

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»**

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ
ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА:
ОБОРУДОВАНИЕ
МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.**

краткий курс лекций

для студентов 3-4 курса

**Направление подготовки
35.03.07 Технология производства и переработки
сельскохозяйственной продукции**

**Профиль подготовки
Технология пищевых производств в АПК**

Саратов 2018

УДК 637.02
ББК 36
К29

:

Оборудование для переработки продукции животноводства:
К29 **Оборудование молочной промышленности:** краткий курс лекций для направления подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции / Сост.: Д.Н. Катусов // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2018. – Том1. 62 с.

Краткий курс лекций по модулю «Оборудование для переработки продукции животноводства» составлен в соответствие с рабочей программой модуля и предназначен для бакалавров направления подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». Краткий курс лекций содержит теоретический материал по основным вопросам модуля «Оборудование для переработки продукции животноводства». Направлен на формирование у бакалавров знаний современного оборудования для переработки молока и мяса отечественных и зарубежных производителей, особенностей его расчета и эксплуатации, а также умений осуществлять его профессиональную эксплуатацию с поддержанием оптимальных режимов.

УДК 637.02
ББК 36

© ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2018

УДК 637.02
ББК 36

Введение.

Одной из основных задач промышленности для переработки продукции животноводства является перевооружение отрасли на новой технической основе, обеспечивающей повышение качества и надежности используемых машин и аппаратов. При техническом переоснащении перерабатывающей промышленности предусматривается использование высокопроизводительного технического оборудования, изготовление комплектов машин, аппаратов и поточно-механизированных линий, обеспечивающих повышение производительности труда, комплексную механизацию и автоматизацию производственных процессов на базе использования передовой технологии. Внедрение новых способов обработки и переработки продукции животноводства требует применение нового, прогрессивного технологического оборудования. При разработке и использовании такого оборудования важно добиться высокого качества получаемой продукции.

Строительство новых, увеличение мощности и реконструкция действующих предприятий, модернизация и обновление оборудования должны вестись с расчетом на возможно более мощную механизацию и автоматизацию производства, интенсификацию технологических процессов. Круг технических и экономических проблем, возникающих перед специалистами перерабатывающей промышленности, весьма широк, и не может быть однозначного решения того или иного производственного вопроса, что требует от специалистов не только глубоких теоретических знаний, но и умений эффективного их использования в практической деятельности.

В соответствии с учебным планом по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» модуль «Оборудование для переработки продукции животноводства: Оборудование молочной промышленности. Оборудование мясной промышленности» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Модуль «Оборудование для переработки продукции животноводства» направлен на формирование у студентов профессиональных компетенций:

Способность эксплуатировать в соответствии с требованиями безопасности различные виды технологического оборудования для переработки сельскохозяйственного сырья и производства продуктов питания (ПК-7);

Способность использовать механические и автоматические устройства при производстве и переработке продукции растениеводства и животноводства (ПК-10).

Лекция 1

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ. СРЕДСТВА ДЛЯ ДОСТАВКИ МОЛОКА, РЕЗЕРВУАРЫ ДЛЯ ПРИЕМКИ И ХРАНЕНИЯ МОЛОКА, РЕЗЕРВУАРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

1.1. Вводная часть

Особенностями, которые характеризуют молочную отрасль, является: повсеместность производства молока и молочных продуктов для бесперебойного снабжения ими населения, необходимость органического сочетания молочной отрасли с другими отраслями сельского хозяйства, значительная трудоемкость и большая доля продукции этой отрасли во всем объеме производства сельскохозяйственной продукции в большинстве регионов страны. Молочная отрасль оказывает большое влияние на экономику всего сельского хозяйства, поэтому производство молока имеет большое народнохозяйственное значение.

Важнейшим условием повышения качества и расширения ассортимента выпускаемой продукции является постоянный и непрерывный процесс модернизации производства предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, а качество потребляемых продуктов питания служит одним из основных условий сохранения здоровья населения.

Технологическое оборудование большинства предприятий сильно изношено и требует замены. Молокоперерабатывающим предприятиям необходимо направить свои усилия в первую очередь на дальнейшее техническое перевооружение, реконструкцию, модернизацию технологического оборудования, приобретение нового современного оборудования и внедрение высокоэффективных технологий.

В отечественной молочной промышленности наблюдаются существенные сдвиги в научных технических разработках, чему способствуют появляющиеся новые технологии производства и новые продукты питания, а также спрос на молочную продукцию.

В настоящее время новое современное оборудование молокоперерабатывающей отрасли разрабатывают и предоставляют: «ОКБ ОСКОН» (г. Киров), ООО «АГРОСЕРВИС» (Московская обл., г. Электросталь), ЭМЗ ВНИИМС, АГРОПРОМ инжиниринг, ПищмашСервис (г. Москва).

Использование микропроцессорной техники является важнейшим условием для новых технических разработок, промышленной эксплуатации технологического оборудования и создания прогрессивных технологий.

Поэтому в последнее время «ОКБ ОСКОН» уделяется значительное внимание постановке задач и разработке АСУТП для всего комплекса технологических операций.

Опыт прошлого и современное производство молочных продуктов позволяет утверждать, что человечество и в дальнейшем будет непрерывно совершенствовать технологию и технику производства молочных продуктов, видоизменять и расширять их ассортимент.

Все шире будут использоваться процессы фракционирования молока с применением мембранной техники (обратный осмос, ультрафильтрация, электродиализ, ионный обмен), а также применение биополимеров для фракционирования и концентрирования молока. В перспективе будут создаваться аппараты непрерывного действия различной

производительности, управляемые специалистами - технологами через компьютерные системы.

1.2. Средства для доставки молока и молочных продуктов

Молоко и жидкие молочные продукты доставляются на молочные комбинаты и заводы в цистернах различными видами транспорта: автомобильным, железнодорожным, водным, воздушным. В зависимости от вида транспортных средств различают цистерны для автомобильного, железнодорожного и водного транспорта.

Автомобильные цистерны имеют одну, две или даже три закрывающиеся емкости, установленные на грузовых автомобилях, прицепах или полуприцепах. Форма емкости малой вместимости (до 3000 л) – цилиндрическая. Емкости большей вместимости имеют эллиптическую форму: они более устойчивы. Вместимость цистерны должна соответствовать грузоподъемности автомобиля [15].

Для транспортировки молока применяются следующие автомолцистерны: прицеп-цистерна марки Р9-ОТВ-1,0 для торговли молоком, АЦПТ-2Т-0,9 – вместимостью 900 л, АЦПТ-1,7 – вместимостью 1700 л имеет 2 секции, АЦПТ-2,1 – двухсекционная вместимостью 2100 л, АЦПТ-3,3 – двухсекционная вместимостью 3300 л, (рис. 6.1) Г6-ОТА-3,4 вместимостью 3400 л двухсекционная, АЦПТ-11,5 – трехсекционная вместимостью 11500 л, Г6-ОПА-15,5 – четырехсекционная с прицепом вместимостью 15500 л. При заполнении цистерны с помощью насоса последний приводится в действие от двигателя автомобиля или включением электродвигателя насоса в электросеть.

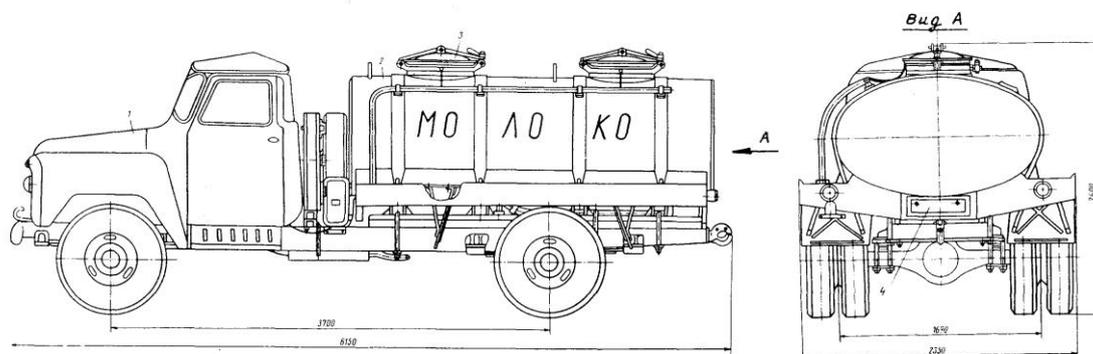


Рис. 1.1. Общий вид цистерны марки АЦПТ-3,3: 1 – автомобиль; 2 – цистерна двухсекционная; 3 – люк с крышкой; 4 – камера выпускных штуцеров

Уровень заполнения цистерны молоком контролируется специальным поплавковым устройством, подключенным в цепь сигнализации вместе с сигнальной лампочкой и звуковым сигналом. При заполнении цистерны поплавок поднимается вверх до касания верхнего контакта. При этом цепь замыкается, в кабине водителя загорается сигнальная лампа и раздается звуковой сигнал. Заполнение цистерны прекращается.

Опорожнение цистерны осуществляется самотеком или под действием сжатого воздуха.

Железнодорожные цистерны состоят из двух или трех частей, имеют вместимость от 12000 до 30000 л, заполняются насосом, который устанавливается на платформе.

Цистерны водного транспорта монтируются на катерах-теплоходах и имеют две емкости 13000 и 8000 л, заполняются посредством насоса, установленного на катере, разгружаются с помощью центробежного насоса через систему трубопроводов.

Цистерны изготавливают из нержавеющей стали, иногда из алюминия. Толщина стенок колеблется от 6 до 10 мм. Цистерны защищены теплоизоляцией, выполненной из мипоры или алюминиевой фольги и пенопласта. Толщина изоляционного слоя автомобильных цистерн до 40 мм, железнодорожных - до 200 мм. Редко в качестве изоляции применяют полистирол (толщина слоя 50 мм). Теплоизоляция удерживается деревянной обшивкой, сверху покрывается 1-2 слоями рубероида или пергамента из битума (гидроизоляция).

Обшивка стягивается проволокой и затем закрывается стальными листами толщиной 2 мм. Во всех цистернах имеются люки для очистки и мойки, сливные устройства.

Цистерны водного транспорта снабжены мешалкой пропеллерного типа и термометром, автомобильные цистерны - устройством для отбора проб, дистанционным термометром, приборами для определения pH молока. Если на автомобильных цистернах имеются объемные счетчики, то они, как правило, снабжаются печатными устройствами.

1.3. Резервуары для приемки и хранения молока

Резервуары общего назначения представляют собой цистерны для доставки молока, а также ванны для его хранения при заданном режиме.

В резервуарах общего назначения первоначальные качественные показатели молочной продукции не должны изменяться [2].

Резервуары марок В2-ОМВ-2,5 (рис. 1.2) и В2-ОМВ-6,3 выпускаются вертикального исполнения, В2-ОМГ-4,0 – горизонтального. Вместимость данных резервуаров, соответственно, 2500, 6300 и 4000 дм³.

Резервуары марок В2-ОМГ-10 и Г6-ОМГ-25 – горизонтальные без системы охлаждения, предназначены для хранения охлажденного молока на предприятиях молочной промышленности [11].

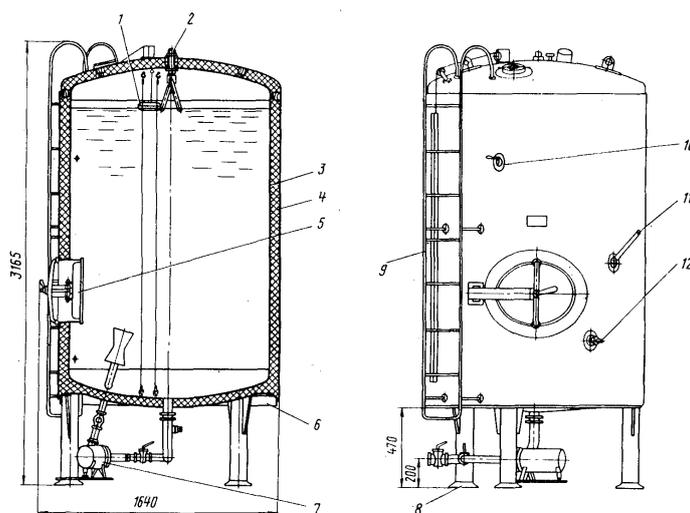


Рис. 1.2. Общий вид резервуара В2-ОМВ-2,5: 1 – указатели уровня молока; 2 – моечное устройство; 3 – корпус; 4 – изоляция; 5 – люк; 6 – основание; 7 – перемешивающее устройство;

8 – опора; 9 – лестница; 10 – кран для отбора проб; 11 – термометр; 12 – манометрический термометр

Рабочая вместимость резервуаров В2-ОМГ-10 и Г6-ОМГ-25 соответственно 10 и 25 т. Установленная мощность перемешивающего устройства 0,6 кВт.

Устройство и использование резервуаров аналогично резервуару В2-ОМГ-4,0.

Отличительной особенностью конструкции резервуаров на 10 и 25 т является наличие шести опор и двух специальных моечных головок, разбрызгивающих раствор в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Резервуар марки В2-ОХР-50 предназначен для хранения молока на молокоперерабатывающих предприятиях и устанавливается вне помещения при температуре окружающего воздуха от -25°C до $+38^{\circ}\text{C}$. Рабочая вместимость резервуара – 50 т, внутренний диаметр – 3 м, высота – 8,96 м.

1.4. Емкостные аппараты специального назначения

При переработке молока в зависимости от вида получаемого молочного продукта используются биохимические, физико-химические и тепловые процессы. Для их проведения применяют емкости соответствующей конструкции.

Резервуары специального назначения – это ванны, используемые для проведения тепловых и биохимических процессов, ванны промежуточного резервирования.

В резервуарах специального назначения в исходном продукте происходят определенные качественные изменения (сливкосозревание, нормализация высокожирных сливок или молока, кристаллизация, закваска). Особенностью емкостей специального назначения является наличие водяной рубашки в межстенном пространстве для изменения температуры продукта.

Емкости для биохимических процессов

При производстве кисломолочных продуктов и заквасок используются специальные емкости, в которых осуществляются регулируемые биохимические процессы [17].

Для производства кисломолочных напитков резервуарным способом разработаны резервуары Р4-ОТН-2, Р4-ОТН-4, Р4-ОТН-6 и резервуары Р4-ОТМ-2, Р4-ОТМ-4, Р4-ОТМ-6.

Резервуары типа Р4-ОТН и Р4-ОТМ по технической характеристике, конструкции и принципу работы аналогичны. Различие заключается только в том, что в резервуарах типа Р4-ОТМ отсутствует устройство КУ-3, обеспечивающее автоматический контроль и регулирование процесса созревания продукта.

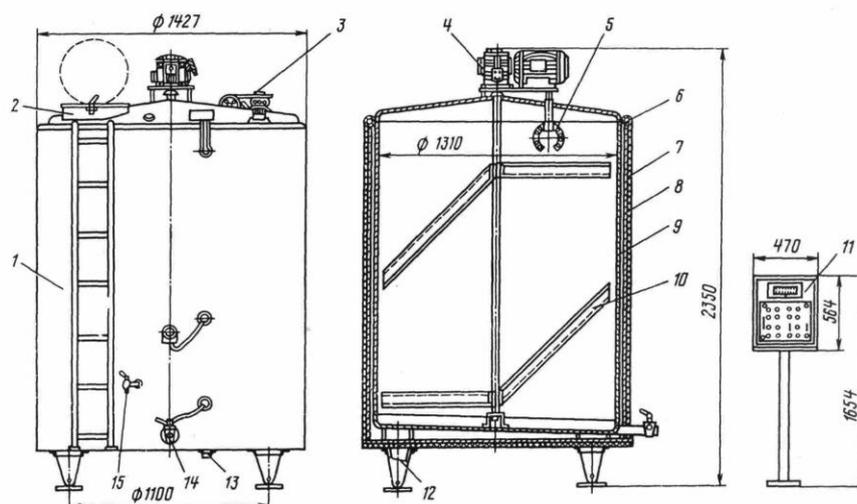


Рис. 1.3. Резервуар Р4-ОТН-2 для производства кефира:

1 – корпус; 2 – люк; 3 – кран РКМ-3; 4 – привод мешалки; 5 – устройство механической мойки; 6 – труба орошения; 7-термоизоляция; 8 – средний цилиндр; 9 – внутренний цилиндр; 10 – мешалка; 11 – щит управления; 12 – опора; 13 – сливной патрубков; 14 – трехходовой кран; 15 – кран для отбора проб

Резервуары типа Р4-ОТН (рис. 1.3) и Р4-ОТМ для производстве кефира и кисломолочных напитков имеют трехстенный сосуд, состоящий из внутреннего цилиндра, выполненного из нержавеющей стали, и двух днищ: верхнего конусного и нижнего плоского. Для обеспечения полноты опорожнения резервуара нижнее днище сделано с наклоном в сторону сливного патрубков. На верхнем днище укреплен привод мешалки, смонтированы светильник, смотровое окно, устройство механической мойки, приварены патрубки для установки датчиков наполнения [12].

Средний цилиндр изготовлен из обычной стали. Между внутренним и средним цилиндрами имеется кольцевой зазор для прохождения охлаждающей воды, поступающей из трубы орошения. Пространство между обшивкой и средним сосудом заполнено термоизоляционным материалом с целью поддержания необходимой температуры в рабочей полости резервуара.

Важным узлом резервуара является привод мешалки, состоящий из электродвигателя и червячного редуктора, соединенных между собой посредством муфты. Выходной вал редуктора соединен с валом мешалки с помощью переходника.

Для приготовления заквасок в лабораторных и производственных условиях промышленность выпускает заквасочные аппараты Г6-03-12; Г6-03-40.

В заквасочных аппаратах Г6-03-12 и Г6-03-40 приготавливают материнскую и производственную закваску на чистых культурах молочнокислых бактерий путем пастеризации молока, его заквашивания, сквашивания и охлаждения.

Заквасочник марки Г6-03-12 состоит из следующих основных частей: термоизолированной ванны с подставкой, термоизолированной крышки, четырех ушат с крышками, электрошкафа с пультом управления, комплекта принадлежностей.

Ванна заквасочника представляет собой сварную конструкцию, состоящую из наружной и внутренней ванн. Пространство между ваннами заполнено термоизоляцией. Ванна закрывается крышкой, шарнирно прикрепленной к ванне.

Со стороны электрошкафа в ванну вмонтированы три электронагревательных элемента и датчик регулятора температуры. В верхней части ванны имеется решетка, в которую вставляются четыре ушата.

Ушаты с молоком помещаются в ванну, заполненную водой до переливной трубы. Нагрев молока до температуры пастеризации и выдержка при этой температуре происходят в автоматическом режиме. Затем в ванну подается холодная вода, молоко охлаждается до температуры сквашивания. После достижения этой температуры в ушаты вносятся культуры молочнокислых бактерий.

Сквашивание молока происходит при температуре, автоматически поддерживаемой в течение времени, определяемого технологическими инструкциями по производству заквасок. Готовая закваска охлаждается хладагентом.

Вместимость ушатов установки Г6-03-12 – 12 дм³; Г6-03-40 – 40 дм³, число ушатов, соответственно, – 4 и 2.

Для приготовления производственной закваски выпускаются заквасочные установки ОЗУ-300 и ОЗУ-600. Они имеют термоизолированный заквасочник, электрошкаф и систему трубопроводов.

Ванна заквасочника состоит из внутренней и наружной ванн и облицовки. Пространство между наружной ванной и облицовкой заполнено пенопластом. Между наружной и внутренней ваннами находятся парораспределительная головка, трубчатый электронагреватель, термометр сопротивления и переливные трубы.

Парораспределительная головка, к которой через систему трубопроводов подводятся пар и ледяная вода, служит для равномерного распределения пара в межстенном пространстве. Трубчатый электронагреватель служит для поддержания температуры сквашивания молока и установлен под дном внутренней ванны. Санитарную обработку внутренней поверхности заквасочника осуществляют через моющую головку.

