

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление «Агроинженерия»

Профиль Технологическое оборудование для хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции

Кафедра Машин и оборудования в агробизнесе

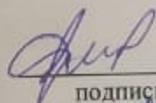
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: Совершенствование технологии производства сыра с разработкой
сыродельной ванны

Шифр ВКР 35.03.06.085.20. ПЗ

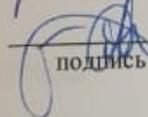
Выполнил студент группы Б261-04


подпись

Фаттахов М.Р.

Ф.И.О.

Руководитель к.т.н., доцент
ученое звание

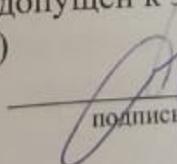

подпись

Дмитриев А.В.

Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 12 от 17.06.2020 г.)

Зав. кафедрой к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Халиуллин Д.Т.

Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

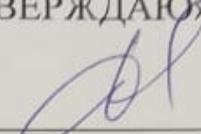
Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление Агроинженерия

Профиль Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

«УТВЕРЖДАЮ»


Зав. кафедрой
Хонимов Ф.А.

« 24 » апреля 20 20 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Фаттахову Мусе Рафилевичу

Тема ВКР Совершенствование технологии производства сыра с разработкой сыродельной ванны

утверждена приказом по вузу от «22» мая 2020 г. №178

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 18.06.2020 г.

3. Исходные данные

1. Материалы преддипломной практики;
2. Научно-техническая и справочная литература
3. Патенты сортировочных машин.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Литературно-патентный обзор по теме ВКР
2. Технологическая часть;
3. Конструкторская часть.

5. Перечень графических материалов

1. План кормоцеха;
2. Технологическая схема;

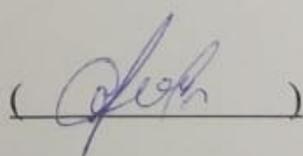
3. Анализ существующих конструкций;
4. Сборочный чертеж;
5. Рабочие чертежи.
6. Консультанты по ВКР

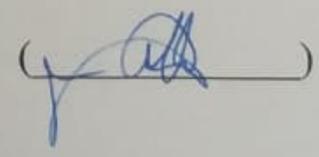
Раздел (подраздел)	Консультант

7. Дата выдачи задания 25.04.2020 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Литературно-патентный обзор	09.05.20	100%
2	Технологическая часть	20.05.20	100%
3	Конструкторская часть	10.06.20	100%

Студент Фаттахов М.Р. ()

Руководитель ВКР к.т.н., доцент Дмитриев А.В. ()

Аннотация

На выпускную квалификационную работу Фаттахова Мусы Рафильевича на тему «Совершенствование технологии производства сыра с разработкой сыродельной ванны».

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 64 листах машинописного текста, включающую 3 таблицы, 7 рисунков. Библиографический список содержит 19 наименований. Графическая часть проекта выполнена на 6 листах формата А1.

Пояснительная записка состоит из введения, трех разделов, заключения и списка использованной литературы.

В первом разделе приведен обзор существующих технологий производства сыров и анализ конструкций сыродельных ванн.

Во втором разделе обоснована и разработана технологическая линия производства сыра, проведен продуктовый расчет, а также проведен подбор оборудования.

В третьем разделе дана конструкторская разработка новой сыродельной ванны, ее эскизы и проведен конструктивный расчет. Определена экономическая эффективность конструкторской разработки, срок окупаемости оборудования, разработаны мероприятия санитарии, техники безопасности, пожарной безопасности. Также представлена информация об экологичности проекта.

Содержание

стр

Введение.....	
1 Литературно-патентный обзор	
1.1 Обзор существующих технологий производства сыров.....	
1.2 Обзор существующих конструкций сыроплавителей.....	
2 Технологическая часть	
2.1 Предлагаемая технологическая линия производства плавленого сыра	
2.2. Продуктовый (сырьевой расчет).....	
2.2.1. Операционно-технологическая схема переработки продукции.....	
2.2.2. Текстовая карта технологического процесса	
2.2.3. Расчет продуктового баланса.....	
2.3 Подбор основного и вспомогательного технологического оборудования	
2.4. Расчет площадей помещений и компоновка технологического оборудования	
2.4.1. Расчет площадей основных и вспомогательных производств	
3. Конструкторская часть проекта.....	
3.1. Описание проектируемого агрегата	
3.2 Конструктивные расчеты	
3.2.1. Расчет конструктивных параметров оборудования.....	
3.2.2. Расчет режимных параметров.....	
3.3 Конструктивные расчеты	
3.3.1 Кинематический расчет	
3.3.2. Теплотехнические расчеты	
3.3.3. Расчет деталей на прочность.....	
3.4 Безопасность жизнедеятельности.....	
3.4.1 Расчет искусственного освещения	
3.4.2 Требования безопасности при работе сыроплавителя	
3.4.3 Инструкция для оператора по безопасности труда	
3.5 Охрана окружающей среды	

3.6 Экономическая часть	
3.6.1 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение	
Заключение	
Список литературы	

Введение

Сырная продукция богата витаминами А, В, С, РР, D, Е, макро- и микроэлементами. Обладает повышенной энергетической ценностью, приятными вкусовыми качествами, разнообразностью сфер применения. Сыр – это производная материнского молока. То есть продукт, к которому все люди имеют врожденный генетический инстинкт. Молочные, а значит животные, белки – необходимый строительный материал для нашего организма, ведь в них содержится полноценный набор аминокислот.

Покупатели ценят этот продукт за входящие в состав нутриенты, которые практически полностью усваиваются организмом. Они быстро насыщают, но при этом экстрактивные вещества активируют работу ЖКТ и улучшают аппетит. Их отличительная особенность – соотношение необходимых для функционирования всех систем тела элементов: высокое содержание молочного жира (до 60%), белков (до 25%), минеральных компонентов (до 3,5%). Технология и процесс производства твердого сыра полностью зависит от оборудования и продуктовых материалов, которое закупил производитель.

В мире существует более 500 видов и 2000 сортов сыра. Но, несмотря на многообразие, перечень сырья для изготовления этого продукта ограничен. Несмотря на огромное количество вариаций, сыр по своему составу - продукт простой.

Главный компонент - молоко, причем пастеризованное, так как в России запрещено производить молочные продукты из сырого молока. Кроме коровьего используют козье, овечье, буйволиное. Естественно, на органолептические свойства сыра влияет и корм, который едят животные, и климат, даже при одинаковых рецептурах получаются продукты с разными вкусами. Помимо молока в составе - соль, бактериальная закваска и сычужный фермент (на упаковке значится как «ферментный препарат животного происхождения»). Он вырабатывается в желудке телят или взрослых животных – бычков, свиней, используется для створаживания

молока. Этот компонент получают и от геномодифицированных микроорганизмов, продуцирующих ферменты, по составу и свойствам практически идентичные телячьему. Ферменты животного происхождения дороже. Отдельная разновидность – кисломолочные сыры, похожие на творог. Они не зреют, для их приготовления используют молочнокислые бактерии, обычно без применения молокосвертывающих ферментов.

1 Литературно – патентный обзор

1.1 Обзор существующих технологий производства сыров

Различают разные виды сыров по консистенции. Это важное условие для создания наиболее популярного по вкусу и плотности образца пищевого натурпродукта. Включает такие понятия как: мягкость, жесткость, зернистость, связность, пластичность. Их различия видны только в тот момент, когда происходит созревание, а вот после прессовки связность и твердость невысоки. По внешним признакам разделяются на свежие, с нежной корочкой (белой плесенью, мытые или с голубыми прожилками), прессованные и варено-прессованные. Есть еще разновидности, которые делают из прокисшего молока, но их редко можно встретить. По способу создания подразделяются на мягкие, рассольные и переработанные, твердые.

Сырье необходимое для производства сыра.

Основополагающим фактором является химический состав, физические свойства и микробиологические показатели перерабатываемого молочного напитка. Отталкиваясь от этого, можно судить о том, будет ли продукт сворачиваться, сгусток какой плотности создаст и позволит ли воспроизвести среду, способствующую началу брожения. Для этих целей рассматривают любые варианты и разные виды животных.

Поэтому для определения качества были разработаны требования, которым покупаемый материал должен соответствовать:

- молоко, используемое для создания конечного товара, было взято исключительно от здоровых коров;
- показания кислотности не менее, чем 6,8;
- жирность не превышает 3,5%, белковый же состав от 3% общей массы;
- в нем нет примесей антибиотиков;
- температура при его приемке не больше 12 градусов.

Помимо этого нужно подумать еще об обезжиренных составляющих, сливках, биологических заквасках, пепсине, соли, ферментах, хлористом кальции, азотнокислом натрии.

Виды сыров и особенности их производства

Сначала закупленные материалы проверяются на качество, взвешиваются, очищаются, охлаждаются. Перед началом обязательно пастеризуются и проходят процедуру сепарирования. Далее процесс идет поэтапно:

- подготавливается молоко;
- после этого оно сворачивается и обрабатывается в нужную форму;
- проводится прессование или самопрессование;
- производится засолка.

И только после этого проводится распределение по упаковкам и отправка.

Твердые сычужные сыры

Потребуется жирный творог, который отжимается, прессуется, выдерживается на протяжении месяца при низких температурах. Вырабатывается с помощью сычужного фермента. Их разнообразие очень велико, процентное содержание жира колеблется от 9% до 50%. По размеру и массе их делят на крупные и мелкие. Производство не удастся без добавления бактериальной закваски и хлористого кальция. С их помощью можно скорректировать готовый продукт по вкусовым качествам, придавая характерные оттенки с использованием растительных красителей.

Мягкие сыры

Разработка основана на принципе створаживания. При эксплуатации специального оборудования происходит сцеживание сыворотки. Результат – изделие очень нежной, не плотной консистенции. Список особенностей технологии сыроварения, которые требуются для создания:

- изменение режима подогрева до высоких показателей в 80 градусов с выдержкой 20 секунд или до 95 без нее;
- повышение количества используемых бактериальных заквасок в 1,5-2,5%, состоящих, как правило, из соединений, дающих запах и кислотообразующих штаммов всех видов мезофильных молочнокислых кокков;
- увеличенный уровень созреваемости перед свертыванием;
- чтобы получить зерно крупнее, сгусток не дробят, а нарезают большими кусками;
- отсутствие необходимости во втором нагреве;
- создание отдельных сортов делается с применением бактериальных микроорганизмов, другие могут созревать с участием плесеней и сырной слизи.

Полутвердые сыры

Имеют сбалансированные преимущества между твердыми разновидностями и творогом. Они готовятся быстрее и сохраняются лучше. Также они расширяют ассортимент, что позволяет увеличить процент продаж и прибыль от готовой продукции. Для производства требуется средняя влажность в пределах 47%, которая создает благоприятные условия для участвующей в процессе микрофлоры: поверхностных бактерий и мезофильных организмов. Формирование происходит методом налива с самопрессованием. Конечный продукт обладает специфическим аммиачным вкусом и нестандартным рисунком.

Элитные сыры с плесенью

Особенное лакомство, в приготовлении которого применяются биоорганизмы наподобие *Penicillium*, дающие им непревзойденный экзотический привкус, сильный запах и необычную мраморную расцветку. Для человека бактерии абсолютно безопасны. Цвет продукции будет разным, в зависимости от того, какая плесень была использована: зеленая, белая,

голубая, красная и прочие. В соответствии со способом изготовления, благородные грибы будут располагаться поверх сырной головки или же испещрять ее изнутри. Большинство сортов изготавливают из коровьего молока. Исключением является знаменитый Рокфор, для приготовления которого применяют овечьё.

Плавленые сыры

Такая масса позволяет с выгодой для предприятия использовать вторичное молочное сырьё, которое по каким-либо показателям (составу, внешнему виду, консистенции) не подошло.

Разрешено применение быстросозревающей продукции, творога, сметаны, сливочного масла, солевых плавителей, натриевой соли фосфорной или лимонной кислоты. Последние и делают белки пластичными и мягкими, образуя однородную плотность без крупинок. Плавить нужно в специализированных вакуум-котлах при 75-90°C. Пока полученное изделие не остыло, его распределяют на автоматах в фольгу, стаканчики, коробочки из полистирола. Только после этого они охлаждаются.

Сыр-косичка

Для получения такого оригинального и диетического сорта можно использовать любые молочные вещества. Их предварительно скисают, затем подогревают до 40°, добавляя пепсин в пропорции 1 мг: 300 мл. После начала образования склеившихся сгустков повышают температуру на 10 градусов. Далее получившееся лакомство нарезают, заплетают в косы. По завершении отправляют храниться в рассоле с 15-ти процентным содержанием соли. Некоторые потом подвергают копчению, чтобы придать неповторимый вкус и аромат без потери низкокалорийных свойств.

Рассольные сыры

Процесс дозревания проводится в специальной жидкости, рецепт которой сильно разнится у каждого производителя (да и у каждого частного сыровара свой домашний секрет), но состоит из примерно одинаковых продуктов:

- сырое коровье молоко высшего и первого сортов;
- обрат с кислотностью не более 19 °Т;
- сливки;
- пахта сладко-сливочного масла с аналогичной характеристикой активности ионов;
- козье и овечье сырье;
- сухие молочные вещества, массовой долей белка не менее 50%.

Функционально необходимые ингредиенты:

- бактериальные закваски и концентраты;
- молокосвертывающие ферментные препараты;
- кальций хлористый (E509);
- вода питьевая;
- соль поваренная пищевая.

Продукция проходит стадию ферментации под воздействием желудочного сычужного вещества. На вкус: соленая, с большим количеством влаги, корочка отсутствует, консистенция однородная. Содержание жира в пределах 30-50%.

Адыгейский сыр

Когда-то для него приобретали исключительно овечье сырье, теперь же удачно получаются и товары, сделанные из коровьего.

Закваска на бактериях добавляется в свежую сыворотку, после чего смесь доводят до 95°С. При этом помешивают до образования хлопьев створоженной массы по краям. Сгусток достают и размещают ненадолго в плетеные корзины для сцеживания влаги. Обязательно периодическое переворачивание и вытаскивание. После выдерживания получившийся результат переоборудуют в емкости из металла. Сверху делают насыпь из соли, перемещают все это в холодильную камеру на 18 часов.

