

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА «МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ»**

С.Ю. Бузоверов, М.В. Селиверстов, В.И. Лобанов

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА**

Методическое пособие

Барнаул 2019

УДК 621.56

Рецензенты:

к.т.н., директор ООО «Экспериментальный сыродельный завод» г. Барнаула **В.Ф. Хавров**;

к.т.н., доцент, декан факультета заочного обучения ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет» **А.А. Болтенков**.

Бузоверов С.Ю., Селиверстов М.В., Лобанов В.И. Технологическое оборудование для первичной переработки молока: методическое пособие. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2019. – 48 с.

В методическом пособии изложены общие сведения по первичной переработке молока, рассмотрено устройство и принцип работы оборудования для транспортирования молока, его учета, взвешивания, первичной и глубокой очистки, а так же гомогенизации. Материал пособия позволит студентам освоить соответствующие разделы программы курса изучаемых дисциплин: «Технологическое оборудование для хранения и переработки с.-х. продукции»; «Оборудование перерабатывающих производств»; «Процессы и аппараты».

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения направлений подготовки: 35.03.06 – «Агроинженерия», профиль «Технологическое оборудование для хранения и переработки с.-х. продукции» (уровень высшего образования – бакалавриат); 35.03.07 – «Технология производства и переработки с.-х. продукции» (уровень высшего образования – бакалавриат); 19.03.03 – «Продукты питания животного происхождения» (уровень высшего образования – бакалавриат).

Рассмотрено и рекомендовано к изданию кафедрой «Механизация производства и переработки сельскохозяйственной продукции» инженерного факультета ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет» (протокол № 8 от 15.04.2019 г.).

© Бузоверов С.Ю., Селиверстов М.В.,
Лобанов В.И., 2019

© ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СРЕДСТВА ДЛЯ ДОСТАВКИ МОЛОКА, РЕЗЕРВУАРЫ ДЛЯ ПРИЕМКИ И ХРАНЕНИЯ МОЛОКА, РЕЗЕРВУАРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	6
2 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УЧЕТА И ВЗВЕШИВАНИЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	12
3 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	47
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	48

ВВЕДЕНИЕ

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: «ОКБОСКОН» (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 аппара-

ты непрерывного действия различной производительности, управляемые специалистами - технологами через компьютерные системы.

Важно учитывать, что развитие отрасли полностью зависит от того, насколько оснащенными в плане техники являются основные компании, производящие молочную продукцию. Поскольку развитие техники происходит постоянно, все фирмы должны регулярно обновлять свое оборудование и инструменты, поскольку только тогда они смогут конкурировать с другими фирмами, которые имеются как в России, так и в других странах мира. Только с помощью качественного и автоматизированного оборудования можно добиться того, что одно предприятие будет выпускать широкий ассортимент молочной продукции, которая будет пользоваться спросом у населения России или в других странах мира. Именно поэтому государство должно уделять много внимания молочной промышленности, однако сегодня такого не наблюдается, что является серьезной проблемой современных молочных заводов. Они ограничены в субсидиях и помощи, поэтому обновление технической базы происходит крайне медленно, что ведет за собой невозможность фирм производить новые товары, которые могли бы иметь успех на рынке.

1 СРЕДСТВА ДЛЯ ДОСТАВКИ МОЛОКА, РЕЗЕРВУАРЫ ДЛЯ ПРИЕМКИ И ХРАНЕНИЯ МОЛОКА, РЕЗЕРВУАРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

1.1 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.

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. 1.1) Г6-ОГА-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.

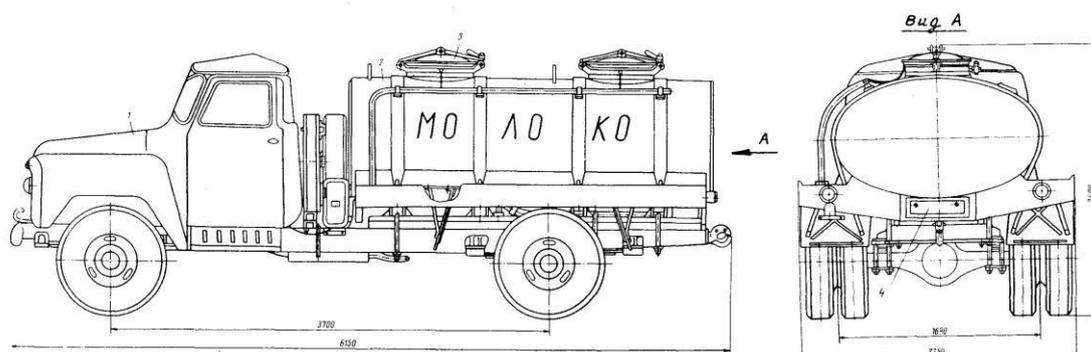


Рис. 1.1 Общий вид цистерны марки АЦПТ-3,3:

*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 минеральной ваты 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.

1.2 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.

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.

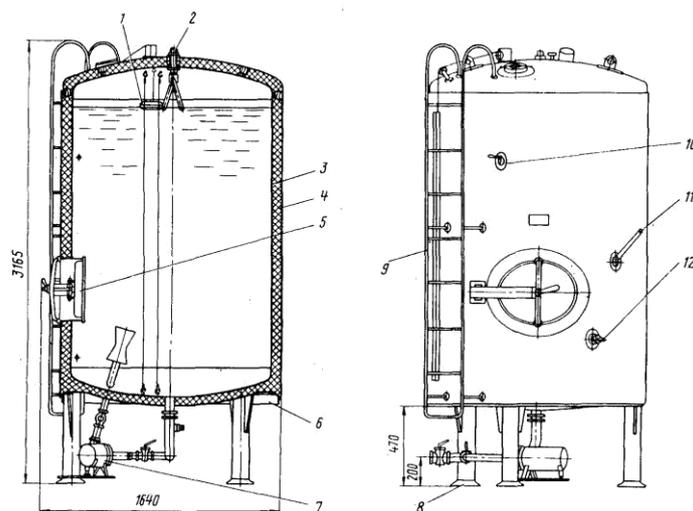


Рис. 1.2 Общий вид резервуара В2-ОМВ-2,5:

1 – указатели уровня молока; 2 – моечное устройство; 3 – корпус; 4 – изоляция; 5 – люк; 6 – основание; 7 – перемешивающее устройство; 8 – опоры; 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.

1.3 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.

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.

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 патрубка. На верхнем днище укреплен привод мешалки, смонтированы светильник, смотровое окно, устройство механической мойки, приварены патрубки для установки датчиков наполнения.

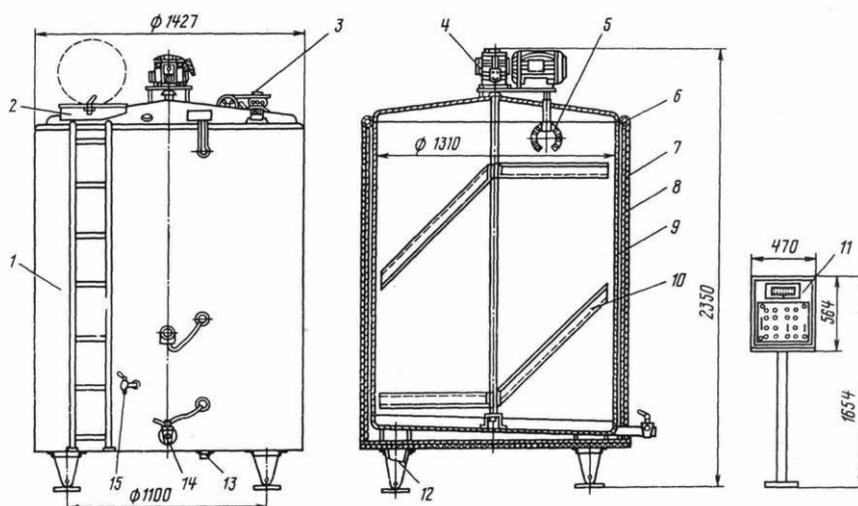


Рис. 1.3 Резервуар Р4-ОТН-2 для производства кефира:

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 патрубок; 14 – трехходовой кран; 15 – кран для отбора проб

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.

