \quad (36)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;  $Ч_i$  – количество исполнителей, выполняющих в одно и тоже время одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Запишем сколько исполнителей, выполняют ту или иную работу  $Ч_i$  и вычислим продолжительность одной работы (таблица 41):

Таблица 41 – Количество исполнителей, выполняющих одну и ту же работу в одно и то же время, и продолжительность каждой работы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$Ч_i$	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1
$T_{pi}$	1	8	1	2	12	1	1	1	23	1	19

Наиболее наглядным и удобным графиком является линейный график проведения работ – диаграмма Ганта.

Для ее построения необходимо вычислить продолжительность выполнения каждой работы в календарных днях:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (37)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения каждой работы в календарных днях;  $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Определяем коэффициент календарности по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых.празд}}} = \frac{366}{(366 - 119)} = 1.48\%$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней за 2020 годовой фонд;  $T_{\text{вых.празд}}$  – количество выходных и праздничных дней в 2020 году.

Подставляем значения  $T_{pi}$  и  $k_{\text{кал}}$  в формулу и получаем следующие значения продолжительности работ (таблица 42).

Таблица 42 – Продолжительность работ

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
$T_{ki}$	1	12	1	3	17	2	1	2	34	1	28

Сведем все рассчитанные значения в таблицу 43.

Таблица 43 – Временные показатели проведения работы

№ работы	Трудоемкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни			
1	1	1	1	Руководитель	1	1
2	7	9	8	Инженер	8	12
3	1	2	1	Руков., инженер	1	1
4	1	3	2	Инженер	2	3
5	10	14	12	Инженер	12	17
6	1	2	1	Руководитель	1	2
7	1	2	1	Руков., инженер	1	1
8	1	2	2	Инженер	1	2
9	22	25	23	Инженер	23	34
10	1	1	1	Руководитель	1	1
11	17	21	19	Инженер	19	28
<b>Итого</b>	63	98	71		70	105

На основании таблицы 43 построим календарный план-график, который наглядно показывает продолжительность работы исполнителей. План-график изображен в таблице 44.

Таблица 44 – План-график проведения работы по теме «Установка получения древесного волокна с разработкой основного оборудования для производства»

№ работ	Вид работы	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февраль			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление технического задания	Руководитель	1	1											
2	изучение материалов	Инженер	8	1	1	1									
3	Выбор направления исследования	Руководитель, инженер	1	1											
4	Планирование работ	Инженер	2		1	1									
5	Проведение расчетов	Инженер	12		1	1	1	1	1						
6	Проверка расчетов	Руководитель	1				1								
7	Оценка результатов	Руководитель, инженер	1				1								
8	Целесообразность ОКР	Инженер	1				1								
9	Построение чертежей	Инженер	23				1	1	1	1	1	1			
10	Проверка чертежей	Руководитель	1							1					
11	Составление ПЗ и оформление чертежей	Инженер	19							1	1	1	1	1	1



– руководитель

– инженер

### 8.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета проектной работы необходимо отразить все виды расходов. Бюджет формируется из следующих видов затрат [31]:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 8.3.1 Материальные затраты

Все используемые материалы и цены на них приведем в таблице. Затраты на материалы рассчитываем по формуле [31]:

$$G_1 = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m (C_i \cdot N_{расх\ i}) \quad (38)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, равная 1;  $N_{расх\ i}$  – количество материальных ресурсов данного вида;  $C_i$  – цена приобретения каждого вида материального ресурса;  $k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы равный 15% от цены материалов.

В таблице 45 приведены все материальные затраты.

Таблица 45 – Материальные затраты с учетом коэффициента  $k_T$

Наименование основных материалов и сырья	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, $Z_m$ , руб
Древесная щепа	м <sup>3</sup>	11,2	400	4480
КФС	т	0,799	40000	31960
Отвердитель	т	0,044	14100	6204
Карбамид	т	0,030	17950	5385
Нефтяной парафин	т	0,024	1000	24
Итого, руб.		6942	73450	48053

### 8.3.2 Сумма амортизационных отчислений

Для расчета суммы амортизационных отчислений необходимо учесть время, которое используется оборудование его полную стоимость и норму амортизационных отчислений. Расчет амортизационных отчислений будем вести по следующей формуле [31]:

$$A_{\text{г}} = \frac{N_{\text{г}} \cdot \dot{I}_{\text{г}}}{100 \cdot T_{\text{раб.дн.год}}} \cdot C_{\text{п}} \quad (39)$$

где  $A_{\text{г}}$  – амортизационные отчисления, руб;  $C_{\text{п}}$  – стоимость оборудования, руб;  
 $N_{\text{г}}$  – норма амортизационных отчислений, для каждого оборудования, %;  
 $T_{\text{раб.дн.год}}$  – рабочие дни в 2020 году, 247 дней;  $T_{\text{раб}}$  – дни эксплуатации в проекте.

Норму амортизационных отчислений ( $N_{\text{г}}$ ) высчитываем по формуле [31]:

$$\dot{I}_{\text{г}} = \frac{1}{n} \cdot 100 \quad (40)$$

где  $n$  – срок эксплуатации оборудования на производстве, лет.

Время использования оборудования ( $T_{\text{раб}}$ ) 5 дней в соответствии с экспериментальным исследованием. Все исходные и рассчитанные величины представлены в таблице 46.

Таблица 46 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Количество основных средств, шт.	Срок эксплуатации n, лет	Норма амортизации $N_{\text{г}}$ , %	$C_{\text{п}}$ , руб.	$A_{\text{г}}$ , руб.
Бункер щепы	1	15	6,67	4000000	5401
Набивочный агрегат	1	10	10	5000000	10121
Пропарочный котел	1	20	5	4000000	4049
Рафинер	1	20	5	8000000	8097
Парогенератор	1	20	5	500000	506
Емкость смолы	1	20	5	400000	405
Баки приготовления парафина и растворов карбамида с отвердителем	3	20	5	100000	101
Итого					28680

### 8.3.3 Расчет основной заработной платы

В данную статью входит основная заработная плата руководителя и исполнителя, именно участвующих в выполнении работы по предоставленной теме. Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) инженера и руководителя рассчитывается по надлежащей формуле [31]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (41)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата каждого работника в отдельности;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых руководителем и инженером, раб. дн. из табл;  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневную заработную плату вычисляем по формуле [31]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot i}{F_d} \quad (42)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при 6-ти дневной рабочей недели  $M = 10,4$  месяца при отпуске 48 раб. дней, при 5-ти дневной рабочей недели  $M = 11,2$  месяца при отпуске 24 раб. дней;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени руководителя и инженера, раб. дн. представлено в таблице 47.