Сулугуни

Первый этап сходен с тем, что прописан для изготовления косички. Но когда комок сформирован, его укладывают в серпянку на 7 ч при 35 градусах для созревания и чеддеризации. После этого он приобретет волокнисто-слоистую структуру, в нем появится множество глазков. Чтобы избавиться от последних, следует провести дробление и плавление в воде с добавлением кислоты. Из того, что получилось, формируют цилиндрические головки. Их переносят на сутки в подготовленную тару. Для исполнения в специальные бассейны заливают сыворотку. После завершения процесса вызревания посыпают солью.

Основной перечень оборудования, необходимого для производства сыра.

Все оборудование требуемое для изготовления сыра, можно условно разделить на главное – это варочная емкость – и дополнительное: стеллажи, пресс, парафинер, рабочий стол, камеры созревания, молочные фильтры, формы, охладители, рассольные бассейны.

Аппараты для выработки сырного зерна

Коагуляцию белков обеспечивают аппаратные машины по специальным технологиям сыроделия. Автомат сам производит нарезку, отмеряет необходимое количество и объем сыворотки. Крупные предприятия используют оборудование с функцией непрерывной работы. Для небольших производственных нужд подойдет устройство с периодическим функционированием.

Формирование и прессование сыра

Основной функцией аппаратуры является отделение побочного вещества (сыворотки) от общей массы и придание ей разных форм и размеров. Крупинки в готовом изделии обычно бывают различной величины, и их нужно соединить в большие куски – монолиты. Далее им придают шаровидную, цилиндрическую, прямоугольную, квадратную и другие фигуры. В процессе прессования продолжается развитие микрофлоры

закваски, уплотнение субстанции, удаляются остатки межзерновой сыворотки и образуется замкнутый поверхностный слой.

Посолка сыра

Наличие соли влияет на вкус, что в большей степени отражается на реализации. Она контролирует происходящие микробиологические и биохимические взаимодействия, оказывает положительное воздействие на коллоидно-физические свойства, участвует в образовании корочки. В зависимости от емкости способ посола будет отличаться. Солить можно как в процессе изготовления, так и сделать это одним из завершающих этапов. Применяется несколько способов засаливания с использованием: размолотой соли, соляной гущи, рассола, комбинации компонентов. Продолжительность зависит от содержания влаги и наличия или отсутствия предварительной посолки в зерне.

Аппараты для созревания, хранения и обработки

Полученное сырье помещают в место с поддерживаемой на одном и том же уровне температурой и влажностью. В зависимости от вида с ним продельывают процедуры согласно технологии приготовления сыров на производстве: переворачивают, зачищают, коптят, моют.

Хранят их на базах и холодильниках в ровно выложенных рядах ящиков. Обязательна прокладка рейками так, чтобы между ними был проход шириной до 1 метра – так будет улучшена циркуляция воздуха. Торцы с маркировкой должны быть обращены к проходу.

Сортировка

Достигшие кондиционной зрелости (срок созревания исчисляется со дня выработки), перед отправкой с завода предварительно рассортировывают по имеющимся критериям и указанной информации. Зрелое лакомство распределяют по внешнему облику, по результатам простукивания и органолептической оценки пробы, взятой щупом. Все манипуляции проводит технолог.

Упаковка

Чаще всего делается из пленки, в которую заворачивают круг и помещают в МГС. Там масса окончательно обрабатывается. Также нередко можно встретить упаковку горячей формовкой. Следует отметить и такой вид пакетов, как термоусадочные. В них распределяются созревающие изделия с низкой и высокой температурой нагревания. Такой метод подходит и для утрамбовки разновидностей, обладающих повышенное серией окисления молочнокислыми бактериями.

Маркировка

В зависимости от того, как делают сыр на производстве, будет отличаться и его клеймение. Отметка обязательно ставится на каждую головку и коробку, в которой поедет до пункта назначения. Она должна содержать сведения о числе и месяце выработки, номере варки и производственной марке, подразумевающей следующие допускаемые обозначения: количество жира, номер предприятия-изготовителя; краткое название месторасположения предприятия. Штемпелем отпечатывают маркировку поверх специализированной краской, которая не смывается. Остальное выпрессовывается в самом тесте. Все указанные данные позволят сразу идентифицировать каждую партию.

1.3 Обзор существующих конструкций сыродельных ванн

Основным оборудованием для производства сыра являются сыродельные ванны. Они бывают различных конструкций с механическими мешалками зарубежного и отечественного производства. Все эти сырные ванны предназначены для:

- подогрева молока горячей водой либо паром;
- заквашивания и свертывания молока;
- перемешивания заквашенного молока;
- резки сырного пласта;
- слива сырной массы и сыворотки.

Рассмотрим каждый из этих конструкций более подробно.

Ванна сыродельная относится к молочной промышленности, частности к оборудованию для выработки сыра..

На рисунке 1.1 изображен сыроизготовитель который состоит из резервуара 1, который с помощью опорных пят 2 устанавливается на полу, и из расположенной стационарно вверху резервуара 1, опирающейся на резервуар 1 сдвоенной мешалки 3.

Резервуар 1 имеет вертикальную стенку, которая составлена из пары сочлененных цилиндров 4 и 5, проекция которых имеет форму отрезков дуг окружности в горизонтальной плоскости. Соответственно этому внутренняя камера 6 резервуара 1 имеет горизонтальную форму поперечного сечения в виде двух прилегающих друг к другу отрезков окружностей. Резервуар 1 сверху может замыкаться крышкой 7 и далее имеет днище 8, составленное из двух сочлененных круговых конусов с обращенными вниз вершинами 9 и 19 конуса, непосредственно прилегающими друг к другу.

Сдвоенная мешалка 3 включает в себя две лопасти 11 и 12 для резания и промешивания. Лопасти 11 и 12 для резания и промешивания вращаются от привода во внутренней камере 6 резервуара вокруг параллельных друг другу, расположенных в центре окружностей сочлененных цилиндров 4 и 5, вертикальных осей 13 и 14 вращения и проходят перекрывающие друг друга рабочие круги. Согласно представленным примерам, лопасти 11 и 12 для резания и промешивания расположены эксцентрически относительно осей 13 или 14.

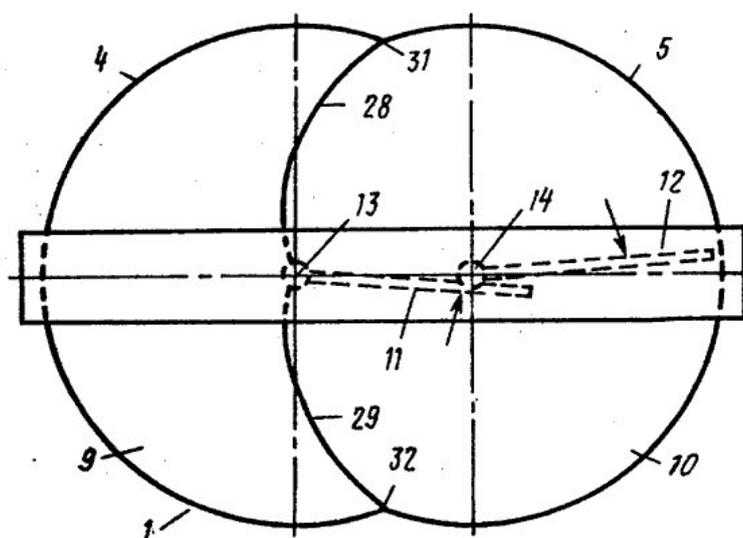
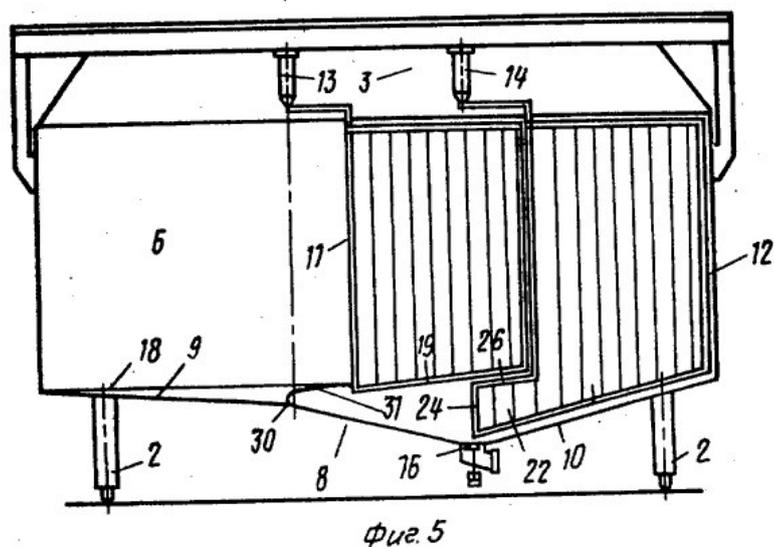


Рисунок 1.1 - Сыроизготовитель с конусным дном

Сыроизготовитель работает следующим образом. После заполнения резервуара исходным сырьем, согласно технологическому процессу, происходит образование и формирование сырного сгустка. При процессах резания и промешивания вся имеющаяся в резервуаре масса полностью участвует в этих процессах и качество при данной обработке не снижается. Это достигается тем, что рабочие зоны режущих и промешивающих лопастей перекрываются таким образом, что зона вокруг оси вращения режущих и промешивающих лопастей резания охватывается соответственно другими. С этой целью вертикальная внутренняя кромка лопасти для резания и промешивания смещена относительно ее оси вращения, в то время как ее

вертикальная наружная кромка удалена от ее оси вращения на расстояние большее, чем расстояние между осями. Для этого, чтобы находящаяся в зоне дна часть сырной массы полностью захватывалась режущими или промешивающими лопастями во время их вращения, их нижние кромки расположены параллельно к образующим конуса.

За счет особой поверхности конструкции дна сыроизготовителя, обеспечивается быстрое и безостаточное опорожнение резервуара при исключении опасности наличия остатков на дне. Отсюда отпадает необходимая ранее последующая промывка или же она в значительной степени сокращается. Посредством своей особой пространственной формы дно само по себе является стабильным, так что нет необходимости в применении элементов повышенной жесткости для дна и стенок резервуара. При этом сыроизготовитель может иметь стационарную, расположенную горизонтально конструкцию и жесткое присоединение с соединительными трубопроводами.

Недостатком данного сыроизготовителя можно считать сложность его изготовления и то, что при такой установке режуще-вымешивающего инструмента не весь объем резервуара подлежит обработке, кроме того, при разрезке сырного сгустка получают сегменты по форме близкие к шарам, что затрудняет выход влаги при дальнейшей осушке сырного зерна.

Сыроизготовитель относится к сыродельному оборудованию и может быть использовано для получения и обработки молочно-белкового сгустка при производстве различных сыров. Сыроизготовитель имеет двухстенную вертикальную емкость 1, внутренняя стенка которой выполнена в виде двух пересекающихся равных цилиндров с параллельными осями, режуще-вымешивающий механизм, состоящий из двух вертикальных однолопастных мешалок, каждая из которых состоит из приводного вала 2 с жестко закрепленным на нем водилом 3.

На водиле 3 смонтирован исполнительный механизм 4 и направляющая 5. Рама 6, установленная на направляющей 5 с возможностью перемещения

относительно вала в радиальном направлении, соединена со штоком исполнительного механизма 4 посредством жестко закрепленного на ней кронштейна 7. На каждой раме 6 установлены режущие 8 и вымешивающие 9 инструменты. В верхней части емкости 1 закреплена платформа 10, на которой установлены реверсивный привод 11 режуще-вымешивающего механизма и отборник 12 сыворотки. В нижней части емкости 1 имеется люк 13 для выгрузки сырного зерна, а в одной из ее опор механизм 14 для наклона сыроизготовителя во время выгрузки сырного зерна.

Сыроизготовитель работает следующим образом. После того, как в емкости 1 сыроизготовителя образовался сырный сгусток, производят его разрезку. Для этого включают режуще-вымешивающий механизм для работы в режиме разрезки сгустка. В этом случае рамы 6 мешалок движутся в направлении заостренных кромок режущих инструментов 8, а вымешивающие инструменты 9 за счет гидродинамического воздействия продукта, находящегося в емкости, устанавливаются в нерабочее положение. После разрезки сгустка производят вымешивание полученного сырного зерна с одновременным удалением части сыворотки. Направление вращения мешалок при этом изменяют на противоположное, в результате чего рамы 6 мешалок движутся в направлении притупленных кромок режущих инструментов 8, а вымешивающий инструмент занимает рабочее положение вследствие сопротивления, создаваемого продуктом. Одновременно каждую из рам 6 исполнительным механизмом 4 перемещают по направляющим 5 в радиальном направлении в сторону вала. В образовавшееся на периферии емкости свободное пространство сверху вводят минимум один отборник 12 для удаления сыворотки без остановки режуще-вымешивающего механизма.

