

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

Школа **Инженерная школа новых производственных технологий**
 Отделение школы (НОЦ) **Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера**
 Направление подготовки **18.03.01 Химическая технология**
 Профиль **«Машины и аппараты химически производств»**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование теплообменного оборудования для производства молочных продуктов

УДК 66.045.1:637.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Василёнок Татьяна Михайловна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

**Планируемые результаты обучения по ООП 18.03.01
«Химическая технология» выпуска 2021 г.**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способность осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способность осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способность воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способность управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способность поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способность создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Дополнительная универсальная компетенция университета	
УК(У)-9	Способность проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владеет пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

Код компетенции	Наименование компетенции
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность настраивать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ПК(У)-21	Готовность разрабатывать проекты в составе авторского коллектива
ПК(У)-22	Готовность использовать информационные технологии при разработке проектов
ПК(У)-23	Способность проектировать технологические процессы с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства в составе авторского коллектива
Дополнительная компетенция университета	
ДПК(У)-1	Способность проводить стандартные испытания материалов и изделий, проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку и анализ результатов

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

Школа **Инженерная школа новых производственных технологий**
 Отделение школы (НОЦ) **Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера**
 Направление подготовки **18.03.01 Химическая технология**
 Профиль «**Машины и аппараты химических производств**»

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Беляев В.М.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Г61	Василёнок Татьяне Михайловне

Тема работы:

Проектирование теплообменного оборудования для производства молочных продуктов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.01.2021 №29-63/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Пластинчатый теплообменник для охлаждения молока. Производительность по исходному веществу – 10 м³/час; Начальная температура на входе – 25-30°C; Конечная температура – 4-6°C Хладоноситель – ледяная вода; Температура хладоносителя – 0,5-2°C</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение Обзор литературы Технологический расчет Гидравлический расчет Выбор конструкционных материалов Механический расчет Результаты проведенного исследования Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность Заключение Список использованных источников</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Технологическая схема (А1) - 1 лист 2. Теплообменник. Вид общий (А1) - 2 листа 3. Экономические показатели (А1) - 1 лист</p>

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.04.2021
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Беляев Василий Михайлович	к.т.н		27.04.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Василёнок Татьяна Михайловна		27.04.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 100 с., включает 14 рисунков, 39 таблиц, 30 литературных источников.

Ключевые слова: теплообменное оборудование, расчет аппаратов, производство молочных продуктов, проектирование, пластинчатый теплообменник.

Объектом исследования является теплообменное оборудование на производстве молочных продуктов на ООО «Томское молоко», г. Томск.

Цель работы – Модернизация теплообменного оборудования для производства молочных продуктов с целью увеличения производительности цеха.

В результате был рассчитан пластинчатый теплообменник для охлаждения молока.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики

Область применения – производства молочной продукции.

Экономическая эффективность и значимость работы – Использование разработанного решения позволит повысить качество продукта или увеличить производительность установки.

Оглавление

РЕФЕРАТ	6
Оглавление	7
Введение	8
1 Литературный обзор	9
1.1 Анализ и оценка конъюнктуры рынка	9
1.2 Процессы переработки молока и основное оборудование	11
1.3 Пластинчатые теплообменники	16
2 Расчеты и аналитика	18
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	65
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	65
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	65
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	66
3.1.3 SWOT-анализ	68
3.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	69
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	69
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	70
3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	72
3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	76
3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	76
3.3.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ	76
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	77
3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	79
3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	79
3.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	80
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	81
4 Социальная ответственность	86
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
4.2 Производственная безопасность.....	88
4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования	88
4.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.	89
4.3 Экологическая безопасность.....	94
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	96
Заключение	98
Список использованных источников	99

Введение

Молоко является скоропортящимся продуктом, поэтому качество молока и молочных продуктов напрямую зависит от скорости обработки и переработки сырого сырья.

К основным технологическим процессам переработки молока можно отнести: охлаждение, пастеризация, фильтрация, нормализация и сепарация.

В результате проведения того или иного набора технологических операций на молокоперерабатывающих предприятиях получают питьевое молоко (с необходимыми свойствами), сыры, масла, сливки, йогурты и т.д.

Предприятия по переработке молока целесообразно располагать вблизи крупных населённых пунктов, которые и будут являться основным потребителем молочной продукции.

Согласно статистическим данным, потребление молока растет. Так, последнее пятилетие молочной продукции было продано на 1 млн тонн больше, чем за предыдущий рассматриваемый период. Общее количество переработанного и проданного молока за этот период –около 35 млн тонн.

Эксперты в отрасли оценивают потенциал роста рынка в более чем в два млн тонн. Реализовать этот потенциал могут как новые фермы, так и существующие производители.

Таким образом, оптимизация и модернизация действующих производств молочной продукции является актуальной задачей на сегодняшний день.

1 Литературный обзор

1.1 Анализ и оценка конъюнктуры рынка

Производство молока в России – одна из важнейших пищевых отраслей. Известно, что молочная продукция необходима в рационе каждого человека. Совсем недавно каждая семья, проживающая в сельской местности, имела свой скот, то сейчас это нерентабельно, а ввиду того, что сельское население стремительно стареет, так и физически сложно. Однако, в России можно наблюдать тенденцию развития сектора молочного хозяйства и молочной промышленности.

Обеспечение продовольственной безопасности страны является важной государственной задачей. На данный момент количество производимого молока в России перекрывает порядка 80 % от общей потребности, такой высокий показатель обеспечен благодаря сильному наращиванию мощностей в молочной отрасли ввиду экономико-политической ситуации.

Производство молока во многих регионах России является ключевой экономической сферой, которая приносит доход и обеспечивает рабочие места. Однако, если говорить об общей картине, то молочное животноводство в России составляет лишь доли процента от общей суммы валового внутреннего дохода [1].

Предприятия молочной промышленности можно поделить на две группы по роду деятельности:

- добыча сырого молока;
- переработка молока.

Распределение сырого молока осуществляется следующим способом:

- 40 % отправляется молокоперерабатывающие заводы для изготовления молочных продуктов питания;
- 30 % остается в сфере животноводства;
- 5 % используется для производства детского питания и мороженого;

- 25 % идет на изготовление сухого молока и молочных полуфабрикатов.

Основные виды продукции, выпускаемой с молокоперерабатывающих предприятий:

- питьевое молоко;
- сырое цельное молоко;
- сливочное масло;
- сыры;
- кисломолочные продукты;
- детские молочные смеси, консервированные каши.
- сухое молоко;
- сгущенное молоко;

Молочная продукция – товары первой необходимости, при этом, как правило, имеет ограниченный срок службы.

Данная особенность накладывает некоторые ограничения на предприятия при организации производства, а именно:

- Необходимо учитывать климатические условия местности, где предполагается постройка предприятия;
- Рядом с предприятием должны находиться плодородные пастбища.
- Производственные цеха необходимо располагать вдали от дорог и других предприятий;
- Необходима развитая транспортная инфраструктура для осуществления быстрой доставки продукции до потребителя [2].

Наиболее благоприятными регионами для производства молока/молочной продукции в России являются Западный и Центральный.

Лидером по производству молока является Приволжский федеральный округ – около 10,0 млн тонн (треть от всего объема производства). Второе место – Центральный федеральный округ – около 20 % от общего объема

производства молока. Третье место занимает Сибирский федеральный округ – чуть менее 20 % [3].

Основные проблемы, которые стоят перед компаниями-производителями молочной продукции, сырого молока:

1. Конкурентное преимущество импортируемой продукции. Завезенные товары имеют более низкую стоимость.
2. Производство молока в РФ имеет высокую себестоимость ввиду низкого развития технологической базы;
3. Низкое качество исходного сырья ввиду масштабного использования растительных добавок;
4. Недостаток сырья в летние месяцы.

1.2 Процессы переработки молока и основное оборудование

После приемки сырья на молокоперерабатывающее предприятия следует ряд технологических операций, в результате которых получается готовый к реализации продукт.

Охлаждение и резервирование молока

Целью охлаждения сырого молока является продление срока хранения без изменения его качества.

Рекомендуемая технологическими инструкциями по производству молочных продуктов температура охлаждения молока составляет $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Резервирование сырого молока до начала промышленной переработки при температуре $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$ допускается не более 36 ч (включая время перевозки).

На рисунке представлены основные типы аппаратов, применяемых для охлаждения молока.



Рисунок 1.1 – Аппараты для охлаждения молока

Охладители открытого типа используются, как правило, для процессов с малым расходом молока и различаются по конструкции: емкостные и оросительные.

В качестве хладагента в оросительных холодильниках применяют фреон или аммиак.

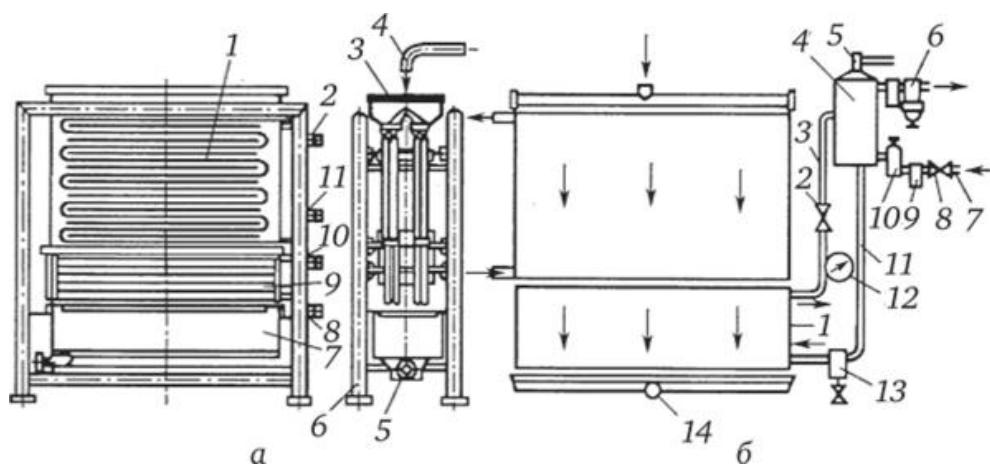


Рисунок 1.2 – Открытый (оросительный) охладитель:

Для предприятий с небольшим выпуском продукции является актуальным применение емкостных охладителей, ввиду своей простоты и универсальности. Так, такие охладители применяются для сбора, охлаждения, а также хранения продукта или сырья. Охлаждение осуществляется непосредственно кипящим хладагентом или посредством промежуточного хладоносителя.

Охладитель трубчатого типа (рисунок 1.3) представляет собой кожух с трубкой, расположенными внутри. Горячий поток движется по внутренней трубе, а холодный противотоком по межтрубному пространству.

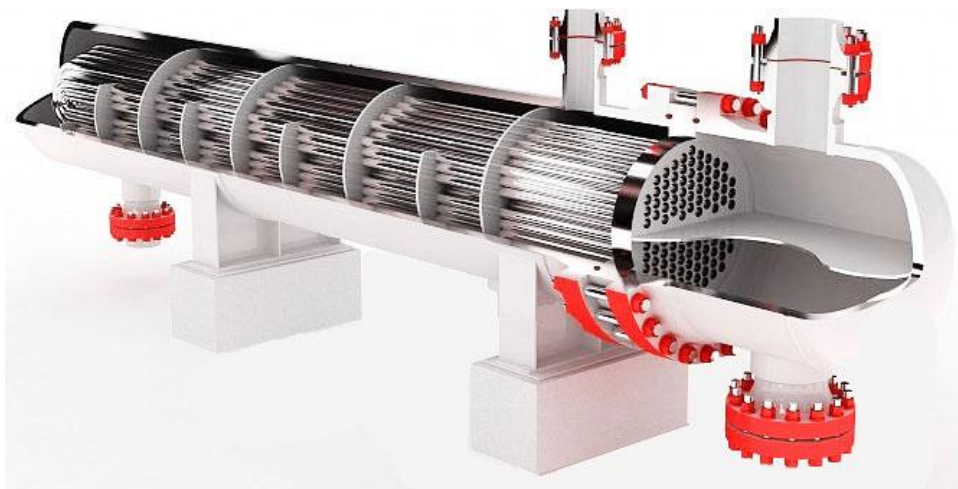


Рисунок 1.3 – Кожухотрубчатый теплообменник

Охладитель пластинчатого типа (рисунок 1.4) представляет собой теплообменный аппарат, рабочая поверхность которого выполнена из отдельных параллельно герметично сомкнутых пластин. Рифленая поверхность пластин образует каналы, по которым текут охлаждаемый и охлаждающий поток.

К основным технологическим параметрам пластинчатого теплообменника относятся количество пластин и их тип, которые представлены различными размерами и формами

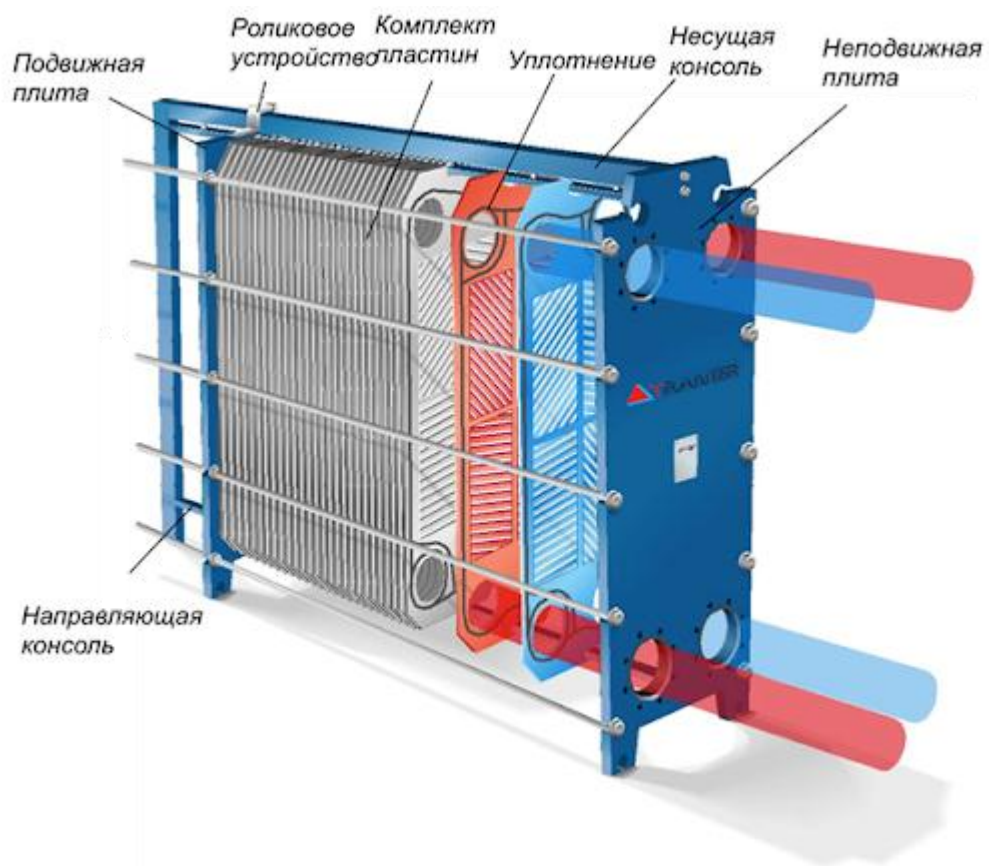


Рисунок 1.4 – Пластинчатый теплообменник

Очистка молока

Очистка молока проводится на молочных заводах с использованием сепараторов.