Таблица 47 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное количество дней	366	366
Количество не рабочих дней:		
- выходные дни	49/19	49/19
- праздничные дни		
Издержки рабочего времени:		
- отпуск	48/5	24/10
- невыходы по болезни		
Действительный фонд рабочего времени	245	264

Месячный должностной оклад исполнителя данной работы:

$$Z_m = Z_{\text{ок}} \cdot k_p \quad (43)$$

где  $Z_{\text{ок}}$  – оклад, руб.;  $k_p$  – районный коэффициент города Томска, равный 1,3.

Основная заработная плата руководителя (преподавателя ТПУ) с учетом должности доцента и степени кандидата технических наук, и заработная плата инженера в роли студента без районного коэффициента, руб.:

Основная заработная плата рабочих (таблица 32):

- при 5 рабочих днях руководителя: 9066,5 руб.;
- при 65 рабочих днях инженера: 40274 руб.

Таблица 48 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З <sub>ок</sub> , руб.	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	T <sub>р</sub> , раб.дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	33664	1,3	43763,2	2000,6	5	10003
Инженер	9489		12335,7	485,95	66	32072,7
Итого						42075,7

### 8.3.4 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы проводится по надлежащей формуле [31]:

$$C_{д\text{оп}} = C_{н\text{осн}} \cdot k_{д\text{оп}} \quad (44)$$

где k<sub>доп</sub> – коэффициент дополнительной заработной платы принимаем 0,12 из диапазона 0,12 – 0,15; З<sub>доп</sub> руководителя: 1500,45 руб.; З<sub>доп</sub> инженера: 4810,9 руб. В сумме З<sub>доп</sub> = 6311,355 руб.

В итоге заработная плата работников рассчитывается по формуле [31]:

$$C_{\text{с\text{ч}}\text{}} = C_{н\text{осн}} + C_{д\text{оп}} \quad (45)$$

Для руководителя: 11503,45 руб.; для инженера: 36883,6 руб.

### 8.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отразим обязательные отчисления, установленные законодательством Российской Федерации. Размер отчислений во внебюджетные фонды определяется по надлежащей формуле [31]:

$$C_{\text{внб}} = k_{\text{внб}} \cdot C_{\text{б}} \quad (46)$$

где  $k_{\text{внб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды принимается равным 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 49.

Таблица 49 – Отчисления во внебюджетные фонды

Участник	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	9066,5	1088
Инженер-дипломник	40274	4833
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого, руб.	руководитель: 3151,04; инженер: 11065,08	
В сумме	14216,12 руб.	

### 8.3.6 Накладные расходы

В данную статью входят затраты организации на остальные, не попавшие в предыдущие статьи расходы. Определяемые затраты следующим образом [31]:

$$C_{\text{на}} = k_{\text{нр}} \cdot (\sum C_{1-4}), \text{ руб.} \quad (47)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы;  $\sum C_{1-4}$  – сумма затрат в предыдущих статьях.

Принимаем  $k_{\text{нр}} = 0,16$ .

Тогда, руб:

$$C_{\text{на}} = 0,16 \cdot (48053 + 28680 + 42075,7 + 11503,45 + 36873,6 + 14216,12) = 29024,1$$

### 8.3.7 Формирование бюджета затрат проекта

Определение бюджета затрат на проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 50.

Таблица 50 – Расчет бюджета затрат проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты	48053	Пункт 8.3.1
2. Амортизация оборудования	28680	Пункт 8.3.2
3. Затраты по основной заработной плате	42075,7	Пункт 8.3.3
Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
4. Затраты по дополнительной заработной плате	6311,4	Пункт 8.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	14216,12	Пункт 8.3.5
6. Накладные расходы	29024	Пункт 8.3.6
7. Бюджет затрат проекта	<b>168360,22</b>	Сумма статей 1 – 6

#### 8.4 Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (48)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{\text{pi}}$  – стоимость каждого варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения проекта.

Максимальная стоимость проекта составляет 200000 рублей.  $I_{\text{фин.тек.}} = 0,84$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{165000}{200000} = 0,825$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{200000}{200000} = 1,0$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проводим в форме таблицы 51.

Таблица 51 – Сравнительная оценка характеристик данных разновидностей исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Производительность	0,20	4	5	4
Доступность запасных частей	0,15	5	3	4
Помехоустойчивость	0,15	5	3	4
Конкурентоспособность	0,1	5	4	3
Надежность	0,25	4	4	3
Цена	0,15	5	3	3
Итого	1			

Интегральный показатель ресурсоэффективности для каждого исполнения:

$$I_{\text{д.э.н}}^1 = 0.20 \cdot 4 + 0.15 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.25 \cdot 4 + 0.15 \cdot 5 = 4.55$$

$$I_{\text{д.э.н}}^2 = 0.20 \cdot 5 + 0.15 \cdot 3 + 0.15 \cdot 3 + 0.1 \cdot 4 + 0.25 \cdot 4 + 0.15 \cdot 3 = 3.7$$

$$I_{\text{д.э.н}}^3 = 0.20 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.1 \cdot 3 + 0.25 \cdot 3 + 0.15 \cdot 3 = 3.5$$

Определяем интегральный показатель эффективности вариантов исполнения на основании выше рассчитанных показателей:

$$I_{\text{э.н}}^1 = \frac{I_{\text{д.э.н}}^1}{I_{\text{д.э.н}}^1} = \frac{4.55}{0.713} = 6.381$$

$$I_{\text{э.н}}^2 = \frac{I_{\text{д.э.н}}^2}{I_{\text{д.э.н}}^2} = \frac{3.7}{0.825} = 4.48\text{€}$$

$$I_{\text{э.н}}^3 = \frac{I_{\text{д.э.н}}^3}{I_{\text{д.э.н}}^3} = \frac{3.5}{1.0} = 3.5$$

Сопоставление интегрального показателя эффективности разновидностей выполнения разработки позволит определить сравнительную

