

## **ЛЕКЦИЯ № 2**

### **Тема: ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

**Время 4 часа**

#### **План лекции**

- 1. Оборудование для приемки, очистки, охлаждения и хранения молока.**
- 2. Оборудование для разделения (сепарирования) молока.**
- 3. Оборудование для нормализации, гомогенизации молока и молочных продуктов.**
- 4. Технологический расчет оборудования для механической обработки молока.**

## 1. Оборудование для приемки, очистки, охлаждения и хранения молока.

**Приемка молока.** На перерабатывающих предприятиях молоко принимают по массе (кг) или объему ( $\text{м}^3$ ) в специальных цехах или приемных отделениях. При приемке молока по объему пересчитывают объемные единицы в массовые, в зависимости от плотности молока. Приемные цехи и отделения оснащены необходимым оборудованием (весы, счетчики, насосы, резервуары и др.), имеют специальные платформы для обслуживания автомолцистерн, конвейеры и оборудование для мойки автомолцистерн и фляг — для молока, доставленного во флягах. Часовое поступление молока должно соответствовать часовой производительности аппаратного цеха. Приемку начинают за 30 мин до начала работы.

Для приемки, охлаждения и хранения молока применяют в основном емкостное оборудование с промежуточным хладоносителем и без него и аппараты для охлаждения (оросительные, пластинчатые и др.). Основным параметром, характеризующим работу емкостного оборудования, является рабочая вместимость.

Емкостное оборудование бывает вертикальное, горизонтальное, а по форме емкости — цилиндрическое, прямоугольное и корытообразное. Тип холодильного агрегата в оборудовании с промежуточным хладагентом может быть автономным водоохлаждающим, встроенным водоохлаждающим с намораживанием льда и встроенным с непосредственным охлаждением. В качестве промежуточного хладагента применяют хладон (R12 и R22).

Приемные баки, ванны предназначены для непродолжительного хранения молока, сливок и других жидких молочных продуктов.

Баки и ванны выполнены конструктивно одинаково из нержавеющей стали или пищевого алюминия. Они имеют крышку и сливной патрубок, который через кран подсоединен к молокопроводу или технологическому оборудованию. Днище имеет уклон (до  $12^\circ$ ) в сторону сливного патрубка. Крепление этих емкостей различно: на ножках, специальной подставке, раме и др.

**Емкости для хранения.** Они предназначены для накопления и хранения (до 24 ч) охлажденного молока. Изготавливают их из нержавеющей стали или алюминия. Корпус емкости покрывают теплоизоляцией (пробкой или вспененными полимерными мате-

риалами)- и защитным стальным кожухом. Теплоизоляция должна предотвращать повышение температуры молока более чем на 1 °С в течение 12 ч при разности температуры молока и окружающей среды воздуха 20 °С. Емкости снабжены механическими мешалками для перемешивания молока. В емкостях большой вместимости (50 м<sup>3</sup> и более) молоко перемешивают рециркуляцией с помощью центробежного насоса и струйных насадок или воздухом. При заполнении емкостей поток молока направляют на стенку во избежание пенообразования. Емкости для хранения оснащают приборами контроля качества молока (например, рН, температуры), а также устройствами для запрограммированного включения перемешивающих устройств, заполнения, опорожнения и др. Емкости большой вместимости устанавливают обычно вне помещения.

**Для установки емкостей на предназначенное место в ножки необходимо вернуть регулирующие опоры до отказа и установить по уровню. После этого заполнить водой до края, вывернуть регулируемые опоры со стороны, противоположной сливному крану, так, чтобы от кромки верхнего края до воды было 67 мм. Тем самым образуется достаточный уклон для полного слива молока и моющей жидкости и показания мерной линейки соответствуют количеству молока в емкости. С помощью трубопроводов емкость соединяют с водоохлаждающей установкой, которую желательно устанавливать в отдельном помещении. Шкаф управления прикрепляют к стене на высоте около 1200 мм по нижнему краю ящика.**

**Очистка молока.** Основной целью очистки молока является удаление различных механических примесей, которые загрязняют молоко и создают условия для развития микроорганизмов.

Для очистки в фильтрах молоко подогревают до 30—40 °С, а в сепараторах-молокоочистителях — до 35—45 °С. Для холодной очистки молока рекомендуется применять сепараторы А1-АХО с центробежной выгрузкой осадка.

Кроме очистки от механических примесей молоко подвергают бактериальной очистке способом бактериофугирования на сепараторе (бактофуге) с частотой вращения барабана до 200 с<sup>-1</sup> при температуре 65—75 °С. В бактофугах удаляется до 99,9 % всех микробов, в том числе полностью кишечная палочка и 90 % споровых "

микроорганизмов. Этот способ очистки молока особенно актуален для молочно-консервных и сыродельных предприятий.

При механической обработке молоко очищают от загрязнений, разделяют его на фракции (сепарирование), диспергируют жировые шарики (гомогенизация), подвергают разделению с помощью мембранных методов.

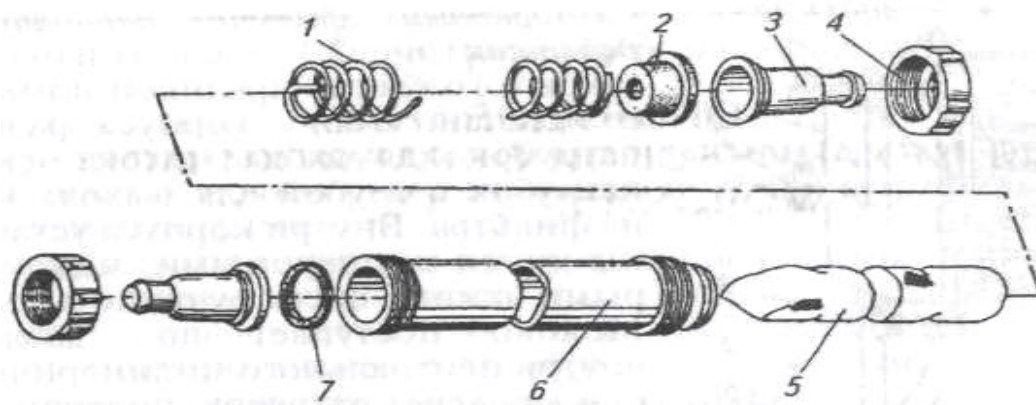
Механическая обработка молока и молочных продуктов осуществляется с помощью фильтров, центрифуг, сепараторов различной конструкции, гомогенизаторов и мембранных фильтрационных аппаратов.

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИЗ МОЛОКА МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ**

Различные механические и естественные примеси из молока и молочных продуктов удаляют с помощью фильтра, способного пропускать жидкость, но задерживать взвешенные в ней твердые частицы. Основной частью любого фильтра является фильтровальный элемент, в качестве которого используют ткани из волокон растительного и животного происхождений, а также из синтетических, стеклянных, керамических и металлических материалов. Фильтровальные элементы, изготовленные из синтетических волокон (поливинилхлоридные, полиамидные, лавсановые), по своим свойствам во многих отношениях превосходят хлопчатобумажные и шерстяные, так как сочетают высокую механическую прочность с термоустойчивостью и невосприимчивостью к воздействию микроорганизмов. Металлические элементы выполняют в виде сеток и тканей из нержавеющей стали, а также перфорированных листов. Последние обычно применяют при разделении систем, содержащих грубодисперсные частицы, и в качестве опорных перегородок для фильтровальных тканей.

Фильтры бывают периодического и непрерывного действия. Большинство из них работает в закрытом потоке под вакуумом или при избыточном давлении в системе. В зависимости от конструкции фильтрующего элемента фильтры делят на цилиндрические и дисковые.

Цилиндрические фильтры периодического действия бывают с одноразовыми и многоразовыми фильтрующими элементами.



**Рис. 1.1. Цилиндрический фильтр с одноразовым фильтрующим элементом:**

1 — спираль; 2 — пробка; 3 — переходник; 4 — гайка; 5 — фильтрующий элемент; 6 — корпус; 7 — прокладка

Первые устанавливают в доильных установках с молокопроводом, они могут быть использованы в любой технологической линии по переработке молока. Фильтры (рис. 1.1) состоят из корпуса, спирали, фильтрующего элемента рукавного типа, пробки, прокладки и гайки. Фильтрующий элемент надевают на спираль, а открытый его конец заправляют внутрь спирали и закрепляют пробкой. Уплотнение фильтра в корпусе достигается прокладкой и пробкой. При работе фильтра молоко под давлением поступает в корпус и просачивается через фильтрующий элемент, на котором оседают механические частицы. После фильтрации определенной порции молока фильтрующий элемент заменяют новым.

*Цилиндрический фильтр с фильтрующим элементом многоразового действия* (рис. 1.2) представляет собой корпус с коническим днищем и сферической крышкой. Внизу корпуса расположены патрубки для подвода продукта и отвода очищенного молока. Внутри корпуса находятся две латунные сетки с фильтрующей тканью: внутренней и наружной. Молоко под давлением поступает через патрубок в фильтр и последовательно проходит внутреннюю и внешнюю сетки. Из фильтра молоко удаляется через патрубок.

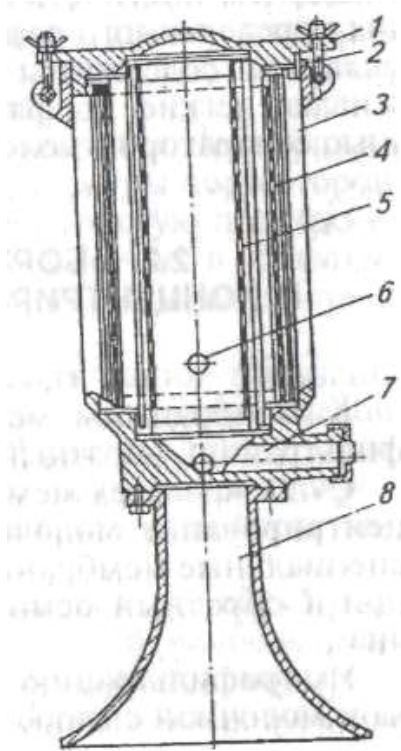


Рис. 1.2. Цилиндрический **фильтр с фильтрующим элементом многоразового действия:**

1 — Крышка; 2- резиновая прокладка; 3 — корпус; 4— наружная сетка, 5 —внутренняя сетка; 6 —патрубок для выхода молока; 7— патрубок для входа молока; 8— подставка

*Дисковый фильтр периодического действия* (рис. 1.3.) состоит из корпуса, закрытого сверху крышкой и имеющего клапан.

