

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

---

**Инженерная школа новых производственных технологий**  
**Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера**  
**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**  
**Профиль Машины и аппараты химических производств**

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка теплообменного оборудования цеха производства молочных продуктов</b>
УДК <u>66.021.4:637.1.002.5</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Левченко Илья Владимирович		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	к.х.н.		

По разделу «Механический расчет оборудования»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель НОЦ Н.М. Кижнера	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Краснокутская Е.А.	д.х.н., проф.		

**Запланированные результаты обучения по ООП 18.03.02 в 2018 г.**

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>	<b>Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон</b>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11, ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Проектировать и использовать новое энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность и надежность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,12,13,14,17, ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
P7	Применять знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 9, 10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для профессиональной области деятельности; находить необходимую литературу, использовать компьютерные базы данных и другие источники информации	Требования ФГОС (ПК-4, 5, 9, 10, 11, 14)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P10	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P12	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

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

---

**Инженерная школа новых производственных технологий**  
**Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера**  
**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**  
**Профиль Машины и аппараты химических производств**

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>Бакалаврской работы</b>
<b>Разработка теплообменного оборудования цеха производства молочных продуктов</b>

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К31	Левченко Илья Владимирович

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.04.2018, 3067/С
Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2018

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <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>	Расчет пластинчатого теплообменника для не прерывной очистки, пастеризации и охлаждения молока
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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>1. Технологический расчет включает в себя :</p> <p>расчет количества пластин пластинчатого теплообменника описание схемы производства гидравлический расчет подбор насосного оборудования тепловой расчет пластинчатого теплообменника</p> <p>2. Конструктивно механический расчет :</p> <p>расчет нажимных плит расчет на возможность опрокидывания промежуточные плиты расчет штанг расчет стяжки расчет прокладки расчет несущих способностей гофрированных пластин расчет фланцевых соединений расчет опор аппарата</p> <p>3. Финансовый менеджмент, Выполнение SWOT-анализа    Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет себестоимости готового продукта. Расчет точки безубыточности.</p> <p>4. Социальная ответственность:</p> <p>    производственная безопасность;     экологическая безопасность;     безопасность при чрезвычайных ситуациях;     правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Лист 1 - Общий вид пластинчатого теплообменника (А1). Лист 2 - Выносные элементы пластинчатого теплообменника (А1); Лист 3-График безубыточности</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Механический расчет оборудования</p>	<p>Беляев Василий Михайлович</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ларионова Екатерина Владимировна</p>

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

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Левченко Илья Владимирович		

## РЕФЕРАТ

Дипломная работа 81 с., 11 рис., 18 табл., 17 источника, \_\_\_ прил.

Молочная промышленность, теплообменное оборудование, увеличение производительности, пластинчатый теплообменник, выдерживатель.

Объектом исследования является пастеризационно-охладительная установка цеха производства молочных продуктов, предназначенная для переработки сырого молока с целью повышения его стойкости к скисанию.

Цель работы – проверка прочности входящего в состав пастеризационно-охладительной установки оборудования при повышении производительности на 10%, и повышение эффективности работы установки внедрением более технологичного оборудования.

В результате расчетов было установлено, что при росте планов по переработке молока на 10% оборудование, входящее в состав пастеризационно-охладительной установки сохраняет механическую прочность и обеспечивает правильное протекание технологического процесса, так же модернизирована конструкция выдерживателя молока на расход 11т/ч.

Достигнутые технико-эксплуатационные показатели: замена двух аппаратов одним, сочетающим в себе преимущества и исключаящим недостатки, а так же сокращения остановок производства для плановой очистки.

Эффективность установки определяется ее адаптивностью к проведению очистки и многофункциональностью.

Установка может применяться для оптимизации процесса пастеризации на предприятиях молочной промышленности.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2007.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Запланированные результаты обучения по ООП 18.03.02 в 2018 г. ....	2
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	9
<b>1 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ</b> .....	10
<b>2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА</b> .....	14
2.1 Основы технологии первой степени обработки молока. ....	14
2.2 Свойства и ГОСТ на молоко .....	14
2.4 Пастеризаторы молока, их классификация и принцип работы .....	18
<b>3. Технологическая схема установки</b> .....	20
3.1 Описание технологического процесса и технологической схемы работы установки .....	20
3.1.1 Назначение А1-ОКЛ-10.....	20
3.1.2 Состав установки.....	20
3.1.3 Описание технологической схемы.....	20
3.1.4 Описание основных технологических блоков ОКЛ-10 и отдельных аппаратов .....	21
3.2 Исходные данные к проектируемой установке.....	22
<b>4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	23
4.1 Технологический расчет пластинчатого теплообменника .....	23
4.1.2 Расчет количества пластин секции пастеризации .....	25
4.1.4 Гидравлический расчет .....	27
4.1.4.1 Гидравлический расчет секции охлаждения .....	27
4.1.4.2 Гидравлический расчет секции пастеризации.....	29
4.1.4.3 Гидравлический расчет секции регенерации.....	30
4.1.4.4 Подбор насосного оборудования .....	32
<b>5 МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	33
5.1 Механический расчет пластинчатого теплообменника[2]. ....	33
5.1.1 Расчет нажимных плит[2] .....	34
5.1.2 Расчет теплообменного аппарата на возможность опрокидывания в состоянии сборки[2] .....	36
5.1.3 Промежуточные плиты .....	36
5.1.4 Расчет штанг.....	38
5.1.5 Расчет Стяжки.....	39
6.1.6 Расчет прокладки .....	42
6.1.7 Расчет несущая способность гофрированных пластин .....	44
5.2.2.5 Расчет фланцевых соединений .....	46
5.2.3 Расчет опор аппарата .....	50
6. Экономическая часть.....	53
6.1 Экономика переработки молока.....	53
6.1.2 SWOT-анализ.....	53
6.2.1 Расчет производственной мощности установки .....	54
6.3.1 Режим работы .....	56
6.4.1 Организация оплаты труда.....	59
6.5 Основные фонды предприятия. Расчет амортизационных отчислений .....	62
6.6 Расчет себестоимости .....	63
6.7 Техничко-экономические показатели .....	65
6.8 Расчет точки безубыточности .....	66
<b>7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ</b> .....	70
7.1. Производственная безопасность .....	70
7.2. Экологическая безопасность .....	76
7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	77
7.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	79
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	80
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	81



## ВВЕДЕНИЕ

Качество молока а также молочных продуктов зависит от скорости их обработки и переработки, потому что молоко является скоропортящимся продуктом. В результате сохранения молока в соответствие с ГОСТом в период доставки молока и молочной продукции потребителям его подвергают обработке. Обработка включает в себя следующие технологические операции: фильтрацию, охлаждение, хранение, учет. А также к ним добавляются пастеризация, сепарирование и нормализация. Последние операции относятся к переработке.

Технологические операции по переработке молока имеют следующие значение: 1) изменить его исходные свойства 2) получить питьевое молоко 3)сливки 4)творог 5)масло 6)сыр 7)др. продукты. Переработку молока осуществляют на молочно товарных фермах, чаще всего расположенных вблизи городов и поставляющих молочную продукцию непосредственно в данный населенный пункт, а также на предприятия молочной промышленности.

На предприятиях молочной промышленности чаще всего используют пластинчатые пастеризационно-охладительные установки марки ОКЛ. На томском молочном предприятии ООО “Томское молоко” используется пастеризационная установка А1-ОКЛ-10, производительностью 10т/ч.

В настоящее время в результате проектирования плана по повышению производительности цеха производства молочных продуктов рассматривается вопрос о повышении производительности имеющегося оборудования. В связи с этим необходимо провести технологический, механический и экономический расчет компонентов пастеризационно-охладительной установки на предмет повышения производительности на 10%.

Так же целесообразно проанализировать имеющееся оборудование и технологический процесс на предмет повышения эффективности работы с помощью модернизации какого-либо технологического участка. Так, один из важнейших компонентов пастеризационно-охладительной установки – выдерживатель, в котором осуществляется выдержка молока после пастеризации, представляет собой змеевиковый трубопровод, расположенный на высоте около 2м.

Эта конструкция имеет существенные недостатки. К ним можно отнести отрицательную динамику при проведении технического обслуживания. Демонтаж секции занимает значительное время, вызванное расположением конструкции, ее геометрическими размерами и наличием большого количества коленных переходов, и сокращает время работы пастеризационно-охладительной установки в целом.

К недостаткам производства можно отнести отсутствие системы, обеспечивающей гарантированное качество конечного продукта, независимо от качества исходного сырья, закупаемого у различных поставщиков.

В современных экономических условиях у предприятия возникает необходимость в снижении себестоимости и повышении качества своей продукции, иначе возрастает риск не выдержать конкуренцию аналогичных предприятий-изготовителей. Данное обстоятельство обуславливает возникновение проекта по повышению производительности цеха производства молочных продуктов с использованием имеющегося оборудования.

В ходе разработки проекта возникла необходимость проведения механического, технологического и экономического расчета пастеризационно-охладительной установки на предмет сохранения механической прочности и сохранения правильности технологического процесса при увеличении производительности установки на 10%.

При эксплуатации пастеризационно-охладительных установок в молочной промышленности существует ряд проблем, не решенных на данный момент – в связи со спецификой производства молочных продуктов, исходный продукт оставляет осадок, вызывая необходимость периодических остановок работы оборудования для проведения операций по очистке.

Сокращение остановок работы пастеризационно-охладительной установки по технологическим причинам может значительно повысить объем производства.

Качество сырого молока, закупаемого у различных поставщиков зависит от большого количества факторов, совокупность которых учесть практически не возможно. Поэтому целесообразно оборудовать пастеризационно-охладительную установку по переработке сырого молока оборудованием, нейтрализующим возможные недостатки качества исходного сырья для того чтобы обеспечить гарантированное качество конечного продукта.

Этого можно добиться, установив специальный аппарат- дезодоратор.

В результате анализа вышеизложенного материала, была предложена альтернативная конструкция аппарата, одновременно совмещающего в себе выдерживатель и дезодоратор. Исходная конструкция выдерживателя представляет собой змеевиковый трубопровод, с большим количеством коленчатых переходов, демонтаж которых занимает значительное время. Предложенный аппарат отличается адаптивностью к демонтажу и интенсифицирует возобновление работоспособности установки.

Поскольку предложенная конструкция совмещает в себе дезодоратор, ее эксплуатация исключает необходимость приобретения, установки и технического обслуживания данного аппарата.

### **Охладители молока и принцип их работы**

Как отмечалось, молоко является скоропортящимся продуктом, поэтому охлаждение его является обязательной операцией при первичной обработке. Охлаждение молока можно

осуществить только при помощи соответствующих установок, в которых в качестве охлаждающего агента используется искусственно охлажденная вода или вода артезианских скважин.

Охлаждение воды производится холодильными машинами, в которых хладагентом являются аммиак или хладон (фреон). Хладагент циркулирует по замкнутому контуру, претерпевая фазовые превращения, испаряясь и забирая тепло у охлаждаемой воды и конденсируясь и отдавая тепло окружающему воздуху или проточной воде. Энергию для осуществления фазовых переходов хладагент получает от компрессора, который сжимает газообразный хладагент до давления конденсации.

В холодильной машине, кроме того, имеются ресивер для жидкого хладагента, фильтр, теплообменник, регулирующая и контрольная аппаратура (терморегулирующий вентиль, термореле, реле давления, манометры) и трубопроводы, соединяющие отдельные агрегаты в единую замкнутую систему.

В настоящее время наша промышленность, согласно системе машин, выпускает аккумуляционно-охлаждающие установки нового типа серии АВ, которые предназначены для охлаждения воды, используемой в проточных или емкостных охладителях молока. Их типоразмерный ряд: АВ-3; АВ-6; АВ-12 и АВ-30, где цифра указывает их хладопроизводительность в тыс.ккал/ кг (1 ккал — 4,18 кДж). Все эти установки выполнены по унифицированной конструктивно-технологической схеме. На фермах широкое распространение получили холодильные установки типа МХУ (МХУ-8С; МХУ-8П и МХУ-1"), которые также предназначены для охлаждения воды, используемой в охладителях молока ТО-2, ТОВ-2, АДМ-13 и др. Эти установки включают те же узлы, что и установки серии АВ.

Охладители молока можно классифицировать по следующим показателям:

1. По характеру соприкосновения с окружающим воздухом — открытые (оросительные) и закрытые (проточные).
2. По профилю рабочей поверхности — трубчатые и пластинчатые.
3. По числу секций — одно- и многосекционные.
4. По форме — плоские и круглые.
5. По воздействию на теплообменные среды — напорные, вакуумные и гравитационные.
6. По относительному направлению теплообменных сред — проточные, противоточные и с перекрестным движением.

Наибольшее распространение в колхозах и совхозах получили охладители закрытые проточные с противоточным движением молока и охладителя (автоматизированная очистительно-охлаждающая установка ООУ-МУ4 и ООТ-МУ4, прежний выпуск — ООМ-1000А, очиститель-

охладитель ОМ-1), а также емкостные охладители (танки-охладители ТО-2; ТОМ-2А; ТОВ-2 и др.) (Плакаты).

Теплообмен между теплообменными средами в пластинчатых охладителях происходит через стенки, интенсивность которого зависит от разности температур охлаждающей и охлаждаемой сред и коэффициента теплопередачи. Характер изменения температуры теплообменных сред можно представить графически для наглядности.

Теплообмен в обеих схемах происходит по экспоненциальному закону, однако в прямоточных охладителях интенсивность теплообмена в начале процесса велика, а к концу резко уменьшается из-за уменьшения градиента температур. В противоточных охладителях градиент температур в течение всего процесса изменяется в значительно меньшей степени, поэтому интенсивность теплообмена также более равномерная. Однако в последнем случае возможно получить температуру молока близкую к начальной температуре хладагента, чего нельзя получить в первом случае. Поэтому и КПД этого типа агрегатов более высок

Поэтому проблема, являющейся темой данной выпускной квалифицированной работы, — выяснение возможности использования эксплуатируемого оборудования во все возрастающих объемах производства, а так же увеличение производительности за счет применения более технологичных компонентов пастеризационно-охладительной установки — является актуальной и жизненно необходимой.

## 1 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

В существующих экономических условиях, в которых находится Российская Федерация, рынок имеет очень динамичную структуру, которая адекватно реагирует на появление конкурентоспособной продукции. Этот факт стимулирует предприятия к снижению себестоимости выпускаемых продуктов, а так же к повышению их качества, для того, чтобы не потерять актуальность на рынке продаж.

Молочная промышленность не является исключением из этого правила, именно поэтому на ООО «Томское молоко» рассматривается план повышения производительности цеха производства молочных продуктов с использованием имеющегося оборудования на 10%. Поэтому особое значение имеет выяснение возможности использования эксплуатируемой пастеризационно-охладительной установки при увеличении объемов производства, поскольку она является основным звеном в переработке сырого молока. Так же на предприятии рассматривается вопрос о повышении качества производимых продуктов. В цехе производства молочных продуктов, на пастеризационно-охладительной установке А1-ОКЛ-10 этой цели можно добиться, установив в линию специальный аппарат – вакуум-дезодоратор, который ликвидирует нежелательные привкусы и запахи у молока.

Совместно с повышением производительности, снижения себестоимости готового продукта можно достичь, применяя более технологичное оборудование. После анализа ряда факторов, влияющих на производительность, была предложена альтернативная конструкция выдерживателя, представляющая собой аппарат высотой 1,7м и диаметром 0,7м, которая обеспечивает сохранение технологического процесса и, одновременно позволяет повысить годовую производительность пастеризационной установки, сократив время остановок пастеризационно-охладительной установки по технологическим причинам.

Так же предложенная конструкция совмещает в себе вакуум-дезодоратор, основной функцией которого является очистка молока от нежелательных привкусов и запахов, а следовательно ее эксплуатация исключает необходимость приобретения, установки и технического обслуживания вакуум-дезодоратора.

В итоге цель данного проекта – технологический, механический и технико-экономический расчет пастеризационно-охладительной установки на предмет повышения производительности, и разработка более технологичного оборудования с целью снижения себестоимости готового продукта, является актуальной.

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

### 2.1 Основы технологии первой ступени обработки молока.

Качество молока и молочных продуктов во многом зависит от скорости их обработки и переработки, потому что молоко является быстро портиющимся продуктом. В следствии чего его подвергают первичной обработке еще на фермах. Данная процедура включает следующие операции: 1)фильтрация, 2)охлаждение, 3)хранение, 4)учет. В определенных ситуациях к ним также добавляются следующие операции: 1)пастеризация, 2)сепарирование и 3)нормализация. Последние операции больше относятся к переработке молочного сырья.

Технологические операции по переработке молока имеют следующие значение: 1) изменить его исходные свойства 2) получить питьевое молоко 3)сливки 4)творог 5)масло 6)сыр 7)др. продукты. Переработку молока осуществляют на молочно товарных фермах, чаще всего расположенных вблизи городов и поставляющих молочную продукцию непосредственно в данный населенный пункт, а также на предприятия молочной промышленности.

В нашей стране более 50% произведенного молока перерабатывается на масло, 35% — на питьевое молоко и кисломолочные продукты, из остальной части вырабатывают брынзу мороженое, сливки сыры, сгущенное консервированное и сухое молоко, и др. Переработка молока осуществляется на специальных технологических линиях.

### 2.2 Свойства и ГОСТ на молоко

Молоко является скоропортящимся продуктом в результате попадания в него бактерий, вызывающих закисание. Свежевыдоенное молоко обладает бактерицидными свойствами, которые сохраняются определенное время. Понижая температуру молока, увеличиваем срок действия его бактерицидных свойств. У свежего неохлажденного молока при  $t = 30^{\circ}\text{C}$  бактерицидная фаза равна 3 часам, при снижении температуры до  $16^{\circ}\text{C}$  — 76 ч, до  $10-13^{\circ}\text{C}$  — 36 ч, до  $4-5^{\circ}\text{C}$  жизнедеятельность бактерий практически прекращается.

Свежевыдоенное молоко показывает кислую реакцию. Кислотность молока выражается в градусах Тернера ( $^{\circ}\text{T}$ ), которые показывают количество миллилитров децинормального раствора щелочи (KOH или NaOH), идущей на нейтрализацию 100 мл молока. Метод определения кислотности определен ГОСТ 3624-92.

Кислотность свежевыдоенного молока находится в пределах  $16-18^{\circ}\text{T}$ . Химический состав молока не постоянен и зависит от породы, возраста, периода лактации, условий кормления и качества кормов. В состав молока входят более ста различных веществ. В нем различают две основные части: воду - в среднем 87,5 % и сухое вещество - 12,5 %. Последнее состоит из молочного сахара — 4,5...4,8 %, жира — 2,9...5,1 %, белка — 2,7...3,7 %, минеральных и органических кислот — около 0,75 % и золы — 0,6...0,8%.

В зависимости от физико-химических и микробиологических свойств молоко делят на два сорта и на несортное, согласно ГОСТ 3624-92. Несортное молоко и молоко II сорта с кислотностью выше 19°Т направляется на переработку в творог и другие кисломолочные продукты. Молоко, поступающее в торговую сеть, согласно ГОСТ 3624-92, делится на цельное, нормализованное, восстановленное, витаминизированное (жирность 3,2 %), а также повышенной жирности и топленое (жирность 6 %), белковое (жирность 2,5%). Плотность его должна быть ниже 1,027 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 2.1 Требования к молоку по ГОСТ 3624-92

Показатели	I сорт	II сорт	Несортное
Плотность не менее, г/см <sup>3</sup>	1,027	1,027	1,027
Кислотность, °Т	16...18	19...20	не более 21
Степень чистоты по эталону (не ниже группы)	1	2	2
Бактериальная загрязненность по редуктазной пробе (не ниже класса)	1	2	3
Температура при приемке, °С	Не выше 10	не учитывается	
Внешний вид	Однородная жидкость без осадка и хлопьев		
Запах и вкус	Свойственные свежему сырому молоку без посторонних привкусов. Допускается слабовыраженный кормовой привкус		
Цвет	От белого до светло-желтого		

Основное назначение любой технологической линии первичной обработки — получение цельного (натурального) и питьевого молока. Технологическая линия получения питьевого молока предусматривает прием молока с кислотностью не выше 19°Т, сортирование молока, учет, очистку, нормализацию по содержанию жира, пастеризацию, охлаждение, розлив, выдачу.

Очистка молока от механических примесей (остатки подстилки, частицы корма, волос и т.п.) производится путем пропускания через ватный или лавсановый фильтр, или на центробежных молокоочистителях. Фильтрация может осуществляться под действием гидростатического столба жидкости и под давлением (0,1...0,2 МПа). Нормализация молока по содержанию жира предусматривает получение продукта с заданной жирностью. Она может осуществляться:

- смешиванием молока повышенной жирности с маложирным молоком;

- добавлением к жирному (более 3,2%) молоку обезжиренного молока или обрата;
- сепарированием жирного молока путем отбора части сливок;
- добавлением к маложирному молоку сливок.

