

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии и основного оборудования для переработки копорского чая
УДК 615.453.87

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ81	Астафьев О.Н		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Беляев В.М.				

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, выработать 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»
P3	Организовывать и руководить работой команды, выработать 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-

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
		исследовательским и опытно-конструкторским работам»,
Р4	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»
Р5	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»
Р6	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

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
		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 нефтехимических производств, представлять и защищать результаты	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

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
		ремонту нефтезаводского оборудования»
Р9	<p>Формулировать, разрабатывать и реализовывать методы решения научно-исследовательских задач, в области проектирования и конструирования энерго и ресурсоэффективных химических, нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств</p>	<p>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»</p>

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

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4KM81	Астафьев О.Н

Тема работы:

Разработка технологического оборудования для получения экстракта из чаги
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	62-11/с от 02.03.2020
---	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>- Изучить технологию и оборудование, необходимое для переработки копорского чая. Спроектировать линию переработки копорского чая производительность 100 кг зеленого листа в смену.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Провести обзор литературных источников для изучения состояния вопроса, изучить имеющиеся технологии переработки и конструкции аппаратов. Провести технологический, механический расчет, рассмотреть монтаж оборудования и автоматизацию производства, финансово-экономическую составляющую разработки, а так же безопасность производства.</p>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Чертежи: технологическая схема – А1 общего вида проектируемых аппаратов 3 чертежа формата А1, Экономические показатели - А2, схема автоматизации – А2
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук И.В.
Социальная ответственность	Романцов И.И.
Английский язык	Диденко А.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Литературный обзор	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	02.03.2020
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Виктор Владимирович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ81	Астафьев О.Н		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4KM81	Астафьев О.Н

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

Тема ВКР:

Разработка технологического оборудования для получения экстракта из чаги	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – проектируемая линия переработки Копорского чая</p> <p>Рабочая зона – производственный цех, 50 м². Технологический процесс включает в себя обслуживание аппаратов по завяливанию, ферментации и сушке чая, а так же машин, имеющих вращающиеся элементы – измельчитель и изминатель. Освещение смешанное, наличие щита управления машинами и аппаратами</p> <p>Область применения – пищевая промышленность, фармацевтические предприятия</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<p>– Правовое обеспечение и организационные мероприятия согласно ГОСТ 12.4.299-2015 и ТК РФ от 30.12.2001 N197-ФЗ</p> <p>– Законодательные и нормативные документы по теме:</p> <p>– 1. Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 г.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> – 2. СанПиН 2.2.4. 548-96. – 3. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. – 4. ГОСТ 12.1.003-83. – 5. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 – 6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. - 7. ГОСТ 12.1.002–84. – 8.ГОСТ Р 22.0.01-94. – 9. ГОСТ 12.0.004-90. – 10. Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 г. – 11. Федеральный закон № 421-ФЗ от 28.12.2013 г – 12. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. – 13. Конституция Российской Федерации;
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности</p> <p>1.1.1 Освещение</p> <p>1.1.2 Повышенный уровень шума</p> <p>1.1.3 Повышенный уровень вибрации</p> <p>1.1.4 Состояние воздушной среды</p> <p>1.1.5 Психофизические факторы: физическое утомление и монотонность процесса</p> <p>1.2 Выявить опасные факторы, относящиеся к оборудованию:</p> <p>1.2.1 Термические ожоги от нагретых поверхностей оборудования</p> <p>1.2.2 Электрический ток</p> <p>1.2.3 Движущиеся механизмы оборудования</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • необходимость применения санитарно-защитной зоны вследствие выбросов вредных веществ, отходов, облучения; • выбросы вредных веществ в атмосферу при ведении технологического процесса; • химическое загрязнение водотоков в результате деятельности цеха;

	<ul style="list-style-type: none"> • необходимость осуществлять отдельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронению. А так же утилизация ТБО, микросхем оборудования, люминесцентных ламп.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> • Определить перечень наиболее возможных ЧС: пожар, взрыв, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган, землетрясение. • Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара; Рассмотреть профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации её последствий: <ul style="list-style-type: none"> • 1. использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла, пожарного крана и пожарного щита; • 2. обеспечение средствами индивидуальной защиты; • 3. организационная эвакуация работников.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
---	-------------------

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	Астафьев О.Н		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4КМ81	Астафьев О.Н

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	им. Н.М. Кижнера
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»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Определены стоимость материальных ресурсов, специального оборудования согласно рыночным ценам г. Томска; тарифные ставки исполнителей научного исследования согласно штатному расписанию НИ ТПУ.</i>
2. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30%</i>
3. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений рынка. Выполнение SWOT-анализа проекта.</i>

2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Составлена структура работ, определена трудоемкость, разработан график проведения научного исследования.</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Рассчитан бюджет научного исследования</i>
4. <i>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. <i>Оценка конкурентоспособности НИ</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Диаграмма Ганта</i> 4. <i>Бюджет НИ</i> 5. <i>Основные показатели эффективности НИ</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ81	Астафьев О.Н		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 118 с., 25 рис., 30 табл., 44 источника, прил.

Ключевые слова: Иван-чай, Копорский чай, ферментация, завяливание, малотаннажное производство, линия переработки

Объектом исследования является: переработка Копорского чая

Цель работы – на основе данных об обработке чайного листа, а так же листа Кипрея узколистного разработать оптимальную технологию его переработки и в соответствии с ней спроектировать необходимое оборудование.

В процессе исследования проводились заготовка, переработка сырья с дальнейшим изучением экстрактов и выбором оптимальной технологии переработки

В результате исследования предложена технология переработки копорского чая, разработано основное оборудование и произведен технологический и механический расчет, организация монтажа, выбор схемы автоматического контроля и регулирования процесса, основные элементы производства, формирующие вредные и опасные факторы, а также разработка мероприятий по снижению их воздействия.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: разработана линия для переработки в смену до 100 кг зеленого листа

Область применения: пищевая, фармацевтическая промышленность

В будущем планируется развитие и углубление темы исследования в кандидатской диссертации

Содержание

Реферат	14
Содержание	15
Введение	18
1 Литературный обзор	21
1.1 Теоретические исследования	23
1.2 Основные результаты экспериментального исследования	25
2 Технологическая схема	29
3 Технологический расчет	31
3.1 Материальный баланс сушилки [19]	31
3.2 Тепловой баланс сушилки [19]	33
3.3 Расчет кинетических характеристик сушки [20]	34
3.4 Конструктивный расчет сушильной камеры [20]	37
3.5 Подбор вспомогательного оборудования [21]	39
3.6 Технологический расчет ферментера	42
4 Выбор конструкционных материалов [22]	43
5 Механический расчет	44
5.1 Механический расчет ферментера [23]	45
5.1.1 Определение толщин стенок цилиндрических обечаек корпуса и рубашки	45
5.1.2 Расчет цилиндрической обечайки на устойчивость	48
5.1.3 Определение толщин стенок днища [23]	51
5.1.4 Расчет сопряжения обечаек [25]	54
5.1.5 Выбор опор (стоек) и проверка прочности и устойчивости корпуса в месте приварки опор [26]	58
5.2 Механический расчет мяльной машины	63
5.2.1 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки [23]	63
5.2.2 Расчет на прочность днища [28]	64
5.2.3 Подбор привода, вращающего диск	66

5.2.4 Расчет средства защиты машины (предохранительная кулачковая муфта) [30].....	66
5.3 Механический расчет камерной сушилки.....	72
6 Механо-технологический раздел [31]	75
7 Автоматизация и контроль производства	79
8 Результаты проведенной разработки.....	84
9 Финансовый менеджмент [34]	85
9.1 Анализ конкурентных технических решений.....	86
9.2 SWOT-анализ	87
9.3 Планирование научно-исследовательских работ	89
9.4 Разработка графика проведения исследования.....	92
9.5 Бюджет научного исследования.....	95
9.6 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	97
9.7 Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта.....	100
9.8 Интегральный показатель ресурсоэффективности	101
9.9 Выводы по главе:	102
10 Социальная ответственность.....	104
10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	104
10.2 Производственная безопасность	105
10.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	105
10.2.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих	106
10.2.2.1 Состояние воздушной среды	106
10.2.2.2 Освещенность.....	108
10.2.2.3 Шум.....	108
10.2.2.4 Вибрация.....	109
10.2.2.5 Физическое утомление и монотонность процесса	110
10.2.2.6 Электробезопасность.....	112
10.2.2.7 Повышенная температура рабочих поверхностей	113

10.2.2.8 Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	113
10.2.2.9 Требования безопасности при обслуживании	114
10.3 Экологическая безопасность	114
10.3.1. Охрана почв.....	115
10.3.2. Охрана гидросферы	115
10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	115
10.4.1 Пожарная и взрывная безопасность.....	115
10.4.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и социального характера.....	116
10.5 Выводы по главе	117
1 Выводы	118
Список использованных источников	119
Приложение А	122

Введение

Кипрей узколистый (Иван-чай, Копорский чай) – травянистое многолетнее растение, семейства кипрейные. Произрастает по всему Северному полушарию, на территории РФ – преимущественно в нечерноземной полосе. Произрастает в хорошо освещенных местах – на опушках лесов, торфяниках, оврагах, вырубках, на пожарищах, а так же землях, подверженных эрозии. В Америке он известен под названием « Fireweed», что значит – сорняк пожарищ, благодаря способности восстанавливать и подготавливать землю для новых растений. Трава достигает высоты до 2 метров, имеет прямостоячий стебель, с заостренными кверху и зубристыми по краям листьями. Соцветия представляют собой кисти длиной до 45 см, с цветочками розоватого оттенка. Все части растения несут в себе пользу для организма, но в данной работе будут рассмотрены только его листья.

Всего растение насчитывает почти 200 сортов, некоторые из видов официально зарегистрированы в фармакопее в Германии и используются в официальной медицине, и поэтому очень востребован, в то время как у нас из-за сложности и дороговизны регистрации пока это не сделано, а зря, ведь химический состав узколистного кипрея делает его невероятно полезным для организма человека. В составе растения содержатся:

- Флавоноиды, очищающие организм, имеющие желчегонное действие.
- Дубильные вещества с противовоспалительным, обеззараживающим эффектами.
- Слизь, снимающие спазмы, утоляющие боли.
- Незначительное количество алкалоидов, разгоняющих метаболизм и улучшающих кровообращение, разжижающих кровь.
- Пектин, увеличивающий срок хранения чая, помогающий совладать с аппетитом.
- Витамины группы А, С, улучшающие зрение, состояние кожи и волос, укрепляющие организм.
- Органические кислоты и полисахариды, улучшающие работу ферментов, обменные процессы в организме.

Благодаря широкому спектру химических элементов и их комплексном воздействии Иван-чай оказывает общеукрепляющее действие на весь организм, и нередко его прописывают для восстановления после тяжелых болезней

Так же значительно возрос интерес к использованию продуктов здорового питания, в числе которых напитки (чай) из травяного сырья. Напиток из Иван-чая известен издавна своими высокими вкусовыми параметрами и целебными свойствами, так же до начала 20

века чай был популярен у широких кругов населения и экспортировался за границу, и было замечено, что он:

- повышает иммунитет,
- обладает противовоспалительным и обезболивающим действием,
- участвует в кроветворении,
- укрепляет кровеносные сосуды,
- нормализует давление и др. [1]

Данные факты были подтверждены при дальнейшем исследовании растения.

Поэтому настой, отвар или экстракт помимо бытового использования так же может быть использован в качестве компонента функционального питания, восполняя в организме недостаток органических кислот: аскорбиновой кислоты (витамина С), никотиновой кислоты (витамина РР), фолиевой кислоты (витамина В9); минералов: Р, К, Са, Mg, Р, Na, а так же витаминов А, В6, В2, при условии того, что сырье переработано по технологии, максимально их сохраняющей.

Некогда процветавшая отрасль хозяйства на данный момент оказалась почти забыта, однако, технология переработки и получения такого ценного продукта была восстановлена, и в настоящее время находится на подъеме, но в большинстве случаев реализована в ручном, кустарном режиме.

Целью, проводимой работы, является разработка и подбор цепи аппаратов для малотоннажного производства завариваемого чая для применения в повседневных целях и получения концентрированного экстракта напитка для дальнейшего его применения в пищевых и фармакопейных целях. [2]

В разделе финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения данного проекта будет проведена оценка решений и данном вопросе, изучен рынок, конкуренты и рассчитаны показатели эффективности в случае применения данной разработки.

В разделе социальной ответственности будут оценены все возможные опасности при эксплуатации оборудования и определены меры по их предотвращению.

1 Литературный обзор

На Руси иван-чай был одним из основных напитков, позволяющих не только утолить жажду, но и восстановить силы, ведь он не содержит в себе кофеин, как индийский или китайский чай, который берет силы у организма «взаимы» и после короткого всплеска активности идет процесс угнетения.

Известны упоминания о напитке, начиная с 12 столетия. Более ранние материалы не сохранились, поэтому нельзя сказать, как давно наши предки научились готовить чай из кипрея. Упоминания о нем в 12 веке связаны с крепостью в Копорье. Александр Невский отбил ее у Ливонского ордена. В то время эта крепость была на втором месте по значимости в северо-западном регионе[3].

Именно в Копорье основали производство ферментированного иван-чая, поэтому другим названием напитка является «копорский чай». Дания и Англия официально закупали высушенное растение пудами, а Франция и Пруссия возила кипрей контрабандой. Было и немало недобросовестных купцов, смешивающих дешевый копорский чай с китайским, более дорогим, что преследовалось по закону [3].

Пик популярности кипрея приходился на 19 век, но конкуренты смогли вытеснить иван-чай с рынка. Из-за большой популярности иван-чая к концу 19 столетия Англия начала переживать о своих финансовых делах, ведь ее чайная компания, продававшая индийский чай, начала терпеть убытки. Возник скандал вокруг русского чая. Англичане заявляли, что для перетиранья иван-чая русские используют белую глину – весьма вредную для здоровья. Этот скандал позволил Англии избавиться от сильного конкурента – русского чая. Закупки иван-чая были значительно снижены, а после 1917 года вообще прекращены, в результате чего производство в Копорье разорилось. Когда Российская Империя стала прошлым, о чайном деле, развиваемом на Руси, и вовсе забыли [3].

В начале 20 столетия Петр Бадмаев – ученый, практик тибетской медицины занимался изучением целебных свойств трав, в том числе и кипрея, даже была открыта клиника для высокопоставленных особ. В этой клинике готовили настойки и отвары на основе иван-чая и других трав, обещая оздоровление и лечение разных болезней[4].

По химическому составу листья иван-чая содержат: углеводы, слизь, пектин, тритерпеноиды, олеаноловую, урсоловую, гидроксиурсоловую и гидроксиолеановую кислоты; кофейную, кумаровую, элаговую и фенилкарбоновые кислоты; флавоноиды: сексангуларетин, кемпферол, кверцетин, мирицитин; глюкозид рамнозид и арабинозид кверцетина; рамнозид кемпферола; дубильные вещества, алкалоиды, аскорбиновую кислоту и каротин.

Составляющими листьев иван-чая также являются минеральные соли: железа, меди, марганца, никеля, титана, молибдена и бора. Цветки кипрея содержат антоцианы, корни – белки, соли фосфора, кальция и кобальта. В семенах содержатся жирные масла. В состав корней иван-чая входят органические кислоты, полисахариды, крахмал [5].

Значительное количество танинов, дубильных и слизистых веществ объясняет обволакивающее, ранозаживляющее, противовоспалительные и обезболивающие свойства иван-чая. Применяют растение при катарах желудка с повышенной кислотностью, при заболеваниях легких; для полосканий при ангине, воспаленных деснах; при отитах, воспалении среднего и внешнего ушного канала; при носовых кровотечениях и гайморите. Водным отваром лечат экзему, ожоги, высыпания на коже.

Так же Копорский чай действует успокаивающе на центральную нервную систему, несколько уступая по свойствам валериане лекарственной, но имея другие не менее ценные свойства – может изменять условно-рефлекторную деятельность, что актуально при лечении неврозов; усиливает действие противосудорожных лекарств, содержит в составе гиперозид – стресс-протектор, понижающий агрессивность, а так же помогает при бессонницах и головных болях.

В 70-х годах группой специалистов во Всероссийском онкоцентре РАМН был получен ханерол. Данное вещество, содержащееся в соцветиях кипрея, активно воздействует на опухоли, и, обладая низкой токсичностью, подавляет их рост и по своей активности ближе к группе антиметаболитов, к которым относится фторурацил[6].

В конце XX века в лаборатории предварительного апробирования противовирусных веществ Белорусского НИИ эпидемиологии и микробиологии изучили противовирусную активность индивидуальных образцов растений и сборов трав, произрастающих в Белоруссии. Установлена способность кипрея узколистного подавлять размножение вируса простого герпеса в тканевых культурах[7].

На базе Санкт-Петербургской химико-фармацевтической академии в 1997 году Е. Л. Тамм изучила влияние экстрактов листа и корневища кипрея узколистного, полученных экстракцией 70%-м этиловым спиртом, в дозе 50 мг/кг при внутрибрюшинном введении на различные стадии воспалительного процесса. Контрольной группе животных вводили физиологический раствор натрия хлорида[8].

Было установлено, что растительные вытяжки из кипрея узколистного обладают противоаллергическими, противоотечными свойствами на модели бутадионовой язвы желудка. Препараты достоверно уменьшали количество деструкций слизистой оболочки желудка крыс.

Таким образом, исследованные экстракционные препараты оказывали выраженное угнетающее влияние на различные звенья процесса воспаления. Полученные данные могут быть использованы для разработки новых лекарственных препаратов из кипрея узколистного[8]

Подводя итог, можно сказать, что Кипрей является перспективным сырьем для переработки и дальнейшего использования его помимо пищевых целей еще и в медицинских, но для получения всех полезных веществ из данного растения, должна быть особая технология, и оборудование, позволяющее переработать сырье, сохранив максимум пользы. Однако, в данный момент на рынке имеются только импортные варианты оборудования, с методом обработки не отвечающим данным требованиям.

1.1 Теоретические исследования

Цель и задача теоретического анализа – на основе данных об обработке чайного листа, а так же листа Кипрея узколистного разработать оптимальную технологию его переработки и в соответствии с ней спроектировать необходимое оборудование.

Методом исследования выбран теоретический анализ литературы по данной тематике.

Из источников выяснено, что процесс переработки включает в себя следующие стадии:

1. Сбор и сортировка
2. Завяливание (частичное удаление влаги из свежего листа необходимо для придания листу эластичности, чтобы в дальнейшем не допустить его ломания, а не изминания)
3. Скручивание (необходимо для разрушения клеточных структур и запуску процесса ферментации)
4. Ферментация (сложный биохимический процесс бактерий с преобразованием одних химических веществ в другие, обычно в более простые по химическому строению)
5. Сушка (необходима для остановки процесса ферментации)
6. Фасовка и хранение

Все источники информации единогласно утверждают, что сбор необходимо производить в утренние часы, до начала активного цветения растения, так как в этот период в листьях максимальная концентрация полезных веществ, и только самые здоровые (без пятен, крапин и тд).

Источник [9] утверждает, что завяливание необходимо проводить на открытой площадке под прямыми лучами солнца, однако, исследования проведенные в источнике[10]

подтверждают, что такой метод недопустим вследствие создания условий для окисления многих химических веществ, для недопущения этого рекомендовано в источнике [10] проводить завяливание без доступа света, а так же при температуре не более 30 градусов Цельсия чтобы не допустить пересушивания листа. Важно начать переработку в течение первых 3 часов после сбора во избежание “загорания” листа. Для осуществления этой стадии важен химически инертный материал, чтобы не нарушать естественное течение окислительных процессов в листе. Поэтому для линии выбрана барабанная сушилка из пищевой нержавеющей стали, отечественного производства СБ-100-600.

Скручивание (изминание) проводится до появления сока, который впоследствии даст начало этапу ферментации, ручной способ скручивания [9] не интересен в силу энергозатратности, а вот метод [12] с использованием роллеров – машин для скручивания чайного листа своим принципом работы взят за прототип. Использовать роллер данной конструкции нецелесообразно из-за имеющихся слабых мест – 4 подшипниковых узла, червячная передача крутящего момента – причина частых ремонтов, а так же специфика индийского и китайского чая – в отличие от Копорского лист у них грубее, так как собирают его с кустарников, следовательно и обработка требуется агрессивнее, что излишне для Кипрея. Поэтому данная машина вынесена на проектирование.

Ферментацию необходимо проводить без доступа воздуха при температуре не более 30 градусов Цельсия, так как ферментация обусловлена работой анаэробных бактерий, а не аэробных как в индийском или китайском чае [10], поэтому для данной операции будет спроектирован нестандартный аппарат для ферментации Копорского чая. За основу взят принцип работы аппарата в источнике [12]

Сушка необходима для прекращения процесса ферментации, а так же удаления излишней влаги из сырья. Источники [13], [14], предлагают сушку в духовом шкафу при 60-80 °С, а так же обжарке при 100-120 °С аналогично стадиям обработки индийского и катийского чая, однако, данное сырье содержит большое количество термолабильных веществ, для которых данный метод обработки недопустим, при условии того, что конечный продукт будет использоваться не только в пищевых целях, где важны только вкусовые качества напитка. Поэтому для дальнейших разработок принята методика [12] с температурой сушки не выше 35 °С в сушильном шкафу, вынесенном на проектирование.

Фасовка и хранение готового продукта должны осуществляться в герметичной таре и местах недопускающей попадание влаги, и различных вредителей согласно ГОСТ.

1.2 Основные результаты экспериментального исследования

Для дальнейшего подтверждения корректности применения данной технологии были проведены следующие эксперименты.

Для определения урожайности дикорастущего Кипрея и целесообразности дальнейших разработок был произведен сбор сырья.

Сбор проводился в период лета 2019 года, в экологически благоприятном районе - д. Макурино Кемеровской области. Собирался здоровый, молодой лист с макушки растения (15 – 20 см) до периода цветения.

Выполненные исследовательские работы позволили определить урожайность листовой массы дикорастущего кипрея с единицы площади. Плотность зарослей Кипрея определялась по методике, предложенной [15] и составила 30 растений на квадратный метр. Собираемая урожайность составила 700-800 г зеленого листа или 150-170 грамм готового продукта с одного метра квадратного, то есть 1500-1700 кг/га, что при реализации по оптовой цене 700 р/кг позволит окупить затраты на производственную линию и пройти точку безубыточности за один сезон.

Дальнейший эксперимент был направлен на получение сырья для дальнейшего изучения состава.

Завяливание листа проводилось в темном помещении на поддонах, с периодическим перемешиванием массы при температуре воздуха 25 – 30 градусов Цельсия в течение 5 часов при толщине слоя 7-10 см.

Завяливание – частный случай сушки, в основном конвективной, или радиационно-конвективной, чтобы сохранить полезные свойства продукта температура не должна превышать 35° С, а скорость испарения влаги не должна превышать скорость нормального движения жидкости в тканях листа, иначе лист пересохнет и станет непригодным для переработки.

Скручивание листа проводилось вручную до появления сока. На данной стадии разрушаются клеточные структуры, их содержимое перемешивается, при этом высвобождаются внутриклеточные ферменты, запускающие процесс цепи биохимических изменений, то есть ферментацию – следующую стадию.

Важно провести данную стадию максимально качественно, разрушив клеточные мембраны, и быстро, потому что в отличие от китайского чая в процессе ферментации участвуют не аэробные, а анаэробные бактерии, находящиеся на листе, задача которых в природе – запустить процесс гниения растения. Смешиваясь с клеточным соком, они запускают процесс естественного брожения и воздействие кислорода для них губительно.