Сбоку корпуса размещен патрубок для входа молока, снизу — патрубок с трубой для выхода молока из фильтра. Внутри корпуса установлены диски с отверстиями, между которыми зажаты фильтрующие элементы. Молоко поступает под давлением внутрь центрального цилиндрического стакана через патрубок, проходит через отверстия в дисках и фильтрующие элементы и выводится из стакана по трубе.

При средней загрязненности молока (содержание примесей 0,05-. 0,07 %) цилиндрические фильтры могут работать без разборки 1,5...2 ч, дисковые — несколько дольше —2,5...3ч. Поэтому для длительной непрерывной работы фильтров их выполняют двухкамерными с возможностью поочередной работы каждой из них.

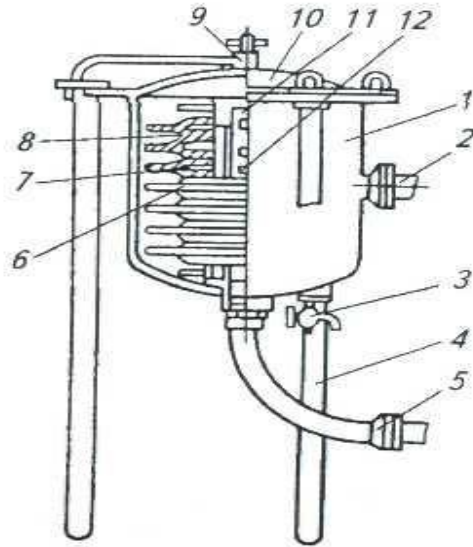


Рис. 1.3. Дисковый фильтр:

1 — корпус; 2, 5—патрубки для молока; 3— кран для спуска остатков молока; 4— опора; 6— прокладки; 7— отверстия; 8— фильтрующие диски; 9— воздушный клапан; 10— крышка; 11 — обойма; 12— внутренний стакан

Фильтры обладают преимуществом перед сепараторами и молокоочистителями в том случае, если молоко очищается от частиц с плотностью ниже, чем плотность плазмы молока. Фильтр задерживает частицы определенного размера независимо от их плотности. Поэтому **если скот содержится на торфяной подстилке, то фильтры задерживают легкие торфяные частички, чего нельзя достичь с помощью сепараторов-молокоочистителей, которые** применяют для центробежной очистки молока от механических примесей. В основу работы сепараторов-молокоочистителей заложен принцип разделения частиц разной плотности (молока и механических примесей) под действием центробежных сил.

Молоко подается в тарельчатый барабан очистителя (рис. 2.1.) через поплавковую регулируемую камеру по центральной трубке. В барабане очистителя оно движется по кольцевому (грязевому) пространству между стенкой барабана и пакетом тарелок. При движении по кольцевому зазору молоко распределяется слоями между тарелками и перемещается к оси барабана. Процесс очистки молока

от примесей начинается в грязевом пространстве и заканчивается в межтарелочных пространствах. Механические примеси, имеющие большую плотность, чем молоко, выделяются и откладываются на внутренних стенках барабана (в грязевом пространстве). Вместе с посторонними примесями на стенках барабана осаждается значительное количество лейкоцитов, укрупнившихся белковых образований и клеток эпителия.

Количество выделяемых загрязнений может составлять 0,001...0,06% от массы прошедшего через очиститель молока. Продолжительность непрерывной работы центробежного молокоочистителя 2...3 ч. в зависимости от допустимого количества осадка на стенках барабана. Молоко на молокоочиститель следует направлять теплым: парным или подогретым до 37...45°C.

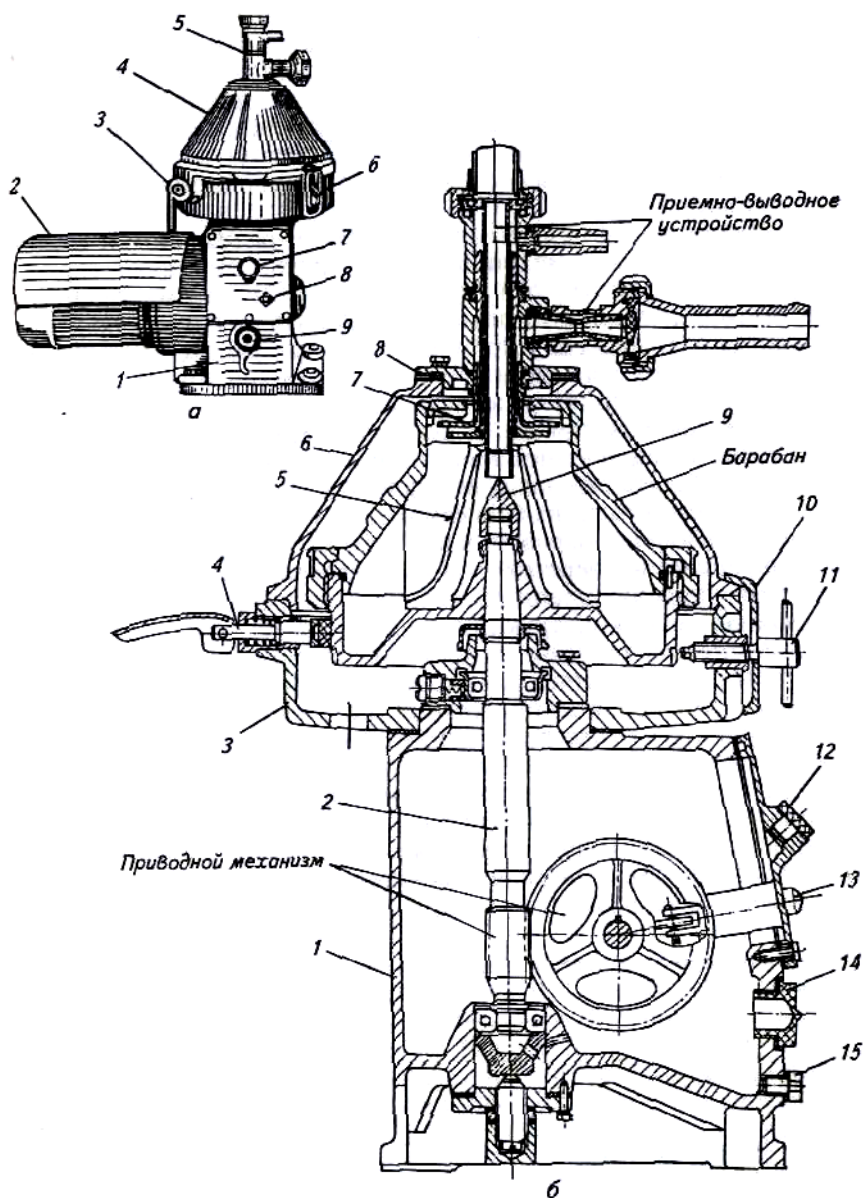
**Сепараторы-молокоочистители.** *Сепаратор-молокоочиститель 0М-1А* (рис. 2.2.а) применяется на фермах для первичной очистки молока.

Особенность конструкции сепарирующего устройства — отсутствие пакета разделительных тарелок. Он заменен крыльчаткой, которая выполняет роль сепарирующего устройства.

Сепаратор-молокоочиститель обычно работает в комплексе с пластинчатым охладителем. Порядок установки, подготовки, работы и технического обслуживания сепаратора необходимо выполнять строго в соответствии с инструкцией по эксплуатации завода-изготовителя.

Аналогичное назначение имеют сепараторы Г9-ОМА и Г9-ОМА-ЗМ.





**Рис. 2.2. Сепаратор-молокоочиститель ОМ-1А:**

**а-общий вид:** 1-станина; 2-привод; 3-стопор; 4-кожух; 5-приемно-выводное устройство; 6- ручка тормоза; 7- отверстие для залива масла; 8- кнопка пульсатора, 9- смотровое стекло.

**б- вид в разрезе:** 1- станина; 2- вертикальный вал (веретено); 3- чаша; 4- тормоз; 5—крыльчатка; 6- крышка; 7- напорный диск; 8- кольцо резиновое; 9- гайка; 10- прижим; 11-стопор; 12-пробка; 13- кнопка пульсатора; 14- смотровое стекло, 15-огверстие для слива масла.

Промышленностью выпускаются сепараторы-молокоочистители следующих марок: АЛ-ОЦМ-5 А1-ОУМ-10, А1-ОЦМ-15, Ж5-ОМ2-Е-С. Сепараторы А1-ОЦМ-5 и А1-ОЦМ-10 различаются типами установленных электродвигателей и конструкцией дисков

К группе сепараторов-молокоочистителей относят также сепараторы для производства творога, осветления молочной сыворотки от белковых веществ после их коагуляции и др.

**Охлаждение и хранение молока.** Сразу после дойки молоко необходимо охлаждать, максимально сокращая продолжительность этой операции.

Эти операции проводят сразу после его очистки. Молоко является хорошей средой для молочнокислых, гнилостных бактерий и др. Они в молоко попадают с вымени животного, из воздуха, с рук человека, посуды и т. п. Для роста и развития микроорганизмов оптимальными являются температура 25—40 °С и рН среды 6,8—7,4.

**Рост и развитие молочнокислых бактерий, вызывающих сквашивание молока, приостанавливаются при температуре около 10 °С и прекращаются при 2—4°С. Приостановить развитие всех микроорганизмов в молоке можно его замораживанием. Однако после размораживания большинство микроорганизмов восстанавливает свою активность.**

**Таким образом, температура охлаждения является основным параметром, определяющим бактериальную обсемененность и кислотность молока.**

Молоко охлаждают открытым и закрытым (в потоке) способами с применением различного технологического оборудования: емкости различной вместимости, оросительные и пластинчатые аппараты. В качестве хладоносителей применяют холодную воду из артезианской скважины, а также проточную воду, ледяную воду, рассол. Причем кратность воды (т. е. отношение массы хладоносителя к массе охлаждаемого молока в единицу времени) при охлаждении молока составляет 3—5. Для получения искусственного холода на молочных предприятиях с помощью холодильных машин и установок применяют хладагенты с низкой температурой кипения — хладоны R12, R22 и др.

При охлаждении молока важным параметром является его продолжительность:

$$\tau = M_m c_m (t_n - t_k) / (k F \Delta t_{cp}),$$

где  $\tau$  — продолжительность охлаждения, с;  $M_m$  — масса охлаждаемого молока, кг;  $c_m$  — теплоемкость молока, Дж/(кг·°С);  $t_n, t_k$  — начальная и конечная температуры молока, °С;  $k$  — коэффициент

теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $F$ — площадь поверхности охлаждения, м<sup>2</sup>;  $t_{cp}$  — средняя разность температур между молоком и хладоносителем, °С.