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.

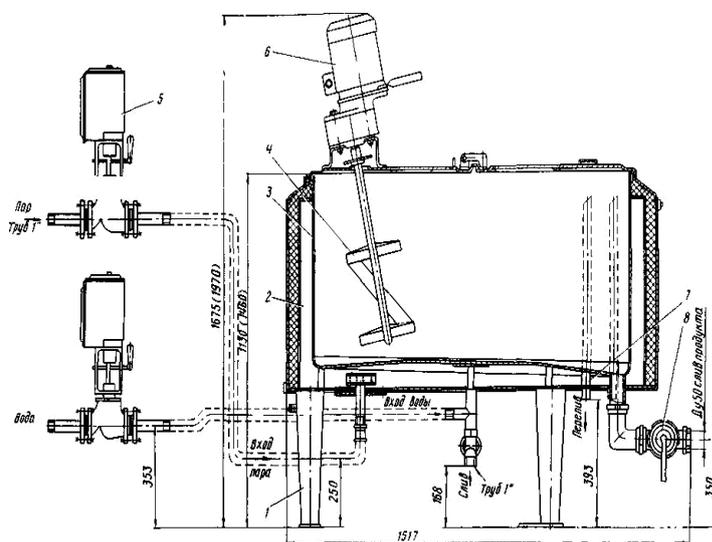


Рис. 1.4 Общий вид ванны пастеризационной марки Г6-ОПА-600 (Г6-ОПБ-1000):

1 - опора; 2 - корпус; 3 - ванна; 4 - мешалка; 5 - электромагнитный вентиль; 6 - привод; 7 – переливная труба; 8 – кран

Танк Г2-ОТ2-А имеет в верхней части внутренней ванны змеевик, приваренный по спирали, служащий для охлаждения продукта. В качестве хладагента

та используется рассол, который, проходя по змеевику, охлаждает продукт непосредственно через стенку ванны и воду, находящуюся в межстенном пространстве ванны.

2 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УЧЕТА И ВЗВЕШИВАНИЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

При определении количества сырья, готовой продукции и вспомогательных материалов на молокоперерабатывающих предприятиях применяют молокомеры, счетчики, расходомеры и весы.

Поплавковый молокомер является наиболее простым и распространенным средством измерения небольшого количества молока. Он представляет собой цилиндрическое ведро с жестко закрепленной ручкой. В молокомер помещен поплавок с вертикальной линейкой, входящей в прорезь ручки. Линейка отградуирована в литрах.

При наполнении ведра поплавков всплывает и линейка поднимается над ручкой на высоту, соответствующую объему молока. Обычно вместимость молокомера поплавоквого типа 10 л, а допустимая погрешность измерения $\pm 0,05$ л.

Для измерения 50 л молока и более служат емкостные молокомеры цилиндрической или шаровой формы, выполненные из прозрачных материалов. На их поверхности нанесена шкала, по которой отсчитывают объем молока.

Некоторые виды емкостей для хранения молока также можно использовать в качестве молокомеров. Измерители уровня заполнения емкости выполнены в виде поплавоквого механизма, связанного тросиком с указателем объема молока.

С помощью счетчиков измеряют количество продукта в потоке, т. е. протекающего по трубопроводу. В молочной промышленности наиболее часто применяют два типа счетчиков: с кольцевым поршнем и овальными шестернями (шестеренный счетчик).

Счетчик с кольцевым поршнем (рис. 2.1) применяют для измерения объема молока в потоке. Он имеет измерительную камеру, образованную двумя концентрическими цилиндрами, корпусом счетчика и поршнем.

Камера разделена перегородкой. По обе ее стороны имеются серповидные входное и выходное отверстия. Поршень представляет собой кольцо цилиндрической формы с поперечной перегородкой с отверстиями. В вертикальный разрез поршня входит радиальная перегородка. В центре поперечной перегородки укреплен цапфа, которая движется в кольцевом пространстве. Под давлением молока, поступающего через входное отверстие, поршень перемещается в камере.

Его движение передается счетному механизму с помощью магнитной муфты, представляющей собой два постоянных магнита. Один из них жестко связан с цапфой измерительной камеры, другой – с валом счетного механизма. Относительная погрешность измерения $\pm 0,2 \dots 0,5\%$.

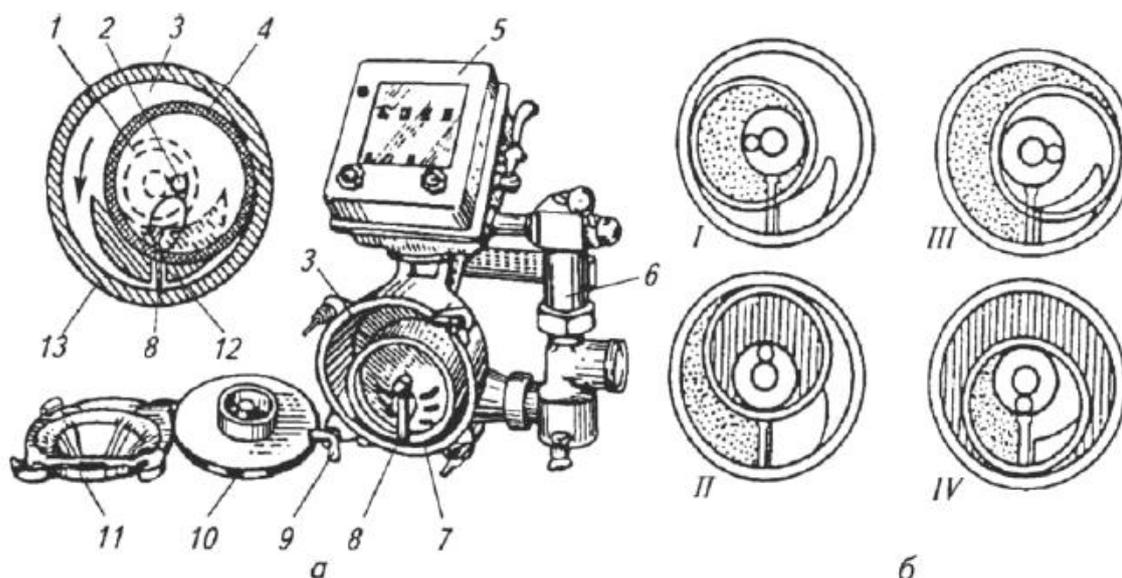


Рис. 2.1 Счетчик с кольцевым поршнем:

а – общий вид: 1 – кольцевое пространство; 2 – цапфа; 3 – измерительная камера; 4 – кольцевой поршень; 5 – счетный механизм; 6 – клапан; 7 – корпус счетчика; 8 – перегородка; 9 – зажимная гайка; 10 – диск; 11 – крышка; 12 – входное отверстие; 13 – выходное отверстие; *б* – схема работы счетчика:

I...IV – основные положения кольцевого поршня

Шестеренный счетчик (рис. 2.2) также позволяет измерить количество молока в потоке и состоит из проточной камеры, в которой под напором проходящего молока вращаются овальные шестерни с мелкими зубьями. При повороте шестерни перемещают в сторону выходного патрубка часть молока, ограниченную стенками камеры. Плотное зацепление шестерен между собой, а также минимальный зазор между ними и камерой позволяют исключить переток молока из камер входа и выхода.

От счетного механизма камера отделена перегородкой, через которую вращение нижней шестерни передается на ведущий вал счетного механизма. Это достигается с помощью магнитов, один из которых вмонтирован в шестерне счетного механизма, а второй – в торцевой стенке шестерни проточной камеры. С помощью системы передач счетный механизм преобразует частоту вращения шестерен проточной камеры в показания количества молока, прошедшего через счетчик. Кроме того, счетчики такой конструкции могут отмерять заданное количество молока, передавать показания на определенное расстояние и т. д.