Так же проведен эксперимент по заморозке листа при -15°C в течение 10 часов в морозильной камере. В результате заморозки клеточные структуры разрушаются от разрыва кристаллами жидкости. Эксперимент обоснован необходимостью хранения листа без риска потери сырья, для равномерной загрузки мощностей производственной линии.

Как разновидность обработки листа для получения мелколистого чая имеет место быть измельчение. Проводится оно на измельчителях барабанного или шнекового типа.

Ферментация проводилась от 3 до 24 часов в эмалированной посуде при температуре $22-26^{\circ}\text{C}$, листовая масса была плотно уложена и накрыта влажной тканью для исключения доступа воздуха.

Биохимические превращения, начатые на стадии завяливания и скручивания (первичная ферментация) на стадии ферментации (вторичная ферментация) достигают своего пика: образуются пигменты, эфирные масла, органические и неорганические элементы переводятся в легкую для усвоения организмом форму. Так же есть стадия третичной ферментации, она наступает после сушки – чай становится еще более насыщенным.

Сушка производилась при регулируемой температуре $35\pm 5^{\circ}\text{C}$ в бытовом духовом шкафу Zanussi OPZB4334X при толщине слоя не более 3 см, в течение 8 часов. Она необходима для остановки ферментации, инактивации ферментов, удаления оставшейся влаги и фиксации в листе всех свойств, сформированных ранее.

Сортировка и фасовка - данный этап проводился вручную. являются завершающим этапом переработки Кипрея.

После сушки чай купажируют, т.е составляют фабричные смеси, упаковывают, и отправляют на хранение или реализацию.

Так же проводят органолептическую оценку чая – оценивается внешний вид листа, после приготовления настоя по ГОСТ ISO 3103-2013 оценивается:

- цвет – оттенок, тон,
- аромат - его насыщенность и оттенки,
- вкус – полнота, оттенок, привкус,
- внешний вид разваренного чайного листа – окраска и насыщенность разваренного чайного листа

Оценка ведется по 10 бальной шкале, по этой шкале самые низкосортные сорта чая оценивают в 1,5 балла, а наиболее высококачественные - 5,5 балла и выше. Оценка чая 9-10 баллов пока считается недостижимой. Составляется протокол испытаний содержащий:

- информацию, необходимую для идентификации пробы;

- информацию о методе отбора пробы;
- информацию об обстоятельствах, которые могли повлиять на результаты анализа;
- результаты анализа.

Далее, присваивают группу (от 1 до 4). Данный эксперимент был проведен согласно ГОСТ 32572-2013. Получившийся сорта чая получил суммарную оценку 5,25, и отнесен ко второй группе, что является хорошим результатом.

На крупных чайных фабриках используют автоматизированные линии фасовки в одноразовые пакетики, для удобства, либо в пачки россыпью. В нашем случае отгрузка чая будет россыпью в фирменные крафт-пакеты. Сортировка будет проводиться на вибросортировальном столе.

Для получения зеленого чая листья после скручивания отправляются на сушку, ферментация останавливается не успев начаться, на выходе получается чай, напиток из которого имеет отличный от черного вкус и запах, но в биологическом отношении он беднее, чем черный, потому что многие элементы находятся в плохо усваиваемой форме.

Коэффициент выхода готового продукта по каждой технологической операции составил 0,22, так же подсчитаны предполагаемые технологические потери, которые составили 2% от исходного сырья. Выполненный ниже технологический расчёт и подобранное технологическое оборудование должно обеспечить переработку 100 килограмм зелёного листа Иван-чая в смену.

Так же был проведен эксперимент для производства экстрактов из листьев Иван-чая в виде концентрата. Но данном этапе получение концентрата важно для понимания состава концентрата, расчет оборудования для данной операции – тема отдельной работы.

Были проведены работы с использованием лабораторного стеклянного экстрактора Сокслета объёмом 500 мл. После каждого цикла экстрагирования навески, производился отбор пробы стекающего в кипятельную колбу экстракта. Массовая доля сухих веществ в экстракте определялась с помощью рефрактометра ИРФ-454 Б2М. [4]

На основании проведённых опытов было установлено:

- проведение более пяти последовательных экстракций не целесообразно;
- суммарно после трёх экстракций извлекается от 34% (для не ферментированного) до 49% (для ферментированного и после заморозки) водорастворимых веществ.

Так же были определены, необходимые для проектирования оборудования по экстракции:

- насыпной вес сухого сырья (0,43 г/см³)
- коэффициент набухания, который практически не зависит от типа обработки (ферментации) и составляет 2,5;

- влагоудерживающая способность, которая составила 2,37 кг. на кг сухой массы сырья.

А так же для проверки были проведен эксперимент по ГОСТ 28552-90 Чай. Методы определения общей, водонерастворимой и водорастворимой золы. Результат оказался аналогичным с погрешностью вычислений 3%.

Совместно с кафедрой фармакогнозии СибГМУ был проведен анализ экстрактов, полученных из собранного сырья:

- -Белки–12,21-16,4%.
- Слизи (полисахариды, легкогидролизирующиеся) – 8,83-19,37%.
- Клетчатка – 13,13-26,01%.
- Дубильные соединения – 6,12-10,1%.
- Антоцианы – 1,01-1,81%.
- Лигнин–8,67-13,8%.
- Хлорофилл а – 5,11-8,02 мг/л.
- Хлорофилл b – 9,34-13,56 мг/л.
- Каротин – 3,64-7,59 мг%.
- Рутин – 16027,72 мг%.
- Витамин С – 56,38-225,1 мг%.
- Аспарагиновая кислота – 1,21-1,32%.
- Лизин –0,31-0,48%.
- Пролин – 0,58-0,64%.Аргинин – 0,49-0,58%.
- Гистидин – 0,2-0,31%.
- Глицин – 0,42-0,55%.
- Треонин – 0,34-0,5%.
- Глутаминовая кислота – 1,63-1,83%.
- Серин – 0,43-0,54%.
- Аланин – 0,53-0,61%.
- Метионин и цистеин – 0,09-0,15%.
- Фенилаланин – 0,54-0,58%.
- Лейцин – 0,8-0,87%.
- Валин – 0,6-0,65%.
- Тирозин – 0,27-0,35%.
- Изолейцин – 0,47-0,55%.

2 Технологическая схема

Для подбора стандартного оборудования и проектирования нестандартного, были изучены способы получения Иван-чая из доступных источников, а так же проведен фармакогностический анализ Кипрея узколистного, на основе которого была предложена оптимальная технология переработки данного сырья. За основу был взят один из способов получения китайского чая [11]. Основные стадии процесса:

- сбор
- завяливание
- измельчение/изминание
- ферментация
- сушка

Оборудование для переработки, имеющееся на рынке – только иностранного производства, в основном китайское. Его не всегда оправдывает качество, однако, некоторые образцы оборудования перспективны для доработки и взяты за прототип.. Так же нужно учитывать тот факт, что китайский чай – кустарник и его листья намного грубее, а русский чай – трава и его листья намного нежнее [12].

Ниже на рисунке 1 представлена технологическая схема в виде блок-схемы:

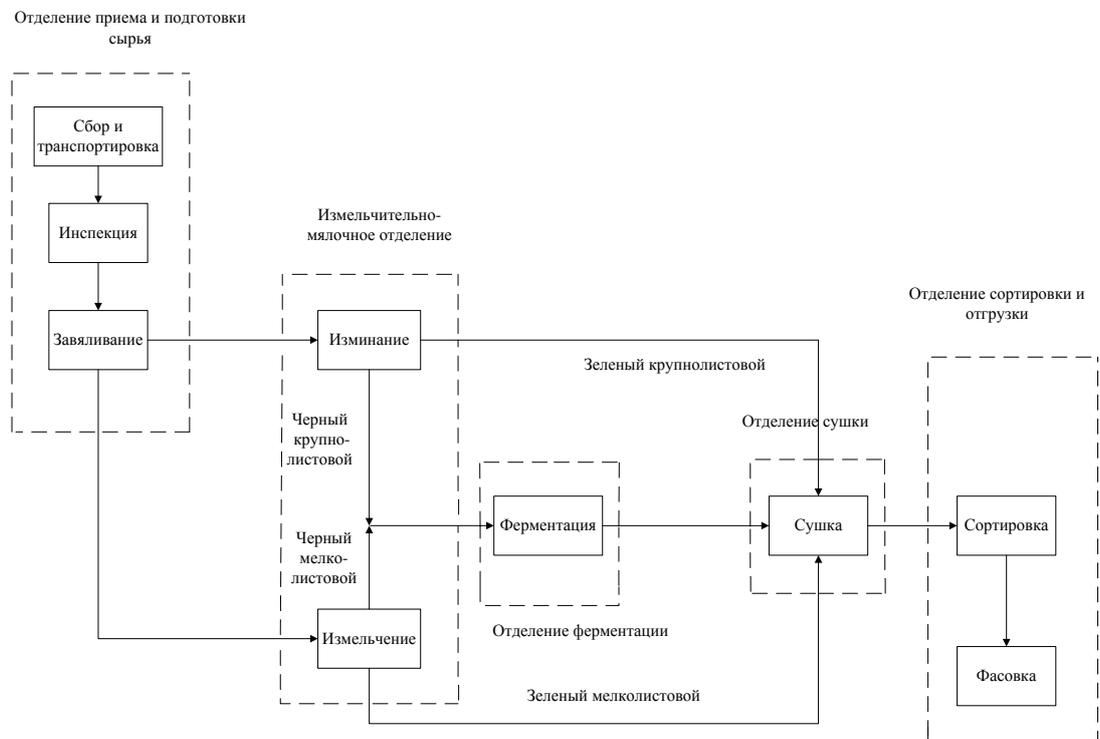


Рисунок 1 – Блок-схема технологического процесса

В отделении приема и подготовки сырья лист собирается, транспортируется в цех и перебирается на инспекционном столе. Далее его отправляют на завяливание в барабанную сушилку, где температура завяливания должна быть не более 35 °С[13].

Свежий лист до завяливания находится в состоянии тургора, поэтому дальнейшая его переработка приведет к ломке и крошению листа. В процессе завяливания лист отдает 30-40% влаги, становясь эластичным. В условиях недостатка воды интенсивно идут изменения в листе – повышение концентрации клеточного сока и сухого вещества. Окислительные процессы начинают превалировать над восстановительными и получаются качественно новые вещества – начинается первичная ферментация. С этим же связано и образование вкусовых и ароматических продуктов – одним из главных показателей качества напитка[14, 15].

Далее чайный лист отправляется в измельчительно-мялочное отделение. В зависимости от производственной необходимости завяленный лист отправляется на измельчение в шнековый измельчитель, для получения в конечном итоге мелколистового чая, либо в скручивающую машину – для получения крупнолистового чая. Далее для получения зеленого чая часть листовой массы (при необходимости) отправляется в отделение сушки, а оставшаяся часть отправляется в ферментер отделения ферментации[16].

Ферментация Иван-чая – результат «работы» анаэробных термолабильных бактерий, поэтому температура процесса играет определяющее значение в качестве конечного продукта. Оптимальная температура ферментации 22-26 °С. При температуре 30 °С продолжительность ферментации увеличивается, а при 35 °С останавливается. От времени выдержки зависит полнота переработки клеточного сока бактериями, а значит и насыщенность чая полезными элементами и его крепость (желтый чай - 3-6 часа, красный – 10-16 часов, черный – 20-24 часа). О правильном течении процесса говорит наличие приятного фруктового запаха[17].

Температура в сушильном шкафу не должна превышать 60 °С чтобы исключить разрушение витамина С, а для максимального сохранения эфирных соединений – не выше 40 °С. Сушка ведется до влажности 5 %[18].

3 Технологический расчет

Цель расчета определения основных геометрических размеров аппаратов.

Для окончания ферментации и удаления излишней влаги Иван чай необходимо нагреть не менее чем до 30 и не более 45 градусов Цельсия. Для этой операции выбираем камерную сушилку. Для этой операции выбираем камерную сушилку.

В качестве исходных данных будем использовать следующие данные:

Таблица 3.1 - Исходные данные

Параметр	Обозначение	Значение
Производительность по готовому продукту	G	50 кг/ч
Влажность начальная	ω_1	48%
Влажность конечная	ω_2	5%
Насыпной вес сухого сырья	V_c	0,43 г/см ³
Насыпной вес влажного сырья	V_v	0,721 г/см ³
Коэффициент выхода продукта с учетом потерь	K	0,98

3.1 Материальный баланс сушилки [19]

Цель материального баланса - определение количества (расхода) испаренной влаги и расхода сушильного агента. Составляется для потоков высушиваемого материала и сушильного агента. Материальные потоки представлены в таблице 3.2:

Таблица 3.2 - материальные потоки

Приход	Расход
Воздух, L	Воздух, L
Влага, содержащаяся в воздухе, d_1	Влага, содержащаяся в воздухе, d_2
Сырой материал, G_1	Сухой материал, G_2

Примем, что сухая часть агента сушки в процессе не меняется, материальный баланс сушилки будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{G_1 \cdot \omega_1}{100} + L \cdot d_1 = \frac{G_2 \cdot \omega_2}{100} + L \cdot d_2 \quad (1)$$

где L - количество агента сушки(воздуха),кг/ч

d1 и d2 - начальное и конечное влагосодержание газа (определяется из диаграммы Рамзина при заданных условиях работы аппарата - нагрев воздуха от 20 до 40 градусов Цельсия и изменении влажности от 50% до 70%, принимаем равными 0,075 кг/кг и 0,07 кг/кг соответственно)

Часовая производительность с учетом коэффициента выхода продукта (учет потерь при разгрузо-загрузочных работах):

$$G_2 := G \cdot K = 49 \text{ кг/ч} \quad (2)$$

G - производительность по готовому продукту

K- коэффициент выхода продукта, принимаем равным 0.98

- Количество влаги, испаряемой в процессе сушки:

$$W := G_2 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 40.519 \text{ кг/ч} \quad (3)$$

- Производительность сушилки по исходному продукту:

$$G_1 := G_2 + W = 89.519 \text{ кг/ч} \quad (4)$$

- Определим количество воздуха на сушку

$$L := \frac{W}{d_2 - d_1} = 360.171 \text{ кг/ч или } 300 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (5)$$

- Тогда расход газа на 1 кг испаряемой влаги равен:

$$l := \frac{L}{W} = 8.889 \text{ кг/кг} \quad (6)$$

3.2 Тепловой баланс сушилки [19]

Для конвективной сушилки с однократным использованием газа расход агента сушки (воздуха) и топлива (электроэнергии) обычно определяют аналитически из теплового баланса сушки. Тепло в сушилку будет подводиться посредством нагрева воздуха через электрокалорифер, а тепловой баланс будет выглядеть следующим образом:

$$\Sigma Q := Q_{\text{и}} + Q_{\text{н}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{г}} + Q_{\text{т}},$$

где:

$Q_{\text{и}}$ - тепло на испарение влаги

$Q_{\text{н}}$ - тепло на нагрев материала

$Q_{\text{п}}$ - потери тепла в окружающую среду

$Q_{\text{г}}$ - потери тепла с отходящими газами

$Q_{\text{т}}$ - тепло на нагрев транспортных приспособлений (поддоны)

- Расход тепла на испарение влаги:

$$Q_{\text{и}} := W \cdot (0.47 \cdot T_2 + 595 - \theta_1) = 2.406 \times 10^4 \text{ ккал/час}, \quad Q_{\text{и}} := 100.7 \text{ кДж}, \quad (7)$$

где

$\theta_1 := 20$ градусов Цельсия, начальная температура материала

$T_2 := 40$ градусов Цельсия, температура отходящих газов

- Расход тепла на нагрев материала:

$$Q_{\text{н}} := G_2 \cdot C_{\text{м}} \cdot (\theta_2 - \theta_1) = 307.965 \text{ кДж/час} \quad (8)$$

$C_{\text{м}} := 0.419$ кДж/кг*К удельная теплоемкость чая

- Расчет потери тепла сушилкой в окружающую среду до определения габаритов сушилки принимаем по рекомендации []: в зависимости от начальной влажности материала.

примем $q_{\text{п}} = 220$ кДж/кг, тогда:

$$Q_{\text{п}} := q_{\text{п}} \cdot W = 8.914 \times 10^3 \text{ кДж/час} \quad (9)$$

- Потери тепла с отходящими газами:

$$Q_{\text{г}} := L \cdot (I_2 - I_0) = 1.801 \times 10^4 \text{ кДж/час}, \quad (10)$$

где $I_2 := 90$ кДж/кг - энтальпия газов при T_2 и начальном влагосодержании d_1 ,

$I_0 := 40$ кДж/кг - энтальпия наружного воздуха.

- В камерной сушке так же расходуется тепло на нагрев поддонов, в которых находится Иван-чай, поэтому затраты тепла будут следующими:

$$Q_T := L \cdot C_B \cdot t_0 + \frac{G_T}{\tau} \cdot C_T \cdot (T_2 - t_0) + \frac{G_D}{\tau} \cdot C_D \cdot (T_2 - t_0) = 2.544 \times 10^4 \text{ кДж/час, где (11)}$$

$C_B := 1.00 \text{ кДж/кг*град}$, теплоемкость воздуха,

$G_T := 6 \text{ кг}$, масса сеток поддонов,

$\tau := 3 \text{ час}$, время сушки,

$C_T := 47 \text{ кДж/кг*град}$, теплоемкость материала сеток поддонов,

$C_D := 1.7 \text{ кДж/кг*град}$, теплоемкость материала рамок поддонов,

$T_2 = 40 \text{ градусов Цельсия}$

$G_D := 18 \text{ масса рамок поддонов, кг}$

- Общие затраты тепла будут тогда равны:

$$Q_{\text{общ}} := Q_{\text{и}} + Q_{\text{н}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{г}} + Q_T = 5.277 \times 10^4 \text{ кДж/час}$$

- Необходимая мощность нагревательной системы:

$$P := \frac{Q_{\text{общ}}}{3600} = 14.66 \text{ кВт (12)}$$

примем:

$$P := 15 \text{ кВт}$$

3.3 Расчет кинетических характеристик сушки [20]

Различают два периода сушки: период постоянной скорости и период падающей скорости процесса.

В течение первого периода влага испаряется со всей поверхности материала так же, как она испаряется с зеркала испарения некоторого объема жидкости. В этом периоде скорость сушки постоянна и определяется лишь скоростью внешней диффузии, т.е. диффузии паров влаги с поверхности материала в окружающую среду.

Во втором периоде скорость сушки определяется внутренней диффузией - перемещением влаги изнутри материала к его поверхности. С началом второго периода поверхность подсохнувшего материала начинает покрываться коркой и поверхность испарения влаги постоянно уменьшается, что приводит к увеличению сопротивления внутренней диффузии и к непрерывному уменьшению скорости сушки.

В зависимости от толщины и структуры некоторых материалов испарение влаги с их поверхности в конце второго периода прекращается совсем и происходит внутри материала. Поэтому в соответствии с характером удаления влаги, второй период сушки часто складывается из двух стадий: стадии равномерно падающей скорости и стадии неравномерно падающей скорости. Кривая сушки, полученная представлена ниже на рисунке 3.1

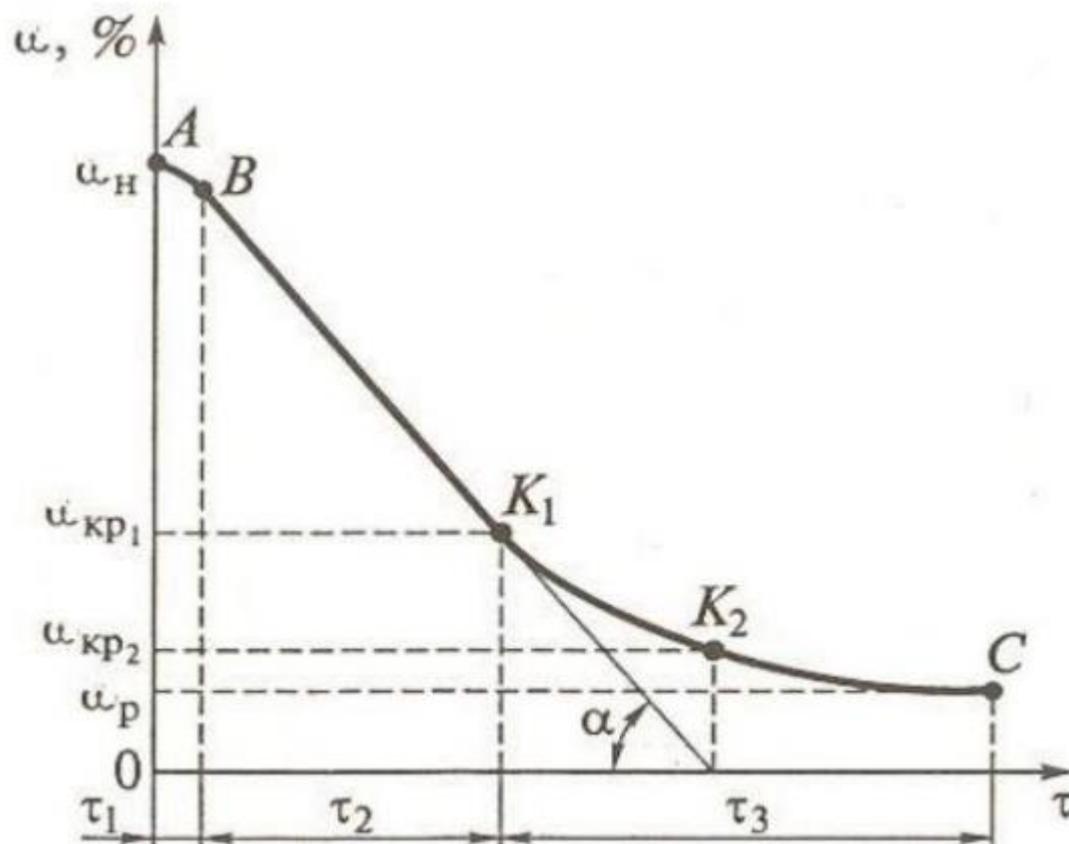


Рисунок 3.1 - Кривая сушки материала и изменение его температуры в процессе сушки.

Двум основным периодам предшествует некоторый период прогрева материала до температуры сушки.

Кинетика сушки определяется путем взвешивания образцов материала в начале сушки и через определенные промежутки времени. По весу образцов рассчитывается абсолютная влажность материала в различные моменты и строится кривая зависимости абсолютной влажности от времени, которая называется кривой сушки (рисунок 3.1). По этой кривой можно определить скорость сушки.

Скорость сушки, характеризующаяся изменением абсолютной влажности в единицу времени, может быть найдена для каждого данного момента, как тангенс угла наклона кривой сушки (например, для точки на рисунке 3.1). Найденные значения скорости

сушки наносят на график как функцию абсолютной влажности, и получают кривую скорости сушки (рисунок 3.2). Графическое изображение процесса в виде кривых сушки и кривых скорости сушки дает возможность установить различные периоды его протекания.

