

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

университет

Институт механизации и техники

Направление 35.03.06 «Агроинженерство»

Профиль Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

и СХП

Кафедра машин и оборудования в агроинженерстве

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
**на соискание квалификации (степени) «бакалавр»**

Т/

Тема: Проектирование технологической линии переработки молока с разработкой смесителя

Шифр ВКР.35.03.06.174.18

Студент 244 гр.

подпись

Насыбуллин А.А.  
Ф.И.О.

Руководитель

доцент  
ученое звание

подпись

Лушнов М.А.  
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
(протокол №15 от 18 июня 2018 г.)

Зав. кафедрой доцент  
ученое звание

подпись

Халиуллин Д.Т.  
Ф.И.О.

Казань – 2018 г.

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

Направление *35.03.06 «Агроинженерия»*

Профиль *Технологическое оборудование для хранения и переработки СХП*

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ / Халиуллин Д.Т.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

### **ЗАДАНИЕ**

**на выпускную квалификационную работу**

Студенту Насыбуллину Альберту Айдаровичу

Тема ВКР *Проектирование технологической линии переработки молока с разработкой смесителя*

утверждена приказом по вузу от «24» мая 2018 г. № \_\_\_\_\_

**2. Срок сдачи студентом законченной ВКР** \_\_\_\_\_

### **3. Исходные данные**

Патенты РФ;

Емкостной аппарат с рубашкой и лопастной мешалкой для нагревания молока.

Начальная температура 15, конечная 80 °С.

Давление греющего пара 0,25 МПа.

### **4. Перечень подлежащих разработке вопросов**

1. Литературно-патентный обзор
2. Технологическая часть
3. Конструктивная часть

### **5. Перечень графических материалов**

1. Обзор конструкций
2. Технологические схемы

3. Сборочный чертеж и детализовка

**6. Консультанты по ВКР**

| Раздел (подраздел) | Консультант |
|--------------------|-------------|
|                    |             |
|                    |             |

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_ 04.05.2018 г. \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

| №<br>п/п | Наименование этапов ВКР     | Срок выполне-<br>ния | Примечание |
|----------|-----------------------------|----------------------|------------|
| 1        | Литературно-патентный обзор |                      |            |
| 2        | Технологические расчеты     |                      |            |
| 3        | Конструктивные расчеты      |                      |            |
|          |                             |                      |            |
|          |                             |                      |            |
|          |                             |                      |            |

Студент \_\_\_\_\_ (Насыбуллин А.А.)

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ (Лушнов М.А.)

## АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Насыбуллина А.А. на тему: Проектирование технологической линии переработки молока с разработкой смесителя.

Молоко различных сельскохозяйственных животных отличается по химическому составу и питательной ценности. Наиболее широко в питании людей используется коровье молоко. В рационе народов различных регионов присутствует также молоко коз, овец, кобылиц, верблюдиц, ослиц, буйволиц, самок зебу, яка, северного оленя и т.д..

Молочная промышленность выпускает коровье молоко пастеризованное, стерилизованное, топленое, сгущенное, сухое.

Для перемешивания молочных продуктов применяются несколько способов: пневматический, циркуляционный, статический и механический.

Целью данной выпускной квалификационной работы является Проектирование технологической линии переработки молока.

ВКР состоит из пояснительной записки на \_\_\_\_ листах машинописного текста и графической части на 5 листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает \_\_\_\_ рисунков, \_\_\_\_ таблиц. Список использованной литературы содержит \_\_\_\_ наименований.

## Abstract

To final qualification work of Nasybullin A.A. on a subject: Design of the technological line of processing of milk with development of the mixer.

Milk of various farm animals differs on the chemical composition and nutritional value. Most widely in food of people cow's milk is used. At a diet of the people of various regions there is also a milk of goats, sheep, mares, female camels, she-asses, buffalo cows, females of a zebu, yak, reindeer etc.

The dairy industry produces the cow's milk pasteurized, sterilized, melted, condensed, dry.

Several ways are applied to hashing of dairy products: pneumatic, circulating, static and mechanical.

The purpose of this final qualification work is Design of the technological line of processing of milk.

VKR consists of the explanatory note on \_\_\_\_ sheets of the typewritten text and a graphic part on 5 sheets of the A1 format.

The note consists of introduction, three sections, conclusions and includes \_\_\_\_ drawings, \_\_\_\_ tables. The list of the used literature contains \_\_\_\_ names.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ                                                                         | 7  |
| 1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР                                                    | 8  |
| 2.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ                                                          | 20 |
| 2.1 Тепловой расчет аппарата                                                     | 20 |
| 2.2 Технология переработки молока                                                | 21 |
| 2.3 Подбор технологического оборудования                                         | 25 |
| 2.4 Продуктовый расчет для питьевого молока с м. д. ж.3,2%                       | 27 |
| 3.КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ                                                           | 30 |
| 3.1 Определение габаритов аппарата                                               | 30 |
| 3.2 Конструктивные расчеты                                                       | 31 |
| 3.3 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ                                               | 41 |
| 3.3.1 Основные мероприятия по улучшению охраны труда                             | 41 |
| 3.3.2 Расчет заземляющего устройства                                             | 42 |
| 3.3.3 Разработка инструкции по безопасности труда при использовании<br>смесителя | 43 |
| 3.3.4. Физическая культура на производстве                                       | 44 |
| 3.4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ                                                          | 45 |
| 3.4.1 Расчет технико-экономических показателей эффективности<br>смесителя        | 45 |
| ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ                                                             | 51 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ                                                 | 52 |
| СПЕЦИФИКАЦИИ                                                                     | 53 |

## ВВЕДЕНИЕ

Молоко - продукт питания, наиболее совершенный по своему составу. Ценность молока заключается в идеальной сбалансированности питательных веществ. Молочные продукты играют огромную роль в питании человека, снабжая организм необходимыми для здоровья элементами. Молоко - наименее заменимый продукт, особенно для детского питания.

Молоко различных сельскохозяйственных животных отличается по химическому составу и питательной ценности. Наиболее широко в питании людей используется коровье молоко. В рационе народов различных регионов присутствует также молоко коз, овец, кобылиц, верблюдиц, ослиц, буйволиц, самок зебу, яка, северного оленя.

Молочная промышленность выпускает коровье молоко пастеризованное, стерилизованное, топленое, сгущенное, сухое.

Для перемешивания молочных продуктов применяются несколько способов: пневматический, циркуляционный, статический и механический.

Пневматическое перемешивание имеет ограниченное применение: используется тогда, когда допускается взаимодействие перемешиваемой жидкости с газом.

Интенсивность циркуляционного перемешивания зависит от кратности циркуляции, т. е. отношения подачи циркуляционного насоса к объему жидкости в аппарате. В ряде случаев вместо насосов могут применяться паровые инжекторы.

Все перемешивающие устройства, применяемые в пищевых производствах, можно разделить на три группы: лопастные; турбинные и пропеллерные; специальные — винтовые, шнековые, ленточные, рамные, ножевые и др., служащие для перемешивания пластичных и сыпучих масс.

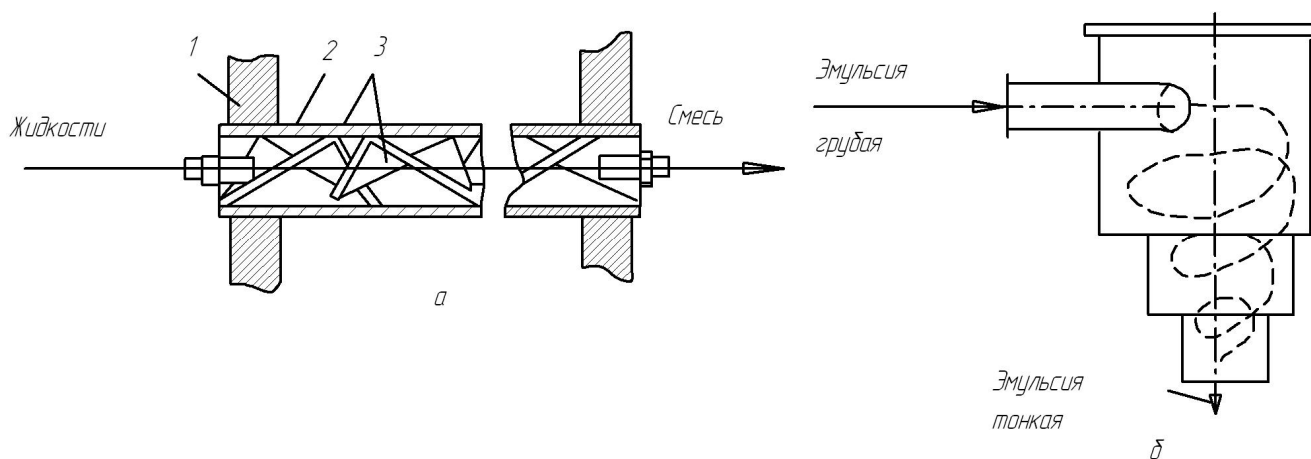
## 1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

Статическое смешивание жидкостей невысокой вязкости, а также газа с жидкостью осуществляется в статических смесителях за счет кинетической энергии смешиваемых компонентов.

Статические смесители устанавливают в трубопроводах перед реактором, или другой аппаратурой, или непосредственно в реакционном аппарате.

Простейшими статическими смесителями являются устройства с винтовыми вставками различной конструкции.

На рисунке 1 представлены конструкции цилиндрических статических смесителей, предназначенных для перемешивания газа и жидкости, с вставными элементами — разнозакрученными пластинами из нержавеющей стали, установленными последовательно встык в корпусе смесителя. Геометрия отдельного элемента определяется углом и направлением закручивания, а также соотношением диаметра и длины. Количество установленных элементов зависит от вязкости, а также от отношения вязкостей смешиваемых жидкостей: чем выше вязкость и различие жидкостей, тем больше устанавливается элементов.



а — цилиндрический с вставными элементами  
(1 — фланец; 2 — корпус; 3 — смешивающие элементы); б — эмульсор

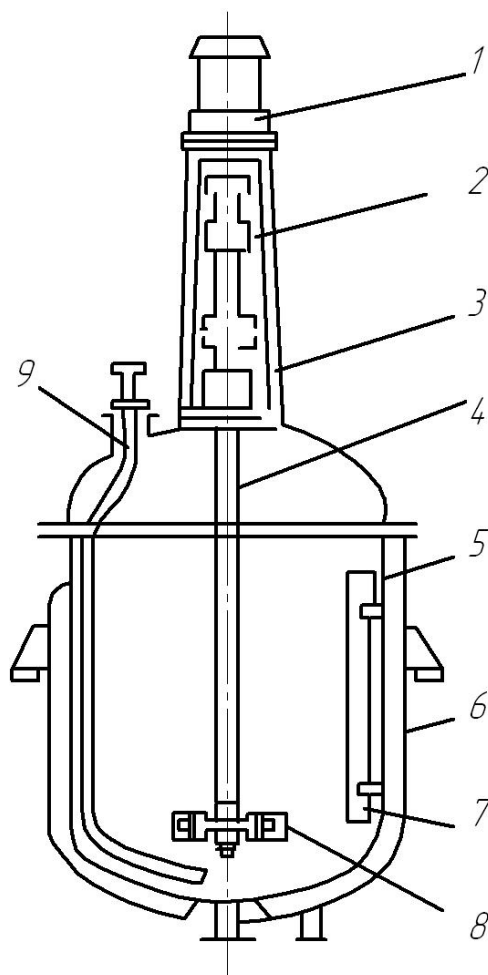
Рисунок 1 - Статические смесители

Статические смесители используются также для получения эмульсий. На рисунок 1 (б) изображен вихревой эмульсор для получения эмульсий жирофосфатидной смеси в обезжиренном молоке (заменитель цельного молока). Он обеспечивает высокую эффективность эмульгирования при давлении 0,30 — 0,36 МПа, прост в из-



готовлении и эксплуатации. Принцип его действия заключается в использовании эффекта центробежной форсунки при каскадном течении жидкости. Получаемая эмульсия с размером частиц до 3 мкм не расслаивается в течение 24 ч.

Основными элементами типового смесителя с перемешивающим устройством (рисунок 2) являются корпус с крышкой, привод и мешалки.



1 — привод; 2 — стойка привода; 3 — уплотнение; 4 — вал; 5 — корпус; 6 — рубашка; 7 — отражательная перегородка;  
8 — мешалка; 9 — труба

Рисунок 2 - Смеситель с мешалкой

Наиболее широко применяется выносной электрический привод вертикальным валом. Бывают также приводы с горизонтальным и боковым расположением вала. Возможно верхнее и нижнее расположение вертикального привода по отношению смесителю.

Вал перемешивающего устройства соединяется с валом редуктора чаще всего продольно-разъемной или зубчатой муфтой. В первом случае опорой вала является подшипник редуктора.

При работе мешалки возникают крутящие колебания вследствие динамических нагрузок на консольный конец вала. Для устранения колебаний и повышения надежности в реакторах обычно устанавливают концевой или промежуточный подшипник.