Диапазон применения шестеренных счетчиков расширяется благодаря выпуску нескольких типоразмеров с различными производительностью, рабочим давлением и температурой. Допустимая температура измеряемой жидкости 90°С, давление 700 кПа. Погрешность показаний счетчика ±0,5%. Такая точность обеспечивается установкой в напорной линии перед счетчиком воздухоотделителя.

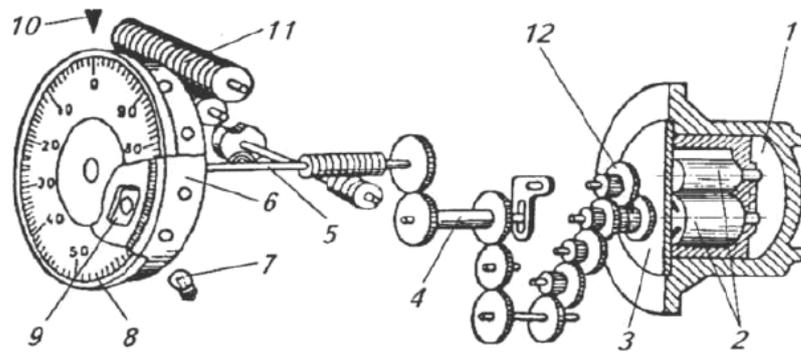


Рис. 2.2 Шестеренный счетчик:

1 – камера; 2 – шестерни; 3 – перегородка; 4 – блок сменных шестерен; 5 – вал; 6 – рамка с отверстиями; 7 – лампочка; 8 – шкала; 9 – фотосопротивление; 10 – стрелка; 11 – указатель; 12 – ведущая шестерня счетного механизма

Электромагнитные счетчики-расходомеры получили широкое распространение в поточных технологических линиях переработки молока. Они предназначены для измерения расхода молока и молочных продуктов в потоке и выдачи командного сигнала на какое-либо исполнительное устройство при прохождении заданного количества продукта.

Обычно такие расходомеры состоят из двух основных элементов: первичного преобразователя импульсов (ПРИМ) и измерительного устройства (ИУ). В основу работы ПРИМ положено явление электромагнитной индукции.

При прохождении измеряемой жидкости через магнитное поле, созданное в трубопроводе, в ней, как в движущемся проводнике, наводится ЭДС, пропорциональная средней скорости потока. При постоянном сечении трубопровода ЭДС пропорциональна объемному расходу жидкости. Один из вариантов ПРИМ показан на рисунке 2.3.

Он представляет собой немагнитный отрезок трубопровода, внутренняя поверхность которого покрыта электроизоляцией. Внутри трубы друг против друга размещены два электрода, соединенные с ИУ. С внешней стороны трубопровода укреплен электромагнит, создающий равномерное магнитное поле. Между электродами возникает электродвижущая сила, величина которой зависит от скорости потока молока. Измерительное устройство обеспечивает преобразование сигнала ПРИМ в выходной сигнал постоянного тока или частотный. При этом ИУ выполняет индикацию мгновенного расхода, интегрирование его во времени (контроль объема) и управление дозированием.

При переработке молока применяют счетчики-расходомеры ИР-43 (Эстония), РОСТ-1 МП и микропроцессорный счетчик-расходомер РОСТ-4МП (Россия).

ИР-43 выпускают с диаметрами условного прохода 36, 50 и 80 мм, что позволяет измерять расход жидкости в диапазоне 0,5...60 м³/ч. Температура измеряемого молока не выше 60 °С. Относительная погрешность измерения ±

1%.

РОСТ-1 МП выпускают с диаметрами условного прохода первичного преобразователя 15, 32, 50 и 80 мм. Диапазоны измерений 0,1...1 и 6...60 м³/ч при температуре 2...70 °С и давлении 0,6 МПа. Относительная погрешность расходомера ± 0,5 %. РОСТ-4МП имеет такую же характеристику и адаптирован к системе автоматического контроля технологических процессов на базе микропроцессорной техники.

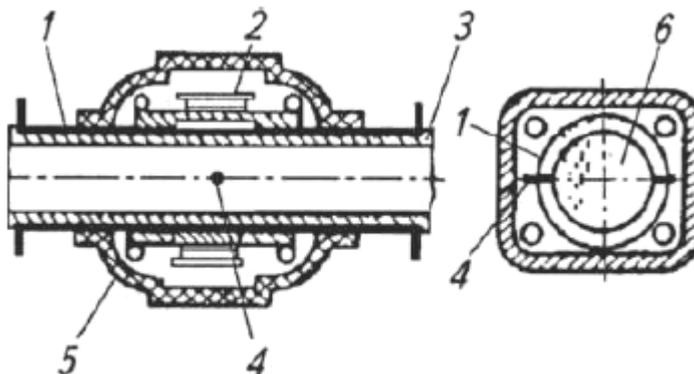


Рис. 2.3 Первичный преобразователь импульсов расходомера:
1 – трубопровод; 2 – электромагнит; 3 – электроизоляция (фторопласт);
4 – электроды; 5 – кожух; 6 – магнитное поле

Работа датчика турбинного расходомера (рис. 2.4) также основана на явлении электромагнитной индукции. В качестве исполнительного органа такого датчика служит турбинка с встроенным в нее магнитом. Под давлением протекающего молока турбинка вращается.

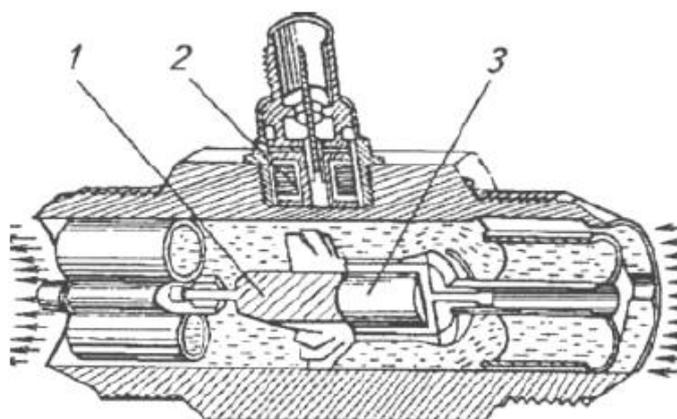
Частота ее вращения пропорциональна скорости потока, преобразуется в электрические сигналы, которые подаются на электронный блок. Погрешность показаний ± 0,25...0,5 %.

Массу твердых, сыпучих или жидких продуктов и материалов измеряют при помощи весов – чаще всего с уравниванием грузов с помощью гирь или механизмов (шкальных и циферблатных).

Товарные гиревые весы имеют плоскую грузовую платформу, колонку и коромысло с гиредержателем. Шкалы коромысел товарных гиревых весов градуированы.

Шкальные весы имеют две шкалы: основную и дополнительную. Первая нанесена на боковую поверхность коромысла, в верхней части которого имеются пазы, служащие для фиксации зуба передвигной гири, а вторая – на особую линейку, которая жестко соединена с коромыслом. Обычно шкальные весы устроены так, что верхний предел основной шкалы соответствует наибольшему пределу взвешивания на данных весах.

Допустимая погрешность измерения на товарных гиревых и шкальных весах ± 0,1 %. Более удобны в эксплуатации циферблатные весы. Они могут быть платформенными и с подвесными емкостями. Платформенные циферблатные весы состоят из трех основных частей: грузоподъемного механизма, промежуточного механизма и циферблатного прибора.



**Рис. 2.4 Датчик турбинного расходомера:
1 – турбинка; 2 – катушка; 3 – магнит**

Грузоподъемный механизм служит для восприятия массы груза, установленного на платформу весов, и состоит из платформы, большого и малого грузоподъемных рычагов, а также рамы, на которой монтируется весь механизм. Рычаги опираются своими опорными призмами на подушки стоек, расположенных в углах рамы. Платформа имеет свободное качение в продольном и поперечном направлениях и опирается на грузоподъемные призмы рычагов через кольцо и стойки, попарно жестко связанные друг с другом с помощью круглых стержней. Для ограничения качения платформы и смягчения возможных ударов при установке и снятии грузов с платформы имеется четыре упора. Концевая призма малого грузоподъемного рычага через серьгу и тягу соединена с рычажной системой промежуточного механизма.