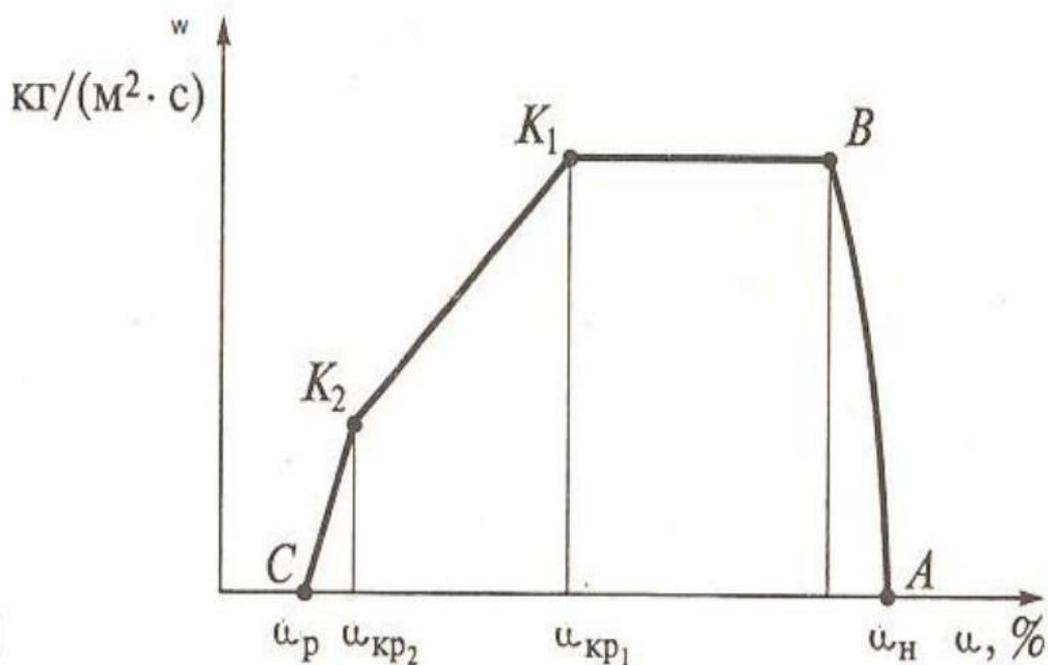


Рисунок 3.2 - Скорость сушки

Длительность сушки материала достаточно точно можно установить только опытным путем. Общую продолжительность процесса определяют расчетом как сумму длительности сушки в период постоянной скорости и длительности ее в период падающей скорости, принимая, что падение скорости сушки во втором периоде происходит прямолинейно.

Длительность сушки в отдельные периоды определим по методике, предложенной А.И. Муравьевым по следующим формулам:

- в период постоянной скорости сушки в первом периоде

$$N := \frac{100}{13.2} \cdot \left[\frac{\alpha}{r} \cdot (t_c - t_{II}) \right] = 0.243, \text{ где (13)}$$

$\alpha := 14.4 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ коэффициент теплопроводности чая

$t_c := 40 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_{II} := 35 \text{ }^\circ\text{C}$

- относительный коэффициент сушки

$$\chi := \frac{1.8}{u1} = 1 \quad (14)$$

- коэффициент сушки

$$K_c := \chi \cdot N = 0.243 \text{ \%}/c$$

- Общая продолжительность сушки находится из уравнения

$$\tau_{\text{суш}} := \frac{1}{N} \left[\ln \left(\frac{u1}{u2} \right) + \beta (u1 - u2) \right] = 2.987, \quad (15)$$

где:

$r := 2258$ кДж /кг удельная теплота парообразования воды

$u1 := 1.8$ кг /кг, влагосодержание начальное

$u2 := 0.88$ кг /кг, влагосодержание конечное

$\beta := 0.01\%$, опытный коэффициент

3.4 Конструктивный расчет сушильной камеры [20]

Цель расчета- определение основных геометрических размеров аппарата.

Определение геометрических размеров сушильной камеры:

- Единовременная загрузка сушилки

$$G_{\text{суш}} := G_1 \cdot \tau = 89.519 \text{ кг} \quad (16)$$

- Площадь одного решета

примем стандартные квадратные решета со стороной 1 м

$$b_p := 1 \text{ м}$$

$$S_{\text{реш}} := 1 \text{ м}^2$$

- Высоту ряда примем по рекомендации [] 1,8 м, расстояние между решетками

в вертикальном ряду 0,15 м, тогда количество решет в ряду:

$$n_{\text{реш}} := \frac{H_p}{\Delta H} = 12 \quad (17)$$

- Необходимое количество решет в сушилке:

$$n_{\text{общ}} := \frac{G_{\text{суш}}}{q_{\text{реш}} \cdot S_{\text{реш}}} = 11.19 \quad (18)$$

Примем $n_{\text{общ}} := 12$ шт

то есть сушилка будет однорядная

$$n_{\text{ряд.общ}} := 1$$

- Допустимая нагрузка на решето, кг/м²

$$q_{\text{реш}} = 8$$

- Определение внутренних размеров сушилки

Внутренняя ширина

$$B_{\text{вн}} := b_p + 2 \cdot (b_{\text{ст}} + b_{\text{рр}}) + 2 \cdot b_{\text{бк}} = 1.3 \text{ м}, \text{ где} \quad (19)$$

$$b_{\text{ст}} = 0.05 \text{ м ширина стоек}$$

$$b_{\text{рр}} = 0.05 \text{ м ширина рамок решет}$$

$$b_{\text{бк}} = 0.05 \text{ м ширина воздушной распределительной камеры}$$

Внутренняя глубина

$$\Gamma_{\text{вн}} := b_p + 2 \cdot (b_{\text{ст}} + b_{\text{рр}}) + 2 \cdot b_{\text{бк}} = 1.3 \quad (20)$$

Внутренняя ширина

$$H_{\text{вн}} := H_p + H_2 = 2 \text{ м}, \text{ где} \quad (21)$$

$$H_2 = 0.2 \text{ м расстояние от верхнего решета до потолка}$$

- Определение наружных габаритов сушилки

Наружная ширина камеры

$$B := B_{\text{вн}} + 2 \cdot \delta_{\text{из}} = 1.7 \text{ м}, \text{ где} \quad (22)$$

$$\delta_{\text{из}} = 0.2 \text{ м толщина изоляции и толщина наружной обшивки}$$

Наружная глубина камеры

$$\Gamma := \Gamma_{\text{вн}} + \delta_{\text{из}} = 1.5 \text{ м} \quad (23)$$

Наружная высота камеры

$$H := H_{\text{вн}} + \delta_{\text{из}} = 2.2 \text{ м} \quad (24)$$

- Масса решет

Примем конструкцию решет - рамки деревянные, с проволочной сеткой из стали

12X18H10T, вес рамки, $m_d = 1,5$ кг, сетки- $m_c = 0,5$ кг

Общая масса рамок:

$$m_{\text{д.общ}} := m_{\text{д}} \cdot n_{\text{общ}} = 18 \text{ кг} \quad (25)$$

Общая масса сеток

$$m_{\text{д.общ}} := m_{\text{с}} \cdot n_{\text{общ}} = 6 \text{ кг} \quad (26)$$

3.5 Подбор вспомогательного оборудования [21]

- **Выбор электрического калорифера**

Для нагрева воздуха будет использоваться в качестве греющих элементов будут использоваться трубчатые электронагреватели (ТЭН) представляет собой U - образную или сложной формы трубку в слой изоляции которой запрессована нихромовая проволока. Схематично представлен на рисунке 3.4

Калорифер поделен на 5 секций, и может работать частично - 25,50,75,100% от номинальной мощности.

Заданная температура поддерживается при помощи двух электроконтактных термометров, установленных на входе и на выходе воздуха из калорифера.

При первоначальном включении работают все секции - далее по мере нагрева отключаются одна, вторая и тд.

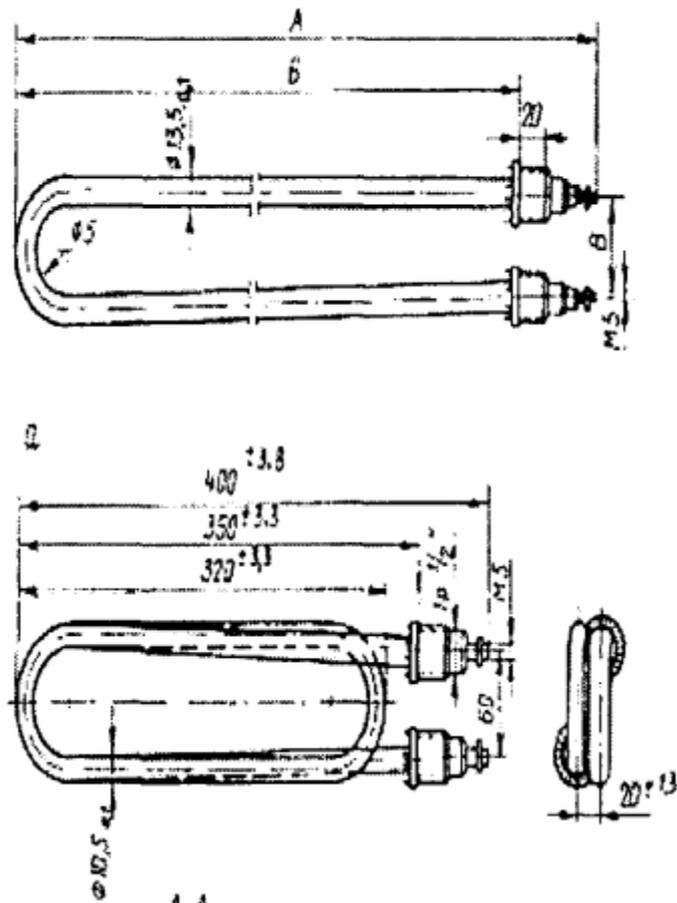


Рисунок 3.4 - схематичное изображение ТЭНа

Примем электрический калорифер Намаганского трансформаторного завода серии СФО-18 со следующими параметрами, представленными в таблице 3:

Таблица 3.3 – Параметры электрического калорифера

число нагревательных элементов в калорифере	25
номинальная мощность элемента	0,6 кВт
количество воздуха	500 кг/ч
сопротивление калорифера	1,2 мм вод.ст
длина по ходу воздуха	200 мм
ширина (длина трубок)	320 мм
высота габаритная	617 мм

- **Выбор вентилятора воздуха**

По пособию [19] принимаем вентилятор ВР 132-30, с электродвигателем АИР 132S6 со следующими характеристиками:

Таблица 3.4 – Параметры вентилятора

Количество подаваемого воздуха	450 м ³ /ч
Частота вращения рабочего колеса	1450 об/мин
Мощность двигателя	1,5 кВт*ч
Масса	45 кг
Преодолеваемое сопротивление воздуха	120 мм вод. ст.

При подборе сопротивление воздуха по воздуховодам не учитывалось, согласно [10] в силу конструкционной особенности сушильной камеры – оно будет ничтожно мало.

3.6 Технологический расчет ферментера

Разовая загрузка ферментера составит $M_3 = 15$ кг мятого листа. Насыпной вес сырого листа, полученный экспериментально составляет $V_B = 0,75$ г/см³. Исходя из этих данных определим требуемый рабочий объем аппарата:

$$V := \frac{M_3}{V_B} = 0.021 \text{ м}^3 \quad (27)$$

С учетом коэффициента заполнения $\phi = 0,8$ рабочий объем составит:

$$V_p := V \cdot \phi = 0.017 \text{ м}^3 \quad (28)$$

Согласно ГОСТ 20680-2002 примем конструкцию сосуда с цилиндрической обечайкой и эллиптическим днищем номинальным объемом 0.25 м^3 , внутренним диаметром 700 мм, и высотой корпуса 750 мм, и далее проведем механический расчет аппарата данной конструкции.

4 Выбор конструкционных материалов [22]

Условия эксплуатации аппарата – производственный цех, работающий в теплое время года, со средней температурой цеха 20- °С.

Температурный режим работы сушилки 35 – 45 °С

Так как область применения аппарата – пищевая и фармацевтическая промышленность, при конструировании сушильной камеры будет использована нержавеющая, высоколегированная сталь 12Х18Н10Т. Это сталь аустенитного класса, обладает стойкостью почти ко всем средам, хорошо деформируется в горячем и холодном состоянии, легко сваривается. Среда химически мало активная, поэтому скорость коррозии этой стали принята $P=0,1$ мм/год. Проектируемый срок службы аппарата – 10 лет

5 Механический расчет

Цель механического расчета заключается в том, чтобы обеспечить механическую надежность работы аппаратов. Показателями механической надежности для данного аппарата являются: прочность, устойчивость, герметичность и т.п. Данные критерии должны обеспечить сохранение во времени механических свойств деталей в установленных пределах значений данных параметров, тем самым обеспечить способность работать в заданном режиме использования, обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Каждый из этих критериев при расчете проверяется по условию, где расчетное значение определяющего этот критерий параметра не должно превышать его допускаемое значение в течение всего срока эксплуатации. Например, прочность проверяется сравнением расчетного и допускаемого напряжений: $\sigma \leq [\sigma]$.

Прибавка на коррозию:

Согласно данным из [23] скорость коррозии для стали 12Х18Н10Т равна 0,02 мм/год.

Средний срок эксплуатации аппаратов данного типа 10 лет.

$$П := 0.02 \text{ мм/год}$$

$$\tau := 10 \text{ лет}$$

$$с1 := П \cdot \tau = 0.2 \text{ мм (29)}$$

Прибавки $с2$ и $с3$ учитывают в тех случаях, когда их суммарное значение превышает ГОСТ Р 34233.1—2017 5 % номинальной толщины листа.

Прибавка на минусовое отклонение от стандартной толщины листа [23]:

$$с2 := 1 \text{ мм}$$

Принимаем:

Полная прибавка:

$$с := с1 + с2 = 1.2 \text{ мм (30)}$$

Далее будет проведен механический расчет основных аппаратов линии переработки Иван-чая – мяльной машины, ферментера и камерной сушилки.

5.1 Механический расчет ферментера [23]

Ферментер представляет собой емкость, работающую под разряжением, необходимым для полного протекания процесса ферментации листа. В качестве исходных данных для расчета будем использовать следующие данные из таблицы 4:

Таблица 5.1 – Исходные данные

Параметр	Значение
Диаметр аппарата, D	700 мм
Высота аппарата, $H.p$	750 мм
Температура аппарата, $t.a$	30 градусов Цельсия
Давление в аппарате, $P.a$	0,025 МПа
Внешнее давление атмосферы $P.раз$	0,1 МПа

5.1.1 Определение толщин стенок цилиндрических обечаек корпуса и рубашки

Расчет элементов корпуса на прочность и устойчивость будем проводить по ГОСТ Р 34233.2-2017. Для проведения ферментации в аппарате будет создаваться разряжение до 0,25 атм. Ниже на рисунке 5.1 а,б представлена расчетная схема цилиндрической обечайки:

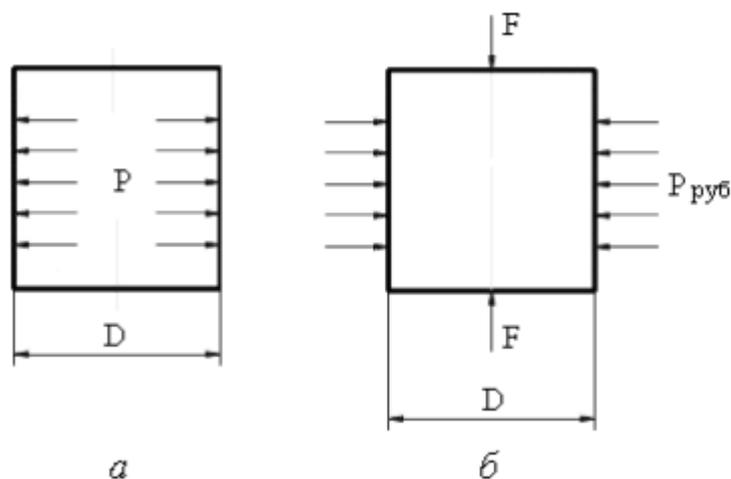


Рисунок 5.1 – Расчетная схема цилиндрической обечайки

a - расчетная схема цилиндрической обечайки при действии внутреннего давления

б - расчетная схема цилиндрической обечайки при действии внешнего давления

- **Расчетная температура**

$$t_p := \max(t_a, 20) = 30 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (31)$$

- **Допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при расчетной температуре:**

Согласно имеющимся исходным и справочным данным ведём расчёты согласно формулам ГОСТ [23] и ГОСТ [24], используя методику расчёта, описанную в учебном пособии [25]:

Допускаемое напряжение:

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} ^\circ\text{C}$$

$$\sigma := \begin{pmatrix} 184 \\ 174 \end{pmatrix} \text{ МПа}$$

$$\sigma := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_p), 0.5)$$

$$\sigma = 182.5 \text{ МПа}$$

Так как аппарат изготавливается из листового проката

$$\eta := 1$$

$$\sigma_d := \eta \cdot \sigma = 182.5 \text{ МПа} \quad (32)$$

Допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при $t = 20$ оС:

$$\sigma_{20} := 184 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{d20} := \eta \cdot \sigma_{20} = 184 \text{ МПа} \quad (33)$$

Расчетное значение предела текучести при 20 $^{\circ}\text{C}$ для стали 12X18H10T согласно ГОСТ [3]:

$$R_{e20} := 276 \text{ МПа}$$

- **Допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при гидравлических испытаниях:**

$$\sigma_{\text{и}} := \text{Floor}\left(\frac{R_{e20}}{1.1}, 0.5\right)$$

$$\sigma_{\text{и}} = 250.5 \text{ МПа}$$

- Расчетное значение вынужденного избыточного давления:

$$P_p := P_a + \frac{\rho \cdot g \cdot H_p}{10^9} = 0.032 \text{ МПа} \quad (33)$$

- Расчетное значение наружного давления при разряжении:

$$P_{н.р} := 1.1P_{раз} = 0.11 \text{ МПа} \quad (34)$$

- Пробное давление при гидравлических испытаниях внутри аппарата:

$$P_{и} := 1.25 \cdot P_a \cdot \frac{\sigma_{д20}}{\sigma_{д}} \quad (35)$$

$$P_{и} = 0.032 \text{ МПа}$$

- Модуль упругости для стали 12Х18Н10Т при расчетной температуре:

$$E := 2.15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

- Модуль упругости для стали 12Х18Н10Т при температуре испытания 20 °С:

$$E_{20} := 2.15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Так как аппарат изготавливается из листового проката, согласно приложению Д (ГОСТ Р 34233.1-2017) для продольных сварных швов обечайки, при условии, что стыковые швы выполняются автоматической сваркой с двусторонним сплошным проваром при длине контролируемых швов 50 %, принимаем [1]:

$$\phi_p := 0.9$$

- **Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки.**

Максимальная исполнительная толщина стенки из условия прочности:

$$S_p := \max \left(\frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_{д} - P_a}, \frac{P_{и} \cdot D}{2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_{и} - P_{и}} \right) \quad (36)$$

$$S_p = 0.069 \text{ мм}$$

$$S_1 := \text{Ceil}[S_p + (c), 1] = 2 \text{ мм} \quad (37)$$

Максимальная исполнительная толщина стенки из условий устойчивости:

$$B := \max \left[1, 0, 0.47 \cdot \left(\frac{P_a}{E \cdot 10^{-5}} \right)^{0.067} \cdot \left(\frac{H_p}{D} \right)^{0.4} \right] \quad (38)$$

$$B = 1$$

$$s_p := \max \left[1.06 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{D}{B} \right) \cdot \left(P_a \cdot \frac{H_p}{10^{-5} \cdot E \cdot D} \right)^{0.4}, 1.2 \cdot P_a \cdot \left(\frac{D}{|2 \cdot \sigma_d - P_a|} \right) \right] \quad (39)$$

$$s_p = 1.284 \text{ мм}$$

$$S_2 := \text{Ceil}[s_p + (c), 1] = 3 \quad (40)$$

$$S_2 = 3 \text{ мм}$$

Принимаем толщину стенки для аппарата:

$$S_k := 4 \text{ мм}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление на цилиндрическую обечайку:

- **Рабочие условия:**

$$P_{д.ви1} := \frac{[2 \cdot \sigma_d \cdot \phi_p \cdot (S_k - c)]}{D + (S_k - c)} = 1.309 \text{ МПа} \quad (41)$$

- **Условия испытаний:**

$$P_{д.ви2} := \frac{[2 \cdot \sigma_{и} \cdot \phi_p \cdot (S_k - c)]}{D + (S_k - c)} = 1.796 \text{ МПа} \quad (42)$$

5.1.2 Расчет цилиндрической обечайки на устойчивость

Согласно технологии предполагается работа аппарата под разрежением, поэтому проведем расчет оболочек на устойчивость:

- **Рабочие условия:**

Коэффициент запаса

$$n_y := 2.4$$

Допускаемое давление из условий прочности:

$$P_{дп} := 2 \cdot \sigma_d \cdot \frac{(S_k - c)}{D + (S_k - c)} \quad (43)$$

$$P_{дп} = 1.454 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление из условий устойчивости в пределах упругости:

$$B_1 := \min \left[1, 9.45 \cdot \left(\frac{D}{H_p} \right) \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S_k - c)}} \right] \quad (44)$$

$$B_1 = 1$$

$$P_{дЕ} := \left(\frac{2.08 \cdot E \cdot 10^{-5} \cdot D}{n_y \cdot B_1 \cdot H_p} \right) \cdot \left[\frac{100}{D} \cdot (S_K - c) \right]^{2.5} \quad (45)$$

$$P_{дЕ} = 0.176 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление:

$$P_{дн} := \frac{P_{дп}}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_{дп}}{P_{дЕ}} \right)^2}} \quad (46)$$

$$P_{дн} = 0.175 \text{ МПа}$$

Осевое сжимающее усилие от давления на днище:

$$F_O := 0.25 \cdot \pi \cdot 10^{-6} \cdot (D^2 - D_0^2) \cdot P_{н,р} \quad (47)$$

$$F_O = 0.041 \text{ МН}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условий прочности:

$$F_{д\sigma} := \pi \cdot (D + S_K - c) \cdot (S_K - c) \cdot \sigma_{д} = 1.128 \times 10^6 \quad (48)$$

Гибкость

$$\lambda := 2.83 \cdot \frac{l_{пр}}{D + S_K - c} = 3.02 \quad (49)$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие в пределах упругости из условий устойчивости:

$$F_{дЕ} := \left\{ \begin{array}{l} \text{if } \left(\frac{H_p}{D} \right) \geq 10 \\ \left\{ \begin{array}{l} F_{дЕ1} \leftarrow 31 \cdot 10^{-11} \cdot \left(\frac{E}{n_y} \right) \cdot D^2 \cdot \left[100 \cdot \frac{(S_K - c)}{D} \right]^{2.5} \\ F_{дЕ2} \leftarrow \left(\frac{\pi}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{\pi \cdot 10^{-6} \cdot (D + S_K - c) \cdot (S_K - c) \cdot E}{n_y} \\ F_{дЕ} \leftarrow \min(F_{дЕ1}, F_{дЕ2}) \end{array} \right. \\ F_{дЕ} \leftarrow 31 \cdot 10^{-11} \cdot \left(\frac{E}{n_y} \right) \cdot D^2 \cdot \left[100 \cdot \frac{(S_K - c)}{D} \right]^{2.5} \end{array} \right.$$

$$F_{dE} = 1.377 \text{ МН}$$

$$F_{д} := \frac{F_{d\sigma}}{\sqrt{1 + \left(\frac{F_{d\sigma}}{F_{dE}}\right)^2}} = 1.377 \text{ МН} \quad (50)$$

Проверка условия прочности:

$$\left(\frac{P_{раз}}{P_{дн}}\right) + \left(\frac{F_{о}}{F_{д}}\right) = 0.602 \quad (51)$$

0,602 ≤ 1, условие прочности выполняется.