При перемешивании пластичных масс, в частности в хлебопекарном, макаронном и кондитерском производствах, не только смешиваются различные компоненты, но при этом тесто разминается, насыщается воздухом и приобретает определенные свойства.

Процесс перемешивания проводится в смесителях периодического и непрерывного действия, оборудованных специальными перемешивающими устройствами — рамными, шнековыми ленточными мешалками (рисунок 3). Смесители могут иметь месильное устройство с вертикальной или горизонтальной осью.

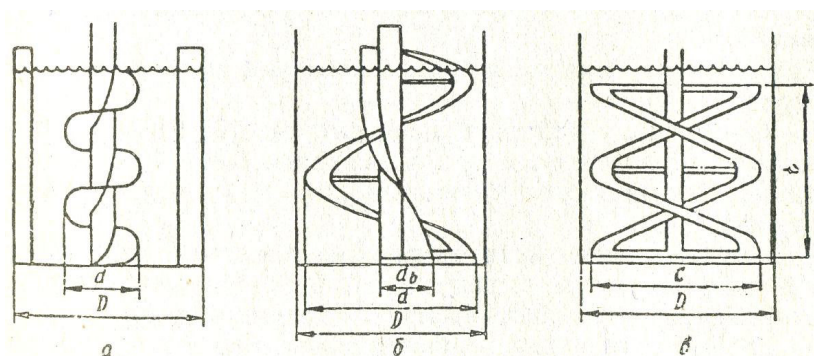


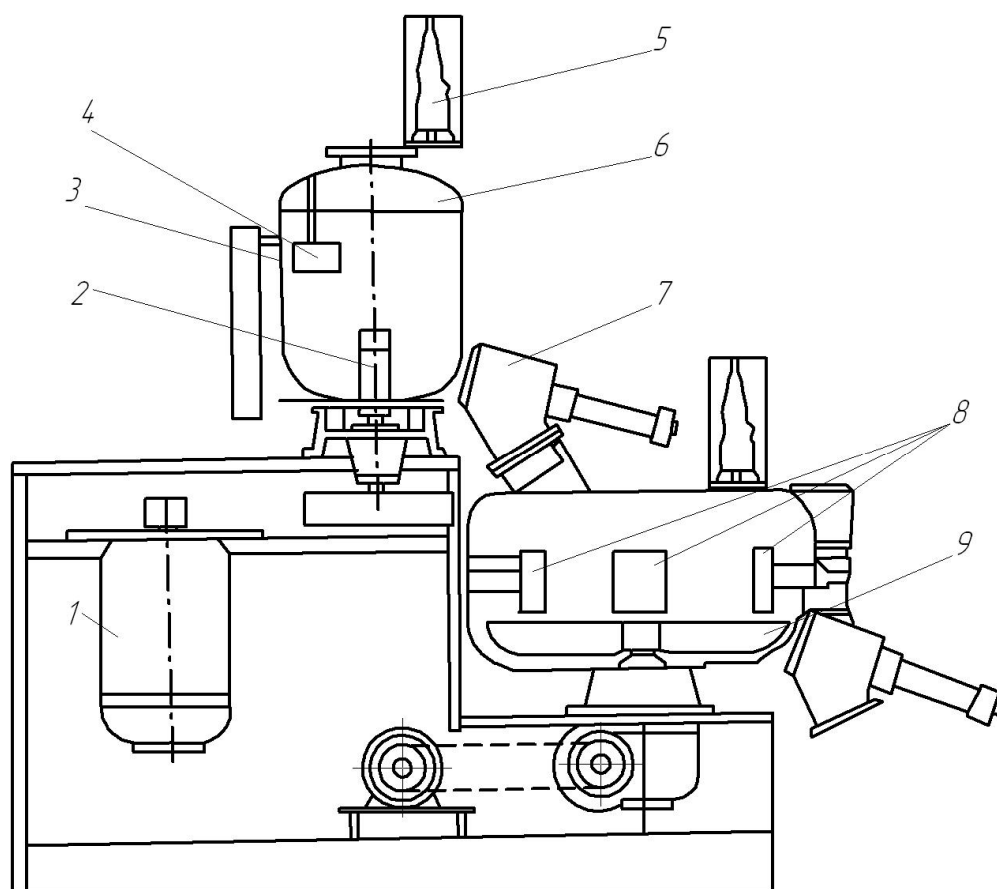
Рисунок 3 - Схемы шнековых (а) и ленточных (б, в) мешалок

Для обработки эластично-упругих масс (пшеничное тесто) в ряде случаев применяют смесители с двумя месильными устройствами, вращающимися навстречу друг другу с различными скоростями.

Для смешивания сыпучих материалов в пищевых производствах используют смесители как работающие в других отраслях промышленности, так и специально сконструированные для смешивания материалов, различающихся гранулометрическим составом плотностью, прочностью, физическим состоянием и другими свойствами.

Общий вид двухступенчатого центробежного турбосмесителя показан на рис. 4. Он применяется для смешивания порошкообразных, вязких и жидких материалов. Первая ступень служит для гомогенизации смеси, а вторая — для ее охлаждения. Для улавливания пыли на крышке установлен рукавный фильтр. В смесителе вращается скоростной комбинированный ротор, состоящий из трехлопастной мешалки и комбинации ножей.

Готовая охлажденная смесь выгружается через нижний затвор, управляемый пневмоцилиндром. Смесительные роторы приводятся во вращение электродвигателями через ременную передачу.



1 — электродвигатель; 2 — ротор; 3 — обогреваемая рубашка; 4 — дефлектор; 5 — фильтр; 6 — поворотная крышка; 7 — передаточное устройство; 8 — охлаждаемые сегменты; 9 — перемешивающее устройство

Рисунок 4 - Комбинированный турбосмеситель

Принцип действия смесителей с псевдооживленным слоем основан на псевдооживлении смешиваемых материалов быстровращающимся ротором (частота вращения рабочего органа смесителей разных моделей и объемов изменяется от 300 до 3000 мин<sup>-1</sup>). При вращении рабочего органа материал отбрасывается к стенке смеси-

теля и перемещается вверх, при этом образуется циркуляционный контур. Восходящий поток материала вдоль стенок препятствует налипанию влажного материала на стенку. Рабочий орган выполнен таким образом, чтобы не образовывались застойные зоны. Его конструкция обеспечивает самоочищение лопаток ротора. Как правило, рабочий орган состоит из 2- или 3-рядных ножевых лопастей, горизонтальных или загнутых вверх.

Тихоходные смесители (ленточные, лопастные, шнековые и с псевдоожиженным слоем) для смешивания сыпучих и влажных материалов имеют цилиндрическую или корытообразную форму и закрываются с торцов и сверху крышками. Внутри корпуса смесителя расположен вал с плоскими ленточными спиральными лопастями, на которых для интенсивного перемешивания материалов сделаны левая и правая навивки. В ленточных смесителях большой вместимости смесительный элемент состоит из четырех лент. Окружная скорость наружной ленты составляет 1,2 м/с. Привод вала осуществляется через клиноременную передачу.

#### Патент №2220765

Изобретение относится к устройствам для непрерывного приготовления смесей сыпучих материалов и может быть использовано в пищевой, химической и других отраслях промышленности. Центробежный смеситель содержит вертикальный конический корпус, приемно-направляющее устройство конической формы, крышку с загрузочными патрубками для подачи исходных материалов, сплошной и полый приводные валы. На этих валах концентрично установлены меньшими основаниями вниз полые тонкостенные усеченные конусы - внешний и внутренний, которые вращаются в противоположных направлениях. Конструкция смесителя предусматривает организацию движения опережающих и пересекающихся разреженных потоков, а также обратную рециркуляцию. Движение опережающих потоков происходит благодаря наличию на поверхности внутреннего конуса двух рядов окон. Обратная рециркуляция обеспечивается путем установки на вершине внешнего конуса торообразного отражателя. Улучшение качества смеси достигается за счет вращения внешнего и внутреннего конусов в противоположных направлениях.

Данная машина имеет отношение к оборудованию непрерывного действия кормовых смесей их сыпучего сырья и может быть применено в различных отраслях не только пищевой, но химической промышленности.

Устройство данной машины (рисунок 5) включает в себя корпус конической формы 1, приёмное распределительное устройство 2, крышки 3, загрузочные патрубки 4, полый вал 5, конус 6, также стоит отметить наличие сплошного вала 7, тонкостенного конуса 8, расположенного на сплошном валу, торообразного отражателя 9, окон отражателя 10, 11, подшипникового узла 12, также устройство машины состоит из клиноременной передачи 13 и электродвигателя 14 для осуществления рабочего процесса, подшипникового узла 15, второй клиноременной передачи 16 и одноступенчатого редуктора 17.

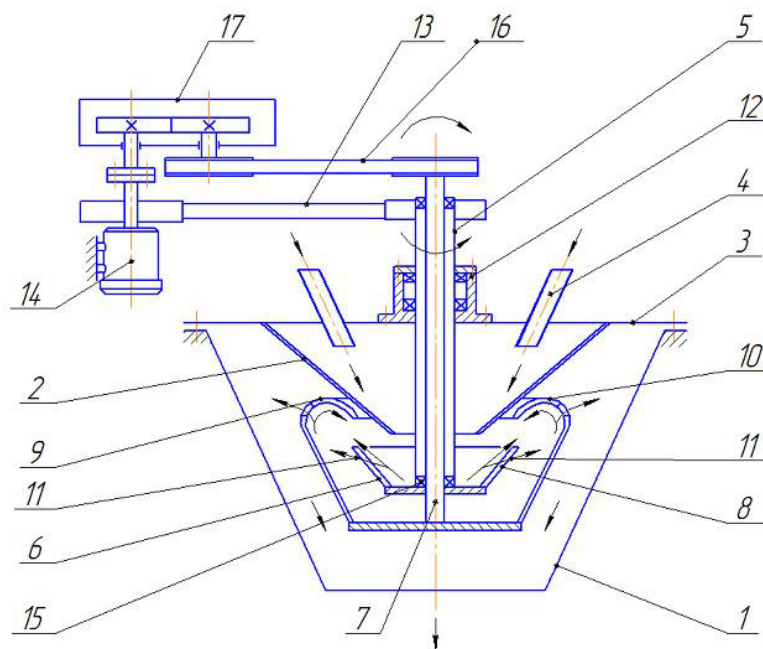


Рисунок 5 – Центробежный смеситель патент №2220765

Центробежный смеситель работает следующим образом.

Сыпучие компоненты дозаторами подаются через загрузочные патрубки 4 и попадают на поверхность приемно-распределительного устройства 2, откуда равномерно сыпаются на основание внутреннего конуса 6, где под действием сил инерции растекаются по его поверхности. При этом траектория потока относительно конуса закручена в сторону, противоположную направлению вращения. Поток, двигаясь по поверхности конуса 6 и достигнув окон 11, делится на части. Одна из них, че-

рез нижний ряд окон, опережающим потоком переходит на внешний конус 8, при этом материал закручивается в обратную сторону. По мере движения потока по внутренней поверхности конуса 8 происходит последовательное наложение и интенсивное перемешивание с потоками, пришедшими через второй ряд окон 11 и с вершины внутреннего конуса 6. Затем суммарная смесь достигает торообразного отражателя 9 и повторно делится на части: одна проходит через окна 10, расположенные на отражателе, а другая возвращается на внутренний конус 6, где накладывается на поток исходных компонентов, поступающих в смеситель. Таким образом, осуществляется внешняя рециркуляция. Смесь, прошедшая через окна отражателя 10, сыпается по коническому корпусу 1 и выводится из смесителя.

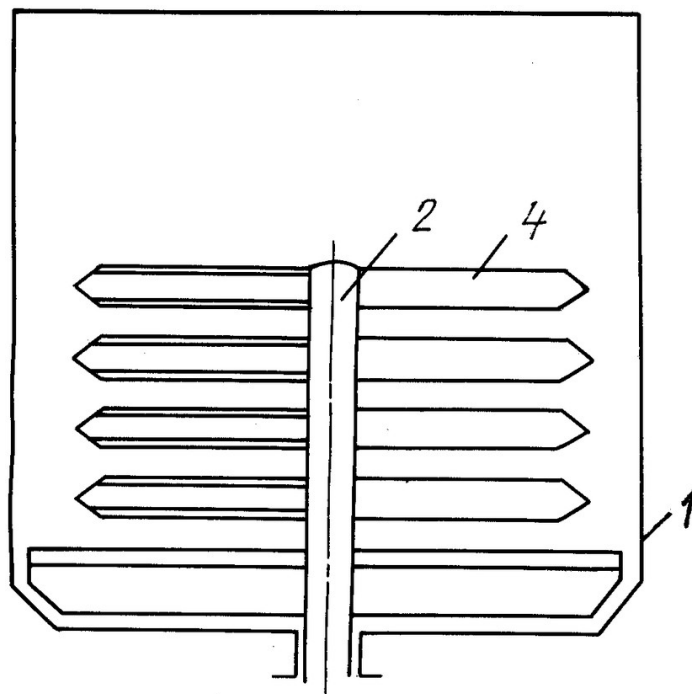
Смеситель работает в оптимальном режиме в случае, если через окна 11, расположенные на поверхности внутреннего конуса 6, проходит 50% входного потока. Это обеспечивается отношением ширины окон к расстоянию между ними, равным 1:2. Относительная ширина окон на торообразном отражателе 9 влияет на величину коэффициента обратной рециркуляции, значение которого должно быть не более 20%. Поэтому ширина окна должна быть в 3-3,5 раза больше расстояния между ними.