Промежуточный механизм состоит из колонки, нижнего передаточного рычага, подциферблатного рычага со шкалой и передвижной гири для уравнивания тары, а также масляного демпфера поршневого типа для успокоения колебаний весового механизма. На выступающем из колонки конце подциферблатного рычага имеется тарировочный груз для регулировки ненагруженных весов. Предварительная грубая регулировка достигается перемещением передвижного груза. Для точной регулировки весов предусмотрен малый грузик, который перемещается винтом, встроенным в корпус передвижного груза. Правильная установка весов обеспечивается уровнем, расположенным в верхней части колонки.

Наибольшее распространение на некрупных молокоперерабатывающих предприятиях получили весы СМИ-250 и СМИ-500. Вместимость каждой из двух емкостей этих весов соответственно 125 и 250 кг. Техническая характеристика некоторых весов, применяемых для взвешивания молока и молочных продуктов, приведена в таблице 2.1.

На крупных молочных заводах используют **циферблатные весы с устройством для автоматического определения массы молока.**

Они включают **весы типа СМИ** (рис. 2.5) и устройство для регистрации отдельных порций и суммарной партии продукта. Регистрация осуществляется на специальной бумажной ленте.

В ряде случаев удобнее пользоваться весами, в которых весовое устройство и устройство информации и управления выполнены с возможностью установки на определенном расстоянии.

Таблица 2.1 -Техническая характеристика весов

Показатель	СМИ-250	СМИ-500	ВСП-500	РП-1Г-13	ВШ-200	ВЦП-500
Производительность, кг/ч	3000	6000	-	-	-	1000... 3000
Пределы взвешивания, кг	12,5... 250	25... 500	25... 500	50... 1000	10... 200	25... 500
Допустимая погрешность, кг	± 0,25	± 0,5	± 0,5	± 1	± 0,2	± 0,5
Габариты, мм	1250× ×1140× ×1745	1445× ×1140× ×1745	950× ×630× ×950	1230× ×1104× ×1413	826× ×702× ×1050	1269× ×1130× ×2000
Масса, кг	300	320	85	188	60	290

Стационарные весы 9018ВС-400Д14М работают по комбинированной схеме: грузоприемным элементом является платформа с рычажной системой, передающей усилие измеряемого груза на электромеханическое уравновешивающее устройство. Блок обработки информации с цифровым табло и панелью дистанционного управления выполнен на базе большой интегральной микросхемы специального назначения. Весы снабжены прибором для индикации массы груза и имеют вывод на электронно-бухгалтерский терминал типа «Нева-501». С помощью этих весов можно взвешивать груз массой от 10 до 400 кг с погрешностью измерений ± 0,2 кг. Время измерения не превышает 15 с.

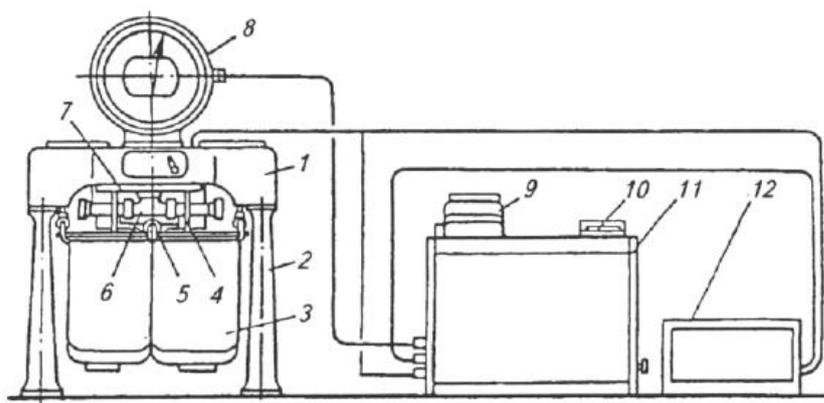


Рис.2.5 - Рычажные весы с устройством для автоматического определения массы молока:

1 – корпус; 2 – стойка; 3 – грузоприемный бак; 4 – стержневой датчик; 5 – механизм ручного открывания выпускных клапанов; 6 – выпускное устройство; 7 – блок со стержневыми датчиками; 8 – циферблатный указатель; 9 – регистрирующая машинка; 10 – панель управления; 11 – пульт управления; 12 –

пневматическая распределительная коробка

Еще более точное измерение массы молочных продуктов в емкостях вертикальной установки вместимостью 1; 4; 6,3; 8 и 12 т обеспечивает электронная весоизмерительная система для молочных емкостей (ЭВИС-0,1). В ее состав входят комплект специальных тензорезисторных датчиков (3 шт. на одну емкость), преобразователь «Тензор-4С», пульт 34

управления взвешиванием микропроцессорный МПК 02.02, термопечатающее устройство ФШ-6805 «Дюйм» и соединительные кабели.

Электронная весоизмерительная система осуществляет цифровую индикацию массы; индикацию на светодиодах режима работы системы и номера емкости, с которой выполняется текущая операция. Возможен ввод с клавиатуры в режиме диалога даты, текущего времени, кодов поставщика или потребителя и вывод по желанию пользователя результатов операций (приход, расход) на малогабаритное печатающее устройство. Пульт управления может быть удален от объекта измерения на 100 м. Диапазон измерений 0...1; 0...4; 0...6,3; 0...12 т, относительная погрешность $\pm 0,1\%$.

Для измерения массы различных молочных продуктов при перемещении или погрузке удобны **конвейерные весы** (рис. 2.6). Они имеют грузовую платформу, которая несет участок ленты конвейера, соответствующий длине платформы. Грузовая платформа воспринимает массу материала, расположенного на этом участке. Усилия передаются рычажной системой к весоизмерительному механизму и отмечаются на шкале счетного механизма.

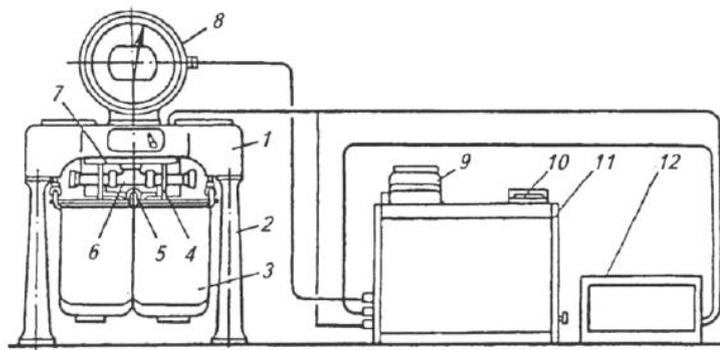


Рис. 2.6 *Принципиальная схема конвейерных весов:*

- 1 – грузовая платформа; 2 – конвейерная лента; 3 – рычажная система;
4 – весоизмерительный механизм; 5 – счетчик

Для подсчета штучной продукции на молочных заводах применяют механические и автоматические счетчики.

3 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Механическая обработка является неотъемлемой частью сложного технологического цикла переработки молока. Она заключается в механическом воздействии на молоко с целью его разделения на фракции (сливки и обезжиренное молоко), повышения гомогенности и однородности жировой фазы в молоке до и после разделения, а также в подготовке для получения одинакового соотношения массовой доли жира и сухих веществ в сырье и готовом продукте. Основные технологические операции механической обработки – сепарирование, нормализация и гомогенизация молока.

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.

3.1 Оборудование для очистки молока

Для очистки молока применяют фильтры и сепараторы-молокоочистители.

Фильтры. Очистка молока и молочных продуктов осуществляется под действием разности давления по обе стороны фильтрующей перегородки. Последняя представляет основную часть фильтра и в основном определяет его конструкцию и техническую характеристику (производительность, степень очистки и др.). Известно большое число разнообразных по свойствам фильтрующих перегородок из неорганических и органических материалов. Они могут быть изготовлены из хлопчатобумажных, шерстяных, синтетических, стеклянных, керамических и металлических материалов. Давление в фильтрах создается при помощи насоса.