- Условия испытаний**

Коэффициент запаса

$$n_{y1} := 1.8$$

Допускаемое давление из условий прочности:

$$P_{и.дп} := 2 \cdot \sigma_{и} \cdot \frac{(S_{к} - c)}{D + S_{к} - c} = 1.996 \text{ МПа} \quad (52)$$

Допускаемое давление из условий устойчивости в пределах упругости:

$$B_2 := \min \left[1, 9.45 \cdot \left(\frac{D}{H_p}\right) \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S_{к} - c)}} \right] = 1 \quad (53)$$

$$P_{и.дЕ} := \left(\frac{2.08 \cdot E_{20} \cdot 10^{-5} \cdot D}{n_{y1} \cdot B_2 \cdot H_p} \right) \cdot \left[100 \cdot \frac{(S_{к} - c)}{D} \right]^{2.5} = 0.235 \text{ МПа} \quad (54)$$

Допускаемое наружное давление:

$$P_{и.д} := \frac{P_{и.дп}}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_{и.дп}}{P_{и.дЕ}}\right)^2}} = 0.233 \text{ МПа} \quad (55)$$

Осевое сжимающее усилие от давления на днище:

$$F_{и} := 0.25 \cdot 10^{-6} \cdot \pi \cdot (D^2 - D_0^2) \cdot P_{и.р} = 0.052 \text{ МН} \quad (56)$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия прочности:

$$F_{и.д\sigma} := \pi \cdot 10^{-6} \cdot (D + S_{к} - c) \cdot (S_{к} - c) \cdot \sigma_{и} = 1.549 \text{ МН} \quad (57)$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие в пределах упругости из условия устойчивости:

$$F_{и.дE} := \begin{cases} \text{if } \left(\frac{H_p}{D} \right) \geq 10 \\ \left. \begin{aligned} F_{дE1} &\leftarrow 31 \cdot 10^{-11} \cdot \left(\frac{E_{20}}{n_{y1}} \right) \cdot D^2 \cdot \left[100 \cdot \frac{(S_K - c)}{D} \right]^{2.5} \\ F_{дE2} &\leftarrow \left(\frac{\pi}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{\pi \cdot (D + S_K - c) \cdot (S_K - c) \cdot E_{20} \cdot 10^{-6}}{n_{y1}} \\ F_{дE} &\leftarrow \min(F_{дE1}, F_{дE2}) \end{aligned} \right\} \\ F_{дE} &\leftarrow 31 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{E_{20}}{n_{y1}} \right) \cdot D^2 \cdot \left[100 \cdot \frac{(S_K - c)}{D} \right]^{2.5} \quad \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_{и.дE} = 1.836 \times 10^5 \text{ МН}$$

$$F_{и.д} := \frac{F_{д\sigma}}{\sqrt{1 + \left(\frac{F_{и.д\sigma}}{F_{и.дE}} \right)^2}} = 1.128 \times 10^6 \text{ МН} \quad (58)$$

Проверка условия устойчивости:

$$\left(\frac{P_{и.р}}{P_{и.д}} \right) + \left(\frac{F_{и}}{F_{и.д}} \right) = 0.59 \quad (59)$$

Полученное значение меньше 1, значит условие прочности выполняется.

5.1.3 Определение толщин стенок днища [23]

Расчетная схема эллиптического днища представлена ниже на рисунке 10

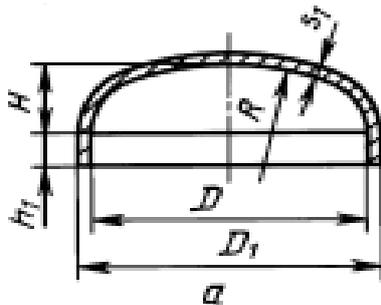


Рисунок 5.2 - эллиптическое днище

Расчет эллиптического днища нагруженным внутренним давлением

Радиус кривизны в вершине крышки равен:

$$H_1 := 0.25 \cdot D = 175 \quad (60)$$

$$R_{кр} := \frac{D^2}{4 \cdot H_1} = 700 \text{ мм} \quad (61)$$

Толщину стенки эллиптического днища вычисляют по формуле:

$$S_{д.р} := \frac{(P_a \cdot R_{кр})}{2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_d - 0.5 \cdot P_a} \quad (62)$$

$$S_{д.р} = 0.053 \text{ мм}$$

$$S_d := \text{Ceil}[S_{д.р} + (c), 1] = 2 \text{ мм} \quad (63)$$

$$h_1 := 50 \text{ мм}$$

длина отбортованной части днища

$$0.8 \cdot \sqrt{D \cdot (S_d - c)} = 18.931 \text{ мм} \quad (64)$$

По ГОСТ Р 34233.2-2017 если длина цилиндрической отбортованной части днища h_1 больше значения полученного выше, то толщина днища должна быть не меньше толщины обечайки, поэтому примем толщину днища равным толщине обечайки. .

$$S_{д.д} := 4 \text{ мм}$$

- Допускаемое внутреннее избыточное давление вычисляют по формуле:

$$P_{д.д} := \frac{2 \cdot (S_d - c) \cdot (\phi_p \cdot \sigma_d)}{R_{кр} + 0.5 \cdot (S_d - c)} = 1.311 \text{ МПа} \quad (65)$$

Эллиптическая крышка нагруженная наружным давлением.

Толщину стенки предварительно вычисляют по формулам:

Для предварительных расчетов коэффициент $K_э$ принимают равным 0.9 для эллиптических крышек.

$$K_э := 0.9$$

$$S_{д2.р} := \max \left[\left[\frac{(K_э \cdot R_{кр})}{161} \right], \sqrt{\frac{n_{y1} \cdot P_{раз}}{E \cdot 10^{-5}}}, \frac{1.2 P_{раз} \cdot R_{кр}}{2 \cdot \sigma_d} \right] \quad (66)$$

$$S_{д2.р} = 1.132 \text{ мм}$$

$$S_p := \text{Ceil}[S_{д2.р} + (c), 1] = 3 \text{ мм} \quad (67)$$

Уточненный коэффициент $K_{\text{э}}$ рассчитывается по формуле:

$$x := 10 \cdot \left(\frac{S_p - c}{D} \right) \cdot \left[\left(\frac{D}{2 \cdot H_p} \right) - 2 \cdot \frac{H_p}{D} \right] = -0.043 \quad (68)$$

$$K_{\text{э.у}} := \frac{1 + (2.4 + 8 \cdot x) \cdot x}{1 + (3.0 + 10 \cdot x) \cdot x} = 1.025 \quad (69)$$

Далее рассчитывается толщина стенки с учетом расчетного $K_{\text{э}}$:

$$S_{\text{д2.p.y}} := \max \left[\left[\frac{(K_{\text{э.у}} \cdot R_{\text{кр}})}{161} \right], \sqrt{\frac{n_{y1} \cdot P_{\text{раз}}}{E \cdot 10^{-5}}}, \frac{1.2 P_{\text{раз}} \cdot R_{\text{кр}}}{2 \cdot \sigma_{\text{д}}} \right] \quad (70)$$

$$S_{\text{д2.p.y}} = 1.289 \text{ мм}$$

$$S_{\text{p.y}} := \text{Ceil}[S_{\text{д2.p.y}} + (c), 1] = 3 \quad (71)$$

- **Допускаемое наружное давление:**

Допускаемое давление из условия прочности:

$$P_n := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{д}} \cdot (S_{\text{p.y}} - c)}{R_{\text{кр}} + 0.5 \cdot (S_{\text{p.y}} - c)} \quad (72)$$

$$P_n = 0.937 \text{ МПа}$$

- **Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости:**

$$P_E := \left(\frac{2.6 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_y} \right) \cdot \left[\frac{100 \cdot (S_{\text{p.y}} - c)}{K_{\text{э.у}} \cdot R_{\text{кр}}} \right]^2 = 0.147 \text{ МПа} \quad (73)$$

- **Допускаемое наружное давление рассчитывается по формуле:**

$$P_{\text{д.н}} := \frac{P_n}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_n}{P_E} \right)^2}} = 0.145 \quad (74)$$

$$P_{\text{д.н}} = 0.145 \text{ МПа}$$

Проверка условия применения расчетных формул:

$$\frac{(S_{p.y-c})}{D} = 2.571 \times 10^{-3} \text{ значение лежит в интервале от } 0,002 \text{ до } 0,1 - \text{ условие}$$

выполняется

$$\left(\frac{H_1}{D}\right) = 0.25 \text{ полученное значение меньше } 0,5 - \text{ условие выполняется}$$

5.1.4 Расчет сопряжения обечаек [25]

Расчетная схема сопряжения цилиндрической обечайки и эллиптической крышки представлена ниже:

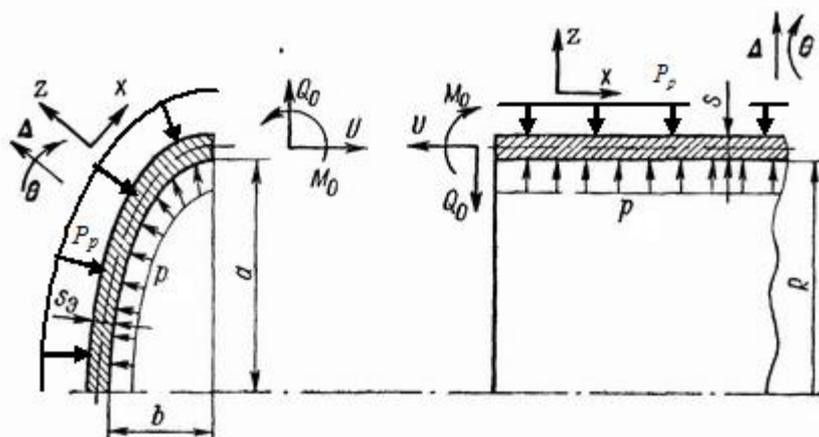


Рисунок 5.3 - Расчетная схема сопряжения эллиптической крышки и цилиндрической обечайки

- Решение уравнений совместности радиальных и угловых деформаций**

Для определения Q_0 и M_0 составляются уравнения совместности радиальных и угловых деформаций. Сущность этих уравнений в том, что для нормальной работы аппарата в узле сопряжения не должно быть никаких относительных перемещений сопрягаемых деталей.

Уравнения совместности деформаций для места стыка обечайки с эллиптическим днищем:

$$R := \frac{D}{2}$$

$$a := \frac{D}{2}$$

$$b := \frac{D}{4}$$

Примем $\mu := 0.3$ Коэффициент Пуассона

Определение коэффициентов уравнений совместности радиальных и угловых деформаций:

$$\beta := \frac{4 \sqrt{[3 \cdot (1 - \mu^2)]}}{\sqrt{[R \cdot (S_K - c)]^2}} = 0.041 \text{ 1/м} \quad (75)$$

$$\beta_{\text{э}} := \frac{4 \sqrt{[3 \cdot (1 - \mu^2)]}}{\sqrt{[a \cdot (S_D - c)]^2}} = 0.041 \text{ 1/м} \quad (76)$$

$$\Delta_{\text{цРр}} := \frac{(2 - \mu) \cdot R^2}{2 \cdot E(S_K - c)} \cdot P_{\text{раз}} = 0.017 \quad (77)$$

$$\Delta_{\text{цР}} := \frac{(2 - \mu) \cdot R^2}{2 \cdot E(S_K - c)} \cdot P_a = 4.324 \times 10^{-3} \quad (78)$$

$$\Delta_{\text{цQ0}} := 2 \cdot \beta \cdot \frac{R^2}{(S_K - c) \cdot E} = 0.017 \quad (79)$$

$$\Delta_{\text{цM0}} := 2 \cdot \beta^2 \cdot \frac{R^2}{(S_K - c) \cdot E} = 6.862 \times 10^{-4} \quad (80)$$

$$\Delta_{\text{эРр}} := P_{\text{раз}} \cdot \frac{a^2}{[2 \cdot E \cdot (S_D - c)]} \cdot \left(2 - \mu - \frac{a^2}{b^2} \right) = -0.023 \quad (81)$$

$$\Delta_{\text{эР}} := P_a \cdot \frac{a^2}{[2 \cdot E \cdot (S_D - c)]} \cdot \left(2 - \mu - \frac{a^2}{b^2} \right) = -5.85 \times 10^{-3} \quad (82)$$

$$\Delta_{\text{эQ0}} := 2 \cdot \beta_{\text{э}} \cdot \frac{a^2}{(S_D - c) \cdot E} = 0.017 \quad (83)$$

$$\Delta_{\text{эM0}} := 2 \cdot \beta_{\text{э}}^2 \cdot \frac{a^2}{(S_D - c) \cdot E} = 6.862 \times 10^{-4} \quad (84)$$

$$\theta_{\text{цQ0}} := 2 \cdot \beta^2 \cdot \frac{R^2}{(S_K - c) \cdot E} = 6.862 \times 10^{-4} \quad (85)$$

$$\theta_{\text{цМ0}} := 4 \cdot \beta^3 \cdot \frac{R^2}{(S_{\text{к}} - c) \cdot E} = 5.635 \times 10^{-5} \quad (86)$$

$$\theta_{\text{эQ0}} := 2 \cdot \beta_{\text{э}}^2 \cdot \frac{a^2}{(S_{\text{д}} - c) \cdot E} = 6.862 \times 10^{-4} \quad (87)$$

$$\theta_{\text{эМ0}} := 4 \cdot \beta_{\text{э}}^3 \cdot \frac{a^2}{(S_{\text{д}} - c) \cdot E} = 5.635 \times 10^{-5} \quad (88)$$

Решение уравнений совместности радиальных и угловых деформаций:

$$-\Delta_{\text{цPp}} + \Delta_{\text{цP}} - \Delta_{\text{цQ0}} \cdot Q_0 + \Delta_{\text{цМ0}} \cdot M_0 = -\Delta_{\text{эPp}} + \Delta_{\text{эP}} + \Delta_{\text{эQ0}} \cdot Q_0 + \Delta_{\text{эМ0}} \cdot M_0$$

$$-\theta_{\text{цPp}} + \theta_{\text{цP}} - \theta_{\text{цQ0}} \cdot Q_0 + \theta_{\text{цМ0}} \cdot M_0 = \theta_{\text{эPp}} - \theta_{\text{эP}} - \theta_{\text{эQ0}} \cdot Q_0 - \theta_{\text{эМ0}} \cdot M_0$$

$$\underline{V} := \text{Find}(Q_0, M_0)$$

$$\underline{Q_0} := V_0 = -0.913 \text{ Н/м}$$

$$\underline{M_0} := V_1 = 0 \text{ Н*м/м}$$

- **Вычисление напряжений на краю эллиптического днища и цилиндрической обечайки:**

Суммарные напряжения на краю эллиптического днища:

- меридиональное:

$$\sigma_{\text{мэ}} = -\sigma_{\text{Ppмэ}} + \sigma_{\text{Pмэ}} + \sigma_{\text{Q0мэ}} + \sigma_{\text{M0мэ}} \quad (89)$$

$$\sigma_{\text{мэ1}} := -P_{\text{раз}} \cdot \frac{a}{[2 \cdot (S_{\text{д}} - c)]} + P_{\text{а}} \cdot \frac{a}{[2 \cdot (S_{\text{д}} - c)]} + 0 + 6 \cdot \frac{M_0}{(S_{\text{д}} - c)^2} \quad (90)$$

$$\sigma_{\text{мэ1}} = -4.688 \text{ Па}$$

$$\sigma_{\text{мэ2}} := -P_{\text{раз}} \cdot \frac{a}{[2 \cdot (S_{\text{д}} - c)]} + P_{\text{а}} \cdot \frac{a}{[2 \cdot (S_{\text{д}} - c)]} + 0 - 6 \cdot \frac{M_0}{(S_{\text{д}} - c)^2} \quad (91)$$

$$\sigma_{\text{мэ2}} = -4.688 \text{ Па}$$

$$\sigma_{\text{мэ}} := \max(|\sigma_{\text{мэ1}}|, |\sigma_{\text{мэ2}}|) = 4.688 \text{ Па} \quad (92)$$

- кольцевое:

$$\sigma_{\text{тэ}} = -\sigma_{\text{Pptэ}} + \sigma_{\text{Ptэ}} + \sigma_{\text{Q0тэ}} + \sigma_{\text{M0тэ}} \quad (93)$$

$$\sigma_{t\beta 1} := -P_{\text{раз}} \cdot a \cdot \frac{\left(2 - \frac{a^2}{b^2}\right)}{\left[2 \cdot (S_{\text{д}} - c)\right]} + P_a \cdot a \cdot \frac{\left(2 - \frac{a^2}{b^2}\right)}{\left[2 \cdot (S_{\text{д}} - c)\right]} + 2 \cdot Q_0 \cdot \beta_{\text{э}} \cdot \frac{a}{(S_{\text{д}} - c)} + 2 \cdot M_0 \cdot \beta_{\text{э}}^2 \cdot \frac{a}{(S_{\text{д}} - c)} + 6 \cdot \mu \cdot \frac{M_0}{(S_{\text{д}} - c)^2}$$

$$\sigma_{t\beta 1} = 1.776 \times 10^{-15} \text{ Па}$$

$$\sigma_{t\beta 2} := -P_{\text{раз}} \cdot a \cdot \frac{\left(2 - \frac{a^2}{b^2}\right)}{\left[2 \cdot (S_{\text{д}} - c)\right]} + P_a \cdot a \cdot \frac{\left(2 - \frac{a^2}{b^2}\right)}{\left[2 \cdot (S_{\text{д}} - c)\right]} + 2 \cdot Q_0 \cdot \beta_{\text{э}} \cdot \frac{a}{(S_{\text{д}} - c)} + 2 \cdot M_0 \cdot \beta_{\text{э}}^2 \cdot \frac{a}{(S_{\text{д}} - c)} - 6 \cdot \mu \cdot \frac{M_0}{(S_{\text{д}} - c)^2}$$

$$\sigma_{t\beta 2} = 1.776 \times 10^{-15} \text{ Па}$$

$$\sigma_{t\beta} := \max\left(|\sigma_{t\beta 1}|, |\sigma_{t\beta 2}|\right) = 1.776 \times 10^{-15} \text{ Па} \quad (94)$$

• **Суммарные напряжения на краю цилиндрической обечайки:**

- меридиональное:

$$\sigma_{\text{мо}} = -\sigma_{\text{Ppmo}} + \sigma_{\text{Pmo}} - \sigma_{\text{Q0mo}} + \sigma_{\text{M0mc}} \quad (95)$$

$$\sigma_{\text{mo1}} := -P_{\text{раз}} \cdot \frac{R}{\left[2 \cdot (S_{\text{к}} - c)\right]} + P_a \cdot \frac{R}{\left[2 \cdot (S_{\text{к}} - c)\right]} - 0 + 6 \cdot \frac{M_0}{(S_{\text{к}} - c)^2} \quad (96)$$

$$\sigma_{\text{mo1}} = -4.688 \text{ Па}$$

$$\sigma_{\text{mo2}} := -P_{\text{раз}} \cdot \frac{R}{\left[2 \cdot (S_{\text{к}} - c)\right]} + P_a \cdot \frac{R}{\left[2 \cdot (S_{\text{к}} - c)\right]} - 0 - 6 \cdot \frac{M_0}{(S_{\text{к}} - c)^2} \quad (97)$$

$$\sigma_{\text{mo2}} = -4.688 \text{ Па}$$

$$\sigma_{\text{мо}} := \max\left(|\sigma_{\text{mo1}}|, |\sigma_{\text{mo2}}|\right) = 4.688 \text{ Па} \quad (98)$$

- кольцевое:

$$\sigma_{\text{то}} = -\sigma_{\text{Ppto}} + \sigma_{\text{Pto}} - \sigma_{\text{Q0to}} + \sigma_{\text{M0tc}} \quad (99)$$

$$\sigma_{\text{to1}} := -P_{\text{раз}} \cdot \frac{R}{(S_{\text{к}} - c)} + P_a \cdot \frac{R}{(S_{\text{к}} - c)} - 2 \cdot Q_0 \cdot \beta_{\text{э}} \cdot \frac{R}{(S_{\text{к}} - c)} + 2 \cdot M_0 \cdot \beta_{\text{э}}^2 \cdot \frac{R}{(S_{\text{к}} - c)} + 6 \cdot \mu \cdot \frac{M_0}{(S_{\text{к}} - c)^2} \quad (100)$$

$$\sigma_{\text{to1}} = -3.553 \times 10^{-15} \text{ Па}$$

$$\sigma_{\text{to2}} := -P_{\text{раз}} \cdot \frac{R}{(S_{\text{к}} - c)} + P_a \cdot \frac{R}{(S_{\text{к}} - c)} - 2 \cdot Q_0 \cdot \beta_{\text{э}} \cdot \frac{R}{(S_{\text{к}} - c)} + 2 \cdot M_0 \cdot \beta_{\text{э}}^2 \cdot \frac{R}{(S_{\text{к}} - c)} - 6 \cdot \mu \cdot \frac{M_0}{(S_{\text{к}} - c)^2}$$

$$\sigma_{\text{to2}} = -3.553 \times 10^{-15} \text{ Па}$$

$$\sigma_{to} := \max(|\sigma_{to1}|, |\sigma_{to2}|) = 3.553 \times 10^{-15} \text{ Па} \quad (101)$$

- **Проверка условия прочности для узла сопряжения обечайки и днища.**

Допускаемое напряжение на краю элемента:

$$\sigma_{кр.д} := 1.3 \cdot \sigma_{д} = 237.25 \text{ Па}$$

Максимальное напряжение на краю:

- эллиптического днища

$$\sigma_{maxэ} := \max(\sigma_{mэ}, \sigma_{tэ}) = 4.688 \text{ Па}$$

$$\sigma_{maxэ} < \sigma_{кр.д}$$

Условие прочности для края эллиптического днища выполняется

- цилиндрической обечайки:

$$\sigma_{maxо} := \max(\sigma_{mo}, \sigma_{to}) = 4.688 \text{ Па}$$

$$\sigma_{maxо} < \sigma_{кр.д}$$

Условие прочности для края цилиндрической обечайки выполняется

5.1.5 Выбор опор (стоек) и проверка прочности и устойчивости корпуса в месте приварки опор [26]

Для того, чтобы выбрать необходимую опору, нужно рассчитать нагрузку, которая будет действовать на данную опору.

- Рассчитаем вес аппарата в Н:

Масса эллиптического приварного днища из таблицы 16.1 источника[26]:

при тощине в 4 мм и внутренним диаметром 700 мм:

$$m_{э.к.} := 15 \text{ кг}$$

следовательно вес крышки равен:

$$G_{э.к.} := g \cdot m_{э.к.} = 147.15 \text{ Н} \quad (101)$$

Плотность стали:

$$\rho_{ст} := 7.85 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Рассчитаем вес цилиндрической обечайки:

Масса обечайки:

$$m_{ц} := 0.785 \cdot (D_{вш}^2 - D_{вн}^2) \cdot H_{ц} \cdot \rho_{ст} \quad (102)$$

$$m_{\text{Ц}} = 27.765 \text{ кг}$$

Вес обечайки:

$$G_{\text{Ц}} := m_{\text{Ц}} \cdot g = 272.371 \text{ кг} \quad (103)$$

Общий вес аппарата составляет:

$$G_{\text{кор}} := G_{\text{Ц}} + G_{\text{э.к.}} = 419.521 \text{ Н} \quad (104)$$

Чтобы окончательно выбрать стойки необходимо рассчитать вес воды, так как необходимо будет провести гидравлическое испытание при 20°:

Аппарат заполняется водой:

Плотность воды при 20° С равна:

$$\rho_{\text{В}} := 998 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Расчитаем объем воды, которая заполняет аппарат:

Объем воды под эллиптическое днище выбираем по таблице 16.1[26]:

При $D_{\text{В}}=700$ мм и высоты отбортовки под фланец $h=50$ мм:

$$V_{\text{э}} := 96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Объем цилиндрического корпуса:

$$V_{\text{Ц}} := \left[\pi \cdot \frac{\left(\frac{D}{1000} \right)^2}{4} \right] \cdot H_{\text{Ц}} = 0.154 \text{ м}^3 \quad (105)$$

Сумарный объем заполненной воды в аппарате составляет:

$$V := V_{\text{э}} + V_{\text{Ц}} = 0.25 \text{ м}^3 \quad (106)$$

Вес воды составляет:

$$G_{\text{В}} := V \cdot \rho_{\text{В}} \cdot g = 2.447 \times 10^3 \text{ Н} \quad (107)$$

$$G_{\text{В.В.}} := 0.002447 \text{ МН}$$

Суммарный вес аппарата заполненного водой составляет:

$$G_{\text{В.В.}} := G_{\text{В}} = 2.447 \times 10^{-3} \text{ МН}$$

Количество стоек на аппарате должно быть не менее трех, поэтому выбираем из таблицы 29.3[1] допускаемую нагрузку на одну опору в Мн:

Вес приходящийся на одну опору:

$$G_o := \frac{G}{4} = 6.117 \times 10^{-4} \text{ МН} \quad (108)$$

Выбираем ближайшее значение допускаемой нагрузки на одну опору по табл. 29.3 по пособию [25]:

$$G_d := 0.001 \text{ МН}$$

$G_o \leq G_d$ - условие допустимости выполняется

Зададимся параметрами опоры согласно источнику [26] стр.673. Схема опоры приведена ниже на рисунке 5.5.