В пластинчатом охладителе молоко охлаждается в закрытом потоке. При использовании в качестве хладоносителя ледяной воды кратностью не менее трех, молоко может охладиться за один проход через аппарат до температуры не выше температуры ледяной воды на 3 °С.

Количество ледяной воды от водоохлаждающей установки с учетом уравнения теплового баланса определяют по следующей формуле:

$$Q_B = Q_M c_M (t_N^M - t_K^M) / [c_B (t_K^B - t_N^B)],$$

где  $q_M, q_B$  — расход молока и ледяной воды, кг/ч;  $c_M, c_B$ , — теплоемкость молока и ледяной воды, Дж/(кг·°С);  $t_N^M, t_K^M$  — начальная и конечная температура молока;  $t_N^B, t_K^B$  — начальная и конечная температура ледяной воды, °С.

Холодопроизводительность (кВт) водоохлаждающей установки для практических целей можно определить следующим образом:

$$X \geq c_M q_M (t_N^M - t_K^M) / 3600.$$

Свежевыдоенное молоко обладает бактерицидными свойствами. Для их сохранения молоко после дойки охлаждают до температуры не выше 10 °С. Продолжительность хранения охлажденного молока до отправки на перерабатывающие предприятия не должна превышать 20 ч при температуре не выше 10 °С. Дальнейшее хранение молока приводит к отрицательному изменению его состава (жира, белка и т. д.) и ухудшению качества.

Охлаждение молока до температуры выше точки его замерзания не изменяет состав, а замораживание приводит к определенному изменению структуры жировой фракции. При охлаждении до 6—7 °С смеси триглицеридов кристаллизуются, уменьшаясь в объеме. Охлаждение молока ниже 0 °С приводит к разрыву оболочек жировых шариков и потере молочным жиром своей стабильности. Поэтому температура охлаждения молока не должна превышать 6

°С. Для хранения молока применяют емкости В2-ОМВ-0,5, В2-ОМГ-4Д В2-ОМВ-6Д В2-ОМГ-10, Г6-ОМГ-25, В2-ОХР-50

*Резервуар-охладитель* для молока фирмы «Альфа-Лаваль» (рис. 1.4.) представляет собой емкость, выполненную из нержавеющей стали, с низкоскоростной мешалкой, которая быстро перемешивает молоко при любом уровне заполнения без под сбивания молочного жира. Внизу на штоке мешалки встроены сопла для мойки емкости. Двигатель мешалки снабжен специальным герметичным соединением шланга со штоком мешалки. Рабочая вместимость этих емкостей составляет от 7,15 до 16м<sup>3</sup>. Частота вращения мешалки составляет 0,4 с<sup>-1</sup>. Слив молока осуществляется через трехходовой патрубкок. Емкость устанавливается на регулируемых стойках. Качество молока и параметры работы емкости контролируют с помощью пульта электронного управления. Он включает в работу электронный термостат, реле времени, защиту для двигателя компрессора и мешалки. Пульт мойки состоит из шкафа управления и моечного агрегата в комплекте с насосом для моечного раствора и арматурой, монтируется на емкости или отдельно.

Тип холодильного агрегата в емкости — встроенный с непосредственным охлаждением. В качестве хладагента применяют хладон (R22).

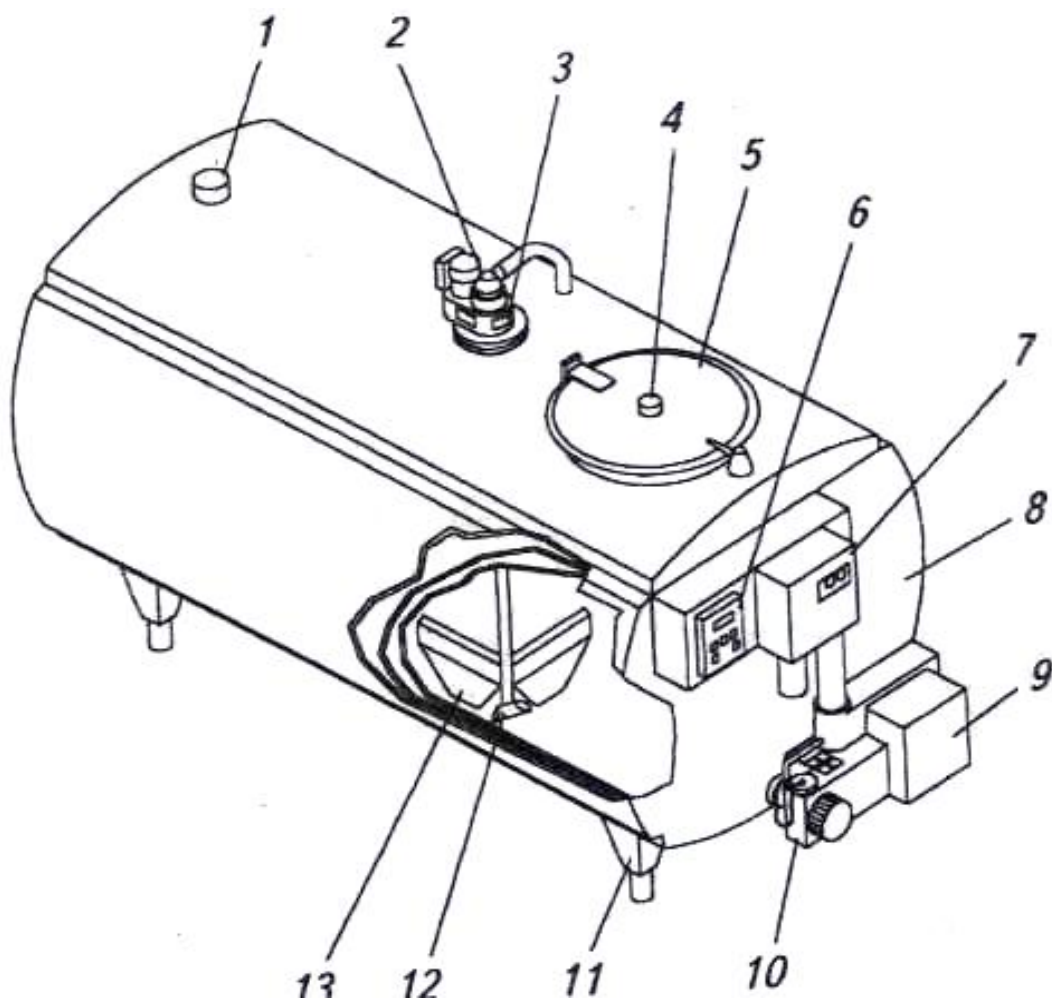


Рис 1.4. Резервуар-охлаждитель для молока:

1, 4 — патрубки для залива молока; 2—привод мешалки; 3 — вентиляционное отверстие; 5 — крышка; 6, 7, 9 - микропроцессорные датчики; 8— корпус; 10- трехходовой сливной патрубков; 11 — опора.  
12 – сопло для мойки; 13 — мешалка

**Танк – охладитель молока ТОМ – 2А**, рис. 1.5 применяется в комплексе с доильными установками, обслуживающими стадо до 400 коров. Он состоит из молочной ванны 9 с мешалкой 8, хладонового компрессора 1 марки ФУН-8, конденсатора 2, ресивера 3, фильтра-осушителя 4, теплообменника 5, испарителя 6 и водяного насоса 7. За 3...4 ч. до начала дойки включают компрессор и производят предварительное охлаждение воды и намораживание льда на панелях испарителя. Молоко в ванну подают диафрагменным насосом, включив перед этим мешалку и водяной насос. Установка оборудована приборами

автоматического и ручного управления. Рабочая вместимость молочной ванны составляет 1800 л, а аккумулятора холода- 1275 л.

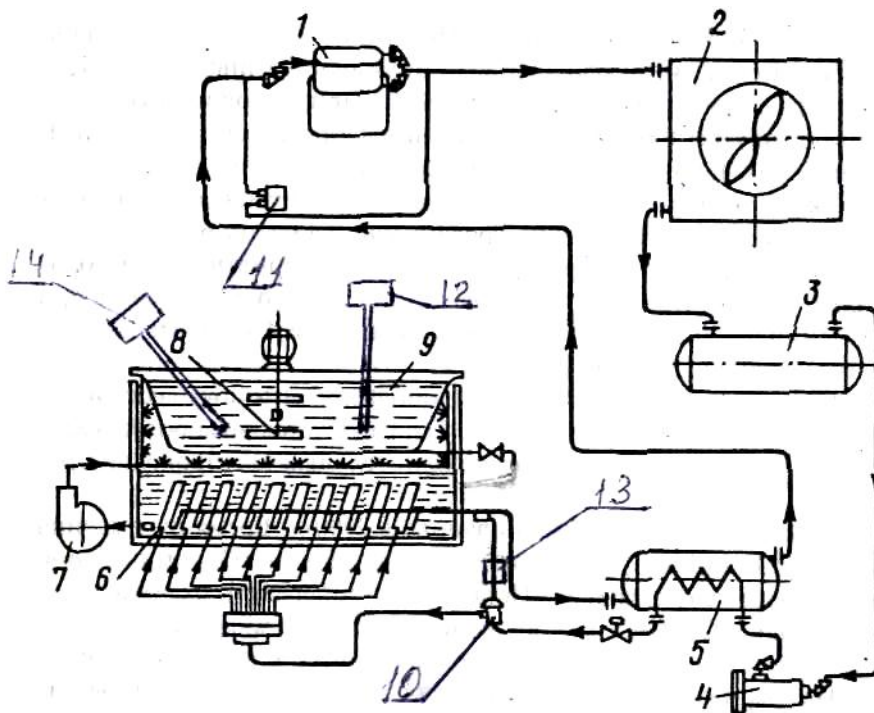


Рис. 1.5. Конструктивно-технологическая схема танка-охладителя молока ТОМ-2А:

1 — хладоновый компрессор; 2 - конденсатор; 3 - ресивер; 4 - фильтр-осушитель; 5 - теплообменник; 6 - испаритель; 7 — водяной насос; 8 - мешалка; 9 - молочная ванна; 10 – терморегулирующий вентиль; 11 – реле давления; 12 – термометр молочный; 13 – реле управления температурным вентилем; 14 – датчик температуры молока.