Центробежная (сепараторная) очистка позволяет выделить из молока посторонние механические частицы и микроорганизмы.

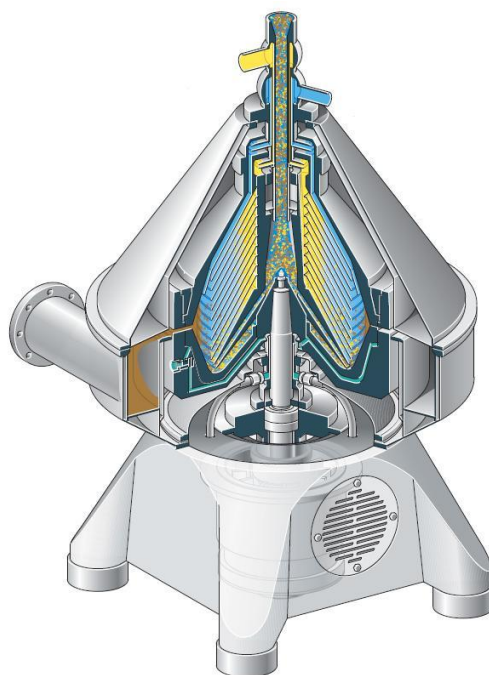


Рисунок 1.5 – Промышленный молочный сепаратор

Нормализация

Нормализация проводится, в основном, по массовой доле жира и массовой доле белка. Нормализацию молока по жиру выполняют смешением (периодический способ – к исходному цельному молоку добавляют обезжиренное молоко или сливки) или в потоке (непрерывный способ – от исходного молока отбирают часть сливок или обезжиренного молока).

Гомогенизация

Гомогенизация включается в схему производства практически всех молочных продуктов (за исключением нежирных и сливочного масла; при выработке пастеризованного молока 0 массовой долей жира 3,5 % и более, топленого молока, сухого цельного молока, сгущенного стерилизованного молока гомогенизация обязательна).

Цель гомогенизации – дробление жировых шариков в молоке и формирование стабильной эмульсии повышенной вязкости, стойкой к выделению свободного жира.

Гомогенизация проводится, как правило, в двухступенчатом режиме при давлении от 3 до 25 МПа и температуре от 33 °С. При производстве мо-

локосодержащих продуктов давление гомогенизации рекомендуется устанавливать на 3-5 МПа больше, чем аналогичных молочных продуктов.

Пастеризация

Пастеризация предназначена для: полного уничтожения патогенной микрофлоры; снижения до минимально возможной величины общего содержания микроорганизмов в молоке; инактивации ферментов и антибактериальных веществ; придания молоку определенных технологических свойств (в т.ч. особенностей вкуса и цвета).

Пастеризация осуществляется при температурах от 65 до 95 °С без выдержки или с выдержкой до 30 мин. Выбор режима пастеризации зависит от вида вырабатываемого продукта и применяемого оборудования.

Таким образом, основное оборудование на перерабатывающих заводах состоит из:

- подогревателей;
- сепараторов;
- пастеризаторов;
- охладителей;
- емкостей для хранения.

1.3 Пластинчатые теплообменники

На молокоперерабатывающих предприятиях широко используют пластинчатые теплообменники. Как правило, это процессы охлаждения и нагрева, пастеризация и получение различных молочных продуктов.

Нормативы предполагают, что патрубки таких теплообменников должны быть изготовлены из нержавеющей стали.

Различают несколько вариантов патрубков теплообменников, используемых в молочном производстве:

- Молочные гайки – быстросъемные соединения
- Резьбовое соединение – экономичный, распространённый вариант патрубка

- Втулки – используют, когда трубопровод на месте подсоединения имеет фланец.

Также, теплообменники данного типа применяются для нагрева/охлаждения продуктов молочной переработки, а именно сливки, йогурты, ряженка, снежок и т.д. Однако, конструкция таких теплообменников имеет свои особенности. Так, ширина канала должна быть более широкой, чем в случае с молоком. Это объясняется высокой вязкостью перечисленных продуктов.

Пищевые производства, в особенности такие как, молочное производство требует регулярных операций по промывке оборудования, ввиду непродолжительного срока годности/смены производственного цикла.

Использование пластинчатых теплообменников по данному признаку имеет преимущества:

- Они легко разбираются и собираются;
- Каждую пластину легко промыть, при этом можно не снимать уплотнения с пластины.

2 Расчеты и аналитика

Исходные данные:

Изменение температуры горячей среды	$20 \rightarrow 6 \text{ } ^\circ\text{C}$
Изменение температуры холодной среды	$4 \rightarrow 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Начальная температура горячей среды, $^\circ\text{C}$	$t_{1н} := 20$
Конечная температура горячей среды, $^\circ\text{C}$	$t_{1к} := 6$
Начальная температура холодной среды, $^\circ\text{C}$	$t_{2н} := 0.5$
Конечная температура холодной среды, $^\circ\text{C}$	$t_{2к} := 4$
Расход молока, кг/с	$G_1 := 2.8$

Разность температур горячей среды, $\Delta t_1 := 20 - 6 = 14 \text{ } ^\circ\text{C}$

Разность температур холодной среды, $\Delta t_2 := 4 - 0.5 = 3.5 \text{ } ^\circ\text{C}$

Средняя разность температур вычисляется по формуле:

$$\Delta t_{\text{ср}} := \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = 8.75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя температура горячей среды, $t_{1\text{ср}} := \frac{20 + 6}{2} = 13 \text{ } ^\circ\text{C}$

Средняя температура холодной среды, $t_{2\text{ср}} := \frac{4 + 0.5}{2} = 2.25 \text{ } ^\circ\text{C}$

Теплофизические свойства сред

	горячей среды при $t_{1\text{ср}} = 13 \text{ } ^\circ\text{C}$	холодной среды при $t_{2\text{ср}} = 2.25 \text{ } ^\circ\text{C}$
Плотность, кг/м^3	$\rho_1 := 1009$	$\rho_2 := 1000$
Теплопроводность, $\text{Вт/м}\cdot\text{К}$	$\lambda_1 := 0.675$	$\lambda_2 := 0.681$
Теплоемкость, $\text{Дж/кг}\cdot\text{К}$	$c_1 := 4190$	$c_2 := 4198$
Коэффициент динамической вязкости, $\text{Па}\cdot\text{с}$	$\mu_1 := 0.307 \cdot 10^{-3}$	$\mu_2 := 0.345 \cdot 10^{-3}$

Тепловая нагрузка

$$Q_1 := G_1 \cdot c_1 \cdot (t_{1н} - t_{1к}) = 1.642 \times 10^5 \quad \text{Вт}$$

$$G_2 := \frac{Q_1}{c_2 \cdot (t_{2к} - t_{2н})} \quad G_2 = 11.179$$

Коэффициент теплопередачи от жидкости к жидкости примем минимальным, соответствующий турбулентному течению, по табл.2.1[1]

$$K_{op} := 1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Находим ориентировочную поверхность теплоотдачи:

$$F_{op} := \frac{Q_1}{K_{op} \cdot \Delta t_{cp}} = 18.771 \quad \text{м}^2$$

По табл.2.13[1] для уточненного расчета примем:

Вариант 1. Площадь пластины $f=0,3 \text{ м}^2$, площадь поверхности теплообмена $F=16 \text{ м}^2$, число пластин $N=56$, масса аппарата $M=440 \text{ кг}$.

Вариант 2. Площадь пластины $f=0,6 \text{ м}^2$, площадь поверхности теплообмена $F=25 \text{ м}^2$, число пластин $N=44$, масса аппарата $M=400 \text{ кг}$.

Вариант 3. Площадь пластины $f=0,2 \text{ м}^2$, площадь поверхности теплообмена $F=12.5 \text{ м}^2$, число пластин $N=34$, масса аппарата $M=800 \text{ кг}$.

2.1 Уточненный расчет требуемой поверхности [1]

Рассмотрим разборный пластинчатый теплообменник (Вариант 1)

Техническая характеристика пластин:

d , эквивалентный диаметр канала, м

S , поперечное сечение канала, м^2

$L_{п}$, приведенная длина канала, м

$$d_3 := \begin{pmatrix} 8.0 \cdot 10^{-3} \\ 8.3 \cdot 10^{-3} \\ 8.8 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix} \quad S := \begin{pmatrix} 11 \cdot 10^{-4} \\ 24.5 \cdot 10^{-4} \\ 17.8 \cdot 10^{-4} \end{pmatrix} \quad L_{II} := \begin{pmatrix} 1.12 \\ 1.01 \\ 0.518 \end{pmatrix}$$

$$a_1 := \begin{pmatrix} 1.37 \\ 1.375 \\ 0.96 \end{pmatrix} \quad b_1 := \begin{pmatrix} 0.3 \\ 0.6 \\ 0.46 \end{pmatrix} \quad \delta_{ст} := 0.001$$

Компоновка пластин: Сх:18/18, т.е по одному пакету для обоих потоков. Всего в аппарате 36 пластин.

Скорость горячей жидкости в 18каналах [1]: $m := 18$

$$w_1 := \frac{G_1}{\rho_1 \cdot S \cdot m} = \begin{pmatrix} 0.14 \\ 0.063 \\ 0.087 \end{pmatrix} \frac{M}{c}$$

Критерий Прандтля: $Pr_1 := \frac{\mu_1 \cdot c_1}{\lambda_1} = 1.906$

Критерий Рейнольдса: $Re_1 := \frac{w_1 \cdot d_3 \cdot \rho_1}{\mu_1} = 7.907 \times 10^3$

$Re_1 > 50$ т.е. режим турбулентный.

При турбулентном режиме и площади пластин, коэффициент а и показатели степени b и c [1]:

$$a := \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.135 \\ 0.065 \end{pmatrix} \quad b := 0.73 \quad c := 0.33$$

Средняя температура стенки: $t_{срст} := \frac{15 + 2.25}{2} = 8.625 \quad 0C$

$$\mu_{\text{ст}} := 324.95 \cdot 10^{-6} \quad \text{Па} \cdot \text{с}$$

$$c_{\text{ст}} := 4205 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda_{\text{ст}} := 0.68 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\text{Pr}_{\text{ст}} := \frac{\mu_{\text{ст}} \cdot c_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} = 2.009$$

Критерий Нусельта: $\text{Nu}_1 := c \cdot \text{Re}_1^{0.7} \cdot \text{Pr}_1^{0.4} = 228.627$

Коэффициент теплоотдачи от горячей жидкости к стенке при $\text{Re}_1 > 50$

$$\alpha_1 := \frac{\lambda_1 \cdot \text{Nu}_1}{d_3} = \begin{pmatrix} 1.929 \times 10^4 \\ 1.859 \times 10^4 \\ 1.754 \times 10^4 \end{pmatrix} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Скорость холодной жидкости в 36 каналах [1]: $\underline{m} := 36$

$$w_2 := \frac{G_2}{\rho_2 \cdot S \cdot m} = \begin{pmatrix} 0.282 \\ 0.127 \\ 0.174 \end{pmatrix} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Критерий Прандтля: $\text{Pr}_2 := \frac{\mu_2 \cdot c_2}{\lambda_2} = 2.127$

Критерий Рейнольдса: $\text{Re}_2 := \frac{w_2 \cdot d_3 \cdot \rho_2}{\mu_2} = 1.404 \times 10^4$

$\text{Re}_1 > 50$ т.е. режим турбулентный.

При турбулентном режиме и площади пластин, коэффициент a и показатели степени b и c [1]:

$$\underline{\text{Pr}}_{\text{ст}} := \frac{\mu_{\text{ст}} \cdot c_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} = 2.009$$

Критерий Нусельта
$$Nu_2 := a \cdot Re_2^b \cdot Pr_2^c = \begin{pmatrix} 136.719 \\ 184.571 \\ 88.868 \end{pmatrix}$$

Принимаем разборный пластинчатый теплообменник типа ТПР, поверхность теплопередачи $F=16\text{ м}^2$, поверхность пластины $f=0.3\text{ м}^2$, количество пластин $N=56$, масса аппарата $M=440\text{ кг}$.