эффективность проекта и выбрать более подходящий вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\bar{Y}_{\text{ср}}$ ) (таблица 52):

$$\bar{Y}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{эп}} \cdot I_1}{I_{\text{эп}} \cdot I_1} \quad (49)$$

Таблица 52 – Сравнительная эффективность разработки

<b>№ п/п</b>	<b>Показатели</b>	<b>Исп.1</b>	<b>Исп.2</b>	<b>Исп.3</b>
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	0,825	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.55	3.7	3.5
3	Интегральный показатель эффективности	6,381	4,485	3,5
4	Сравнительная эффективность разновидностей исполнения	1	0.7029	0,5485

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4КМ81	Червинский Александр Сергеевич

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Н.М. Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Тема ВКР:

<b>Установка получения древесного волокна с разработкой основного оборудования для производства</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект исследования – установка получения древесного волокна Рабочая зона – установка рафинер. Технологический процесс включает в себя работу с оборудованием в производственном помещении и разработкой оборудования в административно-бытовом помещении с использованием ПК. Область применения – деревоперерабатывающая промышленность</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<i>Правовое обеспечение и организационные мероприятия согласно ГОСТ 12.4.299-2015 и ТК РФ от 30.12.2001 N197-ФЗ Законодательные и нормативные документы по теме: -Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 г - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 - СП 52.13330.2016 - ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ - ГОСТ 12.1.012-2004 - ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ - СанПиН 2.2.4.548-96. - ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ - ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ</i>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<i>Выявленные вредные факторы:                  -повышенный уровень шума и вибрации;                  - вредные вещества (КФС, древесная пыль, нефтяной парафин, сульфат аммония));                  - монотонность труда;                  - недостаточность искусственного и естественного освещения на рабочем месте;                  - запыленность и затрудненность дыхания на рабочем месте;                  - микроклимат.                  Выявленные опасные факторы:                  подвижные части производственного оборудования;</i>

	<i>повышенная температура поверхностей оборудования; электрический ток</i>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<i>Эмиссия формальдегида в окружающую среду, выброс твердых отходов в виде илама в литосферу и гидросферу, утилизация древесной пыли Утилизация ТБО и люминесцентных ламп</i>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<i>Наиболее опасной чрезвычайной ситуацией следует принять возникновения пожара</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>02.03.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ81	Червинский Александр Сергеевич		

## 9 Социальная ответственность

Задачей дипломной работы является разработка основного оборудования для производства древесного волокна. Сущность данной проделанной работы заключается в расчете двух аппаратов из схемы установки получения древесного волокна методом «Дефибратор», оптимизация работы оборудования на предприятии ООО «Монолит-Строй».

Данное предприятие относится к деревоперерабатывающей промышленности. Географическое положение места выполнения работ непосредственно на территории завода, который находится в г. Томск в производственной зоне, находящейся по адресу Кузовлевский тракт д. 4 стр. 2.

В разделе социальной ответственности будут затронуты правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная и экологическая безопасность, анализ вредных и опасных производственных факторов, безопасность в чрезвычайных ситуациях, обоснованные мероприятия по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов.

Дефибрирование (рафинирование) древесной щепы – процесс деревопереработки, который предназначен для производства древесноволокнистых плит МДФ, именно для процесса рафинирования и проектируются такие агрегаты, как набивочный агрегат и пропарочный котел.

К перерабатываемому компоненту – древесная щепа предъявляются особые требования безопасности, так это воспламеняющее вещество и так же имеет склонность к запылённости окружающей среды. Для расщепления щепы на древесные волокна используется насыщенный водяной пар с температурой 190°C.

## **9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Рассмотрим специальные правовые нормы трудового законодательства, характерные для рабочей зоны и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

### **9.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Деревоперерабатывающий завод, как и другие предприятия подобного типа, наносит вред здоровью работников. Поэтому для того, чтобы предотвратить большой вред здоровью, работникам полагаются компенсации при работе во вредных условиях труда.

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда и т. д.

При обработке персональных данных работника работодатель обязан соблюдать следующие требования [32]:

1) обработку персональных данных исключительно в целях обеспечения соблюдения законов и иных нормативных правовых актов, содействия работникам в трудоустройстве, получении образования и продвижении по службе, обеспечения личной безопасности работников, контроля количества и качества выполняемой работы и обеспечения сохранности имущества;

2) все персональные данные работника следует получать у него самого. Работодатель должен сообщить работнику о целях, предполагаемых источниках и способах получения персональных данных, а также о характере

подлежащих получению персональных данных и последствиях отказа работника дать письменное согласие на их получение;

3) работодатель не имеет права получать и обрабатывать сведения о работнике, относящиеся в соответствии с законодательством Российской Федерации;

4) работодатели, работники и их представители должны совместно вырабатывать меры защиты персональных данных работников.

При эксплуатации аппаратов установки рафинер, согласно Трудовому кодексу РФ, ограничивается применение труда женщины при работах с вредными и (или) опасными условиями труда, за исключением нефизических работ или работ по санитарному и бытовому обслуживанию. Запрещается применение труда лиц в возрасте до восемнадцати лет на работах с вредными и (или) опасными условиями труд.

Длительность производственного процесса превышает допустимую продолжительность ежедневной работы, а также в целях более эффективного использования оборудования, увеличения выпускаемой производственной продукции, то для организации рабочего времени предусмотрены две смены по двенадцать часов с часовым обеденным перерывом после четырех часов работы. Так же на заводе предусмотрено время отдыха, перерывы в течение рабочей смены, которые описаны в правилах внутреннего трудового распорядка, каждые четыре часа работнику предоставляется перерыв в течении тридцати минут.

Заработная плата (оплата труда работника) – вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также компенсационные выплаты [32]. На данном предприятии для студента, проходящего производственную практику, вводится тарифная ставка, которая подразумевает фиксированный размер оплаты труда работника за выполнение нормы труда определенной сложности (квалификации) за единицу времени без учета компенсационных, стимулирующих и социальных выплат [32].

Особенности обязательного социального страхования и пенсионного обслуживания прописаны в федеральном законе об основах обязательного социального страхования от 28.12.2013 N 421-ФЗ.

Работники предприятий должны регулярно в запланированное время проходить периодические медицинские осмотры с выявлением ограничений.

### **9.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

В рабочее время работники могут выполнять как сидячие работы, находясь непосредственно в ЦПУ, так и стоячие работы у установки.

Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса.