На фермах нормализация производится путем сепарирования или добавлением сливок. Количество сливок, которое нужно удалить из жирного молока, определяется из баланса жира в молоке до разделения и молоке и сливках после разделения.

$$M_m J_m = M_m^k J_m^k + M_{cl} J_{cl} \quad (2.1)$$

Кроме того, справедливо равенство

$$M_m = M_m^k + M_{cl}, \quad (2.2)$$

Где  $M_m$ ,  $M_m^k$ ,  $M_{cl}$  — масса молока до разделения, после разделения и сливок, соответственно;  $J_m$ ,  $J_m^k$ ,  $J_{cl}$  — жирность молока до разделения, после разделения и сливок, соответственно.

Подставляя значение  $M_m^k = M_m - M_{cl}$  в первое уравнение, получим количество сливок, которое должно быть удалено:

$$M_{cl} := \frac{M_m (J_m - J_{km})}{J_{cl} - J_{km}}$$

Количество молока после разделения соответственно равно:

$$M_{km} := \frac{M_m J_m - M_{cl} J_{cl}}{J_{km}}$$

### 2.3 Охладители молока и принцип их работы

Как отмечалось, молоко является скоропортящимся продуктом, поэтому охлаждение его является обязательной операцией при первичной обработке. Охлаждение молока можно осуществить только при помощи соответствующих установок, в которых в качестве охлаждающего агента используется искусственно охлажденная вода или вода артезианских скважин.

Охлаждение воды производится холодильными машинами, в которых хладагентом являются аммиак или хладон (фреон). Хладагент циркулирует по замкнутому контуру, претерпевая фазовые превращения, испаряясь и забирая тепло у охлаждаемой воды и конденсируясь и отдавая тепло окружающему воздуху или проточной воде. Энергию для осуществления фазовых переходов хладагент получает от компрессора, который сжимает газообразный хладагент до давления конденсации.



В холодильной машине, кроме того, имеются ресивер для жидкого хладагента, фильтр, теплообменник, регулирующая и контрольная аппаратура (терморегулирующий вентиль, термореле, реле давления, манометры) и трубопроводы, соединяющие отдельные агрегаты в единую замкнутую систему.

В настоящее время наша промышленность, согласно системе машин, выпускает аккумуляционно-охлаждающие установки нового типа серии АВ, которые предназначены для охлаждения воды, используемой в проточных или емкостных охладителях молока. Их типоразмерный ряд: АВ-3; АВ-6; АВ-12 и АВ-30, где цифра указывает их хладопроизводительность в тыс.ккал/ кг (1 ккал — 4,18 кДж). Все эти установки выполнены по унифицированной конструктивно-технологической схеме. На фермах широкое распространение получили холодильные установки типа МХУ (МХУ-8С; МХУ-8П и МХУ-1"), которые также предназначены для охлаждения воды, используемой в охладителях молока ТО-2, ТОВ-2, АДМ-13 и др. Эти установки включают те же узлы, что и установки серии АВ.

Охладители молока можно классифицировать по следующим показателям:

7. По характеру соприкосновения с окружающим воздухом — открытые (оросительные) и закрытые (проточные).

8. По профилю рабочей поверхности — трубчатые и пластинчатые.

9. По числу секций — одно- и многосекционные.

10. По форме — плоские и круглые.

11. По воздействию на теплообменные среды — напорные, вакуумные и гравитационные.

12. По относительному направлению теплообменных сред — прямоточные, противоточные и с перекрестным движением.

Наибольшее распространение в колхозах и совхозах получили охладители закрытые проточные с противоточным движением молока и охладителя (автоматизированная очистительно-охлаждающая установка ООУ-МУ4 и ООТ-МУ4, прежний выпуск — ООМ-1000А, очистительно-охладитель ОМ-1), а также емкостные охладители (танки-охладители ТО-2; ТОМ-2А; ТОВ-2 и др.) (Плакаты).

Теплообмен между теплообменными средами в пластинчатых охладителях происходит через стенки, интенсивность которого зависит от разности температур охлаждающейся и охлаждаемой сред и коэффициента теплопередачи. Характер изменения температуры теплообменных сред можно представить графически для наглядности.

Теплообмен в обеих схемах происходит по экспоненциальному закону, однако в прямоточных охладителях интенсивность теплообмена в начале процесса велика, а к концу резко

уменьшается из-за уменьшения градиента температур. В противоточных охладителях градиент температур в течение всего процесса изменяется в значительно меньшей степени, поэтому интенсивность теплообмена также более равномерная. Однако в последнем случае возможно получить температуру молока близкую к начальной температуре хладагента, чего нельзя получить в первом случае. Поэтому и КПД этого типа агрегатов более высок

#### **2.4 Пастеризаторы молока, их классификация и принцип работы**

С целью уничтожения находящихся в молоке бактерий его подвергают нагреванию до определенной температуры. Факт обеззараживания различных материалов, в том числе продуктов, путем их нагревания установил выдающийся французский ученый Луи Пастер. По его имени этот процесс назван пастеризацией, а аппараты, в которых осуществляется этот процесс, — пастеризаторами.

По мере развития науки и техники уничтожение вредных бактерий стали осуществлять не только нагреванием, но и другими физическими методами, однако процесс обеззараживания все равно называется пастеризацией.

Пастеризаторы молока подразделяются по способу обработки на термические, в которых молоко нагревается ниже температуры кипения, и холодные, в которых уничтожение бактерий осуществляется различными физическими воздействиями - облучением ультрафиолетовыми или инфракрасными лучами, радиацией, обработкой ультразвуком и т.п.; по источнику энергии - на паровые, электрические с индукционным нагревом, излучательные; по характеру выполнения процесса - непрерывного и периодического действия; по конструктивному выполнению - пластинчатые, трубчатые, центробежные с вытеснительным барабаном, емкостные с рубашкой и мешалкой; по числу секций - одно-, двух-, многосекционные или комбинированные; по направлению жидкости и теплоносителя — прямоточные и противоточные.

Наибольшее распространение при обработке молока получили термические пастеризаторы. При этом по режиму работы они подразделяются на три типа:

1. Аппараты длительной пастеризации молока, в которых нагрев осуществляется до 63...65°C с выдержкой при этой температуре в течение 30 минут.

2. Аппараты кратковременной пастеризации, в которых нагревание молока производится в тонком слое до температуры  $76 \pm 2^\circ\text{C}$  с выдержкой в течение 70-100 секунд.

3. Аппараты мгновенной пастеризации, в которых молоко в течение нескольких секунд нагревается до температуры 85...87°C без его дальнейшей выдержки.

Холодная пастеризация сводится в основном к ультрафиолетовому облучению непрерывно движущегося тонкого слоя молока или воздействию на него колебаний звуковой частоты ( $8...10 * 10^3$  Гц) магнитострикционными вибраторами. В последнем случае желательна

выдержка молока в этом режиме около 1 с. Аппараты длительной пастеризации применяют для подогрева молока перед сепарированием или его сквашиванием. Длительная пастеризация оказывает наибольшее воздействие на физико-механические свойства молока, но обеспечивает надежное уничтожение всех видов микроорганизмов за исключением термостойких бактерий. Длительная пастеризация молока осуществляется в ваннах длительной пастеризации ВДП-300; Г6-ОПБ-300; Г6-ОПБ-600; Г6-ОПБ-1000 (плакаты). Все ванны одинаковы по устройству и имеют водяную рубашку вокруг рабочей емкости и мешалку с приводом. Кратковременная пастеризация осуществляется на пластинчатых пастеризационно-охладительных установках ОПФ-1; ОПУ-3М; ОП2-У5 (плакаты). Все они работают в автоматическом режиме и включают пластинчатый пастеризатор, выдерживатель, регенератор, охладитель и молокоочиститель.

Мгновенная пастеризация молока осуществляется на аппаратах с вытеснительным барабаном ОПД-1М, П-12. Молоко в них проходит в зазоре между стенками вытеснительного барабана и неподвижного резервуара, имеющего параболическую форму. Внутри барабана и снаружи резервуара пускается пар. Барабан приводится во вращение от электродвигателя.

Ко всем пастеризаторам предъявляются следующие требования: полное уничтожение микробов всех форм; обработка не должна ухудшать свойств молока; простота устройства и эксплуатации; поверхности, соприкасающиеся с молоком, должны быть стойкими к химическому воздействию молока и моющих жидкостей.

### **3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ**

#### **3.1 Описание технологического процесса и технологической схемы работы установки**

##### **3.1.1 Назначение А1-ОКЛ-10**

Пластинчатая установка предназначена для очистки, пастеризации и охлаждения молока в непрерывном тонкослойном закрытом потоке, при автоматическом контроле и регулировании технологи четкого процесса. Применяется установка на городских молочных заводах.

##### **3.1.2 Состав установки**

Установка состоит из аппарата пластинчатого, бака приемного с поплавковым регулятором уровня, насосов для подачи молока, сепаратора-молокоочистителя. насоса для подачи горячей воды, бака конвекционного закрытого типа, выдерживателя трубчатого, переключающих и регулирующего клапанов, шита управления с приборами автоматического контроля и регулирования, коммуникаций трубопроводных.

##### **3.1.3 Описание технологической схемы**

Молоко из резервуара поступает в приемный бак, в котором благодаря клана попоплавковому устройству производится его заполнение до определенного уровня. Из приемного бака молоко насосом через регулятор потока подается в секцию регенерации пластинчатого аппарата для предварительного нагрева и далее в сепаратор молокоочиститель для очистки от механических и других загрязнений.

После очистки молоко возвращается в аппарат, проходит через секцию пастеризации, где нагревается до температуры  $76—78^{\circ}\text{C}$  и направляется через переключающий клапан в выдерживатель, откуда поступает в секции регенерации и охлаждения и далее направляется в молокоохранилище.

Нагрев молока в секции пастеризации до температуры  $76—78^{\circ}\text{C}$  осуществляется горячей водой, которая циркулирует с помощью центробежных насосов К45/30 в замкнутом контуре бойлерно-инжекторного бачка, проходя последовательно через инжектор пара, аппарат, бак конвекционный.

Охлаждение молока до температуры  $2—6^{\circ}\text{C}$  осуществляется в секции регенерации сырым холодным молоком и в секции охлаждения ледяной водой при температуре  $0—2^{\circ}\text{C}$ .

Технологические параметры автоматически регулируются, регистрируются и контролируются.

В случае нарушения заданного режима пастеризации поступление молока в молокоохранилище прекращается, и оно направляется на повторную пастеризацию. Поступление

сырого молока в приемный бак из молокохранилища также прекращается. С переключением клапана на возврат срабатывает звуковая и световая сигнализация, извещающая о нарушении заданного температурного режима обработки молока.

При прекращении подачи молока в приемный бак и понижении уровня молока в нем до минимально допустимого клапан переключает поток молока на циркуляцию, одновременно с этим срабатывает звуковая и световая сигнализация.

Переключение клапана на выдачу продукта и реализацию может быть осуществлено только аппаратчиком, после устранения причин, вызвавших прекращение подачи молока в установку.

### **3.1.4 Описание основных технологических блоков ОКЛ-10 и отдельных аппаратов**

Пластинчатый аппарат состоит из станины с зажимными устройствами, набора теплообменных пластин: разделительной и нажимных плит.

Аппарат имеет три секции: регенерации, пастеризации и охлаждения. Секции аппарата расположены по обе стороны станины.

В пластинчатом аппарате применяется теплообменная пластина, штампованная из нержавеющей листовой стали, имеющая рабочую поверхность в установке ОКЛ-10 — 0,2 м<sup>2</sup>. Количество пластин в установке ОКЛ-10 — 249 шт.

С обеих сторон каждой пластины имеется клапан, по которому с одной стороны движется молоко, а с другой — теплоноситель или хладоноситель.

Герметичность в собранном аппарате создается резиновыми уплотнительными прокладками, наклеенными на пластины специальным клеем.

Поджатие пластин осуществляется двумя винтовыми зажимными устройствами. Требуемая степень сжатия определяется по таблицам со шкалой, установленным на верхних и нижних дистанционных скобах (распорках). Нулевое деление устанавливается по отметке на планке вертикальной распоркой стойки и соответствует минимальному сжатию аппарата, обеспечивающему герметичность. Каждая пластина имеет маркировку, соответствующую обозначениям на компоновочной схеме пластин.

Станина аппарата состоит из главной стойки, горизонтальных штанг, двух поддерживающих и двух распорных стоек.

Выдерживатель представляет собой, систему трубопроводов, обеспечивающую определенное время выдержки продукта при температуре пастеризации.

Регулятор потока представляет собой устройство, которое автоматически поддерживает паспортную производительность установки.

Бак приемный представляет собой емкость с регулятором уровня, который обеспечивает постоянство уровня молока в момент переключения молока на повторную пастеризацию.

### 3.2 Исходные данные к проектируемой установке

Таблица 3.1 Технические характеристики установки ОКЛ-10

Наименование показателей	Значение
Производительность теоретическая, м <sup>3</sup> /ч	11
Начальная температура молока, °С	5-10
Температура нагрева молока, °С	76-78
Температура охлаждения молока, °С	2-6
Время выдержки молока, сек	70-100
Температура хладоносителя, °С	0-2
Давление хладоносителя, кПа, не менее	250
Рабочее давление в аппарате до появления отложения, кПа, не более	250
Установленная мощность, кВт/ч	10,5
Габаритные размеры установки, мм	
- длина	5430
- ширина	1200
- высота	2500
Масса, кг	6500
Напряжение силовой цепи, В	380
Напряжение цепи управления, В	36
Род тока, Гц	Переменный 50
Давление питания, кПа	250—600

Таблица 3.4 Технические характеристики выдерживателя

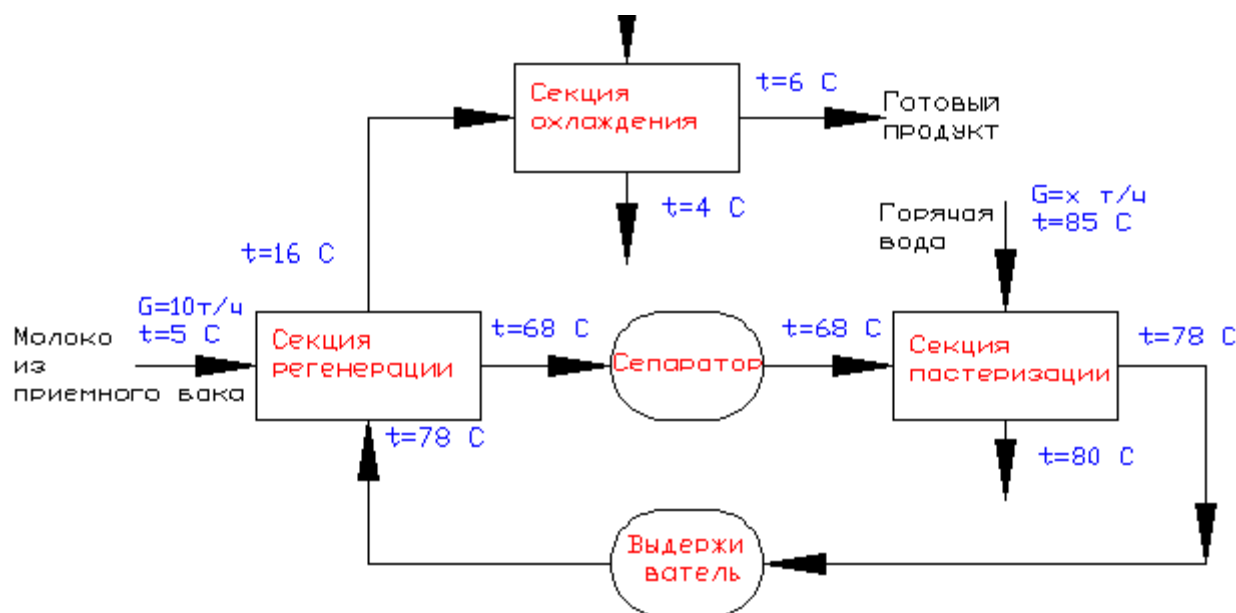
Наименование показателей	Значение
Диаметр патрубка для входа молока, мм	50
Диаметр патрубка для выхода молока, мм	50
Диаметр патрубка для вакуума, мм	50
Габаритные размеры установки, мм	
- ширина	1185
- высота	208
Масса, кг	250

## 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Технологический расчет пластинчатого теплообменника

Цель технологического расчета: Расчет количество пластин в теплообменнике для каждой отдельной секции. Выполнить гидравлические расчет для аппарата.

Производительность	$G = 11 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$
Температура молока, поступающего в аппарат пастеризации охлаждения	$T_M = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$
	$T_{\text{П}} = 78 \text{ } ^\circ\text{C}$
	$T_{\text{ОХ}} = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$
Время выдержки молока при температуре пастеризации	$t_{\text{ВЫД}} = 90 \text{ с}$
Давление пара в магистрали	$P_{\text{П}} = 300 \cdot 10^3 \text{ Па}$
Температура горячей воды	$T_{\text{ГВ}} = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$
Температура ледяной воды	$T_{\text{ЛВ}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$
Рабочее давление в аппарате	$P_{\text{раб}} = 400 \cdot 10^3 \text{ Па}$
Тип пластин	АГ -2
Поверхность теплообмена одной пластины	$F_{\text{пл}} = 0.2 \text{ м}^2$
Число пластин в секциях регенерации пастеризации охлаждения ледяной водой	$z_p = 136$
	$z_{\text{П}} = 44$
	$z_{\text{ОХ}} = 69$
Общее число пластин в аппарате	$Z = 249$
Плотность молока	$\rho_M = 1009 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$



## Расчет количества пластин секции охлаждения

Тепловой поток, отбираемый хладоносителем от молока, определяется по формуле:

$$G_M = \frac{G \cdot \rho_M}{3600} \quad G_M = 3.083 \quad \text{— подача молока, кг/с;} \quad (5.1.1)$$

$$c_M = 4190 \quad \text{— его теплоемкость, Дж/ кг.град;}$$

$$T_{HM} = T_{OK} = 16 \quad \text{С} \quad \text{— начальная и конечная температуры молока секции}$$

$$T_{KM} = 6 \quad \text{С} \quad \text{охлаждения, соответственно}$$

$$Q_1 = G_M \cdot c_M \cdot (T_{HM} - T_{KM}) \quad Q_1 = 1.292 \times 10^5 \quad \text{Дж} \quad (5.1.2)$$

### Материальный расчет секции охлаждения

$$T_{HX} = T_{ЛВ} = 0 \quad \text{С} \quad \text{— начальная и конечная температуры хладагента,}$$

$$T_{KX} = 4 \quad \text{С} \quad \text{соответственно.}$$

$$c_X = 4180 \quad \text{Дж/ кг.град;}$$

Если пренебречь потерями тепла в окружающую среду, то уравнение материального баланса будет иметь вид:

$$Q_{\text{молока}} = Q_{\text{лед. воды}}$$

$$G_M \cdot c_M \cdot (T_{HM} - T_{KM}) = G_X \cdot c_X \cdot (T_{ЛВHX} - T_{ЛВКX}) \quad (4.1.3)$$

отсюда найдем расход ледяной воды, кг/с

$$G_X = \frac{G_M \cdot c_M \cdot (T_{HM} - T_{KM})}{c_X \cdot (T_{KX} - T_{HX})} \quad G_X = 12.53 \quad (4.1.4)$$

Процесс охлаждения в пластинчатых охладителях идет непрерывно, т.е. подача молока и хладагента осуществляется непрерывно. Но в зависимости от температурного режима охлаждающей жидкости требуется больше, чем охлаждаемой. Отношение расхода хладагента к расходу охлаждаемой жидкости называют коэффициентом кратности расхода хладагента

$$K_k = \frac{G_X}{G_M} \quad K_k = 2.5 \quad (4.1.5)$$

Практикой установлено, что значение  $K_k$  для водяных секций охладителей находится в пределах 2,5...3, для рассольных — 1,5...2,5.

Поток тепла, проходящий через стенки охладителя, можно выразить уравнением Ньютона

$$Q = k \cdot F_{\text{ox}} \cdot \Delta T_{\text{cp}} \quad \text{Вт} \quad (4.1.6)$$

где  $k$  — коэффициент теплопередачи через плоскую стенку, Вт/м<sup>2</sup>·град;

$F_{\text{ox}}$  — теплообменная поверхность секции охлаждения;

$\Delta T_{\text{cp}}$  — средний градиент температур между теплообменными средами.

Приравняв (5.1.2) и (5.1.6), можно определить общую теплообменную поверхность

$$F_{\text{ox}} = \frac{G_M \cdot c_M \cdot (T_{HM} - T_{KM})}{k \cdot \Delta T_{\text{cp}}} \quad (4.1.7)$$

Средний градиент температур или температурный напор определяется как среднее логарифмическое

$$\Delta T_{\text{max}} = T_{HM} - T_{HX} = 16 \quad \text{°С} \quad (4.1.8)$$

$$\Delta T_{\text{min}} = T_{KM} - T_{KX} = 2 \quad \text{°С} \quad (4.1.9)$$



$k = 500$  - коэффициент теплопередачи

$$\Delta T_{cp} = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}\right)} \quad \Delta T_{cp} = 6.733 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.1.10)$$

$$F_{ox} = \frac{G_M * C_M * (T_{HM} - T_{KM})}{k * \Delta T_{cp}} \quad F_{ox} = 13.76 \text{ м}^2 \quad (4.1.11)$$

Коэффициент теплопередачи зависит от многих факторов (температуры теплообменных жидкостей, конструкции теплообменника, условия течения жидкостей и т.п.) и в каждом конкретном случае определяется экспериментально. Имеется ряд экспериментальных зависимостей для его определения. Ориентировочно можно принять  $k = 500$  ккал/м<sup>2</sup>.ч.град = 4,18 МДж /м<sup>2</sup>.ч.град.