Интенсификация процесса смешивания и сглаживание флуктуации входных потоков достигаются за счет перераспределения их по двум конусам с организацией опережающих, перекрещивающихся разреженных потоков материала, а также за счет осуществления обратной рециркуляции в смесителе.

#### Патент №2195361

Изобретение предназначено для перемешивания растворов с газами, в частности с воздухом. Смеситель включает смесительную емкость, приводной вал и перемешивающий рабочий орган с полыми лопастями. Перемешивающий рабочий орган выполнен в виде вала смесителя, установленного без возможности проворота, но с возможностью съема на приводном валу. К валу смесителя на определенном расстоянии друг от друга прикреплены расположенные рядами в виде гребенки лопасти. Каждая лопасть представляет собой в сечении скобообразный профиль с наружной поверхностью, рассекающей раствор, и внутренней поверхностью, обеспе-

чивающей ввод воздуха в раствор. Технический результат, достигаемый с помощью предлагаемого изобретения, это интенсификация процесса перемешивания, обеспечение смешивания материалов с различными физико-механическими свойствами, повышение удобства обслуживания и срока службы смесителя



Фиг. 1

Рисунок 6 –Смеситель патент №2195361

Смеситель содержит смесительную емкость 1 и приводной вал 2, имеющий в сечении пяти- или шестигранник для соединения без возможности проворота с соответствующим внутренним сечением вала 3 смесителя. К валу 3 смесителя рядами в виде гребенки прикреплены лопасти 4 на определенном расстоянии друг от друга. Количество радиально расположенных рядов может варьироваться от двух до шести и более в зависимости от размеров смесителя. Дистанция между боковыми поверхностями лопастей 4 может быть различной, что выбирается на практике в зависимости от вязкости раствора и назначения смесителя.

Расположение приводного вала также может быть вертикальным, горизонтальным или наклонным.

Каждая лопасть 4, прикрепленная более широким торцом к валу 3 смесителя, представляет собой в сечении скобообразный профиль с наружной поверхностью 5,

рассекающей раствор, и внутренней поверхностью 6, обеспечивающей ввод воздуха в раствор (см. фиг.4).

Нижние в ряду лопасти (при вертикальном расположении вала) выполнены полудугами для интенсификации объемного перемешивания и выгрузки раствора (см. фиг.3).

Работает смеситель следующим образом. При вращении приводного вала 2 совместно с валом 3, лопасти 4 своей передней гранью и наружной поверхностью 5 рассекают раствор, а в тыльной части лопастей создается разрежение. Под действием центробежных сил раствор стекает с лопастей в радиальном направлении и создает избыточное давление на стенки смесителя, поднимаясь во вращении по стенкам вверх в зону пониженного давления и возвращаясь по создаваемому воздушному столбу к центру смесительного устройства. Гребенчатая конструкция рабочего органа смесителя в сочетании с данной конфигурацией лопастей обеспечивает прохождение раствора между лопастями в сужающихся каналах и создает дополнительное давление на раствор и турбулентное перемешивание при срыве потока с тыльной части лопасти. Полость 6 внутри лопасти 4 обеспечивает ввод воздуха за счет разрежения, создаваемого при обтекании лопасти раствором.

При горизонтальной или наклонной оси вращения вала 2, а также при поступательном или сложном движении лопастей 4 рабочий процесс обеспечивает разрежение в задних вогнутых частях лопастей для забора и перемешивания воздуха (газа) с раствором, например входа лопастей из газовой среды в раствор с высокой частотой циклов.

Выбор варианта компоновки смесителя и лопастей зависит от области применения, особенностей процесса, состава компонентов и требований к конечному продукту.

Патент №2389686

Измельчитель-смеситель для пищевых продуктов содержит бункер, рабочую камеру, в которую входит узел, содержащий стационарный нож и установленный на приводном валу ротационный нож. Под ротационным ножом на едином с ним валу установлена крыльчатка центробежного насоса, сообщенная с циркуляционным



контуром. Последний включает систему трубопроводов и запорно-распределительную арматуру. Рабочая камера может быть оснащена съемным развихрителем потока обрабатываемого продукта. Это обеспечивает расширение технологических возможностей измельчителя-смесителя, повышение качества получаемого продукта.

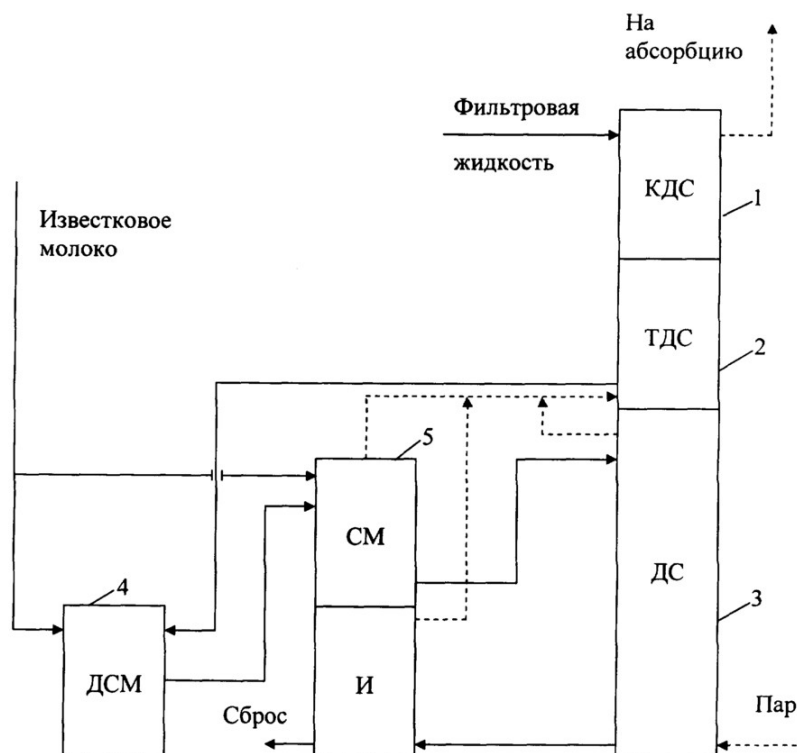


Рисунок 6 – Измельчитель-смеситель патент №2389686

Измельчитель-смеситель содержит корпус 1 с опорами 2, двигатель 3 (например, электродвигатель), бункер 4 со съемным развихрителем потока 5, рабочую камеру 6, в которую входит измельчающий узел, соединенный с приводом от электродвигателя 3, пусковую аппаратуру (не показана). Измельчающий узел выполнен в виде ротационного 7 и стационарного 8 ножей. Рабочая часть ротационного ножа 7 выполнена в виде расположенных по его периферии наклонных пазов с режущими кромками и сквозного клинового паза, взаимодействующих с наклонными пазами стационарного ножа 8.

Под ротационным ножом 7 на одном с ним приводном валу 9 установлена крыльчатка 10, которая вместе с системой трубопроводов и запорно-распределительной аппаратурой входит в циркуляционный контур. Система трубо-

проводов включает в себя выходной патрубок 11, выходящий из рабочей камеры 6. Этот патрубок 11 соединен с тройником 12, один конец которого через шаровой кран 13 соединен с трубопроводом 14, который входит в бункер 4, а через кран 15 - со сливным трубопроводом 16.

Корпус 1 измельчителя-смесителя включает в себя верхнюю 17 и нижнюю 18 опорные плиты. На верхней плите закреплены рабочая камера 6, подшипниковый корпус 19, приводной вал 9, на котором установлен ротационный нож 7. Вал 9 оснащен клиноременным шкивом. К нижней плите 18 крепятся двигатель 3 со шкивом и натяжной ролик.

Для передачи крутящего момента от двигателя 3 к измельчающему узлу служит клиновой ремень.

Измельчитель-смеситель используется для производства различных пищевых продуктов: соевого молока, сгущенного молока, творожной гомонегизированной массы, сливочного масла с различными наполнителями, плавленого сыра, майонеза, овощных и фруктовых паст, гомогенизированных продуктов для детского питания и др.

При производстве соевого молока аппарат выполняет функции диспергатора, экстрактора и эмульгатора.

Сгущенное молоко получают бузвакуумным способом из сухого, цельного или обезжиренного молока, сахара, воды и других добавок. В этом случае аппарат работает как диспергатор и гомогенизатор. Те же функции аппарат выполняет при получении творожной гомогенизированной массы, плавленого сыра, майонеза, овощных и фруктовых пюре и др.

При изготовлении соевого молока размоченную сою загружают в бункер и заливают водой в пропорции 1: 10. Включают привод. Происходит измельчение. Клиновой паз стрижет волокна, а кромки наклонных пазов производят доизмельчение волокон. Одновременно происходит вымывание белка из размоча. При этом открыт циркуляционный кран 13 и закрыт сливной 15, вследствие чего обрабатываемый материал совершает циркуляцию в циркуляционном контуре. С помощью рефрактометра берется проба на содержании белка. При соответствии содержания белка тре-

бованиям открывают кран 15 и сливают полученный продукт для дальнейшей переработки - отделения молока от овары, изготовления сыра и т. д.

Для приготовления майонеза сваренное молоко заливают в бункер 4 при температуре ок. 90°C. Добавляют загуститель - модификацию крахмала. В течение примерно 5 минут циркуляции срабатывает загуститель. В процессе перемешивания и циркуляции добавляют растительное масло, горчицу, уксус. За счет действия кавитационных процессов получается однородная густая масса.

Для приготовления пюре, творога, фруктовой пасты исходный продукт просто измельчают без циркуляции.

Для приготовления сгущенного молока берут сухое молоко, сахар, воду. Безвакуумным способом за счет перемешивания получают мелкодисперсионную смесь.

Устройство позволяет многократно пропускать обрабатываемый материал через измельчающий узел, добиваясь высокой степени диспергации и гомогенизации.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Тепловой расчет аппарата

При теплообмене между греющим паром и жидкостью температура жидкости меняется только во времени и для данного отрезка времени во всех точках объема теплоносителя остается постоянной, а температура насыщенного пара постоянна как по времени так и по поверхности нагрева, поэтому среднюю разность температур можно считать как для установившегося режима.

Температура конденсации пара при давлении 0,25 МПа –  $t_k = 127,4$  °С.

Разности температур в начале и конце процесса.

$$\Delta t_6 = t_k - t_{2H} = 127,4 - 15 = 112,4 \text{ °С}$$

$$\Delta t_m = t_k - t_{2K} = 127,4 - 80 = 47,4 \text{ °С}$$

Так как отношение  $\Delta t_6 / \Delta t_m = 112,4 / 47,4 = 2,37 > 2$ , то

Средняя разность температур:

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / \ln(\Delta t_6 / \Delta t_m) = (112,4 - 47,4) / \ln(112,4 / 47,4) = 75,3 \text{ °С}$$

Средняя температура раствора:

$$t_{2cp} = t_k - \Delta t_{cp} = 127,4 - 75,3 = 52,1 \text{ °С}.$$

Тепловая нагрузка аппарата:

$$Q = Dr = 1,03[G_2 c_2(t_{2K} - t_{2H}) + G_a c_a(t_{aK} - t_{aH}) + G_p c_p(t_{pK} - t_{pH})],$$

где  $D$  – массовый расход греющего пара,

$r = 2181$  кДж/кг – теплота конденсации греющего пара,

$G_2, G_a, G_p$  – масса раствора, аппарата и рубашки,

$c_2, c_a, c_p$  – теплоемкость раствора, материала аппарата и рубашки

$t_{2K}, t_{2H}, t_{aK}, t_{aH}, t_{pK}, t_{pH}$  – начальные и конечные температуры раствора аппарата и рубашки.

Масса раствора:

$$G_2 = V_p \rho_2 = 2 \cdot 1210 = 2420 \text{ кг},$$

где  $\rho_2 = 1210$  кг/м<sup>3</sup> – плотность раствора при  $t_{2cp}$  [2 с. 164].

Масса аппарата

$$G_a = G_o + 2G_d = 496 + 2 \cdot 237 = 970 \text{ кг}$$

где  $G_d = 237 \text{ кг}$  – масса днища [2с.441]

$G_o$  – масса обечайки

$$G_o = 0,785(D_n^2 - D_b^2)H\rho_{ст} = 0,785(1,62^2 - 1,6^2)1,25 \cdot 7850 = 496 \text{ кг}$$

Принимаем массу аппарата с учетом фланцев, штуцеров, мешалки и т.д.  $G_a = 1200 \text{ кг}$ .