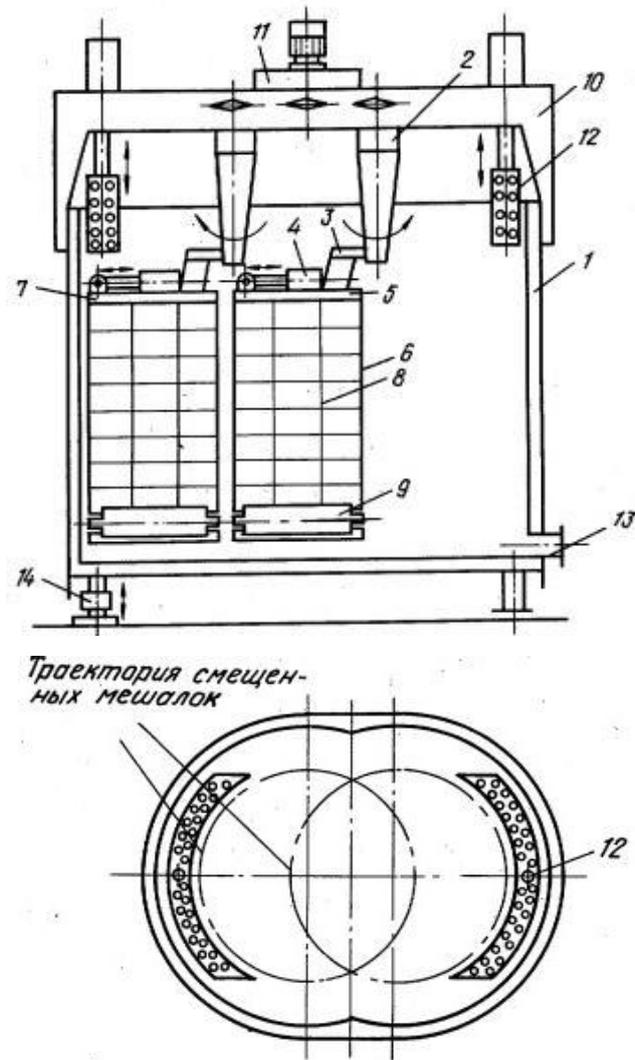


Рисунок 1.2 - Сыродельная ванна

После удаления необходимой массы сыворотки отборник 12 выводят из емкости 1, рамы 6 исполнительным механизмом 4 возвращают в исходное положение, продолжая дальнейшее вымешивание сырного зерна во всем объеме емкости 1. После второго нагревания снова производят частичный отбор сыворотки указанным способом. Когда отработка сырного зерна в сыроизготовителе закончена, его выгружают через люк 13 путем наклона аппарата в сторону последнего с помощью механизма 14.

Выполнение рам с возможностью радиального перемещения относительно вала обеспечивает беспрепятственный отбор сыворотки без остановки режуще-вымешивающего механизма, что исключает уплотнение сырного зерна у дна емкости и предотвращает излишнее его дробление, неизбежное при последующем его подъеме с дна емкости, и, таким образом,

способствует уменьшению потерь и улучшению качества продукта. Кроме того, отсутствие уплотненного слоя сырного зерна позволяет повысить надежность работы аппарата за счет исключения действия резко увеличивающихся динамических нагрузок на подвижные элементы режуще-вымешивающего механизма и привода сыроизготовителя при переходе с режима отбора сыворотки на режим вымешивания сырного зерна.

К недостаткам данного устройства можно отнести неполный охват объема занятой сырным сгустком ванны режуще-вымешивающим инструментом, т.е. с торцов ванны образуются зоны, не обеспечивающие получения рациональной формы продукта.

Ванна сыродельная (рисунок 1.3) относится к молочной промышленности и предназначено для использования при производстве сыра способом вымешивания и разрезки сгустка.

Ванна сыродельная содержит корпус 1, выполненный в виде «дубль О», с расположенным в нем трубами 4, для закрепления валами 2, закрепленными на них режуще-вымешивающим инструментом, причем в верхней части расположена втулка 3 из фторопласта. На корпусе 1 располагается подъемная крышка 9, которая охватывает всю поверхность последнего. Привод режуще-вымешивающего устройства осуществляется через валы 2, закрепленные в мотор-редукторе 6 и редукторе 7, которые соединены между собой муфтой 7.

Конструкция ванны сыродельной обеспечивает сохранение классической технологии и получение качественного продукта, за счет упрощения конструкции, полной механизации и соблюдения санитарных требований при технологическом процессе получения и разрезки сырного сгустка.

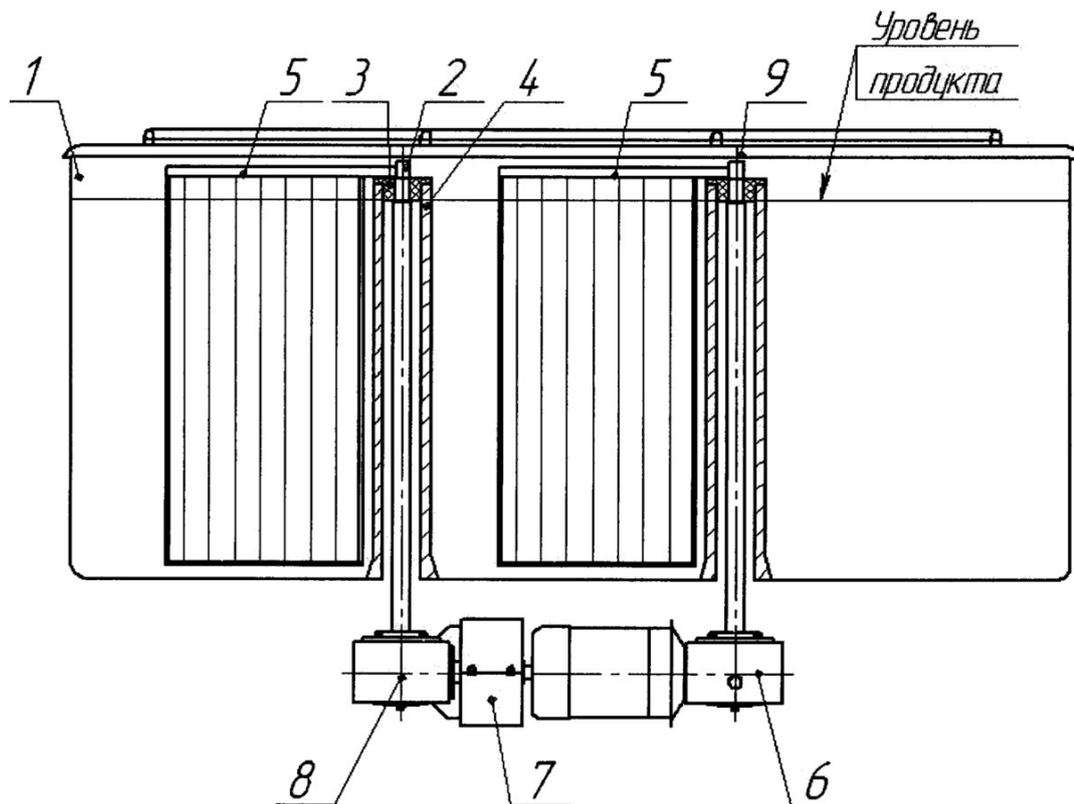


Рисунок 1.3 - Ванная сыродельная

Ванная сыродельная работает следующим образом.

Корпус 1 заполняют продуктом до рабочего уровня, ниже втулки из фторпласта 3, после заполнения корпуса 1, закрывают крышку 9. После заполнения корпуса продукт перемешивается режуще-вымешивающим инструментом 5, который вращается в одном направлении.

Исходя из анализа существующих конструкций сыродельных ванн можно сделать вывод, что основными недостатками можно считать сложность их изготовления, частая поломка приводов перемешивающих устройств и то, что каждый раз в процессе работы необходимо менять перемешивающие устройства на разрезающие и обратно. Такая замена приводит к нарушению технологического процесса а иногда и порче продукта.

2 Технологическая часть

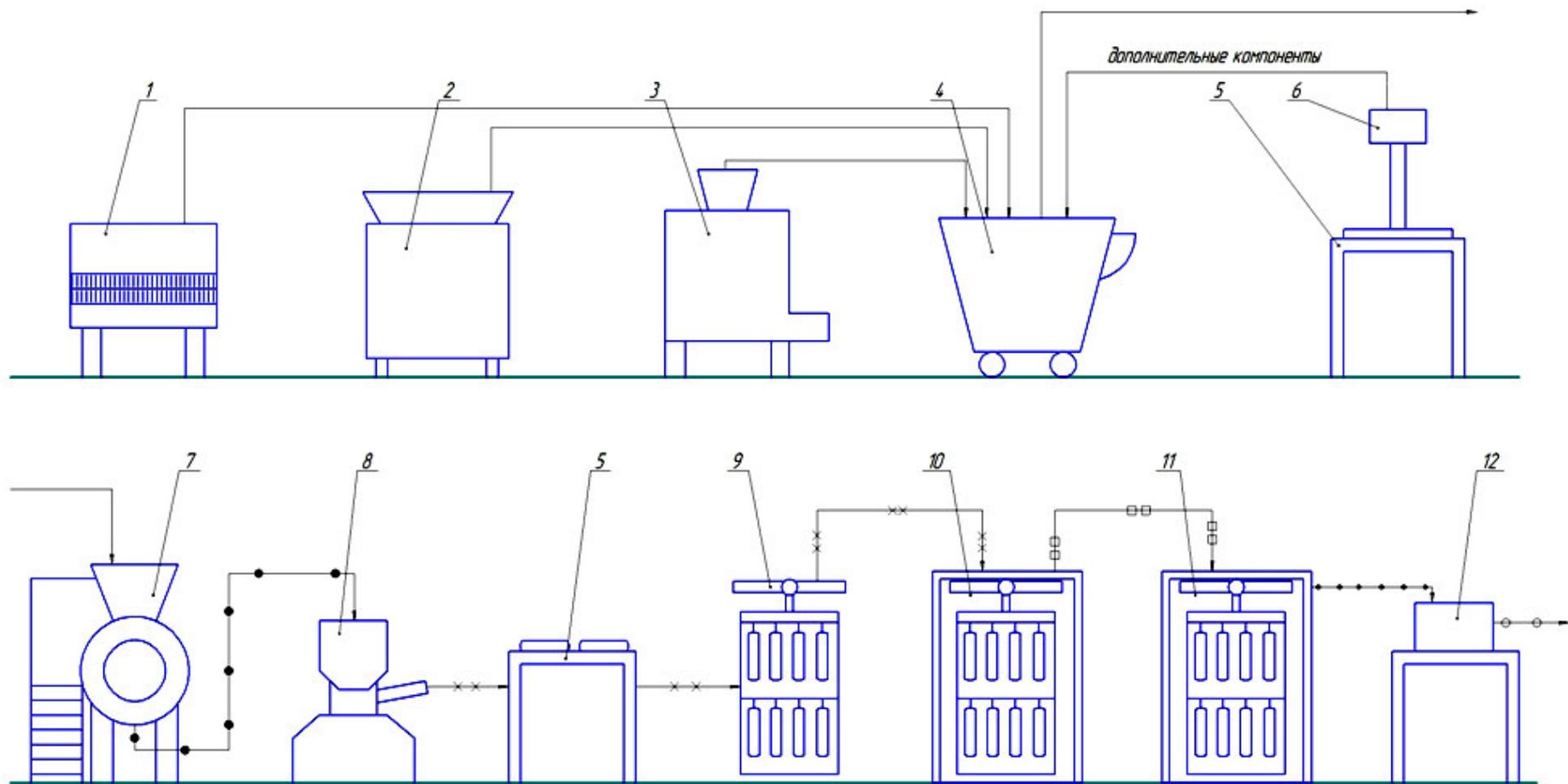
2.1 Предлагаемая технологическая линия производства плавленого сыра

Технологические линии производства различных групп сыров представлен на рисунок 2.1. Общими для линий по производству плавленых сыров являются: подготовка сырья, дробление сыра, составление смеси и плавление сыра.

После подбора сыра транспортером – 1 подаются на машину для снятия парафина – 2, затем поступают на стол для ручной зачистки, откуда транспортером подаются на моечную машину – 3. Сыры нежирные вымачивают емкости – 4. Зачищенный и вымытый сыр транспортером – 5 подают на измельчитель или волчок – 8 и затем на вальцовку – 7 для получения дробленого сыра, который накапливается в емкости – 8 или непосредственно в загрузочное устройство – 10. Поверхность творога зачищают, выгружают из тары и направляют в накопительную емкость – 8. Сухое молоко, сахар-песок и другие сыпучие продукты просеивают и направляют в накопительную емкость – 8. Масло и пластические сливки зачищают вручную от штаффа и нарезают на маслорезке – 15, после чего направляют в промежуточную емкость – 16.

Подготовленные компоненты в соответствии с рецептурой отвешивают на автоматических весах – 9 в загрузочном устройстве – 10 и подают с помощью монорельса или тележки в аппарат для плавления сыра – 11 (аппарат Б6-ОПЕ-400 или агрегат В2-ОПН). При использовании аппарата для плавления Б6-ОПЕ-400 смесь компонентов плавится в двух чашах, загружаемых попеременно. Расплавленная готовая сырная масса выгружается в промежуточную емкость через лавсановый фильтр-сетку (Для маловязких сыров).

Пастообразные и сладкие сыры могут подвергаться гомогенизации на гомогенизаторе – 12 для плавления сыра. При использовании агрегата В2-ОПН плавление и гомогенизация осуществляются непосредственно в рабочей камере агрегата, где установлены серповидные ножи и мешалка.