Рабочее место должно обеспечить выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы с целью сохранения здоровья человека, а также для достижения высокой эффективности труда. [33]

При проектировании, эксплуатации оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели рабочего. Так, например оборудование может находиться в крытых помещениях, это означает, что дверные проемы, потолки должны соответствовать как высоте рабочего, так и габаритам оборудования. [33]

Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием.

Аварийные органы управления следует располагать в пределах зоны досягаемости моторного поля, при этом следует предусмотреть специальные средства опознавания и предотвращения их непроизвольного и самопроизвольного включения в соответствии с [34].

Рабочее место для выполнения работ стоя организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей ее параметры при работе сидя. [35]

При выборе положения, работающего возле оборудования, необходимо учитывать физическую тяжесть работ, размеры рабочей зоны.

Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на 15°.

На предприятии предусмотрены лестницы с перилами, для того чтобы был доступ к оборудованию, которое располагается на высоте в соответствии с [35]. Полы из перфорированного стального листа, для того чтобы рабочий не поскользнулся.

## **9.2 Производственная безопасность**

В данном пункте проанализируем вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникнуть при проведении разработок, исследований, монтажа и эксплуатации установки производства древесного волокна.

Перечень опасных и вредных факторов представим в виде таблицы 53.

Таблица 53 – Возможные опасные и производственные факторы

Факторы [36]	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Монотонность труда и умственное перенапряжение, вызванное информационной нагрузкой	+			СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4. Подвижные части производственного оборудования		+	+	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
5. Повышенный уровень вибрации		+	+	ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
6. Повышенный уровень шума на рабочем месте		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
7. Повышенная температура поверхностей оборудования			+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
8. Вредные вещества	+	+	+	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
9. Электрический ток		+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
10. Микроклимат			+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Подробно изучим выявленные вредные и опасные факторы.

### 9.2.1 Анализ вредных производственных факторов

Из вышеупомянутых производственных факторов, к вредным факторам относятся:

- монотонность труда;
- недостаточность искусственного и естественного освещения на рабочем месте;
- вредные вещества;
- повышенный уровень вибрации и шума;
- микроклимат.

*Монотонность труда и умственное напряжение* возникает при исследовании и разработке основного оборудования, согласно заданию. Поиск источников информации и разработки оборудования производится с помощью персональной электронно-вычислительной машины.

Источником возникновения фактора является непосредственно персональный компьютер и сидячее положение разработчика.

ПЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил, и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке.

Допускаемый уровень звукового давления и уровня звука, создаваемых ПЭВМ, не должны превышать 8000 Гц и 38 дБА соответственно [36].

Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ, не должны превышать 500 В [36].

Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации не менее 35 кд/м<sup>2</sup>.

Конструкция ПЭВМ должна обеспечивать возможность поворота корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального наблюдения экрана ВДТ. Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки, и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4 – 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики.

Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.[36]

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейноплечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию. [36]

***Недостаточность искусственного и естественного освещения на рабочем месте.*** Помещение с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение. В помещении проектируемого класса, центрального пульта управления и в производственных помещениях недостаточно естественного света, имеется только боковое освещение, которое поступает через окна в стенах помещения.

В основном в помещениях используется совмещенное искусственное и естественное освещение. В дневное время в производственных помещениях недостаточно дневного света, а в общественном месте или административно-бытовых помещениях в дневное время достаточно естественного света.

Наименьшее нормативное значения коэффициента естественного освещения (КЕО) для производственного помещения при совмещенном освещении для I разряда зрительных работ при боковом освещении составляет 1.2 %. [37]

Для общего и местного освещения производственных помещений следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 до 6800 К. Интенсивность ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн 320 – 400 нм не должна превышать 0,003 Вт/м<sup>2</sup>. [37]

Рассчитаем освещение в производственном помещении с имеющимися светильниками в цеху, и проверим правильность выбора ламп.

Размещения светильников в цеху показано на рисунке 43.

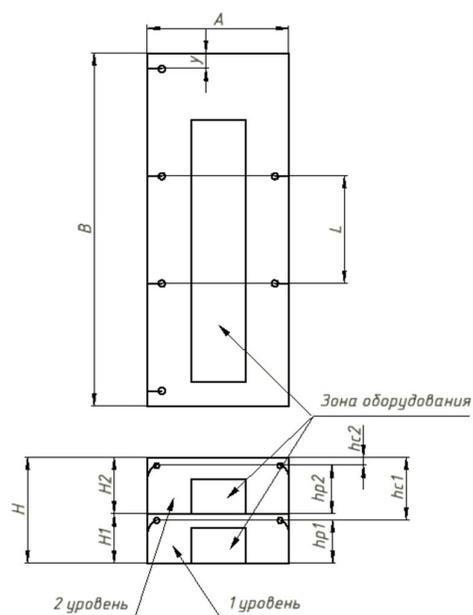


Рисунок 43 – Схема размещения светильников

В качестве светильников, применяются лампы ДРЛ 50, с нормированным световым потоком  $F_{ГОСТ} = 1800$  лм.

Согласно [38] характеристика зрительных работ является наблюдение за ходом производственного процесса, разряд таких работ VIII. Так как Большую часть помещения занимает оборудования, то нет возможности подвеса светильников над оборудованием, в силу его высоты и высоты здания.

В таблице 54 запишем исходные данные для расчета производственного освещения.

Таблица 54 – Исходные данные расчета производственного освещения

Нормированная освещенность, лк	Ширина, длина и высота помещения, А/В/Н, м	Минимальная освещенность	Высота над рабочими зонами, м	Расстояние между лампами, м	Свес светильника над уровнем, м	Число рядов светильников	Расстояние от стены до лампы, м	Число светильников в ряду	
								1 ряд	2 ряд
$E_n = 200$	$A = 20$ $B = 50$ $H = 15$	$z = 1.2$	$h_1 =$ $h_2 =$	$L = 11$	$H_{c1} = 2$ $H_{c2} = 1$	$R = 2$	$y = 2.2$	$LR_1 =$	$LR_2 =$

Расчетные данные:

Количество светильников на первом и втором уровне:

$$N = LR_1 + LR_2 = 4 + 2 = 6.$$

Определяем коэффициент использования светового потока двух уровней:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_1 \cdot (A + B)} = \frac{20 \cdot 50}{6 \cdot (20 + 50)} = 2.36$$

Определяем коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 48$$

Величина светового потока одного светильника, лк:

$$F_{\text{дл}} = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 1000 \cdot 0.2 \cdot 1.2}{(6 \cdot 48)} = 1666.0$$

Проверка правильного выбора ламп:

$$\Delta = \frac{F_{\text{дл}} - F_{\text{дл}}}{F_{\text{дл}}} \cdot 100 = \frac{(1800 - 1666.0)}{1800} \cdot 100 = 7.44$$

Данное значение укладывается в интервал от -10% до +20%, это означает, что светильники подобраны правильно.