Число рабочих пластин в секции (теплообменных поверхностей)

$$Z_{ox\_p} = \frac{F_{ox}}{F_{пл}} \quad Z_{ox\_p} = 68.217 \text{ } Z_{ox\_p} \text{ расчетное значение} \quad (4.1.12)$$

$$Z_{ox} = 69$$

Таким образом в результате расчета для секции охлаждения была подобрана площадь теплообмена, количество пластин в данной секции а так же расход хладоносителя, при котором соблюдается технологический процесс.

#### 4.1.2 Расчет количества пластин секции пастеризации

Для пастеризаторов их тепловая производительность

$T_{KM} = 78 \text{ } ^\circ\text{C}$  — конечная и начальная температуры молока в секции пастеризации, соответственно

$T_{HM} = 68 \text{ } ^\circ\text{C}$

$G_M = 3.083$  — подача молока, кг/с;

$C_M = 4230$  Дж/ кг.град;

$$Q_{п} = G_M * C_M * (T_{KM} - T_{HM}) \quad Q_{п} = 1.304 * 10^5 \text{ Дж} \quad (4.1.13)$$

Материальный расчет секции пастеризации

$T_{HG} = T_{ГВ} = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$  — начальная и конечная температуры горячего теплоносителя,

$T_{КГ} = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$  соответственно.

$c_r = 4140$  Дж/кг.град;

Если пренебречь потерями тепла в окружающую среду, то уравнение материального балланса будет иметь вид:

$$Q_{\text{молока}} = Q_{\text{гор. воды}} \\ G_M * C_M * (T_{HM} - T_{KM}) = G_r * C_r * (T_{ЛВ_{КГ}} - T_{ЛВ_{HG}}) \quad (4.1.14)$$

отсюда найдем расход горячей воды, кг/с

$$G_r = \frac{G_M * C_M * (T_{KM} - T_{HM})}{2 C_r * (T_{HG} - T_{КГ})} \quad G_r = 8.409 \quad (4.1.15)$$

Для водяных пастеризаторов

$$\Delta T_{\max} = T_{\text{нг}} - T_{\text{нм}} = 17 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.1.16)$$

$$\Delta T_{\min} = T_{\text{кг}} - T_{\text{км}} = 2 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.1.17)$$

$$\Delta T_{\text{cp}} = \frac{\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{\max}}{\Delta T_{\min}}\right)} \quad \Delta T_{\text{cp}} = 7.009 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.1.18)$$

Откуда полная теплообменная площадь пастеризатора

$$F_{\text{п}} = \frac{G_{\text{м}} * C_{\text{м}} * (T_{\text{км}} - T_{\text{нм}})}{k * \Delta T_{\text{cp}}} \quad F_{\text{п}} = 8.761 \text{ м}^2 \quad (4.1.19)$$

количество пластин в секции пастеризации

$$z_{\text{п,р}} = \frac{F_{\text{п}}}{F_{\text{пл}}} \quad z_{\text{п,р}} = 43.734 \text{ - расчетное значение} \quad (4.1.20)$$

$$z_{\text{п}} = 44$$

Таким образом в результате расчета для секции пастеризации была подобрана площадь теплообмена, количество пластин в данной секции а так же расход горячего теплоносителя, при котором соблюдается технологический процесс.

$T_{\text{нм}} = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  — конечная и начальная температуры молока в секции

$T_{\text{км}} = 68 \text{ }^{\circ}\text{C}$  регенерации, соответственно

Принимаем снижение температуры в дезодораторе 5%, тогда

$T_{\text{нгм}} = 78 \text{ }^{\circ}\text{C}$  — начальная и конечная температуры горячего молока, соответственно.

$c_{\text{м}} = 4190 \text{ Дж/кг.град}$ ; - теплоемкость молока, поступающего в аппарат

$c_{\text{гм}} = 4232 \text{ Дж/кг.град}$ ; - теплоемкость молока, поступающего из секции пастеризации

Количество теплоты, полученное молоком, идущим на регенерацию

$$Q_{\text{п}} = G_{\text{м}} * C_{\text{м}} * (T_{\text{км}} - T_{\text{нм}}) \quad Q_{\text{п}} = 8.138 * 10^5 \text{ Дж}$$

Тепловой расчет секции регенерации

Если пренебречь потерями тепла в окружающую среду, то уравнение будет иметь вид:

$$Q_{\text{молока}} = Q_{\text{гор.молока}} \quad (4.1.21)$$

$$G_{\text{м}} * C_{\text{м}} * (T_{\text{нм}} - T_{\text{км}}) = G_{\text{гм}} * C_{\text{гм}} * (T_{\text{кгм}} - T_{\text{нгм}}) \quad (4.1.22)$$

отсюда найдем температуру горячего молока, при выходе из секции регенерации, кг/с

$$T_{\text{кгм}} = T_{\text{нгм}} - \frac{Q_{\text{п}}}{c_{\text{гм}} * G_{\text{м}}} \quad T_{\text{кгм}} = 15.625 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.1.24)$$

$$\Delta T_{\max} = T_{\text{нгм}} - T_{\text{нм}} = 73 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.1.25)$$

$$\Delta T_{\min} = |T_{\text{кгм}} - T_{\text{км}}| = 52.375 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.1.26)$$

$$\Delta T_{cp} = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}\right)} \quad \Delta T_{cp} = 62.118 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.1.27)$$

Количество теплоты, необходимой для регенерации молока, определяется уравнением. Отношение количества теплоты, полученной в регенераторе, к количеству теплоты, потребной для пастеризации, называется коэффициентом регенерации

$$\varepsilon = \frac{Q_{II}}{Q} \quad \varepsilon = \frac{Q_M * C_M * (T_{KM} - T_{HM})}{Q_{ГМ} * C_{ГМ} * (T_{КГМ} - T_{НГМ})} \quad \varepsilon = \frac{T_{KM} - T_{HM}}{T_{НГМ} - T_{КГМ}} \quad \varepsilon = 1.01 \quad (4.1.28)$$

$$\Delta T_{cp} = (1 - \varepsilon) * (T_{KM} - T_{HM}) \quad \Delta T_{cp} = 62.118 \quad (4.1.29)$$

Площадь теплообменной поверхности регенератора определяется по формулам, исходя из уравнения баланса теплоты

$$F_{расp} = \frac{Q_{II}}{k * \Delta T_{cp}} \quad F_{расp} = 26.203 \text{ м}^2 \quad (4.1.30)$$

Количество пластин в секции регенерации

$$z_{p,p} = \frac{F_{расp}}{F_{пл}} \quad z_{p,p} = 135.097 \text{ - расчетное значение} \quad (4.1.31)$$

$$z_p = 136$$

Таким образом в результате расчета для секции регенерации была подобрана площадь теплообмена, количество пластин в данной секции а так же конечную температуру горячего молока, при котором соблюдается технологический процесс

#### 4.1.4 Гидравлический расчет

##### 4.1.4.1 Гидравлический расчет секции охлаждения

Компоновка пластин : Сх:34/34, т.е. по одному пакету (ходу) для обоих потоков.

Молоко при средней температуре 11 <sup>0</sup>С имеет следующие физико-химические характеристики:

$$\rho_M = 1.009 * 10^3 \text{ кг/м}^3 \quad \mu_M = 5.4 * 10^{-4} \text{ Па*с}$$

$$\lambda_M = 0.622 \text{ Вт/(м*К)} \quad c_M = 4.19 * 10^3$$

$$P_{rM} = \frac{c_M * \mu_M}{\lambda_M} \quad P_{rM} = 3.683 \quad (4.1.32)$$

Физико-химические свойства ледяной воды при температуре 2<sup>0</sup> С :

$$\rho_в = 996.67 \text{ кг/м}^3 \quad \mu_в = 9.471 * 10^{-4} \text{ Па*с}$$

$$\lambda_в = 0.613 \text{ Вт/(м*К)} \quad c_в = 4.18 * 10^3$$

$$P_{rв} = \frac{c_в * \mu_в}{\lambda_в} \quad P_{rв} = 6.458 \quad (4.1.33)$$

$$n = 34$$

$$d_э = 0.0083 \text{ м}$$

$$d_ш = 0.05 \text{ м}$$

Скорость молока в 34 каналах с проходным сечением  $S_{np}$  равна:

$$S_{np} = \frac{\pi * d_{ш}^2}{4} \quad S_{np} = 1.963 * 10^{-3} \quad (4.1.34)$$

$$\omega_M = \frac{G_M}{\rho_M * n * S_{np}} \quad \omega_M = 0.046 \text{ м/с} \quad (4.1.35)$$

$$Re_{11} = \frac{\omega_M * d_{э} * \rho_M}{\mu_M} \quad Re_{11} = 709.834 \quad (4.1.36)$$

$$a_2 = 15$$

$$\xi_1 = \frac{a_2}{Re_{11}^{0.25}} \quad \xi_1 = 2.906 \quad (4.1.37)$$

$$X_1 = 1 \quad L_{\text{ккк}} = 1.0 \text{ м}$$

Эквивалентный диаметр каналов :  $d_{э} = 0.0083 \text{ м}$   
тогда:

$$\omega_{1ш} = \frac{G_M * 4}{\pi * d_{ш}^2 * \rho_M} \quad \omega_{1ш} = 1.556 \text{ м/с} \quad (4.1.38)$$

$$\Delta p_1 = X_1 * \xi_1 * \frac{L_1 * \rho_M * \omega_M^2}{d_{э} * 2} + 3 * \frac{\rho_M * \omega_{1ш}^2}{2} \quad (4.1.39)$$

$$\Delta p_{1_{\text{оxm}}} = \text{if}(\omega_{1ш} < 2.5, X_1 * \xi_1 * \frac{L_1 * \rho_M * \omega_M^2}{d_{э} * 2}, \Delta p_1) \quad (4.1.40)$$

$$\Delta p_{1_{\text{оxm}}} = 373.74 \text{ Па}$$

Скорость ледяной воды в 34 каналах с проходным сечением  $S_{np}$  равна:

$$\omega_B = \frac{G_x}{\rho_B * n * S_{np}} \quad \omega_B = 0.116 \text{ м/с} \quad (4.1.41)$$

$$Re_{21} = \frac{\omega_B * d_{э} * \rho_B}{\mu_B} \quad Re_{21} = 1.014 \quad (4.1.42)$$

$$\alpha_{21} = \frac{\lambda_{\text{е}}}{d_{э}} * 0.135 * Re_{21}^{0.73} * P_{r_{\text{е}}}^{0.43} \quad \alpha_{21} = 3.48 * 10^3 \text{ Вт/(кв.м*К)} \quad (4.1.43)$$

$$\xi_2 = \frac{a_2}{Re_{21}^{0.25}} \quad \xi_2 = 2.658 \quad (4.1.44)$$

$$X_2 = 1$$

$$\omega_{2ш} = \frac{G_x * 4}{\pi * d_{ш}^2 * \rho_B} \quad \omega_{2ш} = 3.948 \text{ м/с} \quad (4.1.45)$$

$$\Delta p_2 = X_2 * \xi_2 * \frac{L}{d_3} * \frac{\rho_B * \omega_B^2}{2} + 3 * \frac{\rho_B * \omega_2 \psi^2}{2} \quad (4.1.46)$$

$$\Delta p_2 = \text{if}(\omega_2 \psi < 2.5, X_2 * \xi_2 * \frac{L}{d_3} * \frac{\rho_B * \omega_B^2}{2}, \Delta p_2) \quad (4.1.47)$$

#### 4.1.4.2 Гидравлический расчет секции пастеризации

Компоновка пластин : Сх:22/22, т.е. по одному пакету (ходу) для обоих потоков.

Молоко при средней температуре 73<sup>0</sup>С имеет следующие физико-химические характеристики:

$$\begin{aligned} \rho_M &= 0.964 \text{ кг/м}^3 & \mu_M &= 4.6 * 10^{-4} \text{ Па*с} \\ \lambda_M &= 0.592 \text{ Вт/(м*К)} & c_M &= 4.19 * 10^3 \\ P_{rM} &= \frac{c_M * \mu_M}{\lambda_M} & P_{rM} &= 3.256 \end{aligned} \quad (4.1.32)$$

Физико-химические свойства горячей воды при температуре 83<sup>0</sup>С :

$$\begin{aligned} \rho_B &= 996.67 \text{ кг/м}^3 & \mu_B &= 3.436 * 10^{-4} \text{ Па*с} \\ \lambda_B &= 0.603 \text{ Вт/(м*К)} & c_B &= 4.18 * 10^3 \\ P_{rB} &= \frac{c_B * \mu_B}{\lambda_B} & P_{rB} &= 2.382 \end{aligned} \quad (4.1.33)$$

$$n = 22$$

$$d_3 = 0.0083 \text{ м}$$

$$d_{\psi} = 0.05 \text{ м}$$

Скорость молока в 22 каналах с проходным сечением  $S_{np}$  равна:

$$S_{np} = \frac{\pi * d_{\psi}^2}{4} \quad S_{np} = 1.963 * 10^{-3} \quad (4.1.34)$$

$$\omega_M = \frac{G_M}{\rho_M * n * S_{np}} \quad \omega_M = 74.038 \text{ м/с} \quad (4.1.35)$$

$$Re_{11} = \frac{\omega_M * d_3 * \rho_M}{\mu_M} \quad Re_{11} = 1.228 * 10^3 \quad (4.1.36)$$

$$a_2 = 15$$

$$\xi_{11} = \frac{a_2}{Re_{11}^{0.25}} \quad \xi_{11} = 2.504 \quad (4.1.37)$$

$$\chi_{11} = 1 \quad L_{11} = 1.0 \text{ м}$$

Эквивалентный диаметр каналов:  $d_3 = 0.0083 \text{ м}$   
тогда:

$$\omega_{1ш} = \frac{G_M * 4}{\pi * d_{ш}^2 * \rho_M} \quad \omega_{1ш} = 1.629 * 10^3 \text{ м/с} \quad (4.1.38)$$

$$\Delta p_1 = X_1 * \xi_1 * \frac{L_1}{d_э} * \frac{\rho_M * \omega_M^2}{2} + 3 * \frac{\rho_M * \omega_{1ш}^2}{2} \quad (4.1.39)$$

$$\Delta p_1 = \text{if}(\omega_{1ш} < 2.5, X_1 * \xi_1 * \frac{L_1}{d_э} * \frac{\rho_M * \omega_M^2}{2}, \Delta p_1) \quad (4.1.40)$$

$$\Delta p_1 = 4.641 * 10^6 \text{ Па}$$

Скорость регенерированного молока в 22 каналах с проходным сечением  $S_{пр}$  равна:

$$\omega_B = \frac{G_x}{\rho_B * n * S_{пр}} \quad \omega_B = 0.179 \text{ м/с} \quad (4.1.41)$$

$$Re_{21} = \frac{\omega_B * d_э * \rho_B}{\mu_B} \quad Re_{21} = 4.32 * 10^3 \quad (4.1.42)$$

$$\alpha_{21} = \frac{\lambda_g}{d_э} * 0.135 * Re_{21}^{0.73} * P_{гг}^{0.43} \quad \alpha_{21} = 6.421 * 10^3 \text{ Вт/(кв.м*К)} \quad (4.1.43)$$

$$\xi_2 = \frac{a_2}{Re_{21}^{0.25}} \quad \xi_2 = 1.85 \quad (4.1.44)$$

$$X_2 = 1$$

$$\omega_{2ш} = \frac{G_x * 4}{\pi * d_{ш}^2 * \rho_B} \quad \omega_{2ш} = 3.948 \text{ м/с} \quad (4.1.45)$$

$$\Delta p_2 = X_2 * \xi_2 * \frac{L}{d_э} * \frac{\rho_B * \omega_B^2}{2} + 3 * \frac{\rho_B * \omega_{2ш}^2}{2} \quad (4.1.46)$$

$$\Delta p_2 = \text{if}(\omega_{2ш} < 2.5, X_2 * \xi_2 * \frac{L}{d_э} * \frac{\rho_B * \omega_B^2}{2}, \Delta p_2) \quad (4.1.47)$$

$$\Delta p_2 = 2.692 * 10^4 \text{ Па}$$

#### 4.1.4.3 Гидравлический расчет секции регенерации

Компоновка пластин : Сх:68/68, т.е. по одному пакету (ходу) для обоих потоков.

Горячее молоко при средней температуре 47 °С имеет следующие физико-химические характеристики:

$$\rho_M = 0.994 \text{ кг/м}^3 \quad \mu_M = 5.2 * 10^{-4} \text{ Па*с}$$

$$\lambda_M = 0.620 \text{ Вт/(м*К)} \quad c_M = 4.19 * 10^3$$

$$P_{гМ} = \frac{c_M * \mu_M}{\lambda_M} \quad P_{гМ} = 3.514 \quad (4.1.32)$$

Физико-химические свойства сырого молока при температуре 37° С :

$$\rho_g = 996.67 \text{ кг/м}^3 \quad \mu_B = 9.471 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\lambda_g = 0.613 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad c_B = 4.18 \cdot 10^3$$

$$P_{r6} = \frac{c_g \cdot \mu_g}{\lambda_g} \quad P_{rB} = 6.458 \quad (4.1.33)$$

$$n = 68$$

$$d_{\text{э}} = 0.0083 \text{ м}$$

$$d_{\text{ш}} = 0.05 \text{ м}$$

Скорость горячего молока в 68 каналах с проходным сечением  $S_{\text{пр}}$  равна:

$$S_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ш}}^2}{4} \quad S_{\text{пр}} = 1.963 \cdot 10^{-3} \quad (4.1.34)$$

$$\omega_M = \frac{G_M}{\rho_M \cdot n \cdot S_{\text{пр}}} \quad \omega_M = 23.23 \text{ м/с} \quad (4.1.35)$$

$$\text{Re}_{11} = \frac{\omega_M \cdot d_{\text{э}} \cdot \rho_M}{\mu_M} \quad \text{Re}_{11} = 368.568 \quad (4.1.36)$$

$$a_2 = 15$$

$$\xi_1 = \frac{a_2}{\text{Re}_{11}^{0.25}} \quad \xi_1 = 3.423 \quad (4.1.37)$$

$$X_{11} = 1 \quad L_{11} = 1.01 \text{ м}$$

Эквивалентный диаметр каналов  $d_{\text{э}} = 0.0083 \text{ м}$ , тогда:

$$\omega_{\text{ш}} = \frac{G_M \cdot 4}{\pi \cdot d_{\text{ш}}^2 \cdot \rho_M} \quad \omega_{\text{ш}} = 1.58 \cdot 10^3 \text{ м/с} \quad (4.1.38)$$

$$\Delta p_1 = X_1 \cdot \xi_1 \cdot \frac{L_1}{d_{\text{э}}} \cdot \frac{\rho_M \cdot \omega_M^2}{2} + 3 \cdot \frac{\rho_M \cdot \omega_{\text{ш}}^2}{2} \quad (4.1.39)$$

$$\Delta p_1 = \text{if}(\omega_{\text{ш}} < 2.5, X_1 \cdot \xi_1 \cdot \frac{L_1}{d_{\text{э}}} \cdot \frac{\rho_M \cdot \omega_M^2}{2}, \Delta p_1) \quad (4.1.40)$$

$$\Delta p_1 = 3.832 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Скорость сырого молока в 68 каналах с проходным сечением  $S_{\text{пр}}$  равна:

$$\omega_B = \frac{G_x}{\rho_B \cdot n \cdot S_{\text{пр}}} \quad \omega_B = 0.058 \text{ м/с} \quad (4.1.41)$$

$$\text{Re}_{21} = \frac{\omega_{\hat{a}} \cdot d_{\hat{y}} \cdot \rho_{\hat{a}}}{\mu_{\hat{a}}} \quad \text{Re}_{21} = 507.11 \quad (4.1.42)$$

$$\alpha_{21} = \frac{\lambda_g}{d_{\text{э}}} \cdot 0.135 \cdot \text{Re}_{21}^{0.73} \cdot P_{r6}^{0.43} \quad \alpha_{21} = 2.0981 \cdot 10^3 \text{ Вт/(кв.м} \cdot \text{К)}$$

$$\xi_2 = \frac{a^2}{\text{Re}^2 l^{0.25}} \quad \xi_2 = 3.161 \quad (4.1.44)$$

$$X_2 = 1$$

$$\omega_{2\text{ш}} = \frac{G_x \cdot 4}{\pi \cdot d_{\text{ш}}^2 \cdot \rho_B} \quad \omega_{2\text{ш}} = 3.948 \text{ м/с} \quad (4.1.45)$$

$$\Delta p_{2\text{ш}} = X_2 \cdot \xi_2 \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho \hat{a} \cdot \omega_{\hat{a}}^2}{2} + 3 \cdot \frac{\rho \hat{a} \cdot \omega_{2\text{ш}}^2}{2} \quad (4.1.46)$$

$$\Delta p_2 = \text{if}(\omega_{2\text{ш}} < 2.5, X_2 \cdot \xi_2 \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho_B \cdot \omega_B^2}{2}, \Delta p_2) \quad (4.1.47)$$

$$\Delta p_2 = 2.692 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

#### 4.1.4.4 Подбор насосного оборудования

Гидравлическое сопротивление выдерживателя

$$\Delta p_{\text{выд}} = 1009 \cdot 9.807 \cdot 0.86 \quad \Delta p_{\text{выд}} = 8.51 \cdot 10^3 \quad (4.1.30)$$