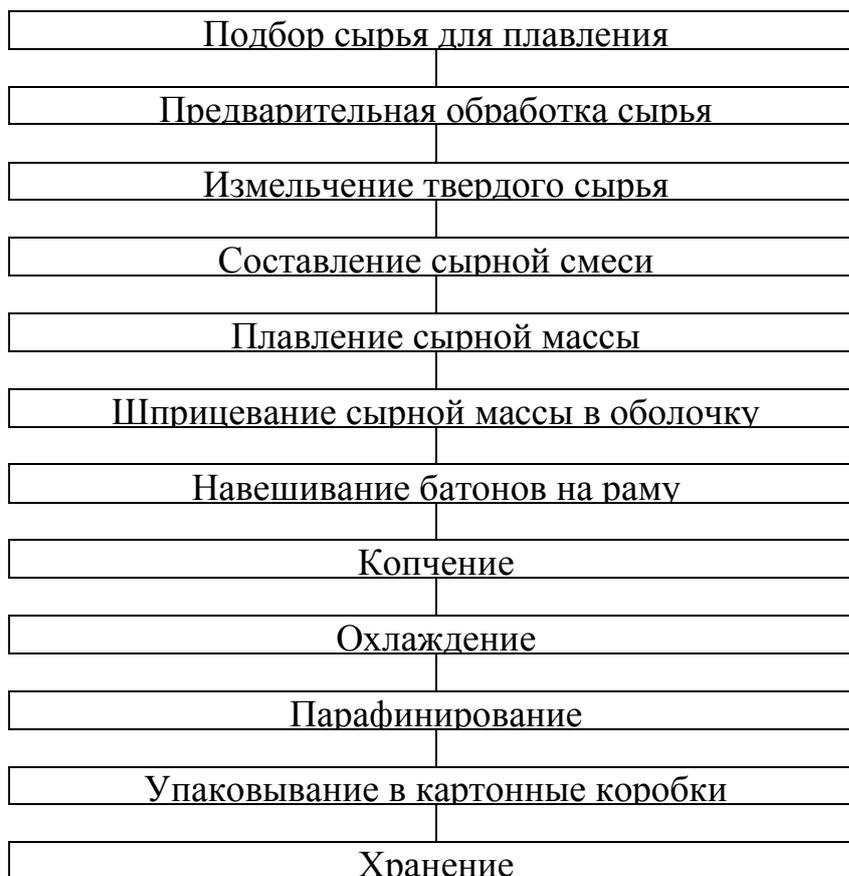


1 - машина для мойки сыра; 2 - вальцовка; 3 - машина для разрезания масла; 4 - тележка; 5 - стол; 6 - весы; 7 - плавитель; 8 - шприц; 9 - навешивание батонов на раму; 10 - копчение; 11 - охлаждение; 12 - тара

Рисунок 2.1. Технологическая линия производства сыра

2.2. Продуктовый (сырьевой расчет)

2.2.1. Операционно-технологическая схема переработки продукции



2.2.2. Текстовая карта технологического процесса

Наименование процесса	Параметры режима
Производство советского плавленого сыра с содержанием 45% жира в сухом веществе продукта	
- приемка и подбор сырья для плавления	органолептический анализ и контроль химического состава
- удаление парафинового покрытия	паром 110 – 130 °С
- мойка сырья	горячей водой 40 – 60 °С; холодной водой 5 – 7 °С
- зачистка поверхности	вручную
- измельчение твердого сырья	100 – 200 мкм

- составление сырной массы	$pH = 5,3 - 5,5$
- плавление сырной массы	$80 - 85\text{ }^{\circ}\text{C}; 10 - 15\text{ мин.}$
- шприцевание	в оболочку
- копчение	3-4 часа $40-45^{\circ}\text{C}$
- охлаждение	до $10 - 15\text{ }^{\circ}\text{C}$
- упаковывание	картонные коробки
- хранение	$0 - 4\text{ }^{\circ}\text{C};$ не более 75 сут.; $85 - 90\%$

2.3 Подбор основного и вспомогательного технологического оборудования

Подбор технологического оборудования производится после продуктового расчета, описания технологических процессов производства и составления графика технологических процессов, который предопределяет необходимое количество машин и аппаратов.

Правильный выбор технологического оборудования обеспечивает необходимые условия для планомерной и четкой работы всего цеха.

При выборе основного технологического оборудования учитывают следующее:

- соответствие технико-экономических показателей оборудования уровню современных технологий;
- выравненность машин и аппаратов, составляющих технологические линии, по производительности;
- предпочтительность применения машин, не требующих дополнительного монтажа нестандартного оборудования и вспомогательных общезаводских систем.

Подбор оборудования должен производиться в строгом соответствии с результатами продуктового расчета и выбранными технологическими режимами, с учетом продолжительности его работы в течение смены, суток или производственного цикла.

Оборудование для производства плавленого сыра (машины для измельчения сыра и аппараты для плавления сырной массы непрерывного действия) подбирают по часовой производительности с учетом графика организации технологического процесса производства. [18, с. 108]

Производительность машины для измельчения сыра определяем по формуле:

$$Q = 0,785 \cdot (D_n^2 - D_{вн}^2) \cdot S_{ш} \cdot n_{ш} \cdot p \cdot K_{ш}, \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (2.10)$$

где D_n – наружный диаметр шнека, м;

$D_{вн}$ – внутренний диаметр шнека, м;

$S_{ш}$ – шаг шнека, м; $S_{ш} = 0,18$ м;

$n_{ш}$ – частота вращения шнека, с^{-1} ; $n_{ш} = 2,1$ с^{-1} ;

p – плотность измельчаемого продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$; $p = 1108$ $\text{кг}/\text{м}^3$;

$K_{ш}$ – коэффициент использования шнека.

$$Q = 0,785 \cdot (0,18^2 - 0,14^2) \cdot 0,18 \cdot 2,1 \cdot 1108 \cdot 0,25 = 0,26 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Или 7488 кг/смену.

Принимаем в качестве машины для измельчения волчок МП-1-160 с производительностью 100 кг/ч.

Сыродельные ванны подбирают после определения продолжительности одного цикла производства сыра, количества их в смену, в сутки, с учетом графика организации технологических процессов производства данного вида сыра и норм производительности ведущего оборудования в смену. [18, с. 99]

Пропускная способность ванн рассчитывается по формуле:

$$B_c = \frac{V_c \cdot P_c \cdot t}{Z_c}, \frac{\text{кг}}{\text{смену}}, \quad (2.11)$$

где V_c – вместимость сыродельной ванны, м^3 ; для ванны Д7-ОСА-1 вместимость составляет 2,5 м^3 ;

P_c – плотность сырной массы, $\text{кг}/\text{м}^3$;

t – продолжительность смены;

Z_c – продолжительность одного цикла, включая операции наполнения ванны, обработки сырной массы, разгрузки, мойки ванны, ч.

$$B_c = \frac{2,5 \cdot 1108 \cdot 8}{5,5} = 3927 \frac{\text{кг}}{\text{смену}}.$$

Так как производительность линии 2,4 т/смену, то принимаем одну ванну марки Д7-ОСА-1 вместимостью 2,5 м³.

2.6 Требования к качеству сыра

При производстве сыров массового спроса российские производители опираются на ГОСТы. Так, ГОСТ 32260-2013 – основной ориентир при создании полу твердых сыров, таких как «Российский», «Голландский», «Костромской». Что касается небольших фермерских хозяйств, здесь делают авторские сыры, и не по ГОСТам, а по ТУ и собственным рецептам. Вот только понять, пастеризуют ли фермеры молоко для сыров, практически невозможно.

Растительных жиров в составе быть не должно, иначе это уже сырный продукт – а в нем как раз допускаются растительные заменители молочного жира. В списке ингредиентов можно встретить хлористый калий – его используют в качестве уплотнителя, и никаких сомнений у технологов он не вызывает. Чего не скажешь про азотнокислый калий (E252), азотнокислый натрий (E251) и лизоцим (E1105). Это консерванты, конечно, разрешенные ГОСТом. Но найти их можно, как правило, в недорогом сыре. Они защищают его от порчи, но, по оценке экспертов, продукт из качественного сырья не нуждается в подобных добавках.

Допускается использование красителей, но ГОСТ разрешает только натуральные бета-каротин или аннато. Впрочем, качественный сыр вполне может обойтись без подкрашивания.

Говорить о большой разнице между твердыми и мягкими сырами сложно. Польза от них примерно одинаковая. Но, если человек на диете, то рекомендуется именно твердый сыр. У него более насыщенный вкус.

Поэтому им проще наестся или удовлетворить свою страсть к сыру. А страсть бывает сильная. Такая пищевая зависимость объясняется оптимальным сочетанием в его составе жира и соли. Поэтому он очень вкусный.

Качество российского сыра

Самый популярный отечественный сыр – недорогой и вкусный «Российский». Только не каждый Российский имеет право так называться.

Качество российского сыра определяется по следующим показателям: Сыр должен иметь ажурный рисунок из глазков неправильной формы, по размеру они должны быть мелкими – не более 2 мм, располагаться друг от друга на расстоянии 2-3 мм и проходить по всей сырной головке. Если дырочки большие или слипшиеся – сыр может киснуть. Корка должна быть тонкая и ровная. А консистенция – эластичная, но ГОСТ допускает и слегка плотную. Цвет должен быть от белого до светло-желтого, обязательно равномерный. Если цвет неоднородный – значит, не дозрел. Если он ярко-желтый, произведен зимой, скорее всего там красители. В составе не должно быть консервантов

Надпись 50% вовсе не означает, что ровно половина продукта состоит из жиров. Цифра приходится на долю сухого вещества, то есть сыра без воды. Поэтому в 100 г – только 29 г жира. Тем не менее по официальной классификации сыр с жирностью от 45% до 59,9% уже жирный.

Во время созревания полуготовая сырная масса превращается в настоящий сыр. Под воздействием ферментов белок распадается на простые соединения – в первую очередь на полезные аминокислоты. Сыр становится темнее, появляется характерный рисунок, корочка и любимый многими кисловато-сливочный вкус (по технологии это сыр с повышенной кислотностью).

Если продукту не дали долежать или ускорили процесс изготовления, он будет горчить, крошиться или на вкус станет «резиновым», а глазки – редкими и совсем маленькими.

В зависимости от качества ГОСТ делит полутвердые сыры на высший и первый сорт. Это значит, что внешний вид, вкус, запах, консистенция, цвет, упаковка и маркировка набрали максимальное количество баллов по специальной шкале. Определяется сортность на производстве, контролирует отдел качества. Если какой-то сыр не набирает высший балл, то ему присваивается первый сорт.

Качество костромского сыра

«Костромской» – ближайший родственник голландского сыра «Гауда». Тем не менее считается нашим, родным, потому что появился в России. Сейчас он входит в список самых популярных отечественных сыров.

Это полутвердый сыр, жирностью 45 %.

Качественный «Костромской» должен содержать: молоко; бактериальную закваску; молокосвертывающий ферментный препарат животного происхождения; уплотнитель хлорид кальция; соль; натуральные красители – бета-каротин, аннато.

Цвет должен быть от белого до светло-желтого. Неравномерный окрас, «мраморность», выдает ошибки на производстве. Созревает такой продукт быстро, всего 45 суток. За полтора месяца созревания формируется химический состав, который характерен именно для этого вида. Здесь важна каждая деталь-и размер сырного зерна, и длительность обработки, время, процедура нагревания. Даже четкое количество переворачиваний во время созревания. «Костромской» переворачивают 2-3 раза.

Показатели качества «Костромского» сыра. На поверхности должны быть обязательно глазки овальные или круглые. Дырочки в таком продукте получаются, когда микроорганизмы заквасочных культур «дышат», выделяя углекислый газ и формируя пустоты в сырном пласте. Если дырочек мало – сыр созрел неправильно, вкус будет неяркий. Или в нем много растительных жиров. Сыр должен иметь твердую и при этом эластичную консистенцию, не ломаться на изгибе. Хороший сыр не «растекается», теряя форму, и не

трескается. Сырная корочка – ровная, тонкая, без толстого подкоркового слоя.

Качество голландского сыра

По большому счету, голландскими можно назвать многие полутвердые сыры. Ведь к голландской группе относятся, например, «Костомской», «Пошехонский», «Угличский». Все они схожи по технологии – полутвердые сычужные, с низкой температурой второго нагревания.

«Голландский» – это полутвердый сыр из коровьего молока. ГОСТ на него существует еще с советских времен. Периодически стандарт обновляют, но список ингредиентов все тот же: молоко; закваска; сычужный фермент; соль; красители.

Такой продукт бывает разной жирности – 45% и 50%. Сыр жирностью 45% выпускают в виде бруска, созревает он не меньше 60 суток. А вот пожирнее имеет шаровидную форму и созревает не менее 75 суток. ГОСТ разрешает выпускать в продажу продукт в возрасте 45 суток, если по вкусу, запаху, внешнему виду, консистенции он получил высокую оценку.

Показатели качества голландского сыра. На срезе должны хорошо просматриваться глазки. Они могут быть совершенно разной формы с неровными краями. Корочка – ровная, тонкая. Консистенция – эластичная. Если при нарезке сыр мягкий и прилипает к ножу, то сыр залежался или перезрел. Если на срезе видны капельки влаги, это говорит о полном созревании и о его хорошем, богатом вкусе.

Качество пошехонского сыра

«Пешехонский» – полутвердый сычужный сыр, тем не менее его состав не отличается от других полутвердых сыров:

- пастеризованное коровье молоко;
- сычужный фермент;
- бактериальная закваска;
- соль.

«Пошехонский» очень похож на «Костромской». Цвет может быть белый и светло-желтый. Вкус-умеренно выраженный сырный, кисловатый. Допускается легкая пряность и наличие горчинки. Если у сыра есть запах молока, а запах кислинки отсутствует, это означает, что процесс созревания не прошел полный цикл. Сырные глазки должны быть круглые или овальные, но равномерно распределены по поверхности.

2.7. Основные технологические расчеты

Основным расчетным показателем, характеризующим техническое совершенство аппаратов выработки сырного зерна, является пропускная способность, которая, в конечном счете, определяет производительность и энергетические затраты. Кроме того, необходимо выбрать скорость движения инструментов для обработки сырной массы.

При расчете процессов следует исходить из максимально допустимого давления на сырную массу и условий прессования в прессе.

Пропускная способность (в кг/ч) аппарата выработки сырного зерна определяется по формуле [1,2,3]:

$$M_{\text{ап}} = V \tau_{\text{см}} / \tau_{\text{ц}}, \quad (2.1)$$

где V – вместимость аппарата, кг;

$\tau_{\text{ц}}$ – продолжительность смены и цикла.

Продолжительность $\tau_{\text{ц}}$ (в мин.) цикла находят по уравнению:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{нап}} + \tau_{\text{нагр}} + \tau_{\text{св}} + \tau_{\text{р.ч.}} + \tau_{\text{вым}} + \tau_{\text{р.п.}}, \quad (2.2)$$

Где $\tau_{\text{нап}}$, $\tau_{\text{нагр}}$, $\tau_{\text{св}}$, $\tau_{\text{р.ч.}}$, $\tau_{\text{вым}}$, $\tau_{\text{р.п.}}$ – продолжительность соответственно наполнения, нагревания, свертывания, разгрузки (частичное удаление сыворотки), вымешивание и образования пласта и полной разгрузки емкости, мин.