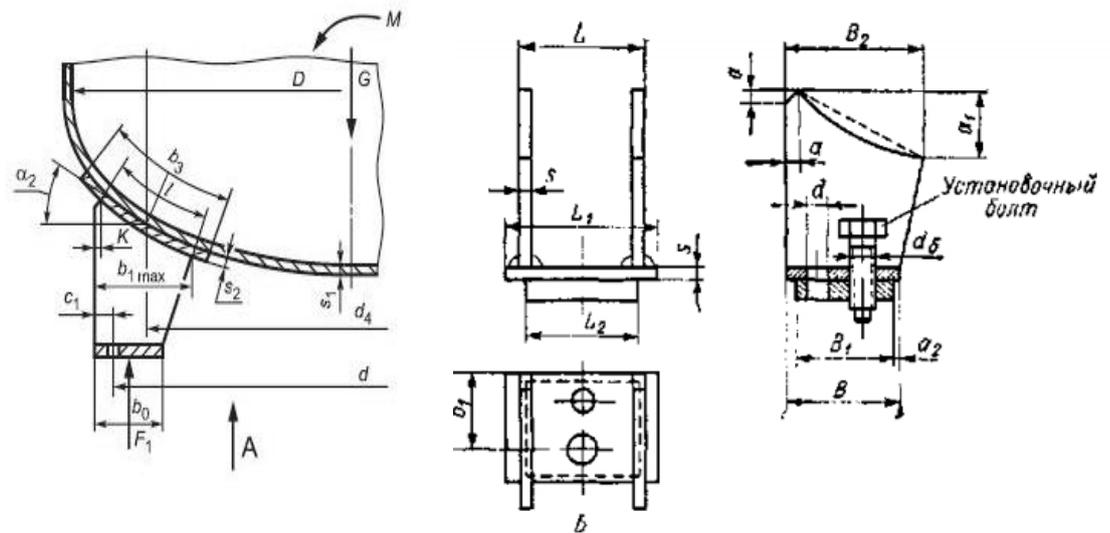


Рисунок 5.4 – Схема опоры

Определение допускаемого давления из условия прочности стенки обечайки для рабочих условий согласно ГОСТ[23]:

$$P_{д.р} := \frac{2 \cdot \sigma_{д} \cdot (S_K - c)}{\frac{D}{\cos(\alpha)} + (S_K - c)} \quad (109)$$

$$P_{д.р} = 1.26 \text{ МПа}$$

Определение допускаемого давления из условия прочности стенки обечайки для условий испытания согласно ГОСТ [6]:

$$P_{д.и} := \frac{2 \cdot \sigma_{и} \cdot (S_K - c)}{\frac{D}{\cos(\alpha)} + (S_K - c)} \quad (110)$$

$$P_{д.и} = 1.056 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности при рабочих условиях согласно ГОСТ [23]:

$$P \leq P_{д.р}$$

$$0,1 \leq 1,26$$

Условие прочности выполняется

Проверка условия прочности для условий испытаний согласно ГОСТ [23]:

$$P_{и} \leq P_{д.и}$$

$$0,126 \leq 1,056$$

Условие прочности выполняется

Для равномерного распределения нагрузки на опору назначаем количество стоек согласно рекомендации из ГОСТ [12]:

$$n_c := 4$$

Расчётный диаметр согласно ГОСТ [12]:

$$D_p := d_1 + 2 \cdot b_2 - k - b_1 = 870 \text{ мм (111)}$$

Длина линии контакта опоры с днищем:

$$l := \frac{(b_1 - k)}{\cos(\alpha)} = 103.923 \text{ мм (112)}$$

- **Определение расчётных моментов и усилий, действующих на опору - стойку:**

Вертикальное (нормальное) усилие, действующее на опору-стойку при наличии изгибающего момента:

$$F_1 := \frac{G}{4} + \frac{M}{d_1} = 105.917 \text{ Н (113)}$$

Произведём расчёт на прочность фундаментного болта (так как действует изгибающий момент) от действия растягивающего усилия:

$$F_{\sigma} := \frac{M}{d_1} - \frac{G}{2} = -208.708 \text{ Н (114)}$$

Меридиональный момент, передаваемый на днище опорной стойкой:

$$M_1 := 0.5 \cdot F_1 \cdot (b_1 - b + k) = -2.118 \times 10^3 \text{ Н*мм (115)}$$

- **Определение несущей способности днища:**

Предельный момент сопротивления:

$$m_T := \frac{R_{e20} \cdot (S_k - c)^2}{4} \quad (116)$$

$$m_T = 540.96$$

По диаграмме находим значение коэффициентов k_5 и k_6 :

$$k_5 := 38$$

$$k_6 := 5.5$$

Допускаемое нормальное усилие для неподкреплённого конического днища для рабочих условий:

$$F_{1.д.р} := \frac{k_5 \cdot m_T}{n_{пр.р}} = 8.565 \times 10^3 \text{ Н} \quad (117)$$

Допускаемый меридиональный момент для неподкреплённого конического днища для рабочих условий:

$$M_{1.д.р} := \frac{(k_6 \cdot m_T \cdot D_p)}{n_{пр.р}} = 1.079 \times 10^6 \text{ Н·мм} \quad (118)$$

- **Проверка опорных стоек аппарата на рабочие условия согласно ГОСТ [12]:**

$$F_1 \leq F_{1.д.р}$$

$$105,917 \text{ Н} \leq 8565 \text{ Н}$$

$$M_1 \leq M_{1.д.р}$$

$$-2118 \leq 1079000 \text{ Н·мм}$$

Условия выполняются.

Допускаемое нормальное усилие для неподкреплённого днища для условий испытаний:

$$F_{1.д.и} := \frac{k_5 \cdot m_T}{n_{пр.и}} = 1.142 \times 10^4 \text{ Н} \quad (119)$$

Допускаемый меридиональный момент для неподкреплённого днища для условий испытаний:

$$M_{1.д.и} := \frac{(k_6 \cdot m_T \cdot D_p)}{n_{пр.и}} = 1.438 \times 10^6 \text{ Н·мм} \quad (120)$$

- Проверка опорных стоек аппарата на условия испытаний согласно ГОСТ [27]:

$$F1 \leq F_{1.д.и}$$

$$105,917 \text{ Н} \leq 11420 \text{ Н}$$

$$M1 \leq M_{1.д.и}$$

$$-2118 \leq 1438000 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Условия выполняются.

Вывод по главе: таким образом, проведенные расчеты показывают, что условия прочности аппарата в данных условиях выполняются.

5.2 Механический расчет мяльной машины

Мяльная машина предназначена для финальной подготовки листа сырого Иван-чая к ферментации. И представляет собой цилиндрическую обечайку, с вращающимся внизу диском. На стенках обечайки и на диске установлены ребра – ламели, для лучшего обмятия листа. Ниже на рисунке 5.1 представлена расчетная схема мяльной машины:

5.2.1 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки [23]

Расчет толщины стенки аналогичен расчету, приведенному в разделе 5.1.1, с тем отличием, что расчетное давление в обечайке, с учетом давления массы листа на стенки примем равным 0.12 МПа, а диаметр примем равным $D = 700$ мм, исходя из расчета в разделе 3.6, тогда

$$S_p := \left[\frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_d - (P_p)} \right] = 0.292 \text{ мм} \quad (121)$$

$$S_3 := \text{Ceil}[S_p + (c), 1] = 2 \text{ мм} \quad (122)$$

Из технологических соображений примем толщину стенки равной 4 мм.

5.2.2 Расчет на прочность днища [28]

Расчет будем вести по следующим исходным данным:

$R := 398$ радиус диска

$r := 25$ радиус внутренней опоры

$x := 1$ коэффициент для внутреннего края

$\alpha := \frac{R}{r}$ коэффициент для внешнего края

$\mu := 0.3$ Коэффициент Пуассона

$\delta := 6$ Толщина диска

$p := 0.14$ МПа нагрузка распределенная по периметру

$E := 2 \cdot 10^6 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ модуль продольной упругости

Так как скорость вращения днища мала – 90 об/мин, будем считать его неподвижной круглой пластиной, заделанной по внешнему контуру, согласно расчетной схемы на рисунке 5.2.1:

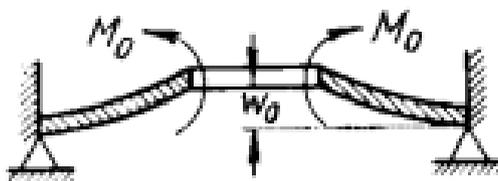


Рисунок 5.4 – Расчетная схема для круглой пластины

цилиндрическая жесткость

$$D := \frac{E \cdot \delta^2}{12(1 - \mu^2)} = 6.593 \times 10^6 \quad (123)$$

Момент изгибающего усилия

$$M_0 := p \cdot R^2 \cdot \frac{0.82 + 0.85 \frac{\delta^3}{R^2 \cdot \delta} \cdot \sqrt{\frac{R}{\delta}}}{6.56 + 3.31 \frac{\delta^3}{(R^2 \cdot \delta)} \cdot \sqrt{\frac{R}{\delta}}} = 2.973 \times 10^3 \text{ Н*М} \quad (124)$$

Угол поворота:

$$\phi := \frac{M_0 \cdot R^2}{D \cdot r} \cdot \frac{\frac{-x}{\alpha^2} - \frac{1}{x}}{(1 + \mu) + (1 - \mu) \cdot \alpha^2} = -0.016 \text{ град} \quad (125)$$

угол поворота меньше допустимого угла поворота

$$|\phi_{\text{д}}| > |\phi|$$

$$0.05 > 0.016$$

условие прочности выполняется

Радиальные напряжения

$$\sigma_r := \frac{6 \cdot M_0}{\delta^2} \cdot \frac{(1 + \mu) \cdot x^2 + (1 - \mu) \cdot \alpha^2}{1 + \mu + (1 - \mu) \cdot \alpha^2} \cdot \frac{1}{x^2} = 495.5 \text{ кг/см}^2 \quad (126)$$

Кольцевые напряжения

$$\sigma_t := \frac{6 \cdot M_0}{\delta^2} \cdot \frac{(1 + \mu) \cdot x^2 - (1 - \mu) \cdot \alpha^2}{1 + \mu + (1 - \mu) \cdot \alpha^2} \cdot \frac{1}{x^2} = -488.291 \text{ кг/см}^2 \quad (127)$$

Максимальный прогиб

$$\omega := \frac{M_0 \cdot R^2}{D} \cdot \frac{0.5 \left(1 - \frac{x^2}{\alpha^2} \right) + \ln \left(\frac{x}{\alpha} \right)}{(1 + \mu) + (1 - \mu) \cdot \alpha^2} = -0.907 \text{ см} \quad (128)$$

Максимальный прогиб меньше допускаемого прогиба

$$|\omega_{\text{д}}| > |\omega|$$

$$1 > 0.907$$

условие прочности выполняется

Вывод: как видно из расчетов, условия прочности выполняются. Обечайка и диск имеют достаточный запас прочности, поэтому сделаем допущение, что ламели, расположенные на цилиндрической обечайке и диске, в виде отрезков прутка квадрата со стороной 10 мм в данных условиях не окажут существенного влияния на прочность машины в целом, или оно будет пренебрежимо мало.

5.2.3 Подбор привода, вращающего диск

В качестве привода выбираем мотор-редуктор по требуемой скорости 90 об/мин, и расчетному крутящему моменту. Согласно источника [20] экспериментально установлено, что изминания 1 кг чайного листа индийского чая в роллере необходимо усилие 1.2 Н*м, данная машина проектируется под единоразовую загрузку 10 кг листа на переработку, поэтому требуемый крутящий момент составит 12 Н*м. Таким образом, выбираем по каталогу мотор-редуктор компании «Приводные решения» серии 90УС120 со следующими характеристиками:

Мощность – 120 Вт

Скорость - 0,7-750 об/мин

Максимальный крутящий момент – 20 Н*м

КПД – 81%

5.2.4 Расчет средства защиты машины (предохранительная кулачковая муфта) [30]

Предохранительные муфты используют с целью предотвращения поломки механизмов при различных перегрузках: статическом или динамическом моменте, превышении или уменьшении допускаемой скорости вращения, изменении направления вращения.

Предохранительные муфты, которые срабатывают от действия внутренних сил, образовавшихся из-за перегрузки и не вызвавших разрушения элементов конструкции муфты, называют самоуправляемыми. Самоуправляемые не разрушаются, а вот элементы муфт и предохраняемых механизмов испытывают повышенные динамические нагрузки. Самоуправляемые муфты могут перегреваться, особенно при больших скоростях срабатывания. Для уменьшения этих нежелательных явлений предохранительные самоуправляемые муфты устанавливают на тихоходном валу[2].

Главная характеристика муфт — передача вращающего момента. Муфты подбираются согласно стандартам по диаметрам соединяемых валов и расчетному моменту.

Исходные данные:

1. Номинальный вращающий момент $T = 10 \text{ Н}\times\text{м}$.
2. Диаметр вала $d = 20 \text{ мм}$.
3. Коэффициент запаса (перегрузки) $\beta = 1,45$.

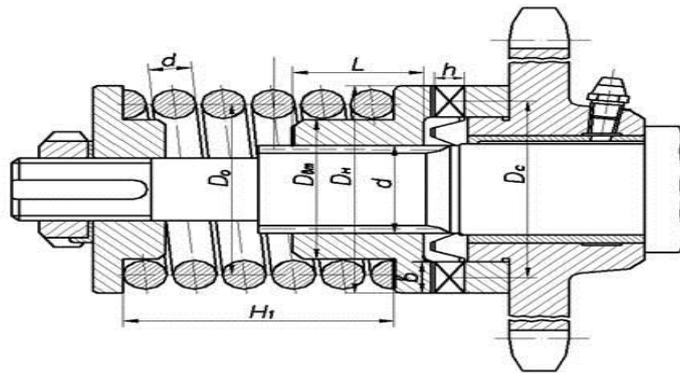


Рисунок 5.5 - Схема предохранительной кулачковой муфты

Расчетные моменты

Расчетный момент выключения муфты (момент предельного срабатывания)

$$T_p := \beta \cdot T = 145 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (129)$$

Диаметр окружности, проходящий через середины кулачков

$$D_c := 2 \cdot d = 0.056 \text{ м} \quad (130)$$

Окружное усилие при номинальном моменте

$$F_n := \frac{2 \cdot T}{D_c} = 3.571 \times 10^3 \text{ Н} \quad (131)$$

Окружное усилие при перегрузке

$$F_{\max} := \frac{2 \cdot T_p}{D_c} = 5.179 \times 10^3 \text{ Н} \quad (132)$$

Усилие для удержания муфты включенной при номинальном моменте

$$Q_1 := F_n \cdot \tan(\alpha \cdot \text{deg}) = 3.216 \times 10^3 \text{ Н} \quad (133)$$

где α — угол наклона боковой поверхности кулачков; примем равным 42 градуса

Усилие для выключения муфты при перегрузке

$$Q_2 := F_{\max} \cdot \left[\tan[(\alpha - p) \cdot \text{deg}] - f \cdot \frac{D_c}{d} \right] = 3.827 \times 10^3 \text{ Н} \quad (134)$$

p — примем равным 2 градуса, угол трения между рабочими поверхностями кулачков

Усилие для включения муфты после снятия перегрузки

$$Q_3 := F_n \cdot \left[\tan[(\alpha + p) \cdot \text{deg}] + f \cdot \frac{D_c}{d} \right] = 3.806 \times 10^3 \text{ Н} \quad (135)$$

$$Q_2 > Q_3$$

$$Q_2 > Q_1$$

Условие работы муфты выполнено

Определим размеры элементов муфты.

Ширина кулачков:

$$b := 0.15 \cdot D_c = 8.4 \times 10^{-3} \text{ мм} \quad (136)$$

Примем

$$\underline{b} := 10 \text{ мм}$$

Наружный диаметр кулачков

$$D_k := D_c + b = 66 \text{ мм} \quad (137)$$

Высота кулачков:

$$h := 0.6 \cdot b = 6 \text{ мм} \quad (138)$$

Наружный диаметр подвижной втулки

$$D_{вт} := 1.5 \cdot d = 0.042 \quad (139)$$

Длина подвижной втулки

$$\underline{L} := 1.25 \cdot d = 0.035 \text{ мм} \quad (140)$$

Сила нормального давления на кулачки

$$F_d := \frac{F_{\max}}{\cos(\alpha \cdot \text{deg})} = 6.968 \times 10^3 \text{ Н} \quad (141)$$

по условиям контактной прочности число кулачков может быть определено

$$Z := \frac{0.418^2 \cdot F_d \cdot E}{b \cdot \rho \cdot \sigma_k^2} \quad (142)$$

Найдем приведенный радиус передних кромок, контактирующих во время работы муфты, радиусы полумуфт равны, принимаем их равными 2мм, тогда

$$\rho := \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2} = 1 \text{ мм} \quad (143)$$

Допускаемое контактное напряжение при твердости кулачков 60HRC

$$\sigma_k := 25 \cdot 60 = 1.5 \times 10^3 \text{ МПа} \quad (144)$$

$$Z := \frac{0.418^2 \cdot F_d \cdot E}{b \cdot \rho \cdot \sigma_k^2} = 11.364 \quad (145)$$

Примем

$$\underline{Z} := 12$$

Длина кулачков в среднем радиусе муфты

$$K_1 := \frac{\pi \cdot D_c}{2 \cdot Z} = 7.33 \text{ мм} \quad (146)$$

Напряжение смятия при T_r

$$\sigma_{см} := \frac{F_{max}}{b \cdot (h - r_1) \cdot Z} = 10.789 \text{ МПа} \quad (147)$$

Условие прочности выполняется, напряжение смятия меньше допускаемого напряжения

Расчет пружины

Диаметр проволоки

$$d := \sqrt{\frac{8 \cdot Q_2 \cdot K_b \cdot C}{\pi \cdot \tau}} \quad (148)$$

индекс пружины

$$C := \frac{D_0}{d} \quad (149)$$

Определим средний диаметр пружины

$$D_0 := D_{вт} + d = 48 \text{ мм} \quad (150)$$

тогда

$$C := \frac{D_0}{d} = 8$$

Определим поправочный коэффициент, учитывающий влияние кривизны витков пружины на напряжение

$$K_b := \frac{4 \cdot C + 2}{4 \cdot C - 3} = 1.172 \quad (151)$$

Допускаемое напряжение стали 65Г

$$\tau := 0.4 \cdot 1450 = 580 \text{ МПа} \quad (152)$$

Тогда диаметр проволоки

$$d := \sqrt{\frac{8 \cdot Q_2 \cdot K_b \cdot C}{\pi \cdot \tau}} = 12.554 \text{ мм} \quad (153)$$

$$D_0 := d \cdot 8 = 100.436 \text{ мм} \quad (154)$$

что значительно больше диаметра втулки, примем

$$C := 6$$

$$\underline{Kb} := \frac{4 \cdot C + 2}{4 \cdot C - 3} = 1.238 \text{ мм} \quad (155)$$

Тогда

$$\underline{d} := \sqrt{\frac{8 \cdot Q2 \cdot Kb \cdot C}{\pi \cdot \tau}} = 11.173 \text{ мм} \quad (156)$$

$$\underline{D0} := 67.1 \text{ мм}$$

$$Dв := D0 - d = 56.027 \text{ мм}$$

$$\underline{d} := 12 \text{ мм}$$

$$D := D0 + d = 79.2 \text{ мм}$$

что является приемлимым значением

Для включения муфты при перегрузке нужно обеспечить рабочую деформацию на величину высоты кулачков

$$Fp := h$$

$$Fp := F2 - F1 \quad (157)$$

Максимальная осадка под действием Q2

$$F2 := \frac{8 \cdot Q2 \cdot C^3 \cdot n}{G \cdot d} \quad (158)$$

Минимальная деформация пружины под действием Q1

$$F1 := \frac{8 \cdot Q1 \cdot C^3 \cdot n}{G \cdot d} \quad (159)$$

G - модуль сдвига, равен 80000 МПа

Тогда число рабочих витков пружины

$$n := \frac{h \cdot G \cdot d}{8 \cdot C^3(Q2 - Q1)} = 5.449 \quad (160)$$

примем

$$\underline{n} := \epsilon$$

Подставим

$$F1 := \frac{8 \cdot Q1 \cdot C^3 \cdot n}{G \cdot d} = 34.73$$

$$F2 := \frac{8 \cdot Q2 \cdot C^3 \cdot n}{G \cdot d} = 41.337$$

$$F_p := F_2 - F_1 = 6.607$$

полное число витков пружины в ненагруженном состоянии

$$n_1 := n + 2 = 8 \quad (161)$$

Высота пружины при полном сжатии

$$H_3 := (n_1 - 0.5) \cdot d = 90 \text{ мм} \quad (162)$$

Зазор между витками в ненагруженном состоянии

$$S_p := 0.1 \cdot d = 1.2 \text{ мм} \quad (163)$$

шаг пружины в свободном состоянии

$$t := d + \frac{F_p}{n} + S_p = 14.301 \quad (164)$$

Высота пружины в свободном состоянии

$$H_0 := H_3 + n \cdot (t - d) = 103.807 \quad (165)$$

Длина заготовки

$$l := \frac{\pi \cdot D_0 \cdot n_1}{\cos(\alpha \cdot \text{deg})} = 1.702 \times 10^3 \text{ мм} \quad (166)$$

Выбор соединения муфты с валом по ГОСТ

Ширина шпонки

$$b_{ш} := 10 \text{ мм}$$

$$h_{ш} := 8 \text{ мм}$$

Высота шпонки

$$t_1 := 4 \text{ мм}$$

Глубина паза в валу

Глубина паза во втулку

$$t_2 := 4 \text{ мм}$$

$$l_{ш} := L - 10 = 25 \text{ мм}$$

$$l_p := l_{ш} - b_{ш} = 15 \text{ мм}$$

$$d_{дв} := 28 \text{ мм}$$

определим напряжение смятия

$$\sigma_{смш} := \frac{2 \cdot T_p}{d_{дв} \cdot l_p \cdot (h - t_1)} = 0.345 \text{ МПа} \quad (167)$$

Полученное значение меньше $\sigma_{д=100}$ МПа, значит **условие прочности**

шпонки на смятие выполняется

5.3 Механический расчет камерной сушилки

Сушилка предназначена для остановки процесса ферментации и удаления лишней влаги из ферментированного Иван-чая.

Расчет проводился в среде программы SCAD, по значениям технологического расчета, приведенного выше.