Для образования холода используется холодильная установка. Компрессор 1 перекачивает хладон, обеспечивая его циркуляцию. В процессе сжатия хладона последний нагревается до 70 °С и подается на конденсатор 2. За счет обдува воздухом от вентилятора хладон охлаждается и переходит из газообразного в жидкое состояние и стекает в ресивер 3, где происходит его накопление. В процессе фильтрации жидкого хладона сквозь осушитель 4 удаляются примеси воды, предупреждая намораживание льда на входе в испаритель 6. Теплообменник 5 предварительно охлаждает жидкий хладон, уменьшая интервал температур, на которое охладится хладоноситель в процессе перехода его в газообразное состояние в испарителе. Тем самым



повышается коэффициент полезного действия установки. Подаваемый под давлением в испаритель 6 через термо-регулирующий вентиль 10, хладон распадается на мелкие капли. Отсос компрессором 1 газообразного хладона снижает давление в испарителе и способствует ускорению перехода в газообразное состояние. Хладон при этом захватывает энергию от стенок испарителя и от рассола, окружающего их.

Подачу хладона в испаритель регулирует система автоматики. При наличии требуемой температуры у рассола поступление хладона в испаритель прекращается за счет перекрытия терморегулирующего клапана. Компрессор начинает при этом работать вхолостую за счет срабатывания предохранительного клапана, замыкающего вход с выходом компрессора. При нагреве рассола клапан открывается вновь.

**Потребное количество резервуаров-охладителей определяется, шт.**

$$n_p = \frac{G_p}{\rho_m \cdot V_{MB} \cdot \psi},$$

где  $G_p$  — разовый надой молока, кг;  $\rho_m$  — плотность молока, кг/м<sup>3</sup>;  $\psi$  — степень заполнения емкости, 0,5...0,6;  $V_{MB}$  — рабочая вместимость молочной ванны, м<sup>3</sup>.

**Время охлаждения рассола, ч.**

$$T_{ох_p} = \frac{V_{ax} \cdot C_p \cdot \rho_p \cdot (t_{H_p} - t_{K_p})}{3600 \cdot Q_{хол} \cdot \eta},$$

где  $V_{ax}$  — вместимость аккумулятора холода;  $t_{H_p}$  — начальная температура рассола, °C;

$t_{K_p}$  — рабочая температура рассола, °C;

$Q_{хол}$  — холодопроизводительность установки, у ТОМ-2А=10 кВт;

$\rho_p$  — плотность рассола, кг/м<sup>3</sup>;

$C_p$  — теплоемкость рассола, кДж/(кг °C);

$\eta$  — коэффициент полезного действия системы охлаждения.

Время охлаждения молока, ч.

$$T_{\text{охл}} = \frac{Q_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}} \cdot \frac{G_{\text{р}}}{n_{\text{р}}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{охл}}) - V_{\text{ах}} \cdot C_{\text{р}} \cdot \rho_{\text{р}} \cdot (t_{\text{кр}} + \tau - t_{\text{охл}})}{3600 \cdot Q_{\text{хол}} \cdot \eta},$$

где  $t_{\text{н}}$  — начальная температура молока (после очистки), °С;  $t_{\text{охл}}$  температура охлажденного молока, °С;  $\tau$  — минимальная разность температур молока и рассола, 4...10°;  $C_{\text{м}}$  — теплоемкость молока, кДж/(кг °С).

Время охлаждения молока не должно превышать — 3 ч., рассола — 3...4ч.

### Пластинчатые охладители

В современных конструкциях охладителей и пастеризационно-охладительных установок чаще всего используются теплообменные аппараты пластинчатого типа (рис. 1.6).

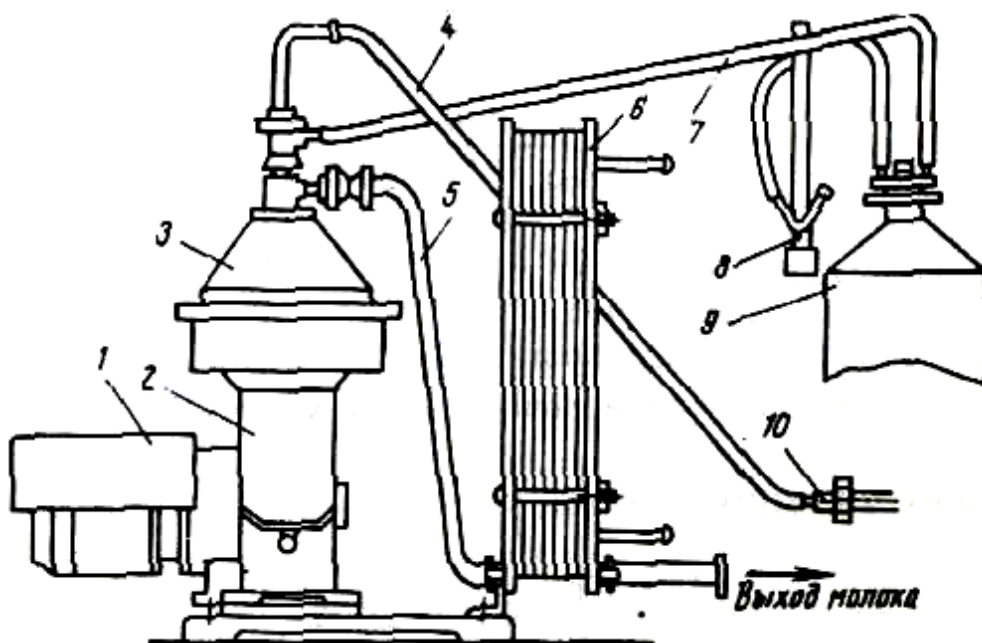


Рис. 1.6. Технологическая схема очистителя-охладителя молока ОМ-1А (с доильными установками, имеющими молокопровод):

1 - электродвигатель; 2 — станина с приводным механизмом; 3 — центрифуга; 4, 5, 7 - шланги; 6 - охладитель молока; 8 - тройник



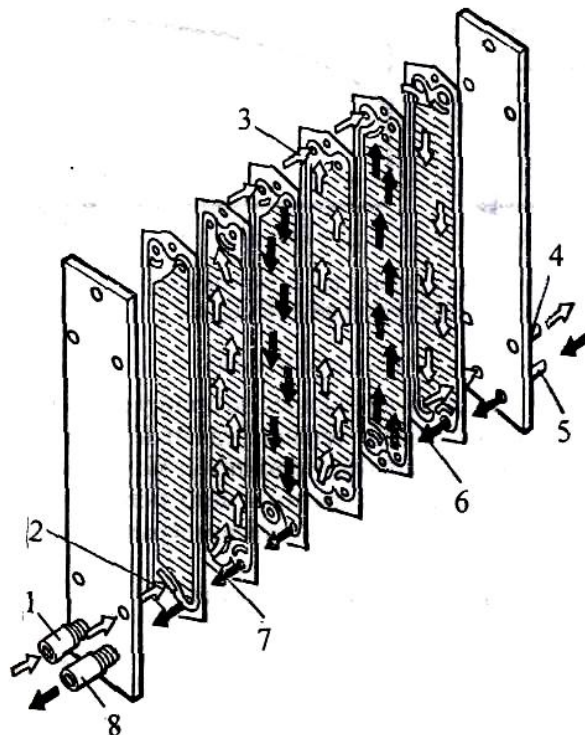
доильной установки; 9 - молоко-приемник доильной установки; 10 — корпус фильтра доильной установки.

При прохождении молока через пластинчатые секции, рис. 1.6 происходит процесс теплообмена между молоком и охлаждающей жидкостью. Габаритные размеры, металлоемкость и производительность охладителей во многом зависит от способности его стенок проводить тепло от молока к охлаждающей жидкости. Они могут использоваться и в комбинации с другими агрегатами и машинами, например, с сепараторами (рис. 1.6). Пропускная способность такого агрегата (ОМ-1А) до 1200 л/ч, мощность электродвигателя - 1,5 кВт, количество очищаемого молока до выгрузки накопленного осадка при загрязненности его 0,06% не менее 2500 кг.

Молоко, соприкасаясь со стенками пластин охладителя, охлаждается от температуры  $t_{\text{мн}}$  до  $t_{\text{МК}}$ , а вода нагревается с  $t_{\text{вн}}$  до  $t_{\text{вк}}$ . Интенсивность передачи тепла через плоскую стенку охладителя характеризует **общий коэффициент теплопередачи К**. Этот коэффициент показывает, сколько теплоты проходит от молока к охлаждающей жидкости через один квадратный метр поверхности секции охладителя за 1 с. (за 1 ч.) при разности температур теплоносителя в  $1^{\circ}\text{C}$ . Численное значение К определяется по формуле

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2},$$

где  $\alpha_1$  — коэффициент теплопередачи от молока к стенке;  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности стенки;  $\delta$  — толщина стенки;  $\alpha_2$  — коэффициент теплопередачи от стенки к охлаждающей жидкости.



**Рис. 1.7. Схема движения теплообменивающихся сред в пластинчатом охладителе.**

1,4 патрубки для подвода и отвода молока; 2, 3 — нижний и верхний продольные каналы движения молока; 5,8 — патрубки для подвода и отвода хладоносителя; 6, 7 - нижние продольные каналы движения хладоносителя.

## **2.Оборудование для разделения (сепарирования) молока.**

Основные технологические операции механической обработки — сепарирование, нормализация и гомогенизация молока.

### **Сепарирование молока**

Процесс сепарирования представляет собой механическое разделение молока на фракции под действием центробежной силы. Сепарирование применяют для разделения молока на сливки и обезжиренное молоко, а также для его очистки от механических и естественных (кровь, слизь и т. п.) примесей. Кроме этого при сепарировании из сыворотки выделяют белки, получают высокожирные сливки, отделяют микроорганизмы от молока (бактериоотделение) и др. Под действием центробежной силы молоко разделяется благодаря различию плотностей фракций: плотность дисперсной фазы (жира) меньше, чем дисперсионной среды (плазмы молока), или плотность дисперсионной среды

(плазмы молока) меньше, чем дисперсной фазы (частиц механических и естественных примесей).

Сепарирование молока осуществляется в специальных машинах — сепараторах. Сепараторы, предназначенные для разделения молока на сливки и обезжиренное молоко, называют сепараторами-сливкоотделителями, а для очистки молока — сепараторами-молокоочистителями. Сепараторы-сливкоотделители с устройствами нормализации молока называются сепараторами-нормализаторами.