В фильтрах для молока и молочных продуктов используют тканевые (холст, марля, лавсан, фланель), металлические (гранулы титанового сплава, нержавеющей плетеные и перфорированные штампованные сетки с отверстиями размером 0,5...2 мм) и другие материалы. Площадь сечения фильтрующих перегородок составляет до 50 %.

По конструкции фильтры для молока бывают цилиндрические, пластинчатые, дисковые, открытые и закрытые.

Фильтр зернистый Ф-01М (рис.3.1) можно отнести к закрытым цилиндрическим. В качестве фильтрующего материала применяют гранулы титанового сплава ВТ5-1 или белый электрокорунд «шлифзерно», сертифицированные Госсанэпиднадзором РФ.

Таблица 3.1 - Техническая характеристика фильтра Ф-01М

Наименование показателя	Значение показателя
Пропускная способность	10
Давление на входе фильтра, МПа, не более	0,2
Объем фильтруемого молока до промывки, м ³	4...5
Степень чистоты молока после фильтра по ГОСТ 8218, группа не ниже	1
Расход моющих растворов через фильтр в режиме регенерации, м ³ /ч, не менее	4
Время промывки фильтра, ч	0,5...1
Габариты, мм	
диаметр	215
высота	520
Масса, кг	15

Работа фильтра начинается после включения насоса. После этого молоко поступает на верхнюю сетку предварительной очистки, а затем на зернистый слой тонкой очистки. Задерживаемые механические примеси (частицы корма, пыль, шерсть животного и т. д.) постепенно концентрируются на верхней сетке и по высоте зернистого фильтрующего материала. Очищенное молоко поступает в сборную емкость. По окончании фильтрации оставшееся молоко удаляют из фильтра. В режиме промывки фильтр первоначально отсоединяют от контура на 5...10 мин с целью предотвращения забивания нижней сетки остатками примесей из трубопроводов. Затем фильтр подсоединяют на режим промывки, поменяв при этом местами на штуцерных разъемах подводящий и отводящий шланги так, чтобы напорная линия была подсоединена к нижнему штуцеру фильтра.

Регенерация фильтрующего материала осуществляется восходящим потоком промывочной жидкости при расходе не менее 4 м³/ч. Это сопровождается энергичным перемешиванием гранул зернистого слоя и удалением из рабочего объема фильтра удержанных примесей. Для регенерации фильтра используют стандартные моющие растворы.

В случае образования воздушного пузыря в верхней части фильтра нужно открыть кран на верхней крышке для удаления воздуха. Достоинством конструкции этого фильтра является возможность его полной разборки для очистки внутренних поверхностей корпуса и сеток от жирового налета, остаточных загрязнений (волосы животного, остатки корма и т. п.). Такая профилактическая разборка фильтра проводится после 1...2 месяцев его эксплуатации.

Фильтр цилиндрический закрытый А1-ОШФ (рис. 3.2) состоит из распределительного устройства с двумя пробковыми трехходовыми кранами и двух цилиндров с находящимися в них фильтрующими сетками из нержавеющей плетеной проволоки.

Продукт под давлением, создаваемым насосом, подается в верхний патрубок корпуса распределительного устройства. Далее он через верхнее отверстие в конусе поступает в цилиндр, обтекая сетку сверху, и выходит из цилиндра через патрубок.

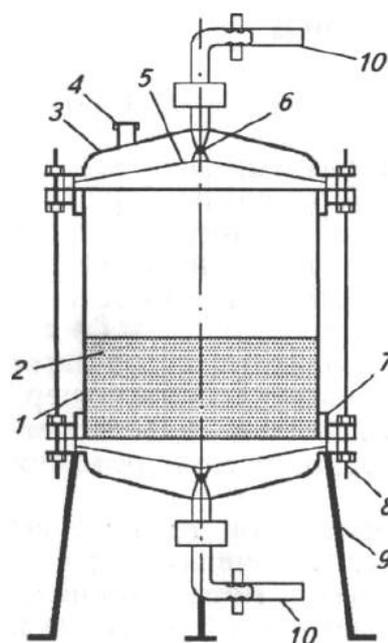


Рис. 3.1 Фильтр Ф- 01М:

1 – корпус; 2 – зернистый фильтрующий материал; 3 – крышка; 4 – воздушник; 5 – сетка из нержавеющей стали с прокладкой; 6 – распределитель; 7 – хомут; 8 – шпилька с гайками; 9 – опора; 10 – шланг

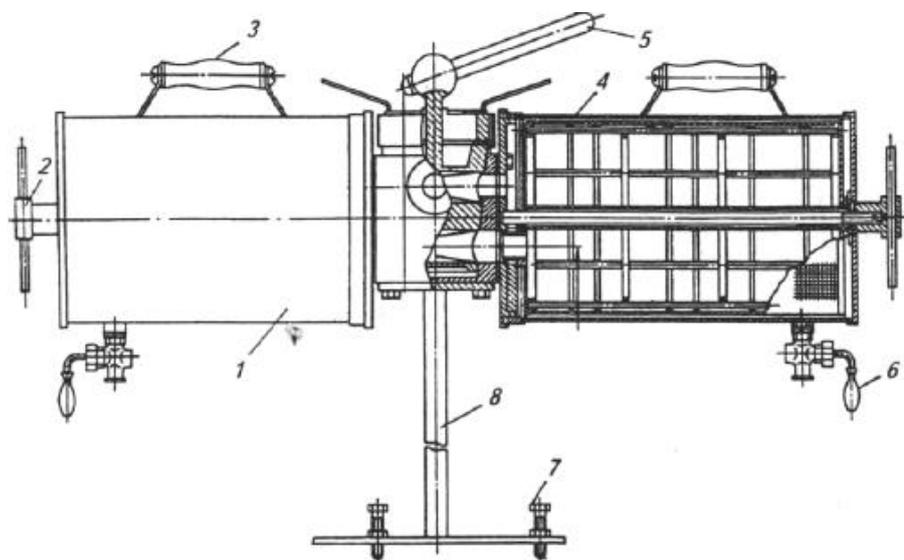


Рис. 3.2 Фильтр А1-ОШФ:

1 – цилиндр; 2 – маховик заглушки; 3 – ручка; 4 – фильтрующая сетка; 5 – пробковый кран; 6 – кран; 7 – регулировочный винт; 8 – стойка

Отфильтрованный продукт проходит через нижнее отверстие корпуса и через нижний патрубок распределительного устройства выходит в систему молокопроводов. Не прекращая подачи продукта по мере засорения фильтрующей сетки, пробковый кран переключают на другой цилиндр. Во время работы одного цилиндра другой разбирают, очищают и моют.

Техническая характеристика фильтра А1-ОШФ	
Производительность, кг/ч	500-4600
Давление, МПа	0,2-0,25
Размеры ячейки фильтровальной сетки, мм	1×1 и 2×2
Габариты, мм	1300×300×700
Масса, кг	89

3.2 Оборудование для разделения и концентрирования молока мембранными методами

К мембранным методам обработки молока относят ультрафильтрацию, обратный осмос и электродиализ.

Сущность всех мембранных методов – это разделение и концентрирование молочного сырья в процессе фильтрации через специальные мембраны под действием давления (ультрафильтрация и обратный осмос) или электрического поля (электродиализ).

Ультрафильтрацию используют для выделения белков из молока и молочной сыворотки; при обратном осмосе происходит концентрирование молочного сырья, так как через мембраны проходит только вода; электродиализу подвергают молочную сыворотку с целью ее деминерализации.

Исполнительный орган установок для фильтрации и обратного осмоса – полупроницаемая мембрана на основе ацетата целлюлозы и пористых полимерных материалов. Для ультрафильтрации применяют мембраны с размерами пор 500...100 нм. Такие мембраны задерживают молекулы с размерами большими, чем размеры пор, и пропускают мелкие молекулы. Процесс ультрафильтрации проводят под давлением 0,1...0,5 МПа. Для обратного осмоса используют полупроницаемые мембраны с размерами пор менее 50 нм, процесс ведут при давлении 1...10 МПа.