Масса рубашки

$$G_p = G_o + G_d = 493 + 266 = 759 \text{ кг}$$

где  $G_d = 266 \text{ кг}$  – масса днища [2с.441]

$$G_o = 0,785(D_n^2 - D_b^2)H\rho_{ст} = 0,785(1,72^2 - 1,7^2)1,17 \cdot 7850 = 493 \text{ кг}$$

$c_2 = 3,28 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$  – теплоемкость раствора [1 с.248]

$c_a = c_p = 0,5 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$  – теплоемкость стали [1с.527].

Принимаем  $t_{2н} = t_{ан} = t_{рн} = 20 \text{ }^\circ\text{С}$  – начальная температура,

$t_{2к} = t_{ак} = 90 \text{ }^\circ\text{С}$  – конечная температура раствора и аппарата,

$t_{рк} = 127 \text{ }^\circ\text{С}$  – конечная температура рубашки.

$$Q = 1,03[2420 \cdot 3,61(80 - 15) + 1200 \cdot 0,5(80 - 15) + 759 \cdot 0,5(127 - 15)] = 668838 \text{ кВт}.$$

Расход греющего пара

$$D = Q/r = 668838/2181 = 306,7 \text{ кг}$$

## 2.2 Технология переработки молока

Молоко на предприятия закупается согласно ГОСТу 13264-88:

Молоко должно быть цельным, свежим и полученным от здоровых коров, иметь чистый, сладковатый вкус и запах, свойственный свежему молоку. Цвет от белого до светло-кремового, без каких-либо цветных пятен и оттенков. По консистенции это однородная жидкость без сгустков белка и комочков жира, без осадка, плотностью не ниже  $1027 \text{ кг/м}^3$ . Не подлежит приемке молока в первые 7 дней после отела и старо дойное молоко за 10-15 дней перед запуском коровы. Не допускается в молоке резко выраженных кормовых привкусов, а также молоко со стойким запахом химикатов и нефтепродуктов с добавлением нейтрализующих веществ, с

остаточным содержанием химических средств защиты растений и животных, а также антибиотиков, с прогорклым, затхлым привкусом, тягучей консистенции. Молоко подразделяется по сортам.

В качественную оценку молока при приемке на заводе входит определение степени чистоты по эталону, бактериальной обсемененности, титруемой кислотности.

Для определения степени чистоты по эталону применяют приборы разнообразной конструкции. По содержанию механических примесей молоко в соответствии с эталоном, предусмотренным ГОСТом, разделяют на три группы: в молоке 1 группы на фильтре отсутствуют частицы механических примесей, 2 - на фильтре обнаруживаются отдельные частицы, 3 - на фильтре имеется заметный осадок частиц механических примесей.

Бактериальную обсемененность молока определяют по редуктазной пробе и относят молоко к одному из 4 классов. К классу 1 относят молоко, содержащее менее 0,5 млн. бактерий в 1 мл. Это хорошее в бактериальном отношении молоко можно использовать в производстве различных молочных продуктов. К классу 2 относят молоко, содержащее до 4 млн. бактерий в 1 мл. в молоке класса 3 содержится до 20 млн. бактерий в 1 мл. молоко класса 4 не принимают заводы молочной промышленности.

Расчеты за сданное молоко проводятся по базисной жирности и содержанию белка соответствующим средним нормам для данного сырья. При приемке проводят также контроль молока на санитарно-биологическое состояние (раз в декаду), на механическую загрязненность, на бактериологическую обсемененность.

Также в качестве сырья для производства пастеризованного молока используют восстановленное и рекомбинированное молоко и их смеси. При выработке пастеризованного восстановленного молока сухие компоненты растворяют в воде при температуре 38...420 С, фильтруют и охлаждают до 5...80 С. С целью набухания белков и достижения требуемой плотности восстановленное молоко выдерживают при температуре охлаждения в течении 3...4 часов.

Технологический процесс состоит из следующих операций:

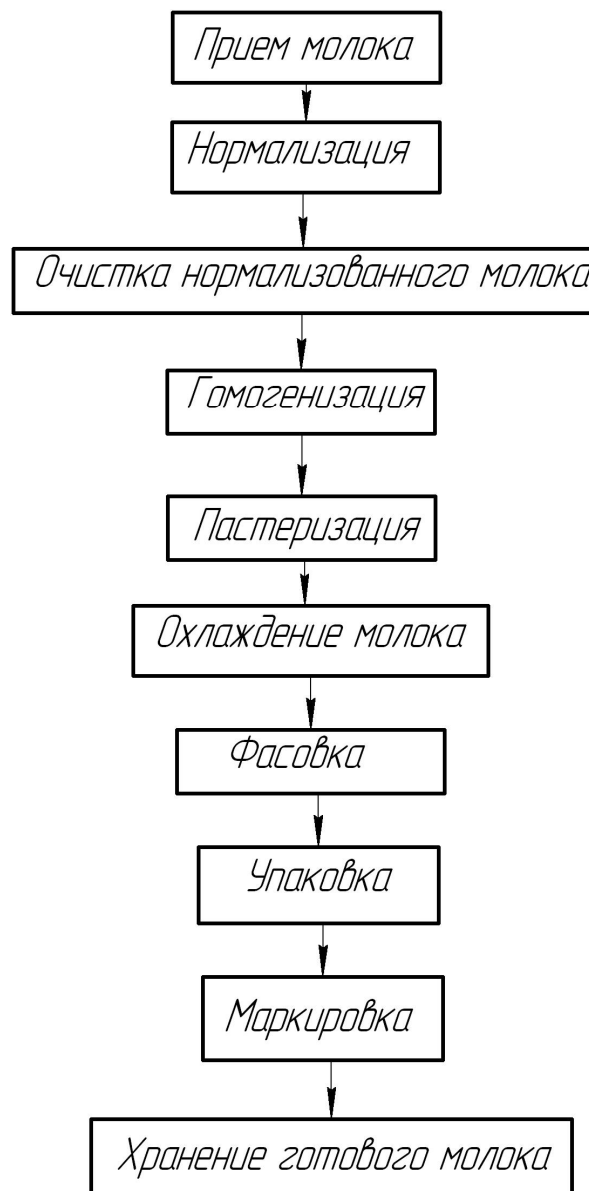


Рисунок 2.1 – Технологическая линия производства питьевого молока

Принятое цельное молоко подвергается подогреву до 40 - 45<sup>0</sup>С и очистке на сепараторах молокоочистителях. Затем молоко нормализуется путем отделения сливок на сепараторах-нормализаторах или путем разделения цельного молока на обезжиренное и сливки в сепараторах-сливкоотделителях с последующим смешением их в нужной пропорции. После этого молоко подогревается до 45...55<sup>0</sup>С и гомогенизируется при давлении 10-15 МПа. Нормализованное и гомогенизированное молоко пастеризуется при 76<sup>0</sup>С с выдержкой 15-20 с. Затем молоко охлаждается до 4-6<sup>0</sup>С. Охлажденное молоко разливается и упаковывается в стеклянную, бумажную или полимерную тару. В отличие от бутылок пакеты используются однократно. При

этом исключается сложный процесс мойки, сокращаются необходимые площади, численность обслуживающего персонала, расход энергии, моющих средств и воды, улучшаются санитарные условия производства. Полимерная тара значительно легче бутылок и поэтому удобна для потребителя и транспортировки. Срок хранения герметично упакованного пастеризованного молока при температуре  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$  составляет 3 сут.

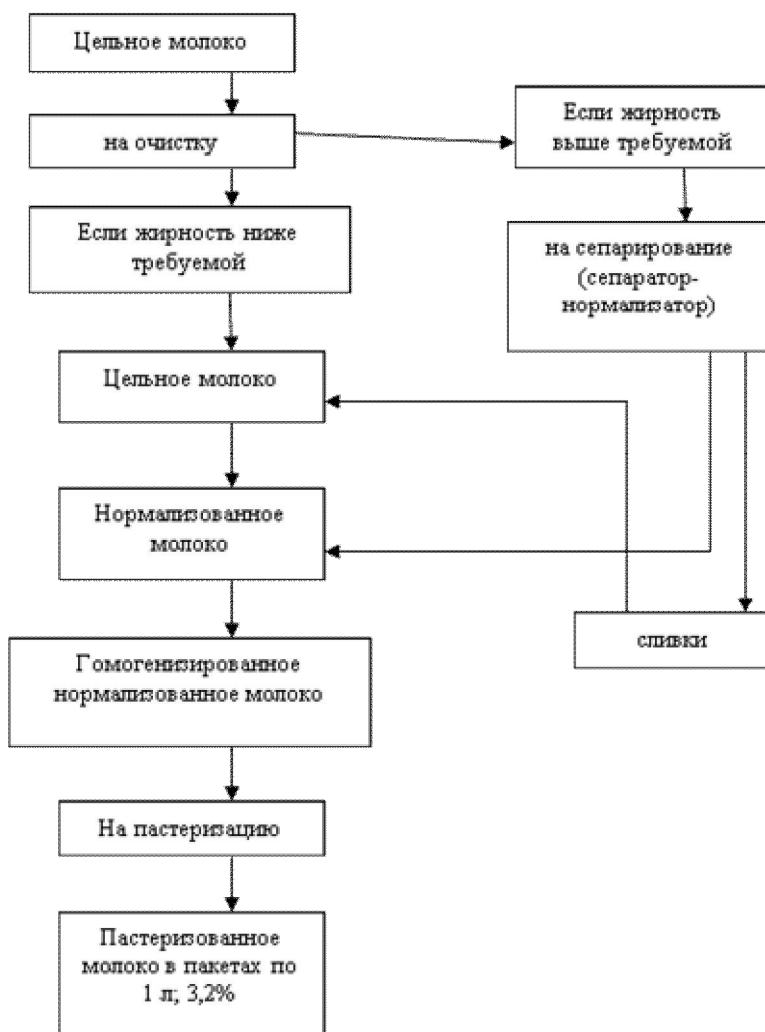


Рисунок 2.2 - Схема направления переработки молока

На молочные предприятия молоко поступает с разным содержанием жира и сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), а в готовом продукте жир и СОМО должны быть в определенном количестве или соотношении. В связи с этим необходима нормализация сырья.

Нормализация - это регулирование состава сырья для получения готового продукта, отвечающего требованиям стандарта.



При нормализации исходного (цельного) молока по жиру могут быть два варианта: жира в цельном молоке больше, чем требуется в производстве, и жира в цельном молоке меньше, чем требуется. В первом варианте жир частично отбирают путем сепарирования или к исходному молоку добавляют обезжиренное молоко. Во втором варианте для повышения жирности исходного молока добавляют к нему сливки. Массы сливок и обезжиренного молока, необходимых для добавления к исходному молоку, рассчитывают по уравнениям материального баланса, который можно составить для любой составной части молока.

Один из простейших способов нормализации по жиру - нормализация путем смешивания в емкости рассчитанных количеств нормализуемого молока и нормализующего компонента (сливок или обезжиренного молока). Нормализующий компонент добавляют при тщательном перемешивании смеси в емкости.

Нормализацию смешиванием можно осуществить в потоке (рис.2, а), когда непрерывный поток нормализуемого молока смешивается в определенном соотношении с потоком нормализующего продукта.

## 2.3 Подбор технологического оборудования

Приемное отделение.

Мощность молочного предприятия составляет 1200 кг в смену. Согласно нормам технологического проектирования, при данной мощности завода предусматривается приемка молока в 1 смены, не менее 2 часов в смену.

Часовая производительность оборудования определяется по формуле:

$$Q = Mm/t = 1210/2 = 605 \text{ кг/ч}$$

где  $Mm$ -масса молока в смену, кг;

$t$ - время приемки молока, ч.

Для приемки заданного количества молока предусматривается насос центробежный Г2-ОПА (6 м<sup>3</sup>/ч) и пластинчатый охладитель одноконтурный для молока ОП-1000М (1000 л/ч)

Для промежуточного хранения сырого молока в соответствии с ВНТП вместимость резервуаров должна составить 100% от суточного поступления. В связи с этим предусматривается 1 резервуар вместимостью 2 м<sup>3</sup> РМ-В-2.