Механизм сепарирования очень сложен. Его основная сущность заключается в том, что под действием центробежной силы из потока молока

выделяется жировая фаза. Скорость выделения жировых шариков (м/с) из молока можно определить по формуле Стокса

$$v = (2\omega^2 Rr^2) (\rho_M - \rho_J) / 9\mu,$$

где  $\omega$  — угловая скорость барабана сепаратора, рад/с;  $R$  — средний радиус рабочей части разделительной тарелки сепаратора, м;  $r$  — радиус жирового шарика, м;  $\rho_M$ ,  $\rho_J$  — плотность соответственно молока и жира, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  — динамическая вязкость молока, Па·с.

Действительную производительность сепаратора (м<sup>3</sup>/с) можно определить по формуле Г. И. Бремера с учетом технологического КПД сепаратора:

$$Q = \beta (0,116\omega^2 Z \operatorname{tg}\alpha) (R_{\max}^3 - R_{\min}^3) (\rho_M - \rho_J) d^2 / \mu,$$

где  $\beta$  — технологический КПД сепаратора (0,5—0,7);  $Z$  — число тарелок в барабане, шт;  $\alpha$  — угол подъема образующей конуса тарелки, град;  $R_{\max}$ ,  $R_{\min}$  — максимальный и минимальный радиусы тарелки, м;  $d$  — диаметр жирового шарика, м.

Технологический КПД сепаратора называют еще степенью или эффективностью сепарирования. Чем меньше жира остается в обезжиренном молоке, тем выше эффект сепарирования. Нормами определена допустимая массовая доля жира в обезжиренном молоке не более 0,05 %. При правильном сепарировании массовая доля жира в обезжиренном молоке может составлять до 0,03—0,01 %.

Эффективность сепарирования определяют также следующим образом:

$$\beta = (M_M J_M - M_0 J_0) 100 / (M_M J_M)$$

где  $M_M$ ;  $M_0$  — масса молока и обезжиренного молока, кг;  $J_M$ ,  $J_0$  — массовая доля жира в молоке и обезжиренном молоке, %.

Скорость выделения жировой фазы из молока зависит от конструктивных особенностей сепаратора (угловой скорости барабана, числа и размеров разделительных тарелок), размеров жировых шариков и степени их дисперсности, плотности разделяемых фракций и вязкости молока. Кроме этого на эффективность выделения жировой фазы из молока влияют его чистота, кислотность, особенности количественного и качественного состава молока коров различных пород и другие свойства.

Увеличение угловой скорости вращения барабана сепаратора очень эффективно для повышения скорости выделения жировой фазы из молока. Все современные сепараторы работают на сверхкритической частоте вращения барабана — 100—150 с<sup>-1</sup>. Сепарирование молока на предприятиях начинают при поступлении молока в количестве, обеспечивающем непрерывную работу сепаратора в течение 20—30 мин, и достижения барабаном рабочей частоты вращения. Продолжительность разгона для сепараторов производительностью 1000—2000 л/ч составляет 3—5 мин, а для сепараторов большей производительности — 6—10 мин.

Массу сливок (кг), полученных при сепарировании, можно определить по формуле

$$M_{сл} = M_M (J_M - J_0) (100 - П) / [100 (J_{сл} - J_0)],$$

где  $П$  — потери при сепарировании, %;  $J_{сл}$  — массовая доля жира в сливках, %.

Нормы предельно допустимых потерь массовой доли жира при выработке сливок на низовом молочном заводе и сепараторном отделении приведены в табл. 2.1.

## 2.1. Норма потерь массовой доли жира, %

Технологическая операция	Производительность сепаратора, л/ч	
	до 3000	3000 и выше
Взвешивание и очистка молока	0,03	0,03
Подогрев и сепарирование молока	0,24	0,17
Охлаждение и хранение сливок	0,19	0,16
Отбор проб для анализа и органолептической оценки	0,04	0,04

Скорость выделения жировых шариков обратно пропорциональна вязкости молока, зависящей от температуры. Рекомендуемая температура молока при сепарировании составляет 35—45 °С и соответствует температуре подогрева молока в секции рекуперации пластинчатых пастеризационно-охладительных установок. Молоко с массовой долей жира 4 % и выше сепарируют с дополнительным подогревом и уменьшением подачи его в сепаратор.

На практике применяют также сепарирование холодного молока температурой 4—20 °С. При сепарировании холодного молока на обычных сепараторах их производительность снижается до 50 %. **Сливки, полученные при холодном сепарировании молока имеют большую вязкость, чем после обычного сепарирования. Максимальную вязкость имеют сливки, полученные из сырого холодного молока. При сепарировании холодного молока жировые шарики дробятся меньше. Для холодной очистки молока применяют сепараторы марки АХО. При холодной очистке исключается разбивание колоний бактерий и вследствие этого уменьшается бактериальная обсемененность, экономится энергия, сохраняются свойства молока и поддерживается температура, неблагоприятная для развития микрофлоры.**

Чистота и кислотность молока существенно влияют на эффективность его обезжиривания. **Для избежания повышения кислотности молоко необходимо сразу сепарировать, а получаемые сливки и обезжиренное молоко надо перерабатывать или охлаждать в случае резервирования.** Для сепарирования необходимо использовать очищенное молоко кислотностью не более 20 Т.

## Сепараторы

Классификация и основные части сепараторов. По технологическому назначению это оборудование подразделяют на две ос-

новные группы: сепараторы-молокоочистители и сепараторы-сливкоотделители. В сепараторах-молокоочистителях происходит центробежная очистка молока от механических и естественных примесей. К этой группе относят также отделители белка от сыворотки, сепараторы для обезвоживания творожного сгустка и сепараторы-бактериоотделители. В сепараторах-сливкоотделителях молоко разделяется на сливки и обезжиренное молоко, происходит нормализация молока по жиру {при применении дополнительного устройства), обезжиривание сыворотки и получение высокожирных сливок.

По конструктивным особенностям сепараторы подразделяют на открытые, полужакрытые, закрытые. В **открытых** сепараторах ввод молока и вывод его фракций не герметизированы, т. е. сливки и обезжиренное молоко контактируют с воздухом окружающей среды. В **полужакрытых** ввод молока может быть открытым или закрытым, но без напора, а вывод продукта — закрытым, под давлением, создаваемым в сепараторе. В **закрытых** сепараторах ввод молока, разделение на фракции и их выход герметизированы. Поступление молока и отведение фракций осуществляют под давлением.

Сепараторы классифицируют также по способу удаления осадка из барабана: с ручной выгрузкой осадка после их полной остановки и разборки барабана, центробежной периодической и непрерывной выгрузкой при непрерывной работе сепаратора.

Сепараторы состоят из следующих основных частей: станины в виде чаши, барабана, приемно-выводного устройства и приводного механизма.

*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. Конструкция сепарирующего устройства молокоочистителей и сливкоотделителей имеет следующие различия:

в сливкоотделителе 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.

Основные детали барабана (крышка, основание, затяжные кольца-гайки) Конструкции приемно-выводных 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. Сливки как более легкая фракция выходят из барабана по нижнему патрубку, а обезжиренное молоко — по верхнему. 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.

**.Разделение молока на фракции.** Процесс происходит в сепарирующем устройстве (барабане), состоящем из основания (дна), кожуха (крышки) обтекаемой формы, тарелкодержателя и пакета конических промежуточных и разделительных тарелок. Последние имеют приваренные на внешней стороне шипики, образующие заданный межтарелочный зазор. Молоко может поступать в барабан сверху и снизу. При этом молоко должно равномерно распределиться в нижней части барабана между тарелками. На рис. 2.1. показана схема движения фракций молока в барабане сепаратора-молокоочистителя и сливоотделителя. Молоко из приемной камеры сепаратора-молокоочистителя поступает в барабан и через каналы тарелкодержателя отбрасывается на периферию барабана. Оттуда оно поступает в межтарелочное пространство. Под действием центробежной силы посторонние примеси, плотность которых больше плотности молока, при прохождении через барабан как более тяжелая фракция, осаждаются на внутренней поверхности барабана в грязевом (шламовом) пространстве. После его заполнения сепаратор останавливают и барабан промывают. Продолжительность непрерывной работы сепаратора зависит от объема грязевого пространства и загрязненности молока и составляет 2—2,5 ч.



В сепараторе-сливкоотделителе молоко перемещается из барабана через каналы тарелкодержателя к периферии и при этом проникает через толщину межтарелочного пространства. Под действием центробежной силы молочная плазма как тяжелая фракция движется к периферии, а жировые шарики как легкая фракция молока — к оси вращения. Всплывая и скапливаясь на наружной поверхности тарелки, жировые шарики образуют потоки сливок (концентрированная смесь жировых шариков в молочной плазме), которые движутся по тарелкам к оси барабана. Жировые шарики, не достигшие поверхности нижерасположенной тарелки, отходят в обезжиренное молоко и составляют потери. Разделение молока на сливки и обезжиренное молоко практически завершается в межтарелочном пространстве.

Под напором постоянно поступающего притока молока в барабан потоки сливок и обезжиренного молока вытесняются в его верхнюю часть и выходят через специальные отверстия (для сливок и обезжиренного молока). Для разделения и отвода потоков из пакет тарелок установлена специальная тарелка с ребрами на поверхности конусной части. Обезжиренное молоко движется по пространству между разделительной тарелкой и кожухом барабана в верхнюю часть кожуха, из которой отводится из сепаратора. Сливки поднимаются вверх по каналам тарелкодержателя в камеру сливок в разделительной тарелке и непрерывно отводятся.