Мощность, потребляемую мешалками, N (в кВт) определяют по формулам [9,16]:

лопастная мешалка:

$$N = 0,052 \rho_{\text{пр}} h z_{\text{л}} n^3 (R_{\text{Н}}^4 - R_{\text{В}}^4); \quad (2.3)$$

мешалка с лопастями в виде решетки(или литры):

$$N = 0,09 \rho_{\text{пр}} h z_{\text{л}} n^3 [(R_{\text{Н}} + R_{\text{В}}/2 + mб)^4 - (R_{\text{Н}} + R_{\text{В}}/2 + mб)^4]. \quad (2.4)$$

Мешалка с прямолинейным движением рабочего инструмента:

$$N = N + 10^3 (P + G)\mu v_1, \quad (2.5)$$

где $\rho_{\text{пр}}$ – плотность продукта, кг/м³;

h – высота погруженной части лопасти, м;

$z_{\text{л}}$ – количество лопастей;

n – частота вращения лопастей, с⁻¹;

$R_{\text{Н}}, R_{\text{В}}$ – расстояние от оси вращения до наружного и внутреннего краев лопасти, м;

m – количество проволок или лезвий;

$б$ – толщина проволок или лезвий, м;

P – сила, необходимая для разрезания сгустка;

G – масса каретки с механизмом, кг;

v_1 – линейная скорость перемещения каретки, м/с; ($v_1 = 0,1-0,3$ м/с);

μ – коэффициент трения ($\mu = 0,03-0,05$).

Расход пара рассчитывают по формуле:

$$D = Q / (i - c_{\text{к}} t_{\text{к}}) \eta_{\text{г}}, \quad (2.6)$$

где Q – количество тепла, Дж;

i – теплосодержание пара, Дж/кг;

c_k – удельная теплоемкость конденсата, Дж/кг·К;

t_k – температура конденсата, °С;

η_r – коэффициент теплового использования.

Полезное усилие в прессах определяется по формуле:

$$P_{\text{пол}} = p_{\text{уд}} G_c, \quad (2.7)$$

где $p_{\text{уд}}$ – удельное давление прессования, Па/кг;

G_c – масса сыра, кг.

В пневматических прессах с сервомоторами силу прессования определяют по формуле:

$$P_{\text{пр}} = p_c (\pi d_c^2 / 4), \quad (2.8)$$

где p_c – давление воздуха или жидкости в цилиндре сервомотора, Па;

d_c – диаметр цилиндра, м.

$$P_{\text{общ}} = K p_n F, \quad (2.9)$$

где K – коэффициент, учитывающий растяжение диафрагмы ($K = 0,9$);

p_n – давление воздуха в полости, Па; F – площадь диафрагмы, м².

Общее давление распределяется на отдельные сыры приблизительно пропорционально площади крышек форм. Так как на практике на полку помещают сыры одних размеров, то и давление на каждой из них будет приблизительно одинаковым.

Производительность (в кг/ч) оборудования для выработки плавленых сыров определяют по формулам [3,17,18]:

сыроразделительная машина:

$$M_c = (\pi d^2 / 4) z b p_n \cdot 60 \eta_m, \quad (2.10)$$

где d – диаметр диска, м;

z – количество ножей на диске;

\bar{b} – толщина стружки сыра, м ($\bar{b} = 0,01 - 0,02$ м);

ρ – плотность сыра, кг/м³;

n – частота вращения диска ($n = 100 - 150$ мин⁻¹);

η_m – КПД ($\eta_m = 0,5 - 0,6$);

Производительность волчка:

$$M_B = 60 (\pi/4) (d_1^2 d_2^2) sn\rho\eta_m, \quad (2.11)$$

где d_1^2, d_2^2 – диаметры поверхности и вала шнека, м;

s – шаг винта, м;

η – коэффициент обратного проскальзывания ($\eta = 0,7 - 0,8$);

вальцовка:

$$M_B = 60\pi dn/\bar{b}_3\rho, \quad (2.12)$$

где \bar{b}_3 – величина зазора между пальцами, м.

Продолжительность плавления $\tau_{пл}$ определяют по формуле:

$$\tau_{пл} = Q/RF\Delta t_{cp}, \quad (2.13)$$

где Q – количество теплоты, необходимой для плавления, Дж;

R – коэффициент теплопередачи, Вт/(м² · К) ($R = 190 - 210$);

F – поверхность теплопередачи, м²;

Δt_{cp} – средняя разность между температурами, °С.

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

3.1. Описание проектируемого агрегата

Недостатком проанализированных конструкций сыродельных ванн является частые поломки приводного механизма и ступенчатое изменение скоростного режима. А так же необходимость замены перемешивающих устройств на разрезающие. Частые поломки привода ведут не только к подорожанию продукции и нарушению технологического процесса, но и делают затруднительными ремонт двигателя в местных условиях. Исходя из этого, конструктивному усовершенствованию подлежит привод сыродельной ванны и изменение конструкции перемешивающих устройств.

Сыроизготовитель состоит из вертикальной ванны 1 имеющий цилиндрическую форму, выполненную из пищевой нержавеющей стали с теплоизолированными боковыми стенками которая оснащена пароподогреваемой нижней тепловой зоной 2, и нижняя половина 3 боковых стен ванны 1. Пар подается отдельно в нижнюю 2 и в боковую 3 тепловые зоны. Режуще-вымешивающий механизм 4 подвешен на трехопорной раме 5, установленной на верхней кромке ванны 1.

Режуще-вымешивающий механизм 4 для обработки сырного сгустка и сырного зерна состоит из асинхронного трехфазного электродвигателя 6, понижающего редуктора 7 и раздающего планетарного редуктора 8 с двумя выходными валами 9, параллельными оси цилиндрической ванны 1 и вращающимися навстречу друг другу. Валы установлены на одной линии на неодинаковом расстоянии от центра.

Планетарный редуктор 8 выполнен с неподвижным центральным колесом "а" и вращающимся корпусом "в" редуктора. Оси симметрии редукторов 7 и 8 совпадают с вертикальной осью симметрии ванны 1.

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Пояснительная записка</i>		
<i>Разраб.</i>		<i>Фаттахов М.Р.</i>					
<i>Пров.</i>		<i>Дмитриев А.В.</i>					
<i>Н.контр.</i>		<i>Дмитриев А.В.</i>					
<i>Уте.</i>		<i>Халиуллин Д.Т.</i>					
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						1	25
					<i>Казанский ГАУ каф. МОА</i>		

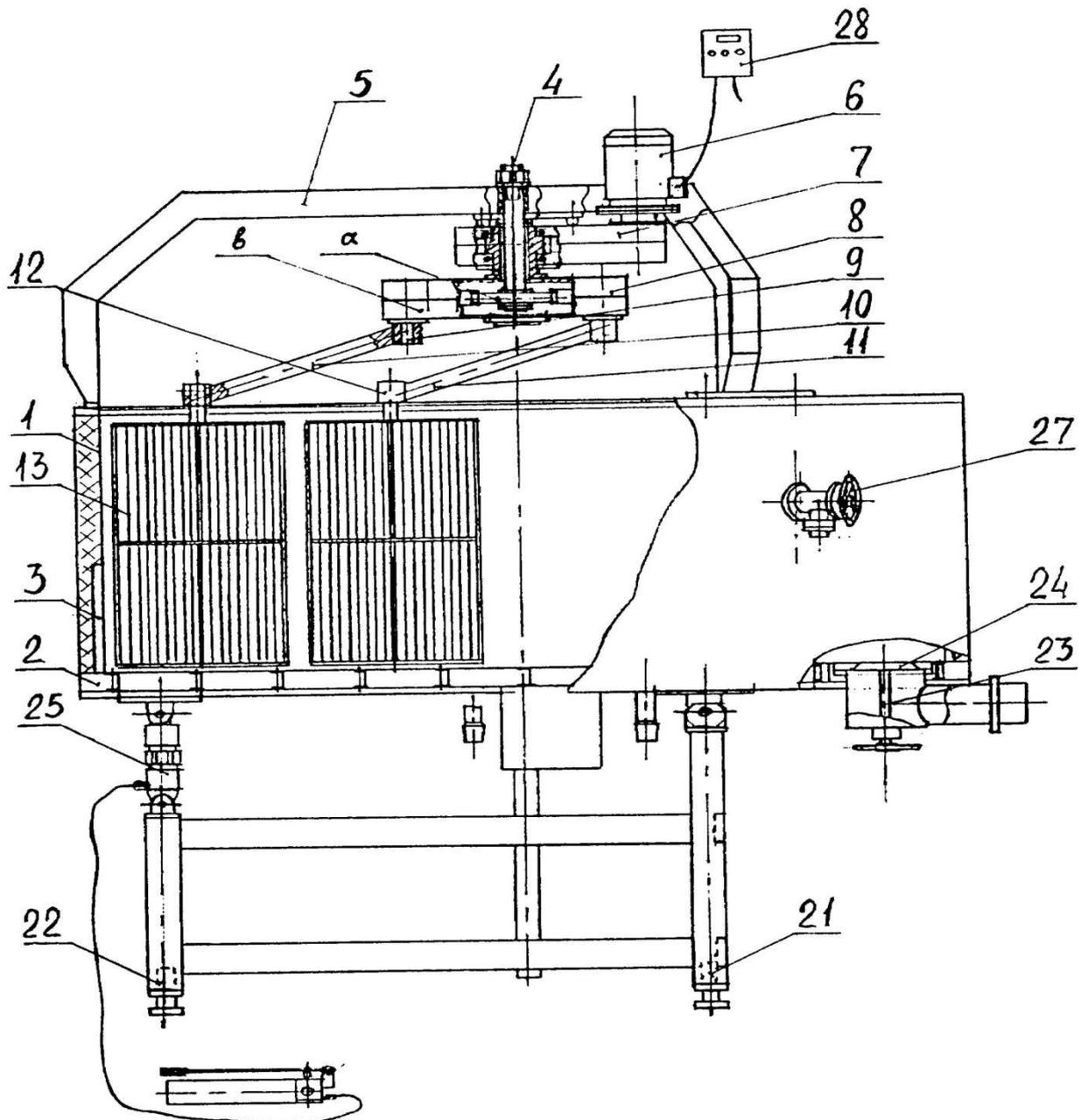


Рисунок 3.1 – Разрабатываемая сыродельная ванна

Наклонные разноплечие рычаги 10, 11 насажены на выходные валы 9. На свободных концах рычагов во втулках 12 устанавливается необходимый технологический инструмент для обработки сырного сгустка и сырного зерна. Вертикальные оси втулок 12 параллельны вертикальной оси симметрии ванны 1. На каждый оборот корпуса "в" планетарного редуктора 8 приходится по шесть оборотов валов 9, на которые насажены рычаги 10, 11 с универсальным технологическим инструментом 13, выполненный в виде

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ

Лист

контура 14 с заточенными в одну сторону кромками 15 и рядами вертикальных ножей 16.

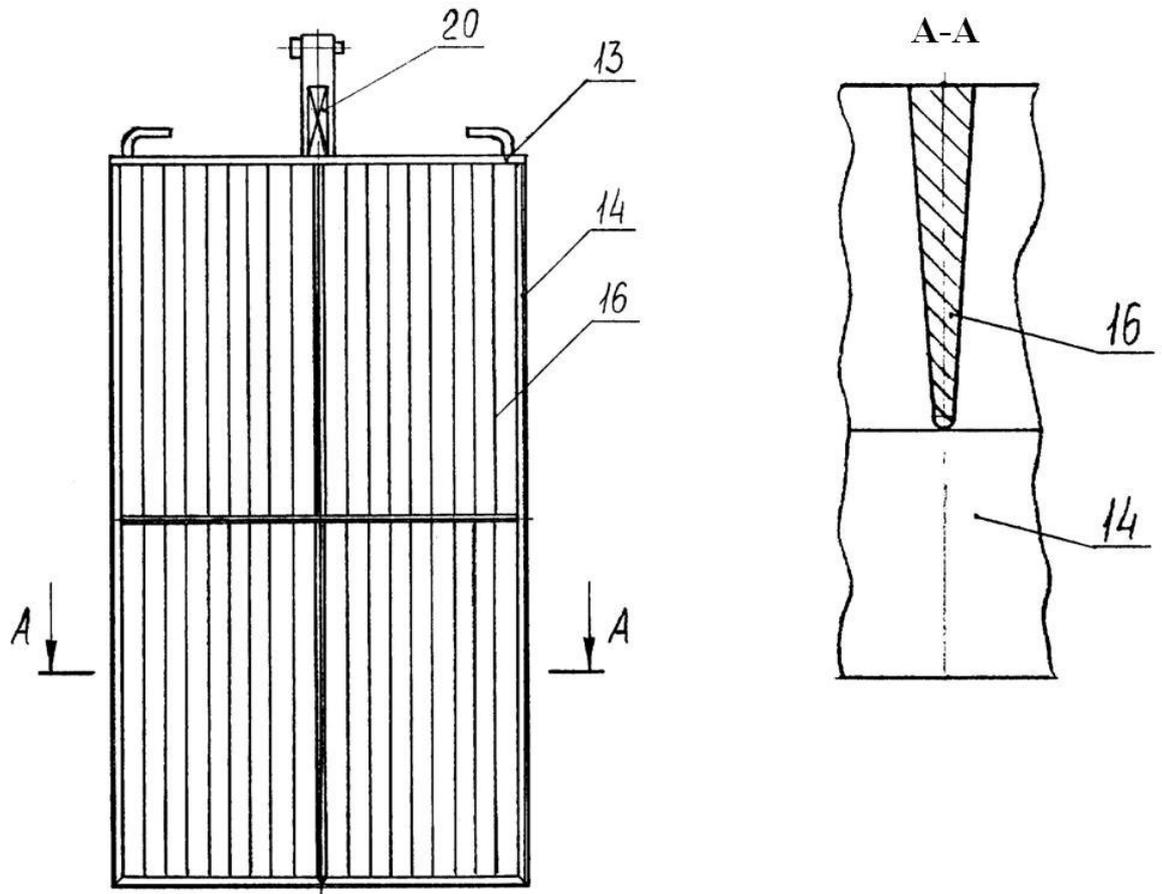


Рисунок 3.2 – Универсальный технологический инструмент

Профиль ножей 16 может представлять собой вытянутую трапецию с закругленным малым основанием. В сечении ножи 16 могут также представлять собой вытянутую трапецию, сопряженную по малому основанию с треугольником.

Ванна 1 опирается на стойки 21, 22. В нижней части ванны расположен на горловине 23 сливной клапан 24. Опорная стойка 22 выполнена регулируемой по высоте, она содержит в средней части гидроцилиндр 25, что позволяет, работая ручным гидронасосом 26, наклонять ванну 1 на 5° в сторону сливной горловины 23. На боковой стенке ванны 1 выше боковой тепловой зоны 3 и над осью качания ванны 1 расположено дополнительное устройство для отбора сыворотки в виде клапана 27 с ручным управлением.