Мембранный аппарат – это устройство, состоящее из корпуса, мембраны, дренажного узла, крепежных деталей, конструктивных элементов для ввода исходного раствора и выхода концентрата и фильтрата, перемешивания и др. Для мембранного разделения применяют четыре типа аппаратов: плоскорамные, трубчатые, рулонные и с полыми волокнами. На рис. 3.3 показаны основные типы мембранных аппаратов.

Промышленные мембранные аппараты представляют собой пакеты, блоки, комплексы мембранных элементов: ячеек, секций, модулей. Мембранный аппарат обычно является частью мембранной установки периодического или непрерывного действия, в которую входят также насосы, дозирующие устройства, емкости для исходного раствора, фильтрата, концентрата и моющих растворов, соединительные трубопроводы и контрольно-измерительные приборы.

Ультрафильтрационная установка состоит из фильтрующего аппарата, насоса для подачи в аппарат продукта, насоса для проталкивания продукта через мембранные фильтры, соединительных трубопроводов и регулирующих вентилях.

Главной частью фильтрующего аппарата является полупроницаемая мем-

брана – тонкая пористая пленка, размеры пор которой менее 0,5 мкм. Пленка помещается на макропористую подложку, усиливающую ее механическую прочность. Обычно в качестве подложки применяется пористая нержавеющая листовая сталь толщиной 0,5...3 мм с порами 0,5...10 мкм.

На первой стадии в результате ультрафильтрации получают концентрат, содержащий от 3 до 15 % белка и лактозно-солевой раствор.

На второй стадии лактозно-солевой раствор пропускают через обратно-осмотическую мембрану и получают концентрированный раствор лактозы (10...20 %) и фильтрат, который представляет собой 1%-й раствор солей.

Конструкции ультрафильтрационных установок для обработки молочных и пищевых продуктов разнообразны. В наиболее совершенных, например в системе «Сартокон-2», фильтруемая жидкость проталкивается с помощью насоса через тонкие каналы между двумя фильтрами. Часть жидкости проходит через мембранные фильтры, а остальная попадает в емкость с исходным продуктом, чтобы вновь рециркулировать через систему. Непрерывный тангенциальный поток вдоль поверхности фильтра приводит к эффективной фильтрации, так как не позволяет задержанным частицам или веществам осесть на поверхности фильтров и блокировать их. Эффект очистки усиливается благодаря использованию в узком канале между фильтрами специальной сетки, вызывающей турбулентность потока.

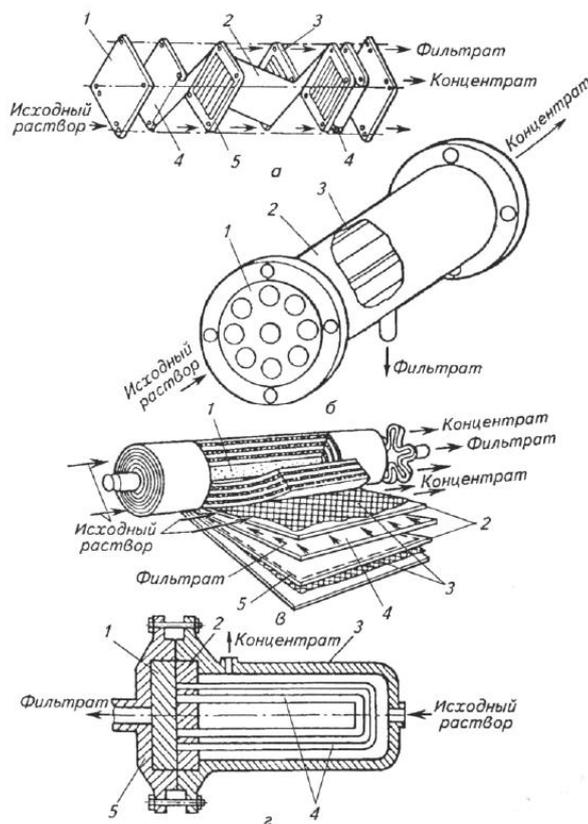


Рис. 3.3 Мембранные аппараты:

а – плоскорамный: 1 – фланец; 2 – мембрана; 3 – дренажная пластина; 4 – уплотнительная пластина; 5 – разделительная пластина; б – трубчатый: 1 –

герметизирующий материал (компаунд); 2 – корпус; 3 – трубчатая мембрана; в – рулонный; 1 – трубка для отвода фильтрата; 2 – мембрана; 3 – каналообразующий элемент (турбулизатор); 4 – подложка-дренаж; 5 – клеевое соединение; г – с полыми волокнами: 1 – подложка-дренаж; 2 – шайба с полым волокном; 3 – корпус; 4 – полое волокно; 5 – крышка

3.3 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:

$$v = (2\omega^2 Rr^2) (\rho_m - \rho_{ж}) / 9\mu, \quad (3.1)$$

где ω – угловая скорость барабана сепаратора, с⁻¹;

R – средний радиус рабочей части разделительной тарелки сепаратора, м;

r – радиус жирового шарика, м;

$\rho_m, \rho_{ж}$ – плотность соответственно молока и жира, кг/м³;

μ – динамическая вязкость молока, Па·с.

Действительную производительность сепаратора (м³/с) можно определить по формуле Г.И. Бремера с учетом технологического КПД сепаратора:

$$Q = \beta(0,116\omega^2 Ztg\alpha) (R^3_{max} - R^3_{min}) (\rho_m - \rho_{ж}) d^2 / \mu, \quad (3.2)$$

где β – технологический КПД сепаратора (0,5...0,7);

Z – число тарелок в барабане;

α – 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:

$$\beta = (M_M \mathcal{J}_M - M_0 \mathcal{J}_0) 100 / (M_M \mathcal{J}_M), \quad (3.3)$$

где M_M, M_0 – масса молока и обезжиренного молока, кг;
 $\mathcal{J}_M, \mathcal{J}_0$ – 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. Однако требования прочности 59

конструкции, надежности, безопасности, а также соображения износа, увеличения потерь на трение, конструктивные трудности ограничивают возрастание угловой скорости вращения барабана сепаратора. Все современные сепараторы работают на сверхкритической частоте вращения барабана – 100...150 с⁻¹. Изменить частоту вращения барабана сепаратора можно только на заводе-изготовителе. 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:

$$M_{cl} = M_M (\mathcal{J}_M - \mathcal{J}_0) (100 - \Pi) / [100(\mathcal{J}_{cl} - \mathcal{J}_0)], \quad (3.4)$$

где Π – потери при сепарировании, %;

J_{cl} – массовая доля жира в сливках, %.

Если требуется установить массу молока, необходимую для получения определенного количества сливок с заданной массовой долей жира, то предыдущая формула видоизменяется:

$$M_m = 100 M_{cl} (J_{cl} - J_0) / [(J_m - J_0)(100 - P)]. \quad (3.5)$$

Эффективность сепарирования зависит от содержания жира в молоке, размеров и дисперсности жировых шариков. Чем крупнее шарики, тем быстрее они выделяются. Механическое и тепловое воздействия на молоко приводят к перераспределению в нем жировых шариков. Часть шариков агрегируется, образуя комочки, а крупные шарики дробятся на множество мелких. Поэтому необходимо сохранять исходные размеры жировых шариков и избегать больших механических воздействий на молоко до сепарирования при транспортировании его насосами, перемешивании, встряхивании, охлаждении, подогреве, пастеризации и т. п. Наименьшие потери жира с обезжиренным молоком наблюдаются при сепарировании парного молока, не подвергшегося механическому или тепловому воздействию.

Скорость выделения жировых шариков обратно пропорциональна вязкости молока, зависящей от температуры. Рекомендуемая температура молока при сепарировании составляет 35...45°C 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.