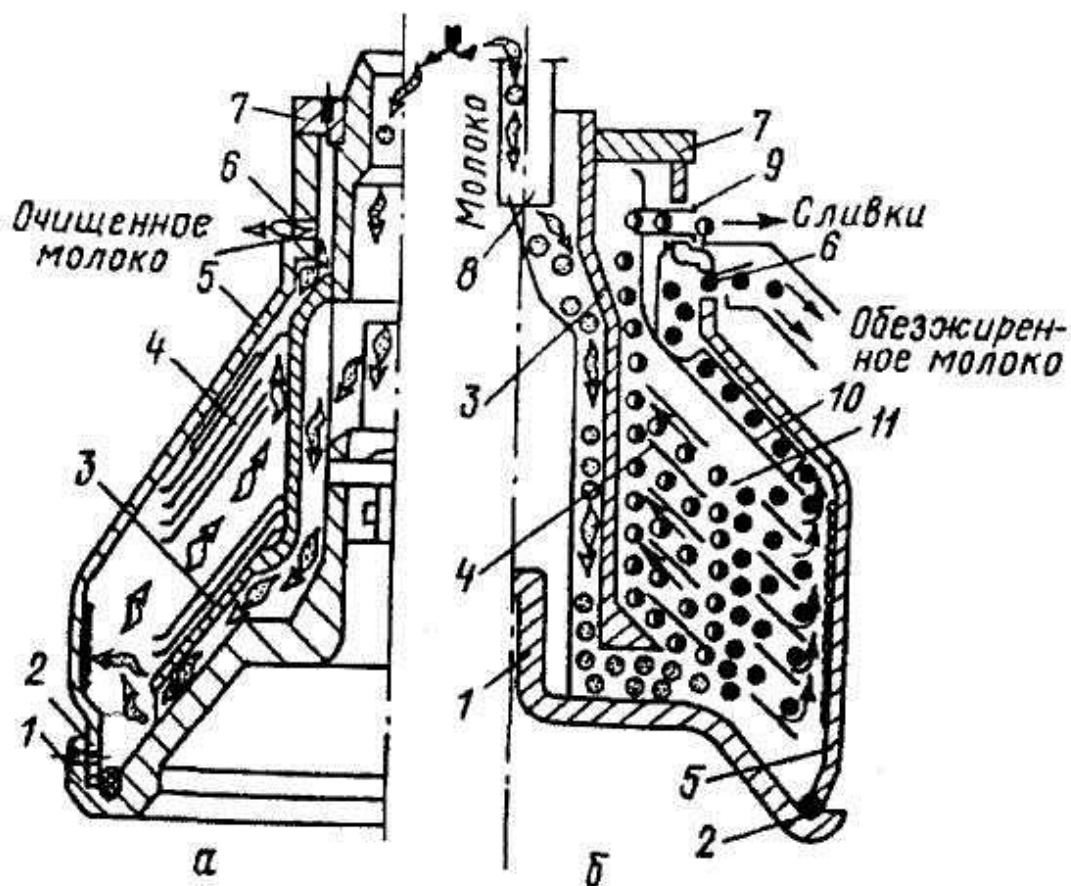


Рис.2.1. Схема движения молока и сливок в сепараторе: **а - в барабане очистителя; б - в барабане сливоотделителя;** 1 - основание; 2 - уплотнительное кольцо; 3 - тарелкодержатель; 4 - пакет тарелок; 5 - кожух барабана; 6 - канал для отвода обезжиренного молока; 7 - накидная гайка; 8 - калиброванная трубка; 9 - регулировочный винт; 10 - разделительная тарелка; 11 - отверстие в тарелке

**Сепараторы-сливкоотделители.** Их номенклатура более широкая по сравнению с сепараторами-молокоочистителями. Это связано с тем, что в сливкоотделителях цельное молоко разделяется на сливки и обезжиренное молоко с одновременной их очисткой от загрязнений.

**Сепаратор А1-ОЦР-5** (рис. 2.2, а) полузакрытого типа с центробежной периодической выгрузкой осадка. Он состоит из станины с приводом и тахометром, барабана, приемника осадка, крышки сепаратора, приемно-выводного устройства и гидроузла. В станине смонтированы все основные узлы привода: вертикальный и горизонтальный валы, тахометр и электродвигатель. На вертикальном валу (веретене) закреплен барабан.

Барабан состоит из основания, поршня, тарелкодержателя с пакетом тарелок, крышки, напорной камеры и большого затяжного кольца. В основании барабана размещено клапанное устройство для слива буферной воды из-под подвижного поршня при разгрузке барабана. Приемник осадка закреплен на верхнем торце станины. В нем имеются штуцера для подвода и отвода буферной воды и форсуночное устройство для смыва осадка и его выгрузки из барабана. Приемно-выводное устройство сепаратора состоит из питающей трубки и системы, включающей линии отвода обезжиренного молока и сливок, снабженные дросселями и пробными краниками. На линии отвода сливок установлен расходомер, обезжиренного молока — манометр.

Гидроузел состоит из подводящей коммуникации, распределителя буферной жидкости и сигнального устройства. Схема подключения гидросистемы представлена на рис. 2.2, б.

Принцип работы сепаратора следующий. После набора барабаном полного числа оборотов на линии открывают кран подвода воды, и буферная вода из водопровода направляется в гидросистему сепаратора. Проходя через фильтр, она поступает в редуктор, после чего в системе устанавливается постоянное давление, контролируемое манометром. Буферная вода из гидросистемы через гидроузел попадает в полость под поршнем барабана, поршень перемещается вверх, перекрывая разгрузочные Гели барабана. Рукоятку крана ставят в положение «Подпитка», после чего в гидросистему в небольшом количестве поступает вода для компенсации возможной утечки. Исходный продукт (молоко) по подводящему трубопроводу подается в барабан сепаратора, где происходят его очистка и разделение на сливки и обезжиренное молоко. Фракции поступают в камеры напорных тисков и под давлением отводятся в производственные молокопроводы. Грязевой осадок собирается в периферийной зоне корпуса барабана и автоматически удаляется.

Особенностью сепаратора А1-ОЦР-5 является возможность проведения частичной разгрузки барабана, при которой из него под действием центробежной силы удаляется лишь осадок, а молоко остается. Устройство сепаратора позволяет осуществить также и полную разгрузку барабана, которая неоднократно производится при его безразборной и циркулярной мойке. Предусмотрена как полная, так и частичная выгрузка осадка из барабана. Управление

электромагнитными вентилями осуществляется с помощью электромеханического и двух электронных реле времени на электрическом пульте управления.

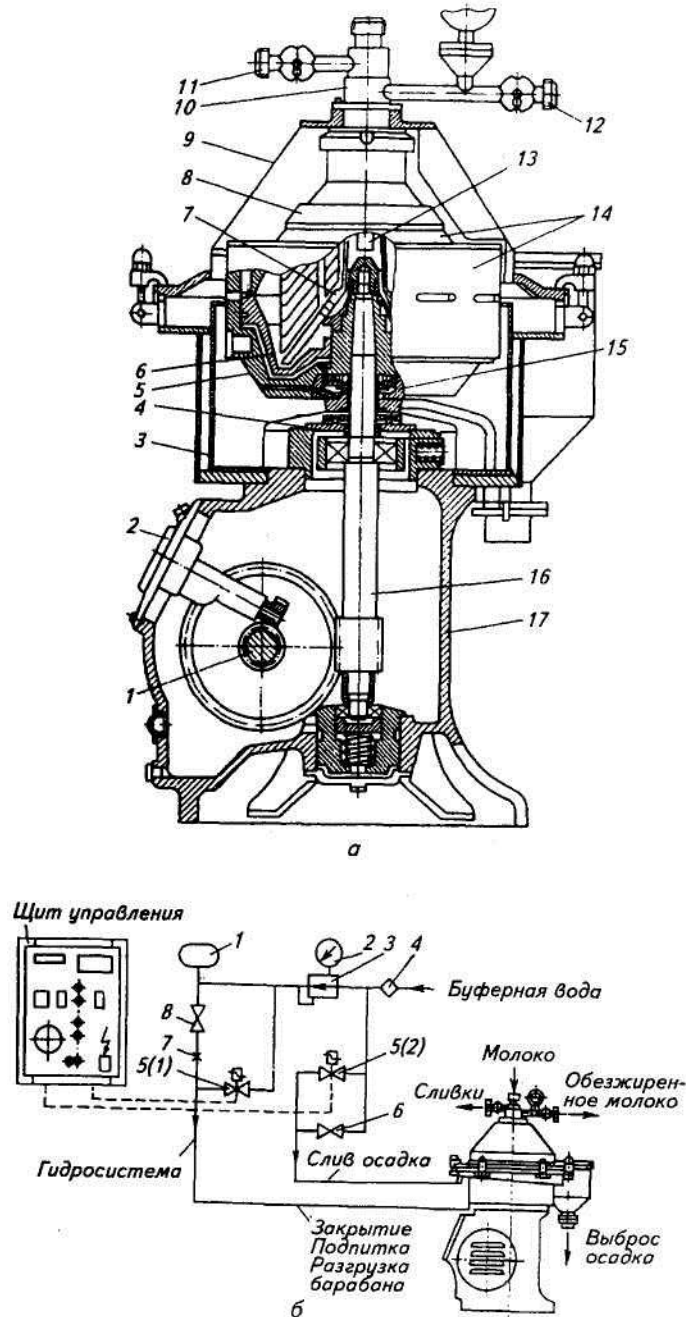


Рис.2.2. Сепаратор-сливкоотделитель А1-ОЦР-5 с центробежной периодической выгрузкой осадка:

**а — общий вид:** 1 — горизонтальный вал; 2 — тахометр; 3 — приемник осадка; 4 — верхняя горловая опора; 5 — основание; 6 — поршень; 7 — тарелкодержатель; 8 — крышка барабана; 9 — крышка сепаратора; 10 — приемно-отводящее устройство; 11 — линия отвода сливок; 12 — линия отвода обезжиренного молока; 13 — питающая

трубка; 14— барабан; 15 — гидроузел; 16 — вертикальный вал; 17— станина;

**б—схема подключения гидросистемы:** 1 — компенсационный бачок; 2— манометр; 3 — редуктор; 4 - фильтр; 5(1), 5 (2) - электромагнитные вентили; 6, 8— вентили; 7—дроссель

### **3.Оборудование для нормализации, гомогенизации молока и молочных продуктов.**

#### **Нормализация молока**

Нормализация молока представляет собой технологическую операцию, целью которой является получение продукта с требуемым содержанием сухих веществ и жира. Кроме этого при нормализации в молоке устанавливается такое соотношение компонентов, которое позволяет увеличить продолжительность сохранения качества готового продукта при его хранении. Последнее характерно для сгущенных молочных консервов с сахаром.

Операцию нормализации можно проводить смешиванием составных частей цельного молока (сливок, обезжиренного молока, пахты) или непрерывно в потоке. Нормализация смешиванием осуществляется в емкостях для хранения, ваннах, оборудованных перемешивающими устройствами. Для уменьшения массовой доли жира в цельном молоке его смешивают с обезжиренным молоком, а для увеличения — со сливками. В потоке молоко нормализуют в сепараторах-сливкоотделителях, снабженных специальными устройствами для нормализации (сепараторы-нормализаторы).