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Кроме того, к электродвигателю 6 подключен преобразователь 28 частоты тока, позволяющий плавно регулировать число оборотов электродвигателя и менять направление вращения.

Устройство работает следующим образом.

Выработка сырного зерна осуществляется при параметрах (температуре, времени и т.п.), задаваемых технологическим процессом получения определенного вида сыра. Ванну заполняют молоком, добавляют все необходимые для свертывания компоненты и подогревают до температуры свертывания путем подачи пара в нижнюю 2 и боковую 3 тепловые зоны. Подогрев молока ведут при постоянном помешивании, для чего включают электродвигатель 6. Приводятся в действие редукторы 7, 8. На вращающихся выходных валах 9 закреплены рычаги 10, 11, а на них - универсальные технологические инструменты 13.

При достижении температуры свертывания привод выключают и смесь оставляют до образования сгустка, поддерживая в ней заданную температуру. После образования сырного сгустка прекращают подачу теплоносителя (пара) в тепловые зоны 2, 3. С помощью преобразователя 28 частоты тока направление вращения универсальных технологических инструментов 13 меняют на противоположное, и сырный сгусток разрезается. После окончания разрезки сырного сгустка привод останавливают и через клапан 27 производят частичный отбор сыворотки.

Включается привод и производится вымешивание сырного зерна. Одновременно производится второе нагревание сырного зерна.

При достижении в смеси сырного зерна и сыворотки заданной температуры подачу теплоносителя прекращают, привод выключают и производят через клапан 24 окончательный слив сыворотки совместно с сырным зерном, предварительно наклонив ванну на 5° с помощью гидроцилиндра 25.

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.2 Конструктивные расчеты

3.2.1 Расчет режимных параметров

Производительность сыродельной ванны определяется по формуле:

$$Q = \frac{V \cdot p \cdot \beta}{Z_{\text{ц}}} \quad (3.2)$$

где V – объем рабочей ёмкости аппарата, м³;

p – плотность сырной массы, кг/м;

β – коэффициент заполнения рабочей ёмкости;

$Z_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла, ч;

$$Z_{\text{ц}} = Z_{\text{загр}} + Z_{\text{обр}} + Z_{\text{выгр.}}$$

где $Z_{\text{загр}}$, $Z_{\text{обр}}$, $Z_{\text{выгр.}}$ – соответственно, время затрачиваемое на загрузку, обработку (измельчение, плавление, охлаждение) и выгрузку сырной массы, ч.

Учитывая, выше изложенное принимаем:

$$Z_{\text{загр}} = 0,14 \text{ ч}; Z_{\text{обр}} = 0,025 \text{ ч}; Z_{\text{выгр.}} = 0,05 \text{ ч.}$$

$$\text{Тогда: } Z_{\text{ц}} = 0,14 + 0,025 + 0,05 = 0,215 \text{ ч.}$$

По формуле 5.2. определим проектируемую производительность,

$$Q_{\text{м}} = \frac{0,3 \cdot 1108 \cdot 0,9}{0,215} = 1400 \text{ кг.} \quad (3.3)$$

По сравнению с базовым вариантом производительность увеличилась на 200 кг/ч или на 17 %.

Агрегат является аппаратом периодического действия с продолжительностью цикла $Z_{\text{ц}} = 0,215$ ч.

Расчет процесса перемешивания. Суть данного сводится к определению диаметра мешалки и частоты ее вращения для обеспечения требуемого технологического процесса. В процессе расчета также определим критерии Рейнольдса, Фруда и Эйлера, характеризующие процесс перемешивания.

Гидродинамический режим движения перемешиваемой жидкости оценивают по величине модифицированного критерия Рейнольдса, определяемого по формуле:

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$R_{cm} = \frac{\varpi \cdot d_m \cdot p_c}{\mu_c} = \frac{p_c \cdot n \cdot d_m}{\mu_c}, \quad (3.4)$$

где $\varpi = \pi \cdot d_m \cdot n$ – окружная скорость вращения мешалки, c^{-1} ;

n – частота вращения мешалки, c^{-1} ;

μ_c – динамическая вязкость перемешиваемой среды, Па с;

p_c – плотность перемешиваемой среды $кг/м^3$;

d_m – диаметр мешалки, м: из конструктивных соображений принимаем диаметр мешалки $d_m = 0,86$ м.

Плотность перемешиваемой среды (сырной массы) определим по эмпирической зависимости:

$$P_c = 1016,76 + 4,4 B - 0,53 t,$$

где B – содержание сухих веществ в плавленом сыре, %:

Для сыра советского $B = 50$ %,

t – средняя температура сырной массы (при перемешивании), $^{\circ}C$.

$t = 45$ $^{\circ}C$.

Тогда по формуле 5.5 плотность сырной массы:

$$p_c = 1016,76 + 4,4 \cdot 50 - 0,53 \cdot 45 = 1108 \text{ кг / м}^3,$$

а динамическая вязкость $\mu_c = 74,8$ Па С, при $t = 45$ $^{\circ}C$. [28, с. 352]

Критерий Рейнольдса модифицированный так же можно определить, зная критерий Архимеда, по формуле:

$$R_{cm} = C_1 \cdot A_r \cdot \left(\frac{d_u}{d_m} \right) \cdot \left(\frac{D}{d_m} \right)^k, \quad (3.5)$$

где C_1 и K – коэффициенты, зависящие от типа мешалки: для якорной мешалки $C_1 = 14,8$; $K = 1,0$.

A_r – критерий Архимеда;

d_u – средний диаметр перемешивающих частиц сыра, м; $d_u = 100$ мкм;

D – внутренний диаметр барабана измельчителя - плавителя, м; $D = 0,90$

м;

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$\frac{D}{d_m}$ - отношение внутреннего диаметра барабана к диаметру мешалки;

для якорных мешалок: $\frac{D}{d_m} = 1,11$.

Критерий Архимеда определяется по формуле:

$$A_r = \left(\frac{gd^3}{V_c^2} \right) \cdot \left(\frac{\Delta\rho}{\rho_c} \right), \quad (3.6)$$

где V_c – кинематическая вязкость сырой массы, м²/с, $V_c = 3,8 \cdot 10^{-6}$ м²/с;

$\Delta\rho$ – разность плотностей перемешиваемых фаз (для упрощения будем считать, что перемешиваемым две фазы: частицы сыра и вода), т.е. $\Delta\rho = \Delta\rho_{\text{ч}} - \Delta\rho_{\text{жс}}$;

$\rho_{\text{ч}}$ – плотность частицы сыра жирного и нежирного, кг/м³;

$\rho_{\text{ч}} = 1240$ кг/м³; $\rho_{\text{жс}}$ – плотность воды кг/м³;

$\rho_{\text{жс}} = 1000$ кг/м³ [27, с. 342].

Отношение $\left(\frac{gd^3}{V_c^2} \right)$ пренебрегаем в виду малости его значения.

Тогда $A_r = \left(\frac{\Delta\rho}{\rho_c} \right) = \frac{1240 - 1000}{1108} = 0,31$

Преобразуя формулу 5.5 и 5.3 получим формулу для определения частоты вращения мешалки:

$$n = \frac{c_1 \cdot A_r \cdot (D/d_m)^k \cdot \mu_c}{d_m^2 \cdot \rho_c} = \frac{14,8 \cdot 0,31 \cdot (1,11)^{1,0} \cdot 74,8}{0,86^2 \cdot 1108} = 0,46 \text{ с}^{-1}.$$

Отношение $\frac{d_{\text{ч}}}{d_m}$ также не учитываем в виду малого значения.

Определим критерий Рейнольдса по формуле 5.4:

$$R_{\text{ем}} = \frac{0,46 \cdot 0,86 \cdot 0,86 \cdot 1108}{74,8} = 5,04$$

$R_{\text{ем}} = < R_{\text{ем кр}} = 30$, следовательно, режим перемешивания – ламинарный.

Критерий Эйлера модифицированный определим по формуле 5.7: [28, с. 166]

$$E_{ум} = \frac{71}{R_{iv}} = \frac{71}{5,04} = 14,08 \quad (3.7)$$

а критерий Фруда модифицированный по формуле 5.9:

$$F_{rm} = \frac{n^2 \cdot d_m \cdot 0,46^2 \cdot 0,86}{g} = 0,02$$

где g – ускорение свободного падения, m/c^2 : $g = 9,8 m/c^2$.

Определим рабочую мощность, потребляемую мешалкой. Единой методики определения мощности потребляемой мешалками не существует в виду большого разнообразия их типов, а так же технологических процессов и операций, осуществляемых с помощью мешалок.

Рабочую мощность, потребляемую якорной мешалкой, определим по уравнению:

$$N = C \cdot d^{5-2m} \cdot n^{3m} \cdot p^{1-m} \cdot \mu_{mc} \quad (3.8)$$

где n – частота вращения мешалки, c^{-1} ;

d – диаметр окружности, описываемой концами лопастей мешалки, м,

$d = d_m$; c и m – постоянные, зависящие от типа мешалки.

Для геометрически подобных якорных мешалок по таблице XVIII:

$$\frac{D}{d_m} = 1,11; \quad \frac{h_3}{d_m} = 1,11; \quad \frac{h_l}{d_m} = 0,11;$$

$$C = 6,20; \quad m = 0,25,$$

где h_3 – уровень (высота) сырной массы в сосуде, м;

h_l – расстояние между нижней кромкой лопасти и дном барабана, м;

D – внутренний диаметр барабана, м.

Т.к. проектируемая мешалка не подобна геометрически мешалке для которой выше приведены значения, то вычисленную по уравнению 5.8 мощность надо умножить на коэффициент K , определяемый по уравнению:

$$K = \left(\frac{D}{3d_m} \right)^{1,10} \cdot \left(\frac{h_3}{D} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{4h_l}{d_m} \right)^{0,3} \quad (3.9)$$

Подставляя значения получим:

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K = \left(\frac{0,9}{3 \cdot 0,86} \right)^{1,10} \cdot \left(\frac{0,8}{0,9} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{4 \cdot 0,02}{0,86} \right)^{0,3} = 1,26$$

Тогда по формуле 5.10

$$N = 6,2 \cdot 0,86^{(5-2 \cdot 0,25)} \cdot 0,46^{(3-0,25)} 74,8^{0,25} \cdot 1,26 = 714 \text{ Вт} = 0,71 \text{ кВт}.$$

3.3 Конструктивные расчеты

3.3.1 Кинематический расчет

Планетарные редукторы относятся к механическим зубчатым передачам. Механические передачи служат для передачи энергии на расстояние, как правило с преобразованием по скорости и моменту. В зубчатых передачах движение осуществляется благодаря непосредственному контакту зубчатых коле. Редуктор - это устройство преобразующее высокую угловую скорость вращения входного вала (от двигателя) в более низкую на выходном валу (к полезной нагрузке), повышая при этом вращающий момент.

Передачное отношение (i) – это отношение угловой скорости ведущего вала ω_1 к угловой скорости ведомого вала ω_2 .

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Планетарные редукторы – это механизмы в которых оси отдельных колес являются подвижными. Простейший планетарный редуктор, состоящий из четырех звеньев, изображен на рисунке 3.3. В этих редукторах колеса с подвижными осями вращения называются планетарными колесами или сателлитами (звено 1), а звено, на котором располагаются оси сателлитов, - водилом или планетарным водилом [Н] (звено 2). Зубчатые колеса с неподвижными осями вращения называются солнечными или центральными (звено 3); неподвижное колесо – коронной шестерней, эпициклом или опорным колесом (звено 4). На практике, для повышения прочности планетарного редуктора, количество сателлитов увеличивают до

максимально возможного. Планетарный редуктор, изображенный на рисунке 3.3, носит название редуктора Джемса.

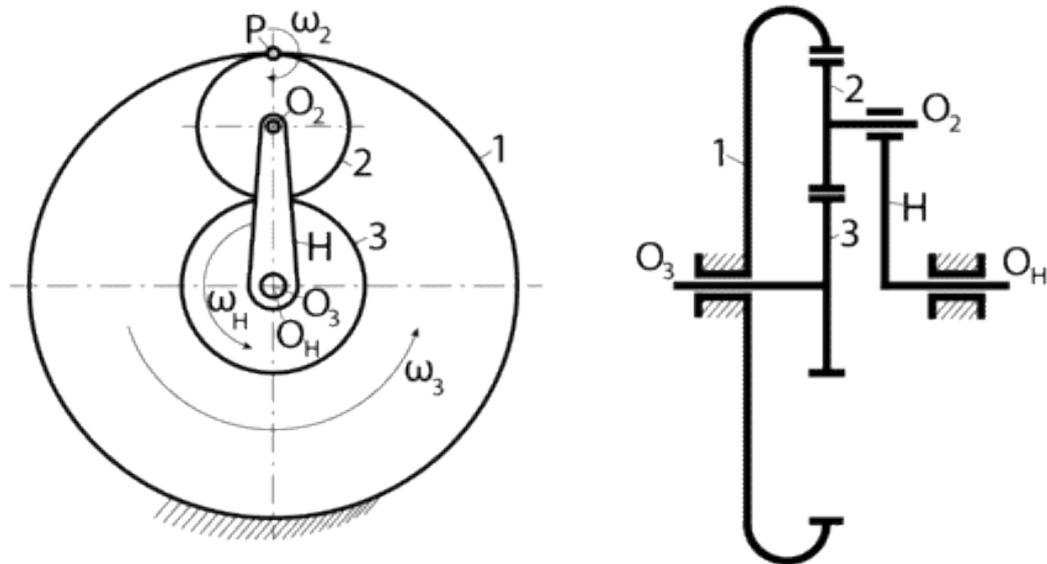


Рисунок 3.3 - Планетарный редуктор

Передаточное отношение U от колеса 3 до водила Н редуктора, при неподвижной коронной шестерне, имеет вид:

$$U_{3H}^{(1)} = \frac{\omega_3}{\omega_H} = 1 + \frac{r_2 r_1}{r_3 r_2} = 1 + \frac{r_1}{r_3}$$

или

$$U_{3H}^{(1)} = \frac{\omega_3}{\omega_H} = 1 + \frac{z_2 z_1}{z_3 z_2} = 1 + \frac{z_1}{z_3}$$

где, U – коэффициент передаточного отношения; индекс (1) – указывает на то, что неподвижным является элемент 1, в данном случае это коронная шестерня; индексы 3 и Н - указывают, что расчет передаточного отношения от колеса 3 (солнечная шестерня) к водилу Н; r – радиусы колес, индексы указывают на радиус соответствующего колеса (r_1 – радиус коронной шестерни); z – количество зубьев шестерни, индексы указывают на количество зубьев соответствующего колеса);

При использовании планетарной передачи в качестве редуктора один из трёх её основных элементов фиксируется неподвижно, а два других служат в качестве ведущего и ведомого. Таким образом, передаточное

отношение будет зависеть от количества зубьев каждого компонента, а также от того, какой элемент закреплён. Для получения самого большого передаточного отношения, неподвижным оставляют коронную шестерню. Такие передачи как правило используют в планетарных мотор-редукторах, на транспорте и машиностроении.