Насос марки К45/30, обеспечивает давление

$$p_{\text{нас}} = 0.3 \cdot 10^6 \text{ МПа} \quad (4.1.48)$$

Необходимо

$$p_{\text{необ}} = 0.25 \cdot 10^6$$

Суммарная потеря напора

$$p_{\Sigma} = \Delta p_{2\text{см}} + \Delta p_{2\text{регм}} + \Delta p_{1\text{см}} + \Delta p_{\text{выд}} \quad p_{\Sigma} = 8.703 \cdot 10^4 \text{ Па} \quad (4.1.49)$$

Напор насоса с учетом гидравлических сопротивлений

$$p = p_{\text{нас}} - p_{\Sigma} \quad p = 2.13 \cdot 10^5 < 2.5 \cdot 10^5 \quad (4.1.50)$$

Поскольку необходимое давление не обеспечивается, необходимо установить в линию после выдерживателя второй насос

До выдерживателя, для первого насоса

$$\Delta p_1 = \Delta p_{2\text{см}} + \Delta p_{\text{выд}} + \Delta p_{2\text{регм}} \quad \Delta p_1 = 4.834 \cdot 10^4 \text{ Па} \quad (4.1.51)$$

$$p_{\text{необ.1}} = p_{\text{нас}} - \Delta p_1 \quad p_{\text{необ.1}} = 2,517 \cdot 10^5 \text{ Па} > 2.5 \cdot 10^5 \text{ Па} \quad (4.1.52)$$

После выдерживателя, для второго насоса

$$\Delta p_2 = \Delta p_{1\text{охм}} + \Delta p_{1\text{см}} \quad \Delta p_2 = 3.869 \cdot 10^4 \text{ Па} \quad (4.1.53)$$

$$p_{\text{необ.2}} = p_{\text{нас}} - \Delta p_2 \quad p_{\text{необ.2}} = 2,613 \cdot 10^5 \text{ Па} > 2.5 \cdot 10^5 \text{ Па} \quad (4.1.54)$$

В результате проведенного гидравлического расчета теплообменного аппарата посекционно, были определены гидравлические сопротивления каждой из трех секций аппарата, и было установлено, что в линию необходимо установить два насоса, мощности которых, достаточно для обеспечения необходимого напора при повышении производительности на 10 %



## 5 МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 5.1 Механический расчет пластинчатого теплообменника[2].

$$\Delta p_2 = 2.692 \times 10^4 \text{ Па}$$

Выбор материала 12X18H10T

Механический расчет теплообменного аппарата проводим в соответствии с РД 26-01-86-88

$$b = 0.3\epsilon \quad - \text{ расчетное межцентровое расстояние, м}$$

$$S = 0.11 \quad - \text{ толщина нажимной плиты, м}$$

$$n = 3 \quad - \text{ число прокладок}$$

$$E = 2 \cdot 10^{11} \quad - \text{ модуль упругости, Па [10]}$$

$$K = 0.3 \quad - \text{ параметры характеристики прокладки, Н/м пищевая резина 4326 3 го прядка}$$

$$A = 18.7\epsilon \quad - \text{ параметры характеристики прокладки, Н/м пищевая резина 4326 3 го прядка}$$

$$M = 0.001 \quad - \text{ минимально допустимая осадка прокладки, м}$$

$$l_{q0} = 1.33 \cdot 10^3 \quad - \text{ минимально допустимое давление на прокладке, Па}$$

$$l = 1 \quad - \text{ длина нажимной плиты, м}$$

$$q = 400 \cdot 10^3 \quad - \text{ рабочая нагрузка, Па}$$

$$F_n = \frac{F_{пл}}{5} \quad - \text{ площадь пластины, приходящаяся на одну панель, м}^2$$

$$L_n = 0.4 \quad - \text{ длина прокладки, приходящаяся на одну панель, м}$$

$$b_1 = 0.29\epsilon \quad - \text{ расстояние между осями прокладок, м}$$

$$a_4 = 0.3\epsilon \quad - \text{ ширина крайней панели, м}$$

$$\sigma_\tau = 156 \cdot 10^6 \quad - \text{ предел текучести 12X18H10T, Па [10]}$$

$$\nu = 0.3 \quad - \text{ коэффициент Пуассона}$$

$$r_1 = 0.05 \quad - \text{ наружный радиус шайбы, м}$$

$$r_2 = 0.027 \quad - \text{ внутренний радиус шайбы, м}$$

$$t_c = 0 \quad - \text{ температура монтажа аппарата, С}$$

$$t_{пл1} = 30 \quad t_{пл2} = 80 \quad - \text{ температуры плит, прокладок,}$$

$$t_{к1} = 30 \quad t_{к2} = 80 \quad \text{ пластин и стяжек, С}$$

$$t_{пр} = 80 \quad t_{ст} = 70$$

$$\alpha_{пл1} = 0.3 \quad \alpha_{пл2} = 0.3 \quad - \text{ коэффициенты линейных удлинений плит, прокладок,}$$

$$\alpha_{к1} = 0.6 \quad \alpha_{к2} = 0.6 \quad \text{ пластин и стяжек, С}^{-1}$$

$$\alpha_{пр} = 0.5 \quad \alpha_{ст} = 0.3 \quad \alpha_n = 0.3$$

$$h_1 = 0.11 \quad - \text{ толщины нажимных плит, м}$$

$$h_2 = 0.11$$

$$h_{к1} = 0.001 \quad - \text{ толщины}$$

$$h_{к2} = 0.001 \quad \text{ косьинок, м}$$

$$h_{ст} = 0.004 \quad - \text{ толщина стяжки, м}$$

$$h_{пр} = 0.002 \quad - \text{ толщина прокладки, м}$$

$$h_n = 0.001 \quad - \text{ толщина пластины, м}$$

$V_0 = 0.001$  - эталонное значение осадки прокладки, м  
 $q_0 = 40 \cdot 10^3$  - номинальное усилие на прокладке, Н/м  
 $d_1 = 0.048$  - внутренний диаметр стяжного болта, м  
 $d_2 = 0.056$  - диаметр стяжки, м  
 $d = 0.012$  - наружный диаметр резьбы  
 $L_{ст} = 4.3$  - суммарная длина стяжки, м  
 $L_{26} = 0.3$  - длина нарезанной части, м  
 $K_1 = 0.9$  - относительная длина прокладки,  
 приходящаяся на панель, м  
 $K_2 = 0.9$   
 $q_{max} = 5 \cdot 10^5$  - максимальное давление среды, Па  
 $Z = 4$  - число болтов  
 $K_0 = 1$  - коэффициенты  
 $K_H = 1$  распределения  
 $\beta = 1$  нагрузки  
 $\Delta = 0.01$  - ширина прокладки, м  
 $E_0 = 8.3 \cdot 10^6$  Па  
 $\sigma_{пр} = 2.5 \cdot 10^6$  Па - предел пропорциональности  
 $\sigma_0 = 5 \cdot 10^6$  Па  
 $B_0 = 0.514$  - параметры  
 $m = 0.66$  кривой деформирования  
 $\sigma_1 = 156 \cdot 10^6$  - допускаемое напряжение, Па  
 $n_\tau = 1.4$

### 5.1.1 Расчет нажимных плит[2]

Условие применимости формул

$$\frac{b}{S} \geq 3 \quad (5.1.1)$$

Условие = if  $\left( \frac{b}{S} \geq 3, \text{"выполняется"}, \text{"не выполняется"} \right)$

Условие = "выполняется"

Относительная жесткость

$$\delta_1 = \frac{25}{384} \cdot \frac{b^4}{3 \cdot E_0 \cdot l} \cdot \frac{I_{q01}}{IV \cdot K \cdot n} \quad \delta_1 = 3.605 \times 10^{-5} < 0.1 \quad (5.1.2)$$

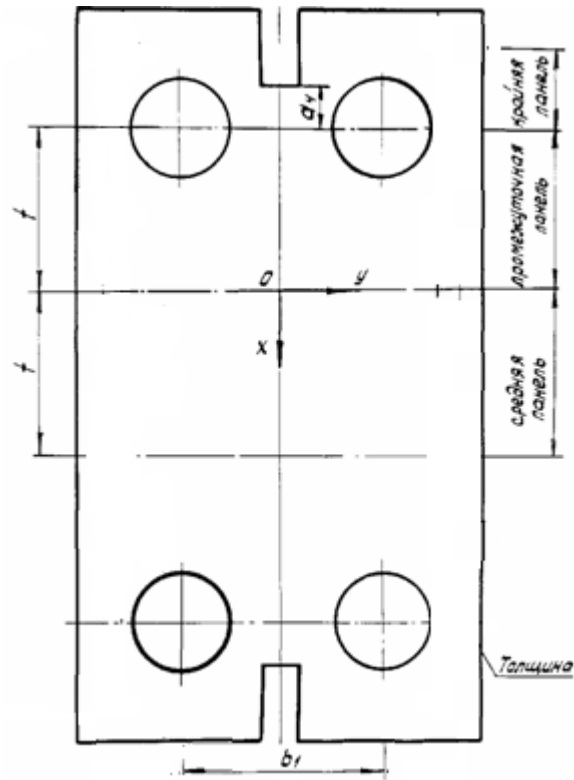


Рис 5.1 Схема нажимной плиты

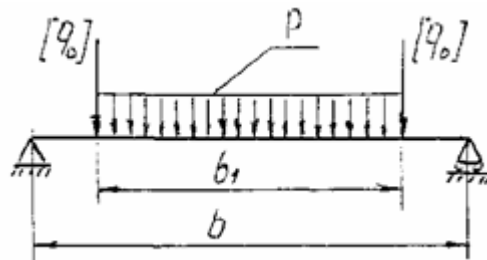


Рис. 5.1.1 Расчетная схема панели

Расчетные равномерные нагрузки:

- для крайних и промежуточных панелей

$$P_1 = \frac{Iq_0 \cdot L_n}{F_n} + q \quad P_1 = 4.133 \times 10^5 \quad \text{Па} \quad (5.1.3)$$

- для средних панелей

$$P_2 = q \quad P_2 = 4 \times 10^5 \quad \text{Па} \quad (5.1.4)$$

Толщина панели

- крайней

$n_p = 1.4$  - режим гидроиспытаний

$n_{\text{раб}} = 1$  - рабочий режим

$$S_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot P_1 \cdot F_n \cdot (b - 0.5b_1)}{2 \cdot n_p \cdot \sigma_\tau \cdot a_4}} \quad S_1 = 9.652 \times 10^{-3} \quad \text{м} \quad (5.1.5)$$

- промежуточной и центральной

$t = 0.2$  - шаг установки стяжек, м

$c = 0.00$  и

$\alpha = \frac{b}{t} = 1.8 > 1.5$ , следовательно используем следующую формулу

$$S_{23} = \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{P_1 \cdot (b - 0.5b_1) + 2 \cdot Iq_0 l \cdot (b - b_1)}{n_p \cdot \sigma_\tau}} + c \quad S_{23} = 0.03 \quad \text{м} \quad (5.1.6)$$

Толщина плиты в зоне опорной площадки промежуточной панели

при  $\alpha > 1.5$

$n_0 = 2$  - режим гидроиспытаний

$n_{0v} = 1.5$  - рабочий режим

$$S_0 = \sqrt{\frac{12(1+\nu) \cdot t \cdot \left( \frac{P_1 \cdot b_1}{2} + Iq_0 l \right) \cdot \ln \left( \frac{1}{2 \cdot \sin \left( \frac{r_1 + r_2}{2 \cdot t} \right)} \right)}{\pi \cdot (3+\nu) \cdot n_0 \cdot \sigma_\tau}} \quad S_0 = 8.816 \times 10^{-3} \quad \text{и} \quad (5.1.7)$$

### 5.1.2 Расчет теплообменного аппарата на возможность опрокидывания в состоянии сборки[2]

Не проводим, поскольку теплообменный аппарат конструкции ОКЛ-10 оборудован дополнительными опорами, не позволяющими ему опрокинуться. В соответствии с РД 26-01-86-88.

### 5.1.3 Промежуточные плиты

$H = 1$  м - высота промежуточной плиты

$\eta = 1.05$

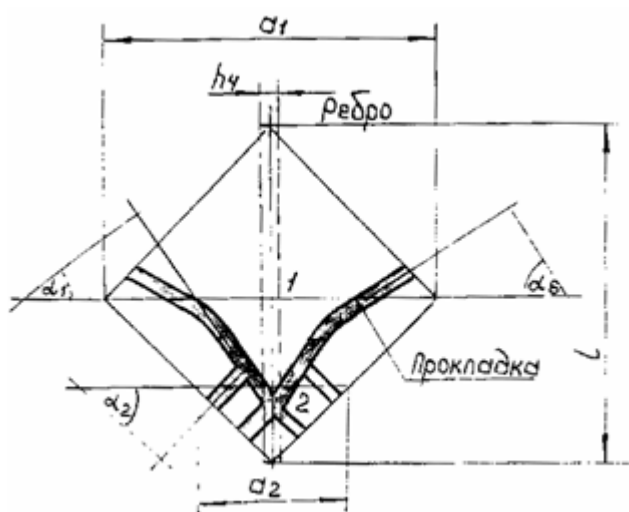


Рис. 5.1.2 Схема расположения прокладок

$$\sigma_y = \frac{0.6}{n_p} \cdot \eta \cdot \sigma_\tau \quad (5.1.8)$$

Толщина среднего продольного ребра крайней панели

$$P_{\underline{}} = \max(P_1, P_2) \quad (5.1.9)$$

$$h_{14} = \frac{P_1}{\sigma_y} \quad h_{24} = \sqrt{\frac{20(1-\nu^2) \cdot n_p \cdot P_{\underline{}} \cdot H^2}{\pi^2 \cdot K}} \quad (5.1.10)$$

$$h_4 = \max(h_{14}, h_{24}) \quad h_4 = 4.205 \times 10^{-3} \text{ м} \quad (5.1.11)$$

Для среднего продольного ребра крайней панели

$$a_1 = 0.15 \text{ м}$$

$$a_2 = 0.1 \text{ м}$$

При наличии анкерных связей коэффициент  $t$  определяется расчетным или экспериментальным путем. При отсутствии данных расчетов и экспериментов принимается

$$t = 1$$

Толщина среднего продольного ребра крайней панели

$$P_{p1} = t \left( q \cdot a_1 + 2 \cdot \frac{Iq0I}{\cos(\alpha)} \right) \quad P_{p1} = 4.829 \times 10^4 \text{ Па} \quad (5.1.12)$$

$$P_{p2} = t \left( q \cdot a_2 + 4 \cdot \frac{Iq0I}{\cos(\alpha)} \right) \quad P_{p2} = 1.658 \times 10^4 \text{ Па} \quad (5.1.13)$$

$$P_{\underline{}} = \max(P_{p1}, P_{p2}) \quad (5.1.14)$$

$$h_{14} = \frac{P_1}{\sigma_y} \quad h_{24} = \sqrt{\frac{20(1-\nu^2) \cdot n_p \cdot P_{\underline{}} \cdot H^2}{\pi^2 \cdot K}} \quad (5.1.15)$$

$$h_4 = \max(h_{14}, h_{24}) \quad h_4 = 4.205 \times 10^{-3} \text{ м} \quad (5.1.16)$$

Толщина продольного промежуточного ребра

$$P_{p1} = q \cdot a_1 \quad P_{p1} = 6 \times 10^4 \text{ Па} \quad (5.1.17)$$

$$P_{p2} = q \cdot \frac{a_2}{2} + Iq0I \cdot \left( 1 + \frac{1}{\cos(\alpha)} \right) \quad P_{p2} = 1.548 \times 10^4 \text{ Па} \quad (5.1.18)$$

$$P_{\underline{}} = \max(P_{p1}, P_{p2}) \quad (5.1.19)$$

$$h_{14} = \frac{P_1}{\sigma_y} \quad h_{24} = \sqrt{\frac{20(1-\nu^2) \cdot n_p \cdot P_{\underline{}} \cdot H^2}{\pi^2 \cdot K}} \quad (5.1.20)$$

$$h_4 = \max(h_{14}, h_{24}) \quad h_4 = 4.205 \times 10^{-3} \text{ м} \quad (5.1.21)$$

Ширина бокового продольного ребра

$$P_{p1} = q \cdot \frac{a_1}{2} + Iq0I \cdot \left( 1 + \frac{1}{\cos(\alpha)} \right) \quad P_{p1} = 2.548 \times 10^4 \text{ Па} \quad (5.1.22)$$

$$P_{p2} = q \cdot a_2 + Iq0I \cdot \left( 1 + \frac{1}{\cos(\alpha)} \right) \quad P_{p2} = 3.548 \times 10^4 \text{ Па} \quad (5.1.23)$$

$$P_{\underline{}} = \max(P_{p1}, P_{p2}) \quad (5.1.1.24)$$

$$h_{14} = \frac{P_1}{\sigma_y} \quad h_{24} = \sqrt{\frac{20(1-\nu^2) \cdot n_p \cdot P}{\pi^2 \cdot K} \cdot \frac{P}{E} \cdot H^2} \quad (5.1.25)$$

$$h_4 = \max(h_{14}, h_{24}) \quad h_4 = 4.205 \times 10^{-3} \text{ м} \quad (5.1.26)$$

Толщина верхнего листа плиты

$$n_p = 1.4$$

$$C = 0.4 \text{ м}$$

$$L = 1 \text{ м}$$

$$S_b = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{3}{\pi} \cdot \frac{q}{n_\tau \cdot \sigma_\tau} \cdot \left[ (1+\nu) \cdot L \cdot n \cdot \frac{2 \cdot a_1 \cdot \sin\left(2 \cdot \frac{\pi}{3} \cdot \frac{b_1}{a_1}\right)}{\pi \cdot C} + 1 \right]} \quad S_b = 0.013 \text{ м} \quad (5.1.27)$$

### 5.1.4 Расчет штанг

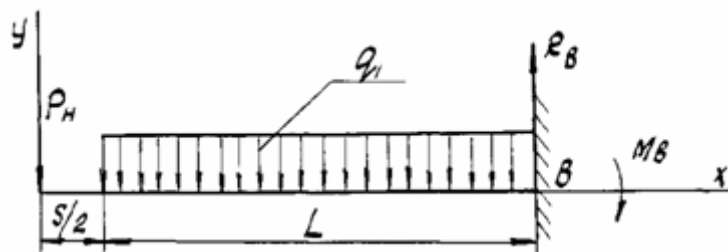


Рис 5.1.3. Расчетная схема консольной штанги

Условие применимости формул

$$L_{шт} = 0.74 \cdot \text{расстояние, на котором установлены пластины, м}$$

$$D_{шт} = 0.06 \cdot \text{диаметр, м}$$

$$\text{Условие} = \text{if} \left( \frac{L_{шт}}{D_{шт}} \geq 5, \text{"выполняется"}, \text{"не выполняется"} \right) \quad (5.1.28)$$

Условие = "выполняется"

$$q_1 = 400 \text{ - погонная весовая нагрузка, Н/м}$$

$$P_H = 200 \text{ - вес нажимной плиты, Н}$$

Момент сопротивления

$$M_B = \frac{q_1 \cdot L_{шт}^2}{2} + P_H \cdot \left( L_{шт} + \frac{S}{2} \right) \quad M_B = 268.52 \text{ Н*м} \quad (5.1.29)$$

$$W = \frac{M_B}{|\sigma|} \quad W = 1.721 \times 10^{-6} \quad (5.1.30)$$

Расчетный диаметр штанги

$$d_{шт} = \sqrt[4]{\frac{16W}{\pi}} \quad d_{шт} = 0.054 \text{ м} \quad (5.1.31)$$

примем  $d_{шт} = 0.06 \text{ м}$

$$f_1 = 0.5$$

$$P_3 = 7.74 \cdot 10^4 \text{ Н} \quad \text{- усилие в штанге}$$

$$F_6 = \frac{\pi \cdot d_{ш}^2}{4} \quad F_6 = 2.827 \times 10^{-3} \text{ М} \quad (5.1.32)$$

$$T_0 = 0.17 \cdot \sigma_{\tau} \cdot F_6 \quad T_0 = 7.498 \times 10^4 \text{ Па} \quad (5.1.33)$$