**Запыленность и затрудненность дыхания на рабочем месте.**

Повышенная запыленность, связанная с процессом транспортирования

древесной щепы к установке измельчения, при этом образуется много древесной пыли. Дыхание затруднено не только пылью, но и выделением готовой продукции паров формальдегида.

Для предотвращения вредного влияния на здоровье человека применяются средства индивидуальной защиты – полу-лицевые и полно-лицевые маски с фильтрами, не пропускающие формальдегид и древесную пыль. Так же предусмотрено средство коллективной защиты – система вентиляции производственных, бытовых и административных помещений. [39]

**Повышенный уровень вибрации**, создаваемый машинами, механизированными инструментами и оборудованием, способны привести к нарушениям в работе и выходу из строя самих машин. Возникновение предельной вибрации может привести к выходу из строя насоса, а так же повлечь за собой возникновение аварийных ситуаций, что пагубно может сказаться человеке. Так же воздействие вибрации на человека ведет к снижению производительности труда.

Допустимые значения параметров транспортной, транспортно-технологической и технологической вибрации устанавливаются. [40]

Использование средств индивидуальной защиты для защиты рук, ног, тела работника и установление внутрисменного режима труда. При превышении локальной вибрации на рабочем месте установленного уровня вводится ограничение времени ее воздействия [41]:

- при превышении предельно допустимого уровня (ПДУ) до 3 дБ длительность воздействия ограничивается 120 – 160 минутами;

- до 6 дБ – 60-80 мин;

-до 9 дБ – 30-40 мин;

-до 12 дБ – 15-40 мин;

-при превышении более 12 дБ запрещается проводить работы и применять оборудование, генерирующее такую вибрацию.

**Повышенный уровень производственного шума** также как и вибрация возникает при протекании потоков насыщенного пара трубопроводу к

аппаратам и в самих аппаратах, вследствие соударения их об стенки арматуры, отводов, оборудования, а также сбрасывания водяного пара в атмосферу. Основной шум также создают насосы, которые перекачивают потоки воды с щепой, транспортеры щепы, вращающиеся шнековые транспортеры щепы и размольные диски установки рафинер.

Уровень звука в производственных помещениях не должен превышать 80 дБ [42]. Повышенный шум на рабочем месте оказывает вредное влияние на организм работника, длительное воздействие такого шума может привести к потере слуха, болезни сердечнососудистой, нервной системы.

Согласно [43] необходимо использовать средства индивидуальной защиты от шума. В зависимости от конструктивного исполнения используются: противозумные наушники, вкладыши, шлемы и каски, костюмы. Снизить шумы можно следующими методами [44]:

- изолировать источники шумы от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- использование малозумного оборудования;
- оптимальное размещения шумного оборудования, позволяющее минимизировать воздействия шума на рабочем месте;
- использование материалов и конструкция, препятствующих распространению шума и вибрации, которая может быть переизлучена в виде шума и т.д.

***Вредные вещества.*** Вещества, эксплуатируемые на установке:

- древесина, древесная пыль;
- насыщенный водяной пар;
- расплав нефтяного парафина;
- карбамидоформальдегидная смола;
- сульфат аммония.

Древесина – щепы, измельчаемая в древесное волокно. Древесная пыль образуется при транспортировке древесины по ленточному транспортеру. Насыщенный водяной пар с температурой 190°C для пропаривания,

размягчения и удаления лигнина древесной щепы. Расплав нефтяного парафина дозируется непосредственно в один из шнеков пропарочного котла, растекаясь по щепе, используется для водоотталкивающего действия и препятствует быстрому износу шнека. Карбамидоформальдегидная смола – связующее вещество, применяемое при производстве древесноволокнистых плит. Сульфат аммония – для отверждения (связывания) смолы и древесного волокна при горячем прессовании.

Рассмотрим ПДК (таблица 55) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

[45]

Таблица 55 – ПДК веществ в рабочей зоне

Наименование вещества	Класс опасности	Агрегатное состояние при нормальных условиях	Температура, °С			ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Воздействие на организм человека
			Кипения	Плавления	Самовоспл.		
1	2	3	4	5	6	7	8
Древесная пыль	4	твердое			775	-/6	Ее воздействие на человеческий организм зависит от времени контакта и размера частиц. Попадание пыли в глаза может вызывать раздражение, а скопление ее в складках кожи при воздействии пота и химикалий способно привести к раздражению и инфекции

Продолжение Таблицы 55

1	2	3	4	5	6	7	8
Нефтяной парафин	4	твердое		45-62	300	300	Твердые парафины пожароопасные. Предельные углеводороды (парафины) в то же время оказывают меньшее токсическое действие, чем непредельные углеводороды с тем же количеством углеродных атомов. Объясняется это тем, что непредельные углеводороды, благодаря наличию свободных связей, легче входят в химическое взаимодействие со структурами организма, чем предельные углеводороды
Карбамидоформальдегидные смолы	2	суспензия				0,5	Токсичность смолы обусловлена наличием в ней свободного формальдегида. оказывает пагубное воздействие на организм. При ингаляции наблюдается раздражение слизистой оболочки глаз (слезотечение) и верхних дыхательных путей, спазм и отёк гортани, кашель, одышка, бронхит, пневмония. При попадании на кожу появляется дерматит, коагуляционный некроз кожи.
Сульфат аммония	3	аэрозоль				10	Сульфат аммония признаётся безопасным для человека и используется в качестве пищевой добавки

Средством защиты от попадания на кожу вредных химических веществ, служат резиновые перчатки, специальная форма одежды. Для защиты дыхательных путей у каждого рабочего имеется маски полулицевые и полнолицевые маски. Для защиты слизистой оболочки глаз имеются специальные очки или полнолицевая маска. Для предотвращения удара головой или попадания в голову предметов, работником используется каска.