Рабочая вместимость заквасочной установки ОЗУ-300 – 0,30 м³, ОЗУ-600 – 0,60 м³, частота вращения мешалки 0,47 с⁻¹, установленная мощность электродвигателя мешалки 0,55 кВт.

Емкости для тепловых процессов

Тепловые процессы – пастеризацию и охлаждение молока, приготовление кисломолочных продуктов и производственных заквасок, сметаны, смеси мороженого – проводят в универсальном танке Г2-ОТ2-А, ваннах длительной пастеризации ВДП-300, Г6-ОПА-600, Г6-ОПБ-1000. Эти емкости включают в себя следующие основные части (рис. 1.4): ванну, систему трубопроводов и шкаф управления [11].

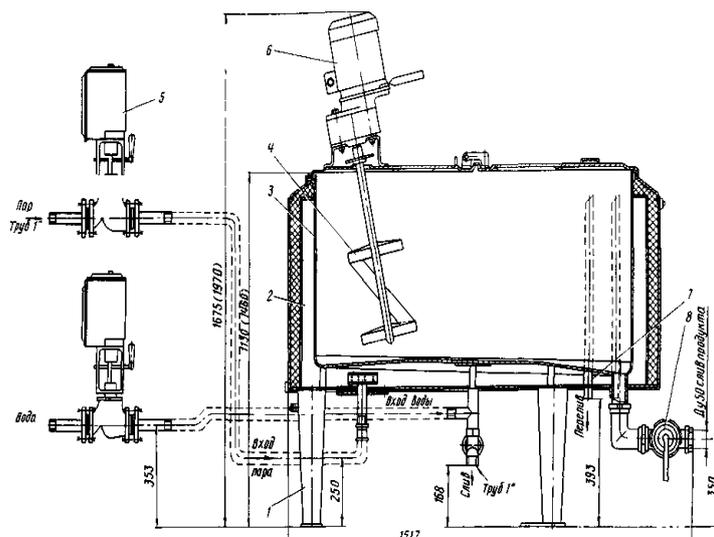


Рис.1.4. Общий вид ванны пастеризационной марки Г6-ОПА-600 (Г6-ОПБ-1000): 1 - опора; 2 - корпус; 3 - ванна; 4 - мешалка; 5 - электромагнитный вентиль; 6 - привод; 7 - переливная труба; 8 – кран

Ванна состоит из внутренней нержавеющей емкости, заключенной в корпус, и наружной облицовки. Под внутренней ванной размещена парораспределительная головка, к которой по трубопроводу подводится пар. Из межстенного пространства вниз выведен патрубок для слива воды. К нему присоединены вентиль и трубопровод подачи холодной воды. Для поддержания постоянного уровня воды в межстенном пространстве служат переливные трубы.

Продукт в емкостях перемешивается мешалкой, вращающейся от мотор-редуктора. Контроль за температурой продукта, воды в межстенном пространстве осуществляется с помощью термометров.

Крышка ванны состоит из двух половин, одна из которых легко поднимается и опускается вручную. При ее подъеме конечный выключатель отключает привод мешалки.

Танк Г2-ОТ2-А имеет в верхней части внутренней ванны змеевик, приваренный по спирали, служащий для охлаждения продукта. В качестве хладагента используется рассол, который, проходя по змеевику, охлаждает продукт непосредственно через стенку ванны и воду, находящуюся в межстенном пространстве ванны.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация средств для доставки молока и жидких молочных продуктов.
2. Цистерны автомобильного транспорта, устройство, способы наполнения, опорожнения, перемешивания.
3. Цистерны железнодорожного транспорта, устройство, способы наполнения, опорожнения, перемешивания.
4. Цистерны водного транспорта, устройство, способы наполнения, опорожнения, перемешивания.
5. Емкостные аппараты технологического назначения, используемые для выработки кисломолочных продуктов, устройство, способы наполнения, опорожнения, перемешивающие устройства.

6. Емкостные аппараты технологического назначения для выработки бактериальных заквасок, устройство, способы наполнения, опорожнения.
7. Емкостные аппараты технологического назначения для тепловой обработки продуктов, устройство, способы наполнения, опорожнения, перемешивающие устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>

Дополнительная

1. **Курочкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. — М.: Колос, 2001. — 440 с.
2. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

Лекция 2

МОЛОКОПРОВОДЫ. НАСОСЫ ДЛЯ ПЕРЕКАЧИВАНИЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ. ГОМОГЕНИЗАТОРЫ

2.1. Молокопроводы

Коммуникационные линии представляют собой системы трубопроводов с арматурой. На них устанавливают датчики автоматических приборов для контроля и регулирования температуры, давления, уровня и расхода жидкости.

К основной арматуре труб относят краны (проходной, трехходовой и трехмуфтовый), прямой тройник, тройник двухмуфтовый, соединительные муфты, отводы двух- и одномуфтовые, соединительные гайки, заглушки, а к автоматически действующей – краны с дистанционным управлением в совокупности с сигнализаторами уровня, протока, температуры, предназначенные для автоматического и дистанционного управления потоком молока в трубопроводах [15].

Для перемещения молока и жидких молочных продуктов по трубам используются специальные насосы, а также воздушные нагнетательные или вакуумные пневматические транспортные системы.

Применяемые на молочных заводах и комбинатах трубопроводы должны быстро и легко разбираться и собираться, быть доступными в обслуживании.

Материал, из которого изготавливаются трубопроводы, должен быть стойким к воздействию молочных продуктов и моющих растворов. Поэтому трубы для транспортировки молочных продуктов изготавливают из нержавеющей стали, меди или алюминия. Медные трубы покрываются слоем пищевого олова. В практике применяются также стеклянные или полимерные трубы.

Соединение стеклянных труб бывает болтовое, фланцевое, безболтовое фланцевое и со стягивающей муфтой на резьбе.

Иногда используются металлические трубы с внутренним покрытием из стекла, обладающим высокой химической стойкостью.

Для перемещения молока на большие расстояния (подземные коммуникации) используют трубы из полимерных материалов (винилпласта, полиэтилена). Они легки, прочны и обладают высокой химической стойкостью. Полиэтиленовые трубы в 8 раз легче стальных, в 2 раза легче винилпластовых и сохраняют свои качества при нагревании до 70 °С.

2.2. Насосы для перекачивания молока и сливок

В молочной промышленности применяют центробежные, роторные, мембранные и поршневые насосы [15].

Центробежными насосами перекачивают цельное и обезжиренное молоко, пахту, сыворотку. Используют их также для транспортировки сгущенного цельного и обезжиренного молока без сахара и продуктов, на качество которых не влияет перемешивание. Выпускаются центробежные насосы лопастные (одноступенчатые с одной лопастью и многолопастные), дисковые и самовсасывающие.

Роторные насосы применяются для продуктов вязких однородных (сгущенное молоко, сливки, смеси для мороженого и молочно-белковые), высоковязких однородных (высокожирные сливки), пластичных однородных мягких разрушающихся (кисломолочные продукты) и легкоизменяющихся при механическом воздействии (творог, сырное зерно в сыворотке).

Роторные насосы для молочных продуктов бывают шестеренные, винтовые, шиберные и кулачковые. Шестеренные насосы могут быть с внутренним и внешним зацеплением шестерен.

Мембранные насосы с механическим приводом используются при перекачивании высокожирных сливок, молочно-белковой смеси и закваски.

Поршневые предназначены для подачи сгущенного молока в сушильно-распылительные установки. Могут быть использованы для нагнетания других жидкостей под высоким давлением $(10-100) \cdot 10^5$ Па. Обычно это насосы трехплужные, состоящие из корпуса, блока цилиндров с клапанами, кривошипно-шатунного механизма с плунжерами.

2.3. Гомогенизаторы

С целью изменения физических свойств молочных продуктов и улучшения их вкусовых качеств применяются гомогенизаторы и гомогенизаторы-пластификаторы.

В производстве используются в основном гомогенизаторы клапанного типа. Принцип действия гомогенизации сводится к продавливанию молока или сливок под большим давлением через узкую клапанную щель, в результате чего происходит дробление жировых шариков. Скорость молочного продукта в клапанной щели резко возрастает, жировые шарики вытягиваются, и от них отрываются мелкие частицы, величина которых зависит от величины давления [10].

Гомогенизаторы-пластификаторы способствуют изменению консистенции таких продуктов, как плавленые сыры, сливочное масло. В последнем водная фаза диспергируется, в результате чего повышается стойкость масла при хранении.

Для гомогенизации жидких молочных продуктов служат гомогенизаторы клапанного типа. Они имеют от одной до трех ступеней гомогенизации.

На рис. 2.1 показана схема одноступенчатого гомогенизатора клапанного типа. Он состоит из кривошипно-шатунного механизма 11, всасывающего клапана 9, плунжерного насоса 10, предохранительного клапана 1, гомогенизирующего клапана 6, регулировочного винта 5, манометра 7, нагнетательного клапана 8.

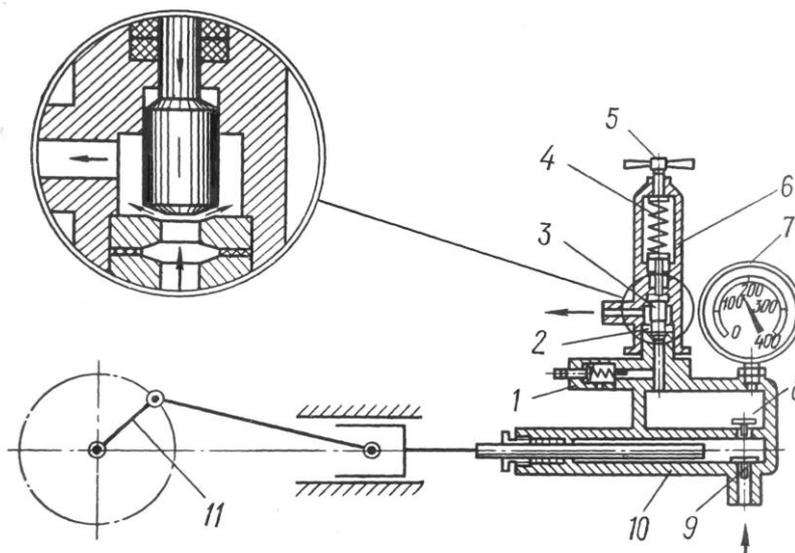


Рис. 2.1. Гомогенизатор клапанного типа: 1 – предохранительный клапан; 2 – седло клапана; 3 – клапан; 4 – пружина; 5 – регулировочный винт; 6 – гомогенизирующий клапан; 7 – манометр; 8 – нагнетательный клапан; 9 – всасывающий клапан; 10 – насос; 11 – кривошипно-шатунный механизм

Работает гомогенизатор следующим образом. Молочный продукт (молоко, сливки, мороженое) под давлением 35...40 МПа подается плунжерным насосом 10 через нагнетательный клапан 8 к клапану 6. В образовавшуюся между седлом 2 и клапаном 3 щель жидкость выходит со скоростью 150...250 м/с из гомогенизирующей головки.

Градиент скорости изменяется вдоль потока при переходе из области малых скоростей в трубопроводе в область высоких скоростей в щели клапана. При этом жировые шарики, находящиеся в области высоких скоростей в жидком состоянии, на выходе в клапанную щель растягиваются в нити и разрываются на мелкие частицы или, совершая вращательное движение под действием центробежных сил, преодолевают силы поверхностного натяжения и дробятся.

Высота клапанной щели при работе гомогенизаторов не превышает 0,1 мм. Клапан имеет плоскую, либо конусную с небольшим углом форму. Для лучшей гомогенизации используют плоские клапаны с коническими рифлями (проточками) на седлах.

Вопросы для самоконтроля

1. Молокопроводы. Требования, предъявляемые к молокопроводам, материалы для изготовления молокопроводов.
2. Классификация насосов, общие и специальные требования, предъявляемые к насосам.
3. Устройство и принцип действия шестеренных насосов.
4. Устройство и принцип действия центробежных насосов.
5. Устройство и принцип действия мембранных насосов.
6. Соединительная и фасонная арматура, ее назначение.
7. Назначение и область применения гомогенизаторов в молочной промышленности.
8. Устройство и принцип действия клапанного гомогенизатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>

Дополнительная

1. **Курочкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. — М.: Колос, 2001. — 440 с.
2. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

Лекция 3

СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

3.1. Классификация молочных сепараторов

Цельное молоко представляет собой жидкую смесь, состоящую из жира и молочной плазмы (обрата). Жир является самым ценным составным элементом и содержится в сравнительно небольших количествах (3...5%) в виде мельчайших жировых шариков диаметром 1...10 мкм (0,001...0,01 мм).

До появления сепараторов (первая центрифуга для разделения жидких смесей была изобретена шведским инженером Г. Лавалем в 1879 г.) жир (сливки) выделяли из молока только посредством отстоя. Этот способ является несовершенным, так как в снятом молоке остается до 1% жира. Сепараторы позволяют разделить жир, обрат и механические примеси быстрее и качественнее [20].

Сепараторы, используемые в молочной промышленности, классифицируются по производственному назначению, по конструктивным особенностям и степени контакта с воздухом, по способу удаления из барабана посторонних примесей и осадка, по виду привода.

По производственному назначению различают сепараторы:

для сепарирования молока и получения сливок жирностью 10-45% и при повторном сепарировании – высокожирных сливок жирностью до 85% (концентраторы);

для очистки молока от посторонних примесей (кларификаторы);

для нормализации молока по жирности;

для выделения микрофлоры (бактофуги);

для сепарирования, нормализации или очистки молока (универсальные);

для получения творога из творожного сгустка (сквашенного молока);

для осветления сыворотки при получении молочного сахара;

для обезжиривания сыворотки и выделения белковой пыли;

для гомогенизации молока (кларификаторы).

По конструктивным особенностям и степени контакта молока с воздухом сепараторы делятся:

на открытые – с открытой подачей молока и открытым выходом сливок и обезжиренного молока (сливки и обезжиренное молоко контактируют с воздухом);

полузакрытые (открытая или закрытая подача молока без напора с закрытым выходом продукта под давлением, создаваемым сепаратором), внутри барабана продукт не изолирован от контакта с воздухом;

закрытые (герметичные), в которых подача молока, процесс его обработки и выход продукта изолированы от доступа воздуха. Подача молока в барабан осуществляется насосом под давлением, вывод его из барабана – также под давлением по закрытым трубопроводам.

По способу удаления из барабана посторонних примесей и осадка сепараторы бывают с ручной выгрузкой осадка после остановки и разборки сепаратора, с центробежной периодической выгрузкой осадка при непрерывной работе сепаратора, с непрерывной центробежной выгрузкой тяжелой фракции через сопла (в сепараторе для творога).

По виду привода изготавливают сепараторы с ручным приводом, с приводом от электродвигателя, с комбинированным приводом (ручным и от электродвигателя).

Сепараторы выбирают в зависимости от назначения, количества перерабатываемого сырья, принятой схемы технологического процесса, паспортных данных.

Основные требования к сепараторам молока: высокая степень обезжиривания и очистки молока от механических примесей; возможность регулирования сливок в заданных пределах; высокая производительность при сепарировании и очистке молока; непрерывность и автоматизация процесса сепарирования и очистки; отсутствие пены в обезжиренном молоке и сливках; продолжительная работа сепаратора без остановки; удобство эксплуатации и обслуживания; соответствие санитарным требованиям; долговечность и надежность в работе; невысокая энергоемкость [15].

3.2. Анализ рабочего процесса сепаратора

Сепаратор любой конструкции состоит из корпуса или станины, приводного механизма, барабана и приемников для молока, обрат и сливок. Принцип его действия основан на использовании центробежной силы.

Барабан, внутри которого молоко разделяется на сливки и обрат, является основной частью и основным рабочим органом сепаратора (рис. 3.1).

Молоко, предварительно профильтрованное и подогретое до температуры 35...40°C, вручную или насосом подается в молокоприемник и непрерывной струей поступает через трубку поплавковой камеры вовнутрь быстровращающегося барабана. Из центральной трубки днища барабана молоко поступает по каналам тарелкодержателя и его сквозным отверстиям под нижнюю тарелку. Затем оно поднимается вверх по трем вертикальным каналам, образованным отверстиями тарелок, распределяется между тарелками и заполняет все свободное пространство внутри барабана. В межтарелочном пространстве под воздействием центробежной силы происходит разделение молока на фракции. Обрат, имеющий большую плотность, отбрасывается к периферии барабана, а сливки как менее плотная, обогащенная жиром часть молока, оттесняется к оси барабана.

Под действием гидростатического напора вновь поступающих порций молока, сливки и обрат вытесняются кверху, причем обрат идет над верхней разделительной тарелкой и выходит через отверстие в верхней суженной части крышки барабана. Сливки идут под верхней разделительной тарелкой и выходят из барабана через отверстие в верхней суженной части разделительной тарелки. Таким образом, внутри барабана устанавливается определенный поток с общим направлением движения вначале сверху вниз, под нижнюю тарелку, а затем снизу вверх, к выходу из барабана.

Теорию сепарирования молока разработал советский ученый профессор Г. И. Бремер. Большой вклад в развитие отечественного сепараторостроения, а также в организацию правильной эксплуатации сепараторов внесли Г. А. Лукьянов, Б. Д. Сурков, Н. Я. Кук, И. И. Волчков и другие ученые нашей страны [15].

В цельном молоке жир находится в виде мелких шариков, плотность которых меньше плотности плазмы. Плотность цельного молока – 1030, плазмы – 1035, жира – 850 кг/м³.

При естественном отстаивании сливок или при естественном осаждении грязи, отделение взвешенных в молоке частиц грязи или жира происходит под действием силы тяжести, вследствие разницы плотности этих частиц и плазмы молока. В этом случае жировые шарики всплывают вверх.

При сепарировании находящееся в барабане молоко подвергается действию центробежной силы, которая больше силы тяжести в 3000-5000 раз. Отделение жира тоже

происходит вследствие разницы плотности частиц жира и плазмы молока, но скорость процесса выделения этих частиц будет во столько раз больше, во сколько раз центробежная сила больше силы тяжести.

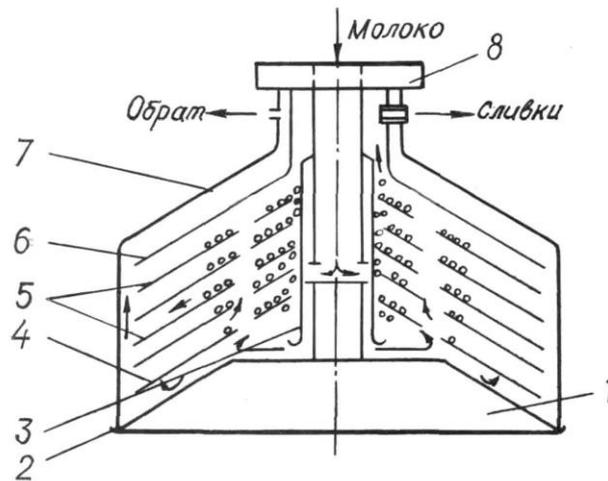


Рис. 3.1. Схема барабана сепаратора: 1 – днище с центральной полый трубкой; 2 – резиновое уплотнительное кольцо; 3 – тарелкодержатель; 4 – нижняя тарелка; 5 – средние тарелки; 6 – верхняя разделительная тарелка; 7 – крышка барабана; 8 – зажимная гайка

Всплытие заключается в том, что все жировые шарики, попавшие в межтарелочное пространство, движутся от нижней поверхности каждой тарелки к верхней поверхности нижней тарелки. Накопившиеся жировые шарики уменьшают плотность нижнего слоя жидкости каждого межтарелочного пространства настолько, что этот слой начинают подниматься вверх как единое целое, образуя вдоль разделительной стенки сплошной поток сливок.

Количество жидкости, поступающей в барабан и вытекающей из его фракционных отверстий, зависит от размера отверстия истечения поплавковой камеры, отверстий выхода сливок и обрат, а также от соответствующих напоров.