Коэффициент теплоотдачи от холодной жидкости к стенке при $Re_1 > 50$

$$\alpha_2 := \frac{\lambda_2 \cdot Nu_2}{d_3} = \begin{pmatrix} 1.164 \times 10^4 \\ 1.514 \times 10^4 \\ 6.877 \times 10^3 \end{pmatrix} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Принимаем:

Тепловая проводимость загрязнений: $r_1=r_2=r$

$$r := \frac{1}{4000} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Сумма термических сопротивлений гофрированной пластины из нержавеющей стали толщиной $0,001\text{ м}$ (см.табл.2.14) и загрязнений:

$$R_{\text{ст}} := r + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + r = 5.383 \times 10^{-4} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коэффициент теплопередачи [1]:

$$K_{\text{ст}} := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R_{\text{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \begin{pmatrix} 1.479 \times 10^3 \\ 1.519 \times 10^3 \\ 1.35 \times 10^3 \end{pmatrix} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Расчетная поверхность теплопередачи [1]:

$$F_p := \frac{Q_1}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \begin{pmatrix} 12.691 \\ 12.354 \\ 13.905 \end{pmatrix} F = 1 \text{ м}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{А}^2 \cdot \text{с}^4$$

Теплообменники с номинальной поверхностью F имеют запас поверхности:

$$\Delta = \frac{(F - F_p) \cdot 100}{F} := \begin{pmatrix} 20.6 \\ 50.4 \\ -0.11 \end{pmatrix}$$

2.2 Гидравлический расчет теплообменного аппарата

Расчет производим согласно [1]

Исходные данные для горячей жидкости:

Плотность, кг/м^3 [14]

$$\rho_{\text{ж}} := 1004$$

Теплопроводность стали 03X17H14M3:

$$\lambda_{\text{стл}} := 26.1 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Эквивалентный диаметр канала

$$d_3 := 8.0 \cdot 10^{-3}$$

Скорость горячей жидкости в 28каналах, м/с

$$w_1 := 0.012$$

$$L_{\text{п}} := 1.01$$

$$Re_1 = 7.907 \times 10^3$$

Коэффициент, зависящий от площади пластины, при турбулентном режиме:

$$a := 15$$

Коэффициент гидравлического сопротивления при турбулентном режиме:

$$\xi_1 := \frac{a}{Re_1^{0.25}} = 1.591$$

Гидравлическое сопротивление теплообменного аппарата для горячей воды:

Число пакетов для данного теплоносителя: $x_1 := 1$

$$\Delta P_1 := x_1 \cdot \xi_1 \cdot \frac{L_{\text{п}} \cdot \rho_1 \cdot w_1^2}{d_3} = 14.517 \quad \text{Па}$$

Скорость движения горячей жидкости в штуцерах:

$$w_{шт1} := \frac{G_1}{\rho_1 \cdot 0.785 \cdot (0.065)^2} = 0.841 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$w_{шт1} < 2.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, поэтому гидравлическое сопротивление в штуцерах не учитываем

Исходные данные для ледяной воды:

Плотность, кг/м³ $\rho_2 = 1 \times 10^3$

Эквивалентный диаметр канала, м $d_{\text{экв}} := 8.0 \cdot 10^{-3}$

Скорость горячей жидкости в 28 каналах, м/с $w_2 := 0.05$

Приведённая длина канала, м $L_{\text{пр}} := 1.01$

Критерий Рейнольдса $Re_2 = 1.404 \times 10^4$

Коэффициент, зависящий от площади пластины, при турбулентном режиме:
 $a = 15$

Коэффициент гидравлического сопротивления при турбулентном режиме:

$$\xi_2 := \frac{a}{Re_2^{0.25}} = 1.378$$

Гидравлическое сопротивление теплообменного аппарата для холодной воды:

Число пакетов для данного теплоносителя: $x_2 := 1$

$$\Delta P_2 := x_2 \cdot \xi_2 \cdot \frac{L_{\text{п}}}{d_3} \cdot \frac{\rho_2 \cdot w_2^2}{2} = 217.448 \text{ Па}$$

Скорость движения холодной жидкости в штуцерах:

$$w_{шт2} := \frac{G_2}{\rho_2 \cdot 0.785 \cdot 0.125^2} = 0.911 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$w_{шт2} < 2.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, поэтому гидравлическое сопротивление в штуцерах не учитыва-

Находим мощность насоса для перекачки воды:

$$N_1 := \frac{\frac{G_1}{\rho_1} \cdot \Delta P_1}{0.9} = 0.045 \quad \text{Вт}$$

2.3 Конструктивный расчет теплообменника

2.3.1 Расчет патрубков и подбор фланцев

Согласно рекомендациям [2] определим диаметр патрубка и подберем фланец.

Исходные данные:

Плотность молока, кг/м³ [14] $\rho_1 = 1.004 \times 10^3$

Расход молока, кг/с

Плотность холодной воды, кг/м³ [14] $G_1 := 2.8$

Расход холодной воды, кг/с $\rho_2 := 1.000 \times 10^3$
 $G_2 := 11.2$

Скорость движения молока в штуцерах

Примем скорость движения в патрубке, м/с $w_{\Pi} := 1$

Объемный расход: $V := \frac{G_1}{\rho_1} = 2.789 \times 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$

$$d_{шт1} := \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w_{\Pi}}} = 0.06 \text{ м}$$

Принимаем внутренний диаметр патрубка: $d_{шт1} := 0.065 \text{ м}$

Скорость движения ледяной воды в штуцерах:

$$w_{шт1} := \frac{G_1}{\rho_1 \cdot 0.785 \cdot d_{шт1}^2} = 0.841 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Теплоноситель - холодная вода

Примем скорость движения в патрубке, м/с $w_{шт} := 1$

Объемный расход:

$$V := \frac{G_2}{\rho_2} = 0.011 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$d_{шт2} := \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w_{шт}}} = 0.119 \quad \text{м}$$

Принимаем внутренний диаметр патрубка: $d_{шт2} := 0.125 \text{ м}$

Скорость движения холодной жидкости в штуцерах:

$$w_{шт2} := \frac{G_2}{\rho_2 \cdot 0.785 \cdot d_{шт2}^2} = 0.913 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Фланцы для штуцеров выбираем по [10]. Выбираем фланцевые соединения для патрубков с плоской привалочной поверхностью (рис.3.4).

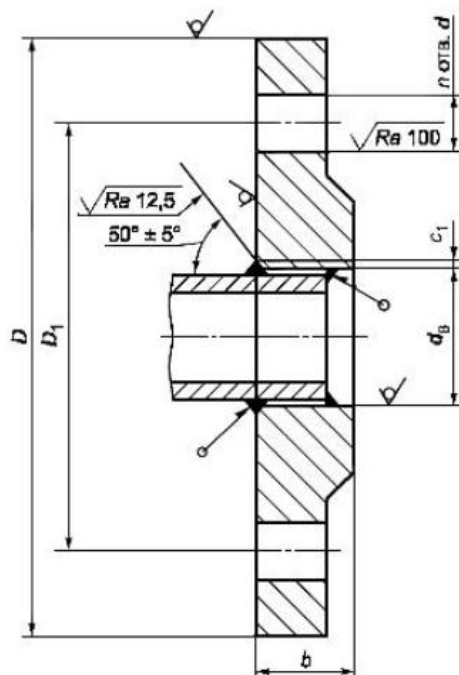


Рисунок 3.4-Плоский фланец

Характеристики фланца представлены в табл.3.1.

Таблица 3.1-Размеры уплотнительной поверхности фланца Ду=125мм

Dy, мм	d _в , мм	b, мм	c ₁ , мм	D, мм	D ₁ , мм	d, мм	n, мм	Номинальный диаметр резьбы болтов
125	135	16	4	235	200	18	8	M16

Таблица 3.1-Размеры уплотнительной поверхности фланца Ду=65мм

Dy, мм	d _в , мм	b, мм	c ₁ , мм	D, мм	D ₁ , мм	d, мм	n, мм	Номинальный диаметр резьбы болтов
65	78	14	4	160	200	130	4	M16

2.4 Прочностной расчет теплообменника

Так как теплообменник (рис.3.1) установлен в помещении, максимальная температура и давление не превышают 50⁰С и 0,6МПа, соответственно, и теплоносителем является вода, поэтому выбираем в качестве конструкционного материала сталь 09Г2С.

Сталь 09Г2С конструкционная низколегированная применяется для сварных конструкций. Выбрали эту сталь для длительной эксплуатации аппарата. Допустимый диапазон температур от минус 40 до плюс 400.

Все рассчитываемые узлы пластинчатого теплообменника (шпильки, опоры, фланцы, плиты) изготовлены из стали 09Г2С.

Исходные данные:

Рабочее давление, МПа	$P_1 := 0.6$
Диаметр отверстия под штуцер, мм	$d_1 := 125$
Количество отверстий под штуцера, шт	$\underline{N} := 4$
Срок эксплуатации, лет	$\tau := 10$
Скорость коррозии, мм/год	$K := 0.05$
Ширина прокладки пластины, мм	$i := 13$
Длина плит, мм	$n := 1775$
Ширина плиты, мм	$\underline{m} := 500$
Приведенный диаметр, мм	$D_b := 1925$

2.4.1 Определение расчетных параметров

Расчетная температура:

$$T := 130 \quad ^\circ\text{C}$$

Расчетное давление принимаем равное рабочему

$$P := P_1 = 0.6 \quad \text{МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 09Г2С для рабочих условий по табл.А.1[4]:

$$t := \begin{pmatrix} 100 \\ 150 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 177 \\ 171 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_p := \text{linterp}(t, \sigma, 130)$$

$$\sigma_p = 173.4 \quad \text{МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 09Г2С для условий гидравлических испытаний по табл.А.1[4]:

$$\sigma_{20} := 196$$

Пробное давление при гидравлическом испытании:

$$P_{\text{и}} := 1.25 \cdot P \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_p} = 0.848 \quad \text{МПа}$$

Прибавку к расчетным толщинам вычисляют согласно [4] по формуле:

$$c = \blacksquare = c_1 + c_2 + c_3$$

Определим прибавки к расчетной толщине стенки:

-для компенсации коррозии

$$c_1 := \tau \cdot K = 0.5 \quad \text{мм}$$

-на минусовой допуск

$$c_2 := 0.05 \quad \text{мм}$$

-технологическая прибавка

Поскольку в ходе технологических операций изготовления не происходит утонения стенки, в соответствии с рекомендациями [4] примем:

$$c_3 := 0$$

$$c := c_1 + c_2 + c_3 = 0.55$$

2.4.2 Расчет прямоугольных боковых плит [3]

2.4.2.1 Расчет прижимной плиты [3]

Схема расчета прижимной плиты представлена на рис.4.1.

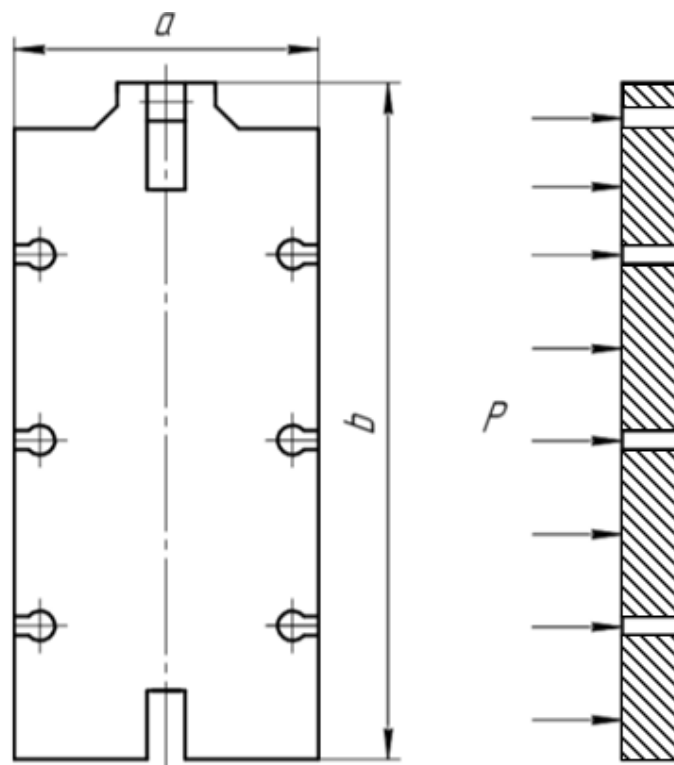


Рисунок 4.1-Расчетная схема прижимной плиты

Номинальная толщина прямоугольной крышки в рабочих условиях должна быть не менее определенной по формуле [11]

$$S_1 = s = S_{1R} + c$$

Расчетная толщина неподвижной плиты в рабочих условиях:

$$S_{1R} = s = K_m \cdot Y \cdot m \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_p}}$$

Коэффициент K_m определяется по формуле:

$$K_m := \frac{0.5 \cdot D_b}{D_{1H}} = 0.538 \quad D_{1H} := n + i = 1.788 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

Коэффициент Y определяется по формуле:

$$Y := \frac{1.41}{\sqrt{1 + \left(\frac{m}{n}\right)^2}} = 1.357$$

$$S_{1R} := K_m \cdot Y \cdot m \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_p}} = 21.488 \quad \text{мм}$$

$$S_1 := S_{1R} + c = 22.038 \quad \text{мм}$$

Номинальная толщина прямоугольной крышки в условиях гидроиспытаний должна быть не менее:

$$S_{2R} := K_m \cdot Y \cdot m \cdot \sqrt{\frac{P_H}{\sigma_{20}}} = 24.024 \quad \text{мм}$$

$$S_2 := S_{2R} + c = 24.574 \quad \text{мм}$$

Принимаем толщину прижимной плиты равной $S_{\Pi} := 40 \quad \text{мм}$

Проверка условия прочности толщины стенки при гидроиспытаниях и в рабочих условиях

$$Us1_P := \begin{cases} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} & \text{if } S_2 > S_{\Pi} \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } S_1 > S_{\Pi} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_P = "Условие прочности выполняется"

4.2.2 Расчет неподвижной плиты [3]

Схема расчета неподвижной плиты представлена на рис.4.2.