Ниже на рисунке 5.6 представлена расчетная схема камерной сушилки:

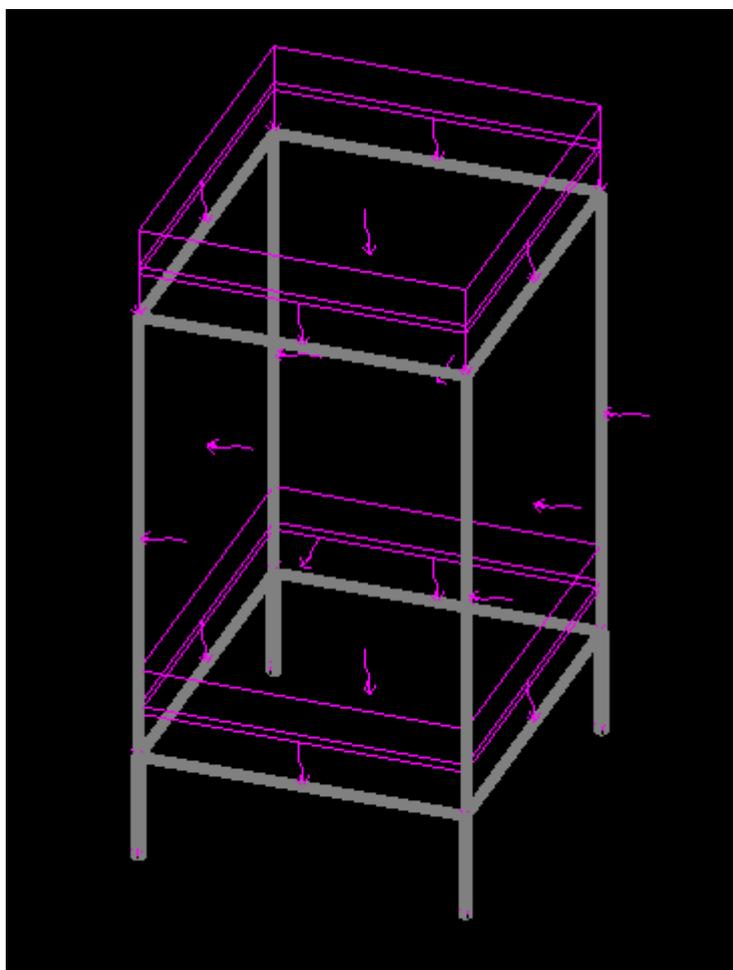


Рисунок 5.5 - Расчетная схема камерной сушилки.

После проведенных расчетов программой были выявлены слабые места конструкции, а так же предложены конструкционные материалы, которые выдержат данную нагрузку. Ниже на рисунках 5.7 и 5.8 для наглядности приведены результаты расчета

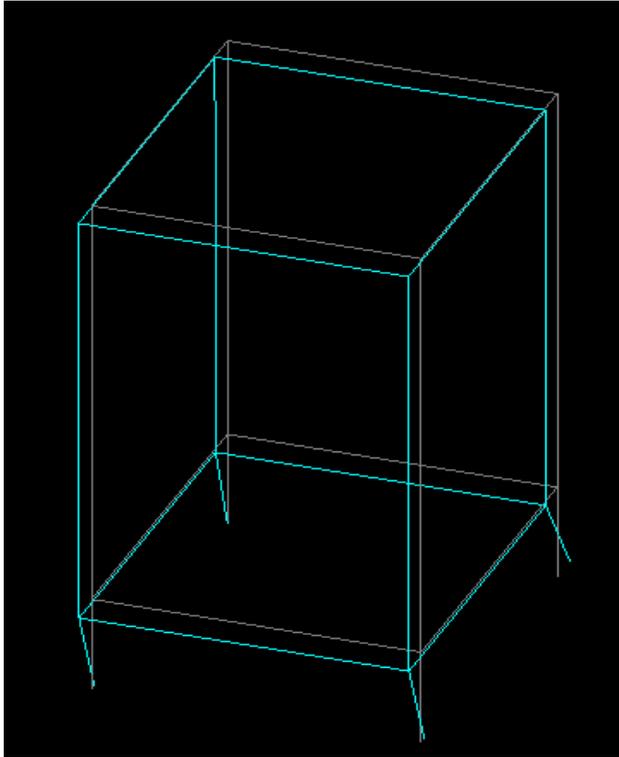


Рисунок 5.7 – Изменение формы конструкцией под действием нагрузок

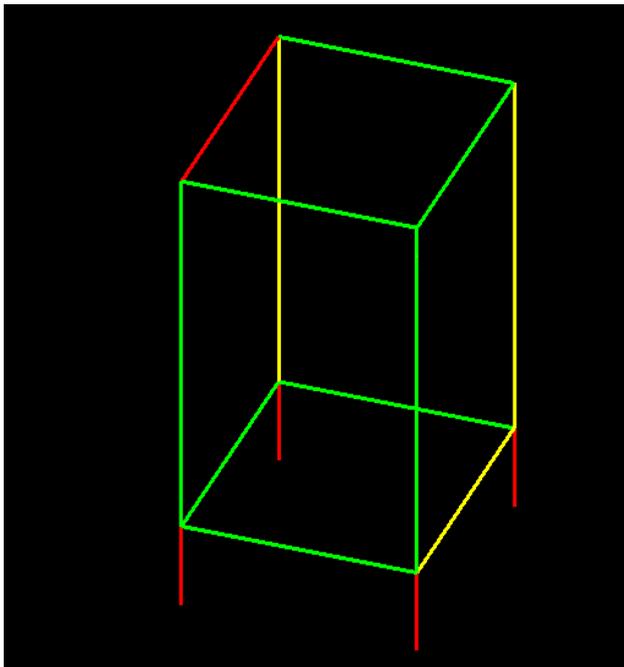


Рисунок 5.8 – Слабые места конструкции

По результатам расчета принято решение использовать для конструкции следующие материалы:

- для ножек сушилки: трубы стальные бесшовные горячедеформированные, ГОСТ 8732-78 45x2.5

- для стоек сушилки: трубы стальные бесшовные горячедеформированные, ГОСТ 8732-78 38x2.5

- для рамок нижнего и верхнего пояса, а так же креплений для установки поддонов
трубы стальные бесшовные горячедеформированные, ГОСТ 8732-78 25x2.5

6 Механо-технологический раздел [31]

Монтаж оборудования производится специализированной бригадой, лицами, обученными безопасным методам монтажа, погрузо-разгрузке, строповке.

Указания по организации работ. Техническая документация разрабатывается в соответствии со СНиП. Проект производства работ включает в себя: ведомость монтажного оборудования, пояснительную записку, схему монтажа, генплан, графики монтажных работ, технологические карты. На монтажной площадке должно быть уделено достаточное внимание технике безопасности: опасные зоны должны быть ограждены, освещение площадки должно быть достаточным, быть в наличии средства пожаротушения и аптечка.

К началу монтажных работ должны быть подготовлены подъездные пути, подготовлены фундаменты для оборудования, место для расположения монтажной бригады.

Поставка оборудования на место монтажа. На место монтажа оборудование поступает в собранном виде в силу своих малых габаритов (максимальная высота у сушилки – 2 м) на автомобильном транспорте марки Toyota, с установленным в кузове манипулятором грузоподъемностью 1 тонна, длина стрелы 8 метров.

Проверим достаточность высоты подъема крюка при установке оборудования на фундамент:

$$h_k = h_{\phi} + h_z + h_o + h_c, \quad (168)$$

где $h_{\phi} = 0,5$ м – высота фундамента;

$h_z = 0,5$ м – запас высоты реактора над землей;

$h_o = 2$ м – высота блока оборудования от основания до места строповки;

$h_c = 2$ м – длина стропа.

$$h_k = 0,5 + 0,5 + 2 + 2 = 5 \text{ м.}$$

Длины стрелы достаточно для монтажа оборудования.

Значит, данным манипулятором будет проводиться монтаж оборудования, грузоподъемности будет достаточно, т.к самый тяжелый агрегат – сушилка, массой 700 кг. Место монтажа позволяет разгрузиться внутри цеха.

Подготовка грузоподъемных средств и такелажной оснастки. В качестве грузозахватного устройства будет использоваться стальной строп с четырьмя ветвями. Определим усилие в стропе. Расчетная схема приведена ниже на риске 7.1:

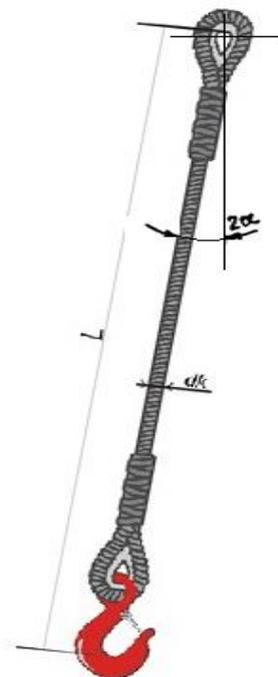


Рисунок 6.1 – расчетная схема стропа

$$S := \frac{1.35G}{2 \cdot \cos(\alpha)} = 9.546 \times 10^3 \text{ Н или } 9,5 \text{ кН, где (169)}$$

G – вес груза, 10000 Н

α – угол наклона ветви стропа к вертикали

Диаметр поперечного сечения выбранной ветви стропа:

$$d_c = 3 \cdot d \quad (170)$$

где $d = 0,0115$ м – диаметр витков стропа.

$$d_c = 3 \cdot 0,0115 = 0,0345 \text{ м}$$

Диаметр в минимальном случае захватного устройства равно:

$$D_c = k_c \cdot d_c \quad (170)$$

где $k_c = 4$ – коэффициент соотношения диаметров захватного устройства цилиндрической формы и поперечного сечения строповой ветви ($k_c \geq 4$).

$$D_c = 0,0345 \cdot 4 = 0,138 \text{ м}$$

Таким образом, выбираем строп 4 СК 10 с учетом запаса по прочности. Для предохранения стропа от повреждения при изгибе потребуются так же деревянные подкладки.

Установка на фундамент. Застропив аппарат за ушки, участок строповки должен быть как можно выше, чтобы при подъеме груз принимал положение, близкое к вертикальному, для точной установки на фундамент. Перед подъемом аппарат приподнимают на 30 см над землей, выдерживают некоторое время, осматривая узлы.

Выверка и закрепление. Производится с применением пакета металлических подкладок, число в пакете не более 5 штук, различной толщины установочных подкладок – 5мм, регулировочных – 0,5 – 5 мм. Выверка осуществляется при помощи теодолита. После установки аппарат закрепляется на конструктивных болтах, необходимых для фиксации оборудования, а после этого крепятся на расчетные болты, устанавливаемые в массив фундамента(анкерные) на рисунке 6.2 представлена схема регулировки.

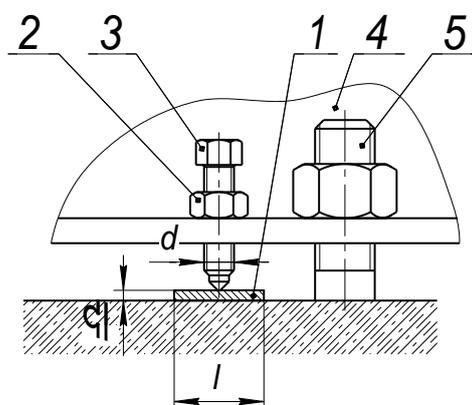


Рисунок 6.2 – выверка отжимными регулировочными винтами:

1 – опорная пластина; 2 – стопорная гайка; 3 – регулировочный винт; 4 – опорная часть оборудования; 5 – фундаментный болт

Далее проводятся испытания оборудования – для ферментера проводят гидроиспытания, а мяльную машину и вентилятор сушилки обкатывают, замеряя уровни вибрации. Ниже, в таблице 6.3 представлена ведомость монтажных механизмов и инструментов.

Таблица 7.1 - Ведомость монтажных механизмов, инструмента

№ п\п	Наименование механизмов и инструмента	Количество
1	Набор инструмента для массовых слесарно-монтажных операций	1 комплект
2	Манипулятор, с длиной стрелы 8 м	1 шт.

Продолжение таблицы 7.1

№ п\п	Наименование механизмов и инструмента	Количество
3	Строп стальной, 4 ветвевой- 6,3 / 5	4 шт.
4	Выверочный монтажный инструмент	
5	Винт М 16 ´ 140-1 ОСТ 26- 1420-75	4 шт.
6	Гайка М24-6Н.5(S36) ГОСТ 5915-70	4 шт.
7	Выверочное монтажное приспособление	
8	Пластина опорная 70 ´ 70 ´ 10 ОСТ 26-1420-75	4 шт.
9	Теодолит	1 шт.

7 Автоматизация и контроль производства

Схема автоматического контроля и принципиальная схема автоматизации представлена в Приложении В.

Параметры, подлежащие контролю и регулированию: температура, давление, число оборотов, при их критических изменениях предусмотрена сигнализация.

Одним из самых простых и распространенных вариантов архитектуры автоматизированной системы управления является архитектура, представленная на рисунке 7.1 Процесс – периодический, информационная нагрузка объекта невелика, как и количество измеряемых и контролируемых технологических параметров. Схема имеет средний уровень функциональной надежности так как отказы в АСУТП не будут приводить к остановам технологического объекта управления. Имеет локально-автоматический тип функционирования – решения по управлению технологическим процессом принимает оператор, регулирование проводится согласно параметрам, заданным при пуске.

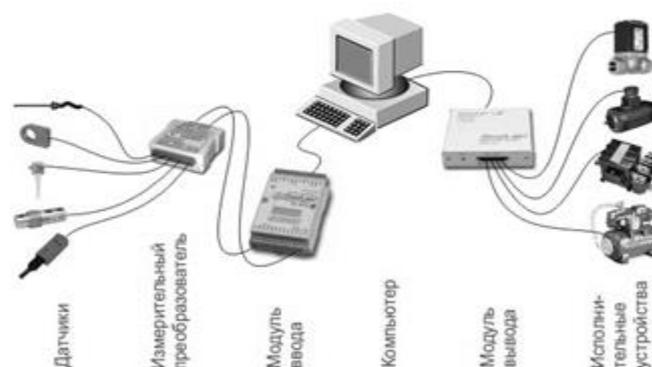


Рисунок 7.1 – Архитектура АСУ с одним ЭВМ и одним устройством ввода-вывода

В технологическом процессе необходимо контролировать температуру сушки чайного листа. Для решения данной задачи был выбран аналоговый преобразователь температуры с унифицированным выходным сигналом ТП Метран-2000 [32]. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика микропроцессорный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока.

Технические параметры данного преобразователя представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Технические параметры термопреобразователя ТП Метран-2000

Характеристики	Значения
Тип и исполнение термопреобразователя	ТП Метран-2000
НСХ	ТПП(S)
Выходной сигнал, мА	4-20, 20-4
Диапазоны преобразуемых температур, °С	-50 - +1300
Зависимость выходного сигнала от температуры	линейная
Характеристики	Значения

Так же необходим датчик давления, способный отслеживать давление разряжения в ферментере до 0,02 МПа. Выбираем датчик давления Метран-150ТА2 [33]. Параметры данного датчика представлены в таблице 7.2

Таблица 7.2 – Технические параметры датчика давления Метран 150ТА2

Характеристики	Значения
Диапазоны измеряемых давлений датчика давления:	
- минимальный, кПа	0-0,025
- максимальный, МПа	0-68
напряжение питания	24В постоянного тока
аналоговый выход	4-20 мА/HART, 0-5 мА

Для контроля оборотов мяльной машины выбираем датчик оборотов двигателя HEIDENHAIN -ERN 100. Параметры данного датчика представлены в таблице 7.3

Таблица 7.3 – Технические параметры датчика давления HEIDENHAIN -ERN 100[32]

Характеристики	Значения
Механически допустимая частота вращения	6000 об/мин
Частота собственных колебаний муфты статор	До 1 100 Гц
аналоговый выход	4-20 мА/HART, 0-5 мА
Максимальная рабочая температура	100 °С

В качестве модуля ввода-вывода принимаем ОВЕН МВ110-8А [32]. Он необходим для преобразования аналоговых сигналов датчиков в сигнал для передачи по сети RS-485. Технические параметры данного модуля представлены ниже.

Таблица 7.4– Технические параметры модуля ввода-вывода ОВЕН МВ110-8А

Наименование	Значение
Напряжение питания	от 90 до 264 В переменного тока (номинальное напряжение 220 В) частотой от 47 до 63 Гц или от 20 до 375 В постоянного тока (номинальное напряжение 24 В)
Потребляемая мощность, ВА, не более	6
Количество аналоговых входов	8
Интерфейс связи с компьютером	RS-485
Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS-485, бит/сек	115200
Протокол связи, используемый для передачи информации	ОВЕН, ModBus-RTU, ModBu-ASCII, DCON
Степень защиты корпуса	IP20 со стороны передней панели,
Габаритные размеры прибора, мм, не более	63x110x73

В качестве блока питания для датчиков выбираем БП Карат-22 [32] с техническими характеристиками:

- количество каналов – 8;
- каналы гальванически развязаны;
- защита от короткого замыкания и перегрузок по каждому каналу;
- светодиодная индикация включения по каждому каналу;
- выходное напряжение – 24 В;
- класс стабилизации – 0.2;
- ток нагрузки - 8А и – 50 мА;
- ток срабатывания защиты от перегрузки – не более 90 мА;
- ток короткого замыкания – не более 23 мА;
- питание – 220 В (50±1) Гц;
- потребляемая мощность – 60 ВА;

- масса – не более 3.5 кг;
- варианты монтажа: щитовой, навесной, крепление к горизонтальной поверхности, крепление непосредственно на трубопроводе.

В качестве контроллера наиболее подходящим вариантом является ОВЕН ПЛК 154 [32].

Техническая характеристика представлена в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Техническая характеристика ОВЕН ПЛК 154

Наименование	Значение
Интерфейсы	Ethernet 100 Base-T, RS-232, RS-485, USB 2.0
Протоколы	ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON, ModBus-TCP, GateWay
Среда программирования	CoDeSys 2.3.8.1 (и старше)
Скорость обмена по интерфейсам RS	От 4800 до 115200 bps
Количество дискретных входов	8
Максимальная частота сигнала, подаваемого на дискретный вход	10 кГц при применении аппаратного счетчика и обработчика энкодера
Конструктивное исполнение	Унифицированный корпус для крепления на DIN-рейку (ширина 35 мм), длина 105 мм (6U), шаг клемм 7,5 мм
Степень защиты корпуса	IP20
Напряжение питания: ПЛК154-24, ПЛК 154-220	18...29 В постоянного тока (номинальное напряжение 24 В) 90...264 В переменного тока (номинальное напряжение 220 В) частотой 47...63 Гц;
Потребляемая мощность, не более ПЛК154-24, ПЛК154-220	6 Вт 10 Вт
Индикация передней панели	1 индикатор питания, 8 индикаторов входов, 12 индикаторов выходов

Вывод по главе: в результате выполнения раздела выбрана схема автоматического контроля и регулирования технологического процесса, а так же выбраны датчики и другие вспомогательные устройства для контроля и регулирования выбранных параметров.

8 Результаты проведенной разработки

В ходе проведенных расчетов были рассчитаны габаритные размеры проектируемого оборудования из материального и теплового баланса, а так же произведен механический расчет элементов технологической линии. Расчеты подтверждают надежность аппарата и его безопасность для окружающей среды. Если линия будет воплощена в жизнь, то с ее помощью можно будет получать ценное сырье из листа Иван-чая как повседневного потребления, так и для фармацевтических целей .

В ходе механического расчета было выяснено, что:

- Условия прочности для корпуса ферментера в рабочих условиях и при гидроиспытаниях выполняются, давления не превышают допустимых значений
- Условия устойчивости так же выполняются, в обоих случаях:
- Для эллиптического днища были проведены аналогичные расчеты, в ходе которых оптимальная толщина стенки оказалась равна толщине корпуса-4 мм.
- Проверено условие прочности в месте сопряжения цилиндрической обечайки и эллиптического днища: максимальные напряжения на краю днища меньше допустимого напряжения в краевой зоне, что подтверждается расчетами:
- Подобраны опоры аппарата по пособию [6] и проведен расчет прочности рубашки в местах крепления опор: усилие, действующее на одну опору меньше допустимого усилия на опорный элемент, значит, условие несущей способности обечайки выполняется.
- Для сушильного шкафа проведен расчет в программе СКАД, в ходе расчета согласно СНиП определено действие нагрузок на конструкцию, и подобран оптимальный сортамент для изготовления аппарата.
- Для мяльной машины рассчитаны на прочность цилиндрическая обечайка, и вращающийся диск, так же по требуемому вращающему моменту подобран привод для вращения диска.

9 Финансовый менеджмент [34]

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на такие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, какой бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

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.

Цель работы – разработка цепи аппаратов для малотоннажного производства завариваемого Иван-чая для применения в повседневных целях и получения концентрированного экстракта для дальнейшего применения в пищевых и фармакопейных целях. Так как в настоящее время переработка этого ценного продукта реализована в основном в ручном, кустарном режиме.

В данной работе продуктом и целевым рынком являются:

Продукт: технологическая линия по переработке Кипрея узколистного. Линия включает в себя: завяливатель, скручивающую и измельчительную машину, камерную сушилку.

Целевой рынок: сети розничных продовольственных магазинов, производственные аптеки, фармацевтические производства.

Ближайшими конкурентами являются такие предприятия как: НПО «Эталон», ООО «Дары Сибири», ООО «Алатау», частные производители региона.

9.1 Анализ конкурентных технических решений

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 ниже в таблице 1. Сравним будем рассчитанную в данной работе линию и линию импортного производства для переработки китийского чая. Критериями для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения будут служить критерии экономических и технических показателей .

Таблица 9.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Вар. 1	Вар. 2	Вар. 1	Вар. 2
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Энергоэкономичность	0,1	5	3	0,5	0,3
Удобство в эксплуатации	0,08	5	5	0,4	0,4
Качество конечного продукта	0,09	5	4	0,45	0,36
Надежность	0,09	5	4	0,45	0,36
Функциональная мощность	0,06	5	5	0,3	0,3
Габариты	0,06	5	4	0,3	0,24
Безопасность	0,07	5	5	0,35	0,35
Доступность запасных частей	0,09	4	4	0,36	0,36
Ремонтопригодность	0,08	5	5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности					
Цена	0,07	5	4	0,35	0,28
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	5	5	0,35	0,35
Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	0,28	0,35
Итого	1	58	49	4,51	4,05

Расчет конкурентоспособности, на примере энергоэкономичности, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,1 \cdot 3 = 0,3, \quad (171)$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что рассчитанный вариант линии №1 является наиболее предпочтительным и является наиболее выгодным и эффективным типом исполнения готового устройства.