Для сепараторного процесса имеет значение лишь скорость потока молока в межтарелочном пространстве. Именно эта скорость определяет полноту разделения жидкости на фракции. Чем больше пустить молока, тем меньше времени жировые шарики находятся в межтарелочном пространстве и не успевают "всплывать" (обезжиривание ухудшается).

В целом процесс работы барабана сепаратора включает три связанных между собой явления: проток жидкости сквозь барабан, всплытие жировых шариков и образование сливочных токов. Явление всплытия жировых шариков и составляет сущность процесса сепарирования.

Устройство и принцип действия сепараторов

3.3. Основные узлы сепараторов

Сепараторы состоят из следующих основных частей: станины, барабана, приемно-отводящего устройства и приводного механизма.

На *станине* смонтированы все части и узлы сепаратора, в нижней ее части расположен приводной механизм. В чаше станины укреплены тормоза, стопоры, удерживающие барабан от произвольного вращения при сборке и разборке, а также приемно-отводящее устройство. Внутренняя часть станины (картер) одновременно является масляной ванной.

Барабан (сепарирующее устройство) — исполнительный орган сепаратора, где молоко разделяется на фракции. Сепарирующее устройство бывает с верхним и нижним вводом молока. Наибольшее применение получили сепарирующие устройства с верхним вводом молока [2].

Основные детали барабана (крышка, основание, затяжные кольца-гайки) изготавливают из поковок или штамповок из нержавеющей стали. Затяжные кольца имеют левую резьбу, что исключает возможность их самоотвинчивания при вращении барабана по часовой стрелке. Листы для изготовления тарелок барабана должны иметь маркировку завода — поставщика металла. Торцевые уплотнительные кольца барабана должны быть изготовлены из упругих полимерных материалов, резиновые уплотнения барабана — из пищевой резины только формованием. Все уплотнения барабана (полимерные и резиновые) должны быть стойкими к дезинфицирующим и моющим растворам и обладать следующими свойствами: теплостойкостью не менее 80 °С; нетоксичностью и отсутствием постороннего запаха; стойкостью в 20%-ных растворах азотной кислоты и едкого натра; работоспособностью в условиях давления 20—30 МПа.

Приемно-отводящие устройства, закрепленные в верхней части сепаратора, обеспечивают подачу молока в барабан и отвод из него фракций молока (сливок, обезжиренного молока, а также очищенного молока). Герметичность всех соединений создается резиновыми уплотнительными кольцами. Конструкции приемно-отводящих устройств различны. Однако у всех имеются приемник для сливок и обезжиренного молока и диски напора для каждой фракции. Приемник состоит из двух изолированных камер для сливок и обезжиренного молока. На выходном патрубке сливок установлены регулировочный винт, позволяющий регулировать жирность сливок, и ротаметр для определения количества сливок. Приемно-выводные устройства могут быть снабжены устройствами для нормализации молока по жиру.

Все промышленные сепараторы имеют *электрический привод*. Основными его частями являются электродвигатель; центробежная муфта, состоящая из ведущей и ведомой полумуфт; зубчатое ведущее колесо; ведомое колесо мультипликатора, вертикальный вал (веретено). В приводной механизм могут входить также и другие детали и узлы, усложняющие его конструкцию и обеспечивающие заданную частоту вращения барабана сепаратора. Передача движения от электродвигателя к барабану следующая. Вращение от вала электродвигателя передается ведущей центробежной полумуфте, затем после соприкосновения с ведомой центробежной полумуфтой вращение передается на горизонтальный вал. Ведущее зубчатое колесо на горизонтальном валу входит в зацепление с зубчатым колесом мультипликатора и передает вращение на вертикальный вал, а вместе с ним и на барабан. Этот способ передачи движения от электродвигателя на барабан сепаратора наиболее распространен, но известны и другие способы передачи вращения, обеспечивающие заданную частоту вращения барабана.

Сепараторы-сливкоотделители: А1-ОС-Б — производительностью 1000 л/ч, Г9-ОСП-3М — 3000 л/ч, Ж5-ОСТ-3 и А1-ОЦР-5 — 5000 л/ч, Ж5-ОС2-НС — 10000 л/ч, ОСН-С — 10000 л/ч.

Сепараторы-молокоочистители: А1-АХО производительностью 10000 л/ч, Г9-ОМА-3М – 5000 л/ч; А1-ОЦП-5 и А1-ОЦМ-10 – соответственно, 5000 и 10000 л/ч, Г9-ОЦМ-15 – 15000 л/ч.

Конструкция сепарирующего устройства молокоочистителей и сливоотделителей имеет следующие **различия**: в сливоотделителе молоко в межтарелочное пространство поступает через отверстия в тарелках, а в молокоочистителях — с периферии, так как в тарелках молокоочистителя отсутствуют отверстия; приемно-выводное устройство молокоочистителя имеет один отводной патрубок (для очищенного молока), а сливоотделителя — два (для сливок и обезжиренного молока); межтарелочный зазор у молокоочистителя больше (2—5 мм), чем у сливоотделителя (0,6—0,8 мм); периферийное (грязевое) пространство молокоочистителя больше, чем сливоотделителя.

Вопросы для самоконтроля

1. Теоретические основы процесса сепарирования.
2. Классификация сепараторов по технологическому и конструктивному признакам, по способам разгрузки шламового пространства.
3. Устройство и принцип действия сепараторов-сливоотделителей. Устройство и принцип действия сепараторов-молокоочистителей с ручной периодической выгрузкой осадка во время остановки.
4. Механизм разделения фракций в барабанах сепараторов. Пути повышения интенсификации процесса сепарирования. Устройства для регулирования соотношения жидких фракций.
5. Разновидности конструкций разгружающих устройств. Механизм разгрузки шламового пространства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>

Дополнительная

1. **Курочкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. — М.: Колос, 2001. — 440 с.
2. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

Лекция 4 ФИЛЬТРЫ, ФИЛЬР-ПРЕССЫ, МЕБРАННЫЕ ГИПЕРФИЛЬТРЫ

4.1. Классификация фильтров

Обычные фильтры на молокозаводах применяют для очистки цельного и обезжиренного молока и смесей мороженого от механических примесей и белковых частиц.

Фильтры-прессы используют для отделения белковых стустков после осаждения казеина или альбумина при получении молочного сахара, а также при выделении его кристаллов.

Фильтры бывают открытые и закрытые. Открытые фильтры имеют низкую производительность, при работе быстро засоряются, поэтому они малоэффективны.

Закрытые фильтры бывают дисковые, цилиндрические и пластинчатые (рис. 4.1).

4.2. Устройство фильтров, принцип действия

Закрытый дисковый фильтр (см. рис. 4.1, а) имеет стальной корпус 5, внутри которого помещен набор фильтрующих дисков 12 с отверстиями 11 для выхода молока и фильтровальными прокладками 10, внутренний стакан 4 и обойма 3. Сверху корпус закрыт крышкой 2 с установленным на ней клапаном 1. Для входа молока служит патрубок 6, для выхода – патрубок 9. Спуск остатков молока осуществляется через кран 7. Дисковый фильтр крепится на стойках 8.

Молоко через патрубок 6 поступает в фильтр, проходит через отверстия 11 тарелок 12, фильтровальные прокладки 10 и выходит через патрубок 9.

Закрытый цилиндрический фильтр (рис. 4.1, б) состоит из корпуса 6, внутри которого помещены сетки 8, 9 и фильтровальная ткань 7.

Сверху фильтр с помощью откидных болтов 4 закрыт крышкой 3. Герметичность фильтра обеспечивается резиновой прокладкой 5. Подача и выпуск молока осуществляется, соответственно, через патрубки 12 и 10, слив остатков молока – через патрубок 11. Для выпуска воздуха служит кран 2.

Работает фильтр следующим образом. Молоко под давлением поступает через патрубок 12 вовнутрь фильтра, проходит через фильтровальную ткань 7, сетки 8 и 9. Счищенное молоко выходит через патрубок 10. Скопившийся в начальный момент воздух выпускается через кран 2.

Перед фильтрацией молоко нагревается до 30...40 °С. Фильтровальная ткань меняется через 15...30 мин, в зависимости от степени загрязненности молока.

В **закрытый пластинчатый фильтр** (см. рис. 4.1, в) молоко поступает через патрубок 4, затем по каналу распределяется потоками по камерам секций. В секциях, состоящих из трех камер с рамами 10 и фильтровальной тканью 12, молоко очищается. Фильтр имеет две секции: правую и левую, работающие поочередно. Переключение секций происходит через 10...30 мин трехходовым краном 3. Пока одна секция работает, другую, проработавшую 10...30 мин, очищают и заменяют в ней фильтровальную ткань. Скопившийся в фильтре воздух удаляют, открывая кран 2. Случайно просочившееся через уплотнители молоко попадает в сборник 8. В него же через краны 7 удаляют из фильтра остатки молока.

Фильтры с тканевой перегородкой имеют ряд **недостатков**: кратковременность безостановочной работы, частые в связи с этим разборки и сборки фильтров, возможность прорыва фильтровальной ткани при прохождении молока через толщу механических примесей, снижение производительности по времени.

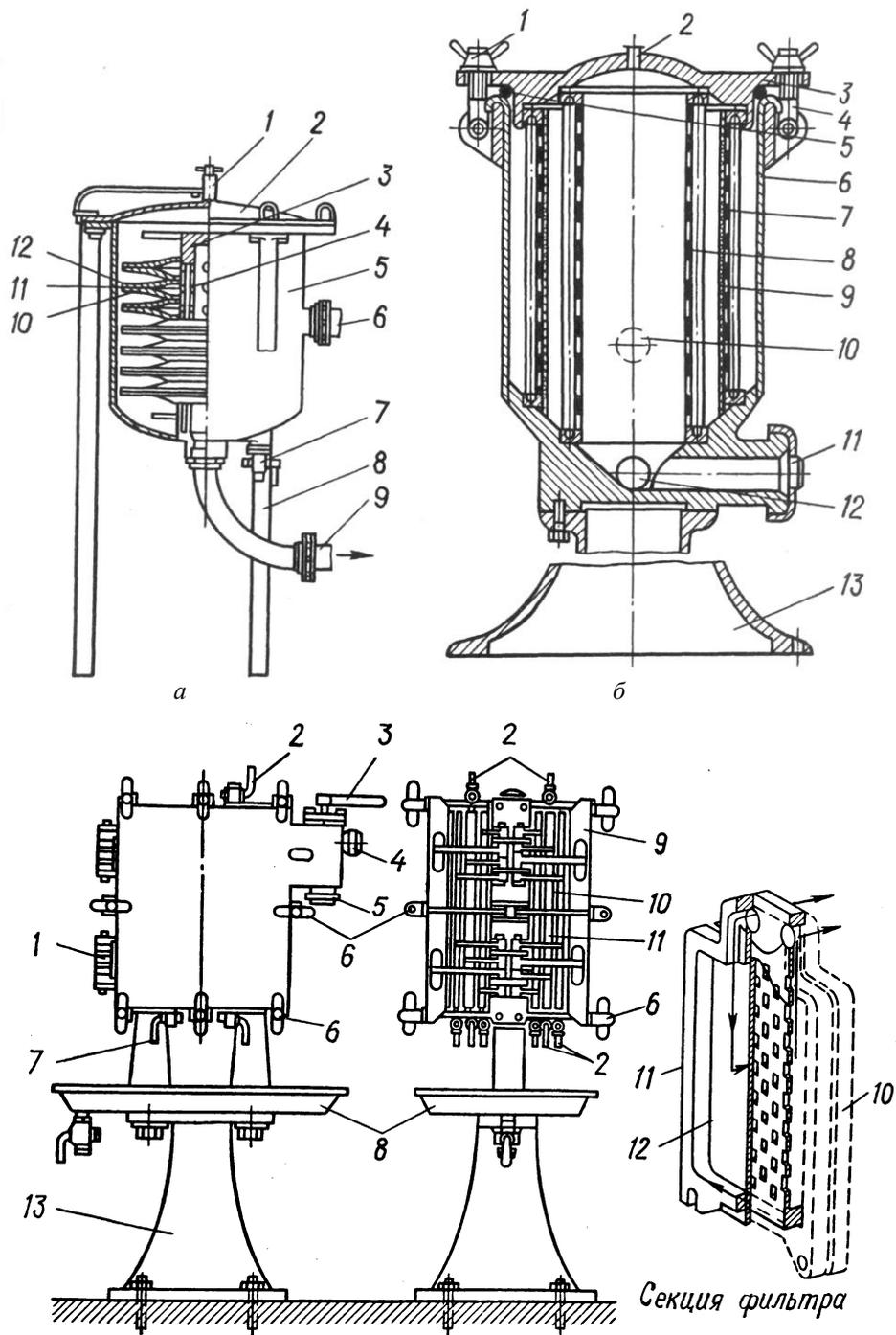


Рис. 4.1. Закрытые фильтры для молока: а – дисковый: 1 – воздушный клапан; 2 – крышка; 3 – обойма; 4 – внутренний стакан; 5 – корпус; 6 – патрубок для входа молока; 7 – кран для спуска остатков молока; 8 – стойка; 9 – патрубок для отвода молока; 10 – фильтровальная прокладка; 11 – отверстие; 12 – фильтровальные диски; б – цилиндрический: 1 – крепежная гайка; 2 – кран для выпуска воздуха; 3 – крышка; 4 – откидной болт; 5 – резиновая прокладка; 6 – наружный цилиндр; 7 – фильтровальная ткань; 8,9 – сетка; 10 – патрубок для выпуска молока; 11 – труба для слива остатков молока; 12 – патрубок для впуска молока; 13 – опора; в – пластинчатый: 1 – шарниры; 2 – кран для выпуска воздуха; 3 – трехходовой кран; 4, 5 – патрубки для входа и выхода молока; 6 – зажимы; 7 – кран для выпуска остатков молока; 8 – сборник молока; 9 – крышка фильтра; 10 – рама с сеткой; 11 – камеры; 12 – фильтровальная ткань; 13 – станина

4.3. Мембранные фильтрационные аппараты

К мембранным методам обработки молока относятся ультрафильтрация, обратный осмос и электродиализ. Возможность обходиться без повышенных температур определяет перспективность данных процессов для очистки и концентрирования белковосодержащих и других нетермостойких веществ. Компактность и простота создания непрерывно действующих мембранных установок дает возможность широкого применения баромембранных процессов в различных отраслях пищевой промышленности. Мембранные технологии оказываются не только более экономичными и менее энергоемкими по сравнению с другими, но позволяют полнее использовать сырьевые ресурсы, а также открывают новые возможности получения ценных пищевых продуктов. Ультрафильтрация и обратный осмос относятся к процессам гиперфильтрации и осуществляются на специальных установках.

Гиперфильтрационные установки состоят из фильтрующего элемента, насоса для подачи сгущаемого раствора в аппарат под давлением, насоса, подающего фильтруемый раствор на поверхность гиперфильтра, соединительных труб и вентиляей.

Фильтрующий аппарат конструктивно выполняется по-разному. Однако во всех конструкциях должна быть макропористая подложка, которая предотвращает гиперфильтр от разрушения под действием разности давлений. Наиболее приемлемым материалом для подложки является пористая нержавеющая стальная пластина толщиной 0,5...3 мм с порами диаметром 5...10 мкм, выдерживающая давление при размещении ее на перфорированную пластину до $150 \cdot 10^5$ Па.

Аппараты, применяемые для гиперфильтрации, разнообразны по конструкции и должны удовлетворять следующим основным требованиям: максимальная удельная поверхность и минимальное гидродинамическое сопротивление.

В производстве для гиперфильтрации используют фильтр-прессы трубчатые спиральные и пластинчатые аппараты.

Мембраны в фильтр-прессах собираются в ультрафильтрационные модули, которые по конструкции бывают трубчатые и пластинчатые.

Трубчатый спиральный аппарат для гиперфильтрации является более компактным и имеет удельную поверхность $600 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Он изготавливается следующим образом. Между двумя гиперфильтрами помещают пористую прокладку. Размер фильтров при этом берут несколько больше подложки. Выступающие по трем сторонам края фильтров склеивают между собой, а четвертый край подложки вводят в трубу-сборник фильтрата. Затем на поверхность одного из фильтров помещают сетку-разделитель витков и весь пакет сворачивают в рулон. Наличие сетки-разделителя создает зазор между фильтрами и тем самым обеспечивает турбулизацию потока фильтруемой жидкости. Готовый рулон помещают в цилиндрический корпус, по которому протекает фильтруемая жидкость.

Спиральные трубчатые гиперфильтры неудовлетворительно работают на сгущении белковых растворов. Они применяются в основном при сгущении растворов лактозы.

Сравнительно высокую компактность (до $150 \text{ м}^2/\text{м}^3$) имеют пластинчатые гиперфильтрационные аппараты. Они представляют собой ряд картонных пластин, закрепленных на общей пластинке-сборнике. Все пластины покрыты фильтрующим полимерным слоем (например, ацетата целлюлозы). Система пластин помещается в сосуд, через который протекает фильтруемая жидкость, конец трубы через уплотнение выводится наружу для сбора фильтрата.

Полупроницаемые мембранные перегородки изготавливают на основе целлулоидацетата или синтетических полимеров (полиолефин, поливинилхлорид,

полиакрилнитрат).

Полупроницаемые мембраны имеют перегородки и дополнительный слой. Рабочий слой с отверстиями от 1 до 10 мкм называется разделительным. Он пропускает одни молекулы и задерживает другие, в зависимости от молекулярной массы. Под рабочим слоем находится дополнительный (пористая подложка), служащий его опорой. Мембраны из целлулоацетата выдерживают pH 3...8 и температуру 30...50°C. С повышением температуры стойкость мембран падает из-за протекающего при этом гидролиза.

Мембраны из синтетических полимеров выдерживают более высокие температуры (60 °C) и изменение pH от 1 до 12.

В основном в молочной промышленности гиперфильтрацию применяют для утилизации подсырной и творожной сыворотки, получения чистого молочного белка, а также для сгущения молока бескоагуляционным методом при производстве сыров.

Бескоагуляционный метод производства сыра имеет следующие преимущества: на 15% увеличивается выход сыра из-за отсутствия потерь сывороточного белка; в 5 раз уменьшается расход сычужного фермента, возможны все условия для полной автоматизации процесса, готовый сыр имеет более однородную плотность.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие фильтры бывают?
2. Устройство закрытых дисковых фильтров.
3. Устройство и принцип действия закрытых цилиндрических фильтров.
4. Устройство и принцип действия закрытых пластинчатых фильтров.
5. Разновидности конструкций мембранных фильтрационных аппаратов.
6. Применение мембранных методов обработки молока в молочной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>

Дополнительная

1. **Курочкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. — М.: Колос, 2001. — 440 с.
2. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

Лекция 5 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

5.1. Классификация оборудования для тепловой обработки молока

Тепловая обработка молока представляет собой комбинацию режимов воздействия температуры и продолжительности выдержки при этой температуре. Причем продолжительность выдержки при заданной температуре должна быть такой, чтобы получить необходимый эффект.

Тепловую обработку молока проводят при температуре до 100°C и свыше 100°C. При нагревании молока до 100°C в молоке погибают только вегетативные формы, а при температуре более 100°C – вегетативные и споровые формы микроорганизмов [2].

Основными процессами тепловой обработки молока, вызывающими замедление или подавление жизнедеятельности микроорганизмов являются пастеризация и стерилизация. Кроме того, молоко охлаждают при хранении, подогревают при его механической обработке.

Оборудование для тепловой обработки молока классифицируют следующим образом (рис. 5.1):



Рис. 5.1. Классификация оборудования для тепловой обработки молока

5.2. Дезодораторы

В молочной промышленности для удаления из жидких молочных продуктов посторонних запахов и привкусов, несвойственных продукту, применяют термовакуумные установки - дезодораторы.