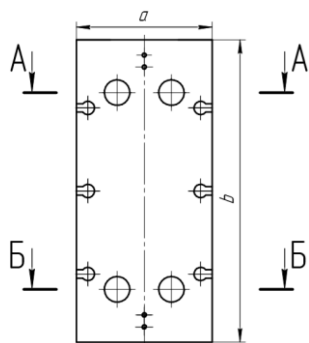


Рисунок 4.2-Схема неподвижной плиты

В сечении А-А, 2 отверстия
Коэффициент ослабления:

Расчетная толщина неподвижной плиты в сечении А-А, в рабочих условиях:

$$S_{AR1} := \frac{S_{1R}}{K_{oA}} = 23.01 \quad \text{мм}$$

Номинальная толщина неподвижной плиты в сечении А-А, в рабочих условиях должна быть не менее:

$$S_{1RA} := S_{AR1} + c = 23.56 \quad \text{мм}$$

Расчетная толщина неподвижной плиты в сечении А-А, в условиях гидравлических испытаний:

$$S_{AR2} := \frac{S_{2R}}{K_{oA}} = 25.726 \quad \text{мм}$$

Номинальная толщина стенки боковой неподвижной плиты в сечении А-А, в условиях гидравлических испытаний должна быть не менее:

$$S_{2RA} := S_{AR2} + c = 26.276 \quad \text{мм}$$

Проверка условия прочности толщины стенки

В сечении Б-Б, 2отверстия

Коэффициент ослабления:

$$K_{oB} := \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_1 + d_1}{D_b}\right) + \left(\frac{d_1 + d_1}{D_b}\right)^2}} = 0.934 \quad K_{oA} := \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_1 + d_1}{D_b}\right) + \left(\frac{d_1 + d_1}{D_b}\right)^2}}$$

Расчетная толщина неподвижной плиты в сечении А-А, в рабочих условиях:

$$S_{BR1} := \frac{S_{1R}}{K_{oB}} = 23.01 \quad \text{мм}$$

Номинальная толщина неподвижной плиты в сечении А-А, в рабочих условиях должна быть не менее:

$$S_{1RB} := S_{BR1} + c = 23.56 \quad \text{мм}$$

Расчетная толщина неподвижной плиты в сечении А-А, в условиях гидравлических испытаний:

$$S_{BR2} := \frac{S_{2R}}{K_{oB}} = 25.726 \quad \text{мм}$$

Номинальная толщина стенки боковой неподвижной плиты в сечении А-А, в условиях гидравлических испытаний должна быть не менее:

$$S_{2RB} := S_{BR2} + c = 26.276 \quad \text{мм}$$

Выбираем максимальные расчетные значения толщины неподвижной плиты:

-расчетное

$$S_{1A} := \max(S_{AR1}, S_{AR2}, S_{BR1}, S_{BR2}) = 25.726 \quad \text{мм}$$

-номинальное

$$S_{1Ah} := \max(S_{1RA}, S_{2RA}, S_{1RB}, S_{2RB}) = 26.276 \quad \text{мм}$$

мм

Us1_P := $\begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \max(S_{1A}, S_{1AH}) > S_H \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$
Us1_P = "Условие прочности выполняется"

$S_H := 50$

Принимаем толщину неподвижной плиты равной:

2.4.3 Расчет по выбору минимального диаметра крепежных деталей [4]

2.4.3.1 Расчет по выбору минимального диаметра для шпильки стяжной

Исходные данные:

Длина прокладки (по центру прокладки),мм	$A := 1335$
Ширина прокладки (по центру прокладки),мм	$B := 560$
Ширина уплотнительного пояса прокладки,мм	$i := 13$
Высота прокладки до обжатия,мм	$h_{пр} := 4.4$
Относительное сжатие прокладки	$\varepsilon := 0.4$
Количество стяжек резьбовых	$z := 6$
Коэффициент,учитывающий трение при стяжке гаек	$\zeta := 0.26$
Наружный диаметр резьбы шпильки стяжной,мм	$d_0 := 48$
Коэффициент запаса плотности	$k := 2.5$
Коэффициент трения резина-металл	$f := 0.6$
Величина сжатия прокладки,мм	$\Delta h := 1.76$
Длина прокладки (по внутренней стороне прокладки),мм	$A_1 := 1322$
Ширина прокладки (по внутренней стороне прокладки),мм	$B_1 := 547$

2.4.3.2 Определение расчетных параметров

Модуль упругости резины, МПа

$$E_{\text{пр}} := 4 \cdot \left(1 + \frac{i}{h_{\text{пр}}} \right) = 15.818$$

Номинальное допускаемое напряжение для шпильки стяжной из стали 09Г2С по табл.А.1[4]

$$t := \begin{pmatrix} 100 \\ 150 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 177 \\ 171 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_w := \text{linterp}(t, \sigma, 130)$$

$$\sigma_w = 173.4 \quad \text{МПа}$$

Допускаемое напряжение при гидравлических испытаниях для шпильки стяжной из стали 09Г2С по табл.А.1[4]

$$\sigma_{wh} := 196 \quad \text{МПа}$$

Принимаем момент на ключе при стяжке гаек равным: $M_k := 150000 \quad \text{Н} \cdot \text{мм}$

Усилие необходимое для обжатия прокладки на 40%вычисляется по формуле:

$$F_{об} := 2 \cdot (A + B) \cdot i \cdot E_{\text{пр}} \cdot \varepsilon = 3.117 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

$$F_2 := 2 \cdot (A + B) \cdot i \cdot P = 2.956 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

$$F_p := A \cdot B \cdot P = 4.486 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

$$F_{2h} := 2 \cdot (A + B) \cdot i \cdot P_{\text{н}} = 4.177 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

$$F_h := A \cdot B \cdot P_{\text{н}} = 6.338 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Усилие начальной затяжки гаек:

$$F_0 := \frac{M_k \cdot z}{\zeta \cdot d_0} = 7.212 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Гидростатическое усилие от рабочего давления:

$$F_{0\text{вр}} := \max \left(\begin{pmatrix} F_{об} \\ F_2 + F_p \\ F_0 \end{pmatrix} \right) = 4.781 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Гидростатическое усилие от давления гидравлических испытаний:

$$F_{0wh} := \max \left(\begin{pmatrix} F_{об} \\ F_{2h} + F_h \\ F_0 \end{pmatrix} \right) = 6.755 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Минимальный диаметр шпильки стяжной определяется как максимальный из следующих двух величин:

-минимальный расчетный диаметр стержня шпильки стяжной при расчетном давлении

$$d_{wp} := \sqrt{1.27 \cdot \frac{F_{0wp}}{Z \cdot \sigma_w}} = 24.159 \quad \text{мм}$$

-минимальный расчетный диаметр стержня шпильки стяжной при давлении гидравлического испытывния

$$d_{wh} := \sqrt{1.27 \cdot \frac{F_{0wh}}{Z \cdot \sigma_{wh}}} = 27.01 \quad \text{мм}$$

Проверка условия прочности

$$Us1_P := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } d_{wh} \geq d_0 \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_P = "Условие прочности выполняется"

$$\frac{d_{wh}}{d_0} = 0.563$$

2.4.3.3 Расчет по выбору минимального диаметра стержня болтов

Примем момент на ключе при затяжке болтов равным:

$$M_k := 300000 \quad \text{Н} \cdot \text{мм}$$

Номинальное допускаемое напряжение для шпильки стяжной из стали 09Г2С по табл.А.1[4]

$$t := \begin{pmatrix} 100 \\ 150 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 177 \\ 171 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{ww} := \text{linterp}(t, \sigma, 130)$$

$$\sigma_w = 173.4 \quad \text{МПа}$$

Наружный диаметр резьбы стержня болтов: $d_0 := 24$

Усилие на болтах от заданного момента на ключи при затяжке болтов

$$F_{0w} := \frac{M_k}{\zeta \cdot d_0} = 4.808 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Минимальный диаметр стержня болтов принимается из принятого момента на ключе по формуле:

$$d_w := \sqrt{1.27 \cdot \frac{F_{0w}}{\sigma_w}} = 18.765 \quad \text{мм}$$

Проверка условия прочности

$$Us1_P := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } d_w \geq d_0 \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \frac{d_w}{d_0} = 0.782$$

Us1_P = "Условие прочности выполняется"

2.4.4 Расчет прокладок на распор гидростатическим давлением

Сжимающее напряжение в прокладке:

$$q := E_{пр} \cdot \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} = 10.545 \quad \text{МПа}$$

Реакция прокладки, равная по величине силе нормального давления на прокладку

$$U := 2 \cdot (A + B) \cdot i \cdot q = 5.196 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Максимальное внутреннее давление, при котором еще сохраняется плотность соединения, определяется по формуле [15]:

$$p := \frac{1}{k} \cdot \frac{f \cdot U}{(A_1 + B_1) \cdot h_{пр} \cdot (1 - \varepsilon)} = 25.272 \quad \text{МПа}$$

Условие сохранения плотности соединения:

$$Us1_P := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } p < P_{и} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_P = "Условие прочности выполняется"

2.4.5 Прочностной расчет фланцевого соединения [3]

Схема фланцевого соединения представлена на рис.4.3.

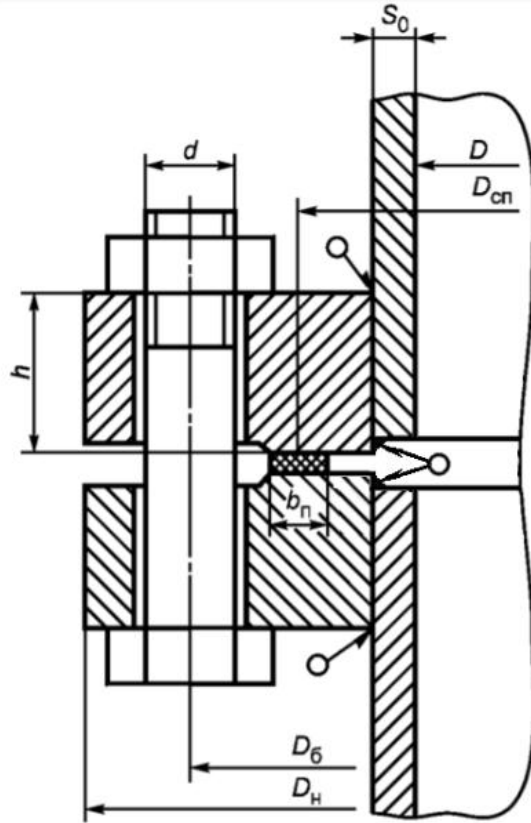


Рисунок 4.3-Фланцевое соединение

Исходные данные:

Тип фланца: фланцевое соединение с плоскими фланцами

Тип уплотнительной поверхности: гладкий

Внутренний диаметр фланца, мм	$D := 125$
Наружный диаметр фланца, мм	$D_H := 235$
Диаметр окружности расположения болтов, мм	$D_6 := 200$ $D_{Hn} := 206$
Наружный диаметр прокладки, мм	$b_n := 22.5$
Ширина прокладки, мм	$h_n := 2$
Толщина прокладки, мм	$h := 17$
Толщина плоского фланца, мм	$d := 16$
Диаметр болтов, мм	$n := 8$
Число болтов, шт	
Расчетное давление, МПа	$P := 0.6$
Изгибающий момент, МН*м	$M := 0$
Осевое сжимающие усилие, МН	$F := 0$
Суммарная прибавка к расчетной толщине, мм	$c = 0.55$
Рабочая температура, °С	$t := 130$
Поправочный коэффициент для допускаемых напряжений сталей [4]	$\eta := 1$
Толщина патрубка плоского фланца, мм	$S_0 := 5$

2.4.5.1 Основные расчетные значения

Расчетные температуры

-расчетная температура неизолированных плоских фланцев по табл. В1[9]

-расчетная температура болтов по табл. В1[9]

$$t_{\phi} = 124.8$$

$$t_{\phi} := 0.96 \cdot t$$

$$\sigma_{д.б} = 125.37 \quad \text{МПа}$$

Модуль упругости для болтов из стали 35 при расчетной температуре по табл. Ж.1[9]

$$t := \begin{pmatrix} 100 \\ 200 \end{pmatrix} \quad E_б := \begin{pmatrix} 2.10 \cdot 10^5 \\ 1.98 \cdot 10^5 \end{pmatrix}$$

$$E_б := \text{linterp}(t, E_б, t_б)$$

$$E_б = 2.087 \times 10^5 \quad \text{МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при $t=200^{\circ}\text{C}$ по табл. Г.1[9]

$$\sigma_{20б} := 147 \quad \text{МПа}$$

Модуль упругости для болтов при температуре испытания 200°C по табл. Ж.1[9]

$$E_{20б} := 2.13 \cdot 10^5 \quad \text{МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 35 при $t=20-200^{\circ}\text{C}$ по табл. Ж.2[9]

$$\alpha_б := 11.9 \cdot 10^{-6} \quad 1/\text{K}$$

Допускаемые напряжения для фланцев стали 09Г2С по табл. А.1[4]

$$t := \begin{pmatrix} 100 \\ 150 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 177 \\ 171 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \text{linterp}(t, \sigma, t_ф)$$

$$\sigma = 174.024 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{д.ф} := \eta \cdot \sigma = 174.024 \quad \text{МПа}$$

Модуль упругости для фланцев из стали 09Г2С при расчетной температуре по табл В.1[4]

$$t := \begin{pmatrix} 100 \\ 150 \end{pmatrix} \quad E := \begin{pmatrix} 1.91 \cdot 10^5 \\ 1.86 \cdot 10^5 \end{pmatrix}$$

$$E := \text{linterp}(t, E, t_ф)$$

$$E = 1.885 \times 10^5 \quad \text{МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 09Г2С при $t=200^{\circ}\text{C}$ по табл. А.1[4]

$$\sigma_{д20} := 196 \quad \text{МПа} \quad \sigma_{д20} := \eta \cdot \sigma_{20} \quad \sigma_{д20} = 196 \quad \text{МПа}$$

Модуль упругости для стали 09Г2С при температуре испытания 200°C по табл В.1[4]

$$E_{20} := 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 09Г2С при $t=20-200^\circ\text{C}$ по табл Г.1[4]

$$\alpha_{\text{ф}} := 12.6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$$

Номинальное допускаемое напряжение для болтов из стали 35 при $t=200^\circ\text{C}$ по табл Г.1[4]

$$\sigma_{\text{дбн}} := 130 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали 35 при затяжке в рабочих условиях и при расчете на условия испытания вычисляются по формулам Г.3 и Г.4[4]:

$$\xi := 1.2$$

Коэффициенты условий работы:

-для рабочих условий $K_{\text{у.р.р}} := 1$

-для условий испытания $K_{\text{у.р.и}} := 1.35$

Коэффициент условий затяжки при обычной неконтролируемой затяжке:

$$K_{\text{у.з}} := 1$$

Коэффициент учета нагрузки от температурных деформаций при расчете фланцев с учетом нагрузки от температурных деформаций

$$K_{\text{у.т}} := 1$$

$$\sigma_{\text{дбм}} := \xi \cdot K_{\text{у.р.р}} \cdot K_{\text{у.з}} \cdot K_{\text{у.т}} \cdot \sigma_{\text{дбн}} = 156 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{дбр}} := \xi \cdot K_{\text{у.р.и}} \cdot K_{\text{у.з}} \cdot K_{\text{у.т}} \cdot \sigma_{\text{дбн}} = 210.6 \text{ МПа}$$

2.4.5.2 Усилия, необходимые для смятия прокладки и обеспечения герметичности фланцевого соединения

Эффективная ширина плоской прокладки по формуле 5[9]

при $b_{\text{п}} > 15 \text{ мм}$

$$b_{\text{п}} = 22.5$$

$$b_0 := 3.8 \cdot \sqrt{b_{\text{п}}} = 18.025 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр плоской прокладки по формуле 7[9]

$$D_{\text{ср}} := D_{\text{нп}} - b_0 = 187.975 \text{ мм}$$

Характеристики прокладки по таблице И1[9]

$$m := 2.5$$

$$q_{\text{обж}} := 20 \text{ МПа}$$

$$q_d := 130 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{обж}} := 0.9$$

$$E_{\text{п}} := 0.02 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Усилие,необходимое для смятия прокладки при затяжке по формуле 8[9]

$$P_{\text{обж}} := 0.5 \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot q_{\text{обж}} = 1.064 \times 10^5 \text{ Н}$$