Напряжения среза в ослабленном сечении

$$\tau = \frac{P_H + q_1 \cdot L_{шт}}{f_1} \quad \tau = 992 \text{ Па} \quad (5.1.34)$$

$$\text{Условие\_прочности} = \text{if}(\tau \leq 0.5\sigma_1, \text{"выполняется"}, \text{"не выполняется"}) \quad (5.1.35)$$

Условие\_прочности = "выполняется"

Напряжение изгиба в ослабленном сечении

$$T_i = f_1 \cdot T_0 + f_1 \cdot P_3 \quad T_i = 7.619 \times 10^4 \quad (5.1.36)$$

$$\sigma_{и} = \frac{P_3 - T_i}{10W} \quad \sigma_{и} = 7.019 \times 10^7 \quad (5.1.38)$$

$$\text{Условие\_прочности} = \text{if}(\sigma_{и} \leq \sigma_1, \text{"выполняется"}, \text{"не выполняется"})$$

Условие\_прочности = "выполняется"

### 5.1.5 Расчет Стяжки

$$\beta = \frac{r_1}{r_2} \quad \beta = 1.852 \quad \text{- угол пересечения осей гофр, рад}$$

Коэффициент изгиба

$$\mu_1 = \frac{(1 - \nu) \cdot (\beta^2 - 2) + 3 + \nu + 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \frac{\ln(\beta)}{\beta^2 - 1}}{\beta^2 - 1} \quad \mu_1 = 2.313 \quad (5.1.39)$$

Температурные удлинения плит, прокладок, стяжек, пластин

$$\Delta h_{пл1} = \alpha_{пл1} \cdot h_1 \cdot (t_{пл1} - t_c) \quad \Delta h_{пл1} = 0.99 \text{ мм} \quad (5.1.40)$$

$$\Delta h_{пл2} = \alpha_{пл2} \cdot h_2 \cdot (t_{пл2} - t_c) \quad \Delta h_{пл2} = 2.64 \text{ мм} \quad (5.1.41)$$

$$\Delta h_{пр} = \alpha_{пр} \cdot h_{пр} \cdot (t_{пр} - t_c) \quad \Delta h_{пр} = 0.08 \text{ мм} \quad (5.1.42)$$

$$\Delta h_n = \alpha_n \cdot h_n \cdot (t_n - t_c) \quad \Delta h_n = 0.024 \text{ мм} \quad (5.1.43)$$

$$\Delta h_{k1} = \alpha_{k1} \cdot h_{k1} \cdot (t_{k1} - t_c) \quad \Delta h_{k1} = 0.018 \text{ мм} \quad (5.1.44)$$

$$\Delta h_{k2} = \alpha_{k2} \cdot h_{k2} \cdot (t_{k2} - t_c) \quad \Delta h_{k2} = 0.048 \text{ мм} \quad (5.1.45)$$

$$\Delta h_k = \Delta h_{k1} + \Delta h_{k2} \quad \Delta h_k = 0.066 \text{ мм} \quad (5.1.46)$$

$$\Delta h_{пл} = \Delta h_{пл1} + \Delta h_{пл2} \quad \Delta h_{пл} = 3.63 \text{ мм} \quad (5.1.47)$$

$$\Delta L_{CT} = \alpha_{CT} \cdot h_{CT} \cdot (t_{CT} - t_c) \quad \Delta L_{CT} = 0.105 \text{ мм} \quad (5.1.48)$$

Разность температурных удлинений

$$\Delta L = \Delta h_{пл} + n \cdot \Delta h_{пр} + (n + 1) \cdot \Delta h_n + \Delta h_k - \Delta L_{CT} \quad \Delta L = 3.927 \text{ мм} \quad (5.1.49)$$

Податливости системы

- податливость промежуточных и концевых камер

$$\lambda_{пр} = \frac{K \cdot V_0}{A \cdot t} \cdot \left( \frac{q_0}{A} \right)^{K-1} \quad \lambda_{CT} = 1.168 \times 10^{-8} \frac{H}{M} \quad (5.1.50)$$

- стяжка

$$L_{16} = L_{CT} - L_{26} + 0.6 \cdot d \quad (5.1.51)$$

$$\lambda_{CT} = \frac{4}{\pi \cdot E} \cdot \left( \frac{L_{16}}{d_1^2} + \frac{L_{26}}{d_2^2} \right) \quad \lambda_{CT} = 1.168 \times 10^{-8} \frac{H}{M} \quad (5.1.52)$$

- концевые прокладки

$$\lambda_{k1} = \frac{K_1 \cdot V_0}{A \cdot t} \cdot \left( \frac{q_0}{A} \right)^{K_1-1} \quad \lambda_{k1} = 2.226 \times 10^{-5} \frac{H}{M} \quad (5.1.53)$$

$$\lambda_{k2} = \frac{K_2 \cdot V_0}{A \cdot t} \cdot \left( \frac{q_0}{A} \right)^{K_2-1} \quad \lambda_{k2} = 2.226 \times 10^{-5} \frac{H}{M} \quad (5.1.54)$$

$$\lambda_k = \lambda_{k1} + \lambda_{k2} \quad \lambda_k = 4.452 \times 10^{-5} \frac{H}{M} \quad (5.1.55)$$

- плиты при действии контурных сил

$$b_6 = \frac{b - b_1}{2} \quad b_6 = 0.031 \quad (5.1.56)$$

$$\lambda_Q = \frac{b_6^2}{6} \cdot (3 \cdot b_1 + 2 \cdot b_6) \quad \lambda_Q = 1.531 \times 10^{-4} \frac{H}{M} \quad (5.1.57)$$

Нагрузка на болт от температурного воздействия

$$Q_t = \frac{\Delta L}{n \cdot \lambda_{пр} + \lambda_k + \lambda_Q + \lambda_{CT}} \quad Q_t = 1.985 \times 10^4 \text{ Па} \quad (5.1.58)$$

Нагрузка среды

$$Q_H = \frac{q_{max} \cdot F_{пл}}{Z} \quad Q_H = 2.5 \times 10^4 \quad (5.1.59)$$

Усилие начальной стяжки

- коэффициент Бобарыкова

Относительные нагрузки в основных и концевых камерах

$$P_{-1} = \frac{P_1}{q} \quad P_{-1} = 1.033$$



$$P_{-11} = \frac{P_2}{q} \quad P_{-11} = 1 \quad (5.1.61)$$

$$X = \frac{\lambda_{\text{пр}} \cdot (P_{-1} + P_{-11}) + \lambda_k \cdot P_{-1} + \lambda_k \cdot P_{-11} + \lambda_Q}{n \cdot \lambda_{\text{пр}} + \lambda_{\text{ст}} + \lambda_k + \lambda_Q} = \frac{\lambda_Q}{n \cdot \lambda_{\text{пр}} + \lambda_{\text{ст}} + \lambda_k + \lambda_Q} \quad X = 0.458 \quad (5.1.62)$$

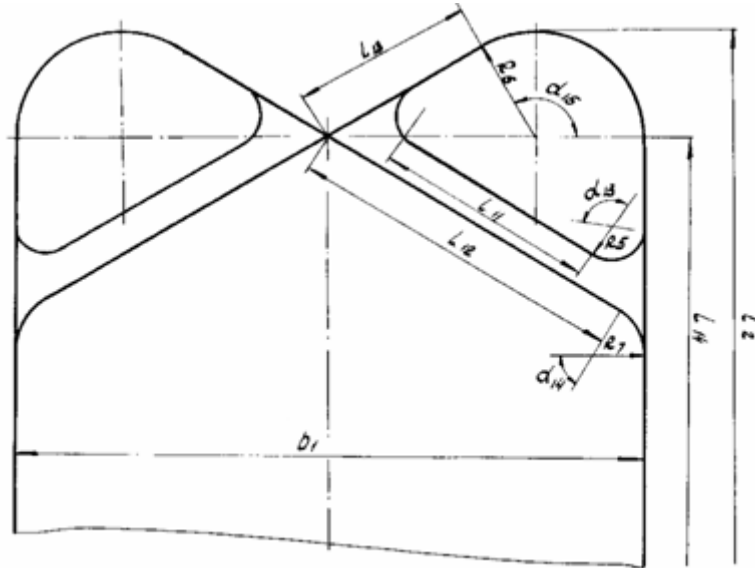


Рис 5.1.4. Расчетная схема

$$L_{11} = 0.1 \quad \text{м} \quad L_{13} = 0.08 \quad \text{м} \quad R_6 = 0.08 \quad \text{м}$$

$$L_{12} = 0.15 \quad \text{м} \quad L_{14} = 0.945 \quad \text{м} \quad \alpha_{15} = 120 \quad \text{град}$$

- приведенный габарит панели

$$L_{\text{пр}} = 4 \cdot \left[ \frac{\pi \cdot \alpha_{15}}{180} \cdot R_6 + 2 \cdot \left( \frac{\pi \cdot \alpha_{15}}{180} \cdot R_6 \right) + \frac{\pi \cdot \alpha_{15}}{180} \cdot R_6 + \frac{L_{14}}{2} + L_{11} + L_{12} + L_{13} \right] \quad L_{\text{пр}} = 5.891 \quad \text{м} \quad (5.1.63)$$

$$Q_0 = \max \left[ \frac{K_0 \cdot l_{q0} \cdot L_{\text{пр}}}{Z}, \left[ 5 \cdot q \cdot \frac{L_{\text{пр}} \cdot \Delta}{Z} + (1 + X) \cdot Q_H - Q_t \right] \cdot K_0 \right] \quad Q_0 = 4.606 \times 10^4 \quad \text{Па} \quad (5.1.64)$$

Рабочая нагрузка

$$Q_p = \beta_- \cdot (Q_0 + Q_t \cdot K_0 + K_H \cdot X \cdot Q_H) \quad Q_p = 7.736 \times 10^4 \quad \text{Па} \quad (5.1.65)$$

Диаметр стяжки

$$d_{\text{ст}} = \max \left( 2 \cdot \sqrt{\frac{Q_p}{\pi \cdot \sigma_{\tau}}}, 2 \cdot \sqrt{\frac{Q_0}{\pi \cdot \sigma_{\tau}}} \right) \quad d_{\text{ст}} = 0.068 \quad \text{м} \quad (5.1.69)$$

Толщина опорной шайбы под стяжной болт

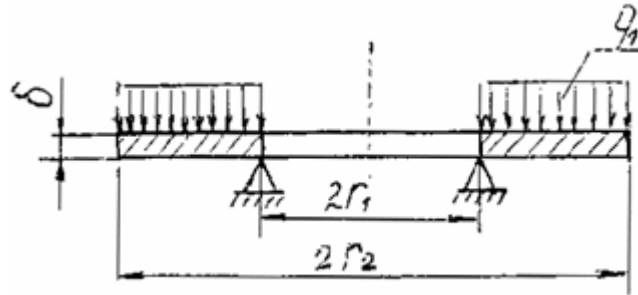


Рис. 5.1.5 Шайба

$$\delta_{\text{max}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot Q_p \cdot \mu_1}{\pi \cdot \sigma_t}} \quad \delta = 0.017 \text{ м} \quad (5.1.67)$$

6.1.6 Расчет прокладки

$$\text{Условие применимости формул} = \text{if} \left( \frac{|VI|}{h_{\text{пр}}} \leq 0.5, \text{"выполняется"}, \text{"не выполняется"} \right) \quad (5.1.68)$$

Условие применимости формул = "выполняется"

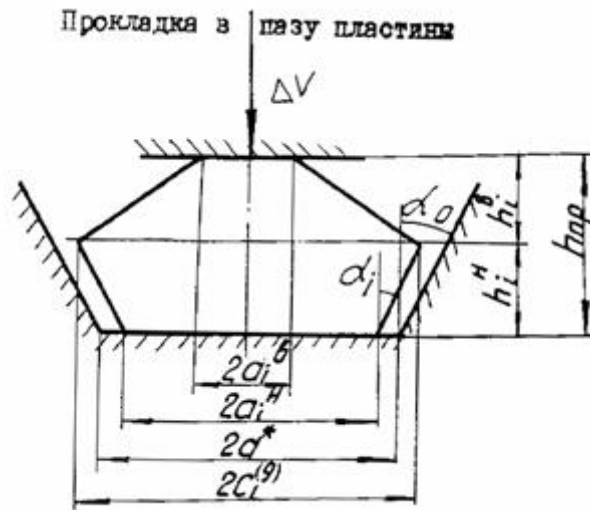


Рис 5.1.6 Расчетная схема прокладки

Расчет прокладок позволяет определить усилие на прокладке при затяжке стяжных болтов. Усилие на прокладке определяется по характеристике прокладки в зависимости от заданной осадки, величина которой определяется конструкцией герметизирующего узла. Характеристика прокладки определяется экспериментально. При отсутствии экспериментальных данных характеристика прокладки строится приближенно расчетным путем.

Экспериментальные характеристики прокладки

Марка резины	Число прокладок	h <sub>пр</sub> , мм	V, мм	Q <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	L <sub>пр</sub> , мм
Резина 4326 (клеевое крепление)	3	2	1,61	90,0	1000

$$a_B := 0.004 \quad \text{м}$$

Механические характеристики  $E_0$ ,  $\sigma_{пр}$ ,  $\sigma_0$ ,  $B_0$ ,  $m$  определяются по деформационной кривой [2, черт. 47]

$$E_0 = 8.3 \cdot 10^6 \quad \text{Па}$$

$$\sigma_{пр} = 2.5 \cdot 10^6 \quad \text{Па} \quad \text{- предел пропорциональности}$$

$$\sigma_0 = 5 \cdot 10^6 \quad \text{Па} \quad \text{- параметры}$$

$$B_0 = 0.514 \quad \text{кривой}$$

$$m = 0.664 \quad \text{деформирования}$$

Интенсивность напряжений

$$\sigma = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{q_0}{a_B} \quad \sigma = 3.464 \times 10^6 \quad \text{Па} \quad (5.1.69)$$

$$E = \begin{cases} \frac{\sigma_0 \cdot \sigma}{B_0 \cdot m} & \text{if } \sigma > \sigma_{пр} \\ E_0 & \text{if } \sigma \leq \sigma_{пр} \end{cases} \quad E = 5.067 \times 10^{13} \quad \text{Па} \quad (5.1.70)$$

Номинальное усилие на прокладке определяется по графику [2, черт. 49]

$$q_n = 0.5 \cdot 10^6 \quad \text{Па}$$

Номинальная осадка прокладки [2, черт. 48]

$$V = V_0 \cdot \left( \frac{q_0}{A} \right)^K \quad V_n = 1.5 \cdot 10^{-3} \quad \text{м} \quad (5.1.71)$$

Дополнительная осадка  $\bar{\delta}$ , определяемая точностью изготовления, приведена на [2, черт. 53].

$$\bar{\delta} = 0.3 \cdot 10^{-3} \quad \text{м}$$

Минимально допустимая осадка прокладки

$$|VI| = V + \bar{\delta} \quad |VI| = 1.8 \times 10^{-3} \quad \text{м} \quad (5.1.72)$$

Минимальное допустимое давление на прокладке [2, черт. 48, 50, 51, 52]

$$|IqOI| = 10A \cdot \left( \frac{|VI|}{V_0} \right)^{\frac{1}{K}} \quad |IqOI| = 1.333 \times 10^3 \quad \text{Па} \quad (5.1.73)$$

Вероятность разгерметизации аппарата

$$\sigma_i = 0.1 \quad \text{- интенсивность напряжений}$$

$$h_{\max} = 0.003 \quad \text{- максимальное значение толщины прокладки, м}$$

$$h_{\min} = 0.001 \quad \text{- минимальное значение толщины прокладки, м}$$

$$h_{cp_i} = 0.002 \quad \text{- среднее значение толщины прокладки, м}$$

$$x_i = \frac{h_{\max} - h_{cp_i}}{\sigma_i} \quad x_i = 0.01 \quad (5.1.74)$$

$$z_i = \frac{h_{cp_i} - h_{\min}}{\sigma_i} \quad z_i = 0.01 \quad (6.1.75)$$

$I_{yI} = 4$  - число некоррелируемых точек.

$$z = \frac{L_{\text{пр}}}{I_{yI}} \quad z = 1.473 \quad \text{- зона затухания корреляционной функции} \quad (5.1.76)$$

$$W = n \cdot \sum_{i=1}^2 (2 - x_i - z_i) \quad W = 11.88 \quad \% \quad (5.1.77)$$

Номинальная нагрузка

### 6.1.7 Расчет несущая способность гофрированных пластин

$$Q_{\text{н}} = \frac{q \cdot t^2}{\sin(\beta)} \quad Q_{\text{н}} = 5.204 \times 10^5 \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (5.1.78)$$

Приведенная толщина гофрированной пластины

$h_{\Gamma} = 0.003$  - амплитуда гофрировки, м

$S_{\Gamma} = 0.001$  - толщина гофрировки, м

$t_{\Gamma} = 0.02$  - шаг гофрировки, м

$\Delta_{\Gamma} = 0.001$  - осадка гофра, м

$R_{\Gamma} = 0.01$  - радиус гофрировки, м



Рис 5.1.7 Профиль гофра

$$S_{\text{пр}} = \sqrt[3]{\frac{t}{t_{\Gamma} \cdot \left[ \frac{1}{S_{\Gamma} \cdot (h_{\Gamma} - S)^2} + \frac{1}{S_{\Gamma}^3} \right]}} \quad S_{\text{пр}} = 3.684 \times 10^{-3} \quad \text{м} \quad (5.1.79)$$

Расчетная нагрузка от давления среды, приходящаяся на панель и боковые стенки

$K_{17} = 0.312$  - коэффициент редуции

$$q_{17} = K_{17} q \quad q_{17} = 1.56 \times 10^5 \quad \text{Па} \quad (5.1.80)$$

Изгибающий момент и мембранное окружное усилие

$$r = 0.1 \quad \text{м}$$

$$L_M = 0.01 \quad F_N = 0.05 \quad [2, \text{черт.43}]$$

$$M = q_{17} \Gamma^2 \cdot L_M \quad M = 15.6 \quad (5.1.81)$$

$$N = q_{17} \Gamma \cdot (F_N + 1) \quad N = 1.638 \times 10^4 \quad (5.1.82)$$

Параметр значимости

$$u = \frac{1}{2} - \sqrt{\frac{5 \cdot |VI|}{N}} \quad u = 0.473 \quad (5.1.83)$$

Вероятный зазор между пластинами

$$a_- = 0.00 \quad \text{м}$$

Коэффициент неравномерности

$$y = \frac{t}{2} \cdot \frac{q}{E} \cdot \left( \frac{t}{S_{\text{пр}}} \right)^3 \quad y = 0.099 \quad (5.1.84)$$

$$K_- = 1 + 2 \cdot \frac{a}{y} \quad K_- = 1.081 \quad (5.1.85)$$

Расчетная нагрузка

$$Q = K_- \cdot Q_H \quad Q = 5.626 \times 10^5 \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (5.1.86)$$

Предельная распределенная нагрузка

$$q_T = 4 \cdot \sigma_T \cdot \left( \frac{S_T}{t_T} \right)^2 \quad q_T = 1.56 \times 10^6 \quad \text{Па} \quad (5.1.87)$$

Предельная нагрузка по условиям устойчивости боковой стенки

$$Q_{\text{уст}} = 2 \cdot \sigma_T \cdot S_T \cdot t_T \cdot \sin(\alpha) \quad Q_{\text{уст}} = 6.077 \times 10^3 \quad \text{Па} \quad (5.1.88)$$

Деформация в точечном контакте

$$C_T = \sqrt{\frac{\Delta_T}{2} \cdot (2 \cdot R_T + S_T + \Delta_T)} \quad C_T = 3.317 \times 10^{-3} \quad \text{м} \quad (5.1.89)$$

Ширина полосы контакта

$$m_T = 0.01 \quad \text{м}$$

Предельная нагрузка

$$Q_n = \frac{C_T^2 \cdot t_T \cdot E}{m_T^2 \cdot R_T} \quad Q_n = 1.115 \times 10^{13} \quad \text{Па} \quad (5.1.90)$$

### 5.2.2.5 Расчет фланцевых соединений

#### Выбор фланцев

Фланцы для теплообменника выбраны исходя из максимального давления в аппарате и габаритных размеров самого аппарата. Размеры фланцев корпуса взяты из справочника [6, с. 556].

Габаритные размеры фланцев корпуса:

$$\begin{aligned}
 D_B &= 0.7 \quad \text{м} & D_1 &= 0.744 \quad \text{м} & d_{\phi} &= 24 \cdot 10^{-3} \quad \text{М24} \\
 D_{\phi} &= 0.83 \quad \text{м} & D_2 &= 0.752 \quad \text{м} & m_1 &= 21.2 \quad \text{кг} \\
 D_{\phi} &= 0.75 \quad \text{м} & n_{\phi} &= 8 & & \\
 s_{\phi} &= 5 \cdot 10^{-3} \quad \text{м} & h_{\phi} &= 0.025 \quad \text{м} & &
 \end{aligned}$$

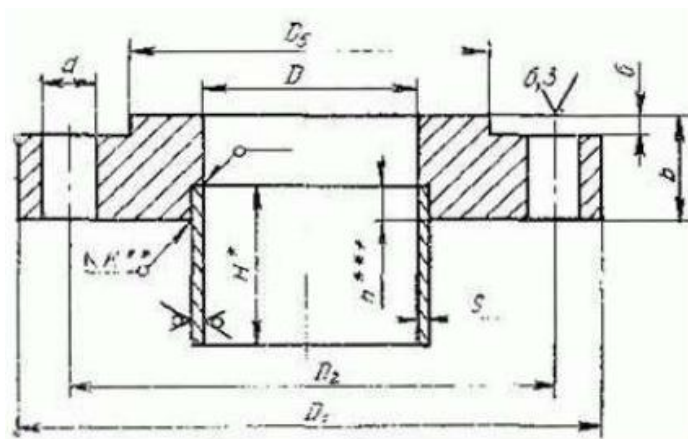


Рис 5.2.4 Расчетная схема фланца.