Для того чтобы вредные вещества не попали в ту или иную область человека, необходимо соблюдения безопасности.

**Микроклимат.** Постоянное отклонение метеоусловий на рабочем месте от нормальных параметров приводит к перегреву или переохлаждению человеческого организма и связанным с ними негативным последствиям:

– при перегреве – к обильному потоотделению, учащению пульса и дыхания, резкой слабости, головокружению, появлению судорог, а в тяжелых случаях – возникновению теплового удара;

– при переохлаждении возникают простудные заболевания, хронические воспаления суставов, мышц и др.

Профилактика перегревания осуществляется рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха в зонах с нормальным микроклиматом.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 при определенной температуре воздуха и скорости ветра работы приостанавливаются. Данные работы относятся к группам средней тяжести. В холодный период года категория работ средней тяжести, что соответствует не выше 24°C. В теплое время года категория работ средней тяжести, что соответствует не выше 29°C.

При работе в зимнее время года весь персонал должен быть оснащен спецодеждой с теплозащитными свойствами. Измерение температуры воздуха в производственном цеху проводится ртутными термометрами.

### **9.2.2 Анализ опасных производственных факторов**

К опасным факторам относятся:

- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная температура поверхностей оборудования;
- электрический ток.

**Подвижные части оборудования** используются в насосах, механических перемешивающих устройствах, шнековых и ленточных транспортерах. Перекрыты должны быть места муфтового соединения валов

привода и исполняющего механизма. Согласно [44] движущиеся части являются возможными источниками травмоопасности, они должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключить возможность прикосания к ним во время работы оборудования, может быть использовано двуручное управление, предотвращающее травмирование. Запорную арматуру, как задвижки, необходимо располагать вдали от движущих частей аппаратов, либо использовать электрозадвижки, которые могут управляться из помещения операторной. В непосредственной близости от движущихся частей, находящихся вне поля видимости оператора, должны быть установлены органы управления аварийной остановки (ремонтный выключатель), если в опасной зоне, создаваемой движущимися частями, могут находиться работающие. Элементы оборудования не должны иметь острых углов, кромок и заусенцев, которые представляют опасность травмирования работающих.

На предприятии подвижные части оборудования окрашены в красный цвет, делается это для того, чтобы предупредить работника о том, что в данном месте есть опасность получения травмы. Так же применяются оградительные приспособления для того, чтобы работник не смог попасть к движущимся частям оборудования во время его работы.

#### ***Повышенная температура поверхности оборудования.***

Оборудование, температура наружных поверхностей которого в процессе эксплуатации может превышать 60°C, должен быть теплоизолирован [45]. В разработанном оборудовании (варочного котла) была рассчитана и применена теплоизоляция из минеральной ваты, толщиной 60 мм. Для предотвращения попадания легковоспламеняющихся, горючих и взрывоопасных веществ, все горячие участки конденсатора должны быть покрыты металлической обшивкой для предохранения изоляции, так как она может пропитаться этими веществами. Все подводящие трубопроводы со средами должны быть защищены кожухом. Согласно [46] для распознавания трубопроводов и то что протекает по ним должна быть нанесена краска. Так же должны быть установлены предупреждающие знаки дополнительно к цветным

предупреждениям трубопроводов. Поверх окраски трубопроводов должна быть нанесена надпись того, что в них протекает, например (пар, вода).

При монтаже, ремонте, настройке, подключении и эксплуатации установки подготовки древесного волокна возможно поражения *электрическим током*, так как при этом используются электротали, различные электрические гайковерты, в том числе и пневматические гайковерты, сварочные аппараты. Для того чтобы минимизировать опасность удара электрическим током разработаны требования безопасности к электротехническим приборам [47]. Согласно [48] устанавливаются требования для изоляции, защитного заземления:

- защитное заземление следует выполнять преднамеренным электрическим соединением металлических частей электроустановок с «землей» или ее эквивалентом;

- защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность.

Конструкция производственного оборудования, приводимого в действие электрической энергией, должна включать средства для обеспечения электробезопасности; производственное оборудование должно быть выполнено так, чтобы исключить накопление зарядов статического электричества в количестве, представляющем опасность для работающего, и исключить возможность пожара и взрыва.

Инструктажами сотрудников являются: инструкция по охране труда, при работах с электрооборудованием, механическим оборудованием, с работами на высоте, должностные инструкции. Видами инструктажей являются:

- - вводный (при устройстве на работу, проводит специалист по охране труда по инструкции по охране труда по проведению вводного инструктажа);

- - первичный (проводит непосредственный руководитель, в объёме Перечня инструкций по рабочему месту);

- - повторный (проводит непосредственный руководитель, не реже 1 раза в 3 месяца, в объёме Перечня инструкций по рабочему месту);
- - внеплановый (проводит непосредственный руководитель, при введении новых или переработанных инструкций, правил по охране труда; при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, инструмента и приспособления; при нарушении работниками требований охраны труда; при перерыве в работе для работ к которым предъявляют дополнительные (повышенные) требования охраны труда – более чем на 30 дней, для остальных работ - более чем на 60 дней; по требованию органов надзора);
- - целевой (проводит непосредственный руководитель, при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями работника по специальности, при ликвидации последствий аварии, стихийных бедствий, производстве работ, на которые оформляется наряд-допуск).

### **9.3 Экологическая безопасность**

В данном разделе рассмотрим влияния предполагаемых источников загрязнения окружающей среды, возникающие в разработке и реализации, предлагаемых в ВКР.

При работе на технологическом оборудовании возникает необходимость утилизировать древесную пыль, для этого предусмотрены системы аспирации, то есть, при движении древесных частиц в том или ином оборудовании установлена вытяжка, она направляет древесную пыль непосредственно на сжигание и выделения тепла, необходимого для производственных процессов. Сжигание происходит на энергетической установке. Остатки осевшей древесной пыли собирается непосредственно рабочим персоналом и вывозится ковшовым погрузчиком на сжигание.

Для минимизации содержания формальдегида в воздухе рабочей зоны предусмотрена приточная вентиляция, которая загоняет свежий воздух, непосредственно с улицы, за пределами производственного помещения.

Важной особенностью является то, что забор свежего воздуха и вытяжка воздуха с производственного помещения не должны находиться рядом, они находятся с разных сторон производственного помещения.