Усилие на прокладке в рабочих условиях,необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения по формуле 9[9]

$$R_{\text{п}} := \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot m \cdot P = 1.597 \times 10^4 \text{ Н}$$

2.4.5.3 Усилия в болтах фланцевого соединения при затяжке и в рабочих условиях

Площадь поперечного сечений болтов для М16по прил. Д [9]

$$f_b := 144 \text{ мм}^2$$

Суммарная площадь сечения болтов по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра по формуле 10[9]

$$A_b := n \cdot f_b = 1.152 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления по формуле 11[9]

$$Q_d := \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot P = 1.665 \times 10^4 \text{ Н}$$

Податливость прокладки и шпилек

Податливость прокладки по формуле К.1[9]

$$y_{\text{п}} := \frac{h_{\text{п}} \cdot K_{\text{обж}}}{E_{\text{п}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{п}}} = 6.773 \times 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

Расстояние между опорными поверхностями гаек

$$L_{b0} := h + h + h_{\text{п}} = 36 \text{ мм}$$

Эффективная длина болта при определении податливости по стр.32 [9]

$$L_6 := L_{60} + 0.28 \cdot d = 40.48 \quad \text{мм}$$

Податливость болта по формуле К.2[9]

$$y_6 := \frac{L_6}{E_{206} \cdot A_6} = 1.65 \times 10^{-7} \quad \text{мм/Н}$$

Расчетные параметры и угловая податливость фланцев

-параметр длины обечайки по формуле К.3[9]

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0} = 25 \quad \text{мм}$$

-отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру по формуле К.4[9]

$$K := \frac{D_H}{D} = 1.88$$

-коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца по формулам К.5-К.8[9]

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} = 1.551$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36(K^2 - 1) \cdot (K - 1)} = 3.567$$

$$\beta_Y := \frac{1}{(K - 1)} \cdot \left[0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{(K^2 - 1)} \right] = 3.269$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} = 1.789$$

-коэффициенты для фланцевых соединений с плоскими фланцами по [9]

$$\beta_F := 0.91 \quad \beta_V := 0.55 \quad f_{\text{sw}} := 1$$

-коэффициент λ по формуле К.11[9]

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} = 2.255$$

Угловая податливость фланца при затяжке по формуле К.12[9]

$$y_{\phi} := \frac{0.91 \cdot \beta v}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} = 1.784 \times 10^{-9} \quad \frac{1}{\text{Н} \cdot \text{мм}}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между болтами по формуле К.18[9]

$$C_F := \max \left(1, \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot D_6}{n}}{2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5}}} \right) = 1.091$$

Приведенный диаметр плоского фланца по формуле К.19[9]

$$D_{\text{пр}} := D = 125$$

Плечи действия сил и коэффициенты жесткости

Плечо действия усилий в болтах для плоских фланцев по формуле Е.1[9]

$$b := 0.5(D_6 - D_{\text{сп}}) = 6.012 \quad \text{мм}$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев по формуле Е.7[9]

$$S_9 := S_0 = 5 \quad \text{мм}$$

Плечо усилия от действия давления на фланец для всех типов фланцев по формуле Е.4[9]

$$e := 0.5 \cdot (D_{\text{сп}} - D - S_9) = 28.988 \quad \text{мм} \quad E = 1.885 \times 10^5$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для плоских фланцев по формуле Е.8[9]

$$\gamma := \frac{1}{y_{\text{п}} + y_6 \cdot \frac{E_{206}}{E_6} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}} = 2.686 \times 10^6 \quad \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

$E_6 = 2.087 \times 10^5$
 $y_{\phi} = 1.784 \times 10^{-9}$
 $E_{20} = 1.99 \times 10^5$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для плоских фланцев с плоскими прокладками по формуле Е.11[9]

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\text{п}} - 2 \cdot e \cdot y_{\phi} \cdot b}{y_{\text{п}} + y_6 + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi}} = 2.532$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, в соединениях с плоскими фланцами по формуле 13[9]

$$Q_t := \gamma \cdot [2\alpha_{\phi} \cdot h \cdot (t_{\phi} - 20) - 2\alpha_6 \cdot h \cdot (t_6 - 20)] = 2.224 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения

$$P_{\sigma 1} := \max[\alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi}, \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} - Q_t] = 5.813 \times 10^4$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов

$$P_{\sigma 2} := \max[(P_{\text{обж}}), 0.4 \cdot A_b \cdot \sigma_{206}] = 1.064 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения по формуле 17[9]

$$P_{\sigma \text{м}} := \max(P_{\sigma 1}, P_{\sigma 2}) = 1.064 \times 10^5 \quad \text{Н} \quad \alpha = 2.532 \quad Q_d = 1.665 \times 10^4$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений в рабочих условиях по формуле 18[9]

$$P_{\sigma \text{р}} := P_{\sigma \text{м}} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t = 1.032 \times 10^5 \quad \text{Н} \quad F = 0 \quad Q_t = 2.224 \times 10^4$$

2.4.5.4 Проверка прочности болтов и прокладки

Расчетные напряжения в болтах

-при затяжке по формуле 19[9]

$$\sigma_{\sigma 1} := \frac{P_{\sigma \text{м}}}{A_b} = 92.4 \quad \text{МПа}$$

-в рабочих условиях по формуле 20[9]

$$\sigma_{\sigma 2} := \frac{P_{\sigma \text{р}}}{A_b} = 89.563 \quad \text{МПа}$$

Проверка условий прочности болтов при затяжке и в рабочих условиях по формулам 21,22[9]

$$Us1_1 := \begin{cases} \text{"Условия при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{\sigma 1} > \sigma_{\text{дбм}} \\ \text{"Условия в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{\sigma 2} > \sigma_{\text{дбр}} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_1 = "Условия прочности выполняются"

Удельное давление на прокладку

$$q := \frac{\max(P_{\text{бм}}, P_{\text{бр}})}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{п}}} = 8.011 \quad \text{МПа}$$

Условие прочности прокладки

$$\text{Us1_2} := \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_2 = "Условие прочности прокладки выполняется"

2.4.5.5 Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на плоский фланец при затяжке по формуле 24[9]

$$M_{\text{м}} := C_{\text{F}} \cdot P_{\text{бм}} \cdot b = 6.982 \times 10^5 \quad \text{Н*мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях по формуле 26[9]

$$M_{\text{р}} := C_{\text{F}} \cdot \max[P_{\text{бр}} \cdot b + (Q_{\text{д}}) \cdot e, |Q_{\text{д}}| \cdot e] = 1.203 \times 10^6 \quad \text{Н*мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке

-меридиональное изгибное напряжение для плоского фланца по формуле 30[9]

$$\sigma_{1\text{м}} := \frac{M_{\text{м}}}{\lambda \cdot (S_0 - c)^2 \cdot D_{\text{пр}}} \quad \sigma_{1\text{м}} := 159.047 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{0\text{м}} := \sigma_{1\text{м}}$$

-напряжения в тарелке плоского фланца в условиях затяжки по формулам 31,32[9]

-радиальное напряжение

$$\sigma_{\text{Рм}} := \frac{1.33 \cdot \beta_{\text{F}} \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_{\text{м}} = 15.621 \quad \text{МПа}$$

-окружное напряжение

$$\sigma_{T_M} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{R_M} = 35.235 \quad \text{МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях

-меридиональные изгибные напряжения в трубе плоских фланцев по формуле 36[9]

$$\sigma_{1p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_0 - c)^2 \cdot D_{пр}} \quad \sigma_{1p} := 158.751 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{0p} := \sigma_{1p}$$

- меридиональные мембранные напряжения в трубе плоского фланца в рабочих условиях по формуле 38[9]

$$\sigma_{P_{0MM}} := \frac{Q_d + F + \frac{4|M|}{D_{ст}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c)} = 9.162 \quad \text{МПа}$$

Окружные мембранные напряжения от действия давления в трубе плоского фланца вычисляются по формуле 39[9]

$$\sigma_{P_{0Mo}} := \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c)} = 8.427 \quad \text{МПа}$$

Напряжения в тарелке плоского фланца в рабочих условиях:

-радиальное напряжение по формуле 40[9]

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p = 26.922 \quad \text{МПа}$$

-окружное напряжение по формуле 41[9]

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} = 60.726 \quad \text{МПа}$$

Проверка условий статической прочности фланцев

При расчете без учета стесненности температурных деформаций.

$$K_T := 1$$

Допускаемое значение общих мембранных и изгибных напряжений и допускаемое значение суммарных общих и местных условных упругих мембранных и изгибных напряжений рассчитываем в соответствии с п.8.10[4]

$$\sigma_{д.м} := 1.5 \cdot \sigma = 261.036 \quad \text{МПа}$$

Для плоских фланцев по формулам 47,48[9]

-в рабочих условиях

$$\sigma_{Pmax} := \max \left(\left(\begin{array}{l} \left| \sigma_{0p} - \sigma_{P0MM} + \sigma_{Tp} \right| \\ \left| \sigma_{0p} - \sigma_{P0MM} + \sigma_{Rp} \right| \\ \left| \sigma_{0p} + \sigma_{P0MM} \right| \end{array} \right) \right) = 210.315 \quad \text{МПа}$$

Проверка условий статистической прочности в рабочих условиях

$$Us1_1 := \begin{cases} \text{"Условия выполняются"} & \text{if } \sigma_{Pmax} \leq 1 \cdot \sigma_{д.м} \\ \text{"Условия НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_1 = "Условия выполняются"

-при затяжке

$$\sigma_{3max} := \max \left(\left| \sigma_{0M} + \sigma_{RM} \right|, \left| \sigma_{0M} + \sigma_{TM} \right| \right) = 194.282 \quad \text{МПа}$$

Проверка условий статистической прочности при затяжке

$$Us1_1 := \begin{cases} \text{"Условия выполняются"} & \text{if } \sigma_{3max} \leq K_T \cdot \sigma_{д.м} \\ \text{"Условия НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_1 = "Условия выполняются"

Для плоских фланцев должны выполняться условия:

-при затяжке по формуле 54 [9]

$$\sigma_{RTM} := \max \left(\left| \sigma_{RM} \right|, \left| \sigma_{TM} \right| \right) = 35.235$$

$$Us1_1 := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } \sigma_{RTM} \leq K_T \cdot \sigma \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_1 = "Условия прочности выполняются"

-в рабочих условиях по формуле 55 [9]

$$\sigma_{RTp} := \max(|\sigma_{Rp}|, |\sigma_{Tp}|) = 60.726$$

$$Usl_1 := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } \sigma_{RTp} \leq K_T \cdot \sigma \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_1 = "Условия прочности выполняются"

2.4.5.6 Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота плоского фланца по формуле 58[9]

$$\Theta := M_p \cdot y_\phi \cdot \frac{E_{20}}{E} = 2.266 \times 10^{-3} \quad \text{рад}$$

Допустимый угол поворота плоского фланца

$$\Theta_d := 0.013$$

$$Usl_P := \begin{cases} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_d \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > \Theta_d \\ \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_P = "Условие поворота плоского фланца выполняется"

2.4.5.7 Расчет элементов фланцевого соединения на малоцикловую усталость

Размах условных упругих напряжений на наружной и внутренней поверхности плоских фланцев в условиях затяжки вычисляются по формулам 66-67[9]

-меридиональное напряжение

$$\sigma_{M01} := \sigma_{0M} = 159.047 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{M02} := -\sigma_{0M} = -159.047 \quad \text{МПа}$$

-окружное напряжение

$$\sigma_{M03} := \sigma_{TM} = 35.235 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{M04} := \sigma_{TM} = 35.235 \quad \text{МПа}$$

-радиальное напряжение

$$\sigma_{M05} := \sigma_{RM} = 15.621 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{M06} := \sigma_{RM} = 15.621 \quad \text{МПа}$$

Размах условных упругих напряжений на наружной и внутренней поверхности плоских фланцев в рабочих условиях вычисляют по формулам 78-81[9]

-меридиональное напряжение

$$\sigma_{P01} := \sigma_{0p} + \sigma_{P0MM} = 167.913 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{P02} := -\sigma_{0p} + \sigma_{P0MM} = -149.589 \quad \text{МПа}$$

-окружное напряжение

$$\sigma_{P03} := \sigma_{Tp} = 60.726 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{P04} := \sigma_{Tp} = 60.726 \quad \text{МПа}$$

-радиальное напряжение

$$\sigma_{P05} := \sigma_{Rp} = 26.922 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{P06} := \sigma_{Rp} = 26.922 \quad \text{МПа}$$

Расчетные амплитуды приведенных условных упругих напряжений при затяжке

Для плоских фланцев амплитуду приведенных условных упругих напряжений при затяжке вычисляют по формуле 84[9]

$$\sigma_a := \frac{1.5 \max(|\sigma_{M01}|, |\sigma_{M02} - \sigma_{M04}|, |\sigma_{M02} - \sigma_{M06}|)}{2} = 145.711 \quad \text{МПа}$$

Для болтов амплитуду приведенных условных упругих напряжений при затяжке вычисляют по формуле 86[9]

$$\sigma_{аб} := \frac{1.8 \cdot \sigma_{б1}}{2} = 83.16 \quad \text{МПа}$$

Расчетные амплитуды приведенных упругих напряжений в рабочих условиях

Для плоских фланцев амплитуду приведенных условных упругих напряжений в рабочих условиях вычисляют по формуле 89[9]

$$\sigma_{Pa} := \frac{1.5 \max(|\sigma_{P01}|, |\sigma_{P03}|, |\sigma_{P01} - \sigma_{P03}|, |\sigma_{P02}|, |\sigma_{P04}|, |\sigma_{P02} - \sigma_{P04}|)}{53 \cdot 2}$$

$$\sigma_{pa} = 157.736 \quad \text{МПа}$$

Для болтов амплитуду приведенных условных упругих напряжений в рабочих условиях вычисляют по формуле 91 [9]

Коэффициент, учитывающий местные напряжения определяется по табл.2[9]

$$\eta_b := 3$$

$$\sigma_{paб} := \frac{\eta_b \cdot \sigma_{б2}}{2} = 134.345 \quad \text{МПа}$$