На предприятиях отрасли нормализацию проводят по трем вариантам:

при наличии необходимого количества сливок и обезжиренного молока их добавляют в цельное молоко, смешивают и при этом регулируют в нем массовую долю жира; часть цельного молока, поступающего на переработку, сепарируют, получают сливки и

обезжиренное молоко, а затем оставшуюся часть не сепарированного цельного молока смешивают с обезжиренным молоком и сливками, регулируя при этом массовую долю жира; все молоко, поступающее на переработку, нормализуют на сепараторе-нормализаторе, а оставшуюся от нормализации часть сливок и обезжиренного молока отводят для дальнейшей обработки.

Расчет необходимого для нормализации цельного молока, количества сливок и обезжиренного молока проводят на основе уравнения материального баланса:

**для нормализации цельного молока сливками**

$$M_{Н.М} J_{Н.М} = M_M J_M + M_{Сл} J_{Сл}$$

**для нормализации цельного молока обезжиренным молоком**

$$M_{Н.М} J_{Н.М} = M_M J_M + M_{О.М} J_{О.М}$$

**Требуемое количество для нормализации сливок и обезжиренного молока**

$$M_{Сл} = M_M (J_{Н.М} - J_{О.М}) / (J_{Сл} - J_{Н.М});$$

$$M_{О.М} = M_M (J_M - J_{Н.М}) / (J_{Н.М} - J_{О.М}),$$

где  $M_{Н.}$ ,  $M_{,н.}$ ,  $M_{О.М}$ ,  $M_{и}$  — масса цельного, нормализованного, обезжиренного молока и сливок, кг;  $J_M$ ,  $J_{,н.}$ ,  $J_{,М}$ ,  $J_{,.$  — массовая доля жира в цельном, нормализованном, обезжиренном молоке и сливках, %.

По содержанию сухих обезжиренных веществ молоко нормализуют смешиванием исходного молока с сухим или сгущенным обезжиренным молоком. Их количество рассчитывают

также по уравнению материального баланса. Необходимую для нормализации массу сгущенного или сухого молока (кг) определяют по формуле

$$M_{с.м} = 100M_1/P,$$

где  $M_1$  — масса сухого молока по рецептуре, кг;  $P$  — растворимость сухого молока, %

### Гомогенизация молока

Этот способ механической обработки молока и жидких молочных продуктов служит для повышения дисперсности в них жировой фазы, что позволяет исключить отстаивание жира во время хранения молока, развитие окислительных процессов, дестабилизацию и подсывание при интенсивном перемешивании и транспортировании. Гомогенизация сырья способствует:

при производстве пастеризованного молока и сливок — приобретению однородности (вкуса, цвета, жирности);

стерилизованного молока и сливок — повышению стойкости при хранении;

кисломолочных продуктов (сметаны, кефира, йогурта и др.) — повышению прочности и улучшению консистенции белковых сгустков и исключению образования жировой пробки на поверхности продукта;

сгущенных молочных консервов — предотвращению выделения жировой фазы при длительном хранении;

сухого цельного молока — снижению количества свободного молочного жира, не защищенного белковыми оболочками, что приводит к быстрому его окислению под действием кислорода атмосферного воздуха;

восстановленных молока, сливок и кисломолочных напитков — созданию наполненности вкуса продукта и предупреждению появления водянистого привкуса;

молока с наполнителями (какао и др.) — улучшению вкуса, повышению вязкости и снижению вероятности образования осадка.

Диспергирование жировых шариков, т. е. уменьшение их размеров и равномерное распределение в молоке, достигается воздействием на молоко значительного внешнего усилия (давление, ультразвук,

высокочастотная электрическая обработка и др.) в специальных машинах — гомогенизаторах. Наибольшее распространение в молочной отрасли получила гомогенизация молока при продавливании его через кольцевую клапанную щель гомогенизирующей головки машины. Жировые шарики, проходя через эту щель, диспергируются. Необходимое давление создается насосом. При производстве цельного молока размер жировых шариков с 3—4 мкм уменьшается до 0,7—0,8 мкм.

Основным узлом современных гомогенизаторов клапанного типа является гомогенизирующая головка. Она может быть одно или двухступенчатой. Вторая ступень обычно работает при более низком давлении, чем первая. Применение одно- или двухступенчатой гомогенизации зависит от вида вырабатываемых молочных продуктов.

Двухступенчатую гомогенизацию с большим перепадом давления на обеих ступенях применяют при производстве высокожирных молочных продуктов (сливки, смеси мороженого и т. п.). Она позволяет рассеивать (разбивать) образующиеся скопления жировых шариков. Для выработки других видов молочных продуктов, в том числе для питьевого молока, можно использовать одноступенчатую гомогенизацию.

На рис. 3.1 показана схема одно- и двухступенчатой гомогенизирующих головок гомогенизатора клапанного типа. При движении плунжера влево в цилиндре создается клапан 11 молоко засасывается в цилиндр. При обратном движении плунжера молоко проходит через открывшийся клапан 10 в нагнетательную камеру. Одновременно такое же количество молока продавливается через узкую кольцевую щель между седлом и клапаном в нагнетательную трубку. Клапан 4 и седло имеют с обеих сторон притертые друг к другу поверхности. При износе одной стороны клапан и седло переворачиваются и устанавливаются другими торцевыми поверхностями в рабочее положение. Давление регулируется винтом, с его помощью сжимается пружина, которая усиливает давление на клапан 4, плотно пришлифованный к седлу. Давление контролируется по манометру.

При двухступенчатой гомогенизации молоко последовательно проходит первую ступень, а затем вторую. При переходе из зоны малых скоростей (молокопровод и нагнетательная камера) в зону высоких скоростей (может быть плоская клапанная щель) передняя часть жирового шарика вытягивается и от него отрываются мелкие частицы. Высота клапанной щели составляет около 0,7 мм. В



зависимости от формы щели клапаны могут быть плоские, конические или конические рифленые. Чем больше скорость шарика в клапанной щели, тем он сильнее вытягивается и тем меньшего размера от него отрываются частицы. Скорость жирового шарика зависит от давления гомогенизации. Скорость движения жирового шарика в нагнетательной камере гомогенизирующей головки составляет 9 м/с, а в клапанной щели — 150—200 м/с.

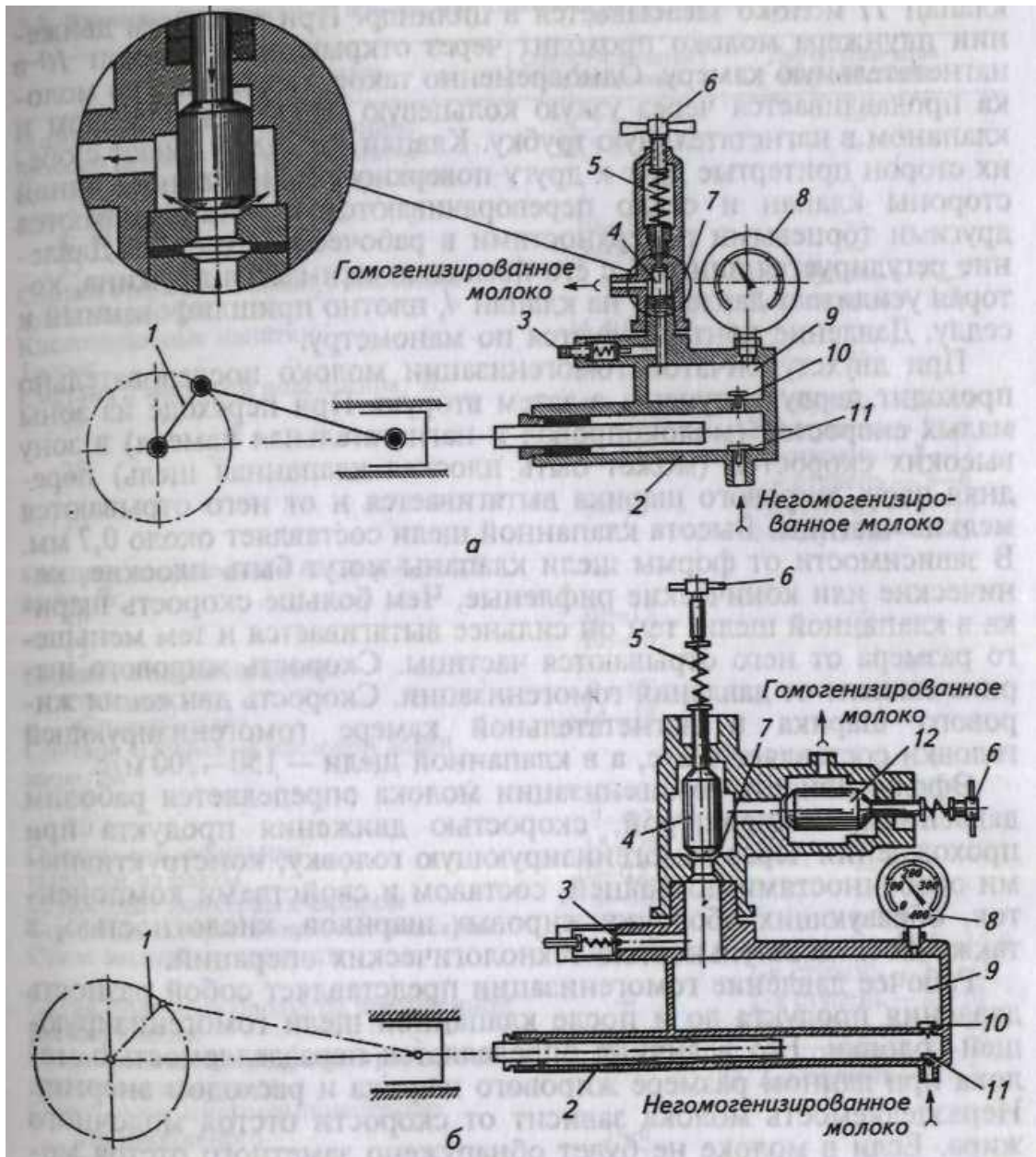


Рис 3.1. Схема гомогенизирующей головки:

а —одноступенчатой; б —двухступенчатой; 1— кривошипно-шатунный механизм; 2—плунжерный насос; 3- предохранительный клапан; 4, 12 - гомогенизирующие клапаны первой и второй ступеней;



5 —пружина; 6 — регулировочные винты; 7—седло; 8—манометр, 9—нагнетательная камера; 10, 11 — нагнетательный и всасывающий клапаны

Эффективность гомогенизации молока определяется рабочим давлением, температурой, скоростью движения продукта при прохождении через гомогенизирующую головку, конструктивными особенностями последней, составом и свойствами компонентов, образующих оболочку жировых шариков, кислотностью, а также последовательностью технологических операций.