Габаритные размеры фланца штуцера:

$$\begin{aligned}
 D_{ш_B} &= 0.08 \quad \text{м} & h_{ш} &= 0.014 \quad \text{м} & n_{ш_{\phi}} &= 4 \\
 D_{ш_{\phi}} &= 0.195 \quad \text{м} & d_{ш_{\phi}} &= 16 \cdot 10^{-3} \quad \text{М16} & m_{ш_1} &= 5.2 \quad \text{кг} \\
 D_{ш_{\phi}} &= 0.16 \quad \text{м} & & & & \\
 D_{ш_1} &= 0.138 \quad \text{м} & s_{ш_{\phi}} &= 0.002 \quad \text{м} & &
 \end{aligned}$$

Материал фланцев 12X18H10T

болтов (шпилек) 35X

Выбираем конструкцию и материал прокладки:

конструкция прокладки - плоская неметаллическая

материал фторопласт-4 по ГОСТ 10007 - 80\*.

$$\begin{aligned}
 e_{\text{пл}} &= 0.02 \quad \text{м} & & \text{- для плоских прокладок при } d_{\phi} = \text{М20} \text{ [7 с. 95];} \\
 b_{\text{пл}} &= 0.015 \quad \text{м} & & \text{- ширина плоской неметаллической прокладки [7 с. 96].}
 \end{aligned}$$

1. Меньшая толщина конической втулки фланца:

$$s_o \leq 1.3 \cdot s_{\phi} \quad \text{НО} \quad s_o - s_{\phi} \leq 0.005 \quad (6.2.70)$$

$$s_o = 1.3 \cdot s_\phi \quad s_o = 6.5 \times 10^{-3} \text{ м} \quad (5.2.71)$$

$$s_o - s_\phi = 1.5 \times 10^{-3} < 5 \cdot 10^{-3} \quad (5.2.72)$$

2. Отношение большей толщины втулки фланца к меньшей для плоских приварных равно:

$$\beta = 1$$

3. Большая толщина втулки фланца:

$$s_1 = s_o \quad \text{м} \quad (5.2.73)$$

4. Наружный диаметр прокладки:

$$D_{\text{п}} = D_{\phi} - e \quad D_{\text{п}} = 0.76 \quad \text{м} \quad (5.2.74)$$

5. Средний диаметр прокладки:

$$d_{\text{п.ср}} = D_{\text{п}} - b_{\text{п}} \quad d_{\text{п.ср}} = 0.745 \quad \text{м} \quad (5.2.75)$$

6. Эффективная ширина прокладки:

$$b_e = 0.5 \cdot b_{\text{п}} \quad b_e = 7.5 \times 10^{-3} \quad \text{м} \quad (5.2.76)$$

7. Высота втулки фланца

$$h_{\phi_B} = 0.5 \sqrt{D_{\text{к.вн}} \cdot (s_{\phi} - c)} \quad h_{\phi_B} = 0.026 \quad \text{м} \quad (5.2.77)$$

По таблице [2.с265] в зависимости от конструкции и материала прокладки выбираем ее расчетные параметры  $m$  и  $q$  :

$$m = 2.4 \quad q = 2c$$

*Нагрузки, действующие на фланец*

1. Коэффициент  $c$  :

$$L = c$$

$$\chi_{\text{вв}} = 1 + (\beta - 1) \cdot \frac{\frac{L}{\sqrt{D_B \cdot s_o}}}{\frac{L}{\sqrt{D_B \cdot s_o}} + \frac{1 + \beta}{4}} \quad \chi = 1 \quad (5.2.78)$$

2. Эквивалентная толщина втулки фланца:

$$s_e = s_o \quad s_e = 6.5 \times 10^{-3} \quad \text{м} \quad (5.2.79)$$

3. Безразмерный параметр  $w$  :

$$j = \frac{h_{\phi}}{s_e} \quad j = 3.846 \quad (5.2.80)$$

$$K = \frac{D_{\phi}}{D_B} \quad K = 1.186 \quad (5.2.81)$$

$$\phi l = 1.28 \cdot \log(K) \quad \phi l = 0.095 \quad (5.2.82)$$

$$\lambda = 0.3\epsilon$$

$$\omega = \left[ 1 + 0.9\lambda \cdot (1 + \phi l \cdot j^2) \right]^{-1} \quad \omega = 0.562 \quad (6.2.83)$$

4. Безразмерные параметры  $T$ ,  $y_2$  и  $f_3$  : [2.c268-269]

$$T = 1.8 \quad \phi_2 = 8 \quad \phi_3 = 1$$

Угловая податливость фланца :  $E_\phi = E \quad y_\delta = 6.535 \times 10^{-7} \quad \text{Па}$

$$y_\phi = \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0.9\lambda)] \phi_2}{h_\phi^3 \cdot E_\phi} \quad y_\phi = 6.568 \times 10^{-7} \quad \frac{1}{\text{Н} \cdot \text{м}} \quad (5.2.84)$$

Линейная податливость прокладки :

$E_\Pi = 2000 \cdot 10^3 \quad \text{Па}$  для прокладки из фторопласта – 4[7 с. 96];

$s_\Pi = 2 \quad \text{мм}$

$$y_\Pi = \frac{s_\Pi}{\pi \cdot d_{\text{п.ср}} \cdot b_\Pi \cdot E_\Pi} \quad y_\Pi = 2.848 \times 10^{-5} \quad \frac{\text{м}}{\text{Н}} \quad (5.2.85)$$

*Линейная податливость болтов :*

$L_\phi = 0.05 \quad \text{м}$

$f_\phi = 2.35 \cdot 10^{-4} \quad \text{м}^2$  для болтов диаметром  $d_\phi = 20 \text{ мм}$ ;

$E_\phi = 1.9 \cdot 10^{11} \quad \text{Па}$  – для болтов из стали 35Х;

$$y_\phi = \frac{L_\phi}{E_\phi \cdot f_\phi \cdot n_\phi} \quad y_\phi = 1.4 \times 10^{-10} \quad \frac{\text{м}}{\text{Н}} \quad (5.2.86)$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения  $\lambda$  :

$$\lambda = \left[ y_\Pi + y_\phi + 0.25(y_\phi + y_\phi) \cdot (D_\phi - d_{\text{п.ср}})^2 \right]^{-1} \quad \lambda = 3.511 \times 10^4 \quad (5.2.87)$$

$$B1 = y_\phi \cdot (D_\phi - D_1 - s_e) \quad B1 = 2.581 \times 10^{-8} \quad (5.2.88)$$

$$B2 = y_\phi \cdot (D_\phi - D_2 - s_e) \quad B2 = 2.059 \times 10^{-8} \quad (5.2.89)$$

$$\alpha = \lambda \cdot [y_\phi + 0.25 \cdot (B1 + B2) \cdot (D_\phi - d_{\text{п.ср}})] \quad \alpha = 2.324 \times 10^{-5} \quad (5.2.90)$$

Безразмерный коэффициент  $g$  :

$$\gamma = \lambda \cdot y_\phi \quad \gamma = 4.914 \times 10^{-6} \quad (5.2.91)$$

Нагрузка, действующая на фланцевое соединение от наружного давления :

$$P_{\text{рас}} = 1 \times 10^5 \quad \text{Па}$$

$$Qg = 0.785 d_{\text{п.ср}}^2 \cdot P_{\text{рас}} \quad Qg = 4.357 \times 10^4 \quad \text{Н} \quad (5.2.92)$$

Реакция прокладки в рабочих условиях :

$$R_\Pi = 2 \cdot \pi \cdot d_{\text{п.ср}} \cdot b_e \cdot m \cdot P_{\text{рас}} \quad R_\Pi = 8.777 \times 10^3 \quad \text{Н} \quad (5.2.93)$$

Усилия возникающие от температурных деформаций :



$$\alpha_{\phi} = 16.6 \cdot 10^{-6} \quad \text{с}^{-1} \quad - \text{соответственно коэффициенты линейного расширения материала фланцев (X18H10T) и болтов (35X) [7 с.101]}$$

$$\alpha_{\sigma} = 13.3 \cdot 10^{-6} \quad \text{с}^{-1}$$

$$t_{\phi} = 0.96 \cdot T_{\text{в}} \quad t_{\phi} = 69.12 \quad \text{с} \quad - \text{расчетная температура неизолированных фланцев [6 с.96];}$$

$$t_{\sigma} = 0.95 \cdot T_{\text{в}} \quad t_{\sigma} = 68.4 \quad \text{с} \quad - \text{расчетная температура болтов [7 с. 96];}$$

$$Q_t = \gamma \cdot n_{\sigma} \cdot f_{\sigma} \cdot E_{\sigma} \cdot (\alpha_{\phi} \cdot t_{\phi} - \alpha_{\sigma} \cdot t_{\sigma}) \quad Q_t = 0.417 \quad \text{Н} \quad (5.2.94)$$

Болтовая нагрузка в условиях монтажа :

$$\sigma_{20} = 1.667 \times 10^8 \quad \text{Па}$$

$$\sigma_t = 1.561 \times 10^8 \quad \text{Па}$$

$$P_{\sigma 11} = \alpha \cdot Q_g + R_{\text{п}} \quad P_{\sigma 11} = 8.778 \times 10^3 \quad \text{Н} \quad (5.2.95)$$

$$P_{\sigma 12} = \pi \cdot d_{\text{п.ср}} \cdot b_e \cdot q \quad P_{\sigma 12} = 0.351 \quad \text{Н} \quad (5.2.96)$$

$$P_{\sigma 13} = 0.4 \cdot \sigma_{20} \cdot n_{\sigma} \cdot f_{\sigma} \quad P_{\sigma 13} = 1.253 \times 10^5 \quad \text{Н} \quad (5.2.97)$$

$$\text{Принимаем максимальное значение :} \quad P_{\sigma 1} = \max(P_{\sigma 11}, P_{\sigma 12}, P_{\sigma 13}) \quad (5.2.98)$$

$$P_{\sigma 1} = 1.253 \times 10^5 \quad \text{Н} \quad (5.2.99)$$

Болтовая нагрузка в рабочих условиях :

$$P_{\sigma 2} = P_{\sigma 1} + (1 - \alpha) \cdot Q_g + Q_t \quad P_{\sigma 2} = 1.689 \times 10^5 \quad \text{Н} \quad (5.2.101)$$

$$(6.2.10)$$

Приведенные изгибающие моменты в диаметральной сечении фланца :

$$M_{01} = 0.5 \cdot P_{\sigma 1} \cdot (D_{\sigma} - d_{\text{п.ср}}) \quad M_{01} = 2.82 \times 10^3 \quad \text{МН·м} \quad (5.2.102)$$

$$\sigma_{20} = 1.667 \times 10^8 \quad \text{Па}$$

$$\sigma_t = 1.561 \times 10^8 \quad \text{Па}$$

$$M_{02} = 0.5 \left[ P_{\sigma 2} \cdot (D_{\sigma} - d_{\text{п.ср}}) + Q_g \cdot (d_{\text{п.ср}} - D_{\text{в}} - s_e) \right] \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_t} \quad (5.2.103)$$

$$M_{02} = 4.952 \times 10^3 \quad \text{Н*м}$$

где  $[\sigma]_{20} = 166,667 \text{ МПа}$ ;  $[\sigma] = 156,133 \text{ МПа}$  – соответственно для материала фланца при  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и расчетной температуры

Условия прочности болтов выполняется :

$$\frac{P_{\sigma 1}}{n_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} \leq \sigma_{20}$$

$$\frac{P_{\sigma 2}}{n_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} \leq \sigma_t$$

$$\frac{P_{\sigma 1}}{n_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} = 6.667 \times 10^7$$

$$\sigma_{20} = 1.667 \times 10^8$$

$$\frac{P_{\sigma 2}}{n_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} = 8.98$$

$$\sigma_t = 1.561 \times 10^8$$

где  $[\sigma]_{20} = 166,667 \text{ МПа}$ ;  $[\sigma] = 156,133 \text{ МПа}$  – соответственно для материала фланца при  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и расчетной температуры

Крутящий момент при затяжке болтов (шпилек) определяется по рисунку [2.с271] :

$$M_{кр} = 0.1 \cdot 10^3 \quad \text{Н·м}$$

Условие прочности прокладки выполняется:

$$q_{доп} = 130 \cdot 10^6 \quad \text{Па} \quad [2.с265]$$

$$\frac{P_{б1}}{\pi \cdot d_{п.ср} \cdot b_{п}} \leq q_{доп} \quad \frac{P_{б1}}{\pi \cdot d_{п.ср} \cdot b_{п}} = 3.57 \times 10^6 \quad \text{Па} \quad (5.2.104)$$

$$3.57 \leq 130$$

Напряжение в кольце фланца от действия  $M_0$  :

$$\sigma_k = M_{02} \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0.9\lambda)] \phi^2}{h_{\phi}^2 \cdot D_B} \quad \sigma_k = 2.312 \times 10^7 \quad \text{Па} \quad (5.2.105)$$

Условие герметичности, определяется углом поворота фланца :

$$\theta \leq \theta_{доп} \quad \theta \quad \text{рад} \quad - \text{допускаемый угол поворота приварного встык фланца}$$

$$\theta = \frac{\sigma_k \cdot D_B}{E_{\phi} \cdot h_{\phi}} \quad (5.2.106)$$

$$\theta = 3.253 \times 10^{-3} < 0.009$$

Условие выполняется

### 5.2.3 Расчет опор аппарата

Расчет проводим в соответствии с ГОСТ 14114-85. Опоры аппарата представляют из себя два ложных штуцера - стальные патрубки, привариваемый торцом в виде консоли к корпусу аппарата на его образующей по диаметрали.

Проведем расчет опор:

Масса аппарата

$$m_{днища2} = 23 \quad \text{кг}$$

$$m_{ем2} = \pi \cdot \frac{(D_{к-вн} + 2S_{к-и})^2 - D_{к-вн}^2}{4} \cdot l_{ц2} \cdot \rho + m_{днища2} \quad m_{ем2} = 110.486 \quad \text{кг} \quad (5.2.107)$$

$$m_{фл} = 21 + 5.4 \cdot 2 = 31.8 \quad \text{кг} \quad (5.2.108)$$

$$m_{кр} = 20 \quad \text{кг}$$

$$m_{прод} = \rho_M \cdot V \quad m_{прод} = 277.475 \quad \text{кг} \quad (5.2.109)$$

$$M_a = m_{ем} + m_{ем2} + m_{фл} + m_{кр} + m_{прод} \quad M_a = 479.459 \quad \text{кг} \quad (5.2.110)$$

Вес аппарата

$$G_0 = M_a \cdot g \quad G_0 = 4.956 \times 10^3 \quad \text{Н} \quad (5.2.111)$$

$$k_{п} = 1.1 \quad \text{Коэффициент перегрузки}$$

$$k_{д} = 1.1 \quad \text{Коэффициент динамичности}$$

$$k_{н} = 1.2$$

Усилие , действующее на каждую опору

$$N = \frac{10 \cdot M_a \cdot k_{\Pi} \cdot k_d \cdot k_H}{2} \quad N = 3.481 \times 10^3 \quad \text{Н} \quad (5.2.112)$$

Величина момента, от усилия, действующего на опору

$l_{\alpha} = 0.0\alpha$  - расстояние от линии действия до стенки аппарата, м

$$M = N \cdot l \quad M = 183.434 \quad \text{Н} \cdot \text{м} \quad (5.2.113)$$

Момент сопротивления сечения штуцера

$m = 0.8\alpha$

$R = 0.0\alpha \quad \text{м}$

$$W = \frac{M}{m \cdot 0.1 \cdot R} \quad W = 7.193 \times 10^4 \quad \text{м}^3 \quad (5.2.114)$$

Проверяем на прочность сварной кольцевой шов

$\beta = 0.7$  - коэффициент, учитывающий глубину провара

$h_{\text{ш}} = 0.01\alpha$  - толщина шва, по ГОСТ 14114-85

$$R_y = 142410^4 \quad \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$$

$$\text{Условие прочности} = \text{if} \left( \frac{M}{\beta \cdot h_{\text{ш}} \cdot \pi \cdot R^2} \leq m \cdot R_y, \text{"выполняется"}, \text{"не выполняется"} \right) \quad (5.2.115)$$

Условие\_прочности = "выполняется"

По таблице ГОСТ 14114-85 (прилож. V) определяем с запасом сечение патрубка 102/6 мм

## Закключение

В результате проделанной работы, был проведен материальный и тепловой расчет теплообменника посекционно, была определена площадь теплообмена пластинчатого теплообменника. А также был проведен механический расчет, в ходе которого были определены основные геометрические размеры элементов пластинчатого теплообменника, а также проверка на условия прочности всех этих элементов.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2К31	Левченко Илья Владимирович

<b>Институт</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>НОЦ Кижнера</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавр</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>Энерго - и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b>

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

1. <i>Стоимость ресурсов проекта: 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.</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 и инновационного потенциала проекта</i>	<i>Проведение предпроектного анализа.</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
3. <i>Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет себестоимости готового продукта. Расчет точки безубыточности.</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности внедрения установки ОКЛ-10</i>

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

1. <i>Расчет точки безубыточности графическим и математическим методами.</i>
2. <i>Расчет технико-экономических показателей</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2К31	Левченко Илья Владимирович		

## **6.Экономическая часть**

**Краткое содержание:** В мою дипломную работу входит расчет и проектирование технологического комплекса ОКЛ-10.

Технологический комплекс А1-ОКЛ-10 обеспечивает:

- очистку сырого молока от различных примесей;
- термообработку (пастеризацию) молока для достижения необходимых показателей стойкости к скисанию;
- охлаждение молока для дальнейшего хранения и фасовки;
- ликвидирует нежелательный привкус и запах, появляющийся в результате употребления коровами комбикормов.

### **6.1 Экономика переработки молока**

Продукт: **Пастеризованное молоко**

Целевой рынок: торговые точки, конечный потребитель.

#### **6.1.2 SWOT-анализ.**

Качественный подход к описанию рисков заключается в детальном и последовательном рассмотрении содержательных факторов, несущих неопределенность, и завершается формированием причин основных рисков и мер по их снижению. Одной из методик анализа сильных и слабых сторон предприятия, его внешних благоприятных возможностей и угроз является SWOT-анализ.

Таблица 6.1.2 – Swot-анализ организации

	Возможности	Угрозы
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наличие инфраструктуры для увеличения объемов производства</li> <li>2. Увеличение поставок сырого молока</li> <li>3. Применение современных технологий</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Штрафы за нарушение показателей качества</li> <li>2. Устаревание технологий и оборудования</li> </ol>
<b>Сильные стороны</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наличие системы контроля качества</li> <li>2. Наличие прямых договоров с фермерами-поставщиками сырого молока</li> <li>3. Высококвалифицированный персонал</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Монтаж и ввод в производство дополнительных мощностей</li> <li>2. Проведение модернизации</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Строгое соблюдение технологий в процессе</li> <li>2. Проведение модернизации</li> </ol>
<b>Слабые стороны</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нехватка персонала</li> <li>2. Зависимость от иностранных поставщиков услуг ремонтного обслуживания</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Привлечение персонала за счет улучшения условий труда</li> <li>2. Переход на услуги отечественных сервисных компаний</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Строгое следование всем правилам контроля качества</li> </ol>

Анализируя таблицу SWOT-анализа можем сказать, что предприятие имеет достаточно сильных сторон и возможностей, чтобы уверенно функционировать в условиях современных реалий.

Основной слабой стороной является зависимость от иностранных поставщиков оборудования и запчастей. При этом стоит говорить о необходимости постоянной модернизации технологий и оборудования.

Кроме того, важной задачей является соблюдение всех технологических требований с целью поддержания высокого качества продукта.

### 6.2.1 Расчет производственной мощности установки

Расчет произведен по методическим указаниям [24].

Под производственной мощностью предприятия (производства, цеха) понимается максимально возможный годовой выпуск готовой продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренных на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования, площадей в результате внедрения инноваций или проведения организационно-технических мероприятий. Основное оборудование – теплообменник.

Расчет производственной мощности для непрерывного производства производится по

формуле:

$$M = P_{\text{техн}} \cdot T_{\text{эфф.г}} \cdot n \quad (6.1)$$

где  $M$  – производственная мощность,  $t/ч$ ;

$P_{\text{техн}}$  – техническая норма производительности,  $t/ч$

$P_{\text{техн}} = 10 t/ч$ ;

$n$  – количество единиц оборудования, шт

$n = 1$ .