2.5 Поверочный расчет теплообменного аппарата

2.5.1 Расчет на прочность стяжек резьбовых [3]

Исходные данные:

Средняя температура стяжек, °С	$\Delta T := 100$
Усилие начальной затяжки гаек, Н	$F_0 := 7.212 \times 10^4$
Гидростатическое усилие от рабочего давления, Н	$F_{0wp} := 4.781 \times 10^5$
Длина участка пластин, м	$l_n := 7.10$
Свободная длина шпильки стяжной, мм	$l_{ш} := 280$
Наружный диаметр шпильки стяжной, мм	$d_0 := 48$
Количество стяжек резьбовых	$z = 6$
Минимальный расчетный диаметр стержня шпильки стяжной при давлении гидравлического испытвния, мм	$d_{wh} := 27.01$
Гидростатическое усилие от давления гидравлических испытаний, Н	$F_{0wh} := 6.755 \times 10^5$
Эффективный коэффициент концентрации напряжения	$K_0 := 2$
Коэффициент запаса прочности по напряжениям	$n_N := 2$
Коэффициент запаса прочности по числу циклов	$n_\sigma := 2$

2.5.1.1 Определение расчетных параметров

Допускаемое напряжение для стали 09Г2С по табл.А.1[4]:

МПа

Коэффициент линейного расширения материала пластин 03Х17Н14М3[4]

$$\sigma_d := 177 \quad 1/^\circ\text{C}$$

Коэффициент линейного расширения материала стяжек резьбовых 09Г2С [4]

1/°C

Принимаем момент на ключе при затяге гаек:

$$\alpha_1 := 12.6 \cdot 10^{-6}$$

$$\alpha_2 := 17 \cdot 10^{-6}$$

Модуль упругости для стали 09Г2С по табл.В.1[4]

$$E_{\text{ш}} := 1.5 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad \text{МПа}$$

Напряжения растяжения в шпильках стяжных должны удовлетворять условию:

Площадь поперечного сечения стержня шпильки стяжной

$$E_{\text{ш}} := 2 \cdot 10^5$$

Коэффициент податливости стяжек резьбовых:

$$\sigma_{\text{рш}} \leq \sigma_{\text{ш}}$$

$$A_{\text{ш}} := 0.785 \cdot d_{\text{wh}}^2 = 572.693 \quad \text{мм}^2$$

$$\lambda_{\text{III}} := \frac{l_{\text{III}} + 0.6 \cdot d}{z \cdot E_{\text{III}} \cdot A_{\text{III}}} = 1.877 \times 10^{-6} \frac{\text{MM}}{\text{H}}$$

$$F_T := \frac{(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot l_{ш} \cdot \Delta T}{\lambda_{ш}} = 1.665 \times 10^5$$

Растягивающее усилие в шпильках стяжных при затяжке гаек:

$$F_{шг} := F_0 = 7.212 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Растягивающее усилие в шпильках стяжных от механических воздействий:

$$F_{шм} := F_0 + F_{0wp} = 5.502 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Растягивающее усилия от механических и температурных воздействий в рабочих условиях:

$$F_{шмг} := F_0 + F_{0wp} + F_T = 7.167 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Растягивающие усилие в шпильках стяжных при гидравлических испытаниях:

$$F_{ши} := F_0 + F_{0wh} = 7.477 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Расчетные напряжения растяжения в шпильках стяжных:

-при затяге гаек

$$\sigma_{ршг} := \frac{F_{шг}}{A_{ш} \cdot z} = 20.987 \quad \text{МПа}$$

-от механических нагрузок в рабочих условиях

$$\sigma_{ршм} := \frac{F_{шм}}{A_{ш} \cdot z} = 160.132 \quad \text{МПа}$$

-от механических и температурных воздействий в рабочих условиях

$$\sigma_{ршмг} := \frac{F_{шмг}}{A_{ш} \cdot z} = 208.581 \quad \text{МПа}$$

-при гидравлических испытаниях

$$\sigma_{рши} := \frac{F_{ши}}{A_{ш} \cdot z} = 217.587 \quad \text{МПа}$$

Допускаемые напряжения растяжения в шпильках стяжных:

-при затяге гаек и от механически нагрузок в рабочих условиях

$$\sigma_{шг} := \sigma_d = 177 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{шм} := \sigma_{шг} = 177 \quad \text{МПа}$$

-от механических и температурных воздействий в рабочих условиях

$$\sigma_{\text{шмг}} := 1.3 \cdot \sigma_{\text{д}} = 230.1 \quad \text{МПа}$$

-при гидроиспытаниях

$$\sigma_{\text{ши}} := 1.6 \cdot \sigma_{\text{д}} = 283.2 \quad \text{МПа}$$

Приведенное напряжение в шпильке стяжной по суммам составляющих нагрузок должно удовлетворять условию:

$$\sigma_{4\text{рш}} < \sigma_{4\text{ш}}$$

Напряжение кручения в стержне болта

$$\tau_{\text{ш}} := \frac{M_{\text{k}}}{2 \cdot 0.196 \cdot d_{\text{wh}}^3} = 19.419$$

Приведенное расчетное напряжение в шпильке стяжной по суммам составляющих нагрузок:

-при затяге гаек

$$\sigma_{4\text{ршг}} := \sqrt{\sigma_{\text{ршг}}^2 + 4 \cdot \tau^2} = 44.146 \quad \text{МПа}$$

-от механических нагрузок в рабочих условиях

$$\sigma_{4\text{ршм}} := \sqrt{\sigma_{\text{ршм}}^2 + 4 \cdot \tau^2} = 164.774 \quad \text{МПа}$$

-от механических и температурных воздействий в рабочих условиях

$$\sigma_{4\text{ршмг}} := \frac{F_{\text{шмг}}}{A_{\text{ш}} \cdot Z} = 208.581 \quad \text{МПа}$$

-при гидравлических испытаниях

$$\sigma_{4\text{рши}} := \frac{F_{\text{ши}}}{A_{\text{ш}} \cdot Z} = 217.587 \quad \text{МПа}$$

Приведенное допускаемое напряжение в шпильке стяжной по суммам составляющих нагрузок:

-при затяге гаек

$$\sigma_{4\text{шг}} := \sigma_{\text{д}} = 177 \quad \text{МПа}$$

-от механически нагрузок в рабочих условиях

$$\sigma_{4\text{шм}} := 1.7 \cdot \sigma_{\text{д}} = 300.9 \quad \text{МПа}$$

-от механических и температурных воздействий в рабочих условиях

$$\sigma_{4\text{шмг}} := 1.7 \cdot \sigma_{\text{д}} = 300.9 \quad \text{МПа}$$

-при гидроиспытаниях

$$\sigma_{4\text{ши}} := 1.8 \cdot \sigma_{\text{д}} = 318.6 \quad \text{МПа}$$

Проверка условия прочности стяжек резьбовых при напряжении растяжения:

-при затяге гаек

$$\text{Us1_P} := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{\text{ршг}} \geq \sigma_{\text{шг}} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Us1_P} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

-от механических нагрузок в рабочих условиях

$$\text{Us1_P} := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{\text{ршм}} \geq \sigma_{\text{шм}} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Us1_P} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

-от механических и температурных воздействий в рабочих условиях

$$\text{Us1_P} := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{\text{ршмт}} \geq \sigma_{\text{шмт}} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Us1_P} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

-при гидроиспытаниях

$$\text{Us1_P} := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{\text{рши}} \geq \sigma_{\text{ши}} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Us1_P} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

Проверка условия прочности стяжек резьбовых при приведенном напряжении:

-при затяге гаек

$$\text{Us1_P} := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{4\text{ршг}} \geq \sigma_{4\text{шг}} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Us1_P} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

-от механических нагрузок в рабочих условиях

$$\text{Us1_P} := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{4\text{ршм}} \geq \sigma_{4\text{шм}} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Максимальное усилие на шпильках стяжных, Н

$$F_{ш} := 7.263 \cdot 10^5$$

Us1_P = "Условие прочности выполняется"

-от механических и температурных воздействий в рабочих условиях

$$Us1_P := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{4ршмт} \geq \sigma_{4шмт} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_P = "Условие прочности выполняется"

-при гидроиспытаниях

$$Us1_P := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{4рши} \geq \sigma_{4ши} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_P = "Условие прочности выполняется"

2.6.2 Определение напряжения смятия в месте контакта шайба -гайка и шайба -плита прижимная

Место контакта шайба-гайка и шайба-плита прижимная показано на рис.6.1.

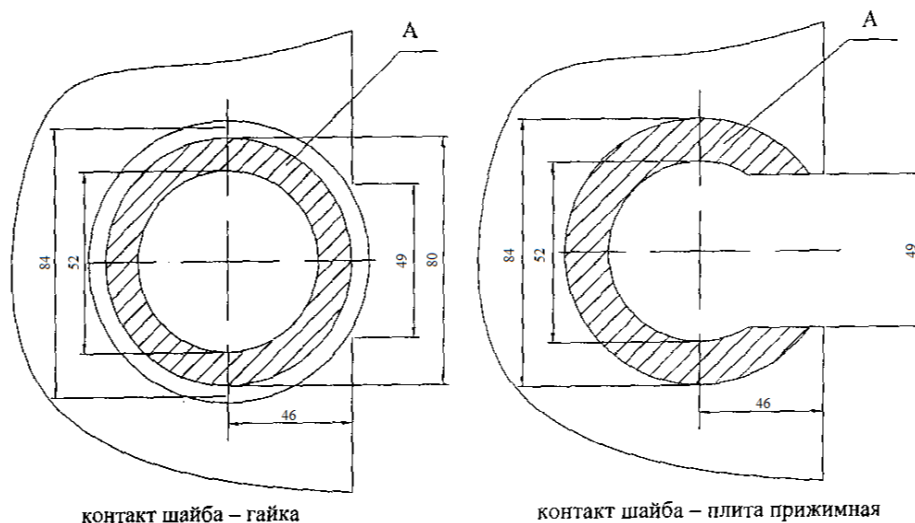


Рисунок 6.1-Места контактов

Исходные данные:

Площадь площадки контакта шайба-гайка, мм²

$$S_{шг} := 2901$$

Площадь контакта шайба-плита прижимная, мм²

$$S_{шп} := 2632$$

Условие прочности: $\sigma_{см} \leq \sigma_{дсм}$

Номинально допускаемые напряжения на смятие

$$\sigma_{дсм} := 2 \cdot \sigma_{д} = 354 \quad \text{МПа}$$

Напряжение смятия в месте контакта шайба -гайка определяется по формуле:

$$\sigma_{смг} := \frac{F_{ш}}{z \cdot S_{шт}} = 41.727$$

Напряжение смятия в месте контакта шайба -плита прижимная определяется по формуле:

$$\sigma_{смпл} := \frac{F_{ш}}{z \cdot S_{штп}} = 45.992$$

Проверка условия прочности смятия в месте контакта

$$Us1_P := \begin{cases} \text{"Шайба-гайка НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{смг} \geq \sigma_{дсм} \\ \text{"Шайба-плита прижимная НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{смпл} > \sigma_{дсм} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_P = "Условие прочности выполняется"

2.6.3 Расчет на циклическую прочность

Расчет на циклическую прочность проведен согласно [17] для наиболее нагруженных элементов конструкции, которыми, согласно расчетам, являются шпильки стяжные. Расчет проведен для следующих циклов нагружения:

- затяжка гаек $N_1 := 5 \cdot 15 = 75$ циклов (принимается 5циклов нагружения при каждом сборе теплообменника);
- гидравлические испытания $N_2 := 15$ (один раз в год);
- рабочие условия $N_3 := 15$.

2.6.3.1 Определение расчетных параметров

Временное сопротивление стали 09Г2С при 20°C, МПа

$$\sigma_{B20} := 470 \quad \text{МПа}$$

Предел текучести стали 09Г2С при 20°C, МПа

$$\sigma_{T20} := 300 \quad \text{МПа}$$

Характеристики материала А и В определяем по табл.3[17]:

$$A := 0.6 \cdot 10^5 \quad \text{МПа}$$

$$B := 0.66 \cdot \sigma_{B20} - 0.43 \cdot \sigma_{T20} = 181.2 \quad \text{МПа}$$

Амплитуда напряжений:

-затяга гаек

$$\sigma_{Ag} := K_{\sigma} \cdot \sigma_{4pшг} = 88.292 \quad \text{МПа}$$

-рабочие условия

$$\sigma_{Ap} := K_{\sigma} \cdot \sigma_{4pшмг} = 417.161 \quad \text{МПа}$$

-гидравлические испытания

$$\sigma_{Ai} := K_{\sigma} \cdot \sigma_{4pши} = 435.174 \quad \text{МПа}$$

Допускаемое число циклов нагружения определяют по формуле 10[17]

-затяга гаек

$$N_{дг} := \frac{1}{n_N} \cdot \left(\frac{A}{\sigma_{Ag} - \frac{B}{n_{\sigma}}} \cdot \frac{2300 - \Delta T}{2300} \right)^2 = 3.091 \times 10^8$$

-рабочие условия

$$N_{др} := \frac{1}{n_N} \cdot \left(\frac{A}{\sigma_{Ap} - \frac{B}{n_{\sigma}}} \cdot \frac{2300 - \Delta T}{2300} \right)^2 = 1.544 \times 10^4$$

-гидравлические испытания

$$N_{ди} := \frac{1}{n_N} \cdot \left(\frac{A}{\sigma_{Ai} - \frac{B}{n_{\sigma}}} \cdot \frac{2300 - \Delta T}{2300} \right)^2 = 1.387 \times 10^4$$

Условия циклической прочности: $a_d > a$, где $a_d := 1$

$$a := \frac{N_1}{N_{дг}} + \frac{N_2}{N_{др}} + \frac{N_3}{N_{ди}} = 2.053 \times 10^{-3}$$

$$\underline{Us1_1} := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } a_d > a \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$Us1_1 = \text{"Условия прочности выполняются"}$

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСО-
СБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Г61	Василёнок Татьяне Михайловне

Институт	<i>ИШПР</i>	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ Н.М Кижнера
Уровень образования	<i>Бакалавриат</i>	Направление/специальность	Химической технологии

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>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос. Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, районный коэффициент по г. Томску</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT-анализ</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности исследования расчета теплообменного оборудования для молока</i>

Перечень графического материала:

- Оценка конкурентоспособности технических решений*
- Матрица SWOT*
- График проведения и бюджет НИ*
- Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Василёнок Татьяна Михайловна		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Молочная промышленность – важнейшая отрасль, обеспечивающая независимость экономики страны. Молочная продукция представлена широким ассортиментом продуктов, необходимых для поддержания здоровья граждан.