Защита литосферы на предприятии обеспечивается системой управления производственными отходами, которая позволяет оптимизировать потоки движения отходов, это позволяет снизить экологические последствия и экономические издержки их образования.

Защита гидросферы обеспечивается тем, что вода, используемая для промывания и очистки от посторонних веществ (песка, глины, камня) щепы, рециркулирует в установке мойки щепы. А удаляемый песок, глина, камни, частицы древесной коры удаляются и складировются в отведенном месте, при достижении максимального накопления шлама, его утилизируют путем закапывания в грунт.

При разработке оборудования возникает необходимость утилизировать производственные отходы, в качестве которых в данном случае выступают бумажные отходы (макулатура), люминесцентные лампы и сырье различного вида.

Бумажные отходы следует передавать в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Отработанные люминесцентные лампы должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Второй вариант является более предпочтительным, так как переработка отходов является перспективным направлением развития технологии. Утилизация лекарственного растительного сырья, как на фармацевтических предприятиях, так и вне осуществляется специализированными компаниями. После проведенной процедуры составляется акт утилизации, а до нее – договор об утилизации, который должен быть предоставлен при проведении проверок службами Роспотребнадзора.

#### 9.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В деревоперерабатывающей промышленности наиболее опасной чрезвычайной ситуацией следует принять возникновение пожара. Причинами возникновения ЧС могут послужить:

- самопроизвольное тление древесины в бункерах ее хранения;
- неосторожное обращение с огнем при осуществлении ремонтных работ оборудования и т.д.;
- повышенная температура предметов и воздуха;
- внешние воздействия техногенного или природного характера.

Согласно основному положению национальных стандартов и ликвидации чрезвычайных ситуаций, необходимо провести следующие мероприятия в последовательности [49]:

- эвакуация персонала из зоны поражения;
- локализация источника аварии;
- ремонтные работы;
- устранения причин аварии.

В основном чрезвычайные ситуации возникают по вине рабочего, для этого на предприятии проводятся мероприятия по производственной безопасности, внедряются памятки по безопасности. Проводятся учения по ГО и ЧС совместно с МЧС РФ по Томской области. Проведение соревнований между подразделениями по пожарной безопасности. Мероприятия, проводимые для обеспечения пожаробезопасности:

- оповещение персонала о возникновении пожара;
- предотвращения возгорания за пределы очага пожара;
- эвакуацию людей.

На производственных площадках вблизи с предполагаемым местом возникновения очага пожара установлены пенные, порошковые и водные огнетушители в зависимости от источника возникновения пожара. При возгорании электроустановок используются углекислые огнетушители, при

возгорании одежды использовать воду. Порошковые огнетушители применяются при горении нефтепродуктов.

Так как предприятие пожароопасное, на производстве применены системы сигнализации пожара. Одной из систем сигнализации является система «Спрут-2», которая представляет собой совокупность аппаратных и программных средств для организации системы пожарной сигнализации и комплекса по управлению пожарной автоматикой, инженерными и технологическими системами здания. Установки пожарной автоматики «Спрут-2» позволяют создавать надёжные системы контроля и диспетчеризации объектов любой сложности. Пожарная автоматика обеспечивает:

- Сбор, обработку, передачу, отображение и регистрацию извещений о состоянии шлейфов пожарной сигнализации, технологических датчиков, адресно-аналоговых пожарных извещателей, зон любых приборов сигнализации ПАС (объединение адресно-аналоговых извещателей в зоны в ПАС), групп приборов индикации ЦПИ (объединение шлейфов и зон ПАС в группы в ЦПИ), а также приборов и устройств;
- Управление всей пожарной автоматикой объекта;
- Взаимодействие с инженерными и технологическими системами зданий;
- Модульную структуру, позволяющую расширять состав и функционал комплекса, как для малых, так и для больших распределенных объектов;
- Резервирование исполнительных устройств, позволяющий в случае невыхода на режим основного устройства запускать резервное устройство с возможностью автоматической смены основных и резервных устройств через задаваемый интервал времени;
- Защищенный протокол обмена.

Работники проходят инструктажи по пожарной безопасности.

## Заключение

На основании данной работы была рассмотрена технология приготовления древесного волокна. По технологическим и механическим расчетам разработаны чертежи шнекового набивочного агрегата и варочного котла установки подготовки древесного волокна «Рафинер».

В ходе проведенных исследований на предприятии было определено, что при работе на сегментах производителя «Andritz» качество волокна удовлетворяло потребностям при низких затратах на размол насыщенного пара и энергии размола, при низменных параметрах предварительной мойки щепы перед подачей ее в установку рафинер. Сегменты российского производства служат приблизительно от 1 до 1,5 месяцев, а сегменты зарубежного производителя служат от 2 до 4 месяцев, так же они пригодны после их заточки.

Но нужно учитывать тот фактор, что зарубежный комплект сегментов по стоимости стоят дороже, чем комплект русских сегментов.

Исходя из расчетов, представленных в данном разделе, следует заметить, что наилучшем исполнением считается 1 исполнение. В данном варианте решения поставленной задачи в работе сравнительная эффективность более чем в последних двух исполнениях это свидетельствует тому, что в данном варианте наблюдается оптимальное обеспечение материалами и специальным оборудованием, необходимым для решения и оформления данной работы. Следовательно, достигается наилучшая эффективность проделанного проекта. Данный проект конкурентоспособный в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В ходе работы разработан календарный план – график проведения работ инженера и руководителя. Бюджет исследования составил 168360,22 руб.

В разделе социальной ответственности были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, которые включали в себя правовые нормы трудового законодательства и эргономические требования к правильному расположению и компоновки рабочей зоны.

Выявлены вредные и опасные производственные факторы, приведены нормативные документы и варианты устранения или минимизации негативного влияния данных факторов на здоровье человека.

В вопросе экологической безопасности, были рассмотрены способы утилизации вредных веществ, с которыми непосредственно контактирует работник, рассмотрены предельно-допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны, а также меры по уменьшению воздействия вредных веществ на человека, литосферу и гидросферу.

Заключительной частью данного раздела является вопрос безопасности в чрезвычайных ситуациях, который был полностью рассмотрен и описан ряд мер для минимизации происхождения подобных ситуаций. Согласно проработанной документации, все объекты, исследованные в данном разделе, соответствуют нормам и являются безопасными для эксплуатации. В дальнейшем планируется рассмотреть вопрос о сооружении очистной установки, для очистки воды, используемой в промывке древесной щепы.