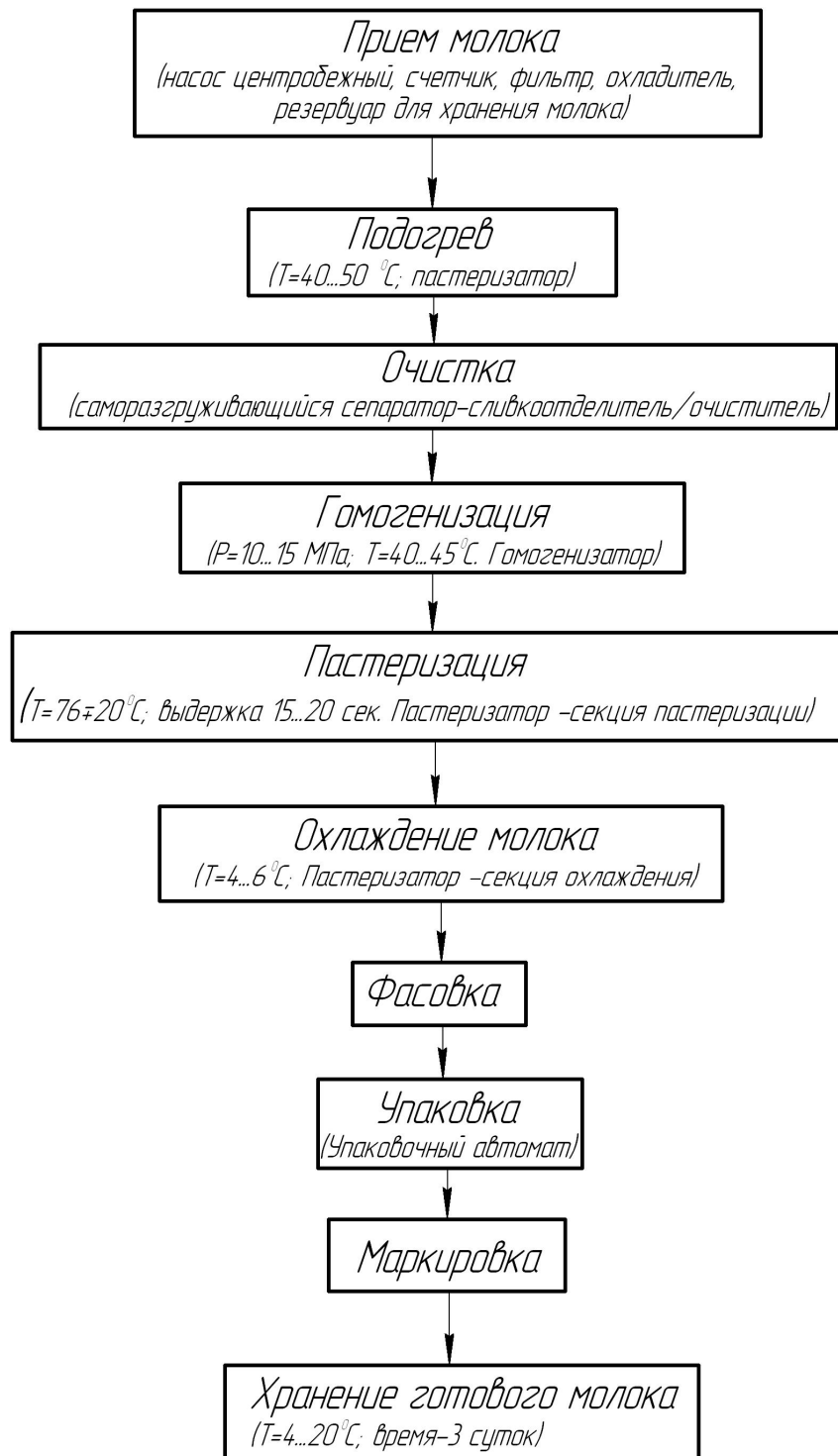


Рисунок 2.3 - Схема производства пастеризованного молока с м. д. ж.3,2%

Аппаратное отделение

Для проведения пастеризации молока, согласно продуктовому расчету, удобна установка марки ПМР-0,2Вт. Она обеспечит необходимые режимы. Время эффективной работы установки 6 часов.

$$1210/6 = 201,66 \text{ кг/ч}$$

Таким образом, предусматривается пастеризационно-охладительная установка производительностью 1200 л/ч ПМР-0,2Вт.

Время ее работы при производстве молока пастеризованного составляет:

$$1210/1200 = 1,008 \text{ ч}$$

Сепаратор-сливкоотделитель\очиститель и гомогенизатор целесообразно подобрать такой производительности, как и пастеризатор. Выбираем саморазгружающийся сепаратор-сливкоотделитель ОСЦП-1,5М (1200 л/ч) и гомогенизатор П8-ГМ-1,25/20 (1,25 м<sup>3</sup>/ч).

Отделение розлива

В этом отделении предусмотрим емкость для хранения пастеризованного молока до розлива РМ-В-2 (2м<sup>3</sup>). Насос Г2-ОПА (6 м<sup>3</sup>/ч). Автомат фасовочно-упаковочный РТ-УМ-21-Ж для упаковки готового продукта в 1 литровые пакеты, производительностью до 50 упаковок в минуту. Время его работы составит

$$1200/50 = 24 \text{ мин}$$

#### *2.4 Продуктовый расчет для питьевого молока с м. д. ж.3,2%*

Масса готового продукта (М<sub>гп</sub>) равна 1200 кг. Молоко поступает жирностью 3,5%. По массе готового продукта определяем массу нормализованного молока (М<sub>н</sub>) с учетом предельно допустимых потерь молока при приемке, обработке и фасовке:

$$M_n = \frac{M_{гп} \cdot P}{1000} \quad (2.1)$$

где: М<sub>н</sub> - масса нормализованного молока, кг;

М<sub>гп</sub> - масса готового продукта, кг

Р - норма расхода нормализованного молока на 1 т продукта, кг/т (Р=1008,6)

$$M_n = \frac{1200 \cdot 1008,6}{1000} = 1210,32 \text{ кг}$$

Массовую долю жира в нормализованном молоке рассчитываем по формуле:

$$Ж_{Н} = Ж_{ГП} + 0,05, \quad (2.2)$$

где,  $Ж_{Н}$  - жир нормализованного молока, %

$Ж_{ГП}$  - жир готового продукта, %

$$Ж_{Н} = 3,2 + 0,05 = 3,25\%$$

Определяем вариант нормализации:

$$Ж_{Н} = 3,25\% < Ж_{Ц} = 3,5\%$$

Расчет масс компонентов нормализации (цельное молоко и. обезжиренное молоко) выполняем по следующим формулам.

Определяем сколько требуется цельного молока:

$$M_{Ц} = \frac{M_{Н} \cdot (Ж_{Н} - Ж_{О})}{(Ж_{Ц} - Ж_{О})} \quad (2.3)$$

где,  $M_{Ц}$  - масса цельного молока, кг;

$Ж_{Ц}$  - жир цельного молока, %

$Ж_{О}$  - жир обезжиренного молока.

$$M_{Ц} = \frac{1210,32 \cdot (3,25 - 0,05)}{(3,5 - 0,05)} = 1122,6 \text{ кг}$$

$$M_{О} = \frac{M_{Н} \cdot (Ж_{Ц} - Ж_{Н})}{(Ж_{Ц} - Ж_{О})} \quad (2.4)$$

$$M_{О} = \frac{1210,32 \cdot (3,5 - 3,25)}{(3,5 - 0,05)} = 87,7 \text{ кг, проверка: } M_{Н} = M_{Ц} + M_{О}$$

$$1122,6 + 87,7 = 1210,3 \text{ (кг)}$$

Массу обезжиренного молока получаем сепарированием цельного молока.

Расчеты выполняем по формулам:

$$M_{Ц} = \frac{M_{О} \cdot (Ж_{С} - Ж_{О})}{(Ж_{С} - Ж_{Ц})} \cdot \frac{100}{100 - П_3}, \quad (3.5)$$

где  $Ж_{С}$  - жир сливок 30%;

$П_3$  - потери обезжиренного молока при получении на заводе ( $П_3 = 0,4$ ).

$$M_{Ц} = \frac{87,7 \cdot (30 - 0,05)}{(30 - 3,5)} \cdot \frac{100}{100 - 0,4} = 99,5 \text{ кг}$$

$$M_{С} = \frac{M_{Ц} \cdot (Ж_{Ц} - Ж_{О})}{(Ж_{С} - Ж_{О})} \cdot \frac{100 - П_2}{100}, \quad (2.6)$$

где  $П_2$  - потери обезжиренного молока при его получении на заводе ( $П_2 = 0,27$ ).

$$M_c = \frac{99,5 \cdot (3,5 - 0,05)}{(30 - 0,05)} \cdot \frac{100 - 0,27}{100} = 11,42 \text{ кг}$$

11,42 кг- остаток сливок от производства питьевого молока с м. д. ж.3,2%.

Результаты продуктового расчета приведены в таблице 4.

Таблица 2.1 - Таблица продуктового расчета

| Продукты                 | Затрачено, кг             |                   |                        | Получено             |
|--------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
|                          | Нормализованное<br>молоко | в том числе       |                        | Готового<br>продукта |
|                          |                           | Цельное<br>молоко | Обезжиренное<br>молоко |                      |
| Молоко с м.<br>д. ж.3,2% | 1210,32                   | 1122,6            | 87,7                   | 1200                 |

При производстве пастеризованного молока у нас осталось:

Сливки с м. д. ж. 30% -11,42 кг

Оставшуюся продукцию целесообразней отдавать хозяйствам поставляющим молоко-сырье. А они используют в своих целях, для выпойки животных. Между хозяйством и заводом происходит обмен.

### 3 КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Определение габаритов аппарата

Полный объем аппарата:

$$V_{\text{п}} = V_{\text{р}}/\varphi = 2,0/0,7 = 2,86 \text{ м}^3,$$

где  $\varphi = 0,70$  – коэффициент заполнения аппарата [3 с. 26].

Принимаем по ГОСТ 9931-61 аппарат с эллиптическим отбортованным днищем номинальной емкостью 3,2 м<sup>3</sup>:

- внутренний диаметр 1600 мм;
- высота цилиндрической части – 1250 мм;
- общая высота – 1675 мм.
- толщина стенки 10 мм.

Принимаем по ОН-26-01-74-68 рубашку диаметром 1700 мм с поверхностью теплообмена 8,5 м<sup>2</sup> и высотой 1595 мм.

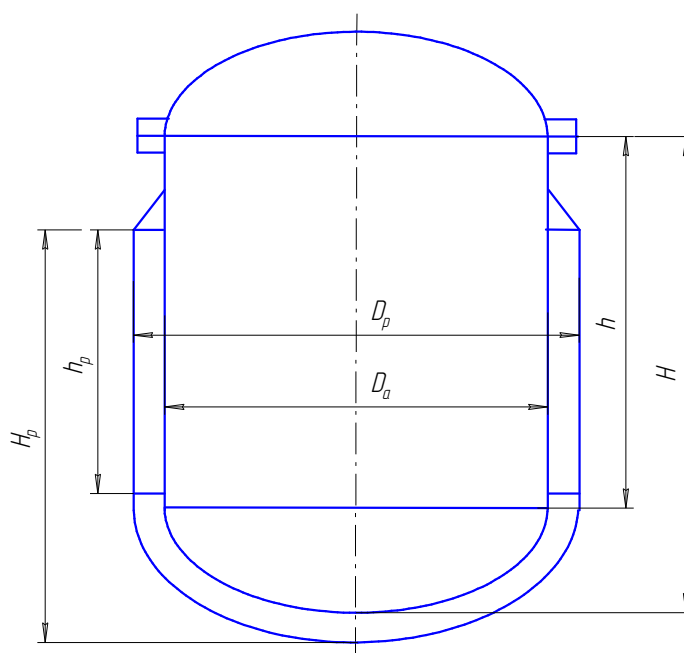


Рисунок 3.1 – Схема аппарата

|           |      |                |         |      |                                    |       |         |    |
|-----------|------|----------------|---------|------|------------------------------------|-------|---------|----|
|           |      |                |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ |       |         |    |
|           |      |                |         |      | Лопастной смеситель                |       |         |    |
|           |      |                |         |      |                                    |       |         |    |
|           |      |                |         |      |                                    |       |         |    |
|           |      |                |         |      |                                    |       |         |    |
| Изм.      | Лист | № докум.       | Подпись | Дата |                                    |       |         |    |
| Разраб.   |      | Нпгыллуин А.   |         |      |                                    |       |         |    |
| Провер.   |      | Лцшнов М.А.    |         |      |                                    |       |         |    |
| Т. Контр. |      |                |         |      |                                    |       |         |    |
| Реценз.   |      |                |         |      |                                    |       |         |    |
| Н. Контр. |      | Лцшнов М.А.    |         |      |                                    |       |         |    |
| Утверд.   |      | Халиуллин Д.Т. |         |      |                                    |       |         |    |
|           |      |                |         |      | Лит.                               | Масса | Масштаб |    |
|           |      |                |         |      |                                    | -     | -       |    |
|           |      |                |         |      | Лист                               | 1     | Листов  | 11 |
|           |      |                |         |      | Каз. ГАУ каф. МОА 244 группа       |       |         |    |

### 3.2 Конструктивные расчеты

#### 3.2.1 Расчет перемешивающего устройства

Выбираем двухлопастную мешалку

Геометрические размеры мешалки [1с.525]

$$H/d = 3; D/d_m = 3; h/d_m = 0,33$$

Диаметр мешалки:

$$d_m = D_B/3 = 1,6/3 = 0,53 \text{ м}, \quad (3.1)$$

принимаем  $d_m = 0,50 \text{ м}$ .

Ширина мешалки:

$$b = 0,1d_m = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ м}. \quad (3.2)$$

Рекомендуемое значение окружной скорости  $w = 1,5 \div 5 \text{ м/с}$ ,

принимаем  $w = 4 \text{ м/с}$ .

Число оборотов мешалки:

$$n = w/\pi d_m = 4/\pi \cdot 0,5 = 2,55 \text{ с}^{-1}. \quad (3.3)$$

Критерий Рейнольдса:

$$Re = \rho n d_m^2 / \mu = 1210 \cdot 2,55 \cdot 0,5^2 / 2,72 \cdot 10^{-3} = 283594 \quad (3.4)$$

где  $\mu = 2,72 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$  – вязкость раствора [3с.94].