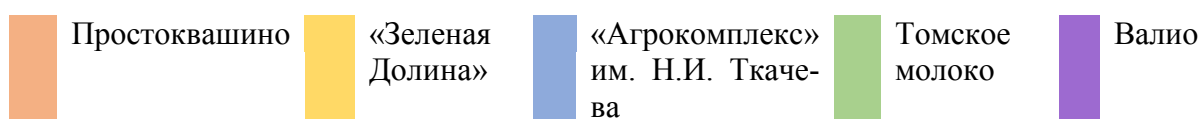
Для сегментирования рынка целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль. Размер компании очень важен, т.к. крупные компании часто используют новые технологии и могут поддаться риску, потому что имеют возможность возместить убытки.

Что касается отраслей, то не все предприятия могут пользоваться данным исследовательским проектом, а только молочная промышленность. Отсюда вытекает географический критерий, потому что не всякий регион и не всякая страна имеет ресурсы для производства молока.

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные (рис. XXX).

		Отрасль	
		Предприятия, производящие молоко	Предприятия, перерабатывающие молоко
Размер компании	Крупные	«Зеленая Долина»	Простоквашино
	Средние		Валио
	Мелкие	«Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева	Томское молоко



Как видно из таблицы основными сегментами рынка являются крупные и малые компании.

Вывод: наиболее перспективным сегментом в отраслях производства и переработки молока для формирования спроса является группа независимых крупных и малых производственных компаний.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

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

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице:

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,60
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	1	4	0,75	0,15	0,60
2. Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Безопасность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
5. Энергоэкономичность	0,15	5	4	3	0,75	0,60	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,2	5	3	4	1,0	0,6	0,8
2. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
3. Финансирование научной разработки	0,05	2	5	4	0,1	0,25	0,2
4. Срок выхода на рынок	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
Итого	1	40	39	30	4,75	3,6	3,8

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Конкурентоспособность разработки составила 4,75, в то время как двух других аналогов 3,6 и 3,8 соответственно.

Вывод: данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как удобство эксплуатации для потребителей, цена и энергоэкономичность.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 3.2 - Матрица SWOT.

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота применения С2. Адекватность разработки С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта. С4. Относительно невысокая денежная и временная затратность проекта</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие сертификации Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл4. Отсутствие бюджетного финансирования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование иннова-</p>	<p>Простота применения, грамотность расчета, использо-</p>	<p>Помощь в финансировании проекта и его сертифика-</p>

<p>ционной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление потенциального спроса на новые разработки</p> <p>В3. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных решений</p>	<p>вание более свежей информации в проекте увеличит спрос и конкурентоспособность НИР (В3,В4,С1,С2,С3). При подключении в работу инновационных структур уменьшается время разработки и появляются дополнительные денежные средства(В1,В2,С4).</p>	<p>ции могут оказать инновационные инфраструктуры (В1,В2,Сл2,Сл4). Необходимо снизить конкурентоспособность подобных разработок и расширить использование данной НИР во многих компаниях (В3,В4,Сл1,Сл3).</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У2. Значимая конкуренция</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации</p> <p>У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Использование более новой информации, простота и грамотность расчета позволяют повысить спрос и конкуренцию разработки, что уменьшает влияние финансирования (С1,С2,С3,У1,У2,У4). В силу малой затратности проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в другие услуги, такие как сертификация (С4,У3).</p>	<p>Отсутствие прототипа, сертификации научной разработки, отсутствие спроса и отсутствие конкуренции проекта (У1,У2,Сл1,Сл2,Сл3), а отсутствие финансирования приведет к невозможности получения сертификации (У3,Сл4).</p>

Вывод: Был проведен анализ научно-исследовательского проекта по системе SWOT, где были определены сильные и слабые стороны проекта.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и студент. Составим перечень этапов работ и распределим исполнителей по данным видам работ.

Таблица 3.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность Исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления Исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные ис-	5	Анализ применяемой для нагрева и охлаждения молока	Студент

следования		аппаратуры	
	6	Сравнение применяемой для нагрева и охлаждения молока аппаратуры	Студент
	7	Выбор типа оборудования для расчета	Студент
	8	Расчет оборудования	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Студент
	10	Определение целесообразности проведения процесса	Руководитель, Студент
	11	Оформление пояснительной записки	Студент
	12	Разработка презентации и раздаточного материала	Студент

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

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

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_r , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

В качестве примера рассчитаем продолжительность 1 работы – разработка ТЗ:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел-дн.};$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{1,8}{1} = 1,8 \text{ дн.}$$

Вывод: приведен расчет трудозатрат на примере выполнения разработки ТЗ.

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48,$$

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

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (таб. XXX).

Календарный план работ представлен в таб. XX.

Таблица 3.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители, количество			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} чел.-дни			t_{max} чел.-дни			$t_{ож}$ чел.-дни											
	исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3
Подбор и изучение материалов по теме	10	8	6	15	12	11	12	10	8	1	2	3	12	5	3	18	7	4
Выбор направления исследований	5	10	15	7	12	20	6	11	17	1	2	2	6	5	9	9	8	13
Календарное планирование работ по теме	4	9	12	6	11	15	5	10	13	1	1	2	5	10	7	7	15	10
Анализ применяемой для нагрева и охлаждения молока аппаратуры	12	13	15	14	18	20	13	15	17	2	1	1	6	15	17	9	22	25
Сравнение применяемой для нагрева и охлаждения молока аппаратуры	10	13	15	14	15	16	12	14	15	1	2	1	12	7	15	17	10	23
Выбор типа оборудования для расчета	10	14	16	13	16	18	11	15	17	1	1	1	11	15	17	17	22	25
Расчет оборудования	10	7	5	17	12	10	13	9	7	1	2	1	13	5	7	19	7	10
Оценка эффективности полученных результатов	5	10	14	10	13	18	7	11	16	1	2	1	7	6	16	10	8	23
Определение целесообразности проведения процесса	5	10	14	10	13	18	7	11	16	1	2	2	7	6	8	10	8	12
Оформление пояснительной записки	18	22	25	20	25	30	19	23	27	1	1	1	19	23	27	28	34	40
Разработка презентации и раздаточного материала	4	6	9	5	8	10	4	7	9	1	1	1	4	7	9	7	10	14
Итого, дн															151	152	198	

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчёт стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3-5 % от цены). Результаты по данной статье занесём в таблицу 27

Таблица 3.6 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Ед. Измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага	пачка	2	300	600
Ручка	шт.	4	60	240
Картридж для принтера	шт.	1	600	600
Тетрадь для записей	шт.	2	50	100
Затраты на электроэнергию	кВт.ч	700	2,45	1715
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				162,8
Итого:				3418

Вывод: материальные затраты на проведения исследования составили 3418 рублей.

3.3.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Для выполнения данного проекта необходимо приобретение персонального компьютера для двух участников проекта, ПО MicrosoftOffice 365 для создания документов, лицензионного программного пакета UnisimDesign для компьютерной реализации модели.

Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений. Так, стоимость персонального компьютера при сроке амортизации 25 месяцев и его использовании в течение 9 месяцев составит 18 тысяч рублей.

Таблица 3.7 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед. оборудования	Цена ед. оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб
1	Персональный компьютер	2	18	36
2	Принтер	1	3	3
3	Microsoft Office 2016 Home and Business RU x32/x64	2	10	20
4	Лицензия на программный пакет UnisimDesign	1	50	50
Итого:				109

Вывод: затраты на оборудования для проведения исследования составили 109 тыс.рублей.

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 19);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}},$$

где $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 3.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	76	76
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	48
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	247	227

$$Z_{\text{дн(рук.)}} = \frac{33664 \cdot 11,2}{247} = 1526,5 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{дн(маг.)}} = \frac{26300 \cdot 10,4}{227} = 1204,9 \text{ руб}$$

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 3.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{\text{пр}}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	33664	1,3	-	1,3	48139,5	1526,5	40	61060

Студент	26300	-	-	1,3	34190	1204,9	90	108444
Итого:								169504

Вывод: затраты на основную заработную плату составили 169504 руб.

3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10 - 15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В табл. ниже приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 3.10 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	61060	108444
Дополнительная зарплата	9159	16266,6
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	70219	124710,6

Вывод: затраты на дополнительную заработную плату составили 124710,6 руб.

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 3.111 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	61060	9159
Инженер	108444	16266,6
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	27,1 %	
Отчисления, руб.	45935,6	6890,1

Итого	52825,9
-------	---------

Накладные расходы

Накладные расходы – это расходы на прочие затраты, не учитываемые в п.п 1.3.1 – 1.3.3, например, затраты на печать, ксерокопирование, оплата интернета и прочих услуг связи и коммуникации, электроэнергии. Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1\div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принята в размере 20%.

Рассчитаем накладные расходы на выполнение НИИ:

$$Z_{\text{накл}} = (3418 + 109000 + 70219 + 124710,6 + 52825,9) \cdot 0,2 = 72034,7 \text{ рублей.}$$

Вывод: отчисления во внебюджетные фонды составили 72034,7 руб.

3.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 3.12 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Материальные затраты НИИ	3418	3200	3700
2. Специальное оборудование для научных работ	109000	109000	109000
3. Основная заработная плата	169504	169504	169504
4. Дополнительная заработная плата	25425,6	25425,6	25425,6
5. Отчисления на социальные нужды	52825,9	52825,9	52825,9
6. Накладные расходы	71674,5	71674,5	71674,5
7. Бюджет затрат	431848	422630	432130

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

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

где I_m^a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 3.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Адекватность разработки	0,2	5	4	4
2. Простота применения	0,2	4	5	4
3. Энергосбережение	0,4	5	5	3
4. Универсальность	0,1	4	4	3
5. Способствует росту производительности труда	0,1	4	5	4
ИТОГО	1	4,7	4,6	3,5

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^{Исп1} = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,6}{0,978} = 4,71$$

$$I_{финр}^{Исп2} = \frac{I_m^{a1}}{I_\phi^{a2}} = \frac{4,7}{1} = 4,7$$

$$I_{финр}^{Исп3} = \frac{I_m^{a2}}{I_\phi^{a2}} = \frac{3,5}{0,74} = 4,73$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (Эср):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{Исп1}}{I_{Исп2}}$$

Таблица 3.14 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,978	1	0,74
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,7	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,71	4,7	4,73
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения (разработка относительно аналога)	1	0,993	0,995

Вывод: в ходе выполнения данного раздела были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности и, на основании сравнительной эффективности вариантов исполнения, оптимальным был выбран вариант исполнения 1.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Г61	Василенок Татьяна Михайловна

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Проектирование теплообменного оборудования для производства молочных продуктов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объект исследования – теплообменное оборудование на производстве молочных продуктов</i></p> <p><i>Рабочая зона – цех производства молочной продукции.</i></p> <p><i>Область применения – пищевая промышленность.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.</p>	<p><i>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014)</i></p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования.</p> <p>2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.</p> <p>2.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.</p>	<p><i>Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;</i> 2. <i>Пожаровзрывобезопасность</i> <p><i>Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Недостаточная освещенность рабочей зоны.</i> 2. <i>Отклонение показателей микроклимата;</i> 3. <i>Перенапряжение зрительных анализаторов;</i> 4. <i>Длительные статические</i>

	<i>нагрузки.</i>
3. Экологическая безопасность: 3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 3.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования. 3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. 4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут при проведении исследований. 4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	- Определить наиболее вероятную ЧС; - разработать действия в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий:

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Скачкова Л. А			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Василенок Татьяна Михайловна		

4 Социальная ответственность

Введение

В данной дипломной работе производится расчет пластинчатого теплообменника для охлаждения молочной продукции. Обеспечение безопасности условий работы достигается путем поддержания оборудования и технических средств в исправном состоянии, своевременным ремонтом, герметизацией аппаратов, поддержанием режима, утвержденного в технологическом регламенте для установки.

Область применения для данного теплообменника – производство и переработка молока.

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Необходимо выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при разработке и эксплуатации данных аппаратов.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ «О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда», «О службе охраны труда», «О Федеральной инспекции труда» и др. [19].

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и

социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда и т. д.

Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, переданы Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).

Федеральная служба по труду и занятости (Роструд) осуществляет функции по надзору и контролю в сфере труда, а также государственный надзор и контроль за соблюдением, в частности, трудового законодательства и нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права; установленного порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве.

Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию (Росздрав) организует деятельность по установлению связи заболевания с профессией, государственной службы медико-социальной экспертизы и др. Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком организации осуществления медико-социальной экспертизы; порядком установления степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и др.

В федеральном законе «О пожарной безопасности» (1994) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (1997) определяет правовые, экономические и соци-

альные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» (1995) характеризует правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья.

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при эксплуатации объекта исследования.

Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы».

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изго- товле-	Эксплу- атация	
Повышенная температура поверхности оборудования	-	+	+	ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. ГОСТ 14202-69. Трубопроводы промышленных предприятий. Оповестительная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки.

Повышенная температура поверхности оборудования

На теплообменник необходимо установить защитный экран для предотвращения разбрызгивания жидкости в случае выхода из строя прокладок, а также от воздействия других факторов. Защитный экран может быть изготовлен из листа оцинкованной или нержавеющей стали толщиной от 0,5

до 0,8 мм и размещается между пакетом пластин и болтами, стягивающими теплообменник. [22].

При необходимости нахождения людей вблизи горячих частей оборудования должны быть приняты меры по их защите от ожогов и действия высокой температуры (ограждение действующего оборудования, вентиляция, спецодежда и т.п.) [24].

Все горячие части оборудования, трубопроводы, баки и другие элементы, прикосновение к которым может вызвать ожоги, должны иметь тепловую изоляцию. Температура на поверхности изоляции при температуре окружающего воздуха 25 °С должна быть не выше 45 °С. Окраска, условные обозначения, размеры букв и расположение надписей должны соответствовать [28].

4.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать на рабочем месте при проведении исследования.

Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы».