Физическая сущность термовакуумной обработки заключается в том, что молоко, нагретое до определенной температуры, поступает в вакуумную камеру установки, в которой додерживается давление ниже, чем давление, соответствующее температуре вскипания продукта. Температура продукта, поступающего в вакуумную камеру, обычно на 1-2° выше, чем температура его вскипания, соответствующая давлению в вакуумной камере [20].

5.3. Нагреватели и охладители для молока

Для нагрева молока перед сепарированием, для получения сырного зерна, а также в технологических линиях производства диетических продуктов используют нагреватели.

Для нагрева молока применяют в основном трубчатые и пластинчатые аппараты.

Основными мероприятиями в цехах переработки молока является очистка молока, охлаждение или пастеризация с последующим охлаждением. Температура молока при хранении не должна превышать 8°С. Охладители устанавливают на участках поступления молока в емкости хранения или промежуточного выдерживания продукта.

Для охлаждения молока применяют пластинчатые и емкостные аппараты.

В промышленном молочном производстве применяются пластинчатые и трубчатые теплообменники, служащие, как для охлаждения, так и для нагрева молока.

В качестве холодильных агентов, отбирающих через стенки тепло молока, используются холодная или ледяная вода, рассол, охлаждаемый с помощью холодильных установок.

Пластинчатые теплообменные аппараты являются эффективными устройствами непрерывного действия. Они при небольших габаритах и объеме имеют значительную поверхность теплообмена, высокую производительность, интенсивную теплоотдачу, удобство в обслуживании.

Теплообменные пластины изготавливаются рифлеными, штампованными с приклеенными по периферии резиновыми уплотнителями. Они выполняются из нержавеющей стали марки 1X18 Н9Т толщиной 0,71мм, собираются в пакет, внутри которого с одной стороны между пластинами протекает продукт, с другой – хладоноситель (холодная вода, рассол) [17].

Для аппаратов, применяемых в молочной промышленности, выпускаются теплообменные пластины ленточно-поточного и сетчато-поточного типов.

В зависимости от типа применяемых в аппарате пластин получают различные потоки движения охлаждающей и охлаждаемой сред.

Две сомкнутые пластины образуют извилистый канал, двигаясь по которому, жидкость подвергается искусственной турбулизации, в результате чего повышается эффективность теплоотдачи.

5.4. Аппараты для пастеризации молока

Пастеризация молока – это способ его обработки путем нагревания до температуры 63...90°С с целью уничтожения вредных микроорганизмов и повышения стойкости молока к порче при хранении [2].

Различают три режима пастеризации:

- 1) длительный (63...65°C, 30-40 мин);
- 2) кратковременный (71...76°C, 20-30 сек);
- 3) мгновенный (85...90°C, 1-2 сек).

Пастеризация ведется при таких температурах и продолжительности, при которых бактерии погибают, а основные физико-механические и биологические свойства молока остаются неизменными.

Для пастеризации молока применяют емкостные аппараты периодического действия, установки на базе пластинчатых и трубчатых аппаратов и комбинированное оборудование. В емкостном оборудовании в качестве теплоносителя служат пар и горячая вода; в зависимости от конструкции оборудование бывает с электрическим нагревом теплоносителя и без него. Наибольшее применение в молочной промышленности получили пластинчатые и трубчатые аппараты.

Классификация оборудования для пастеризации молока (рис. 5.2):

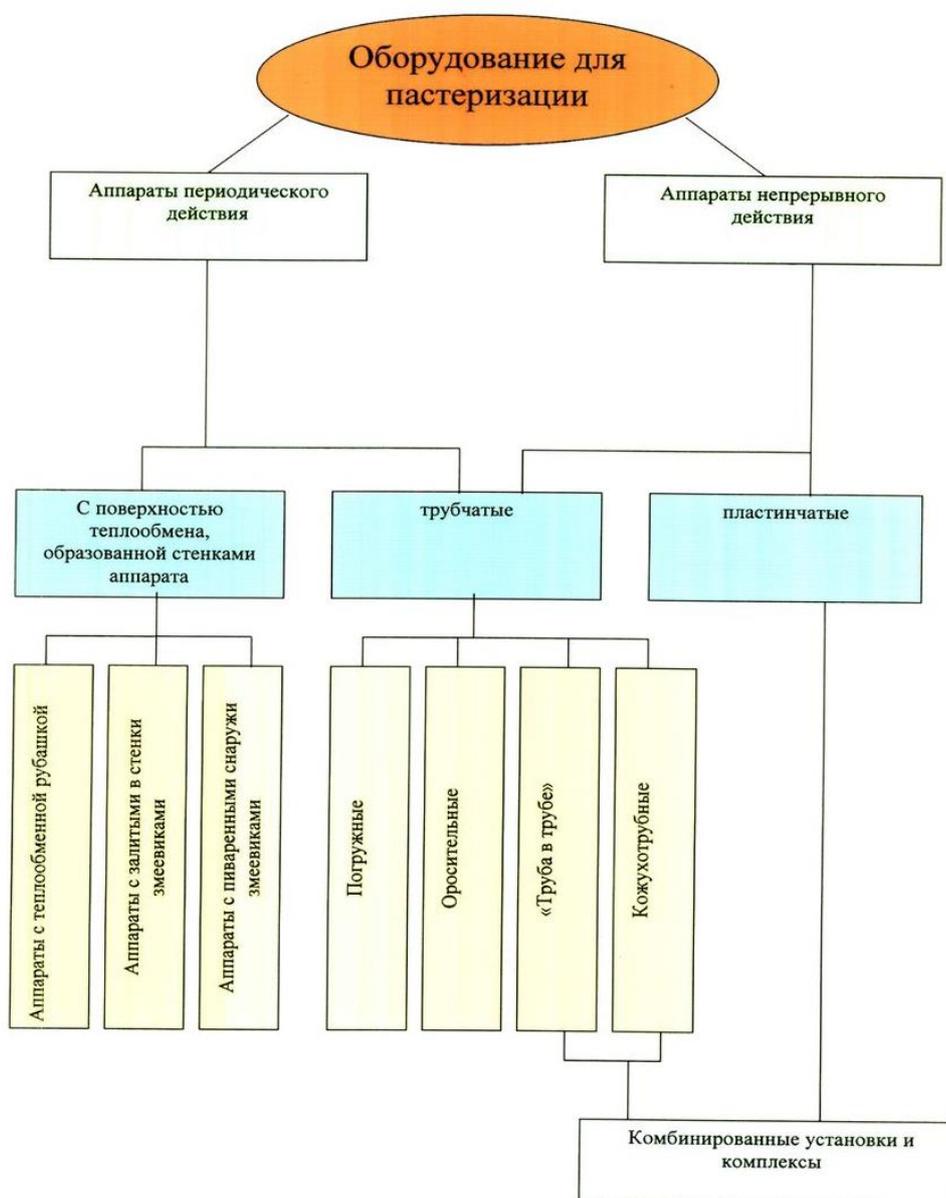


Рис. 5.2. Классификация оборудования для пастеризации молока

Пластинчатая пастеризационно-охладительная установка для молока состоит из комбинированного пластинчатого аппарата, уравнительного бака с клапанно-поплавковым устройством, регулятора равномерности потока, бойлера с инжектором пара для нагрева воды, сепаратора-молокоочистителя, центробежных насосов для молока и горячей воды, парового и рассольного трубопроводов с регулирующими клапанами, пульта управления, автоматических клапанов и выдерживателя.

Основные операции – подогрев, пастеризация и охлаждение молока осуществляются в комбинированном пластинчатом аппарате.

5.5. Аппараты для стерилизации молока

Стерилизаторы предназначены для высокотемпературного нагрева (свыше 100°C) и охлаждения питьевого молока, фасованного в стеклянные бутылки, и стерилизации и охлаждения сгущенного молока, фасованного в жестяные банки [20].



Рис. 5.3. Классификация оборудования для стерилизации молока

Тепловая обработка молока может осуществляться путем теплообмена между горячими и холодными средами, разделенными перегородками. Но в молочном

производстве известны аппараты, в которых продукты нагреваются в результате непосредственного воздействия пара на продукт.

Технологический процесс тепловой обработки молока в них автоматизирован, что обеспечивает высокие санитарно-гигиенические условия производства, исключает выход недопастеризованного молока и предотвращает его перегрев.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация оборудования для тепловой обработки молока.
2. Дезодораторы, их назначение, устройство, принцип действия, конструктивные разновидности, область применения.
3. Пластинчатые, трубчатые, пароконтактные нагреватели, область их применения, устройство и принцип действия.
4. Пластинчатые охладители, устройство, принцип действия, конструктивные разновидности, область применения.
5. Трубчатые нагреватели, их устройство, принцип действия, конструктивные особенности, область применения.
6. Технологическая схема, состав оборудования и принцип действия пластинчатых пастеризационно-охладительных установок для молока.
7. Классификация оборудования для стерилизации молока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>

Дополнительная

1. **Курочкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. — М.: Колос, 2001. — 440 с.
2. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

Лекция 6

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАСЛА

6.1. Способы производства масла

Технологический процесс производства масла включает концентрирование жира молока, разрушение эмульсии жира и формирование структуры продукта с заданными свойствами.

Существует *два способа получения масла*: преобразованием высокожирных сливок и сбиванием сливок (традиционный). При производстве масла методом сбивания концентрирование жира осуществляется сепарированием молока и получение сливок жирностью 35...40% с последующим разрушением эмульсии молочного жира. Влага в полученном масле регулируется в процессе его обработки. Кристаллизация глицеридов молочного жира завершается до механической обработки масла [8].

Выработка масла *методом преобразования высокожирных сливок* осуществляется путем концентрирования жировой фазы молока на специальных сепараторах. Нормализация высокожирных сливок по содержанию влаги проводится до начала термомеханической обработки. Разрушение эмульсии жира сливок и кристаллизация глицеридов молочного жира происходит во время термомеханической обработки.

Технологический процесс производства масла *методом сбивания сливок* состоит из следующих последовательно осуществляемых операций: приемки молока, охлаждения, хранения, подогревания, сепарирования молока, тепловой обработки сливок, низкотемпературной их подготовки (физическое созревание сливок), сбивания сливок, промывки масляного зерна, посолки масла (при выработке соленого масла), механической обработки, фасования, хранения масла.

Технологический процесс производства сливочного масла методом преобразования высокожирных сливок включает приемку молока, охлаждение, хранение, подогревание, сепарирование молока, тепловую обработку сливок, сепарирование сливок (получение высокожирных сливок), посолку (только для соленого масла), нормализацию высокожирных сливок по влаге, термомеханическую обработку высокожирных сливок, фасование масла, хранение масла [16].

6.2. Маслоизготовители периодического действия

Маслоизготовители бывают периодического и непрерывного действия. Промышленность выпускает следующие маслоизготовители периодического действия: безвальцовый марки РЗ-ОБЭ, Л5-ОМП, ММ-1000, ЯЗ-ОМЕ-0,13. Они предназначены для выработки вологодского несоленого и соленого, сладко- и кисломолочного, любительского соленого и несоленого, сладко- и кисломолочного масла по ГОСТ 37-87 методом периодического сбивания [14].

Безвальцовый маслоизготовитель РЗ-ОБЭ с конической емкостью состоит из емкости 1, установленной на стойке 6 и станине 4 с коробкой скоростей, оросительного устройства 2, ограждения 3 и тележки 5 для приема масла (рис. 6.1).

Емкость маслоизготовителя выполнена из двух конусов, сваренных по основанию из нержавеющей стали. Внутри имеется наклонно приваренная лопасть для сбивания сливок и обработки масла. Шероховатая поверхность предотвращает налипание на нее масла. На вершине одного из конусов смонтирован люк для выгрузки готового

продукта. Емкость снабжена смотровым окном, двумя кранами для спуска пахты и соединена с выводным валом коробки передач и опорной стойкой.

Коробка передач передает вращение бочке от 2-скоростного электродвигателя.

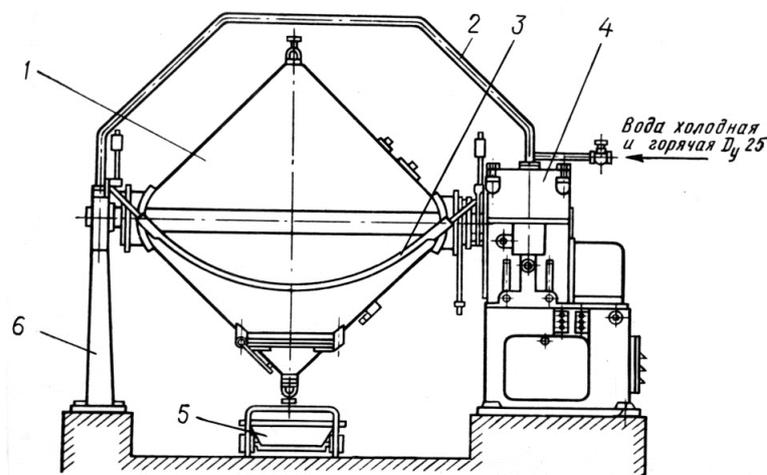


Рис. 6.1. Маслоизготовитель безвальцовый марки РЗ-ОБЭ:
1 – емкость; 2 – оросительное устройство; 3 – ограждение;
4 – станина с коробкой скоростей; 5 – тележка для приема масла; 6 – стойка

Опорная стойка представляет собой литую раму, в верхней части которой смонтированы сферический подшипник и валик с фланцем, крепящийся с помощью шпилек ко второй цапфе емкости. Ограждение маслоизготовителя, предотвращающее доступ обслуживающего персонала спереди в зону вращения емкости, состоит из изогнутой трубы, имеющей на концах проушины с рычагами для противовесов. С помощью проушин оно крепится шарнирно (может поворачиваться вокруг горизонтальной оси) к кронштейнам, установленным на корпусе коробки передач. Ограждение заблокировано с электродвигателем маслоизготовителя, при нажатии кнопки "Пуск" электродвигатель не включается, если оно поднято. Доступ в зону вращения емкости с другой стороны предотвращается неподвижно смонтированным ограждением, выполненным по месту установки маслоизготовителя. Душ маслоизготовителя служит для регулирования температуры сбиваемых сливок за счет теплопроводности стальной емкости, орошаемой сверху холодной или горячей водой. Устройство для орошения представляет собой трубу с отверстиями, расположенную над емкостью (монтируется одним концом на опорной стойке 6, другим на крышке коробки скоростей). На входе душ имеет вентиль, соединенный с магистралями горячей и холодной воды.

Тележка 5 предназначена для приема выгружаемых из емкости готового масла и пахты. Корпус тележки изготовлен из нержавеющей стали [11].

6.3. Маслоизготовители непрерывного действия

Маслоизготовители непрерывного действия по сравнению с периодическими имеют более высокие параметры сбивания и обработки. Они состоят из последовательно размещенных устройств для сбивания сливок жирностью 30...40% в масляное зерно и текстураторов, превращающих масляное зерно в пласт заданной структуры [14, 16].

На рис. 6.2 показана схема маслоизготовителя непрерывного действия марки А1-ОЛО/1. На станине 14 установлены электродвигатель 15 с вариатором 16 скоростей рабочих органов сбивателя 2 и привод 18 текстуратора 5.

Сбиватель 2 состоит из внутреннего и наружного цилиндров, между которыми имеется охлаждающая рубашка 3, лопастной мешалки 4. Она приводится во вращение от электродвигателя 15 через вариатор 16 и клиноременную передачу 17.

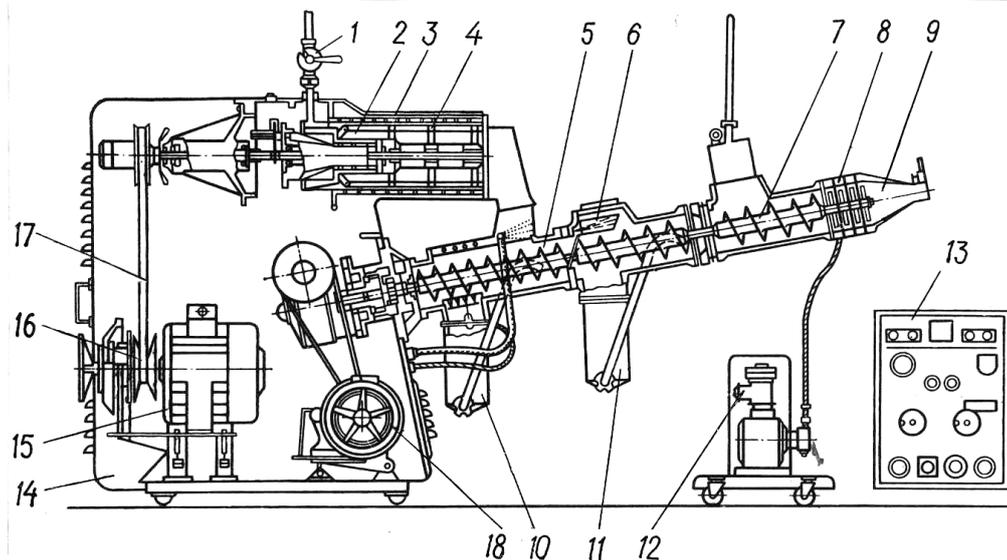


Рис. 6.2. Схема маслоизготовителя непрерывного действия: 1 – кран; 2 – сбиватель; 3 – охлаждающая рубашка; 4 – мешалка; 5 – текстуратор; 6 – промывочная камера; 7 – вакуумная обработочная камера; 8 – перфорированные матрицы с лопастями; 9 – насадка коническая; 10 – отстойник пахты; 11 – отстойник промывочной воды; 12 – насос-дозатор; 13 – пульт управления; 14 – станина; 15 – электродвигатель; 16 – вариатор скоростей; 17 – клиноременная передача; 18 – привод текстуратора

Текстуратор 5 служит для отпрессовывания влаги от масляного зерна и превращения его в пласт заданной структуры. При необходимости в текстураторе проводится промывка масла, посолка и вакуумирование.

Текстураторы могут быть с одной или двумя шнековыми камерами, размещенными последовательно или параллельно. В свою очередь, каждая из этих камер может быть одно-, двух- и трехступенчатой.

Работа маслоизготовителя. Созревшие, нагретые до температуры сбивания и тщательно перемешанные сливки через уравнильный бак насосом-дозатором подаются в сбивательный цилиндр сбивателя маслоизготовителя.

Попадая в начале тангенциально на распределительный вращающийся конус с направляющими, сливки приобретают некоторое вращение и на бильные лопасти попадают уже со скоростью, примерно равной их скорости вращения. Это предотвращает внезапное механическое воздействие на сливки и дробление жировых шариков, кроме того, значительно интенсифицирует процесс сбивания. Далее образовавшееся масляное зерно с пахтой поступает в бункер первой камеры шнекового текстуратора, где зерно подвергается промывке и механической обработке шнеками.

Пахта отделяется от масляного зерна и вместе с промывочной водой удаляется через сифон в бак 10 для пахты (см. рис.6.2). Образование масляного пласта

начинается в первой камере. Во второй камере происходит окончательная промывка масла и дальнейшая обработка масляного зерна. Промывочная вода из второй камеры через сифонную трубку удаляется из маслоизготовителя в отстойник 11. В третьей камере механическим вакуум-насосом создается разрежение для удаления воздуха. Высокое содержание воздуха в масле отрицательно влияет на его стойкость.

Для окончательной механической обработки масло продавливается через ряд решеток, между которыми установлены ножи для перемешивания пласта. В случае выхода масла с недостаточным содержанием влаги включают аппарат для дозирования влаги, который подсоединяется двумя гибкими шлангами к инъекционному блоку.

Готовое масло выходит через одно из отверстий насадки шнекового текстуратора.

Специальный центробежный насос высокого давления подает ледяную воду по трубопроводам в рубашку текстуратора, наружный цилиндр сбивателя и корпус вала сбивателя.

Каждый из перечисленных трубопроводов имеет запорный соленоидный клапан, что позволяет, в зависимости от условий работы маслоизготовителя, отключать подачу воды в тот или иной узел.

Вода, используемая для охлаждения сбивального цилиндра, вала сбивателя и рубашки текстуратора, является оборотной и после использования идет на повторное охлаждение. Для промывки масляного зерна применяется промывочная вода.