Рабочее давление гомогенизации представляет собой разность давления продукта до и после клапанной щели гомогенизирующей головки. Его величина определяется неразделяемостью молока при данном размере жирового шарика и расходом энергии. Неразделяемость молока зависит от скорости отстоя молочного жира. Если в молоке не будет обнаружено заметного отстоя молочного жира в течение заданного срока хранения, то цель гомогенизации будет достигнута и давление изменять не следует.

Увеличение давления гомогенизации приводит к уменьшению среднего диаметра и диапазона распределения по размерам жировых шариков молока. По данным Н. В. Барановского, средний диаметр жировых шариков при давлении до 12— 14 МПа уменьшается более интенсивно, чем при давлении от 14 до-20 МПа, а при давлении более 20 МПа практически не уменьшается

При гомогенизации молока при температуре 60 °С и давлении от 3 до 20 МПа Н.В.Барановским была получена зависимость, по которой определяется рабочее давление гомогенизации:

$$\Delta p = 14,4 / d_{cp}^2,$$

где  $\Delta p$  -давление гомогенизации, МПа;  $d_{cp}$  — средний диаметр жирового шарика, мкм.

Температура молока при гомогенизации является важным параметром, влияющим на эффективность процесса. Понижение температуры гомогенизации приводит к повышению вязкости молока и, как

следствие, к образованию скоплений молочного жира и их отстаиванию. Отстаивание сливок возрастает при температуре 30—40 °С. При высокой температуре в гомогенизирующей головке могут образовываться белковые отложения, что отрицательно сказывается на работе гомогенизатора. В нормативной документации температура гомогенизации при выработке большинства молочных продуктов определена в диапазоне 60—65 °С. При гомогенизации допускается увеличение температуры молока на 5—8 °С, которое необходимо учитывать при его дальнейшей технологической обработке.

Последовательность технологических операций при гомогенизации молока может быть различной:

очистка => подогрев => гомогенизация =\* пастеризация => охлаждение;

очистка => подогрев => гомогенизация => охлаждение;

подогрев => гомогенизация => очистка => пастеризация => охлаждение;

подогрев => очистка => гомогенизация => пастеризация => охлаждение;

подогрев => очистка => пастеризация => гомогенизация => охлаждение.

Технологические схемы организации производства различаются только очередностью операций гомогенизации и пастеризации. В целях обеспечения санитарной безопасности производства целесообразнее гомогенизацию проводить после подогрева перед пастеризацией или стерилизацией.

## **Гомогенизаторы**

Гомогенизаторы предназначены для дробления жировых шариков в молоке, жидких молочных продуктах и смесях мороженого. Они применяются в различных технологических линиях для молока и молочных продуктов. Для гомогенизации молока известно и другое оборудование (эмульгаторы, эмульсоры, вибраторы и др.), но оно менее эффективно.

Наибольшее применение в молочной отрасли получили гомогенизаторы клапанного типа К5-ОГ2А-1,25, А1-ОГМ-2,5 и А1-ОГМ, представляющие собой много плунжерные насосы высокого давления с гомогенизирующей головкой. Гомогенизаторы состоят из следующих основных узлов: кривошипно-шатунного механизма с системой смазки и охлаждения, плунжерного блока с

гомогенизирующей и манометрическими головками и предохранительным клапаном, станины. Привод осуществляется от электродвигателя с помощью клиноременной передачи.

Гомогенизатор А1-ОГМ-2,5 рис. 3.2. предназначен для дробления жировых шариков в молоке, жидких молочных продуктов и смесях мороженого. Гомогенизатор представляет собой многоплунжерный насос высокого давления с гомогенизирующей головкой. Кривошипно-шатунный механизм с системой смазки и охлаждения, плунжерного блока с гомогенизирующей и манометрическими головками, предохранительного клапана, станины.

Кривошипно-шатунный механизм преобразует вращательное движение, передаваемое клиноременной передачей от электродвигателя, в возвратно-поступательное движение плунжеров. Последние посредством манжетных уплотнений входят в рабочие камеры плунжерного блока и, совершая всасывающие и нагнетательные ходы, создают необходимое давление гомогенизируемой жидкости.

Молоко или молочный продукт подаются с помощью насоса во всасывающий канал плунжерного блока. Из рабочей полости блока продукт под давлением попадает через нагнетательный канал в гомогенизирующую головку и с большой скоростью проходит через кольцевой зазор, образующийся между притёртыми поверхностями гомогенизирующего клапана и его седлом. При этом происходит диспергирование жидкой фазы продукта. Из гомогенизатора продукт направляется по молокопроводу на дальнейшую переработку или предварительное хранение.

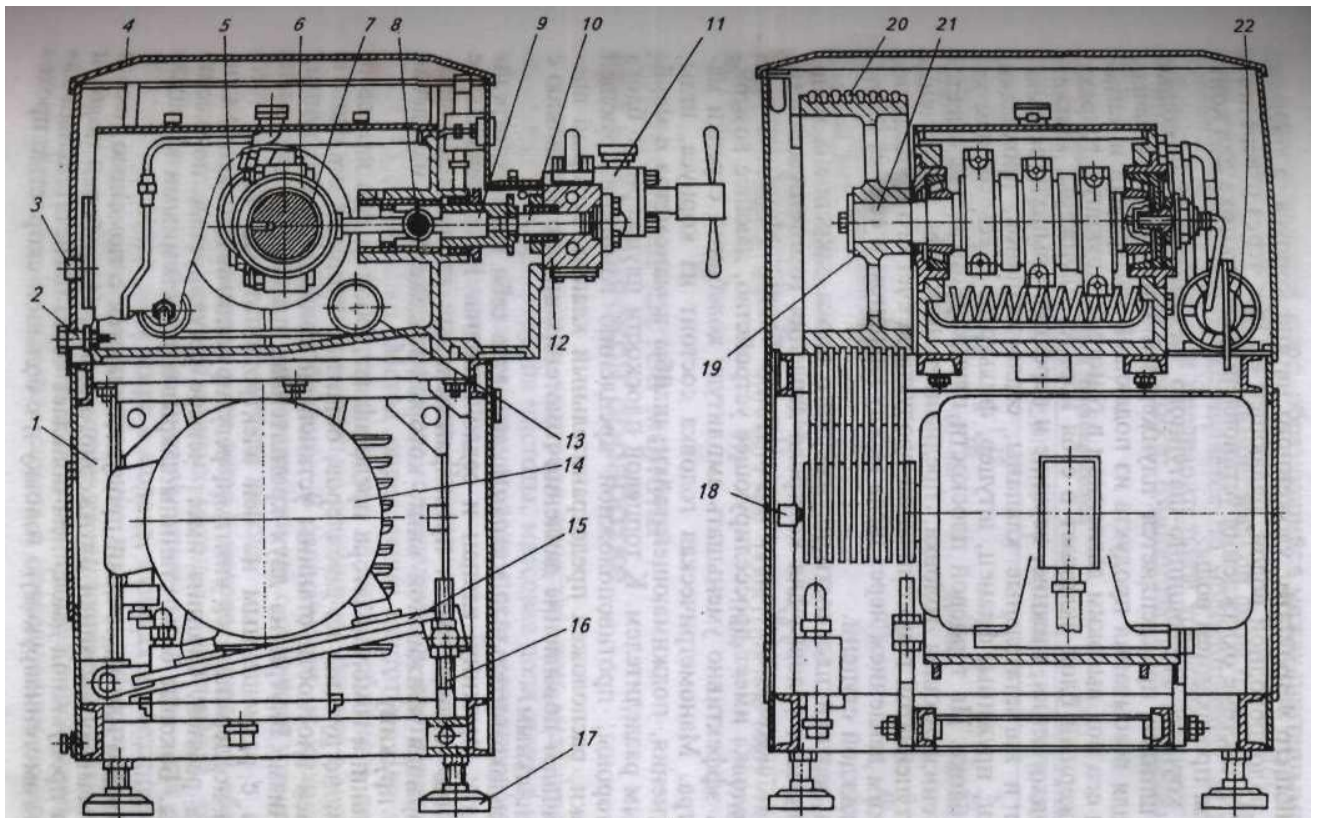


Рис. 3.2. Гомогенизатор А1-ОГМ-2,5:

1 — станина; 2 — сливная пробка; 3 — маслоуказатель; 4 — крышка; 5 — кривошипно-шатунный механизм; 6 — шатун; 7 — вкладыш; 8 — палец; 9 — ползун; 10 — плунжер; 11 — гомогенизирующая головка; 12 — плунжерный блок; 13 — змеевик; 14 — электродвигатель; 15 — плита; 16 — устройство для натяжения ремней; 17 — опора; 18 — ведущий шкив; 19 — ведомый шкив; 20 — клиновой ремень; 21 — коленчатый вал; 22 — маслонасос

#### 4. Технологический расчет оборудования для механической обработки молока.

Сепараторы различного типа и гомогенизаторы подбирают по часовой производительности с учетом производительности другого оборудования, составляющего проектируемую технологическую линию.

Допустимая длительность  $T_{\text{доп}}$  (ч) непрерывной работы сепаратора-молокоочистителя:

$$T_{\text{доп}} = \frac{V_{\text{гр}} \rho_{\text{п}}}{P Q_{\text{м}}},$$

где  $V_{\text{гр}}$  —объем грязевого пространства барабана сепаратора,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{п}}$  — плотность продукта,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $P$  - загрязненность молока, % (  $P= 0,03$ .  $.0,06$  %);  $Q_{\text{м}}$  - часовая производительность технологической линии,  $\text{кг}/\text{ч}$ .

Средний диаметр жировых шариков после гомогенизации,  $\text{м}$ ;

$$d_{\text{ср}} = \frac{3,8}{\sqrt{P}},$$

Где  $d_{\text{ср}}$  – средний диаметр жировых шариков после гомогенизации,  $\text{м}$ ;  
 $P$ - давление гомогенизации,  $\text{Па}$ .

Рекомендуемое давление гомогенизации для молока и сливок соответственно равно  $15...17$  и  $5...7,5$   $\text{МПа}$ .

**Изменение температуры молока в процессе его гомогенизации  
 ( $^{\circ}\text{C}$ )**

$$\Delta T = \frac{P}{\rho_{\text{п}} c_{\text{м}}},$$

где  $c_{\text{м}}$  — удельная теплоемкость молока при температуре гомогенизации продукта, Дж/(кг ■ °С).  $\rho_{\text{п}}$  — плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;