В общем виде величина эффективного времени выразится следующим образом:

$$T_{\text{эфф.г}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{ППР}} \quad (6.2)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – календарный фонд работы оборудования, ч

$T_{\text{кал}} = 8760$ ;

$T_{\text{ППР}}$  – время на ремонтные простои, ч;

По формуле 3.2 находим эффективное время работы оборудования в год, принимая во внимание, что  $T_{\text{ППР}} = 1860$ :

$$T_{\text{эфф.г}} = 8760 - 1860 = 6900$$

$$M = 10 \cdot 6900 \cdot 1 = 69000(t/\text{год}).$$

Коэффициент экстенсивности характеризуется использованием основного оборудования по времени :

$$K_{\text{экт}} = T_{\text{эфф.г}}/T_{\text{кал}} \quad (6.3)$$

где

$K_{\text{экт}}$  – коэффициент экстенсивности;

$T_{\text{эфф.г}}$  – эффективное время работы оборудования, ч.;

$T_{\text{кал}}$  – календарный фонд времени работы оборудования, ч.

По формуле 3.3 коэффициент экстенсивности равен:

$$K_{\text{экт}} = 6900/8760 = 0,79.$$

Коэффициент интенсивности характеризует использование оборудование по производительности [16].

$$K_{\text{инт}} = P_{\text{факт}}/P_{\text{техн}} \quad (6.4)$$

где

$P_{\text{факт}}$  – фактическая производительность,  $t/ч$ ;

$P_{\text{техн}}$  – техническая норма производительности,  $t/ч$ ;

$$K_{\text{инт}} = 10/10=1$$

Коэффициент Парка рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{Парка}} = N_{\text{раб}}/N_{\text{уст}}, \quad (6.5)$$

где

$N_{\text{раб}}$  – количество работающего оборудования, шт.;

$N_{\text{уст}}$  – количество установленного оборудования, шт.

$$K_{\text{Парка}} = 1/1 = 1$$

Коэффициент мощности:

$$K_{\text{м}} = K_{\text{инт}} \cdot K_{\text{Парка}} \cdot K_{\text{экт}}, \quad (6.6)$$

где

$K_{\text{экт}}$  – коэффициент экстенсивности;

$K_{\text{инт}}$  – коэффициент интенсивности;

$K_{\text{парка}}$  – коэффициент парка.

$$K_{\text{м}} = 0,79 \cdot 1 \cdot 1 = 0,79$$

Годовая программа выпуска до и после производительности

$$N_{\text{год}} = K_{\text{м}} \cdot M, \quad (6.7)$$

где

$K_{\text{м}}$  – коэффициент мощности;

$M$  – производственная мощность, млн. м<sup>3</sup>/год.

$$N_{\text{год}} = 69000 \cdot 0,79 = 54,5 \text{ (тыс. т/год)}.$$

### 6.3.1 Режим работы

Теплообменник и сопутствующее оборудование, образующие общую систему ОКЛ-10 работает непрерывно, поэтому бригада формируется по принципу сменности.

Согласно заводским данным график сменности является четырехбригадная. График сменности представляет собой изображение очередности выхода работающих на работы, А, Б, В, Г – условное обозначение бригад. Основные рабочие на производстве работают в двухсменном режиме, первая смена работает с 8.00ч. до 20.00 ч., а вторая смена работает с 20.00ч. до 8.00 ч. График двухсменного четырехбригадного режима работы на май 2018 года приведен в таблице 3.2.



**Таблица 6.3.1 – График режима работы смен на май 2018 г.**

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>А</b>			7	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>Б</b>			7	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>В</b>	12	12	12	7											
<b>Г</b>	12	12	12	7											
	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
<b>А</b>	12	12	12	7											
<b>Б</b>	12	12	12	7											
<b>В</b>			7	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>Г</b>			7	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

**Таблица 6.3.2 – Штатное расписание цеха пастеризации молока**

Наименование должности, профессии	Категория	Разряд	Кол. штат. ед.	Ставка	МФЗП
1	2	3	4	5	6
1. Начальник участка	ИТР	14	1	2025	5148
2. Инженер технолог 1 категории	ИТР	11	2	1731	9001
3. Инженер – механик 1 категории	ИТР	11	2	1731	9001
4. Оператор технологических установок	ОР	5	10	9.8	56349
Итого по организации			15		79499

Для расчета эффективного фонда рабочего времени составим баланс времени одного среднесписочного рабочего.

Эффективное количество часов работы одного среднесписочного рабочего определяется [18, с 90]:

$$T_{\text{эфф.раб}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пл.пот}}, \quad (6.8)$$

где

$T_{\text{кал}}$  – календарный фонд времени работы одного среднесписочного рабочего, человек;  $T_{\text{кал}} = 8760 \text{ч.}$ ;

$T_{\text{пл.пот}}$  – время плановых потерь, ч.;

$T_{\text{вых}}$  – число нерабочих часов в выходные дни, ч.

Каждая смена работает 12 часов с компенсацией за работу в выходные дни. Это достигается применением четырех бригадного графика сменности.

Длительность сменооборота :

$$T_{\text{см.об}} = a \cdot b, \quad (6.9)$$

где

$T_{см.об}$  – длительность сменоборота, дней;

$a$  – количество бригад, шт;

$v$  – число дней, в течение которых бригада работает в одну смену, дн.;

Количество выходных дней, в течение которых бригада работает в одну смену :

$$T_{вых} = T_{кал} / T_{см.об} \cdot n, \quad (6.10)$$

где

$T_{вых}$  – количество выходных дней;

$T_{кал}$  – календарный фонд времени работы одного среднесписочного рабочего, дней;

$T_{см.об}$  – длительность сменоборота, дней;

$n$  – количество выходных дней за сменоборот, дней.

Одна смена работает 15 дней.

$$T_{вых} = 365 / 8 \cdot 3 = 137 \text{ (дней)}$$

Продолжительность рабочих смен в сменобороте находим по следующей формуле:

$$T_{раб.см} = t_{см} - t_{вых}, \quad (6.11)$$

где

$t_{см}$  – продолжительность рабочих смен в сменобороте, дней;

$t_{вых}$  – количество выходных дней, дней.

$$T_{раб.см} = 8 - 3 = 5$$

Находим номинальный фонд рабочего времени.

$$T_{раб} = T_{кал} \cdot T_{раб.см} / t_{см}, \quad (6.12)$$

$$T_{раб} = 365 \cdot 5 / 8 = 228 \text{ (дней)}$$

Находим количество персонала (производственного) работающего посменно:

$$N_{яв} = N_{шт} \cdot S, \quad (6.13)$$

где

$N_{яв}$  – явочная численность производственного персонала, работающего посменно, человек;

$N_{шт}$  – штатное количество человек, работающих в смену, человек;

$S$  – число смен,

$$S = 4.$$

$$N_{яв} = 15 \cdot 4 = 60 \text{ (человек)}$$

Списочная численность:

$$N_{сп} = N_{яв} \cdot K_{пер}, \quad (6.14)$$

где

$K_{пер}$  – коэффициент перехода от явочной численности к списочной.

$$K_{пер} = T_{эфф.об.} / T_{эфф.раб.} \quad (6.15)$$

где

$T_{эфф.об.} = 6900$  (см. таблицу 6.4).

**Таблица 6.4 - Баланс рабочего времени одного среднесписочного рабочего**

№ п/п	Показатели	Дни	Часы
1	Календарный фонд рабочего времени, $T_{кал}$	365	8760
2	Выходные дни, $T_{вых}$	137	3288
3	Номинальный фонд рабочего времени, $T_{раб}$	228	5472
4	Очередные и дополнительные отпуска	36	864
5	Невыходы по болезни	7	168
6	Выполнение государственных обязанностей	1	24
7	Отпуск по учебе без отрыва от производства	1	24
8	Итого по отпуску	45	1080
9	Эффективный фонд рабочего времени	183	4392

$T_{эфф.раб.}$  – эффективный фонд рабочего времени одного среднесписочного рабочего, ч.;

$T_{эфф.раб.} = 4392$  (см. таблицу 3.4).

$K_{пер} = 6900/4392 = 1,57$ .

По формуле 9.1.14 списочная численность равна:

$N_{сп} = 60 \cdot 1,57 = 95$  (человек).

### 6.4.1 Организация оплаты труда

Оплата труда рабочих повременно–премиальная, на основе часовых тарифных ставок, установленных и утвержденных на предприятии, присвоенных квалификационных разрядов и фактически отработанного времени.

Труд руководителей, специалистов и служащих оплачивается согласно установленной разрядной таблицы за фактически отработанное время.

Рабочим руководителям и специалистам работа в ночное время оплачивается в повышенном размере на 40% и в вечернее время на 20%. Компенсационная доплата выплачивается в размере 10% за тяжелые условия труда.

На предприятии выплачивается надбавка в размере 75% взамен суточных.

Работа в праздничные дни оплачивается работникам, труд которых оплачивается по часовым тарифным ставкам – в размере двойной часовой тарифной ставки.

Тарифный фонд заработной платы рассчитывается на основе тарифной сетки.

Проведем расчет месячной заработной платы операторов технологических установок 4 разряда (10 человек).

Зарботная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{тар} + D_{ноч} + D_{празд} + D_{прем} + D_{р.к.} + D_{сут} + D_{усл.тр} \quad (6.16)$$

где

$Z_{тар}$  – тарифная ЗП, руб.;

$D_{\text{ноч}}$  – доплата за работу в ночное время, руб.;

$D_{\text{празд}}$  – доплата за работу в праздничные дни, руб.;

$D_{\text{прем}}$  – премиальная ЗП, руб.;

$D_{\text{р.к.}}$  – районный коэффициент, руб.;

$D_{\text{сут}}$  – доплата взамен суточных, руб.;

$D_{\text{усл.тр}}$  – компенсационная доплата за условия труда, руб.;

Тарифная заработная плата рассчитывается:

$$Z_{\text{тар}} = T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{фак}} \cdot H, \quad (6.17)$$

где

$T_{\text{ст}}$  – тарифная ставка данной категории рабочих, руб./ч;

$$T_{\text{ст}} = 7,24 \text{ руб.}$$

$T_{\text{фак}} = 194$  ч. за смену;

$H$  – количество рабочих данной категории, человек;

$$H = 10 \text{ чел.}$$

$$Z_{\text{тар}} = 7,24 \cdot 194 \cdot 10 = 14045,6 \text{ (руб.)}$$

Доплата за работу в ночное время:

$$D_{\text{ноч}} = 0,4 \cdot T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{ноч}} \cdot H, \quad (6.18)$$

где

$T_{\text{ст}}$  – почасовая тарифная ставка, руб.;

$$D_{\text{ноч}} = 0,4 \cdot 14045,6 = 5618,24 \text{ (руб.)}$$

Доплата в праздничные дни:

$$D_{\text{празд}} = T_{\text{празд}} \cdot T_{\text{ст}} \cdot 2 \cdot H; \quad (6.19)$$

где

$T_{\text{празд}}$  – количество часов, отработанное в праздники, ч (1 и 9 мая –  $T_{\text{празд}} = 24$  часа);

$$D_{\text{празд}} = 24 \cdot 7,24 \cdot 2 \cdot 10 = 3475,2 \text{ (руб.)}$$

Премиальная ЗП:

$$D_{\text{прем}} = Z_{\text{тар}} \cdot P_{\text{прем}} / 100 \% \quad (6.20)$$

где

$Z_{\text{тар}}$  – тарифная ЗП, руб.;

$P_{\text{прем}}$  – премиальные, % за май 2017 года = 20%

$$D_{\text{прем}} = 14045,6 \cdot 20/100 = 2809,12 \text{ (руб.)}$$

Районный коэффициент:

$$D_{\text{р.к.}} = 0,5 (Z_{\text{тар}} + D_{\text{ноч}} + D_{\text{празд}} + D_{\text{прем}}) \quad (6.21)$$

$$D_{\text{р.к.}} = 0,5 (14045,6 + 5618,24 + 3475,2 + 2809,12) = 12974,58 \text{ (руб.)}$$

Доплата взамен суточных:

$$D_{\text{сут}} = Z_{\text{тар}} \cdot 75/100, \quad (6.22)$$

$$D_{\text{сут}} = 0,75 \cdot 14045,6 = 10534,2 \text{ (руб.)}$$

Компенсационная доплата за тяжелые условия труда:

$$D_{\text{усл.тр}} = Z_{\text{тар}} \cdot 10/100,$$

$$D_{\text{усл.тр}} = 14045,6 \cdot 0,1 = 1404,56 \text{ (руб)}$$

Итак по формуле (3.16) основная заработная плата 10 операторов технологических установок пастеризации молока за май месяц 2018 г.составит:

$$Z_{\text{осн}} = 14045,6 + 5618,24 + 3475,2 + 2809,12 + 12974,58 + 10534,2 + 1404,56 = 50861,50 \text{ (руб)}$$

$$ЗП = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (6.23)$$

где

$Z_{\text{осн}}$  – основная ЗП, руб.;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная ЗП, руб.;

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K / T_{\text{кал}}, \quad (6.24)$$

где

$K$  – число законных невыходов, дней;

$T_{\text{кал}}$  – календарный фонд работы одного среднесписочного рабочего, дней;

$$Z_{\text{доп}} = 50861,5 \cdot 45 / 365 = 6270,6 \text{ (руб.)}$$

Заработная плата 10 операторов технологических установок за 1 месяц составит:

$$ЗП = 6270,6 + 50861,5 = 57132,1 \text{ (руб.)}$$

Аналогично производится расчет месячного фонда ЗП всех работников производства.

Месячный и годовой фонд ЗП представлен в таблице 3.5.

**Таблица 6.5 – Фонд заработной платы**

№	Наименование	Численность	МФЗП, тыс. руб.	ГФЗП, тыс. руб.
1	Инженерно-технические работники (ИТР)	58	265,1	3181,3
2	Основные рабочие (ОР)	41	232,1	2784,7
3	Вспомогательные рабочие (ВСР)	78	427,6	5130,6
4	Младший обслуживающий персонал (МОП)	14	49,7	596,6
5	Итого	191	974,4	11693,3

## 6.5 Основные фонды предприятия. Расчет амортизационных отчислений

В таблице 6.6 приведена структура основных фондов цеха.

**Таблица 6.6 – Структура основных производственных фондов**

№	Наименование ОПФ	Стоимость ОПФ, тыс.руб.	% к общей стоимости ОПФ, %	Na, %	Амортизационные отчисления, тыс. руб.	Текущий ремонт, %	Капитальный ремонт, %
	1	2	3	4	5	6	7
1	Здания	17990,7	80,73	4	719,6	3,2	6,3
2	Сооружения	900,8	4,04	4	36,0	3,2	6,3
3	Инструменты и инвентарь	1275,7	5,72	14	178,6	6,3	8,2
Итого здания, сооружения и инвентарь		20167,2	90,50		934,3		
4	Производственное оборудование	2118,1	9,50	12	254,2	6,3	8,2
Итого:		22285,3	100,00		<b>1188,4</b>		

Рассмотрим принцип расчета амортизационных отчислений на май месяц 2018 года на примере производственного оборудования:

$$Ar = N_a \cdot \Phi_{\text{восст}}/100, \quad (6.26)$$

где

$N_a$  – норма амортизационных отчислений, %.

Для производственного оборудования годовая  $N_a = 12$  %;

$\Phi_{\text{восст}}$  – полная восстановительная стоимость производственного оборудования, руб.

$$\Phi_{\text{восст}} = 2118109 \text{ руб.}$$

$$Ar = 12 \cdot 2118109/100 = 254173,08 \text{ (руб.)}$$

Сумма месячных амортизационных отчислений производственного оборудования составляет:

$$Ar_M = Ar/12, \quad (6.27)$$

$$Ar_M = 254173,08/12 = 21181 \text{ (руб.)}$$

Аналогично рассчитывается сумма месячных амортизационных отчислений для любых видов основных средств с учетом их норм амортизации и полной восстановительной стоимости.

## 6.6 Расчет себестоимости

Расчет себестоимости молока при годовом производственном выпуске  $M_{пр} = 69000$  т приведен в таблице 3.7.

**Таблица 6.7 - Себестоимость продукции при годовом выпуске 69 000 т.**

№	Статьи затрат	Единица измерения	Цена, руб за ед. изм.	Расход		Затраты, руб.	
				Норма расхода, на 1 т.	на Nгод (4 x $M_{пр}$ )	на 1 т (столбец 3 x 4)	на Nгод (столбец 3 x 5)
	1	2	3	4	5	6	7
1	<b>Сырьё и материалы</b>						
1.1	Сырое молоко	т	6000	1	69000	6000	414000000
1.2	Холодная вода	т	16,45	1,45	100000	23,85	1645000
	<b>Итого сырья, материалов</b>					<b>6023,85</b>	<b>415645000</b>
2	<b>Энергоресурсы</b>						
2.1	Электроэнергия	кВтчас	234	2,0	138000	468	32292000
2.2	Пар собственный	гКал	83,96	30,0	2070000	2518,8	173797200
	<b>Итого энергоресурсов</b>					<b>2986,8</b>	<b>206089200</b>
	<b>ИТОГО условно-переменных издержек</b>					<b>9010,65</b>	<b>621734200</b>
3	<b>Зарплата</b>						
3.1	Зарплата основных рабочих	руб.				46,11	3181300
3.2	Отчисления на страховые взносы основных рабочих	%	30			13,83	954390
	<b>Итого зарплата основных рабочих с отчислениями</b>					<b>59,94</b>	<b>4135690</b>

Продолжение таблицы 6.7

	1	2	3	4	5	6	7
4	Общепроизводственные расходы						
4.1	Зарплата вспомогательных рабочих	руб.				74,36	5130600
4.1.1	Отчисления на страховые взносы вспомогательных рабочих	%	30			22,31	1539180
4.2	Зарплата ИТР	руб.				46,11	3181300
4.2.1	Отчисления на страховые взносы ИТР	%	30			13,83	954390
4.3	ЗП младшего обслуживающего персонала (МОП)	руб.				8,65	596600
4.3.1	Отчисления на страховые взносы МОП	%	30			2,59	178980
4.4	Амортизация зданий, сооружений и инвентаря	руб.				206,68	14260800
4.4.1	Текущий ремонт зданий, сооружений и инвентаря	руб.				180,3	12440700
4.4.2	Капитальный ремонт зданий, сооружений и инвентаря	руб.				780,3	53840700
4.5	Амортизационные отчисления от производственного оборудования	руб.				57,4	3960600
4.5.1	Текущий ремонт оборудования	руб.				48,3	3332700
4.5.2	Капитальный ремонт оборудования	руб.				68,2	4705800



## Окончание таблицы 6.7

	1	2	3	4	5	6	7
<b>Итого общепроизводственные расходы</b>		<b>руб.</b>				<b>1509,02</b>	<b>104122350</b>
5 Прочие расходы		руб.				1804	6247341
<b>Итого прочие расходы</b>		<b>руб.</b>				<b>1804</b>	<b>6247341</b>
6 <b>I. Цеховая себестоимость</b>		<b>руб.</b>				<b>95905</b>	6789600
7 Общехозяйственные расходы (24 % от цеховой себестоимости)		руб.				23017	1629504
8 <b>II. Заводская</b>		<b>руб.</b>				<b>118922</b>	8224800
9 Коммерческие расходы (7 % от заводской себестоимости)		руб.				8324	575736
<b>ИТОГО</b>						<b>31341</b>	<b>15014400</b>
10 <b>III. Полная себестоимость</b>		<b>руб.</b>				<b>10887,78</b>	<b>751253981</b>
Условно переменные затраты		руб.				9010,65	621734200
Условно постоянные затраты		руб.				1877,10	129519781

## 6.7 Техничко-экономические показатели

Таблица 6.8 – Техничко-экономические показатели эффективности производства молока

№ п/п	Техничко-экономические показатели	Единицы измерения	Значение показателей (69000 т)
1	2	3	4
1	Объем производства	т/год	69000
2	Объем продаж	т/год	69000
3	Цена 1 т	руб.	18000

## Окончание таблицы 6.8

1	2	3	4
4	Выручка от реализации (строка 2 x строка 3)	руб.	1242000000
5	Себестоимость (Суммарные издержки (строка 5.1 + строка 5.2))	руб.	751253981
	в том числе		
5.1	Издержки переменные	руб.	621734200
5.2	Издержки постоянные	руб.	129519781
6	Операционная прибыль (строка 4 – строка 5)	руб.	490746019
7	Налог на прибыль 20 % (строка 6 · 0,20)	руб.	98149203,8
8	Чистая прибыль (строка 6 – строка 7)	руб.	392596815,2
9	Рентабельность производства ((строка 8/строка 5) · 100)	%	52,26
10	Рентабельность продаж ((строка 8/строка 4) · 100)	%	31,61
11	Стоимость основных фондов	руб.	22285300
12	Фондовооружённость	руб./чел.	116677
13	Фондоёмкость (строка 11 / строка 4)	руб./руб.	0,01794308
14	Фондоотдача (строка 4 / строка 11)	руб./руб.	55,7318053
15	Себестоимость 1 т	руб.	10887,78
16	Производительность труда	т/чел.	361,26

## 6.8 Расчет точки безубыточности

Расчет точки безубыточности производится на основании сопоставления выпуска продукции, ее себестоимости, постоянных затратах, оптовой цены.