Критерий мощности

$$K = c/Re^m = 6,80/283594^{0,20} = 0,55 \quad (3.5)$$

где  $c = 6,80$ ;  $m = 0,20$  – вспомогательные коэффициенты

Мощность, потребляемая мешалкой при установившемся режиме:

$$N = K \rho n^3 d^5 = 0,55 \cdot 1210 \cdot 2,55^3 \cdot 0,5^5 = 346 \text{ Вт}. \quad (3.6)$$

#### 3.2.2 Расчет времени нагрева

Коэффициент теплоотдачи от пара к стенке:

$$\alpha_1 = a^4 \sqrt{\frac{\lambda_1^3 \rho_1^2 r g}{\mu_1 \Delta t_1 H}}, \quad (3.7)$$

где  $a = 1,15$  – для вертикальной поверхности,

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                                    | 2    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    |      |

$\lambda_1 = 0,684 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  – теплопроводность конденсата [1 с.537],

$\rho_1 = 937 \text{ кг/м}^3$  – плотность конденсата,

$\mu_1 = 0,22\cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$  – вязкость конденсата,

$\Delta t_1 = 5 \text{ }^\circ\text{С}$  – в первом приближении,

$H = 1,1$  – высота вертикальной поверхности конденсации.

$$\alpha_1 = 1,15[0,684^3 \cdot 937^2 \cdot 2181000 \cdot 9,8 / (0,22 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 1,1)]^{0,25} = 9652 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}.$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки к раствору.

Критерий Нуссельта

$$Nu = C Re^m Pr^{0,33} (\mu/\mu_{ст})^{0,14}, \quad (3.8)$$

где  $Pr = 14,6$  – критерий Прандтля,

$(\mu/\mu_{ст})^{0,14} = 1$  – в первом приближении,

для аппаратов с рубашками  $C = 0,36$ ;  $m = 0,67$

$$Nu = 0,36 \cdot 283594^{0,67} \cdot 14,6^{0,33} = 3925,$$

$$\alpha_2 = Nu \lambda_2 / D = 3925 \cdot 0,668 / 1,6 = 1639 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}, \quad (3.9)$$

где  $\lambda_2 = 0,668 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  – теплопроводность раствора.

Тепловое сопротивление стенки:

$$\sum \left( \frac{\delta}{\lambda} \right) = \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + r_1 + r_2, \quad (3.10)$$

где  $\delta_{ст} = 0,010 \text{ м}$  – толщина стенки;

$\lambda_{ст} = 17,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  – теплопроводность нержавеющей стали [1 с.529];

$r_1 = r_2 = 1/5600 \text{ м}\cdot\text{К/Вт}$  – тепловое сопротивление загрязнений стенок;

$$\sum (\delta/\lambda) = 0,010/17,5 + 1/5600 + 1/5600 = 9,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}\cdot\text{К/Вт}.$$

Коэффициент теплопередачи:

$$K = 1/(1/\alpha_1 + \sum (\delta/\lambda) + 1/\alpha_2), \quad (3.11)$$

$$K = 1/(1/9652 + 9,3 \cdot 10^{-4} + 1/1639) = 608 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}.$$

Температуры стенки:

$$t_{ст1} = t_{ср1} - K \Delta t_{ср} / \alpha_1 = 127,4 - 608 \cdot 75,3 / 9652 = 122,7 \text{ }^\circ\text{С}, \quad (3.12)$$

$$\Delta t_1 = t_k - t_{ст1} = 127,4 - 122,7 = 4,7 \text{ }^\circ\text{С} \quad (3.13)$$

$$\alpha_1 = 9652 (5/4,7)^{0,25} = 9802 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}.$$

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                                    | 3    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    |      |



$$t_{ст2} = t_{ср2} + K\Delta t_{ср}/\alpha_2 = 37,1 + 608 \cdot 75,3/1639 = 65,0 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (3.14)$$

$\mu_{ст} = 1,48 \cdot 10^{-3}$  Па·с – вязкость раствора при  $t_{ст2}$

$$\alpha_2 = 1639(2,72/1,48)^{0,14} = 1785 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Уточняем коэффициент теплопередачи:

$$K = 1/(1/9802 + 9,3 \cdot 10^{-4} + 1/1785) = 628 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Температуры стенки:

$$t_{ст1} = 127,4 - 628 \cdot 75,3/9802 = 122,6 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$t_{ст2} = 37,1 + 628 \cdot 75,3/1785 = 63,6 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Полученные значения близки к ранее принятым и дальнейших уточнений не требуется.

Время нагрева раствора:

$$\tau = Q/K\Delta t_{ср}F = 668838 \cdot 10^3/628 \cdot 75,3 \cdot 8,5 = 1664 \text{ с} = 27,7 \text{ мин}. \quad (3.15)$$

### 3.2.3 Расчет толщины обечайки рубашки

$$\delta = DP/2\sigma\varphi + C_k, \quad (3.16)$$

где  $D = 1,7$  м – внутренний диаметр обечайки;

$P = 0,25$  МПа – давление в аппарате;

$\sigma = 138 \text{ МН/м}^2$  – допускаемое напряжение для стали [2 с.76];

$\varphi = 0,8$  – коэффициент ослабления из-за сварного шва [2 с.77];

$C_k = 0,001$  м – поправка на коррозию.

$$\delta = 1,70 \cdot 0,25/2 \cdot 138 \cdot 0,8 + 0,001 = 0,004 \text{ м}.$$

Принимаем согласно рекомендациям [4с.24] толщину обечайки  $\delta=10$  мм.

### 3.2.4 Расчет толщины днища

Наибольшее распространение в химическом машиностроении получили эллиптические отбортованные днища по ГОСТ 6533 – 78 [3 с.25], толщина стенки днища  $\delta_1 = \delta = 8$  мм.

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 4    |

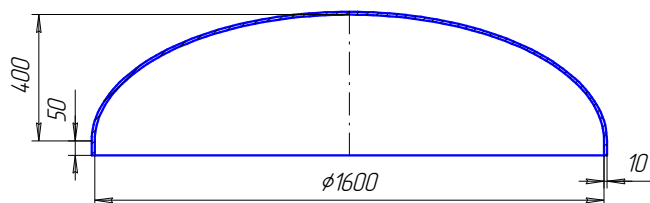


Рисунок 3.2 – Днище корпуса

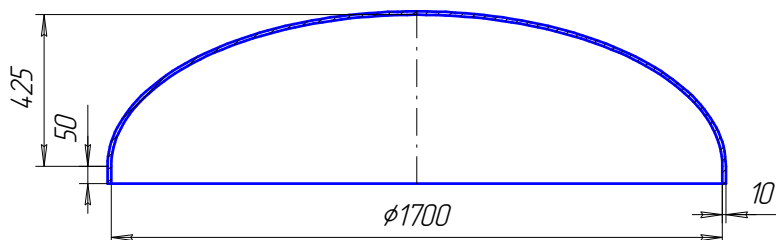


Рисунок 3.3 - Днище рубашки

### 3.2.5 Расчет толщины штуцера

Диаметр штуцеров рассчитывается по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{G}{0,785w\rho}}, \quad (3.17)$$

где  $G$  – массовый расход теплоносителя,

$\rho$  - плотность теплоносителя,

$w$  – скорость движения теплоносителя в штуцере.

Принимаем скорость жидкости в штуцере  $w = 1,0$  м/с, скорость пара в штуцере 15 м/с.

Массовый расход пара

$$G_1 = 306,7/1664 = 0,184 \text{ кг/с}$$

диаметр штуцера для входа пара:

$$d_{1,2} = (0,184/0,785 \cdot 15 \cdot 1,39)^{0,5} = 0,106 \text{ м,}$$

принимаем  $d_1 = 100$  мм;

диаметр штуцера для выхода конденсата:

$$d_{1,2} = (0,184/0,785 \cdot 1 \cdot 934)^{0,5} = 0,016 \text{ м,}$$

принимаем  $d_2 = 25$  мм;

Принимаем время загрузки раствора 10 мин = 600 с, тогда

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                                    | 5    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    |      |

диаметр штуцера для входа и выхода раствора:

$$d_{3,4} = (2420/600 \cdot 0,785 \cdot 1,0 \cdot 1210)^{0,5} = 0,065 \text{ м},$$

принимаем  $d_{3,4} = 65 \text{ мм}$ .

Диаметр технологического люка принимаем равным 300 мм.

Все штуцера снабжаются плоскими приварными фланцами по ГОСТ 12820-80, конструкция и размеры которых приводятся ниже:

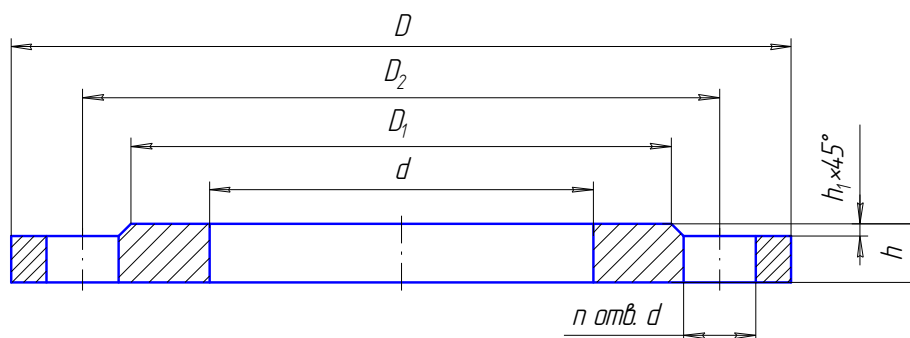


Рисунок 3.4 - Фланец штуцера

| $d_{\text{усл}}$ | D   | $D_2$ | $D_1$ | h  | n  | d  |
|------------------|-----|-------|-------|----|----|----|
| 25               | 100 | 75    | 60    | 12 | 4  | 11 |
| 65               | 160 | 130   | 110   | 14 | 4  | 14 |
| 100              | 205 | 170   | 148   | 14 | 4  | 18 |
| 300              | 435 | 395   | 365   | 22 | 12 | 22 |

### 3.2.6 Расчет опоры аппарата

Максимальная масса аппарата:

$$G_{\text{max}} = G_a + G_p + G_b = 1200 + 759 + 3200 = 5159 \text{ кг} \quad (3.18)$$

где  $G_b$  – масса воды заполняющей аппарат.

$$G_b = V_n \rho_b = 3,2 \cdot 1000 = 3200 \text{ кг}. \quad (3.19)$$

Принимаем, что аппарат установлен на четырех опорах, тогда нагрузка приходящаяся на одну опору:

$$G_{\text{оп}} = 0,051/4 = 0,013 \text{ МН}$$

По [4 с.673] выбираем опору с допускаемой нагрузкой 0,025 МН.

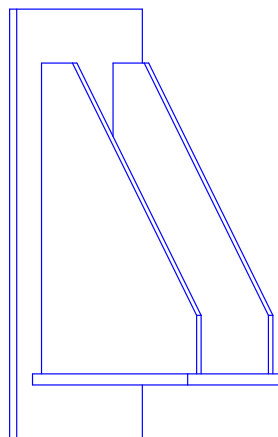


Рисунок 3.5 - Опора аппарата

### 3.2.7 Расчет тепловой изоляции

Принимаем температуру наружной поверхности стенки  $t_{ст.в} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температуру окружающего воздуха  $t_{в} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тогда толщина стекловолокнистой изоляции:

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из}(t_{ли} - t_{ст.в})}{\alpha_{с}(t_{ст.в} - t_{с})}, \quad (3.20)$$

где  $\lambda_{из} = 0,09\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала,

$\alpha_{в}$  – коэффициент теплоотдачи от наружной стенки корпуса в окружающую среду

$$\alpha_{в} = 8,4 + 0,06\Delta t_{в} = 8,4 + 0,06 \cdot 22 = 9,72\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}, \quad (3.21)$$

где  $\Delta t_{в} = t_{ст.в} - t_{в} = 40 - 18 = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

$$\delta_{из} = 0,09(127 - 40) / [9,72(40 - 18)] = 0,037\text{ м.}$$

Принимаем толщину тепловой изоляции 40 мм.

### 3.2.8 Определение мощности и подбор мотор – редуктора

$$N'_{д}(1 + C_0) \frac{Q}{367 * \eta_{пр}}, \quad (3.22)$$

где  $N'_{д}$  – расчетная мощность двигателя, кВт;

$c_0$  – коэффициент сопротивления при прохождении семян через уплотнительный диск,  $c_0 = 3800 \dots 4600$ , [5];

$\eta_{пр}$  – КПД привода, принимаем  $\eta_{пр} = 0,85$ , [6].

$$N'_{д} = (1 + 4200) * 500 / (367 * 0,85) = 6733\text{ Вт.}$$

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 7    |

Мотор – редуктор подбирают по требуемой мощности с учетом конструктивных параметров.

Берем мотор – редуктор МПз2-80 с электродвигателем 4А132S4РЗ, [6].