Проверочные расчеты шпонок

Проверочный расчет производится для шпонки посадки ведомой звездочки и ведомого вала лиры с размерами:

$$b = 8, h = 7, \quad I = 145;$$

Для проверочного расчета. используется формула [5]:

$$C_{см} = 2T_2 / d (n - t) I_p < [C] \text{ см}, \quad (3.23)$$

где T_2 - момент на ведомой звездочке, Нм.

Момент T_2 определяется по формуле:

$$T_2 = T_1 / S, \quad (3.24)$$

где S - к.п.д. зубчатой передачи,

$$S = 0,94.$$

$$T_2 = 988 / 0,94 = 1050 \text{ н.м.}$$

I_p - рабочая длина шпонки, мм;

$$I_p = 37 \text{ мм.}$$

[Б] см – допускаемое напряжение смятия:

$$[Б] \text{ см} = 800 / 1200 \text{ МПа.}$$

Имеем:

$$B \text{ см} = 2 \cdot 1050 / 0,3 \cdot (7 - 3) \cdot 3,5 = 500 \text{ МПа} \leq 800 \text{ МПа.}$$

Условие приемлемо.

3.3.2. Теплотехнические расчеты

При расчете теплопередачи в аппаратах с перемешивающими устройствами основной задачей является определение коэффициента теплоотдачи от внутренних поверхностей теплообмена устройств к

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

омывающей их перемешивающей среде.

При теплообмене в средневязких средах коэффициент теплоотдачи a к жидкости обычно невысокой, поэтому при определении основного термического сопротивления всего процесса теплопередачи часто лимитируют отводимый или подводимый к рабочей среде тепловой поток, определяемый по формуле:

$$Q = a \cdot F \cdot t, \quad (3.14)$$

где a – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²К);

F – площадь теплопередающей поверхности, м²;

t – температурный напор, °С.

Определим коэффициент теплопередачи от рабочей среды (сырной массы) к стенке барабана с мешалкой.

Вычислим значение числа Пекле по формуле:

$$P_e = R_e \cdot P_r = \frac{e \cdot \rho_c \cdot \omega_{cp} \cdot d_{rd}}{\lambda}, \quad (3.15)$$

где R_e – критерий Рейнольдса;

P_r – критерий Прандтля;

C – теплоемкость сырной массы, Дж/(кг·К):=2,968 кДж/(кг·К);

ρ_c – плотность сырной массы, кг/м³: $\rho=1108$ кг/м³;

$d_{экр}$ – эквивалентный диаметр периферийной зоны, м;

$d_{экр} = D$ (для аппаратов с якорными мешалками);

D – внутренний диаметр барабана, м: $D=0,9$ м;

λ – теплопроводность сырной массы, Вт/(м К): $\lambda=0,412$ Вт/(м К);

ω_{cp} – средняя скорость в периферийной зоне, м/с, определяемая по формуле:

$$\omega_{cp} = \frac{4 \cdot Q_u}{\pi \cdot d_{rd}^2} \quad (3.16)$$

где Q_u – объемный расход циркуляции, м³/с, определяемый по уравнению:

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_{и} = Z_{л} \left(\frac{L}{L_1} \right) \cdot \left(\frac{D}{d_m} \right)^2 \cdot n \cdot d_m^3 \quad (3.17)$$

где $Z_{л}$ – число лопастей мешалки: $Z_{л}=2$;

L – длина барабана, м: $L=0,5$ м;

L_1 – длина лопасти мешалки, м: $L_1=0,48$ м;

d_m – диаметр мешалки, м: $d_m=0,86$ м;

n – частота вращения мешалки, c^{-1} , $n=0,4$ c^{-1} ;

$$Q_{и} = 2 \cdot \left(\frac{0,5}{0,48} \right) \cdot \left(\frac{0,9}{0,86} \right) \cdot 0,4 \cdot 0,86^3 = 0,68 \text{ м}^3 / c$$

Среднюю скорость определим по формуле 3.33:

$$\omega_{cp} = \frac{4 \cdot 0,68}{3,14 \cdot 0,9^2} = 1,07 \text{ м} / c$$

Значение числа Пекле:

$$P_e = \frac{2968 \cdot 1108 \cdot 1,07 \cdot 0,9}{0,412} = 7,7 \cdot 10^6$$

Режим перемешивания определим из выражения:

$$P_e \cdot \frac{d_{экс}}{L} = 7,7 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,9}{0,5} = 138,6 \cdot 10^5$$

Т. к. полученное значение

$$P_e \cdot \frac{d_{экс}}{L} = 138,6 \cdot 10^5 > 21 \cdot 10^5$$

То для определения коэффициента теплоотдачи критерий Нуссельта определим из уравнения:

$$N_{и} = 2,76 \cdot \left(P_e \cdot \frac{d_{экс}}{L} \right)^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0,14}, \quad (3.18)$$

где μ – динамическая вязкость сырной массы, Па с,

μ_{cm} – динамическая вязкость сырной массы при температуре стенки, Па

с: $\mu_{cm}=56,3$ Па с при $t_{cm}=70$ °С.

$$N_{и} = 2,76 \cdot (138,6 \cdot 10^5)^{0,33} \cdot \left(\frac{74,8}{56,3} \right)^{0,14} = 625,3$$

Коэффициент теплопередачи определим по формуле:

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$a = N_u \cdot \frac{\lambda}{d_{\text{экв}}}, \quad (3.19)$$

$$a = 625,3 \cdot \frac{0,412}{0,9} = 286,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Площадь теплопередающей поверхности стенки барабана определяем по уравнению:

$$F = \pi \cdot D \cdot L, \quad (3.20)$$

$$F = 31,4 \cdot 0,9 \cdot 0,5 = 0,41 \text{ м}^2.$$

Тепловой поток определим из основного уравнения теплообмена:

$$Q = m \cdot C \cdot (t_1 - t_2),$$

где m – количество сырной массы, вырабатываемой в единицу времени, кг/ч;

$$m = 1400 \text{ кг/ч} = 0,39 \text{ кг/с}.$$

t_1 и t_2 – температура сырной массы до и после охлаждения, °С;

$$Q = 1400 \cdot 2968 \cdot (85 - 60) = 28856 \text{ Вт}.$$

Необходимый для отвода тепла температурный напор определим из формулы 3.21:

$$\Delta t = \frac{Q}{L \cdot F} = \frac{28856}{286,7 \cdot 1,41} = 65^\circ \quad (3.21)$$

Средняя температура хладоносителя

$$t_{\text{ср}} = t - \Delta t,$$

где t – температура рабочей среды (сырной массы), °С: $t = t_1 = 85^\circ \text{С}$

$$t_{\text{ср}} = 85^\circ \text{С} - 65^\circ \text{С} = 20^\circ \text{С}.$$

Имея ввиду, что $t_{\text{ср}} = (t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}})/2$,

где $t_{\text{вх}}$ и $t_{\text{вых}}$ – температура хладоносителя на входе и на выходе из рубашки, °С.

Найдем температуру охладителя на выходе из рубашки аппарата:

$$t_{\text{вых}} = 2t_{\text{ср}} - t_{\text{вх}} = 2 \cdot 20 - 3 = 37^\circ \text{С} \text{ (принимая } t_{\text{вх}} = 3^\circ \text{С)}.$$

Затем определим расход хладоносителя:

$$G_x = \frac{Q}{C_x (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}, \quad (3.22)$$

где C_x – теплоемкость хладоносителя, Дж/(кг К):

$$C_x = 4,19 \text{ кДж/(кг К)}$$

или

$$V_x = \frac{3600 \cdot G_x}{\rho_x} = \frac{3600 \cdot 0,2}{1000} = 0,7 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где ρ_x – плотность хладоносителя (воды), кг/м³: $\rho_x = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Кратность циркуляции хладности в рубашке определим по формуле:

$$K_4 = \frac{V_x \cdot \tau}{V_p} \quad (3.23)$$

где τ – продолжительность процесса охлаждения, ч; $\tau = 0,584$

V_p – объем охлаждающей рубашки, м³: $V_p = 0,003 \text{ м}^3$

$$K_4 = \frac{0,7 \cdot 0,58}{0,003} = 135$$

Тепловой поток, расходуемый на нагрев сырной массы, можно определить по уравнению теплового баланса:

$$Q_m = m \cdot C \cdot (t_k - t_u) = G_T \cdot C_T \cdot (\theta_n - \theta_k), \quad (3.24)$$

где G_m – расход теплоносителя, кг/с;

θ_n, θ_k – начальная и конечная температура теплоносителя, °С:

$$t_k = 85 \text{ °С}, t_u = 20 \text{ °С}$$

$$\theta_n = 165 \text{ °С}; \theta_k = 85 \text{ °С}$$

Из уравнения 5.25

$$G_m = \frac{m \cdot C \cdot (t_k - t_u)}{C_m \cdot (\theta_n - \theta_k)} = \frac{0,39 \cdot 2968 \cdot (85 - 20)}{1103 \cdot (165 - 85)} = 0,038 \text{ кг/с} \quad (3.25)$$

$$G_m = 0,038 \text{ кг/с} = 136,8 \text{ кг/ч}$$

3.4 Безопасность жизнедеятельности

В сыродельном производстве применяют сырные ванны или сыроизготовители. Сырные ванны оснащены мешалкой, приводами электродвигателем [14,15,16].

Сырную ванну расположить от входной двери на расстоянии не менее 2,0 м.

Усилие на органы управления сырной ванной не должно превышать 10 Н. Расстояние до рычагов управления сырной ванной не должно превышать 1,5 м от пола.

Привод механических мешалок должен иметь ограждения, а вариатор скоростей заключают в кожух. Гибкий шланг электропривода укрепляют таким образом, чтобы исключить его попадание под колесо каретки мешалки. У ванн с трехскоростным электродвигателями, перед переключением скоростей, устанавливают устройство для отключения питания от электрической сети. Рабочие обслуживающие ванны, должны работать стоя на деревянных решетках.

В процессе работы мешалки запрещается отливать сыворотку, перемешивать вручную и вынимать зерно, очищать стенки ванны от сгустка и касаться руками движущихся частей.

К работе на ванне допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и промышленной санитарии, хорошо изучившие ее устройство и приемы работы.

Перед началом работы все механизмы должны быть тщательно осмотрены, смазаны маслом и проверены на холостом ходу. Выявленные неисправности должны быть устранены.

Рабочее место должно содержаться в чистоте и быть свободным от посторонних предметов в зоне 1 м по всему периметру ванны.

Корпус ванны и электрошкафы должны быть надежно заземлены. Величина сопротивления заземления должна быть не более 4 Ом.

Необходимо ежедневно проверять целостность заземления ванны.

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчет заземления

Элементом для заземления должны быть оснащены изделия, назначение которых не требует осуществления способа защиты человека от поражения электрическим током.

В процессе эксплуатации должно проверяться соответствие заземляющего устройства, тока однофазного и возможной длительности воздействия напряжения прикосновения расчетным значениям, принятым при проектировании заземляющего устройства.

Заземление представляет собой ряд стержней стальных заглубленных в землю на определенную глубину l . Сопротивление, протекающего тока одиночного стержневого заземления определяется по формуле:

$$R_c = 0,366 \frac{\rho}{l} x, \quad (4.1)$$

$$x = \ln \frac{4l}{d}, \quad (4.2)$$

где 0,366 - коэффициент перевода;

ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м;

d - диаметр стержня, м;

l - длина стержня, м.

Принимая во внимание, что $l=2$ м и $d=0,5$ м находим:

$$R_c = 0,366 \frac{80}{2} \ln \frac{4 \cdot 2}{0,05} = 260 \text{ м.}$$

Необходимое количество заземлителей определяется по формуле:

$$n = \frac{R_c K_c}{R_n n_i}, \quad (4.3)$$

где n - необходимое число заземлителей;

R_c - сопротивление протекания токов, Ом·м;

K_c - коэффициент сезонности, $K_c = 0,6$ для средних полос;

R_n - нормативное сопротивление заземления, $R_n = 7,50$ м;

n_i - коэффициент хромирования заземлителей, $n_i = 0,9$.

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n = \frac{26 \cdot 0,6}{7,5 \cdot 0,9} = 2$$

3.4.2 Требования безопасности при работе сыродельной ванны

Общие требования безопасности

Оператор допускается к работе, пройдя инструктаж по технике безопасности и промышленной санитарии, прошедший медицинский осмотр, хорошо изучивший ее устройство и принцип работы. Так же получает специальную одежду. Допускаются лица старше 18 лет.

Опасными факторами при выполнении работ являются: скользкие ступеньки, недостаточное освещение, вращающиеся ножи. Все механизмы должны быть тщательно осмотрены со сменщиком, смазаны и проверены на холостом ходу. Выявленные неисправности должны быть устранены.

Находясь на территории, в цехах не распивать спиртные напитки, курить в отведенных специальных местах

Требования безопасности перед началом работ

Необходимо проверить и надеть установленную для этого вида работ спецодежду. Одежда должна быть застегнута на все пуговицы. Получить наряд.