Наряду с этим температурным режимом применяют и более жесткий – 60...90°C. Высокотемпературное сепарирование целесообразно для получения высокожирных сливок с массовой долей жира до 82 %, так как сепарируют сливки 30...40%-й жирности. Кроме этого сепарирование при высокой температуре упрощает технологическую схему переработки молока. Получаемые сливки и обезжиренное молоко можно использовать для дальнейшей переработки без пастеризации. Однако при высокотемпературном сепарировании усиливается дробление жировых шариков, образуется большое количество молочной слизи, резко повышается вспенивание молока, сливок и обезжиренного молока. Как следствие этого, возрастают потери жира за счет увеличения его массовой доли в обезжиренном молоке и в пахте при выработке сливочного масла методом сбивания сливок, а также потери сухих веществ при выработке белковых продуктов (творог и др.) за счет необратимой коагуляции белковых веществ, содержащихся в пене. Пена в молоке, обезжиренном молоке и сливках отрицательно сказывается на их дальнейшей тепловой обработке. Большой объем пены в продукте уменьшает его теплопроводность, что снижает эффективность работы теплового оборудования. Пена прогревается хуже, чем основная масса продукта. Разница в температуре прогрева пены и продукта может составлять до 10...15° С и привести к тому, что во вспененном пастеризованном продукте сохранится больше микроорганизмов, в том числе патоген-

ных форм. Вспененное обезжиренное молоко труднее охладить до температуры заквашивания. В связи с этим возникают дополнительные затруднения при выработке обезжиренного творога. Поэтому не рекомендуется сепарировать молоко при повышенных температурах.

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 нативные свойства молока и поддерживается температура, неблагоприятная для развития микрофлоры.

Чистота и кислотность молока существенно влияют на эффективность его обезжиривания. Сепарирование загрязненного молока с повышенной кислотностью приводит к быстрому заполнению шламом грязевого пространства барабана сепаратора, периферийной части тарелок и частично межтарелочного пространства. Нарушается движение молока между разделительными тарелками и ухудшается его обезжиривание. Длительное хранение молока приводит к нарастанию его кислотности, что также уменьшает эффективность обезжиривания. При сепарировании молока после хранения в течение суток массовая доля жира в обезжиренном молоке увеличивается на 15...20%. Во избежание 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.

3.4 Сепараторы

Классификация и основные части сепараторов. По технологическому назначению это оборудование подразделяют на две основные 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, происходят 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 контак-

тируют с воздухом окружающей среды. В полузакрытых 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.

В зависимости от технологического назначения барабаны сепараторов различаются конструктивным исполнением (рис. 3.4).

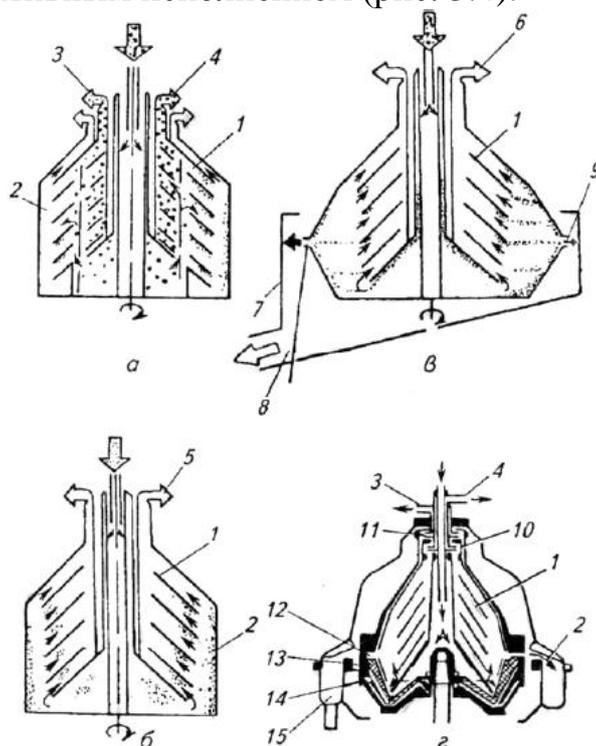


Рис. 3.4 Технологические схемы барабанов сепараторов различных типов:
а – барабан сепаратора-разделителя (сливкоотделителя); б – барабан сепаратора-осветлителя (молокоочистителя); в – барабан соплового сепаратора (творожного); г – барабан сепаратора с периодической выгрузкой осадка; 1 – тарельчатые вставки; 2 – осадок (сепараторная слизь); 3 – тяжелая фракция (обезжиренное молоко); 4 – легкая фракция (сливки); 5 – осветленная жидкость (чистое молоко); 6 – творожная сыворотка; 7 – приемник творога; 8 – творожный сгусток; 9 – сопло; 10 – напорный диск сливок; 11 – напорный диск обезжиренного молока; 12 – разгрузочные окна; 13 – подвижное днище (поршень); 14 – клапан управления движением поршня; 15 – приемник осадка

Сепаратор А1-ОЦМ-15 (рис. 3.5а) состоит из привода, барабана, приемника осадка с гидроузлом, крышки, приемно-выводного устройства. Привод предназначен для передачи вращения от электродвигателя барабану и состоит

из горизонтального и вертикального валов. На горизонтальный вал насажены бандаж, зубчатое колесо. Вращение от электродвигателя плавно передается фрикционной муфтой горизонтальному валу и через зубчатую передачу вертикальному. В барабане, состоящем из основания, поршня, тарелкодержателя с пакетом тарелок и крышки, молоко очищается от механических примесей.

Приемник осадка предназначен для накопления шлама и отвода его в канализацию, а гидроузел – для подачи управляющей воды в соответствующую полость основания барабана. Крышка сепаратора является защитным кожухом барабана. На ней устанавливается приемно-выводное устройство для подачи в сепаратор исходного и отвода очищенного молока в производственные коммуникации. Приемно-выводное устройство состоит из центральной трубы, напорного диска и отводящей магистрали. На последней установлен манометр. Пульт управления служит для автоматического регулирования центробежной выгрузки осадка. Гидросистема предназначена для управления ручной или автоматической (центробежной) выгрузкой осадка из барабана, а также для промывки приемника осадка.

Принцип работы сепаратора следующий. Исходное молоко через центральную трубку приемно-выводного устройства поступает в барабан, где в зазорах между промежуточными тарелками происходит его очистка от механических примесей. Очищенное молоко постоянно выводится из барабана напорным диском и через отводящую магистраль направляется в производственные коммуникации. Давление очищенного молока регулируется клапаном и контролируется манометром. Осадок периодически выводится из барабана. В полость барабана подают воду.

Поршень под воздействием гидростатического давления опускается, и осадок через разгрузочные щели основания вытесняется из барабана. Вода также выводится из барабана через отверстие в поршне. Под воздействием воды, находящейся в полости барабана, поршень поднимается и перекрывает разгрузочные щели, и выгрузка осадка прекращается.

Поршень под воздействием гидростатического давления опускается, и осадок через разгрузочные щели основания вытесняется из барабана. Вода также выводится из барабана через отверстие в поршне. Под воздействием воды, находящейся в полости барабана, поршень поднимается и перекрывает разгрузочные щели, и выгрузка осадка прекращается.

Гидросистему (рис. 3.5б) устанавливают на расстоянии 1,5 м от сепаратора и соединяют с ним трубопроводом внутренним диаметром не менее 15 мм. Питание гидросистемы осуществляется от водопроводной сети, давление воды не менее 0,2 МПа, температура не выше 35 °С.

На выходе установлен фильтр, улавливающий механические примеси. Манометр показывает давление в гидросистеме после редуцирующего клапана, регулирующего давление в период разгрузки барабана. При управлении механизмом разгрузки по команде с пульта управления срабатывает электромагнитный вентиль 3(1), и вода направляется в полость барабана. Через электромагнитный вентиль 3(2) вода подается на охлаждение и смачивание приемника

осадка в автоматическом режиме работы сепаратора.

В случае выхода из строя системы автоматической выгрузки осадка переходят на ручное управление: вентиль 4(1) – разгрузка, а вентиль 4(2) – смачивание приемника осадка.

В сепараторе А1-ОЦМ-15 с периодической центробежной выгрузкой осадка по сравнению с аналогами снижены удельная металлоемкость в 2 раза, удельное потребление электроэнергии в 1,5 раза, а также шумовые и вибрационные характеристики и потери молока. Центробежными разгрузчиками осадка управляет бесклапанная система, что обеспечивает надежность и удобство в эксплуатации.