6.4. Маслообразователи

Маслообразователи, применяемые для выработки масла из высокожирных сливок, бывают цилиндрические, пластинчатые и вакуумные [14, 16].

На рис. 6.3 представлен трехцилиндровый маслообразователь марки Я7-ОМ-3Т и предназначен для выработки из высокожирных сливок всех существующих видов сливочного масла методом их преобразования. Он имеет три цилиндра одинаковой конструкции. Цилиндр представляет собой вытеснительный барабан 5, закрепленный на валу. Последний соединен через штифтовое устройство с приводом 16 через редуктор 11.

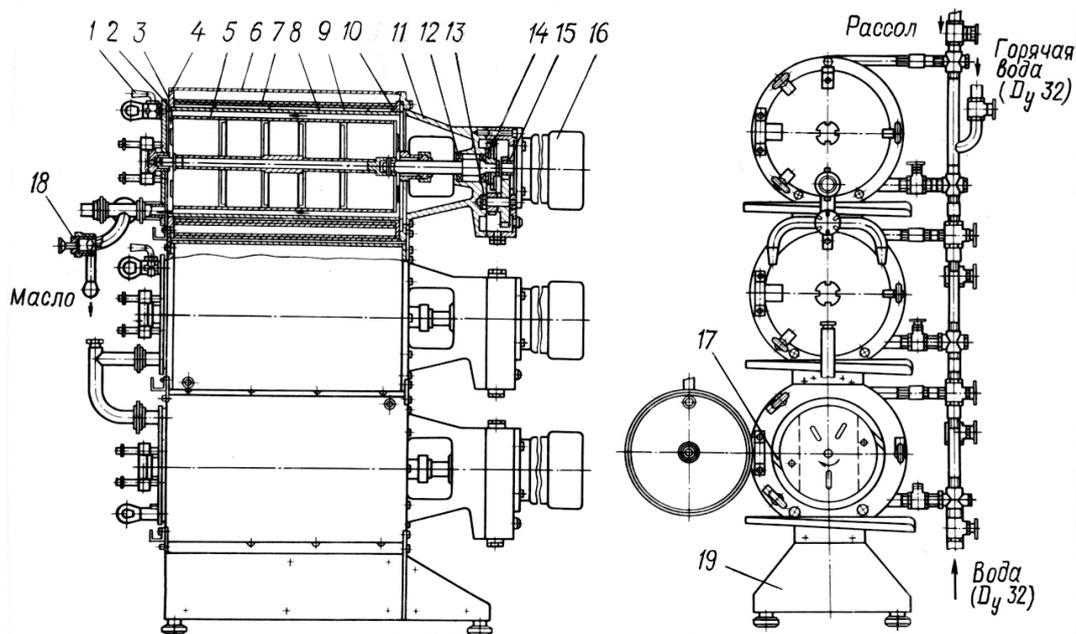


Рис. 6.3. Маслообразователь трехцилиндровый: 1 – воздушный кран; 2 – крышка; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – фланец; 5 – вытеснительный барабан; 6 – обшивка; 7 – наружная обечайка; 8 – спираль; 9 – внутренняя обечайка; 10 – задний фланец; 11 – редуктор; 12, 13 – подшипники; 14, 15 – шестерни; 16 – привод; 17 – ножи; 18 – выпускной кран; 19 – станина

Каждый цилиндр имеет наружную 7 и внутреннюю 9 обечайки. Полость между ними образует охлаждающую рубашку, в которой помещена спираль 8. Впереди цилиндр закрыт крышкой 2.

Вытеснительный барабан 5 имеет ребра жесткости и два пластмассовых ножа 17, свободно поворачивающихся над плоскостями вытеснительного барабана. Когда барабан вращается, то ножи под действием центробежной силы отбрасываются и прижимаются лезвием к внутренней поверхности цилиндра.

Контроль за наполнением цилиндра сливками и удалением воздуха осуществляется через воздушные краны 1. При пуске маслообразователя они открываются. Выпуск продукта осуществляется через кран 18. Здесь же установлен и термометр для контроля температуры масла.

Работает маслообразователь следующим образом. Высокожирные сливки температурой 60...70°C подаются в нижний цилиндр маслообразователя. Одновременно в охлаждающие рубашки поступают рассол (нижний и средний цилиндры) и ледяная вода (верхний цилиндр).

Слой сливок в нижнем цилиндре срезается ножами и перемешивается. Здесь высокожирные сливки, охлаждаясь до температуры кристаллизации глицеридов (22...23°C), сохраняют свойства эмульсии. Температура рассола в нижнем цилиндре – 1...-2°C, в среднем –3...-5°C. При перемещении сливок из нижнего цилиндра в средний начинается процесс структурообразования: жир переходит из жидкого состояния в вязкопластичное и отвердевает в течение 5...20 с. При этом продукт охлаждается до температуры 11...13°C.

При переходе в верхний цилиндр за счет механических воздействий за 150...250 с продукт приобретает мелкокристаллическую структуру и пластическую консистенцию. Так как при механическом воздействии выделяется тепла больше, чем отводится его через стенку цилиндра охлаждающей жидкостью, то температура продукта повышается на 1...2°C. Температура масла при выходе составляет 12...15°C. Продолжительность прохождения высокожирных сливок и преобразование их в масло составляет 3...6 мин. Если при перерыве в работе масло в цилиндрах затвердевает, то для обогрева цилиндров в охлаждающую рубашку необходимо подать пар или горячую воду. Цилиндры после этого очистятся от продукта. Промывка цилиндров осуществляется горячей водой и специальными растворами.

Производительность трехцилиндрового маслообразователя в зависимости от вида получаемого масла – 550...800кг/ч.

Четырехцилиндровые маслообразователи типа Я5-ОМЛ имеют производительность до 1000 кг/ч.

Вопросы для самоконтроля

1. Современные способы получения масла методом сбивания и преобразования высокожирных сливок.
2. Классификация оборудования для производства масла.

3. Маслоизготовители периодического действия, их устройство и принцип действия.
4. Маслоизготовители непрерывного действия. Устройство и работа сбивателей, текстураторов.
5. Классификация и разновидности маслообразователей. Состав линии по производству масла методом преобразования высокожирных сливок.
6. Устройство и принцип действия цилиндрических и пластинчатых маслообразователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>

Дополнительная

1. **Курочкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. – М.: Колос, 2001. – 440 с.
2. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

Лекция 7

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА

7.1. Аппараты для выработки сырного зерна

В аппаратах для выработки сырного зерна осуществляется свертывание белков молока, разрезание сырной массы, вымешивание сырного зерна, формование.

Аппараты выработки сырного зерна бывают с полным циклом обработки, с выносной емкостью для разрезки сырного пласта и непрерывного действия [13].

Сырное зерно обычно вырабатывается в аппаратах периодического действия. Они, как правило, состоят из одной или двух специальных емкостей.

При получении сырного зерна в одной емкости в ней осуществляются свертывание белка, разрезка сгустка, обработка сырного зерна, придание сырной массе формы и самопрессование.

При использовании двух емкостей в первой получают и обрабатывают сырное зерно (свертывание белка, разрезка сгустка и его обработка). Затем сырная масса поступает во вторую емкость, в которой масса сырных зерен подпрессовывается и разрезается на блоки.

В соответствии с ГОСТ 28110-89 аппараты для выработки сырного зерна подразделяются на открытые – сыродельные ванны и закрытые - сыроизготовители.

Закрытая конструкция сыроизготовителя исключает бактериальное загрязнение извне и снижает затраты на нагрев продукта [3].

Для выработки сырного зерна при производстве твердых и мягких сыров на сыродельных заводах и цехах применяются ванны марок Д7-ОСА-1, В2-ОСВ-5 и В2-ОСВ-10.

Сыродельная ванна (рис. 7.1) марки Д7-ОСА-1 состоит из следующих основных узлов: двустенной ванны, запорного клапана 3 для спуска зерна с сывороткой, двух колонн 2 левой и правой, мостовой конструкции 1, режущее-вымешивающего инструмента 9 и 7 и его привода 12, домкрата 11, штуцера 6 для выпуска конденсата и отборника сыворотки 8. Ванна установлена на опорных ножках 4 с подпятником 5. Кроме того, ванна марки Д7-ОСА-1 имеет сито для отбора сыворотки и электрооборудование [12, 13].

Сыродельные ванны марок В2-ОСВ-5 и В2-ОСВ-10 имеют пневмооборудование, состоящее из фильтра, регулятора давления, маслораспылителя, манометра и пневмоцилиндра для наклона ванны, а также устройство для отбора сыворотки, которое в свою очередь состоит из сита, зажима отклонения сита, запорного клапана и уравнильного бака.

Двустенная ванна представляет собой сварную конструкцию, внутренняя часть которой изготовлена из нержавеющей стали и помещена в кожух из углеродистой стали. Пространство между наружной поверхностью ванны и внутренней поверхностью кожуха заполнено термоизоляционным материалом, закрытым сверху листами из нержавеющей стали.

Контроль за наполнением емкостей молоком осуществляется визуально при помощи мерной линейки 10 (см. рис. 15.1), а у ванны марки В2-ОСВ-10 – автоматически с помощью датчика контроля верхнего уровня молока, вмонтированного на боковой стенке ванны.

Наклон ванны марки Д7-ОСА-1 при мойке и перекачке из нее содержимого осуществляется гидравлическим домкратом 11, а наклон ванны В2-ОСВ-5 и В2-ОСВ-10 – пневмоцилиндром .

Режущее-вымешивающий инструмент представляет собой ножевую раму с лирообразными ножами 9 или мешалками 7 (см. рис. 7.1).

Привод режущее-вымешивающего устройства расположен внутри моста на направляющих, приваренных к бокам. Весь привод монтируется на корытообразной платформе, что полностью исключает возможность попадания загрязнений с привода в ванну.

Электропривод сыродельной ванны марки Д7-ОСА-1 состоит из горизонтально расположенного четырехскоростного электродвигателя, имеющего возможность перемещаться вдоль каретки при помощи рейки и шестерни, бесступенчатого вариатора скорости, червячного редуктора и цепной передачи.

Принцип работы сыродельных ванн. Ванну заполняют молоком сверху насосом. Включают привод и на выбранной скорости осуществляют перемешивание и прогрев молока до нужной технологической температуры. Затем вносятся бактериальная закваска, соли, раствор фермента.

При этом перемешивание продолжается до получения равномерного состава смеси. После этого привод отключают, после чего происходит свертывание молока и образуется сырный сгусток-калье.

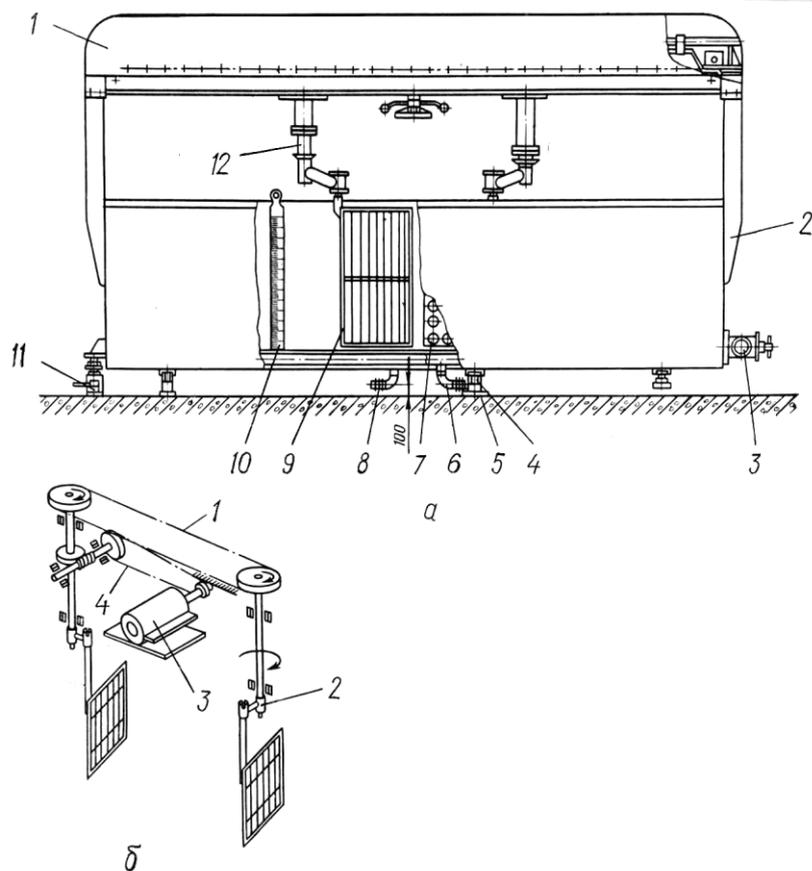


Рис. 7.1. *а* – общий вид: 1 – мостовая конструкция; 2 – колонна; 3 – кран клапанного типа; 4 – ножка; 5 – подпятник; 6 – штуцер для выпуска конденсата; 7 – мешалка; 8 – отборник сыворотки; 9 – лирообразная мешалка; 10 – линейка; 11 – домкрат; 12 – вал мешалки; *б* – привод: 1 – цепная передача; 2 – мешалка; 3 – электродвигатель; 4 – клиноременная передача

Когда сгусток достигнет необходимой плотности, включают разрезку сгустка ножами в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Режущий элемент, установленный на мешалках, представляет собой тонкую проволоку или тонкие пластинки из нержавеющей стали, повернутые на 15°. Расстояние между элементами 7...8 или 10...12 мм. Дробление сгустка проводят при наименьшем числе оборотов инструмента.

После окончания дробления сгустка отбирают нужное количество сыворотки, снимают режущий инструмент 9 и устанавливают вымешивающий 7 (см. рис.7.1).

Отбор сыворотки из сыродельной ванны марки Д7-ОСА-1 производят при остановленном инструменте через патрубок, вваренный в боковой стенке ванны, трехходовой кран и сито, навешенное на борт ванны. Отбор сыворотки из сыродельных ванн В2-ОСВ-5 и В2-ОСВ-10 осуществляют через устройство для отбора сыворотки при работающем инструменте.

После отбора сыворотки проводят второе нагревание при вращающемся инструменте и "подсушивают" зерно.

Затем сырное зерно в смеси с сывороткой при наклонном положении ванны перекачивают насосом или самотеком в формовочные устройства или вибрлотки.

По расположению режуще-вымешивающего инструмента сыроизготовители подразделяются на вертикальные и горизонтальные.

По форме сечения горизонтальные аппараты можно подразделить на цилиндрические (с одним валом) и эллиптические (с несколькими валами).

По форме сечения вертикальные сыроизготовители в основном имеют форму емкости "double-O", что позволяет обеспечить более равномерное распределение молокосвертывающего фермента, бактериальной закваски и готового продукта во время их перемешивания [3].

7.2. Формовочные аппараты

Они предназначены для придания формы сырной массе, поступающей из аппарата выработки сырного зерна, и резки пласта на куски с последующим направлением их в формы для прессования.

Формовочный аппарат для сыра марок Я5-ОФИ-1, Я5-ОФИ (рис. 7.2) предназначен для циклической приемки и распределения сырной массы, формования ее в пласт, удаления сыворотки и резки сырного пласта на бруски заданных размеров. Формование сырного зерна и равномерное отделение сыворотки осуществляется нажимными плитами одновременно по всей длине ванны с помощью комбинированных пневмомеханических устройств. При выгрузке сырного пласта перфорированное дно продвигается вперед, а сырный пласт разрезается на продольные полосы регулируемыми ножами [13].

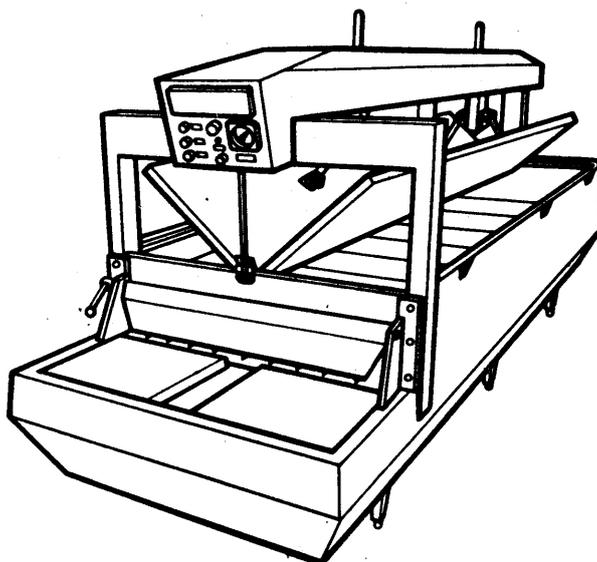


Рис. 7.2. Формовочный аппарат Я5-ОФИ

После выдвижения сырного пласта на заданную длину гильотина перемещается вниз и отсекает партию брусков сыра, готового для укладки в формы.

Отделители сыворотки РЗ-003 и Я7-00-23 предназначены для отделения сырного зерна от сыворотки при производстве сыров, формуемых насыпью.

Отделитель сыворотки марки РЗ-003 состоит из следующих основных деталей: барабана, поддона, каркаса, регулировочного винта, патрубки, привода.

Барабан является основным рабочим органом. Он выполнен из нержавеющей стали в виде наклонного цилиндра, средняя часть которого имеет перфорированные стенки. Барабан армирован двумя кольцами, переднее является опорным, заднее – приводным и фиксирующим барабан от смещения в направлении его оси.

Работает отделитель сыворотки следующим образом.

Смесь сырного зерна и сыворотки подается в барабан через патрубок. Вследствие наклонного положения барабана и его вращательного движения сырное зерно проходит по внутренней поверхности барабана и попадает в формы. Сыворотка проходит через отверстие перфорации барабана в поддон и сливается через патрубок. Изменением с помощью регулировочного винта угла наклона барабана обеспечивается регулирование содержания сыворотки в зерне на выходе из отделителя.

Отделитель сыворотки марки Я7-00-23 имеет тот же принцип работы при некоторых конструктивных отличиях.

7.3. Прессы

Прессование сыра проводят на рычажных, рычажно-винтовых, пружинно-винтовых, гидравлических и пневматических прессах.

Применение механических прессов усложняет прессование, исключает возможность его автоматизации. При работе на механических прессах приходится изменять нагрузку или положение нажимного винта и рассчитывать давление, передаваемое на сыр.

При использовании гидравлического или пневматического пресса не требуется определять нагрузки. Эти прессы снабжены приборами, регистрирующими давление.

Пневматические прессы бывают вертикального и горизонтального типов.

Промышленность выпускает вертикальные прессы марок Е8-ОПД, Е8-ОПГ, горизонтальные прессы марки Е8-ОПБ и прессы марки Е8-ОПВ для прессования швейцарского сыра [3,13].

Прессы марок Е8-ОПД и Е8-ОПГ предназначены для прессования всех видов сыра (за исключением швейцарского и сыров с удлиненной цилиндрической формой). Прессование проводят с целью уплотнения сырной массы, удаления части сыворотки и образования поверхностного слоя.

В практике наибольшее распространение получили пневматические прессы. Прессующая система пневмопресса имеет серводвигатель, приборы управления (редуктор давления с манометром) и переключатель потока воздуха.

Пресс марки Е8-ОПД – пневматический, вертикальный, двухсекционный, шестиярусный. Пресс марки Е8-ОПГ, в отличие от пресса марки Е8-ОПД, имеет четыре секции.

Сжатый воздух в пневмосистему подается от стационарной компрессорной установки, которая может обслуживать одновременно десять прессов марки Е8-ОПД или пять – Е8-ОПГ.

Для прессования сыров унифицированной цилиндрической формы, а также голландского круглого и ярославского используется горизонтальный пресс марки Е8-ОПБ.

Прессование осуществляется при помощи горизонтально расположенных пневмоцилиндров, укрепленных на траверсах задней рамы, через штоки которых передается давление на ряд горизонтально уложенных форм. Сырные формы в количестве от 5 до 14 штук укладываются на продольные направляющие в один ряд.