Расчет точки безубыточности графическим методом для объема выпуска 69000 т представлен в таблице 3.9 и на рисунке 3.1

Таблица 6.9 – Расчет точки безубыточности для выпуска 69000 т/год

Объем, тыс. т.	0	10	20	30	40	50	60	69
Валовые (общие) затраты, тыс. руб.	129519,8	219626,3	309732,8	399839,3	489945,8	580052,3	670158,8	751254,7
Чистая прибыль, тыс. руб.	-129520	-39626,3	50267,2	140160,7	230054,2	319947,7	409841,2	490745,4
Переменные затраты, тыс. руб.	0	90106,5	180213	270319,5	360426	450532,5	540639	621734,9
Выручка (доход), тыс. руб.	0	180000	360000	540000	720000	900000	1080000	1242000
Постоянные затраты, тыс. руб.	129519,8	129519,8	129519,8	129519,8	129519,8	129519,8	129519,8	129519,8

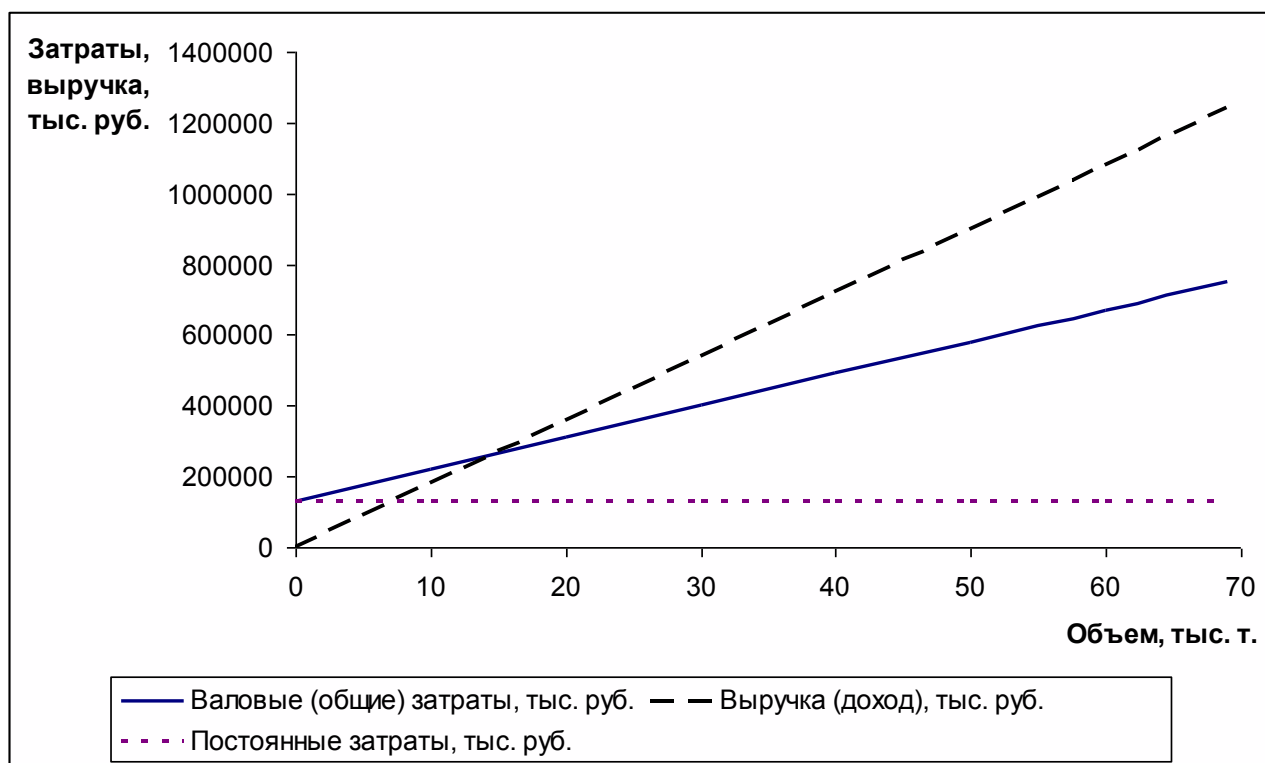


Рис 6.1 - График нахождения точки безубыточности при годовом выпуске 69000 т. молока

Определение точки безубыточности аналитическим способом:

$$Q_{кр} = \frac{Изд_{пост}}{Ц_{гпп} - Изд_{пергпп}},$$

где  $Ц_{гпп}$  – цена единицы готовой продукции (1 т);

$Изд_{гпп}$  - удельные переменные издержки (переменные издержки на единицу готовой продукции – 1 т).

Для производства 69000 т:

$$Q_{кр} = 129519781 / (18000 - 9010,65) = 14408 \text{ т.}$$

$$Q_{кр} = 129519781 / ((18000 - 9010,65) / 18000) = 259346455 \text{ руб} = 259,3 \text{ млн. руб.}$$

Расчет точки безубыточности показал, что объем производства, при котором расходы будут компенсированы доходами, а при производстве и реализации каждой последующей единицы продукции предприятие начинает получать прибыль составляет 14408 т/год. Таким образом, при текущем объеме производства в 69000 т/год можно говорить о высокой доходности производства. Это подтверждают и показатели экономической эффективности, представленные в таблице 3.8. Чистая прибыль предприятия составляет за год порядка 392,6 млн. руб.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2к31	Левченко Илья Владимирович

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	<b>НОЦ Н.М. Кижнера</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Энерго - и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Цех пастеризации молока. Технологический комплекс А1-ОКЛ-10
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)</li> </ul>	<p>1. Анализ следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Электромагнитное поле;</li> <li>- Повышенный уровень шума;</li> <li>- Отклонение показателей микроклимата от допустимых значений;</li> <li>- Недостаточная освещенность рабочей зоны.</li> </ul> <p>2. Анализ следующих опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Поражение электрическим током;</li> <li>- Механические травмы.</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Анализ воздействия на окружающую среду</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита от загрязнения сточными водами.</li> </ul>

<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Наиболее типичная ЧС для рассматриваемого цеха – пожар. Разработка превентивным мер по предупреждению ЧС, действий во время ЧС и для ликвидации её последствий.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Организационные вопросы обеспечения безопасности работников в рабочей зоне.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Ларионова Е.В.	к.х.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Левченко Илья Владимирович		

## 7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 7.1. Производственная безопасность

Основные факторы с местом их возникновения и нормами изложены в ГОСТ 12.0.003-2015 и сведены в таблицу 7.1

Таблица 7.1 Основные опасные и вредные факторы.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Осуществление работ по эксплуатации и обслуживанию комплекса пастеризации	- Отклонение показателей микроклимата от допустимых значений; - Повышенный уровень шума; - Недостаточная освещенность рабочей зоны; - Электромагнитное поле.	- Поражение электрическим током; - Механические травмы.	ГОСТ 12.3.003-86 ПОТ Р М 020-2001 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 ГОСТ 12.1.003-83

#### Микроклимат в цехе (СанПин 2.2.4.548-96; СП 60.1330.2012)

Большое значение для охраны здоровья и труда человека имеет качество воздуха в производственных помещениях.

Неблагоприятные перепады производственного микроклимата в цехах обусловлены наличием многочисленного теплонесущего оборудования. Высокая температура воздуха и низкая (большой частью) относительная влажность в цехе объясняется значительными конвективными и радиационными тепловыделениями от оборудования.

По ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ нормируются следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздушного потока, ПДК вредных веществ.

Эти данные приведены в таблице 6.2.

Таблица 7.2 – Нормируемое качество воздуха

Сезон года	Категория работы	Температура, С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный период года	I	20-30	60-40	0,2
	Па	18-20		0,2
	Пб	17-19		0,3
	III	16-18		0,3
Теплый период года	I	22-25	60-40	0,2
	Па	21-23		0,3
	Пб	20-22		0,4
	III	18-21		0,5

В рассматриваемом цехе температура воздуха в теплый период года составляет 26-43 °С, относительная влажность 17-53 %, скорость движения воздуха - от 0,5 до 2,6 м/с. В холодный

период температура воздуха рабочих зон на разных отметках снижается неравномерно и находится в пределах 13-45 °С, относительная влажность составляет 17-71 %, скорость движения воздуха в пределах от 0,5 до 1,4 м/с.

При оценке допустимых значений температуры и влажности воздуха учитывается категория тяжести работ. По степени физической тяжести работа относится к категории первой тяжести I (СанПиН 2.2.4.548-96).

Параметры микроклимата в зимнее время поддерживаются системой отопления и вентиляцией, летом – только общеобменной вентиляцией.

При осуществлении любого производственного процесса, как правило, всегда выделяется теплота. Теплота выделяется при сварке, нагреве, при переходе электроэнергии в теплоту и т.п.

Многие производственные процессы сопровождаются выделением пыли. Проникая в организм человека при дыхании, при заглатывании и через поры кожи могут вызвать различные заболевания. Поэтому для поддержания микроклимата в цехах предприятия в оптимальном состоянии используется вентиляция помещений.

Вентиляция позволяет осуществлять регулируемый воздухообмен, обеспечивающий нормальные санитарно-гигиенические условия в производственных помещениях.

В цехах предприятия используется общеобменная, механическая приточно-вытяжная вентиляция. Для очистки загрязненного воздуха, выбрасываемого в атмосферу используются пылеотделители.

### **Защита от шума и вибрации (ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ)**

Одними из основных вредных факторов на производстве являются шум и вибрации.

Шум - это неприятный или нежелательный звук либо совокупность звуков, мешающих восприятию полезных сигналов, нарушающих тишину, оказывающих вредное или раздражающее действие на организм человека, снижающих его работоспособность. Повышение звукового давления негативно влияет на органы слуха. Для измерения громкости (в децибелах Дб) часто используется двущкальный шумомер.

Вибрацией называют механические ритмичные колебания упругих тел. Чаще всего под вибрацией понимают нежелательные колебания. Человек ощущает вибрацию частотой от долей герца до 800 Гц, вибрация большой частоты воспринимается подобно ультразвуковым колебаниям, вызывая ощущение тепла. Длительное воздействие и постоянное повышенное значение вибрации приводит к быстрой утомляемости, нарушению нервной системы, плохому сну, головной боли. Работа в условиях постоянной вибрации может приводить к возникновению вибрационной болезни.

Источниками вибрации являются электроприемники, электро-оборудование, различные производственные механизмы.

Общие требования по шумовой и вибрационной безопасности для электротехнического персонала сведены в таблицы.

Таблица 7.3 - Общие требования по шумовой безопасности

Рабочие места в цехе	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах с среднегеометрическими частотами, Гц				Уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	
Постоянные рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятия	110	99	92	86	85

Таблица 7.4 - Общие требования по вибрационной безопасности

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах с среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

В производственном цехе источниками шума является оборудование и вентиляторы.

На рабочих местах операторов шум может достигать 100 дБА, что превышает гигиенический норматив на 15 дБА. Шум на различных участках цеха носит постоянный характер, поскольку уровень звука за смену изменяется во времени не более, чем на 5 дБ. Характер шума, генерируемого оборудованием, широкополосный. Показано, что профессии операторов установок являются опасными рабочими местами по воздействию шума (критический стаж составляет 35,9 лет).

В качестве защиты от шума и звука следует применять нормирование; некоторые технические тонкости, звукоизоляцию, звукопоглощение, специальные глушители аэродинамического шума, средства индивидуальной защиты (наушники, беруши, противошумные каски, специальная противошумная одежда).

Всё оборудование, являющееся источником вибраций, должно быть установлено на виброопорах.

#### **Освещение (ГОСТ Р55710-2013)**

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с [2].

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии, обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние,



вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Наилучшим видом освещения является дневное, солнечное. Поэтому в соответствии с СП все цеха предприятия имеют естественное освещение. Но дневной свет не может обеспечить нужное освещение в течении всего рабочего дня, а так же зависит от погодных условий. Поэтому цеха предприятия обеспечиваются естественным и искусственным освещением. В качестве источников искусственного освещения применяются энергосберегающие светодиодные и газоразрядные лампы.

Одним из важных показателей световой среды является коэффициент пульсации освещенности (Кп). Коэффициент пульсации освещенности — это критерий оценки глубины колебаний (изменений) освещенности, создаваемой осветительной установкой, во времени. Для производственных помещений величина Кп должна быть не более 15%.

На этой основе разработаны требования к освещению для рабочих мест электротехнического и персонала в цехе, указанные в таблице 6.5

Таблица 7.5 – Нормы освещённости помещений цеха

Помещения и производственные участки	Плоскость нормирования освещенности и ее высота от пола, м	Разряд зрительной работы	Освещенность, лк	
			При комбинированном освещении	При общем освещении
Помещение цеха	Рабочая область станка, 1,2-1,4 м	VI		100
	Пол	-		10*

\* Освещенность приведена для ламп накаливания;

### **Электробезопасность**

Основным документом, регламентирующим воздействие электрического тока в производственных условиях, является ГОСТ 12.1.038- 82.

Поражение электрическим током персонала, работающего с электроустановками, является опасным для жизни человека и наступает при соприкосновении его с сетью не менее чем в двух точках. При разработке коллективных и индивидуальных средств защиты от электропоражения необходимо, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), рассмотреть следующие вопросы:

- а) обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- б) требования к электрооборудованию;
- в) анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;
- г) мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- д) обоснование мероприятий и средств защиты, работающих от поражения электрическим током.

По степени опасности поражения людей электрическим током цех относится к категории 2 - помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность, а именно возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Электрический ток представляет значительную опасность для здоровья человека непосредственно при контакте человека с токопроводящей поверхностью.

Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Прохождение электрического тока через тело человека вызывает поражение различных органов, оказывает воздействие на нервную систему, кровеносно-сосудистую систему человека, на кровь, сердце, мозг и т.д.

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

1. Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути протекания тока до критической температуры;
2. Электролитическое действие тока выражается в разложении крови, что нарушает ее состав и функции;
3. Механическое действие тока проявляется в значительном давлении в кровеносных сосудах и мышечных тканях;
4. Биологическое действие тока проявляется в раздражении живых тканей, что вызывает реакцию организма – возбуждение, что и обуславливает непроизвольное сокращение мышц.

При наиболее неблагоприятном исходе воздействие электрического тока может привести к смерти человека.

Для защиты персонала от поражения электрическим током в цехах предприятия используются следующие меры:

- изоляция проводов и её непрерывный контроль;
- предупредительная сигнализация и блокировка;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- защита от случайного прикосновения;
- защитное заземление;
- защитное отключение;
- зануление.

Кроме того, используются индивидуальные электротехнические средства.

В установках до 1000 В рекомендуется использовать диэлектрические перчатки, указатели напряжения, диэлектрические коврики и боты, изолирующие подставки, а также инструмент с изолированными рукоятками.

Защитные средства должны сохраняться в порядке и находиться на специально отведенных для этого местах (щитах). Основные и дополнительные средства должны испытываться и иметь штамп, указывающий напряжение установки, для которой допустимо применять данные средства, а также срок следующего испытания.

Запрещается работа в электроустановках без защитной каски, с засученными рукавами, брюками, в неисправных не зашнурованных ботинках.

#### **Защита от случайного прикосновения**

Для исключения возможности случайного прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям в цехах предприятия обеспечивается их недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту.

Ограждения применяются как сплошные, в виде кожухов и крышек, применяемые в электроустановках до 1 кВ, так и сетчатые, которые имеют двери, запирающиеся на замок.

В электроустановках до 1 кВ ограждаются – неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением части ЭД, пусковая аппаратура, открытые плавкие вставки.

В электроустановках выше 1 кВ – все без исключения токоведущие части (изолированные и неизолированные) должны быть надежно ограждены сетками, закрыты металлическими дверями, заключены в металлические ящики или расположены на недоступной высоте.

Блокировки применяются в электроустановках, в которых часто производятся работы на ограждаемых токоведущих частях и электрических аппаратах. Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях кожухов.

Блокировки применяются также для предупреждения ошибочных действий персонала при переключениях.

### **Защитное заземление**

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.) [3].

Основное назначение защитного заземления – устранение опасности поражения персонала электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования.

Стоит отметить, что защитное заземление не всегда может быть эффективным. Тогда прибегают к занулению.

### **Зануление**

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности [3].

Зануление применяется в четырехпроводных сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью.

При занулении корпуса электрооборудования соединяются не с заземлителями, а с нулевым проводом.

Принцип действия: зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита и селективно отключает поврежденный участок сети. Кроме того, зануление снижает потенциалы корпусов, появляющиеся в момент замыкания на землю. При замыкании на зануленный корпус ток короткого замыкания проходит через обмотки трансформатора, фазный провод и нулевой провод.

## **7.2. 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

водопользование. Состояние воды оценивается тремя группами показателей: санитарно-токсикологическими, 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.

### **7.3. 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.

## 7.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочее место должно соответствовать требованиям

- ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности и настоящего стандарта.»
- ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования».
- ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Выполнение трудовых операций «часто» и «очень часто» должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля. При этом частоту выполнения операций принимают: очень часто - две и более операций в 1 мин; часто - менее двух операций в 1 мин, но более двух операций в 1 ч; редко - не более двух операций в 1 ч.

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

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

- высоты рабочей поверхности;
- подставки для ног при нерегулируемой высоте рабочей поверхности.

Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

При работе двумя руками органы управления размещают с таким расчетом, чтобы не было перекрещивания рук. Органы управления, используемые до 5 раз в смену, допускается располагать за пределами зоны досягаемости моторного поля.

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате расчетов установлено, что при росте планов по увеличению производительности пастеризационно-охладительной установки на 10%, она сохраняет механическую прочность и обеспечивает сохранение технологического процесса. Была разработана конструкция выдерживателя для молока, исключая недостатки предыдущей конструкции, и подтверждена ее технико-экономическая эффективность. Также были рассмотрены следующие вопросы: теоретические основы переработки молока, проведен аналитический обзор процесса пастеризации, описание ныне действующей технологической схемы установки переработки молока и принципа работы пастеризационно-охладительной установки. Произведен расчет монтажной оснастки и оборудования (полиспастов, строп, траверсы), подобран подъемный транспортный механизм для установки выдерживателя.

Рассмотрены вопросы автоматизации, описан контур регулирования работы пастеризационно-охладительной установки, а также подобраны контрольно-измерительные приборы для обеспечения нормального течения процесса.

В разделе «безопасность жизнедеятельности» дана характеристика установки по переработке молока и обращающихся в ней веществ с точки зрения нанесения ущерба человеческому организму и окружающей среде. Разработаны мероприятия по ведению безопасного технологического процесса, способствующие снизить данный ущерб.

В организационно-экономической части произведен расчет и сравнительный анализ себестоимости до и после повышения производительности получаемого продукта, а так же после модернизации пастеризационно-охладительной установки в результате применения предложенной конструкции выдерживателя. Данный анализ показал, что при увеличении производительности установки на 10% и ее модернизации себестоимость переработки молока снижается на 7.481 %, принимая во внимание тот факт, что молочные продукты пользуются все большим спросом, и потребление их растет, повышение объемов перерабатываемого молока является оправданным и целесообразным.

Таким образом цели и задачи ставившиеся в начале проекта были достигнуты полностью.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 14249-89 “Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность”
2. РД 26-01-86-88 “Пластинчатые теплообменные аппараты”
3. ГОСТ 24755-89 “Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстия”
4. РД 26-15-88 “Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений”
5. ГОСТ 26202-84 “Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок”
6. Экономика предприятия: Учебник для вузов / Под ред. П. П. Табурчака и В. М. Тумина. – СПб.: Химиздат, 2001. – 103с.: ил.
7. Экономика предприятия. / Под ред. Е. Л. Кантора. – СПб.: Питер, 2003. – 352с.: ил. – (Серия «Учебник для вузов»).
8. Экономика предприятия: Учебное пособие / Под ред. З. Г. Антонова – Томск: изд. ТПУ, 2000 – 45с.
9. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А., «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии». Издательство: "Альянс" 2013 г.
10. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. «Основы конструирования и расчета в химической аппаратуре», Издательство: "Альянс" 2013 г.
11. Борисов Г.С., Брыков В.П., Дытнерский Ю.И. и другие, «Основные процессы и аппараты химической технологии». М.: Химия, 2010 г.
12. Михалев М.Ф., Третьяков Н.П., Мильченко А.И., Зобнин В.В. «Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств», Л.: Машиностроение, 1984г.
13. Смирнов Г.Г. и др. «Конструирование безопасных аппаратов для химических и нефтехимических производств», Л.: Машиностроение, 1988г
14. Технологический регламент установки А1-ОКЛ-10.
15. Паспорт на пластинчатый теплообменник ОКЛ-10.
16. Паспорт на сепаратор А1-ОЦМ-5.
17. Притыко В.П. «Охрана труда в молочной промышленности». -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. -144с.