Проверить и подготовить к работе свое рабочее место, в зоне 1 м должно быть все свободно от посторонних предметов.

Убедиться, что рабочее место достаточно освещено и свет не слепит глаза.

Требования безопасности во время работы

Все время работы следить за исправностью технологического оборудования. После окончания рабочей смены ванну необходимо отключить от всех видов энергии, снять сито, кран. Мойку и чистку ванны и отдельных устройств с продуктом, производить в соответствии с действующими на данном предприятии инструкциями;

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Требования безопасности по окончании работ

Мойку инструмента производить на месте. Запрещается ударять по инструменту с целью удаления с него оставшихся зерен продукта. Рекомендуется для этого использовать щетку с жестким волосом; После мойки и чистки ванны, все устройства должны быть приведены в исходное положение.

Требования безопасности в аварийной ситуации

По окончании работы принять меры исключаящие опасность для людей при отсутствии оператора сырной ванны на своём месте, очистить спецодежду. Записать в журнал сведения об отношениях в технологическом процессе и сообщить мастеру.

3.5 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.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

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.

3.6 Экономическая часть

3.6.1 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Экономическая оценка проектируемой конструкции начинают с определения массы конструкции. Она определяется по формуле:

$$G=(G_k + G_r) \cdot K, \quad (3.6.1)$$

где G_k - масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг.;

G_r - масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг.

K - коэффициент, который учитывает массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов (для расчета $K=1,05...1,15$).

Масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов определяется в таблице 3.6.1.

Таблица 3.6.1 - Масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов

№ п/п	Наименование детали и материала	Количество	Масса детали, кг
1	Кронштейн	2 шт.	12,5
2	Упор	2 шт.	14
3	Крышка	3 шт.	7,6
Итого			34,1

Масса готовых деталей, узлов и агрегатов принимается по справочным данным. Масса готовых деталей, узлов и агрегатов составляет 2250 кг.

Например: Эл. двигатель А4 80В8У3, $G_{\text{эл.дв.}} = 20$ кг. Шпонки – 0,032 кг.

Болты – 1,8 кг. Прочие изделия – 13,5.

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Масса готовых деталей, узлов и агрегатов составляет 34,12 кг.

$$G = (2250 + 34,1) \cdot 1,1 = 2512,5 \text{ кг.}$$

Балансовая стоимость конструкции определяется по сопоставимости массы по формуле:

$$C_{\text{б}} = C_{\text{б0}} \cdot \text{б} \cdot G_1 / G_0, \quad (3.6.2)$$

где G_1, G_0 – масса новой и базовой конструкций, кг.;

б – коэффициент, учитывающий удешевление или удорожание новой конструкции в зависимости от сложности изготовления;

$$(\text{б} = 0,95 \dots 1,05)$$

$$C_{\text{б}} = 200850 \cdot 0,95 \cdot 2512,5 / 2250 = 213068,3 \text{ руб.}$$

Для расчета технико-экономических показателей собираются исходные данные.

Таблица 3.6.2 - Исходные данные

Наименование	Варианты	
	Базовый	Проектируемый
Масса конструкции, кг	2250	2512,5
Балансовая стоимость, руб.	200850	213068,3
Потребляемая мощность, кВт	2,2	2,2
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	III	III
Тарифная ставка, руб./чел.·ч.	10	10
Норма амортизации, %	16,6	16,6
Норма затрат на ремонт и ТО, %	15	15
Годовая загрузка конструкции, ч	900	900
Производительность, т/ч	0,25	0,3

Работа мешалки сырной ванны относится к стационарным работам периодического действия. Из сыродельной ванны вместимостью 2500 л. получаем выход сыра 250 кг.

$$W_{\text{час}}^0 = 250 \text{ кг.}$$

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Из сыродельной ванны вместимостью 3000 л. получаем выход сыра 300 кг.

$$W_{\text{час}}^1 = 300 \text{ кг.}$$

Энергоемкость процесса определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_{\text{ч}}}, \quad (3.6.4)$$

где N_e - потребляемая мощность, кВт.;

W - часовая производительность, т./ч.

$$\mathcal{E}_e^0 = \frac{2,2}{0,25} = 8,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч./т.};$$

$$\mathcal{E}_e^1 = \frac{2,2}{0,3} = 7,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч./т.};$$

Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений.

Металлоемкость процесса определяется по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot T_{\text{ст}}}, \quad (3.6.5)$$

где G - масса конструкции, кг.;

$T_{\text{год}}$ - годовая загрузка, ч.;

$T_{\text{сл}}$ - срок службы, лет.

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

$$M_e^0 = \frac{2250}{0,25 \cdot 900 \cdot 10} = 1 \text{ кг./т.};$$

$$M_e^1 = \frac{2512,5}{0,3 \cdot 900 \cdot 10} = 0,93 \text{ кг./т.};$$

Фондоемкость определяется по формуле:

$$F_e = \frac{C_{\text{б}}}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (3.6.6)$$

где $C_{\text{б}}$ - балансовая стоимость, руб.

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$F_e^0 = \frac{200850}{0,25 \cdot 900 \cdot 10} = 89,2 \text{ руб./т.};$$

$$F_e^1 = \frac{213068,3}{0,3 \cdot 900 \cdot 10} = 78,9 \text{ руб./т.};$$

Себестоимость определяется по формуле:

$$S = C_{ЗП} + C_{Э} + C_{РТО} + A, \quad (3.6.7)$$

где $C_{ЗП}$ - затраты на заработную плату, руб./т.;

$C_{Э}$ – затраты на электроэнергию, руб./т.;

$C_{РТО}$ – затраты на ремонт и ТО, руб./т.;

A – амортизационные отчисления, руб./т.

$$C_{ЗП} = z \cdot T_e \cdot K_{\partial} \cdot K_{см} \cdot K_{от} \cdot K_{сс}, \quad (3.6.8)$$

где z - часовая тарифная ставка, руб./чел.·ч.

Трудоемкость процесса определяется по формуле:

$$T_e = \frac{n_p}{W_{ч}}, \quad (3.6.9)$$

где n_p - количество рабочих, чел.

$$T_e^0 = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ чел./т.};$$

$$T_e^1 = \frac{1}{0,3} = 3,3 \text{ чел.·ч./т.};$$

$$C_{ЗП}^0 = 62,8 \cdot 4 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,12 = 443 \text{ руб./т.};$$

$$C_{ЗП}^1 = 62,8 \cdot 3,3 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,12 = 365 \text{ руб./т.};$$

Затраты на электроэнергию определяется по формуле:

$$C_{Э} = C_{Э} \cdot \Delta_e, \quad (3.6.10)$$

где $C_{Э}$ – цена электроэнергии отпускная $C_{Э} = 2,43$ руб./кВт.

Δ_e – потребляемая мощность, кВт.

Принимая во внимание, что $C_{Э} = 2,43$ руб./кВт, находим:

$$C_{Э}^0 = 2,43 \cdot 8,8 = 20,2 \text{ руб./т.};$$

$$C_{Э}^1 = 2,43 \cdot 7,3 = 17,7 \text{ руб./т.}$$

Затраты на ремонт и ТО определяется по формуле:

$$C_{pmo} = \frac{C_{\sigma} \cdot H_{pmo}}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (3.6.11)$$

где H_{pmo} - суммарная норма затрат на ремонт и ТО, $H=15\%$.

$$C_{pmo}^0 = \frac{200850 \cdot 15}{100 \cdot 0,25 \cdot 900} = 133,9 \text{ руб./т.};$$

$$C_{pmo}^1 = \frac{213068,3 \cdot 15}{100 \cdot 0,3 \cdot 900} = 118 \text{ руб./т.}$$

Затраты на амортизацию определяется по формуле:

$$A = \frac{C_{\sigma} \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (3.6.12)$$

где a - норма амортизации; $a = 18$.

$$A^0 = \frac{200850 \cdot 18}{100 \cdot 0,25 \cdot 900} = 160,7 \text{ руб./т.};$$

$$A^1 = \frac{213068,3 \cdot 18}{100 \cdot 0,3 \cdot 900} = 142 \text{ руб./т.}$$

Себестоимость определяется по формуле:

$$S^0 = 443 + 20,2 + 133,9 + 160,7 = 757,8 \text{ руб./т.};$$

$$S^1 = 365 + 17,7 + 78 + 93,6 = 554,3 \text{ руб./т.}$$

Приведенные затраты определяется по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_H \cdot k = S + E_H \cdot F_e, \quad (3.6.13)$$

где E_H - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений = 0,15.

$$C_{\text{прив}}^0 = 757,8 + 0,15 \cdot 89,2 = 771,2 \text{ руб./т.};$$

$$C_{\text{прив}}^1 = 554,3 + 0,15 \cdot 78,9 = 566 \text{ руб./т.}$$

Годовая экономия определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S - S') \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (3.6.14)$$

где $T_{\text{год}}$ – годовая нормативная загрузка, ч.

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (771,2 - 566) \cdot 0,3 \cdot 900 = 56160 \text{ руб.}$$

					<i>ВКР.35.03.06.085.20.СВФ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_{год} = (C_{прив} - C'_{прив}) \cdot W_{ч} \cdot T_{год}, \quad (3.6.15)$$

$$E_{год} = (796 - 580) \cdot 0,3 \cdot 900 = 58320 \text{ руб.};$$

Срок окупаемости определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C_{б}}{\mathcal{E}_{год}}, \quad (3.6.16)$$

$$T_{ок} = \frac{213068,3}{56160} = 3,2 \text{ года.}$$

Коэффициент эффективности капитальных вложений определяется по формуле:

$$E_{эф} = \frac{1}{T_{ок}}, \quad (3.6.17)$$

$$E_{эф} = \frac{1}{3,2} = 0,3$$

Все технико-экономические показатели эффективности конструкции сводим в таблицу 3.6.3

Таблица. 3.6.3 - Технико-экономические показатели конструкции

№ пп	Наименование показателей	Варианты	
		Базовый (исходный)	Проектиру емый
1	Часовая производительность, т./ч.	0,25	0,3
2	Фондоемкость производства, руб./т.	89,2	78,9
3	Металлоемкость конструкции, кг./т.	1	0,93
4	Трудоемкость, чел./т.	4	3,3
5	Энергоемкость процесса, кВт/ед.	8,8	7,3
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./ед.	757,8	554,3
8	Уровень приведенных затрат, руб./ед.	771,2	566
9	Годовая экономия, руб	-	56160
10	Годовой экономический эффект	-	58320
11	Срок окупаемости капитальных вложений	-	3,2
12	Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	-	0,3

Заключение

В данном ВКР предложен путь повышения производительности и рентабельности, снижения затрат труда и себестоимости производства сыра.

На основании анализа аналогов и патентных исследований аппаратов для плавленого сыра был модернизирован агрегат для изготовления сырного зерна. Суть модернизации заключается в замене базовых перемешивающих устройств на более эффективные – универсальные. Которые позволят ускорить технологический процесс. Так же была произведена замена устаревшего приводного механизма на более современный планетарный механизм приводимый через частотный преобразователь способного плавно регулировать изменение скорости вращения лир в необходимом диапазоне.

Результаты технологических и конструктивных расчетов показали, что модернизация приводит к увеличению производительности агрегата на 200 кг/ч (или на 17%).

Предлагаемая технологическая схема производства сыра является экономичной, так как затраты на электроэнергию снизились на 23,6 % по сравнению с существующей технологией.

ВКР заканчивается технико-экономической оценкой проекта и конструкторской разработки, которая подтверждает целесообразность его внедрения в производство, в результате чего можно получить экономическую выгоду (прибыль). Предлагаемое усовершенствование сыродельной ванны позволило снизить металлоемкость на 9,3 %, энергоемкость – на 11%, что делает ее экономичнее. Об этом свидетельствует показатель годовой экономии, который составил 56160 руб., срок окупаемости – 3,2 года.

Эти показатели свидетельствуют о выгодности проектируемых мероприятий и правильности выбора направления разработок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3-х т. Т.1. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979 – 728 стр.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3-х т. Т.2. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979 – 559 стр.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3-х т. Т.2. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979 – 557 стр.
4. Барабанщиков Н.В. Качество молока и молочных продуктов. – М.: Колос, 1980 – 200 стр.
5. Баркан А.С. Особенности технологии производства бескорковых сыров. – М.: Колос, 1975.
6. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для ВУЗов С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Казьяков и др.; под общей ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп.- М.: Высш. шк., 1999 – 448 стр.
7. Волчков И.И. Теплообменные аппараты для молока и молочных продуктов – М.: «Пищевая промышленность», 1972.
8. ГОСТ 2.307-68. Изображения – виды, разрезы, сечения. – М.: Изд. стандартов, 1991. – С. – 12.
9. ГОСТ 2.307-68. Нанесение размеров и продольных склонений. – М.: Изд. стандартов, 1991. – С. – 18.
10. Ковалев Ю.Н. Технология и механизация животноводства. Учебник для профессионального образования.-М., Изд-во Академия, 2000. – 164с.
11. Легеза В.Н. Животноводство. Учебник для учащихся учреждений начального профессионального образования. 2-е изд.- М., Изд-во Академия, 2004.
12. Мельников С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов.2-е изд., перераб. и доп. – Л: Агропромиздат Ленинград. отд- ние, 1985. – С. – 640.

13. Некрасов С.С. Обработка материалов резанием. – М.: Колос, 1997. – С. – 320.
14. Организация производства в сельскохозяйственных предприятиях. Н.С. Власов, А.С. Запускалов, Ю.В. Панус и др. под ред. Н.В. Власова. – М.: Колос, 1982. – С. – 463.
15. Охрана труда в сельском хозяйстве. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1978-624 стр.
16. Охрана труда. – М.: Колос. 1977. – С. – 336.
17. Охрана труда. Ф.М. Канарев, В.В Бугаевский и др.; под ред. Ф.М. Канарева. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. С. – 351.
18. Примерный учебный план среднего профессионального образования базового уровня по специальности 3106 Механизация сельского хозяйства. – М., 2002.
19. Ростроса Н.К. Курсовое и дипломное проектирование предприятий молочной промышленности. – М.: «Пищевая промышленность», 1976-340 стр.