$N_D = 7,5 \text{ кВт}$ ;  $n_D = 1450 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n_{BV} = 18 \text{ мин}^{-1}$ ;  $T_{MP} = 1700 \text{ Нм}$ ;  $d = 70 \text{ мм}$ , [6].

### 3.2.9 Подбор муфт

Муфту подбирают по передаваемому крутящему моменту с учетом диаметров соединяемых валов.

На рисунке 3.2 представлена упругая муфта с торообразной оболочкой по “Мультикросс”.

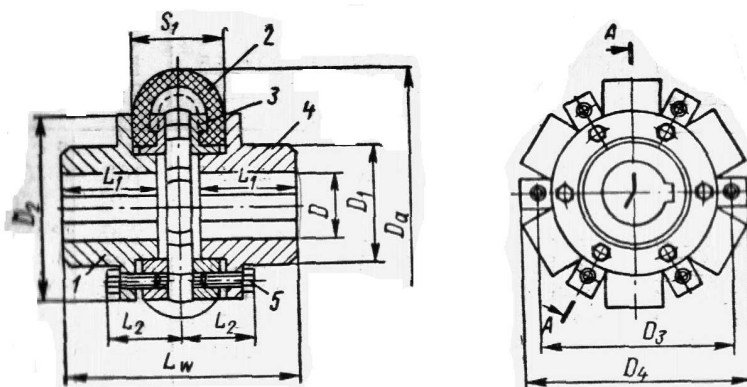


Рисунок 3.2 – Упругая муфта с торообразной оболочкой “Мультикросс”

Эти муфты применяются для соединения валов и передачи крутящих моментов от электродвигателей. Они смягчают удары посредством упругих элементов, компенсируют небольшие перекосы валов (до  $1^\circ$ ) и несоосности валов не более 0,5 мм.

$$T'_M \geq K_M * T, \quad (3.23)$$

где  $T_M$  – максимальный момент передаваемой муфтой, Нм;

$K_M$  – коэффициент запаса прочности,  $K_M = 1,5 \dots 2$ , [7].

$T$  – крутящий момент передаваемой муфтой, Нм.

$$T'_M = 1,5 * 1700 = 2550 \text{ Нм}.$$

Берем упругую муфту с торообразной оболочкой “Мультикросс”:

$$T_M = 2650 \text{ Нм};$$

|      |      |        |         |      |                                    |      |
|------|------|--------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |        |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № док. | Подпись | Дата |                                    | 8    |

$d_M = 40 \dots 110 \text{ мм}$ , [7].

### 3.2.10 Приближенный расчет валов

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi[\tau]}}, \quad (3.24)$$

где  $d_{\text{в}}$  – диаметр вала, мм;

$T$  – крутящий момент на валу,  $T = 1700000 \text{ Нмм}$ , [6] ;

$[\tau]$  – допускаемое касательное напряжение,  $[\tau] = 20 \text{ МПа}$ , [6].

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 1700000}{3,14 * 20}} = 67,83 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр вала  $d_{\text{в}} = 70 \text{ мм}$ .

### 3.2.11 Расчет шпонки вала шнека под муфту

$$l_p = \frac{2000T}{d(h - t_1)[\sigma]_{\text{см}}}, \quad (3.25)$$

где  $l_p$  – рабочая длина шпонки, мм;

$h$  – высота шпонки,  $h = 12 \text{ мм}$ , [6];

$b$  – ширина шпонки,  $b = 20 \text{ мм}$ , [6];

$t_1$  – глубина паза втулки,  $t_1 = 4,9 \text{ мм}$ , [6];

$[\sigma]_{\text{см}}$  – допускаемое напряжение смятия,  $[\sigma]_{\text{см}} = 350 \text{ МПа}$ , [6].

$$l_p = \frac{2000 * 1900}{70(12 - 4,9) * 350} = 31,1, \text{ мм}.$$

$$l \geq l_p + b, \quad (3.26)$$

где  $l$  – полная длина шпонки, мм.

$$l = 31,1 + 20 = 51,1 \text{ мм}.$$

Принимаем: Шпонка 20 x 12 x 70 ГОСТ 23360-78.

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 9    |

### 3.2.12 Расчет долговечности радиально-упорного подшипника

Подшипники подбирают по конструктивным параметрам с учетом нагрузки, действующей на них.

Для опор вала применяем шариковые радиально - упорные подшипники № 46216 ГОСТ 831-75 со следующими параметрами, [8]:

|                                                 |                        |
|-------------------------------------------------|------------------------|
| Внутренний диаметр                              | $d = 80 \text{ мм};$   |
| Наружный диаметр                                | $D = 140 \text{ мм};$  |
| Ширина подшипника                               | $B = 26 \text{ мм};$   |
| Грузоподъемность динамическая                   | $C = 87,9 \text{ кН};$ |
| Грузоподъемность статическая                    | $C_0 = 60 \text{ кН}.$ |
| Ресурс подшипника определяется по формуле, [8]: |                        |

$$L_h = \frac{10^6}{60 n} \left( \frac{C}{P} \right)^3, \quad (3.27)$$

где  $L_h$  – ресурс подшипника, ч;

$n$  – частота вращения вала,  $n = 18 \text{ мин}^{-1}$ ];

$P$  – эквивалентная сила действующая на подшипник, Н;

$C$  - динамическая грузоподъемность подшипника,  $C = 87900 \text{ Н}$ , [8];

Эквивалентная сила, действующая на подшипник определяется по формуле, [8]:

$$P = (X V F_r + Y F_a) K_B K_T, \quad (3.28)$$

где  $X$  – коэффициент, учитывающий действие радиальной силы на подшипник,  $X=1$ , [8];

$Y$  – коэффициент, учитывающий действие осевой силы на подшипник,  $Y=0,6$ , [8];

$V$  – коэффициент, учитывающий какое кольцо подшипника вращается,  $V=1$ , [8];

$K_B$  – коэффициент безопасности,  $K_B = 1,2$ , [8];

$K_T$  – коэффициент, учитывающий температуру подшипника при работе,  $K_T=1,1$ , [14];

$F_r$  – радиальная сила действующая на подшипник  $F_r \approx 2000 \text{ Н}$ ;

$F_a$  – осевая сила, действующая на подшипник,  $F_a \approx 2900 \text{ Н}$ .

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 10   |

$$P = (1 \cdot 1 \cdot 2000 + 0,6 \cdot 2900) \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 4937 \text{ Н.}$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 18} \left( \frac{87900}{4937} \right)^3 = 38379 \text{ ч.}$$

Данный ресурс удовлетворяет техническим требованиям, предъявляемым к конструкции экструдера семян.

### 3.2.13 Определение диаметра стяжных болтов

Диаметр стяжных болтов определяется с учетом нагрузки действующей на них по формуле.

$$d \geq \sqrt[3]{2 \cdot T_6} \quad (3.29)$$

где  $T_6$  – нагрузка действующая на болт,  $T_6 \approx 420 \text{ Н.}$

$$d \geq \sqrt[3]{2 \cdot 420} = 9,44 \text{ мм}$$

Принимаем болт М12 ГОСТ 7798-70.

### 3.2.14 Выбор и расчет элементов корпуса

Корпус изготавливают из листовой стали 12ХН10Т.

Толщина обечайки, мм:

$$S \geq S_R + C, \quad (3.30)$$

где  $S_R$  – расчетная толщина стенки, мм;

$C$  – прибавка на коррозию, мм,  $C=5$  [2].

$$S_R = \frac{PD_B}{2[\sigma]\varphi - P}, \quad (3.31)$$

где  $P$  – давление в аппарате,  $P=1 \text{ МПа}$  [11];

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение стали,  $[\sigma] = 100 \text{ МПа}$  [10];

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий прочность сварного шва,  $\varphi = 0,5$  [10].

$$S_R = \frac{1 \cdot 260}{2 \cdot 100 \cdot 0,5 - 1} = 2,6 \text{ мм}$$

$$S \geq 2,6 + 5 = 7,6 \text{ мм}$$

Принимаем толщину корпуса 10 мм.

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 11   |



### 3.3 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

#### 3.3.1 Основные мероприятия по улучшению охраны труда

##### 3.3.1.1 План организационных мероприятий

1. Внедрение системы трехступенчатого контроля.

Ответственный: руководитель хозяйства.

2. Проведение аттестации руководителя участка.

Ответственный: специалист по ТБ и руководитель.

3. Приобретение литературы, необходимой для безопасности труда в производстве.

Ответственный: специалист по ТБ.

4. Оформление уголков безопасности труда.

Ответственный: механик.

##### 3.3.1.2 План мероприятий для совершенствования условий труда

1. Отметка предупредительными знаками опасных и взрывчатых веществ.

Ответственный: механик.

2. Приобретение спецодежды и средств защиты кладовщику.

Ответственный: снабженец.

3. Проверка технического состояния инвентаря.

Ответственный: механик.

4. Разработка и установка вентиляции в помещении склада.

Ответственный: инженер по ТО и ТР.

5. Внедрение системы оптимально-доступного режима работы и отдыха.

Ответственный: специалист по ТБ.

##### 3.3.2 Расчет заземляющего устройства

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 12   |

Расчет заземления проводим в соответствии с заданием, где указано на наличие возле фермы заземляющего устройства сопротивлением  $R_{ez} = 4 \text{ Ом}$ . В таком случае расчет выполняем для дополнительного заземлителя с целью надежности его защитного действия, так как в соответствии с ПУЭ его величина не должна превышать 4 Ом.

Сопротивление заземлителя с дополнением  $R_e$  к уже имеющемуся сопротивлению естественного заземлителя  $R_{ez} = 4 \text{ Ом}$ :

$$R_3 = \frac{R_e \cdot R_{ez}}{R_e + R_{ez}} \quad (3.22)$$

Сопротивление  $R_e$  определяем [14] по формуле

$$R_e = 0,366 \frac{\rho}{l} \left( \ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4h+l}{4h-l} \right), \quad (3.23)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта (принимаем 100 Ом);

$l$  и  $d$  – длина и толщина заземлителя (берем соответственно 3м и 0,05 м);

$h$  – глубина залегания заземлителя (примем 4м).

Тогда 
$$R_e = 0,366 \frac{100}{3} \left( \lg \frac{2 \cdot 3}{0,05} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 4 + 3}{4 \cdot 4 - 3} \right) = 20,3 \text{ Ом}$$

Число дополнительных заземлителей

$$n = \frac{R_e \cdot K_c}{R_{ez} \cdot \eta_{\text{э}}}, \quad (3.24)$$

где  $K_c$  – коэффициент сезонности (принимаем 1,1);

$\eta_{\text{э}}$  – коэффициент использования заземлителей (берем 0,6).

Следовательно,

$$n = \frac{20,3 \cdot 1,1}{10 \cdot 0,6} = 4 \text{ стержня.}$$

Сопротивление заземлителя из 4 –х стержней

$$R_E = R_e / 4 = 20,3 / 4 = 5,075 \text{ Ом.}$$

Сопротивление модернизированного заземлителя

$$R_3 = \frac{R_E \cdot R_{ez}}{R_E + R_{ez}}; \quad (3.25)$$

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 13   |

$$R_3 = \frac{5,075 \cdot 4}{5,075 + 4} = 2,2 \text{ Ом.}$$

Сопротивление заземлителя оказалось меньше 4 Ом, что удовлетворяет требованиям ПУЭ.

### *3.3.3 Разработка инструкции по безопасности труда при использовании смесителя*

#### *3.3.3.1 Общие требования безопасности*

1. К работе допускаются лица, прошедшие вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте, обладающие практическими навыками безопасности выполнения работ и в возрасте не моложе 18 лет.

2. Во время работы слесарь может подвергаться воздействию опасных и вредных производственных факторов (повышенная температура, загрязненность, загазованность, вибрация).

3. Наличие теплой воды в комнате отдыха.

4. Начальник участка несет ответственность за обеспечение всей пожарной безопасности.

#### *3.3.3.2 Требования безопасности перед началом работы*

1. Получение наряда;

2. Наличие спецодежды;

3. Проверка состояния и исправности приспособлений и инструментов.

#### *3.3.3.3 Требования безопасности во время работы*

1. Осторожное обращение с устройством и соблюдение его устойчивости.

2. Проверка устройства на герметичность.

3. Проверка заземления данного приспособления.

#### *3.3.3.4 Требования безопасности в аварийных ситуациях и экстренных случаях*

1. Оказание первой медицинской помощи пострадавшим лицам.

2. Сообщение начальнику участка или мастеру о случившемся. Исполнение его указаний, а затем срочное устранение аварии.

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 14   |

### 3.3.3.5 Требования безопасности по окончании работ

1. Приведение рабочего места в порядок.
2. Выполнение личной гигиены.

Согласовано:

Разработал: Насыбуллин А.А.

специалист по ОТ:

представитель профсоюза:

### 3.3.4 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда.

Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                                    | 15   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    |      |

### 3.4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИИ

#### 3.4.1 Расчет технико-экономических показателей эффективности смесителя

##### 3.4.1.1 Расчеты массы и балансовой стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле, [2]:

$$G = (G_K + G_G) \cdot K, \quad (3.26)$$

где  $G_K$  – масса конструкции без покупных деталей и узлов. Принимаем на основании расчета массы сконструированных деталей;

$G_G$  – масса готовых деталей, узлов и агрегатов.