9.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 9.2 – SWOT-анализ

	Strengths (сильные стороны)	Weaknesses (слабые стороны)
	<p>S1. Простота и удобство в эксплуатации.</p> <p>S2. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>S3. Более низкая стоимость аппарата по сравнению с импортными производителями.</p>	<p>W1. Работа оборудования – периодического действия, перед каждым пуском и после простоя необходима тщательная подготовка к пуску.</p> <p>W2. Отсутствие бизнес-плана коммерциализации</p> <p>W3. Не проработаны вопросы выхода на рынок</p> <p>W4. Разработка является экспериментальной и</p>

		возможно потребуются доработка.
<p>Opportunities (возможности)</p> <p>О1. Возможность увеличения производственного масштаба.</p> <p>О2. Возрастание спроса на качественный продукт.</p> <p>О3. Возможность использования данной технологической схемы не только для производства Иван-чая.</p>	<p>1.Подобрана технологическая схема, доступная для любого типа производства.</p> <p>2.Аппарат имеет габариты, которые позволят затратить меньше металла для его сборки.</p>	<p>1.Внедрение схемы в процесс с дальнейшим выявлением недоработок и их устранение.</p> <p>2.Организация процесса без длительных простоев</p>
<p>Threats (угрозы)</p> <p>Т1. Угроза нарушения технологического процесса, вследствие неправильной эксплуатации.</p> <p>Т2. Отсутствие заинтересованных инвесторов проекта</p> <p>Т3. Отсутствие спроса на технологию, продукцию</p>	<p>1. Повышение квалификации рабочих, контроль над технологией, использование предохранительных устройств</p> <p>2. Относительно небольшие затраты на внедрение разработки</p>	<p>1. Внедрение систем блокировки, выявляющих минимальные отклонения в работе аппаратов уже на начальном этапе.</p> <p>2. Разработать бизнес-план коммерциализации</p> <p>3. Использовать рекламу</p>

Таблица 9.3 – Связь сильных сторон с возможностями

	S1	S2	S3
O1	+	+	-
O2	+	+	-
O3	-	+	+

Таблица 9.4 – Связь слабых сторон с возможностями

	W1	W2	W	W4
			3	
O1	+	-	-	-
O2	+	-	-	-
O3	+	+	+	-

Таблица 9.5 – Связь сильных сторон с угрозами

	S1	S2	S3
T1	+	+	-
T2	-	+	-
T3	-	+	-

Таблица 9.6 – Связь слабых сторон с угрозами

	W1	W2	W	W4
			3	
T1	+	-	-	+
T2	-	+	+	-
T3	-	+	+	-

9.3 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Комплекс предполагаемых работ включает в себя следующие задачи:

- определить структуру работ в рамках исследования;
- определить участников каждой работы;
- установить продолжительность работ;
- построить график проведения отдельных этапов исследования.

Для выполнения данного исследования (проекта) необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят руководитель и инженер. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы.

Разработанный список задач и производимых работ, в рамках проектирования, а также распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде таблицы 10.7

Таблица 9.7 – Список производимых задач и работ и их исполнители

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Выбор направления исследований	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультанты ФМ и СО, инженер
	2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Патентный обзор литературы	Инженер
		Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
		Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
Разработка технической документации и проектирование		Проведение экспериментов	Руководитель, инженер
		Сопоставление результатов экспериментов с теорией	Руководитель, инженер
	1	Расчет нестандартного оборудования, вынесенного на проектирование	Инженер
	3	Оценка эффективности производства и применения разработки	Инженер, консультант по ЭЧ
	4	Разработка социальной ответственности по теме	Инженер, консультант СО

Изготовление и испытание опытного образца	5	Получение образца опытного	Руководител ь, инженер
	6	Лабораторные испытания опытного образца	Руководител ь, инженер
Оформление комплекта документации	5	Составление пояснительной записки	Инженер

Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки проекта составляется из трудовых затрат, поэтому важно определить трудоемкость работ всех участников разработки проекта.

Несмотря на то, что трудоемкость зависит от трудно учитываемых параметров, т.е. носит вероятностный характер, ее можно определить экспертным путем, в «человеко-днях». Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости $t_{ожі}$ определяется по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (172)$$

где $t_{\min i}$ – минимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является оптимистичной оценкой: при удачном стечении обстоятельств), чел.-дн.; $t_{\max i}$ – максимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является пессимистичной оценкой: при неудачном стечении обстоятельств, чел.-дн.

На основании расчетов ожидаемой трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (173)$$

Где $Ч_i$ – количество исполнителей, одновременно выполняющих поставленную задачу, чел.

По всем работам результаты расчета продолжительности в рабочих днях представлены в таблице 8.

9.4 Разработка графика проведения исследования

Диаграмма Ганта является наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki,рук} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (174)$$

$$T_{ki,инж} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где $k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал,рук} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (175)$$

$$k_{кал,инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{кал}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчет трудоемкости и продолжительности работ, на примере задачи «Составление и утверждение технического задания»:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел.} - \text{дн.}, \quad (176)$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ раб.дн.} \quad (177)$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примере задачи «Выбор направления исследований»:

$$T_{ki,инж} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 2,4 \cdot 1,48 = 3,55 \approx 4 \text{ кал.дн.} \quad (178)$$

Расчет календарного коэффициента для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$k_{\text{кал.рук}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66 - 14} = 1,28. \quad (179)$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примере задачи «Выбор направления исследований»:

$$T_{\text{ки.инж}} = T_{\text{ри}} \cdot k_{\text{кал}} = 2,1 \cdot 1,28 = 2,69 \approx 3 \text{ кал.дн.} \quad (180)$$

Все полученные значения в календарных днях округляются до целого числа, а затем сводятся в таблицу 10.8.

Таблица 9.8 – Временные показатели проектирования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительно		Длительно	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{\text{ож}}$, чел-дни		сть работ в рабочих днях $T_{\text{ри}}$		сть работ в календарных днях $T_{\text{ки}}$	
	Руководите	Инженер	Руководите	Инженер	Руководите	Инженер	Руководите	Инженер	Руководите	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4	-
Выбор направления исследований	3	4	6	6	4,2	4,8	2,1	2,4	3	4
Подбор и изучение материалов по теме	-	5	-	8	-	6,2	-	6,2	-	10
Календарное планирование работ по проекту	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4	-
Анализ возможных вариантов исполнения	-	10	-	15	-	12	-	12	-	18

устройства и компьютерное моделирование										
Разработка технологической линии в соответствии с выбранным исполнением	-	2	-	6	-	3,6	-	3,6	-	6
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	4	6	2,8	3,6	1,4	1,8	2	3
Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4	-
Разработка принципиальной схемы	-	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	8
Технико-экономические расчеты	-	2	-	5	-	3,2	-	3,2	-	5
Составление пояснительной записки	-	7	-	9	-	7,8	-	10,8	-	12

После расчета и сведения в таблицу временных показателей проектирования, на основе полученной таблицы строится диаграмма Ганта.



Рисунок 9.1 – Диаграмма Ганта

Сводная таблица по календарным дням представлена ниже:

Таблица 9.9 – Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	81
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	70
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель	17

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

9.5 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Бюджет формируется из следующих видов затрат:

- материальные затраты для проведения работ;

- основная заработная плата;
- дополнительная з/п;
- отчисление во внебюджетные фонды;
- накладные расходы

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблицу 10.10.

Таблица 9.10 – Сырье, материалы и комплектующие изделия

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы З _м , руб.
Труба НКТ 50*2,5	тонна	5	20 000	100 000
Листовой прокат стали 12Х18Н10Т	тонна	11	50000	550 000
Прокладки для фланцевого соединения	шт	8	100	800
Спецодежда	комплект	6	11500	82800
Крепежные элементы	шт	500	10	5000
Итого				750 600

Таким образом, материальные затраты на разработку технологической линии составят 750 600 рублей.

9.6 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Для работы необходимо так же будет приобрести оборудование, указанное ниже в таблице 9.11:

Таблица 9.11 - оборудование

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы Z_m , руб.
Вентилятор	шт	2	5000	10 000
Термопара	шт	3	925	3330
Итого				13330

Основная заработная плата

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (180)$$

где $Z_{он}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл. 8).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_0} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (190)$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц; F_0 – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (табл. 16); M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

- при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

- при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя;

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (191)$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (192)$$

Для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (193)$$

где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 9.12 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 9.13 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{мс}}, \text{руб}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}, \text{руб}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб}$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	12	25767,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	45	78439,5
Итого:								104207,1

Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 25767,6 = 3865,1 \text{ руб.} \quad (194)$$

Для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 78439,5 = 11765,9 \text{ руб.} \quad (195)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (25767,6 + 3865,1) = 29632,7 \text{ руб.} \quad (196)$$

Для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (78439,2 + 11765,9) = 27061,5 \text{ руб.} \quad (197)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Накладные расходы

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи и электроэнергии.

Накладные расходы в целом:

$$Z_{накл} = (\sum \text{статей}) \cdot K_{нр} = \\ (4000 + 3800 + 2700 + 104207,1 + 15630,6 + 56694,2 + 9521,3) \cdot 0,2 = 39310,7 \text{ руб.} \quad (198)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ (название темы) по форме, приведенной в таблице 18.

Таблица 9.14 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
Сырье, материалы	Оборудование	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
750600	13330	104207,1	15631	56694,2	937983,2	39310,7	9777293,9

В результате проведения расчетов была составлена таблица, где наглядно представлено, что сумма бюджета на затраты научно-исследовательского проекта составила 9777293,9 рубля, при чем наибольшие затраты приходятся на материальные затраты и затраты на основную заработную плату исполнителям темы.

9.7 Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (199)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

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

$$I_{\text{фин.}1} = \frac{975389,4}{1983340,7} = 0,49 \quad (200)$$

$$I_{\text{фин.}2} = \frac{1875463,4}{1983340,7} = 0,95 \quad (201)$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение

больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

9.8 Интегральный показатель ресурсоэффективности

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности; a_i – весовой коэффициент проекта; b_i – бальная оценка проекта, устанавливаемая опытным путем по выбранной шкале оценивания.

Расставляем бальные оценки и весовые коэффициенты в соответствии с приоритетом характеристик проекта, рассчитываем конечный интегральный показатель и сводим полученные результаты в таблицу 19.

Таблица 9.15 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Объект исслед – я Критерии	Весово й коэффициент параметра	Расчитанны й циклон	Цикло н УВЗ
Безопасность использования	0,30	5	5
Ремонтопригодност ь	0,30	4	2
Технические характеристики	0,15	4	5
Энергосбережение	0,15	4	3
Простота эксплуатации	0,10	4	4
Итого	1,00	4,3	3,7

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p.1.} = 0.30 \cdot 5 + 0.30 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.1 \cdot 4 = 4,3 \quad (202)$$

$$I_{р.2} = 0.30*5 + 0.30*2 + 0.15*5 + 0.15*3 + 0,1*4 = 3,7 \quad (203)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I1 = \frac{I_{р.1}}{I_{фин.1}} = \frac{4.3}{0.49} = 8.8 \quad (204)$$

$$I2 = \frac{I_{р.1}}{I_{фин.2}} = \frac{3,7}{0,95} = 3.9$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (табл. 19). Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I1}{I2} = \frac{8,8}{3,9} = 0,44 \quad (205)$$

Таблица 9.16 – Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	1	2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.49	0.95
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.3	3.7
3	Интегральный показатель эффективности	8.8	3.9
4	Сравнительная эффективность разновидностей исполнения	1	0.77

9.9 Выводы по главе:

1. Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации устройства, как наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;
2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения

- работы – 81 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 70 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 17;
3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 977293,9 руб;
 4. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:
 - Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0.49, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогом;
 - Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4.3, по сравнению с 3.7;
 - Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 8.8, по сравнению с 3.9, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

10 Социальная ответственность

Проектирование технологической линии переработки Копорского чая осуществлялась на персональном компьютере при помощи различного программного обеспечения. Разработка относится к пищевой промышленности. Рабочая зона производства представляет собой цех, отвечающий требованиям для пищевого производства.

Технологический процесс линии включает следующие основные стадии:

- сбор;
- завяливание;
- измельчение/изминание;
- ферментация;
- сушка.

10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При работах с вредными и опасными условиями труда, а также выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, работникам бесплатно выдаются прошедшие обязательную, сертификацию или декларирование соответствия специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты, а также смывающие и (или) обезвреживающие средства в соответствии с типовыми нормами.

При работе с вредными условиями труда работникам выдаются бесплатно по установленным нормам молоко или другие равноценные пищевые продукты. Выдача работникам по установленным нормам молока или других равноценных пищевых продуктов по письменным заявлениям работников может быть заменена компенсационной выплатой в размере, эквивалентном, стоимости этих продуктов, если это предусмотрено коллективным договором и (или) трудовым договором.

Федеральный государственный надзор за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, осуществляется федеральной инспекцией труда в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований по безопасному ведению работ в отдельных сферах деятельности

осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации уполномоченными федеральными органами исполнительной власти.

Ведомственный контроль за охраной труда проводят министерства и ведомства, которые контролируют внутриведомственное соблюдение законодательства о труде. Для этого создают специальные службы охраны труда в виде отделов с аппаратом инженеров по охране труда, санитарных врачей и других специалистов.

Профсоюзный общественный контроль за охраной труда осуществляют общественные инспектора и комиссии по охране труда комитетов профсоюзов. Для исключения возможности несчастных случаев должны проводиться обучение, инструктажи и проверка знаний работников требований безопасности труда.

10.2 Производственная безопасность

10.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В таблице, приведенной ниже собраны основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Таблица 10.1 Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-2015) [36]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Контроль за нормальным протеканием технологического процесса	1. Состояние воздушной среды 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны 3. Психофизическое факторы: физическое утомление	4. Электрический ток 5. Термические ожоги от нагретых поверхностей оборудования	1. СанПиН 2.2.4.548-96; ГОСТ 12.1.005-88 2. ГОСТ 12.0.003-2015; 3. Р 2.2.2006-05;

	и МОНОТОННОСТЬ процесса		ГОСТ 12.3.009-76 С СБТ. Р 2.2.2006-05 4.ГОСТ ИЕС 61140-2012 5.СП61.13330.2012
Обслуживание технологического оборудования	1. Превышение уровней шума 2. Повышенный уровень вибрации	3. Вращающиеся элементы оборудования, разрушение аппарата	1.ГОСТ 12.2.003–14 ССБТ; СНиП 23-03-2003 2.ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ 3.ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ; ГОСТ 12.2.061-81 СББТ

10.2.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих

10.2.2.1 Состояние воздушной среды

Важным фактором на проектируемой установке, является исключение вредного воздействия микроклиматических факторов на организм человека и созданием нормальных условий труда в рабочей зоне. На данной установке параметры воздушной среды соответствуют СанПиН 2.2.4.548–96 [36]. Он устанавливает оптимальные и допустимые микроклиматические условия для теплого, холодного и переходного периодов года в зависимости от тяжести выполняемых работ.

Таблица 10.2 Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С ⁰		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич. значение	Допусти м. значение	Фактич. значение	Допусти м. значение	Фактич. значение	Допусти м. значение
Холодный	Па	20	17-23	70	15-75	0,3	0,1-0,3
Теплый	Па	21	18-27	65	15-75	0,3	0,1-0,4

Исходя из таблицы 11.2, микроклиматические условия в рабочей зоне соответствуют нормам в рабочей зоне производственных помещений.

(СанПиН 2.2.4.548–96) [36]. В случае отклонения от норм, предусмотрено наличие систем отопления и кондиционирования.

10.2.2.2 Освещенность

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [37].

Таблица 10.3 Параметры систем естественного и искусственного освещения на рабочих местах

Наименование рабочего места	Тип светильника и источника света	Освещенность при совмещенной системе, лк	
		Фактически	Норм. значение
Центральный пульт управления	ЛЛ	520	500

В случае отключения освещения в производственных помещениях предусмотрено аварийное освещение.

10.2.2.3 Шум

Основными источниками шума в цехе переработки Иван-чая являются электродвигатели, приводящие в действие вентиляторы, измельчительную и изминательную машины, а также движущиеся детали самих машин: ротор и рабочее колесо. Уровень шума в помещении цеха, в непосредственной близости 87 дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 500 Гц, что превышает допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука для постоянных рабочих мест и рабочих зон в производственных помещениях и на территории предприятий, в соответствии с ГОСТ 12.1.003–83 с изм. 1999г.[38].

Длительное регулярное нахождение в производственном помещении без соответствующих средств защиты от шумового воздействия может повлечь шумовую болезнь (ухудшение слуха), а со временем и полную потерю слуха.

Методы и средства защиты от шума:

Средства и методы защиты от шума по отношению к защищаемому объекту подразделяют на коллективные и индивидуальные средства защиты [39].

Индивидуальные средства защиты: противошумные наушники, вкладыши, шлемы и каски, противошумные костюмы, антифоны, “беруши”.

Используют: звукопоглощающие материалы, звукоизолирующие кожухи и экраны, звукоизолированные кабины [38].

Таблица 10.3 Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003–83 с изм. 1999г.)[38]

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими									Уровни звука и эквивалентные
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

10.2.2.4 Вибрация

Основными источниками вибрации в цехе переработки Иван-чая являются электродвигатели, приводящие в действие вентиляторы, измельчительную и изминательную машины, а также движущиеся детали самих машин: ротор и рабочее колесо. Допустимые значения параметров транспортной, транспортнотехнологической и технологической вибрации устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.012-2004 [40]

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. Изменения в физиологическом состоянии организма — в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни. Методы и средства защиты от вибрации согласно ГОСТ 26568-85:

Средства и методы защиты от вибрации по отношению к защищаемому объекту подразделяют на коллективные и индивидуальные средства защиты [40].

Индивидуальные средства защиты: СИЗ рук оператора подразделяют на: рукавицы; перчатки; вкладыши; прокладки. СИЗ ног оператора подразделяют на: обувь; подметки; наколенники

Коллективные средства защиты: вибропоглощающие материалы, виброгасители [15]

При превышении локальной вибрации на рабочем месте установленного уровня вводится ограничение времени ее воздействия:

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.

10.2.2.5 Физическое утомление и монотонность процесса

Физическая нагрузка может быть связана с перемещением сырья, работой с оборудованием, погрузкой готовой продукции и т.п. и обуславливать динамическую перегрузку.

Физическое утомление - состояние, сопровождающееся чувством усталости, снижением работоспособности, ухудшением количественных и качественных показателей работы.

Важным показателем состояния организма является работоспособность, которая зависит от возраста, состояния здоровья, моральных и материальных стимулов. В течение рабочего дня она меняется, имея три периода: 1 — период вработывания, или вхождения в работу, (0,5 - 1,5 часа), имеет низкие показатели работоспособности. 2 — период устойчивого сохранения работоспособности (2 - 2,5 часа). 3 — период снижения работоспособности в результате утомления.

Основные пути снижения утомления

1. Оптимальная поза человека в процессе труда.
2. Соответствие оборудования эргономическим требованиям.

3. Оптимальная высота рабочей поверхности, в которой совершаются трудовые движения.
4. Упражнения и тренировка в процессе обучения, труда и творчества.
5. Организация рационального режима труда и отдыха
6. Использование производственной гимнастики.
7. Использование функциональной музыки и комнат психологической разгрузки.
8. Внедрение производственной эстетики: рациональная окраска и освещение помещений, музыка, оформление интерьера, хороший дизайн орудий труда.

Монотонный труд (работа) - это свойство некоторых видов труда, требующих от человека длительного выполнения однообразных, элементарных действий или непрерывной и устойчивой концентрации внимания в условиях дефицита сенсорной информации.

Монотония - особый вид функционального состояния организма человека, развивающегося в процессе монотонной работы.

Гипокинезия - это деятельность человека с ограниченной двигательной активностью.

Гиподинамия - это деятельность человека с ограниченными мышечными усилиями.

В условиях монотонного труда гипокинезия и гиподинамия являются факторами, способствующими развитию состояния монотонии.

Основными показателями монотонного труда являются:

- структурное однообразие, простота рабочих приемов (операций);
- непродолжительный временной цикл;
- высокая степень повторяемости;
- отсутствие творческих элементов;
- строго определенный регламент действий;
- принудительный ритм и темп;
- дефицит информации о ходе выполнения работы;
- отсутствие интеллектуально-эмоциональной нагрузки;
- легкая или средняя величина физической нагрузки и дефицит движений, что обуславливает гиподинамию и гипокинезию;
- постоянный фоновый шум;
- стробоскопический эффект люминесцентных ламп и др.;
- ограниченное пространство рабочих действий;
- изоляция, разобщенность рабочих.

В формировании восприятия трудового процесса как монотонного определенную роль играют психологические и физиологические особенности человека, его индивидуальная подверженность к развитию состояния монотонии.

Под влиянием монотонного труда в коре головного мозга развивается торможение, которое сопровождается: снижением адаптивных возможностей организма, что проявляется в низком уровне бодрствования, сонливости, нарушенным автоматизмом дней, адекватные реакции на раздражители, происходит изменение биоритмов.

Поэтому разрабатываемые мероприятия должны быть направлены на:

- совершенствование технологических процессов с целью уменьшения влияния монотонности труда;
- обеспечение оптимальной информационной и двигательной нагрузок;
- повышение уровня бодрствования, увеличение эмоционального тонуса и мотивации.

Все это достигается как оптимизацией содержания и условий трудовой деятельности, так и непосредственным воздействием на функциональное состояние организма человека комплекса технологических, организационно-технических и психофизиологических мер. Среди них важнейшее значение имеют:

- автоматизация и механизация однообразных ручных работ;
- совершенствование технологии, оптимизация содержания труда;
- совершенствование организации трудовой деятельности;
- совершенствование организации рабочего места;
- оздоровление условий производственной среды;
- применение психологических и социально-психологических факторов профилактики монотонии;
- разработка системы профориентации;
- рациональное использование вне рабочего времени.

10.2.2.6 Электробезопасность

В соответствии с «Правилами устройства электроустановок»[41], Помещение относится ко второму классу электробезопасности:

- помещения с повышенной опасностью поражения людей электрическим током характеризуются наличием в них одного из следующих условий:
 - влажность, превышающая 75%;

- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные);
- высокая температура (выше + 35°C);

10.2.2.7 Повышенная температура рабочих поверхностей

В результате работы оборудования может возникнуть нагревание рабочих поверхностей. Поэтому, персонал должен быть оснащён перчатками для избежание термических ожогов, а также аппаратура подверженная чрезмерному нагреву должна оснащаться тепловой изоляцией в соответствии с СП 61.13330.2012. Необходимо предусмотреть защитные ограждения согласно ГОСТ Р 51342-99 для создания физической преграды, которая будет предотвращать приближение человека к источнику опасности и установить соответствующие предупреждающие вывески (плакаты) согласно ГОСТ 12.4.026-2015.

10.2.2.8 Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

Движущийся транспорт на производстве можно встретить при завозе сырья и отгрузке готового продукта. Основополагающими причинами опасностей, связанных с движением транспорта является нарушение требований правил дорожного движения.

При эксплуатации производственного оборудования возникает опасность получения травм, а также возможны случаи с летальным исходом. Для предотвращения подобных ситуаций персонал обязан соблюдать технику безопасности при работе с машинами и механизмами, используемыми в технологической линии. К эксплуатации данного оборудования должны привлекаться только лица, имеющие соответствующую квалификацию и прошедшие инструктаж по технике безопасности при использовании оборудования. Также оборудование следует оснащать знаками безопасности согласно ГОСТ 12.4.026-2015 ССБТ

10.2.2.9 Требования безопасности при обслуживании

- Высокая квалификация обслуживающего персонала;
- эксплуатация оборудования и аппаратов в соответствии с требованиями настоящего регламента и эксплуатационных рабочих инструкций;
- соблюдение правил по технике безопасности на каждом рабочем месте;
- соблюдение норм технологического режима, установленных настоящим технологическим регламентом;
- систематический контроль за работой аппаратов, машин и трубопроводов, определение их состояния по внешнему виду;
- немедленная остановка производства при нарушении герметичности аппаратов и трубопроводов, сильной вибрации и неисправности машин и механизмов;
- соблюдение установленных планово-предупредительных и капитальных ремонтов оборудования;
- выполнение установленных правил пуска и остановки отдельных узлов, оборудования и всего производства в целом;
- постоянный контроль и своевременный ремонт КИПиА и ЭВМ;
- исправность и безотказность работы средств пожаротушения;
- обеспечение обслуживающего персонала индивидуальными средствами защиты;
- наличие и исправность ограждений у вращающихся и движущих частей оборудования;
- теплоизоляция всего оборудования и коммуникаций, имеющих температуру поверхности выше 60°C;
- наличие и исправность заземлений оборудования и трубопроводов.