## Список литературных источников

1. Пучков Б.В. Требования к процессу измельчения древесины в производстве плит и соответствие этим требованиям различных способов измельчения // Лесной вестник 2. – 2001. – С. 148 – 152.
2. Карасев Е.И., Каменков С.Д. Оборудование предприятий для производства древесных плит. – М.: Издательство Московского государственного университета леса, 2002. – 154 с.
3. Постоянный технологический регламент производства древесноволокнистых плит средней плотности на ООО «Монолит – Строй»
4. PALLMANN. TOP PERFORMANCE IN SIZE REDUCTION. SUBSEQUENT DEWATERING PLUG SCREW. Режим доступа к ст.: <https://produkte.pallmann.eu/en/service/detail/id/16> (Дата обращения 25.05.2020)
5. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. 3-е изд., стереотипное. – М.: ООО ИД «Альянс», 2008. – 752 с.
6. Сиваков В.П., Музыкантова В.И., Кучумов Е.Г. Проектирование оборудования для производства целлюлозы и древесной массы. Транспортные машины: учеб, пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007.
7. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин: Монография / М.В. Соколов, А.С. Клинков, О.В. Ефремов, П.С. Беляев, В.Г. Однолько. М.: "Издательство Машиностроение-1", 2004. 248 с.
8. ГОСТ 34233.1-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования
9. РД 10-249-98 Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды (с Изменением N 1)
10. Луганцев Л.Д. Расчет и проектирование аппаратов высокого давления на ЭВМ: Учебное пособие – М.: Университет машиностроения, 2015. – 68 с., ил.
11. Беляев В.М. Б00 Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли. Ч.II: В.М. Беляев, В.М. Миронов; Томский

политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 163 с.

12. ГОСТ 34233.4-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений

13. ГОСТ 34233.3-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер

14. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. – 10 – е изд., стереотипное, доработанное. Перепеч. с изд. 1973 г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753 с.

15. ГОСТ 21880-94. Маты прошивные из минеральной ваты теплоизоляционные

16. Вихман Г. Л., Круглов С. А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. Учебник для студентов вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1978 г. 328 с. с ил.

17. С.В. Карпушкин, М.Н. Краснянский, А.Б. Борисенко. Расчёты и выбор механических перемешивающих устройств вертикальных емкостных аппаратов

18. ГОСТ 34233.5-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.

19. Центр цифровых образовательных технологий [<https://stud.lms.tpu.ru/mod/book/view.php?id=151199&chapterid=32867>]. (Дата обращения 23.01.2020)

20. Асеев О. И. Арматура предохранительная. Выбор, установка и расчет: справ.пособие// М.: Инфра-Инженерия. – 2018. – 208 с.

21. Полноподъемные предохранительные клапаны / среднеподъемные предохранительные клапаны. Режим доступа к ст.: [[https://www.ari-armaturen.com/\\_appl/files\\_tb/files/900005-6.pdf](https://www.ari-armaturen.com/_appl/files_tb/files/900005-6.pdf)]. (Дата обращения 23.01.2020)

22. СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 (с Изменением N 1)
23. Механизмы и приспособления для установки опор - Выбор и расчет канатов. Режим доступа к ст.: <https://forca.ru/knigi/arhivny/mechanizmu-i-prisposobleniya-dlya-ustanovki-opor-7.html> (Дата обращения 30.05.2020)
24. Датчик температуры подшипников типа МВТ 5310. Режим доступа к ст.: <http://www.aksprom.biz/addcontent/img/Catalogs/Danfoss/MBT.pdf> (Дата обращения 01.06.2020)
25. АГАТ/ Каталог продукции/ Агат-100МТ-ДИ. Режим доступа к ст.: <https://agat-pro.ru/pressure/1> (Дата обращения 01.06.2020)
26. АзбукаКИП/ Элементы автоматике/ Оптические датчики положения. Режим доступа к ст.: [http://azbukakip.ru/publ/ehlementy\\_avtomatiki/opticheskie\\_datchiki\\_polozhenija/](http://azbukakip.ru/publ/ehlementy_avtomatiki/opticheskie_datchiki_polozhenija/). (Дата обращения 01.06.2020)
27. Датчики линейных перемещений. Режим доступа к ст.: [http://www.sensor-systems.ru/category\\_11.html](http://www.sensor-systems.ru/category_11.html) (Дата обращения 01.06.2020)
28. АО Канский машиностроительный завод «Сегмент». Режим доступа к ст.: - [http://kmzsegment.ru/garnitura\\_razmalyvayusch](http://kmzsegment.ru/garnitura_razmalyvayusch).
29. С.Н. Вихарев. Производство древесной массы из щепы. Расчет рафинеров.
30. А.С. Кантаев, И.Д. Брус. Определение гранулометрического состава порошков. Учебное издание ТПУ.
31. Видяев И.Г, Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность методическое пособие / Видяев И.Г, Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019 – 35 с.
32. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
33. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

34. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
35. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
36. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
37. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
38. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
39. Методические указания к деловой игре № 4 по курсам «Безопасность жизнедеятельности», «Основы безопасности труда» для студентов всех форм обучения всех специальностей [Учебный электронный курс]. – Екатеринбург: Информационный портал УрФУ, 2016.
40. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности/
41. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
42. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
43. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
44. СНиП 23-03-2003 Защита от шума.
45. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
46. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
47. РД 34.03.201-97. Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей.

48. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

49. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1).

50. ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

51. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения.

52. ScienceDirect: сайт. – URL: <https://www.sciencedirect.com/referencework/9780080431529/encyclopedia-of-materials-science-and-technology> (date of the application: 05.06.2020). – Текст: электронный.

53. ScienceDirect: сайт. – URL: <https://www.sciencedirect.com/referencework/9780123739445/encyclopedia-of-microbiology> (date of the application: 05.06.2020). – Текст: электронный.

54. ScienceDirect: сайт. – URL: <https://www.sciencedirect.com/book/9780126843514/diseases-ofshade-trees> (date of the application: 05.06.2020). – Текст: электронный.

55. ResearchGate: сайт. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/262179679\\_Panel\\_Boards\\_and\\_Conventional\\_Adhesives](https://www.researchgate.net/publication/262179679_Panel_Boards_and_Conventional_Adhesives) (date of the application: 05.06.2020). – Текст: электронный.