Принимаем  $G_G \approx 650$  кг;

$K$  – коэффициент учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ( $K = 1,05 \dots 1,15$ ).

$$G = (1459,5 + 6500) \cdot 1,12 = 2359 \text{ кг.}$$

Принимаем массу конструкции проектируемой установки  $G = 2360$  кг.

Балансовая стоимость конструкции определяется по формуле:

$$C_6 = (G_K \cdot (C_3 \cdot E + C_M) + C_{ПД}) \cdot K_{НАЧ}, \quad (3.27)$$

где  $G_K$  – масса конструкции без покупных деталей и узлов;

$C_3$  – издержки производства приходящиеся на 1 кг. массы конструкции, руб, ( $C_3 = 0,02 \dots 0,15$ ), [2] ;

$E$  – коэффициент изменения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска, руб;

$C_M$  – затраты на материалы приходящиеся на 1 кг массы машины,  $C_M = 50$  руб/кг;

$C_{ПД}$  – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб;

$K_{НАЧ}$  – коэффициент учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости,  $K_{НАЧ} = 1,15 \dots 1,4$ , [2].

$$C_6 = (1459,5 \cdot (0,11 \cdot 1,2 + 50) + 75400) \cdot 1,3 = 251760 \text{ руб.}$$

##### 3.4.1.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 16   |

Для сравнения выбираем смеситель производительностью ( $W_{\text{ч}}$ ) по выпаренной влаги равным 200 кг/час. При проектировании сушильной установки устанавливаем производительность ( $W_{\text{ч}}$ ) по выпаренной влаги равным 100 кг/час.

В таблице 3.1 представлены технико-экономические показатели проектируемой и существующей конструкций.

Таблица 3.1 – Техничко-экономические показателей конструкций

| Наименование                             | Варианты  |               |
|------------------------------------------|-----------|---------------|
|                                          | Ис-ходный | Проектируемой |
| Масса, кг                                | 3500      | 2360          |
| Балансовая, руб.                         | 550000    | 251760        |
| Потребляемая мощность, кВт               | 15        | 9             |
| Количество обслуживающего персонала, чел | 3         | 1             |
| Разряд работы                            | III       | III           |
| Средняя тарифная ставка, руб/чел.ч.      | 100       | 100           |
| Норма амортизации, %                     | 10        | 10            |
| Норма затрат на ремонт и ТО, %           | 10        | 10            |
| Годовая загрузка, ч                      | 1500      | 1500          |
| Срок службы, лет                         | 10        | 10            |
| Часовая производительность, кг/час       | 90        | 50            |

При расчетах показатели базового варианта обозначим индексом  $X_0$ , а проектируемого  $X_1$ .

Расчет технико-экономических показателей по обоим вариантам проводится по следующим формулам[2].

Часовая производительность установки определяется по формуле:

$$W_{\text{ч}} = 60 \frac{t}{T_{\text{ч}}} , \quad (3.28)$$

Принимаем часовую производительность  $W_{\text{ч}} = 50$  л/ч.

Металлоемкость конструкции:

$$M_e = \frac{G_1}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}} , \quad (3.29)$$

где  $M_{e1}$ ,  $M_{e0}$  – металлоемкость проектируемой и существующих конструкции, кг/кг;

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                                    | 17   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    |      |

$G_1, G_0$  – масса проектируемой и существующей конструкции, кг;

$W_{ч1}, W_{ч0}$  – часовая производительность;

$T_{год}$  – годовая загрузка, час;

$T_{сл}$  – срок службы, лет.

$$M_{e1} = 2360 / (50 \cdot 1500 \cdot 10) = 0,028 \text{ кг/л};$$

$$M_{e0} = 3500 / (90 \cdot 1500 \cdot 10) = 0,0026 \text{ кг/л}.$$

Фондоемкость процесса:

$$F_e = \frac{C_{\delta}}{W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (3.30)$$

где  $C_{\delta1}, C_{\delta0}$  – балансовая стоимость проектируемой и существующих конструкции, руб.;

$$F_{e1} = 251760 / (50 \cdot 1500) = 3,36 \text{ руб/л};$$

$$F_{e0} = 550000 / (90 \cdot 1500) = 4,81 \text{ руб/л}.$$

Энергоемкость процесса:

$$\mathfrak{E}_e = \frac{N_e}{W_{ч}}, \quad (3.31)$$

где  $\mathfrak{E}_{e1}, \mathfrak{E}_{e0}$  – энергоемкость проектируемой и существующей конструкции, кВт·ч/кг;

$N_{e1}, N_{e0}$  – мощность электродвигателя, кВт;

$$\mathfrak{E}_{e1} = 9 / 50 = 0,18 \text{ кВт·ч/л};$$

$$\mathfrak{E}_{e0} = 15 / 90 = 0,17 \text{ кВт·ч/л}.$$

Трудоемкость процесса:

$$T_{ei} = \frac{n_{pi}}{W_{чi}}, \quad (3.32)$$

где  $n_p$  – количество обслуживающего персонала, чел.

$$T_{e1} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ чел·ч/л};$$

$$T_{e0} = \frac{3}{90} = 0,03 \text{ чел·ч/л}.$$

Себестоимость работы:

$$S = C_{зн} + C_{\mathfrak{E}} + C_{pmo} + A, \quad (3.33)$$

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 18   |

где  $C_{зп1}, C_{зп0}$  – затраты на оплату труда обслуживающему персоналу, руб/л.

$C_{э1}, C_{э0}$  – затраты на электроэнергию, руб/л;

$C_{рто1}, C_{рто0}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/;

$A_1, A_0$  – амортизационные отчисления, руб/л.

Затраты на оплату труда определяются из выражения:

$$C_{зп} = z \cdot T_e, \quad (3.34)$$

где  $z$  – часовая ставка рабочих, начисляемая по среднему разряду, руб/ч.

Согласно данным производства:  $z = 100$  руб/ч.

$$C_{зп1} = 100 \cdot 0,02 = 2 \text{ руб/л};$$

$$C_{зп0} = 10 \cdot 0,03 = 3 \text{ руб/л}.$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$C_{э} = Э \cdot Ц_{э}; \quad (3.35)$$

где  $Ц_{э}$  – комплексная цена электроэнергии, ( $Ц_{э} = 2,57$  руб/кВт).

$$C_{э1} = 0,18 \cdot 2,57 = 0,47 \text{ руб/л};$$

$$C_{э0} = 0,17 \cdot 2,57 = 0,43 \text{ руб/л}.$$

Затраты на ремонт и ТО определяют из выражения:

$$C_{рто} = \frac{C_{б} \cdot N_{рто}}{100 \cdot W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (3.36)$$

где  $N_{рто1}, N_{рто0}$  – норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

$$C_{рто1} = 251760 \cdot 10 / (100 \cdot 50 \cdot 1500) = 0,34 \text{ руб/л};$$

$$C_{рто0} = 550000 \cdot 10 / (100 \cdot 90 \cdot 1500) = 0,48 \text{ руб/л}.$$

Затраты на амортизацию определяют из выражения:

$$A_i = \frac{C_{б_i} \cdot a_i}{100 \cdot W_{ч0} \cdot T_{год i}}; \quad (3.37)$$

где  $a_1, a_0$  – норма амортизации, % ,

$$A_1 = 251760 \cdot 10 / (100 \cdot 50 \cdot 1500) = 0,34 \text{ руб/л};$$

$$A_0 = 550000 \cdot 10 / (100 \cdot 90 \cdot 1500) = 0,48 \text{ руб/л}.$$

Отсюда,

$$S_{эксн1} = 2 + 0,47 + 0,34 + 0,34 = 3,15 \text{ руб/л};$$

$$S_{эксн0} = 3 + 0,43 + 0,48 + 0,48 = 4,72 \text{ руб/л}.$$

|      |      |          |         |      |                                    |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.174.18.ЛП.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                    | 19   |



Приведенные затраты определяются из выражения:

$$C_{np} = S_1 + E_H \cdot F_e \quad (3.38)$$

где  $E_H$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений,  $E_H = 0,15$ .

$$C_{np1} = 3,15 + (0,15 \cdot 3,36) = 3,65 \text{ руб/л};$$

$$C_{np0} = 4,72 + (0,15 \cdot 4,81) = 5,44 \text{ руб/л}.$$

Годовая экономия в рублях определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{год} = (S_0 - S_1) \cdot W_{ч1} \cdot T_{год}, \quad (3.39)$$

$$\mathcal{E}_{год} = (4,72 - 3,15) \cdot 50 \cdot 1500 = 117750 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_{год} = \mathcal{E}_{год} - E_H \cdot \Delta K, \quad (3.40)$$

где  $\Delta K$  - дополнительные капитальные вложения,  $\Delta K = 3,36 \text{ руб/л}$ .

$$E_{год} = 117750 - 0,15 \cdot 3,36 = 117749,5 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C_{б1}}{\mathcal{E}_{год}}, \quad (3.41)$$

$$T_{ок} = 251760 / 117750 = 2,1 \text{ года.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяется по формуле:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_{б1}}, \quad (3.42)$$

$$E_{эф} = 117750 / 251760 = 0,5.$$

Таблица 3.2 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций

| Наименование показателей                                      | Варианты |          |
|---------------------------------------------------------------|----------|----------|
|                                                               | Исходный | Проект   |
| Производительность кг/ч                                       | 50       | 90       |
| Фондоемкость, руб/л                                           | 4,81     | 3,36     |
| Энергоемкость, кВт/л                                          | 0,18     | 0,17     |
| Металлоемкость, кг/л                                          | 0,028    | 0,026    |
| Трудоемкость, чел/ч/л                                         | 0,03     | 0,02     |
| Уровень эксплуатационных затрат, руб/л                        | 4,72     | 3,15     |
| Приведенные затраты, руб/л                                    | 5,44     | 3,65     |
| Годовая экономия, руб.                                        | –        | 117750   |
| Годовой экономический эффект, руб.                            |          | 117749,5 |
| Срок окупаемости капитальных вложений, лет.                   | –        | 2,1      |
| Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений | –        | 0,5      |

Вывод. Проектируемый нами конструкция по теоретическим расчетам является экономически эффективным, так как срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составляет  $2,1 < 10$  лет.

## ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В результате выполнения ВКР проведен литературно-патентный обзор смесителей молока. Охарактеризовать сырье и готовую продукцию. Выбрали и проанализировали технологию производства молока. Сделали технологические расчеты. Рассчитали и выбрали технологическое оборудование. В разделе конструкторской разработки произвели расчет смесительного аппарата. Сделали обоснования и расчет конструкционного совершенствования.

Проанализировали вредные факторы переработки молока. Разработали меры безопасности при работе технологического оборудования.

Рассчитали технико-экономическую эффективность аппарата. Срок окупаемости затрат составляет около 2.1 года.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипов С.Т. Ученик XXI век «Машины и аппараты пищевых производств» - М. «Высшая школа», 2001 г.
2. Антипов, С. Т. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 2: Учеб. для вузов/ И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В. А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 680 с.: ил.
3. Бредихин С. А., Технология и техника переработки молока /Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н./ - М.: Колос, 2003. – 400с.: ил
4. Булгариев, Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных работ квалификационных работ / Г.Г. Булгариев, Р.К Абдрахманов, А.Р. Валиев – Казань, 2009.
5. Гальперин Д. М. «Оборудование молочных предприятий, монтаж, накладка, ремонт» - М. «Агропромиздат» 1990 г.
6. Золотин Ю.П. «Оборудование предприятий молочной промышленности»/ Золотин Ю.П., Френклах М.В., Ламутина М.Г/ - М. «Агропромиздат» 2005г.
7. Сурков В.Д.,. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности /Липатов Н.Н., Золотин Ю.П./ - М.: Легкая и пищевая промышленность, 2003. - 432 с.
8. Соколов В. И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: Учебник для вузов по специальности «Машины и аппараты пищевых производств». – М.: Машиностроение, 1983. – 447 с., ил.
9. Твердохлеб Г. В., Технология молока и молочных продуктов/ З. Х. Диланян, Л. В. Чекулаева, Г. Г. Шилер. – М.: Агропромиздат, 1991. – 463 с.: ил.
10. Теплофизические свойства газов, растворителей и растворов солей. Справочник /Сост. Е.М.Шадрина и др. Иваново. 2004.
11. Шалыгина Г.А. «Технология молока и молочных продуктов» -М. 1993г.
12. Патент №22220765 РФ, М.пк. 7 А01К 5/00, – Оpubл. 15.03.2005 Бюл. №3.
13. Патент №2195361 РФ, М.пк. 7 А01К 5/00, – Оpubл. 15.08.2000 Бюл. №39.
14. Патент №2389686 РФ, М.пк. 7 А01К 5/00, – Оpubл. 15.08.2000 Бюл. №39.

# СПЕЦИФИКАЦИИ