Таблица 4.2 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изго- товле-	Эксплу- атация	
1 Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
2 Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.2.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
3. Перенапряжение зрительных анализаторов	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03

4. Длительные статические нагрузки	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03
------------------------------------	---	---	---	---------------------------

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Еще одним вредным фактором является недостаточная освещенность рабочих мест. Специфика обеспечения надлежащей освещенности в помещениях заключается в том, что работы на станции смешения осуществляются круглосуточно, а значит, необходимо поддерживать баланс между естественным и искусственным освещением.

Требования к освещению рабочих мест зафиксированы в [27]. Естественная освещенность в дневное время суток в операторной составляет 1,5%, в насосной – 0,2%, поэтому установлены окна, которые обеспечивают необходимое освещение, и при этом устойчивые к вибрационному воздействию.

Таблица 4.3 – Нормы искусственной освещенности в помещениях

Источник света	Мощность источника света в помещении, Лк	
	Операторная	Насосная
Лампы дневного света	200	50
Лампы накаливания	150	20

Для осветительных установок общего освещения коэффициент запаса составляет 1,8 – 2,0. Коэффициент пульсации не превышает 5%.

Плохое и неравномерное освещение приводит к снижению зрительных функций, повышается уровень утомляемости, что отрицательно влияет на общую работоспособность персонала.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в рабочих помещениях проводится чистка стекол оконных рам и светильников два раза в год и своевременная замена перегоревших ламп.

Отклонение показателей микроклимата

Нормы производственного микроклимата установлены в [26]. Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями.

В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Контроль состояния воздушной среды. Для оценки состояния воздушной среды производственных помещений производится количественный анализ каждого из ее параметров и сравнивается с нормируемыми значениями.

Измерение температуры воздуха производится ртутным или спиртовым термометром. Для текущей записи температуры воздуха используется термограф.

Определение влажности воздуха производится по показаниям стационарного или аспирационного психрометра.

Скорость движения воздуха измеряется механическими анемометрами (крыльчатými и чашечными) и термоанемометрами. В настоящее время стали применяться цифровые анемометры с диапазоном измерения скорости воздушного потока $0,3 \div 5,0$ м/с или $1,0 \div 20,0$ м/с.

Интенсивность теплового излучения измеряется актинометрами.

Перенапряжение зрительных анализаторов

Зрительный анализатор – глаз, зрительные нервы и зрительный центр, располагающийся в затылочной доле коры головного мозга. Глаз снабжен естественной защитой. Закрывающиеся веки защищают сетчатку глаза от сильного света, а роговицу – от механических воздействий; слезная жидкость смывает с поверхности глаз и век пылинки, убивает микробы благодаря наличию в ней лизоцима.

Работа на ПК сопровождается постоянным и значительным напряжением функций зрительного анализатора. Одной из основных особенностей является иной принцип чтения информации, чем при обычном чтении. При обычном чтении текст на бумаге, расположенный горизонтально на столе, считывается работником с наклоненной головой при падении светового потока на текст. При работе на ПК оператор считывает текст, почти не наклоняя голову, глаза смотрят прямо или почти прямо вперед, текст (источник – люминесцирующее вещество экрана) формируется по другую сторону экрана, поэтому пользователь не считывает отраженный текст, а смотрит непосредственно на источник света, что вынуждает глаза и орган зрения в целом работать в несвойственном ему стрессовом режиме длительное время.

Расстройство органов зрения резко увеличивается при работе более четырех часов в день. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) ввела понятие «компьютерный зрительный синдром» (КЗС), типовыми симптомами которого являются жжение в глазах, покраснение век и конъюнктивы, чувство инородного тела или песка под веками, боли в области глазниц и лба, затуманивание зрения, замедленная перефокусировка с ближних объектов на дальние. Наиболее распространенными причинами зрительных расстройств при работе на ПК являются: – повышенное зрительное напряжение при работе; – постоянная переадаптация (перестройка) глаз в поле зрения объекта различения и фона различной яркости; – наличие разноудаленных объектов; – недостаточная четкость и контрастность изображения на экране, строчность (пиксельность) структуры экрана дисплея, постоянные яркостные мелькания; – наличие ярких пятен и бликов за счет отражения светового потока на клавиатуре и экране, большая разница между яркостью рабочей поверхности и окружающими поверхностями; – неравномерная и недостаточная освещенность на рабочем месте.

Длительные статические нагрузки

Большинство работающих рано или поздно начинают предъявлять жалобы на боли в шее и спине. Эти недомогания накапливаются постепенно и получили название «синдром длительных статических нагрузок» (СДСН).

Другой причиной возникновения СДСН может быть длительное пребывание в положении «сидя», которое приводит к сильному перенапряжению мышц спины и ног, в результате чего возникают боли и неприятные ощущения в нижней части спины. Основной причиной перенапряжения мышц спины и ног являются нерациональная высота рабочей поверхности стола и сидения, отсутствие опорной спинки и подлокотников, неудобное размещение монитора, клавиатуры и документов, отсутствие подставки для ног.

Для существенного уменьшения боли и неприятных ощущений, возникающих у пользователей ПК, необходимы частые перерывы в работе и эргономические усовершенствования, в том числе оборудование рабочего места так, чтобы исключать неудобные позы и длительные напряжения.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Используются рабочие столы с регулируемой и нерегулируемой высотой рабочей поверхности. При отсутствии регулировки высота стола должна быть в пределах от 680 до 800 мм.

Глубина рабочей поверхности стола должна составлять 800 мм (допускаемая не менее 600 мм), ширина – соответственно 1 600 мм и 1 200 мм. Рабочая поверхность стола не должна иметь острых углов и краев, иметь матовую или полуматовую фактуру. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм. Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе ПЭВМ, позволять изменять позу с

целью снижения статического напряжения мышц шейноплечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья. При этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию. Поверхности сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должны быть полумягкими, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

4.3 Экологическая безопасность

Основными отходами производства являются сточные воды.

Выделяют следующие группы сточных вод:

- производственные сточные воды (ПСВ);
- бытовые, включая хозяйственно-фекальные,
- сточные воды (БСВ);
- атмосферные сточные воды (АСВ), которые формируются за счет атмосферных осадков.

Для отведения сточных вод от мест их образования существуют специальные канализационные сети.

Оценивая сточные воды, сбрасываемые в водные объекты, важно учитывать вид водопользования этого объекта. Различают хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое ⁷⁷ водопользование. Состояние воды оценивается тремя группами показателей: санитарнотоксикологическими, общесанитарными, органолептическими.

При классификации методов очистки и удаления примесей в качестве классификационных признаков чаще всего используют:

- физико-химическую сущность методов, применяемых при очистке (без учета характера удаляемых примесей и изменения их состояния в процессе очистки);
- характер подлежащих удалению примесей (без учета их состояния в результате очистки);
- изменение состояния примеси в процессе очистки.

Более привычная классификация методов очистки: механические, физико-химические, химические, биохимические и биологические методы очистки, а также методы обеззараживания сточных вод.

Нормативы предельно допустимых объемов сброса загрязняющих веществ рассчитаны с использованием данных качественного анализа стоков (по фактическим значениям концентраций загрязняющих веществ в общем объеме вод и фоновым концентрациям по водотоку - приемнику очищенных стоков).

Снижение загрязнений водоемов сточными водами возможно либо в результате очистки всех стоков до предельно допустимых концентраций вредных веществ, либо за счет внедрения оборотных систем с многократным использованием воды. При этом степень очистки и количество забираемых из источников вод уменьшаются.

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности, энергетических.

Реальным вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии на территории предприятия. Во-первых, это улучшает экономические показатели деятельности предприятия (уменьшение расходов на электротепловую энергию). Во-вторых, экономия энергии означает уменьшение газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов котельной и одновременное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одной из наиболее опасной чрезвычайной ситуацией в процессе эксплуатации энергетического оборудования является возникновение пожара. Риск возгорания на трансформаторных подстанциях не столь велик, но возможные последствия пожара могут быть катастрофическими.

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разработаны с целью создания оптимальной системы противопожарной защиты, способной обеспечить необходимый уровень пожарной безопасности.

Пожарная безопасность обеспечивается расположением зданий, сооружений и наружных установок в соответствии с противопожарными нормами, выбором конструкции и материалов зданий и сооружений, техническими мероприятиями. Составлен план ликвидации возможных аварий, утвержденный главным инженером предприятия и согласован с местными органами Госпожнадзора.

На территории объекта предусмотрены следующие противопожарные мероприятия:

- все разрывы между зданиями и сооружениями приняты согласно противопожарным нормам;
- проезды на площадках запроектированы из условия обеспечения подъезда пожарных машин к сооружениям и оборудованию;
- размещение зданий и сооружений на площадке произведено с учетом пожарной и взрывной безопасности.

Для зданий и сооружений предусмотрены мероприятия, предотвращающие распространение пожара, ограничивающие площадь, интенсивность и продолжительность горения:

- производственные здания запроектированы не ниже II степени огнестойкости из конструкций заводского изготовления;
- помещения с взрывопожароопасными и вредными производствами изолированы от помещений без повышенной опасности;

- в зданиях категории «А» для снижения тяжести возможного взрыва предусмотрены легкобрасываемые конструкции (ЛСК);
- в качестве ЛСК используется оконное остекление в наружных стенах, недостающая площадь компенсируется устройством участков легкобрасываемой кровли;
- полы во всех взрывоопасных помещениях предусмотрены из материалов, не дающих искры;
- на случай возникновения пожара проектом обеспечена возможность безопасной эвакуации находящихся в зданиях людей через эвакуационные выходы;
- количество запроектированных эвакуационных выходов из помещений, ширина проходов, коридоров и лестниц, а также максимальное расстояние от наиболее удаленных рабочих мест до выходов соответствует требованиям.
- все производственные здания высотой до верха парапета более 10 м имеют выходы на кровлю по наружным (пожарным) металлическим лестницам.

Заключение

В ходе проделанного проекта был рассчитан пластинчатый теплообменник. Был обоснован выбор данного типа теплообменника.

В технологическом расчете был составлен тепловой баланс теплообменника. Рассчитаны коэффициенты теплоотдачи, коэффициенты теплопередачи. После чего была рассчитана требуемая поверхность теплообмена.

Выполнен конструктивный расчет с определением габаритов аппарата. Были подобраны материалы, имеющие оптимальное исполнение для данного теплообменника и данных условий.

По результатам конструктивного расчета был произведен расчет механической прочности, жесткости и устойчивости аппарата целиком и его элементов..

Определены толщины торцевых плит, рассчитано фланцевое соединение с плоской привалочной поверхностью с прокладкой из паронита.

В результате проведенного гидравлического расчета теплообменного аппарата, были определены гидравлические сопротивления для каждого теплоносителя, и подобран насос для перекачки воды. Произведен поверочный расчет теплообменника.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности и проведен анализ проекта по системе SWOT.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены все возможные опасные и вредные факторы, которые возникают при разработке, изготовлении и эксплуатации пластинчатого теплообменника. Так же были рассмотрены мероприятия по снижению вредного воздействия производственных факторов на рабочего и окружающую среду.

Список использованных источников

1. The dairy news // [Электронный ресурс] – URL: <https://www.dairynews.ru/news/top-20-krupneyshikh-proizvoditeley-syrogo-moloka-v.html> (дата обращения: 10.04.2021).
2. Военное обозрение // [Электронный ресурс] – URL: <https://topwar.ru/169265-pjat-stolpov-prodovolstvennoj-bezopasnosti-rossii-nasha-opora-ne-tolko-v-dni-krizisov.html> (дата обращения: 12.04.2021).
3. Liton // [Электронный ресурс] – URL: <https://www.liton.ru/blog/proizvodstvo-moloka-v-rossii/> (дата обращения: 12.04.2021).
4. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Ю. И. Дытнерский, Г. С. Борисов, В. П. Брыков - М.: Химия, 1991. - 496 с.: ил. 2.
5. Процессы и аппараты химической технологии. Основы теории, технологический, конструктивный и гидравлический расчеты кожухотрубчатого теплообменника. Учебное пособие для студентов Химико-Технологического факультета ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 84с. 3.
6. РД 26-01-86-88 —Пластинчатые теплообменные аппараты,
7. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков - М.: ООО ИД «Альянс», 2007. - 576с. 4.
8. Поникаров, Иван Ильич. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи) учебное пособие для вузов Москва: Альфа-М, 2011. - 718 с. 5. ГОСТ 34233.1-2017.
9. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. - М.: Стандартинформ, 2018. - 30с. 6.
- 10.Лацинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский - Л.: Машиностроение, 1970. - 752с. 7. ГОСТ 34233.7 - 2017.
- 11.Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Теплообменные аппараты. - М.: Стандартинформ, 2018. - 54 с. 8. ГОСТ 481-80.
- 12.Парони и прокладки из него. Технические условия (с Изменениями N 1-5, с Поправкой).
- 13.Семакина О.К. Машины и аппараты химических производств. Ч. 1. Учеб. Пособие. - Томск: Изд-во Томского Политехнического университета, 2003. - 118с. 10.

14. ГОСТ 34233.4 - 2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
15. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений. - М.: Стандартиформ, 2018. - 42с. 11.
16. ГОСТ Р 54432-2011. Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление от PN1 до PN200. Конструкция, размеры и общие технические требования. 12.
17. РД 10-249-98. Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды. 13.
18. ГОСТ 34233.6 - 2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках. - М.: Стандартиформ, 2018. - 19 с. 14.
19. ГОСТ 34233.2 - 2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. - М.: Стандартиформ, 2018. - 54с. 15.
20. ГСССД 2-77. Вода. Плотность при атмосферном давлении и 15.
21. ГСССД 2-77. Вода. Плотность при атмосферном давлении и температурах от 0 до 100 °С. 16. А.А. Волошин.
22. Расчет фланцевых соединений трубопроводов и сосудов. - СУДПРОМ-ГИЗ. Л., - 1959. 17. РД 26-01-86-88.
23. Аппараты теплообменные пластинчатые. Метод расчета на прочность и герметичность. 18.
24. ГОСТ 25859-83. Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчета при малоцикловых нагрузках.
25. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.rg.ru/2011/10/28/medosmotr-dok.html>., свободный. – Дата обращения: 15.04.2019г.
26. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: Стандартиформ, 2007. – 10 с.
27. ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда. – М.: Стандартиформ, 2010. – 16 с.
28. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартиформ, 2008. – 49 с.
29. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и ССБТ ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:

<http://www.npmaap.ru/possnips/standpr/gost30494.html>., свободный. – Дата обращения: 15.04.2019г.

30. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/579059>., свободный. – Дата обращения: 15.04.2019г