На пяти ярусах укладываются 50 форм ярославского круглого унифицированного сыра или 140 форм круглого голландского. Съёмные фиксаторы предназначены для удержания сырных форм от «выпучивания» при прессовании сыров. Выдержка сырных форм под давлением ведется в соответствии с временем, предусмотренным технологическим процессом.

Пресс марки Е8-ОПВ используется для прессования от одной до трех головок швейцарского сыра и других крупноблочных сыров.

7.4. Оборудование для посолки, созревания, мойки, обсушки и упаковки сыров

Для *посолки* сыров применяются установки посолки сырного зерна в потоке, соляные бассейны с устройствами посолки сыра на стеллажах, аппараты посолки сухой смесью.

Установка Я17-ОПМ для частичной посолки сырного зерна в потоке при производстве сычужных сыров работает следующим образом. В отделитель сыворотки по трубе смесь сырного зерна с сывороткой подается на внутреннюю стенку барабана. Несоленая сыворотка проходит в отверстия перфорации барабана и отводится через патрубок на дальнейшую переработку. Сырное зерно поступает в воронку, где на него из распылительной головки подается рассол. По трубе сырное зерно с рассолом поступает во впускное отверстие винтовой транспортной трубы, где, постоянно перемешиваясь, находится некоторое время, просаливается до необходимой степени, после чего пульсирующим потоком подается через воронку и трубу в конический барабан отделителя рабочего рассола. В нем рассол отделяется и направляется для повторного использования (после автоматической корректировки его параметров). Сырное зерно попадает в воронку, откуда после открывания затвора – в сырные формы на передвижном столе. Производительность установки – 2000...3000 кг/ч при непрерывной работе по массе сыра, время выдержки сырного зерна в рассоле 40 с.

Наиболее простой способ посола сыра – в соляных бассейнах, выполненных из бетона с облицовкой керамическими плитками. При глубине бассейна 0,8...1,2 м нагрузка на 1 м² площади бассейна составляет для крупных сыров 300...350 кг, мелких – 180...250 кг [13].

С целью экономии площади бассейнов их можно делать более глубокими, но загружать в них сыр необходимо в специальных этажерах, использование которых требует применения специальных подъемников.

При посолке сыра в бассейнах концентрация, температура и кислотность рассола изменяются. Поэтому в процессе обработки сыра рассолом необходимо восстанавливать его первоначальные свойства.

При прохождении через отсек с решетками рассол фильтруется, насыщается солью, кислотность нейтрализуется мелом. Циркуляцию рассола к охладителю обеспечивает центробежный насос.

После завершения посолки контейнеры поднимаются из бассейна тельфером.

Созревание сыров осуществляется в специальных камерах при температуре воздуха 10...12°C на полках различной конструкции. Для созревания сыров могут использоваться контейнеры марки Т-480. Их вместимость до 500 кг.

В связи с тем, что при созревании сыры покрываются плесенью, их необходимо периодически мыть. Для мойки применяются специальные щеточные машины с вращающимися цилиндрическими щетками, протирающими поверхность сыров.

Для мойки сыра выпускается машина марки РЗ-МСЦ производительностью 100...150 головок/ч. Машина для мойки включает в себя емкость со щеточными барабанами, смеситель для воды, через который жидкость подается необходимой температуры. Привод щеток осуществляется от электродвигателя через редуктор. Частота вращения щеток 150 об/мин, диаметр 200 мм. Ворс щеток барабана изготовлен из полипропилена толщиной 0,8 мм.

Сыромоечная машина марки МСК-198 карусельного типа также используется для мойки поверхности сыров в период их созревания и хранения. На машине можно

обрабатывать мелкие брусковые сыры и сыры формы низкого цилиндра диаметром до 280 мм и высотой до 160 мм. Производительность машины – 150 головок в час. Машина имеет 4 щетки специальной формы.

Работает машина следующим образом. Сыр, подлежащий мойке, подается на стол загрузки на диск карусели и ставится в положении на ребро. Диск карусели, вращаясь со скоростью 0,09 с-1, увлекает за собой головку сыра и подводит ее к щетке, при этом головка прижимается к щетке направляющими.

Головка сыра от действия рифов карусели и ворсы щеток получает медленное вращательное движение. В это время происходит интенсивная мойка ворсом щетки левой торцевой плоскости и поверхности цилиндра головки сыра. Для полной обработки поверхности необходимо обеспечить в зависимости от степени загрязненности сыра не менее 1-2 оборотов головки. Интервал загрузки машины головками сыра – 10...15 с.

При подаче пятой головки в машину первая автоматически выгружается из машины через левое окно выгрузки. Одновременно в машине могут находиться 4-5 головок сыра низкого цилиндра [3,13].

При обработке всех сыров в зону обработки и контакта сыров со щетками из специальных форсунок производится интенсивная подача циркуляционной воды, что приводит к резкому уменьшению трения и способствует выходу грязных частиц.

После мойки поверхность сыров должна быть осушена. Для этого применяют машины, имеющие сушильные камеры, транспортирующие устройства, калориферы, вентиляторы (два вытяжных и один нагнетательный). Транспортирующее устройство размещено на подвижной и неподвижной рамах. На подвижной раме закреплен эксцентриковой механизм привода, который за один ход перемещает сыр на 70 мм.

Для **обсушки сыров** различной формы после их мойки используется машина марки 44А. Машина состоит из следующих основных узлов: сушильной камеры, привода, подвижной рамы, калорифера и вентиляторов (двух вытяжных и одного нагнетательного).

Перед началом работы открывают вентили на входе в калорифер и в линию конденсатора, включают вытяжные и нагнетательные вентиляторы и привод сушилки. При достижении температуры воздуха в сушилке 30...35°C подают головки сыра на подвижную раму. Головки сыра, перемещаясь внутри сушильной камеры с помощью кривошипа и подвижной рамы, обсушиваются, снимаются и укладываются в контейнер.

После созревания, в целях обеспечения сохранности сыра, его покрывают парафином (кроме швейцарского). Для этой цели применяют специальные установки – парафинеры марки Г6-ОПЗ-А.

Принцип работы парафинера состоит в периодическом погружении подвижной рамы с уложенными на нее сырами в парафиновый сплав, разогретый в ванне до рабочей температуры 130...150°C с выдержкой в горячем парафине 12...18 с и подъеме парафинированного сыра.

Головки сыра размещены на подвижной раме так, что обеспечиваются оптимальные условия для стекания излишнего парафина при наименьшем количестве точек соприкосновения головок сыра с рамой.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация аппаратов для выработки сырного зерна.

2. Устройство и принцип действия сыродельных ванн и сыроизготовителей, их различия.
3. Классификация аппаратов для предварительного прессования сырного зерна, устройство и принцип действия.
4. Классификация прессов для прессования сыров. Устройство и принцип действия прессов.
5. Оборудование для посолки сыров, устройство и принцип действия.
6. Оборудование для обработки сыров на стадии созревании, его устройство и принцип действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>

Дополнительная

1. **Курочкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. — М.: Колос, 2001. — 440 с.
2. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

Лекция 8

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВОРОГА

8.1. Способы производства творога, состав оборудования

Творог – это белковый кисломолочный продукт, который вырабатывается из нормализованного или обезжиренного молока методом его сквашивания. При этом могут применяться молочно-свертываемые ферменты и хлорид кальция.

Существует два способа выработки творога – традиционный (обычный) и раздельный.

При производстве творога обычным способом сквашивание нормализованного молока осуществляется в специальных ваннах, в которых происходит отделение

сыворожки от творожной массы. После этого творожная масса поступает на прессы или в ванны самопрессования [16].

При раздельном способе молоко сепарируют на обрат и сливки. Затем обезжиренное молоко заквашивается в емкостях, после чего отделение сыворожки от творожной массы осуществляется на сепараторах-творогоотделителях. После этого обезжиренный творог смешивается со сливками в определенной пропорции в смесителе, имеющем дозаторы для творога и сливок.

Оборудование, применяемое для производства творога, делится на три группы: оборудование для получения и обработки сгустка, охлаждения творога и фасовки.

Оборудование для получения и обработки сгустка бывает непрерывного и периодического действия. К оборудованию непрерывного действия относят творогоизготовители многосекционные и коагуляторы, к оборудованию периодического действия – творогоизготовители и творожные ванны.

Охлаждение творога осуществляется на специальных охладителях.

Из творога приготавливают различные творожные изделия, для чего используют соответствующее технологическое оборудование.

8.2. Творогоизготовители

Оборудование для получения и обработки сгустка бывает непрерывного и периодического действия. К оборудованию непрерывного действия относят творогоизготовители многосекционные и коагуляторы, к оборудованию периодического действия – творогоизготовители и творожные ванны.

Комплекты оборудования марок ТО-1 и ТО-2,5 предназначены для получения и обработки сгустка и относятся к аппаратам периодического действия.

Комплект оборудования ТО-1 состоит из ванны-калье ВК-1 и пресс-тележки ПТ-1, ТО-2,5 включает ванну-калье ВК-2,5 и ванну самопрессования ВС-2,5.

Ванна ВК-2,5 имеет рабочую емкость полуцилиндрической формы, теплообменную рубашку и патрубками для горячей и холодной воды, шиберный кран для выпуска продукта и четыре ножки для установки ванны на полу.

Ванна самопрессования ВС-2,5 состоит из тележки с колесами, решетки. Она устанавливается под шиберным краном ванны ВК-2,5.

Работает комплект следующим образом. После заполнения ванны молоком и его заквашивания в рубашку ванны ВК-2,5 подают горячую воду. Молоко нагревается при ускоренном способе до 35⁰С в теплый период, до 38⁰С – в холодный. По окончании процесса сквашивания при ускоренном способе через 4...4,5 ч горячую воду спускают и подают в тепловую рубашку холодную воду. Сгусток-калье охлаждается. Затем через шиберный кран наполняют мешки готовым калье и укладывают их рядами в ванну самопрессования на решетки. Сыворожка удаляется под действием собственного веса сгустка [16, 17].

На рис. 8.1 показан многосекционный творогоизготовитель непрерывного действия, который имеет корпус 3 с размещенными на нем двумя бандажми 5. Корпус бандажми свободно опирается на четыре парно расположенных ролика 12. Одна пара роликов является ведущей, крутящий момент на них передается от электродвигателя через систему передач. Рама 10 установлена на выдвигных ножках.

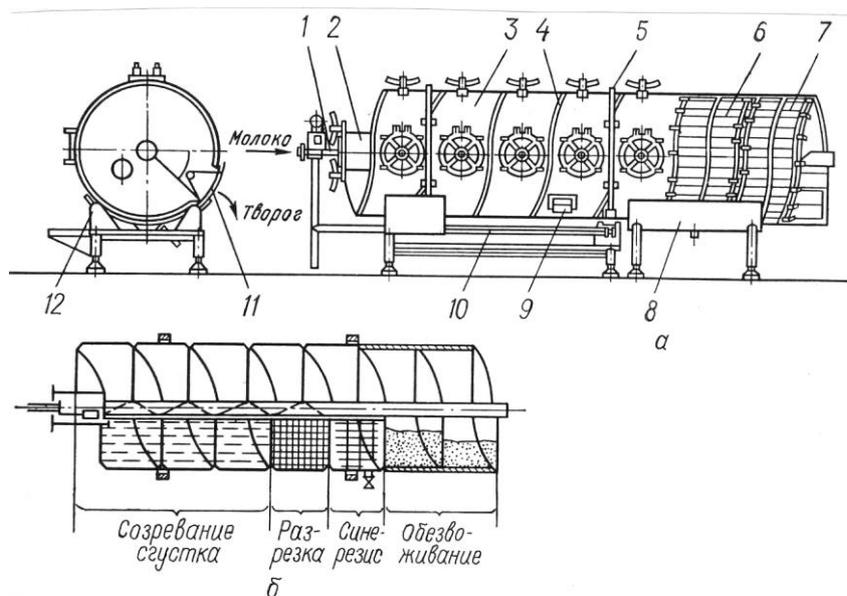


Рис. 8.1. Многосекционный творогоизготовитель: а – общий вид; 1 – трубопровод; 2 – приемник; 3 – корпус; 4 – винтообразные перегородки; 5 – бандаж; 6 – сетки; 7 – решетчатые сегменты; 8 – поддон; 9 – режущее устройство; 10 – рама; 11 – лоток; 12 – ролики; б – схема образования и обработки творожного сгустка

Корпус 3 творогоизготовителя имеет семь изолированных секций с винтообразными перегородками 4. В четвертой секции есть режущее устройство 9, состоящее из вертикальных и горизонтальных струн. В последних двух секциях происходит фильтрация. В них установлены съемные сетки 6 и решетчатые сегменты 7. Для приема сыворотки служит поддон 8.

Работает творогоизготовитель следующим образом. Пропастеризованное молоко с внесенной закваской заливается в первые три секции для сквашивания по 550 л в каждую, где образуется творожный сгусток. Последний попадает в четвертую секцию, здесь он разрезается струнами на кубики и поступает в пятую секцию, где происходит синерезис (самопроизвольное уменьшение объема дисперсных структур за счет выделения из них жидкости) [16,17].

При переходе в две последние секции сыворотка отводится через сетку и решетчатые сегменты в поддон, а творог выгружается через лоток II в приемную тележку.

8.3. Охладители творога, вальцовки и смеситель

Творог, полученный на творогоизготовителях, должен быть охлажден до температуры не выше 8⁰С. Для этой цели используются открытые и закрытые охладители.

Двухцилиндровый охладитель творога марки ОТД предназначен для быстрого охлаждения творога.

Охладитель творога марки ОТД (рис. 8.2) состоит из двух закрытых цилиндров 2 с одним общим бункером 7. Каждый цилиндр снабжен рубашкой с винтовым ходом для охлаждающей жидкости (рассола), спереди закрыт крышкой 1, с задней стороны имеется полубункер [11, 16, 17].

Полубункеры двух цилиндров соединены в общий бункер. В середине его расположен рассекатель, который обеспечивает распределение творога по цилиндрам.

Снаружи цилиндр закрыт кожухом 4. Пространство между ними рубашкой служит воздушной теплоизоляцией. Крышка цилиндра прикрепляется к его передней стенке четырьмя зажимами 9. В крышке смонтирован полимерный подшипник вала барабана. На крышке имеется конус и выходной патрубок, на котором установлен термометр сопротивления, связанный электрической цепью с логометром, размещенным в пульте.

В цилиндрах размещены вращающиеся вытеснительные барабаны.

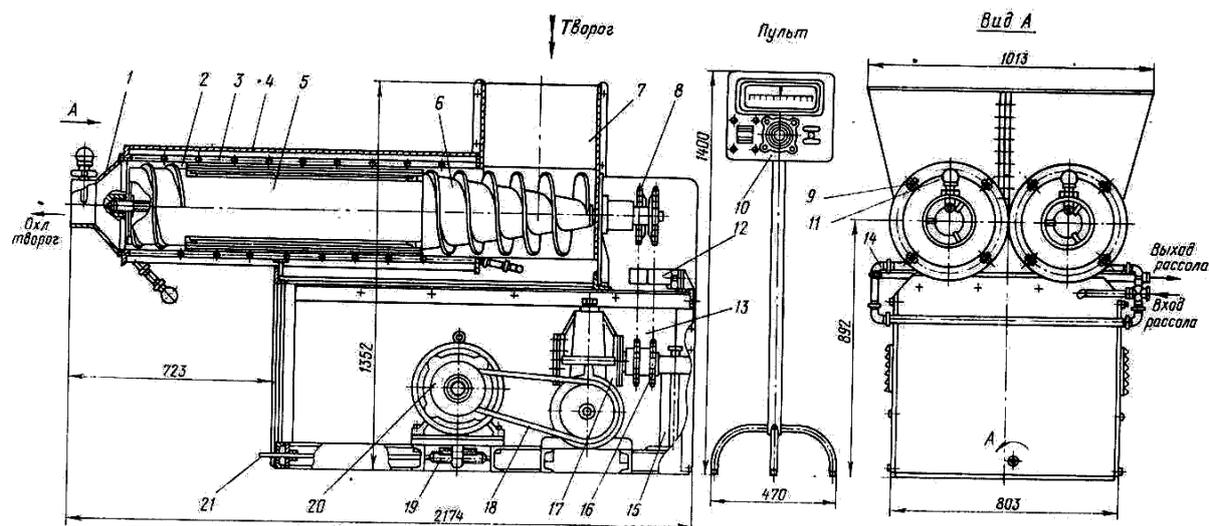


Рис. 8.2. Общий вид охладителя творога двухцилиндрового марки ОТД:
 1 – крышка; 2 – цилиндр; 3 – рубашка; 4 – кожух; 5 – барабан вытеснительный; 6 – коническая часть корпуса барабана; 7 – бункер; 8 – ведомые звездочки; 9 – зажим; 10 – пульт; 11 – термометр сопротивления; 12 – натяжное устройство для цепей; 13 – цепные передачи; 14 – трубчатый коллектор; 15 – выносная опора; 16 – ведущая звездочка; 17 – червячный редуктор; 18 – клиноременная передача; 19 – механизм для натяжения ремней; 20 – двигатель; 21 – винт

Работа охладителя творога протекает следующим образом. Творог непрерывным потоком поступает в бункер охладителя, откуда захватывается витками шнека конической части вытеснительного барабана и проталкивается тонким слоем (12,5 мм) между поверхностями цилиндра и барабана. Во избежание примерзания охлажденный творог постоянно снимается со стенок цилиндров пластмассовыми ножами и перемешивается. Захваченный коническими витками шнека, творог вытесняется наружу через конической патрубок в крышке. Температура хладагента на входе-выходе и творога на выходе определяется при помощи термометра сопротивления и логометра.

На молокоперерабатывающих предприятиях для охлаждения творога используется открытый охладитель марки Д5-ОТЕ.

Открытый охладитель марки Д5-ОТЕ имеет барабан, вращающийся в подшипниках скольжения. Рассол в барабан вводится через полулюцфу. Теплообменная рубашка барабана разделена продольными перегородками, способствующими увеличению скорости движения хладоносителя.

Теплый творог загружается в бункер, из которого тонким слоем наносится валиком на барабан. За неполный оборот барабана тонкий слой творога охлаждается и затем снимается ножом в желоб, в котором вращается шнек. Из шнека творог попадает на дальнейшую обработку.

Для охлаждения творога, полученного раздельным способом, применяются трубчатые и пластинчатые охладители.

Трубчатый охладитель имеет одноходовый теплообменник в виде цилиндра, внутри которого расположены теплообменные трубки, концы их герметично развальцованы в трубных решетках. Наружная поверхность цилиндра закрыта теплоизоляцией, предохраняемой от повреждения защитным кожухом. С торцов охладитель закрыт коническими крышками со штуцерами, к последним присоединяются трубопроводы. По одному из них творог подается в охладитель, по другому – отводится из охладителя.

Хладоноситель в межтрубное пространство подводится и отводится также по специальным патрубкам.

Творог в охладитель поступает через впускной штуцер, проходит по теплообменным трубкам и выходит через выпускной штуцер. Насос для подачи творога должен создавать давление не менее $6 \cdot 10^5$ Па.

Промышленностью выпускается установка УПТ для прессования и охлаждения творога в мешочках. Он представляет собой раму, на которой смонтирован трубчатый барабан для прессования и охлаждения творога. Загрузочное окно при работе закрывается раздвижными дверцами. Снизу рамы подвешена съемная ванна.

Работает установка следующим образом. Мешочки с калье загружаются в барабан установки, включается электродвигатель, барабан вращается, происходит прессование творога (без циркуляции рассола). Затем творог охлаждают, открыв вентили ввода и вывода рассола, до температуры, близкой к 14°C , затем подача рассола прекращается, привод выключается, мешочки с творогом выгружаются из барабана.