10.3 Экологическая безопасность

При разработке технологической линии возникает необходимость утилизировать ТБО, люминесцентные лампы и сырье различного вида (бумага, пластик, микросхемы приборов КИПиА).

Данные отходы передаются в соответствующие специализированные организации для дальнейшей переработки, либо на специализированный полигон. Первый вариант

является более предпочтительным, так как переработка отходов является перспективным направлением развития технологии.

При эксплуатации теплообменного оборудования, адсорбционного оборудования, фильтров пыли, насосов и прочего оборудования цеха газообразные отходы производства, загрязняющие окружающую среду, отсутствуют. Основными отходами производства являются: сточные воды, содержащие примеси масел, а также пыль, задерживаемая фильтром пыли во время очистки воздуха [35].

Нормальная воздушная среда в помещениях цеха обеспечивается системами отопления и вентиляции.

10.3.1. Охрана почв

Отработанное смазочное масло вывозится за пределы предприятия и подвергается регенерации на специальных регенерирующих установках. Смазочное масло, которое не подлежит регенерации, утилизируется. В результате утилизации отработанное масло преобразуется в гидрофобный порошок, обладающий высокими силикатными свойствами, который можно использовать в строительстве при изготовлении гидрозащитных оснований, площадок, при строительстве хранилищ, отстойников, обсыпок дорог и др [35].

10.3.2. Охрана гидросферы

В цехе предусмотрена ливневая и хоз- бытовая канализация. В нее поступают сточные воды от мытья полов в помещениях. Основным загрязнителем сточных вод являются следы масел, по содержанию не превышающие ПДК. Все сточные воды подвергаются механической и химической очистке на очистных сооружениях предприятия.[40]

10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

10.4.1 Пожарная и взрывная безопасность

В соответствии с классификацией производств по пожарной опасности (ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности") [44], зданию цеха присвоена категория пожарной опасности В, которая включает в себя производства,

связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов(в том числе пыли и волокна), а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120° С (смазочное масло).

Возможные источники и причины пожаров и взрывов на рабочем месте:

- загорание смазочных масел и обтирочного материала при неправильном их хранении;
- загорание промасленной спецодежды и материалов при соприкосновении их открытым огнем или горячими частями оборудования и трубопроводов;
- загорание промасленной одежды, смазочных масел, чайной пыли от попадания на них искр.

Организационные противопожарные меры включают в себя мероприятия: режимного характера, обучение и разработку планов эвакуации людей в случае пожара. Технические меры – это современные автоматические средства сигнализации, которые должны быть установлены в каждом помещении цеха, методы и устройства ограничения распространения огня, автоматические стационарные системы тушения пожаров. Также помещение цеха должно быть оснащено первичными средствами пожаротушения-огнетушитель порошковый АВС(Е) для класса А, которые располагаются на щитах типа ЩП-А (щит пожарный для очагов пожара класса А) на видном и легкодоступном месте. ЦПУ должен быть оснащен кнопочным извещателем, с помощью которого можно своевременно информировать пожарную службу [44].

В целях снижения вероятности возникновения взрыва или пожара на производстве следует выполнять общие требования по охране труда .

10.4.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и социального характера

При возникновении загорания (пожара) независимо от его размера, аппаратчик должен [22]:

- немедленно вызвать пожарную команду по телефону или при помощи кнопочного извещателя;
- Вызвать скорую помощь и газоспасательный отряд.
- сообщить о загорании (пожаре) начальству;
- приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;
- Остановить технологический процесс.

- при угрозе жизни - покинуть помещение.

10.5 Выводы по главе

В разделе социальная ответственность рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, определены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации оборудования, возможное их действие на человека, а так же меры их предотвращения. Так же рассмотрено влияние производства на экологию и действие персонала в чрезвычайных ситуациях и возможные чрезвычайные ситуации.

Согласно изученной документации, данный объект исследования соответствует нормам и является безопасным для эксплуатации, однако, есть превышение нормативов по шуму, поэтому при эксплуатации объекта необходимо использовать СИЗ и СКЗ.

1 Выводы

В ходе работы были достигнуты поставленные цели:

- Разработана технология и проект линии переработки копорского чая
- В разделе финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
Проведены расчеты, которые подтверждают конкурентоспособность проекта и его эффективность
- В разделе социальная ответственность определены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации оборудования и меры их предотвращения

Список использованных источников

1. Бушуева Г.Р. // Кипрей Узколистый – Перспективный Источник Биологически Активных Соединений. 2016. Т. 17. № 2. С. 15-23.
2. Синев Д.Н. Рецептурный Справочник (Авторские Прописи. Сборы Из Лекарственного Растительного Сырья-Фитосборы. Биологически Активные Добавки К Пище - Фиточай). Спб. : Фолиант, 2004. 342с.
3. Кунце Х.-И. Русский Иван-Чай. М:Мир, 2015 216 С.
4. *Кузьмин Ю. В.* Доктор П. А. Бадмаев: Ученый, Дипломат, Предприниматель / Ред. С. Л. Кузьмин; М-Во Образования И Науки Российской Федерации, Байкальский Гос. Ун-Т Экономики И Права, Центр Изучения Монголии. — М.: Товарищество Науч. Изд. КМК, 2014. — 184, [30] С. — (Сфера Евразии). — 500 Экз.
5. Лычковский В.П. Чудо-Чай. Ч. 1 киров: Онпу, 2017 54 С.
6. *Оборотова Н. А. И Др.* Особенности Технологии Лекарственной Формы Ханерола // Мат. 3-Го Съезда Фармацевтов КазССР. — Кустанай, 1987. — С. 280—281.
7. Пономарев В.Д. Экстрагирование Лекарственного Сырья. М. : Медицина, 1976. 202с.
8. *Балицкий К. П., Воронцова А. Л.* Лекарственные Растения И Рак. — Киев: Наукова Думка, 1982.
9. *Тамм Е. Л.* О Противовоспалительном Действии Спиртовых Экстрактов Кипрея Узколистного // Тез. Докл. 4-Й Междунар. Конф. По Мед. Ботанике. — Киев, 1997. — С. 489—490.
10. Мамчур Ф. И., Гладун Я. Д. Лекарственные Растения На Приусадебном Участке. - К. Урожай, 1985. - 112 С., Ил.
11. Лекарственные Растения: Энциклопедический Справочник / Под Ред. А. М. Гродзинского. – К.: Олимп, 1992. – 544 С.: Ил.
12. Личко Н.М. – Технология переработки растениеводческой продукции. – М.: КолосС, 2008. – 583 с.: ил. – (Учебники и учеб. Пособия для студентов средних специальных учебных заведений).
13. Справочник По Заготовкам Лекарственных Растений / Д. С. Ивашин, З. Ф. Катина, И. З. Рыбачук И Др. – 6-Е Изд., Исп. И Доп. – К.: Урожай, 1989. – 288 С.: Ил.
14. Календула – Золотые Цветки Здоровья. Н. Башкирцева. – Ик Крылов, 2008. – 128 С.
15. Кархут В.В. Живая Аптека – К. Здоровье, 1992. – 312 С., Ил., 2, Арк. Ил.

16. Кортнев А.В., Рублев Ю.В., Куценко А.Н. Целебный Иван-Чай М.: Издательство «Высшая Школа», 1965 568 С
17. Кархут В. В. Лекарства Вокруг Нас. – К.: Здоровье, 1993. – 232 С.
18. Жохова Е.В. Фармакогнозия: Учебник Для Студентов Фармацевтических Колледжей И Техникумов. М. : Гэотар-Медиа, 2016. 544 С.
19. Носаль И. М. От Растения – К Человеку. – К.: Веселка, 1993. – 606 С.
20. Кучинская З.М. И Др. Оборудование Для Сушки, Гранулирования И Брикетирования Кормов. Djvu Скорость Сушки
21. В.М. Лыков. Сушка в химической промышленности М.: Издательство «Химия», 1970 423 С
22. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - 9-е изд.- Л.: Химия, 1981.-560с.
23. ГОСТ Р 34233.1 -2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
24. ГОСТ Р 34233.2 -2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек от 27.12.17
25. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов вузов/ М.Ф. Михалев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984.- 301 с., ил.
26. ГОСТ Р 34233.8-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты с рубашками , введен 27.12.2007
27. ГОСТ Р 52857.5-2007 Обечайки и днища от воздействия опорных нагрузок
28. З.Б. Кантарович. Основы расчета химических машин и аппаратов. 3-е издание, переработанное. – М. Государственное научно-техническое издание машиностроительной литературы, 1960. - 744
29. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. 3-е изд., стереотипное. – М.: ООО ИД «Альянс», 2008. – 752 с.
30. И.С. Потапцев, А.А. Буцев, Е.В.Матвеев. Расчёт и конструирование муфт. Пособие для курсового проектирования. –Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2001 – 45с.
31. О.К. Семакина. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования отрасли. Учебное пособие. – Томск: Издательство ТПУ, 2015, 177 с.

32. Каталог датчиков промышленной автоматики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mtn.nt-rt.ru/images/manuals/2000.pdf>, свободный
33. Датчики метран [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.emerson.ru/documents/automation/каталог-датчики-давления-метран-150-раздел-каталога-метран-ru-4848826.pdf>, свободный
34. И.Г.Видяев, Г.Н. Сериков, Н.А.Гаврикова Томск 2014 «Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
35. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
36. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
37. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
38. СНиП П-12-77. Защита от шума.
39. ГОСТ 12.1.012-2004. Вибрация. Общие требования безопасности
40. Правила устройства электроустановок (ПУЭ 7). Издание седьмое
41. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
42. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
43. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

Приложение А

(справочное)

Literature review

Development of technology and main equipment for processing Koporye tea

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ81	Астафьев Олег Николаевич		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Виктор Владимирович	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Диденко Анастасия Владимировна	к.ф.н.		

Introduction

Narrow-leaved fireweed (Ivan-tea, Koporye tea) is a herbaceous perennial plant, the family is Onagraceae. It grows everywhere in the Northern Hemisphere in well-lit areas such as forest edges, peatlands, ravines, clearings, sites of fire and lands prone to erosion.

Fireweed reaches a height of up to 2 meters, has straight stalk with leaves pointed to the top and serrated at the edges. Inflorescences are brushes up to 45 cm long with flowers of a pinkish tint. All parts of the plant are beneficial for the body, but in this work only its leaves are considered.

In total, the plant has almost 200 varieties; some of the species are officially registered in the Pharmacopoeia in Germany and used in official medicine. In Russia, it has not done yet because of the complexity and high cost of registration.

The chemical composition of narrow-leaved fireweed makes it incredibly useful for the human body. The fireweed contains:

- Flavonoids that cleanse the body;
- Tannins with anti-inflammatory, disinfecting effects;
- Mucus that relieves cramping, soothing pain;
- A small amount of alkaloids that accelerate metabolism and improve blood circulation;
- Pectin that helps to control appetite;
- Vitamins A, C, which improve vision, skin and hair condition;
- Organic acids and polysaccharides that improve the functioning of enzymes.

Due to the wide range of chemical elements and their complex effects, fireweed has a general strengthening effect on the whole body, and it is often prescribed for recovery from serious illnesses.

The drink from Ivan Tea has been known for its taste and healing properties, it is noticed that it:

- boosts immunity,
- has anti-inflammatory and analgesic effects,
- participates in hematopoiesis,
- strengthens blood vessels,
- normalizes pressure, etc. [1]

Therefore, an infusion, a decoction or an extract can be used as a component of functional nutrition, making up for the deficiency of organic acids in the body: ascorbic, nicotinic and folic acids; minerals: P, K, Ca, Mg, P, Na, and vitamins A, B6, B2.

The once thriving branch of the economy was almost forgotten, however, the technology for processing and obtaining such a valuable product was restored, and is currently on the rise, in most cases it is implemented in a manual mode.

The purpose of this work is to develop and select a chain of devices for low-volume production of brewed tea for everyday use and to obtain a concentrated extract of the drink for further use in food and Pharmacopoeia. [2]

In the financial management, resource efficiency and resource saving section, competitors are studied and performance indicators are calculated in case of application of this development.

In the section of social responsibility, all possible hazards during equipment operation are evaluated and measures to prevent them are identified.

1 Literature review

In Russia, Ivan-tea was one of the main drinks, not only quenching thirst, but also restoring strength. The drink does not contain caffeine.

The first mention of the drink dates back to the 12th century and is associated with the Koporye fortress. Alexander Nevsky recaptured it from the Livonian Order. At that time, this fortress was the second in importance in the northwestern region [3].

The first production of fermented Ivan-tea was founded in Koporye, therefore the other name of the drink is “Koporye tea”. Denmark and England officially purchased the dried plant in pounds, while France and Prussia smuggled it. There were many unscrupulous merchants who mixed Koporye tea with Chinese, more expensive tea, which was prosecuted by law [3].

The peak of popularity of the fireweed came in the 19th century, but competitors were able to oust Ivan-tea from the market. By the end of the century, England began to worry about financial affairs, because its tea company, which sold Indian tea, began to suffer losses. The British said that to grind Ivan-tea, Russians used white clay, which was very unhealthy. Purchases of Ivan-tea significantly reduced, and after 1917 they completely discontinued. As a result, production in Koporye went bankrupt. When the Russian Empire ceased to exist, the tea business in Russia was completely forgotten [3].

At the beginning of the 20th century, Petr Badmaev, who was a scientist and a practitioner of Tibetan medicine, studied the healing properties of herbs, including fireweed. He opened the clinic for senior officials. In this clinic, tinctures and decoctions based on Ivan-tea and other herbs were prepared, promising healing and treatment of various diseases [4].

Fireweed flowers contain anthocyanins, roots - proteins, salts of phosphorus, calcium and cobalt. The seeds contain oils. The composition of the roots of Ivan tea includes organic acids, polysaccharides, starch [5].

A significant amount of tannins and mucous substances explains the enveloping, wound healing, anti-inflammatory and analgesic properties of Ivan-tea. The plant is applied for lung diseases, for rinsing sore throat, inflamed gums; for nosebleeds and sinusitis. Water decoction treats eczema, burns, and skin rashes.

Koporsky tea also has a calming effect on the central nervous system. Fireweed can change the conditioned reflex activity, which is important in the treatment of neurosis. Tea contains hyperoside, a stress protector that reduces aggressiveness, and soothes insomnia and headaches.

In the 70s, a group of specialists at the All-Russian Cancer Center of the Russian Academy of Medical Sciences obtained Enotein B. This substance, contained in the inflorescences of fireweed, actively fights tumors, and inhibits their growth [5]. In addition, the ability of narrow-leaved fireweed to suppress the reproduction of the herpes simplex virus in tissue cultures has been established [16].

In the St. Petersburg Chemical Pharmaceutical Academy in 1997, E.L. Tamm studied the effect of leaf and rhizome extracts of narrow-leaved fireweed with intraperitoneal administration at various stages of the inflammatory process. The control group of animals was injected with physiological solution of sodium chloride.

It was found that plant extracts from narrow-leaved fireweed have anti-allergic, decongestant properties on the gastric ulcer. The drugs significantly reduced destruction of the mucous membrane of the rats' stomachs.

Thus, the studied extraction had an inhibitory action on the inflammation process. The data obtained can be used to develop new drugs from fireweed.

Summing up, fireweed is a promising raw material for processing and its further use for food and medical purposes. There must be a special technology and equipment that allows processing raw materials and maintaining maximum benefit. However, there are only imported equipment options on the market, with a processing method that does not comply with these requirements.

1.1 Theoretical and experimental studies

1.2 Theoretical research

The goal of theoretical analysis is a development of the optimal technology for its processing and the necessary equipment based on a tealeaf and a narrow-leaf fireweed leaf processing data.

The research method is a theoretical analysis of the literature on this topic.

From sources, it is found that the process includes the following stages:

1. Collection and sorting;
2. Withering is a partial removal of moisture from a fresh leaf. It is necessary to give the leaf elasticity and to prevent it from breaking and not kinking;
3. Twisting is a necessary process for the destruction of cellular structures and the start of the fermentation process;
4. Fermentation is a complex biochemical process with the conversion of some chemicals to others, usually simpler in chemical structure
5. Drying is necessary to stop the fermentation process;
6. Packing and storage.

All sources of information unanimously argue that the collection must be done in the morning, before the plant begins to bloom actively. During this period the leaves contain the maximum concentration of nutrients and only the healthiest ones (no spots, specks, etc.).

Some sources claim that withering should be carried out in an open area under direct sunlight. However, studies conducted in other sources confirm that this method is unacceptable due to the creation of conditions for the oxidation of many chemicals. They recommend withering without access to light, at a temperature of no more than 30 °C, to prevent leaf overdrying. It is important to begin processing within the first 3 hours after collection in order to avoid "tanning" of the leaf. For the implementation of this stage, it is necessary to use a chemically inert material not to disrupt the natural course of oxidative processes in the leaf. Therefore, a drum dryer made of food-grade stainless steel, domestic production SB-100-600, was selected for the line.

Twisting is carried out until the appearance of juice, which subsequently gives rise to the fermentation stage. The manual method of twisting is not interesting due to energy costs, but the method using rollers - machines for twisting tealeaves with their operating principle is taken as a prototype. Using the roller of this construction is impractical due to existing weaknesses. 4 bearing units, worm gear torque will cause frequent repairs. In addition, the selection of equipment is influenced by the specifics of Indian and Chinese tea. Unlike Koporsky, their leaf is rougher.

Therefore, for these types of leaves, aggressive processing is required, which is unnecessary for fireweed.

Fermentation must be carried out without access of air at a temperature of no more than 30°C. The fermentation process is due to the work of anaerobic bacteria, and not aerobic as in Indian or Chinese tea. Therefore, for this operation, a non-standard apparatus for the fermentation of Koporsky tea will be designed based on the principle of operation of the apparatus in the source.

Drying is necessary to stop the fermentation process, as well as remove excess moisture from the feed. The sources [6], [7], offer drying in an oven at 60-80°C, as well as roasting at 100-120°C similar to the stages of processing Indian and Chinese tea. However, this raw material contains a large number of thermolabile substances, for which this processing method is unacceptable.

Therefore, for further developments, the methodology is adopted with a drying temperature not higher than 35 °C in a drying cabinet.

Packing and storage of the finished product should be carried out in sealed containers and places without moisture, and various pests in accordance with GOST.

1.3 The main results of an experimental study

The following experiments were carried out to further confirm the correct application of this technology. Raw materials were collected to determine the yield of wild-growing fireweed and the appropriateness of further development. The collection was held during the summer of 2019, in an environmentally friendly area - the village of Makurino, Kemerovo region. A healthy, young leaf was collected from the top of the plant (15 - 20 cm) before the flowering period.

The performed research work allowed determining the yield of leaf mass of wild-growing fireweed per unit area. The density of fireweed thickets was determined according to the method proposed by the source [9] and amounted to 30 plants per square meter. Productivity amounted to 700-800 g of green leaf or 150-170 grams of the finished product from one square meter that is 1500-1700 kg / ha. this will make it possible to compensate for the costs of the production line and break even in one season selling product at a wholesale price of 700 r / kg.

A further experiment was aimed at obtaining raw materials for further study of the composition.

Withering of the leaf was carried out in a dark room on pallets, with regular mixing of the mass at an air temperature of 25-30°C for 5 hours with a layer thickness of 7-10 cm.

Withering is a special case of drying, mainly convective, or radiation-convective, the temperature should not exceed 35 °C to preserve the useful properties of the product, and the rate of evaporation of moisture should not exceed the rate of normal movement of fluid in the tissues of the leaf. Otherwise, the leaf will dry out and become unsuitable for processing.

The leaf was twisted manually until the juice appeared. At this stage, cellular structures are destroyed, their contents are mixed. In this process, intracellular enzymes are released that trigger the process of a chain of biochemical changes, the next stage is fermentation.

It is important to carry out this stage as efficiently and quickly as possible, destroying cell membranes. In contrast to Chinese tea, the fermentation process involves not aerobic, but anaerobic bacteria located on the leaf, the task of which in nature is to start the process of decay of the plant. Mixing with cellular juice, they start the process of natural fermentation and the effect of oxygen is detrimental to them.

An experiment was also carried out to freeze the leaf at -15 °C for 10 hours in the freezer. Because of freezing, cell structures are destroyed by rupture with liquid crystals. The experiment is justified by the need to store the leaf without the risk of loss of raw materials, for a uniform load capacity of the production line.

Grinding may be a form of processing the leaf to produce small-leaf tea. It is carried out in drum or screw type grinders.

Fermentation was carried out from 3 to 24 hours in an enameled container at a temperature of 22-26 °C. The leaf mass was tightly packed and covered with a damp cloth without air.

Biochemical transformations started at the stage of drying and twisting at the stage of fermentation reach their peak. This is the primary and secondary fermentation. Pigments and essential oils are formed. Organic and inorganic elements are converted into an easy-to-digest form. There is also a tertiary fermentation stage. It occurs after drying - the tea becomes even more saturated.

Drying was carried out at an adjustable temperature of 35 ± 5 °C in a Zanussi OPZB4334X household oven with a layer thickness of not more than 3 cm for 8 hours. It is necessary to stop the fermentation, inactivate the enzymes, remove the remaining moisture and fix in the leaf all the properties formed earlier.

Sorting and packing was carried out manually. These processes are the final stage of the processing of fireweed. After drying, tea is made into factory mixtures, packaged, and sent for storage or sale.

Organoleptic evaluation of tea is also carried out. according to GOST ISO 3103-2013, the following is evaluated after preparing the infusion:

- aroma - its saturation and shades;

- taste - richness, tint, flavor;
- appearance of boiled tea leaf - color and saturation of boiled tea leaf.

The assessment is conducted on a 10-point scale. On this scale, the lowest grades of tea are rated at 1.5 points, and the highest quality ones are 5.5 points and above. A tea score of 9-10 points is still considered unattainable. The test report contains:

- information needed to identify the sample;
- information on the sampling method;
- information on circumstances that could affect the results of the analysis;
- analysis results.

Next, a group is assigned (from 1 to 4). This experiment was carried out according to GOST 32572-2013. The resulting tea variety received a total score of 5.25, and is assigned to the second group, which is a good result.

Large tea factories use automated packaging lines to pack in disposable bags or in packs in bulk. In our case, the shipment of tea will be in bulk in branded craft packages. Sorting will be realized on a vibrating table.

The leaves, after twisting, are sent for drying to get green tea. Fermentation stops. The result is tea that has a different taste and smell than black. Biologically, it is poorer than black, because many elements are in poorly absorbed form.

The yield coefficient of the finished product for each technological operation was 0.22. Estimated technological losses were calculated, which amounted to 2% of the feedstock. The technological calculation performed below and the selected technological equipment should ensure the processing of 100 kilograms of green Ivan-tea leaf per shift.

An experiment was also conducted to produce extracts from Ivan tea leaves in the form of a concentrate. The work was carried out using a 500 ml Soxhlet laboratory glass extractor. After each extraction cycle, a sample was taken of the extract flowing into the boiling flask. The mass fraction of solids in the extract was determined using an IRF-454 B2M refractometer. [4]

Based on the experiments it was found:

- realization more than five consecutive extractions is not advisable;
- In total, after three extractions, from 34% (for non-fermented) to 49% (for fermented and after freezing) of water-soluble substances are extracted.

Also, the data necessary for the engineering of extraction equipment were identified:

- bulk density of dry raw materials (0.43 g / cm³);
- swelling index , which is practically independent of the type of fermentation, is 2.5;
- water-holding capacity amounted to 2.37 kg. per kg dry weight of raw materials.

And for verification, an experiment was conducted according to GOST 28552-90 Tea by methods for determination of total water-insoluble and water-soluble ash. The result was similar with a calculation error of 3%.