Для перетирания творога в процессе изготовления творожных изделий на предприятиях молочной промышленности применяется вальцовка для творога марки Е8-ОПУ. Она состоит из станины, механизма регулирования зазора между валками, двух ножей и бункера. В бункере установлена сблокированная с системой пуска электродвигателя предохранительная решетка. Привод валков осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу.

При работе вальцовки творог загружается в бункер, где растирается валками, вращающимися с разными окружными скоростями. Готовый продукт снимается ножами с поверхности валков и попадает в емкость.

При производстве творога раздельным способом согласно технологии необходимо обезжиренный творог перемешивать со сливками. Для этой цели применяется смеситель-дозатор марки ОСТ [3].

Смеситель-дозатор обезжиренного творога со сливками марки ОСТ-1 состоит из следующих основных узлов: приемного бункера для обезжиренного творога, дозатора творога, дозатора сливок, смесителя, привода, станины [16,17].

Работа смесителя-дозатора производится при постоянной дозе творога и настраиваемой дозе сливок в соответствии с их жирностью.

Обезжиренный творог из бункера шнеком подается к дозатору творога и заполняет пространство между секторами. Оба сектора приходят в движение и, отсекая дозу творога, поворачивают ее к выходному отверстию. Затем один сектор останавливается, а другой продолжает движение, выдавливая дозу через решетку.

В это время с обратной стороны сектора вновь образуется пространство, заполненное творогом. Проходя через решетку, творог принимает вид пучка непрерывных нитей. Одновременно, когда поворотный кран дозатора перекрывает отверстие, соединяющее полость цилиндра с камерой перемешивания, при ходе поршня вперед выдается очередная доза сливок, которая, проходя через решетку и

принимая вид струек, смывает пучок непрерывных нитей для последующего перемешивания смеси. В камере смесь тщательно перемешивается, продвигается наклонными лопатками валов к конусной насадке и выходит из смесителя. Дозирование творога и сливок идет непрерывно.

Вопросы для самоконтроля

1. Оборудование для производства творога, его классификация.
2. Устройство ванн для получения творожного сгустка, творогоизготовителей периодического и непрерывного действия.
3. Устройство и принцип действия охладителей творога.
4. Назначение, устройство и принцип действия дозатора-смесителя.
5. Состав оборудования и принцип действия линии для производства творога отдельным способом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>

Дополнительная

1. **Курочкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. — М.: Колос, 2001. — 440 с.
2. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

Лекция 9

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СГУЩЕННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

9.1. Общий технологический процесс производства сгущенных молочных продуктов

Консервирование – это процесс специальной обработки молочных продуктов, который позволяет сохранять эти продукты без изменения в течение длительного

времени. Сгущенные молочные консервы – это продукты, вырабатываемые из натурального молока с применением сгущения с последующей стерилизацией или добавлением сахара. Эти продукты обладают высокой энергетической ценностью за счет концентрации составных частей молока, а также высокой транспортабельностью и стойкостью при хранении.

Для подавления развития нежелательной микрофлоры при производстве молочных консервов используют физические средства: высокие температуры (стерилизация), повышение осмотического давления и высушивание.

Консервирование молока путем повышения осмотического давления, вызывающего нарушение естественного обмена веществ между живой микробной клеткой и средой, применяют при производстве сгущенного молока с сахаром. Повышать осмотическое давление в молоке можно путем увеличения содержания сухого молочного остатка (сгущение молока и растворение в нем сахара) [16,20].

Таким образом, в зависимости от методов консервирования и соответствующих процессов обработки молочные консервы можно разделить на следующие виды: сгущенные стерилизованные и концентрированные консервы без сахара и сгущенные консервы с сахаром.

Производство молочных консервов характеризуется общими технологическими процессами, осуществляемыми при подготовке и обработке сырья: приемка, очистка, охлаждение и резервирование, нормализация, тепловая обработка, гомогенизация, сгущение.

Технологический процесс производства сгущенного молока с сахаром осуществляется следующим образом: приемка, подготовка и резервирование сырья, нормализация, гомогенизация и пастеризация, приготовление и введение сахарного сиропа, сгущение, охлаждение, фасование и хранение.

9.2. Классификация вакуум-выпарных установок

Оборудование для производства сгущенных молочных продуктов делится на выпарные установки, оборудование для приготовления сахарного сиропа, охлаждения сгущенного молока и кристаллизации молочного сахара (лактозы).

Аппараты, в которых сгущают продукты, называют **выпарными**. Они бывают атмосферными и вакуумными. Атмосферные аппараты не получили распространение, в молочном производстве в основном применяют вакуум-выпарные установки [16]. Их преимущество заключается:

- в сгущении жидкостей, кипение которых при атмосферном давлении ведет к изменению физико-химических свойств и потере питательной ценности продукта;

- в использовании отработавшего и вторичного пара;

- в получении большого количества пара с 1 м² поверхности ввиду значительного перепада температур между теплоносителем (паром) и выпариваемой жидкостью.

Вакуум-выпарные установки классифицируются: по количеству корпусов - одно- и многокорпусные; по принципу работы - периодического и непрерывного действия; по типу греющей поверхности – с трубчатыми и пластинчатыми калоризаторами; по типу конденсатора – с барометрическими и поверхностным конденсаторами; по греющему агенту – с использованием водяного пара, паров аммиака и фреона; по использованию вторичного пара – аппараты, в которых не используется вторичный пар, и аппараты с использованием вторичного пара; по способу движения сгущаемого продукта – циркуляционные и пленочные.

Назначение выпарных установок – удаление влаги из сырья в результате его кипения при давлении меньше атмосферного. Такой процесс, сопровождающийся сгущением молочных продуктов, получил название выпаривания.

В сгущенных продуктах сохраняются практически без изменения все компоненты молока (витамины и другие термолабильные компоненты).

При сгущении свободную воду можно удалить в твердом виде (криоконцентрирование), жидком (обратный осмос) и парообразном (выпаривание).

При криоконцентрировании вода в продукте замораживается и ее кристаллы удаляются фильтрацией или центрифугированием. При этом изменение состава и потери веществ незначительны.

Обратный осмос используется для концентрации обрата и сыворотки. При этом концентрация достигает соответственно 32 и 25-35 %.

Сгущение выпариванием проводится при кипении молока под вакуумом, что позволяет снизить температуру кипения молока. Температура выпаривания молока под вакуумом должна быть не ниже 50⁰С и не выше 75⁰С. В диапазоне этих температур продукт не теряет своих свойств.

Так как при выпаривании увеличивается содержание в продукте сухих веществ, то отношение концентрации или количества вещества после выпаривания к концентрации или количеству их до выпаривания называется степенью сгущения. Этот показатель для сгущенных молочных продуктов составляет 2,5...3, сухих консервантов – 4...6.

Сгущение молока проводится на вакуум-выпарных установках различных типов: циркуляционных (периодического действия), пленочных и пластинчатых (непрерывного действия).

Широкое применение получили установки циркуляционного типа одно- и многокорпусные, пленочные многокорпусные. Пластинчатые установки используются на небольших заводах одноэтажной застройки.

В однокорпусных вакуум-выпарных установках молоко кипит при температуре 55...60⁰С, при разрежении (8,7...8,8) 10⁴ Па (660...670 мм рт. ст.).

В многокорпусных установках молоко кипит при разных температурах в различных корпусах: в первом корпусе она выше, чем во втором, во втором выше, чем в третьем.

Снижение температуры в корпусах по мере последовательного передвижения по ним продуктов происходит за счет выделения различного количества пара из молока.

9.3. Вакуум-выпарные установки циркуляционного типа

Однокорпусная вакуум-выпарная установка циркуляционного типа (рис. 9.1) включает в себя следующие основные части: калоризатор (нагреватель) 28, пароотделитель (сепаратор) 29, конденсатор 24, пароструйные насосы-эжекторы 22 и 23, два подогревателя молока 25 и 26, пароструйный компрессор (термокомпрессор) 30, плунжерные вакуум-насосы 17 и 18.

Нагреватель 28 выполнен в виде цилиндра, имеющего с торцов крышки, установленные на резиновых прокладках. Внутри цилиндра имеются кипяtilьные трубки, концы которых вмонтированы в трубные решетки, в результате чего нагреватель делится на три части. Верхняя и нижняя части разделены вертикальными перегородками 19 и 20 с окнами. Окно в нижней перегородке закрыто, а верхняя перегородка 19 свободно извлекается [20].

В средней части нагревателя, в зоне размещения кипяtilьных трубок, имеются широкие возвратные (циркуляционные) трубки 21. Жидкость в них движется сверху вниз, в то время как в кипяtilьных трубках – снизу вверх.

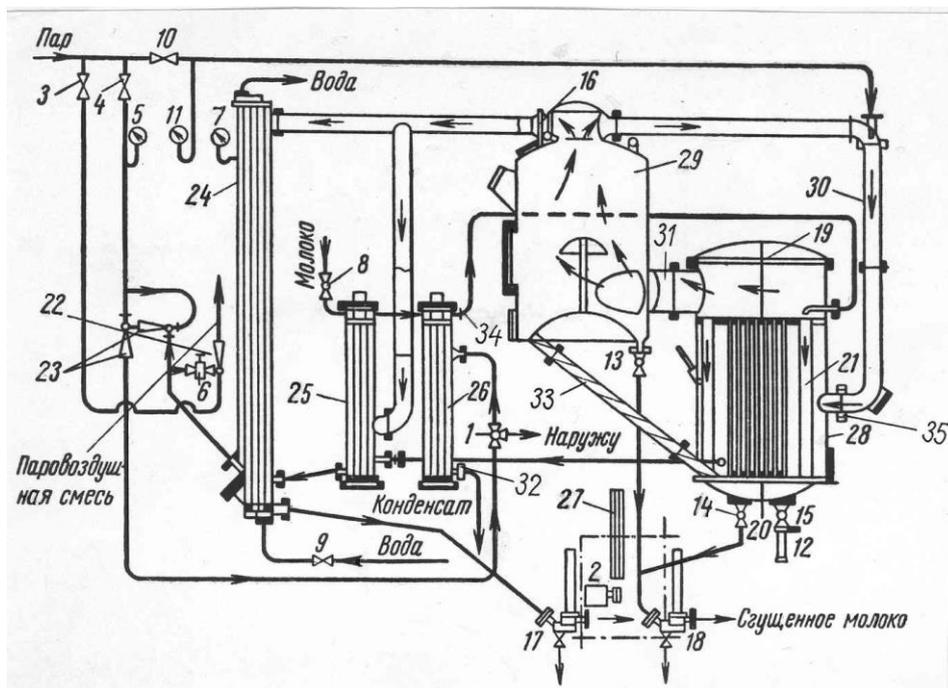


Рис. 9.1. Однокорпусный вакуум-аппарат с выносной системой нагрева пароструйным компрессором

Нагреватель имеет целую систему подводящих и отводящих патрубков: широкий патрубок 31 для соединения с пароотделителем 29, патрубок 35 для соединения с пароструйным компрессором; патрубок 32 для отвода конденсата и наклонный патрубок 33, соединяющий дно пароотделителя 29 с нагревателем 28; патрубок 34 для подвода молока в нагреватель от подогревателя; патрубки для отвода молока из нагревателя и взятия проб.

Пароотделитель 29 служит для отделения жидкости от пара. Он имеет закрытый цилиндр, внутри которого на стойке закреплен отражательный зонтик.

Вакуум-аппарат работает следующим образом. Очищенное и пропастеризованное молоко проходит через подогреватели 25 и 26, нагревается до 55...60⁰С и поступает в калоризатор-нагреватель 28 и через возвратные трубки 21 заполняет кипяtilьные трубки приблизительно на 2/3 их высоты.

При обычных условиях работы в трубках, по которым движется молоко, давление должно быть не выше 19,6 кПа, температура кипения при этом давлении не более 60⁰С. В межтрубное пространство через пароструйный компрессор 30 поступает пар давлением не выше 39,2 кПа и температурой не более 75⁰С.

Разность между температурой греющего пара и температурой молока составляет 15⁰С. Через стенки трубок молоку от греющего пара передается тепло. В кипяtilьных трубках образуются паровые пузырьки, которые поднимаются с молоком вверх по трубкам, а снизу по возвратным трубкам поступают новые порции молока.

Возвратные трубки непрерывно пополняются молоком: в одну из них направляется поступающее молоко и часть молока, выбрасываемая из кипяtilьных трубок, в другую, расположенную у выхода вторичного пара из нагревателя в пароотделитель, поступает только молоко, выбрасываемое из кипяtilьных трубок. Такой режим движения молока в верхней части нагревателя обеспечивает перегородка 19. Далее пар с частью жидкости поступает в пароотделитель через патрубок по касательной к его окружности. Пар и молоко в пароотделителе приобретают вращательное движение. Под действием центробежной силы

частицы молока отбрасываются к стенкам пароотделителя и стекают на дно. Наличие зонти-отражателя предохраняет выброс молока из пароотделителя. Молоко из пароотделителя возвращается в нагреватель для повторного выпаривания по наклонному трубопроводу 33 или отводится насосом 18 в емкость.

Пар (вторичный или соковый) собирается в центре пароотделителя, поднимается вверх и выходит через ловушку в трубу. Вторичным он назван потому, что получается из молока при его кипении. Часть вторичного пара направляется в конденсатор, а часть – в пароструйный компрессор.

Пароструйный компрессор (термокомпрессор) – это инжектор, в котором вторичный пар давлением 19,6 кПа и температурой 60⁰С сжимается острым паром давлением 5...10 атм и температурой 150...175⁰С. Давление смеси вторичного и острого пара после сжатия – 39,2 кПа, температура – 75⁰С. Эта смесь и поступает в нагреватель для обогрева кипяtilьных трубок.

Снижение давления и температуры острого пара происходит после прохождения сопла термокомпрессора. На выходе из сопла пар имеет большую скорость и механическую энергию. Смешиваясь со вторичным паром, смесь поступает в диффузор.

Вторая часть сокового пара, поступающего в конденсатор, превращается в конденсат, что способствует созданию вакуума в калоризаторе и пароотделителе. Кроме того, разрежение создается также за счет отсоса воздуха вакуум-насосом 18.

Конденсат из калоризатора, подогревателей и конденсатора отводится насосом 17. Для отсоса воздуха применяются пароструйные насосы (эжекторы).

Циркуляция молока при выпаривании влаги происходит без применения мешалок и насосов. Интенсивность циркуляции молока регулируется количеством подаваемого греющего пара и молока. При увеличении количества молока в нагревателе замедляется циркуляция, при слишком малом наполнении циркуляция прекращается.

Количество острого пара регулируется вентилем на паропроводе. В зависимости от положения вентиля давление пара перед соплом изменяется.

В процессе работы вакуум-аппарата необходимо следить, чтобы в пароотделителе происходила интенсивная циркуляция смеси. При замедленной циркуляции образуется пена и часть ее вместе с паром уходит в конденсатор и термокомпрессор.

При сгущении молока с сахаром необходимо удалять верхнюю перегородку в нагревателе и открывать окно в нижней перегородке.

Пленочные вакуум-выпарные установки, как и циркуляционные, также имеют калоризатор и пароотделитель. Однако нагреватель расположен выше пароотделителя.

На рис. 17.2 представлена схема работы трехкорпусной пленочной вакуум-выпарных установок.

Сгущаемое цельное, обезжиренное молоко или сыворотка подаются насосом в емкость 10 и подогреватели 3-5. Из подогревателей молоко поступает в пастеризатор 6 и выдерживатель 7. Затем из выдерживателя оно подается сверху на распределенное устройство трубчатого калоризатора 1 первого корпуса. Под действием сил тяжести ровной тонкой пленкой молоко стекает вниз по внутренней поверхности трубок вместе с парами, которые образуются при испарении влаги за счет тепла, подаваемого в межтрубное пространство калоризатора. Из нижней части труб смесь жидкость-пар попадает в пароотделитель 11, где концентрат жидкости и пар отделяются друг от друга. В подогреватели 3, 4, 5 пар попадает или от инжектора или от пароотделителей.

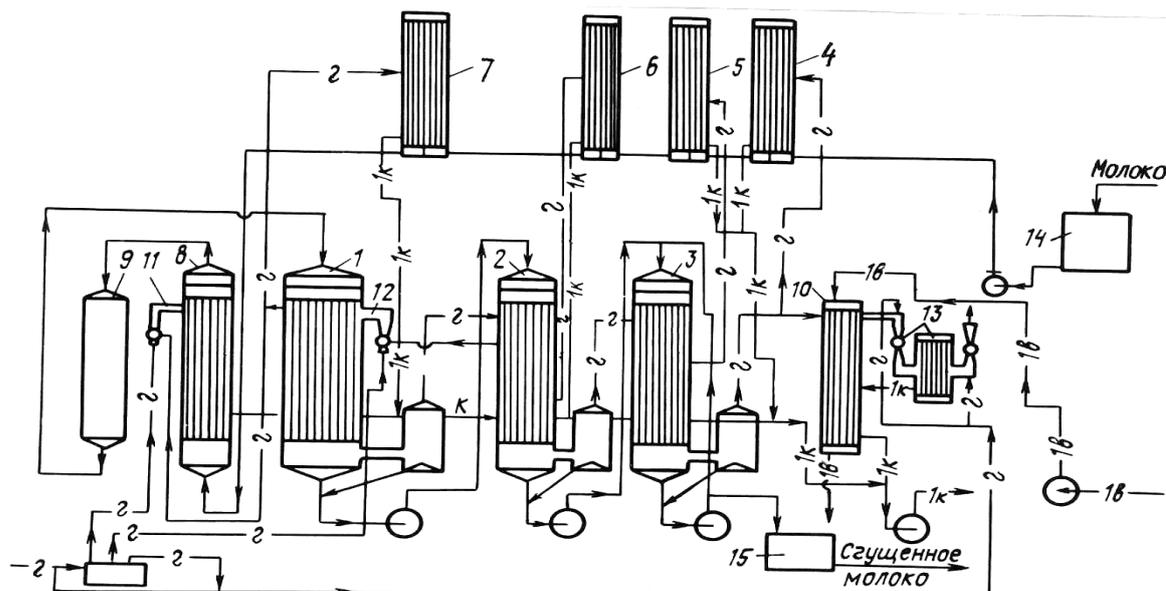


Рис. 9.2. Схема вакуум-выпарной установки А2-ОВВ-4: \rightarrow – молоко, $1к \rightarrow$ – охлаждающая вода; $2 \rightarrow$ – пар; 1-3 – выпарные аппараты; 4-7 – подогреватели; 8 – пастеризатор; 9 – выдерживатель; 10 – конденсатор; 11, 12 – инжекторы; 13 – парозежекторный блок; 14 – бак

Частично сгущенный продукт из пароотделителя первого корпуса подается в калоризатор 2 второго корпуса, где также образует тонкую пленку толщиной 2...6 мм и стекает по кипящим трубкам. Из последнего корпуса готовый продукт отводится на дальнейшую обработку, а вторичный пар – в конденсатор 8. Парозежекторный блок 9 обеспечивает отбор пара от потребителей.

Рациональное использование вторичного пара в установках пленочного типа позволяет уменьшить расход греющего пара до 0,4...0,5 кг на 1 кг испаренной влаги.

Пленочные вакуум-выпарные установки сгущают одновременно небольшой объем жидкости, и время пребывания продукта в одном корпусе составляет 1 мин. Продукт не подвергается длительному тепловому воздействию, исключается пенообразование и связанные с этим потери продукта. Пленочные установки имеют высокую производительность и работают в непрерывном режиме, но у них есть и ряд недостатков: большая высота (свыше 6 м), большое количество корпусов, чувствительность к изменениям давления греющего пара, температуре охлаждающей воды, к количеству воды и подаваемого молока [16,20].

Пленочные вакуум-выпарные установки используются главным образом для сгущения молока перед сушкой. Их производительность – 400...12000 кг испаренной влаги в час и более.

Установки с барометрическим конденсатором используются на небольших сыродельных заводах в основном для сгущения сыворотки.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация вакуум-выпарных установок.
2. Принципиальные схемы одно и много корпусных циркуляционных в-в установок, состав оборудования, принцип действия.
3. Устройство и принцип действия калоризаторов, пароотделителей (сепараторов), их разновидности.

4. Устройство и принцип действия термокомпрессоров, конденсаторов, вакуум-насосов и пароструйных аппаратов.
5. Пленочные в-в установки, состав оборудования, принцип действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>

Дополнительная

1. **Куручкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Куручкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. — М.: Колос, 2001. — 440 с.
2. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

Лекция 10

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

10.1. Общий технологический процесс производства сухих молочных продуктов

Производство сухого цельного молока от приемки до сгущения включает операции, общие для выработки молочных консервов. После получения сгущенного молока возникает необходимость проведения его гомогенизации, так как после сгущения происходит дестабилизация жировой фракции молока, заключающаяся в выделении свободного жира, что ведет к его окислению и порче продукта при хранении.

После гомогенизации сгущенное молоко накапливается в емкости с последующей подачей его на сушку.

Сухое цельное молоко имеет влажность 4...7% и жирность 20...25%.

В зависимости от метода удаления влаги применяют различные *способы сушки*: пленочный (контактный), распылительный (воздушный) и сублимационный.

При производстве сухого молока *пленочным способом* применяют вальцовые сушилки. Сгущенное молоко наносится тонким слоем на два вращающихся вальца. Во внутреннюю полость вальцов подается пар температурой 105...130 °С. При контакте

сгущенного молока с горячей поверхностью вальцов, оно высушивается в виде тонкой пленки. Пленка снимается ножами, и сухая крошка подается элеваторам в мельницу, где размалывается. Время сушки не должно превышать 2 с, так более длительная сушка вызывает денатурацию сухого молока [11,15].

Так как сухое молоко, полученное пленочным способом, имеет низкую растворимость, его променяют при сушке обезжиренного молока и сыворотки.

Сушка молока *распылением* осуществляется в результате контакта сгущенного продукта с горячим воздухом.

При *сублимационной сушке* удаление влаги происходит из замороженных продуктов с содержанием сухих веществ до 40%. Процесс сублимационной сушки осуществляется при температуре замороженного продукта (-25⁰С) при разрежении в сублиматоре 0,0133-0,133 кПа. Продукт, полученный при сублимационной сушке, легко растворяется, сохраняет вкус, химический состав и структуру. Сублимационной сушкой получают сухие кисломолочные продукты, закваски, смеси для мороженого.

10.2. Классификация оборудования для сушки

Это оборудование предназначено для получения сухих молочных продуктов. В зависимости от агрегатного состояния исходного продукта сушильные установки можно разделить на две основные группы: для сушки молока и жидких молочных продуктов и для сушки твердых молочных продуктов. Кроме того, эти основные группы сушильного оборудования можно классифицировать [11]:

по конструктивным отличиям — камерные, вальцовые, барабанные, ленточные, скребковые и др.;

по направлению движения сушильного агента и продукта — прямоточные, противоточные, смешанного типа;

по способу подвода теплоты к влажному материалу — конвективные, кондуктивные, комбинированные;

по способу распыления (диспергирования) высушиваемого продукта — с центробежным дисковым и форсуночным распылением;

по способу нагревания сушильного агента — с паровыми калориферами, с огневыми (газ, мазут) теплогенераторами;

по кратности использования теплоносителя — прямоточные и рециркуляционные;

по типу гидродинамического режима — с неподвижным слоем в виде пленки, с распылением в потоке сушильного агента взвешенным и псевдооживленным слоем;

по виду транспортирования высушиваемого продукта — с механическим перемещением, пневмотранспортом, импульсным пневмотранспортом при высокой плотности продукта;

по способу очистки отработавшего воздуха — с циклонной одно- и двухступенчатой очисткой, с очисткой в тканевых фильтрах, с одно- и двухстадийной смешанной (циклон — фильтр) и др.;

установки с использованием рекуператоров теплоты выходящего из сушилки газа и без них.

10.3. Распылительные сушильные установки

Наибольшее распространение получили сушильные распылительные установки.

Распылительные сушильные установки позволяют получить продукт высокого качества при небольших энергозатратах. В них продукт распыляется и высушивается в атмосфере горячего воздуха. Продукт обезвоживается в результате испарения влаги с поверхности мельчайших капель молока.

Сушильная распылительная установка представляет собой сложный агрегат. В его состав входят сушильная башня с воздухораспределительными и воздухоотводящими устройствами, распылителями, а также устройства для выгрузки продукта и его обработки на выходе из башни, транспортирования, возврата циклонной фракции в сушилку, очистки воздуха, поступающего и отводимого из башни, калорифера и вентиляторов [16].

Сушильная башня является одним из основных элементов установки. По конструкции сушильные башни бывают вертикального и горизонтального типов. Вертикальная башня представляет собой камеру, состоящую из верхней цилиндрической и нижней конической частей; горизонтальная башня — короб, верхняя часть которого имеет прямоугольную, а нижняя — треугольную форму. Чтобы уменьшить потери теплоты при сушке, башню теплоизолируют. Для освобождения башни от слоя продукта применяют общий или локальный обдув воздухом ее внутренней поверхности, скребковые и другие механические, пневматические устройства.

Для диспергирования продукта в сушильной башне применяют центробежные дисковые и форсуночные распылители. Дисковые распылители бывают одно- и многоярусные с различными формами каналов (изогнутыми, радиальными, наклонными, тангенциальными и др.) и выходного отверстия (круглыми, овальными, щелевыми, прямоугольными). Форсуночные распылители представляют собой механические форсунки (струйные и центробежные). Принцип их работы основан на выбрасывании продукта из отверстия малого диаметра под высоким давлением. Дисковые и форсуночные распылители при качественном конструктивном исполнении способны обеспечить практически одинаковую дисперсность капель распыляемого продукта. Дисковые распылители при прочих равных условиях получили большее распространение в молочной отрасли. Это, вероятно, связано с их универсальностью при сушке молока и молочных продуктов.

По способу очистки отходящего из сушильной башни воздуха выделяют установки для сушки с циклонной очисткой воздуха и с мокрой очисткой воздуха.

В зависимости от направления движения потока воздуха и распыляемого материала различают сушилки прямоточные и противоточные, а также сушилки со смешанным потоком. В них подается воздух из нескольких мест в распыленный молочный продукт.

Также применяются комбинированные установки, в которых совмещены различные технологические процессы (обезвоживание, агломерация, охлаждение, кристаллизация).

По расположению сушильной башни установки для сушки делят на вертикальные и горизонтальные.

По способу выведения сухого продукта из башни различают установки со скребковым механизмом, с пневматическим уборщиком, установки с ленточными, шнековыми и вибрационными транспортерами, а также с гравитационным механизмом удаления продукта.

По растворимости готового продукта различают установки для получения сухого продукта обычной растворимости и установки для получения быстрорастворимого сухого молока.

Сухие продукты, полученные на распылительных сушильных установках, имеют растворимость 99,9%.

К недостаткам распылительных сушилок можно отнести высокую стоимость оборудования, высокие затраты энергии и большие габаритные размеры. Их высота 12 м, и для их размещения необходимы многоэтажные здания.

Сушка молочного продукта распылением требует равномерного распределения горячего воздуха в сушильной камере и быстрого перемешивания его с частицами молока в течение нескольких секунд. При неравномерном распределении воздуха ухудшается процесс сушки. Часть продукта перегревается, а другая, не успевшая высохнуть, налипает на стенки. Сушильную камеру периодически приходится останавливать и чистить.

Следовательно, для эффективного и равномерного обеспечения процесса сушки необходимо создать рациональную подачу воздуха.

10.4. Контактные сушильные установки

В контактных сушилках сгущенный жидкий молочный продукт сушится путем контактов с греющей поверхностью. Они бывают вальцовые и ленточные.

Вальцовые сушиллки делятся на атмосферные, в которых процесс сушки проходит при атмосферном давлении, и вакуумные. По количеству вальцов различают одно- и двухвальцовые сушиллки [2,11].

Преимуществом вальцовых и ленточных атмосферных пленочных сушилок является малый расход пара при сушке (1,1...1,25 кг/кг испаренной влаги), сушиллки имеют небольшую высоту и легко размещаются в одноэтажном здании.

При пленочном способе сушки на вальцовых или ленточных сушилках продукт контактирует с горячей поверхностью, поэтому происходит денатурация сывороточных белков, ухудшается цвет и консистенция. Растворимость продукта снижается и составляет 80-85% .

Ввиду низкой растворимости получаемого сухого продукта, вальцовые и ленточные сушиллки применяются в основном для сушки обезжиренного молока, пахты и сыворотки.

Вальцовые вакуумные сушиллки используются для сушки продуктов при температурах 60...70⁰С. При этом продукты получаются значительно лучшего качества, чем на вальцовых атмосферных сушилках, хотя растворимость их все же недостаточна. В вальцовых вакуумных сушилках вальцы находятся в камере, где поддерживается разрежение. Сгущенное молоко из специальных резервуаров подается на вальцы. За время поворота вальцов примерно на 300⁰ молоко высушивается и снимается ножами. Сухой продукт шнеком транспортируется к накопительным бункерам.

Чтобы частица молока, пар и воздух не уносились из камеры сушиллки, они перед конденсатором проходят гидравлический затвор.

Через цапфы вальцов подается пар и отводится конденсат. В камере сушиллке давление поддерживается – 0,15 10⁴...0,2 10⁴Па.

10.5. Сушиллки для твердых молочных продуктов периодического действия

Казеин, творог, молочный белок, молочный сахар, сыр относятся к твердым молочным продуктам. Для их высушивания используются сушиллки периодического действия.

К сушиллкам периодического действия относятся камерные (шкафные), которые бывают атмосферные и вакуумные.

В атмосферных камерных сушилках с паровым калорифером рециркуляция воздуха осуществляется регулированием клапанов на вводном, отводном и промежуточном воздуховодах. Воздух подогревается в калорифере. Подготовленный для сушки казеин-сырец накладывают на рамки равномерным слоем до 6 мм. Рамки устанавливают на тележку, которую вкатывают в сушильную камеру.

Вакуум-камерные сушилки применяют главным образом для сушки молочного сахара.

10.6. Сушилки непрерывного действия

Сушилки непрерывного действия подразделяются на барабанные, ленточные, скребковые, вибрационные и вихревые.

Барабанная сушилка для казеина работает следующим образом. Казеин-сырец непрерывно из загрузочного бункера через питатель поступает в барабан, который медленно ($2...4 \text{ мин}^{-1}$) вращается. В барабане казеин захватывается винтовыми лопастями и постепенно передвигается к загрузочному бункеру. Небольшой уклон барабана, лопасти и поток воздуха обеспечивают достаточное перемешивание казеина. За время прохождения барабана казеин высыхает.

Воздух, нагретый в паровом калорифере до температуры $90...95^{\circ}\text{C}$, со скоростью $1...1.5 \text{ м/с}$, проходит вдоль барабана и оmyвает зерна казеина. Барабан расположен на опорных катках. Вращение он получает от приводного механизма (шестерня привода находится в зацеплении с большим венцом, напессованным на барабан).

Основным рабочим органом барабанной сушилки для молочного сахара является вращающийся барабан, соединенный одной стороной с дробящим механизмом и бункером, а с другой – с разгрузочной камерой.

Сырой сахар поступает в загрузочный бункер и шнековым питателем непрерывно подается в барабан. Наклонными лопатками, расположенными на внутренней стенке по всей длине барабана, сахар захватывается. При вращении барабан заполняется его падающими частицами, которые оmyваются горячим воздухом ($130...140^{\circ}\text{C}$), поступающим из пластинчатого калорифера.

На концах барабана расположены лабиринтные сальники. Конец барабана, входящий в разгрузочную камеру, имеет мелкие отверстия и подпорное кольцо.

Калорифер соединен воздухопроводом с загрузочной камерой и через нее с барабаном. Движение воздуха создается вентилятором, который работает на отсос. Сахарная пыль, уносимая отводящим из сушилки воздухом, улавливается матерчатым фильтром со встряхивателем. Механизмы сушилки, приводящие во вращение барабан, дробящее, загрузочное, разгрузочное и встряхивающее устройства, работают от одного электродвигателя, передающего движение через понижающий редуктор.

Для сушки твердых молочных продуктов также применяются сублимационные сушилки). **Сублимационной сушкой** называется процесс сушки вещества в замороженном состоянии при глубоком вакууме и подводе тепла непосредственно к высушиваемому продукту.

Конденсатор сушилки необходимо располагать в непосредственной близости от сублиматора. Если между ними проходит паропровод, то это отрицательно сказывается на работе установки, что предопределяется гидравлическими сопротивлениями, возникшими в сублиматоре и конденсаторе.

Сущность сублимационного процесса сушки состоит в следующем: высушиваемый материал помещают в сушильную камеру (сублиматор), в которой создан глубокий вакуум, влага, содержащаяся в исходном продукте, начинает интенсивно испаряться, при этом из материала выделяется тепло, продукт охлаждается, и в нем замерзает свободная влага.

К высушиваемому материалу подводят тепло, а конденсационные поверхности охлаждают. Температура материала – выше температуры поверхности конденсации,

поэтому начинается сублимация, т.е. переход льда в пар, который немедленно отводится в конденсатор.

Водяные пары из сублиматора удаляются двумя способами: с использованием охлаждающих конденсаторов и механических вакуум-насосов и с использованием парорезекторных многоступенчатых установок.

10.7. Основные устройства и узлы распылительных сушильных установок

Узлы распылительных сушильных установок делятся на две группы [11,15]:

- 1) узлы и устройства, контактирующие с высушиваемым продуктом;
- 2) узлы и устройства, контактирующие с воздухом.

К первой группе относятся распылители, сушильная башня с воздухораспылительными и воздухоотводными устройствами, устройствами для выгрузки продукта из сушильной башни, устройства для обработки сухого продукта при выходе из башни, устройства для транспортировки сухого продукта в сушильных установках, устройства для возврата циклонной фракции в сушильную установку.

Ко второй группе относятся устройства для очистки воздуха, поступающего в сушильную башню и выходящего из неё, устройства для нагрева воздуха, устройства для создания принудительного движения воздуха.

Для распыления продукта в сушильной башне применяются распылители. По конструктивным признакам они бывают центробежные дисковые и форсуночные. Форсуночные, в свою очередь, подразделяются на механические и пневматические.

Центробежные диски являются более универсальными при сушке молочных продуктов. Распыляемые ими частицы имеют более однородный размер по сравнению с распылителями другого типа.

Основной их недостаток заключается в необходимости применения сложного и дорогостоящего привода для создания высокой окружной скорости диска (100...200 м/с).

Недостаток форсуночных распылителей, особенно механических, является способность их легко засариваться. Для обеспечения высококачественного распыления в механических форсуночных распылителях необходимо создавать давление – 10...20 МПа.

Энергетические затраты на распыление 1000 кг продукта для центробежных дисковых распылителей составляет 0,8...1 кВт, механических форсунок – 0,3...0,5 кВт, пневматических форсунок превышает 1 кВт.

Частота вращения центробежных дисков, в зависимости от диаметра и необходимой окружной скорости, колеблется от 6000 до 20000 мин⁻¹.

Распылительные диски делятся на гладкие, сопловые, канальные и комбинированные.

Вопросы для самоконтроля

1. Общие принципы удаления влаги высушиванием, необходимость сгущения молока перед сушкой.
2. Классификация сушильных установок.
3. Вальцовые контактные сушилки, устройство и принцип действия.
4. Классификация распылительных сушильных установок, принципиальные технологические схемы, состав оборудования.

5. Устройство дисков и форсунок для распыления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>

Дополнительная

1. **Курочкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. – М.: Колос, 2001. – 440 с.
2. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Антипов, С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 660 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74680>.
2. **Антипов, С.Т.** Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс] : учеб. / С.Т. Антипов, А.И. Ключников, И.С. Моисеева, В.А. Панфилов ; под ред. Панфилова В.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72969>
3. **Бредихин, С.А.** Технологическое оборудование переработки молока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Бредихин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103138>
4. **Курочкин, А.А.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Лященко. Под ред. В.М. Баутина. — М.: Колос, 2001. — 440 с.
5. **Хозяев, И.А.** Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4128>

Содержание

Введение.....	3
Лекция 1.....	4
<i>ВВОДНАЯ ЧАСТЬ. СРЕДСТВА ДЛЯ ДОСТАВКИ МОЛОКА, РЕЗЕРВУАРЫ ДЛЯ ПРИЕМКИ И ХРАНЕНИЯ МОЛОКА, РЕЗЕРВУАРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....</i>	<i>4</i>
1.1. Вводная часть	4
1.2. Средства для доставки молока и молочных продуктов.....	5
1.3. Резервуары для приемки и хранения молока	6
1.4. Емкостные аппараты специального назначения	7
Вопросы для самоконтроля	10
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	11
Лекция 2.....	12
<i>МОЛОКОПРОВОДЫ. НАСОСЫ ДЛЯ ПЕРЕКАЧИВАНИЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ. ГОМОГЕНИЗАТОРЫ.....</i>	<i>12</i>
2.1. Молокопроводы.....	12
2.2. Насосы для перекачивания молока и сливок.....	12
2.3. Гомогенизаторы.....	13
Вопросы для самоконтроля	14
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	14
Лекция 3.....	15
<i>СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ.....</i>	<i>15</i>
3.1. Классификация молочных сепараторов	15
3.2. Анализ рабочего процесса сепаратора	16
3.3. Основные узлы сепараторов	17
Вопросы для самоконтроля.....	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	19
Лекция 4.....	20
<i>ФИЛЬТРЫ, ФИЛЬР-ПРЕССЫ, МЕБРАННЫЕ ГИПЕРФИЛЬТРЫ.....</i>	<i>20</i>
4.1. Классификация фильтров	20
4.2. Устройство фильтров, принцип действия	20
4.3. Мембранные фильтрационные аппараты	21
Вопросы для самоконтроля.....	23
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	23
Лекция 5.....	24
<i>ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА.....</i>	<i>24</i>
5.1. Классификация оборудования для тепловой обработки молока.....	24
5.2. Дезодораторы.....	25
5.3. Нагреватели и охладители для молока.....	25
5.4. Аппараты для пастеризации молока	25
5.5. Аппараты для стерилизации молока	27
Вопросы для самоконтроля.....	28
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	28
Лекция 6.....	29
<i>ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАСЛА.....</i>	<i>29</i>
6.1. Способы производства масла.....	29
6.2. Маслоизготовители периодического действия	29

6.3. Маслоизготовители непрерывного действия	30
6.4. Маслообразователи	32
Вопросы для самоконтроля	33
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	34
<i>Лекция 7</i>	34
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА	34
7.1. Аппараты для выработки сырного зерна	34
7.2. Формовочные аппараты.....	37
7.3. Прессы	38
7.4. Оборудование для посолки, созревания, мойки, обсушки и упаковки сыров	39
Вопросы для самоконтроля	40
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	41
<i>Лекция 8</i>	41
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВОРОГА	41
8.1. Способы производства творога, состав оборудования	41
8.2. Творогоизготовители	42
8.3. Охладители творога, вальцовки и смеситель	43
Вопросы для самоконтроля	46
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	46
<i>Лекция 9</i>	46
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СГУЩЕННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	46
9.1. Общий технологический процесс производства сгущенных молочных продуктов	46
9.2. Классификация вакуум-выпарных установок	47
9.3. Вакуум-выпарные установки циркуляционного типа	48
Вопросы для самоконтроля	51
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	52
<i>Лекция 10</i>	52
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	52
10.1. Общий технологический процесс производства сухих молочных продуктов	52
10.2. Классификация оборудования для сушки	53
10.3. Распылительные сушильные установки	53
10.4. Контактные сушильные установки	55
10.5. Сушилки для твердых молочных продуктов периодического действия	55
10.6. Сушилки непрерывного действия	56
10.7. Основные устройства и узлы распылительных сушильных установок.....	57
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	57
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	59