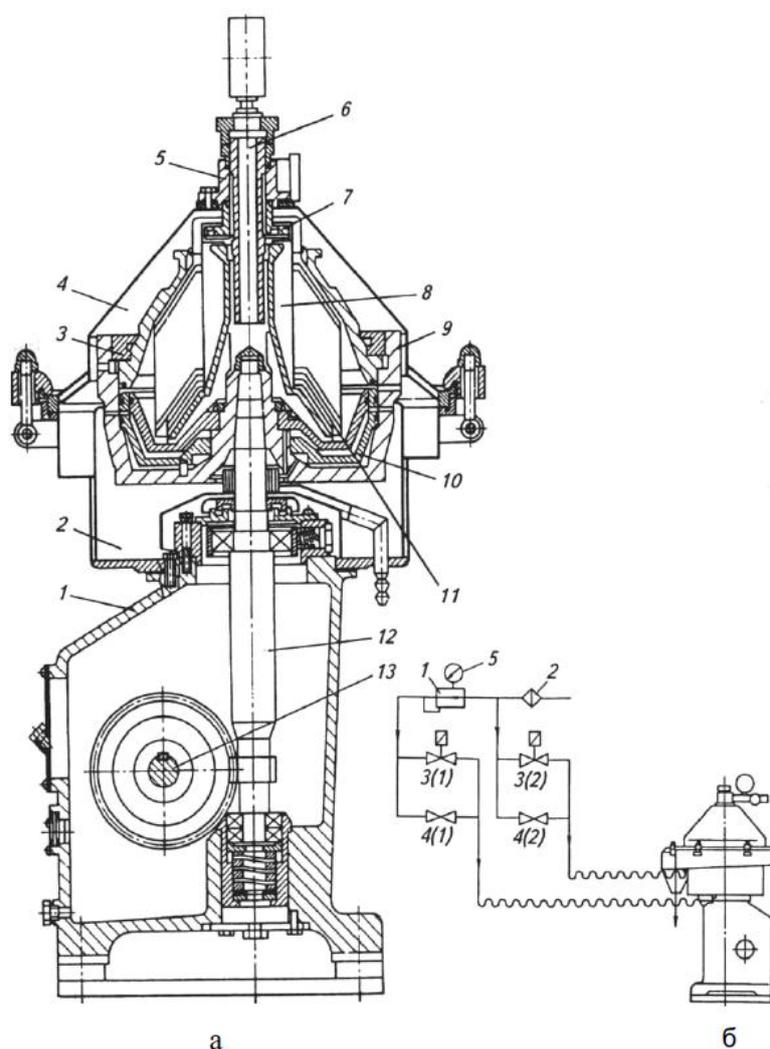


Рис. 3.5 Сепаратор А1-ОЦМ-15:

а – общий вид: 1 – станина; 2 – приемник осадка; 3 – барабан; 4 – крышка сепаратора; 5 – приемно-выводное устройство; 6 – центральная труба; 7 – напорный диск; 8 – тарелкодержатель; 9 – основание; 10 – поршень; 11 – пакет тарелок; 12 – вертикальный вал; 13 – горизонтальный вал; *б* – схема подключения гидросистемы: 1 – редукционный клапан; 2 – фильтр; 3(1), 3(2) – электромагнитные клапаны, 4(1), 4(2) – вентили; 5 – манометр

Аналогичные назначение и принцип работы имеет и сепаратор Ж5-ОМ2-Е-С. Технические характеристики сепараторов с периодической выгрузкой осадка представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Технические характеристики сепараторов-молокоочистителей с периодической выгрузкой осадка

Показатель	A1-ОЦМ-5	A1-ОЦМ-10	A1-ОЦМ-15	Ж-ОМ2-Е-С
Производительность, л/ч	5000	10000	15000	30000
Частота вращения барабана, с ⁻¹	108	108	108	74
Температура сепарирования, °С	35...40	35...40	35...40	40...60
Группа очистки молока	1	I	I	I
Число тарелок, шт.	53	53	100	66-67
Межтарелочный зазор, мм	0,7	0,7	0,7	1,5
Титруемая кислотность молока, °Т, не более	22	22	19	19
Установленная мощность, кВт	5,5	7,5	11	18,5
Габариты, мм	975×795× ×1210	1025×705× ×1210	1010×792× ×1230	1300×950× ×1580
Масса, кг	460	470	525	1450

Сепараторы А1-ОХО и ОХО-25 применяют для холодной очистки молока, поступающего из емкостей для хранения на автоматизированные линии производства стерилизованного молока с асептическим розливом (табл. 3.2).

Сепаратор А1-ОХО (рис. 3.6 а) в отличие от других сепараторов снабжен переходным фланцем и состоит из станины с приводом, барабана, приемника осадка, крышки сепаратора, приемно-выводного устройства, гидроузла. В станине монтируются все основные узлы привода: вертикальный и горизонтальный валы, тахометр с шестерней, указатель уровня масла. На вертикальном валу (веретене) закреплен барабан, на горизонтальном – винтовая шестерня, передающая вращение вертикальному валу. Для передачи вращения от электродвигателя к барабану служит упругая муфта, соединяющая вал электродвигателя с фрикционно-центробежной разгонной муфтой и горизонтальным валом.

Барабан, установленный на вертикальном валу, является основным исполнительным органом сепаратора. Состоит из основания с лабиринтом и ограничительной форсункой, подвижного поршня с прокладкой, тарелкодержателя с пакетом тарелок, крышки с напорной камерой, большого и малого затяжных колец. В основании барабана размещено клапанное устройство для слива буферной воды из-под подвижного поршня при разгрузке барабана. Приемник осадка крепится на верхнем торце станины. В нем имеются штуцера для подвода и отвода буферной воды и форсуночное устройство для слива осадка и его выгрузки из барабана через разгрузочные щели. Приемно-выводное устройство состоит из подводящей трубки и отводящей системы, которая включает в себя напорный диск, отвод с манометром, смотровые стекла, пробоотборные крани-

ки, дроссель и расходомер, устанавливаемый на месте эксплуатации сепаратора.

Схема подключения гидросистемы сепаратора представлена на рис. 1.6 б. После набора барабаном необходимой частоты вращения на линии подвода воды открывают кран, 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. Из гидросистемы через гидроузел буферная вода попадает в полость под поршнем барабана. Поршень перемещается вверх, перекрывая разгрузочные щели барабана.

Рукоятку крана ставят в положение «Подпитка», в гидросистеме устанавливается подача жидкости в небольшом количестве для компенсации возможной утечки. Затем исходный продукт (молоко) по подводящей коммуникации попадает в барабан сепаратора, где происходит его очистка.

Очищенное молоко удаляется из барабана с помощью напорного диска и направляется в отводящую коммуникацию. Осадок (0,03...1 % от объема молока) под действием центробежной силы отбрасывается к периферии барабана и скапливается в шламовом пространстве. По мере накопления осадка производится периодическая разгрузка барабана.

В сепараторе 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.

Аналогичное назначение и принцип работы имеет сепаратор ОХО-25.

Технические характеристики сепараторов для холодной очистки стерилизованного молока с асептическим розливом приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2 - Техническая характеристика сепараторов для холодной очистки стерилизованного молока с асептическим розливом

Показатель	A1-ОХО	ОХО-25
Производительность, л/ч	10000	25000
Частота вращения барабана, с ⁻¹	100	–
Число тарелок в барабане, шт.	115...125	–
Межтарелочный зазор, мм	0,5	0,5
Группа очистки молока	1	1
Установленная мощность, кВт	11	22
Габариты, мм	1110×780×1425	1500×1300×1200
Масса, кг	850	2000

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

Сепаратор Ж5-ОТР (рис. 3.7) предназначен для непрерывного разделения сквашенного молока на обезжиренный творог и сыворотку.

По конструкции этот сепаратор открытого типа с центробежной выгрузкой осадка. Сепаратор Ж5-ОТР состоит из станины с приводным механизмом, барабана, приемно-выводного устройства и тахометра. Сепаратор укомплектован цилиндрическим фильтром для удержания крупных комков сгустка.

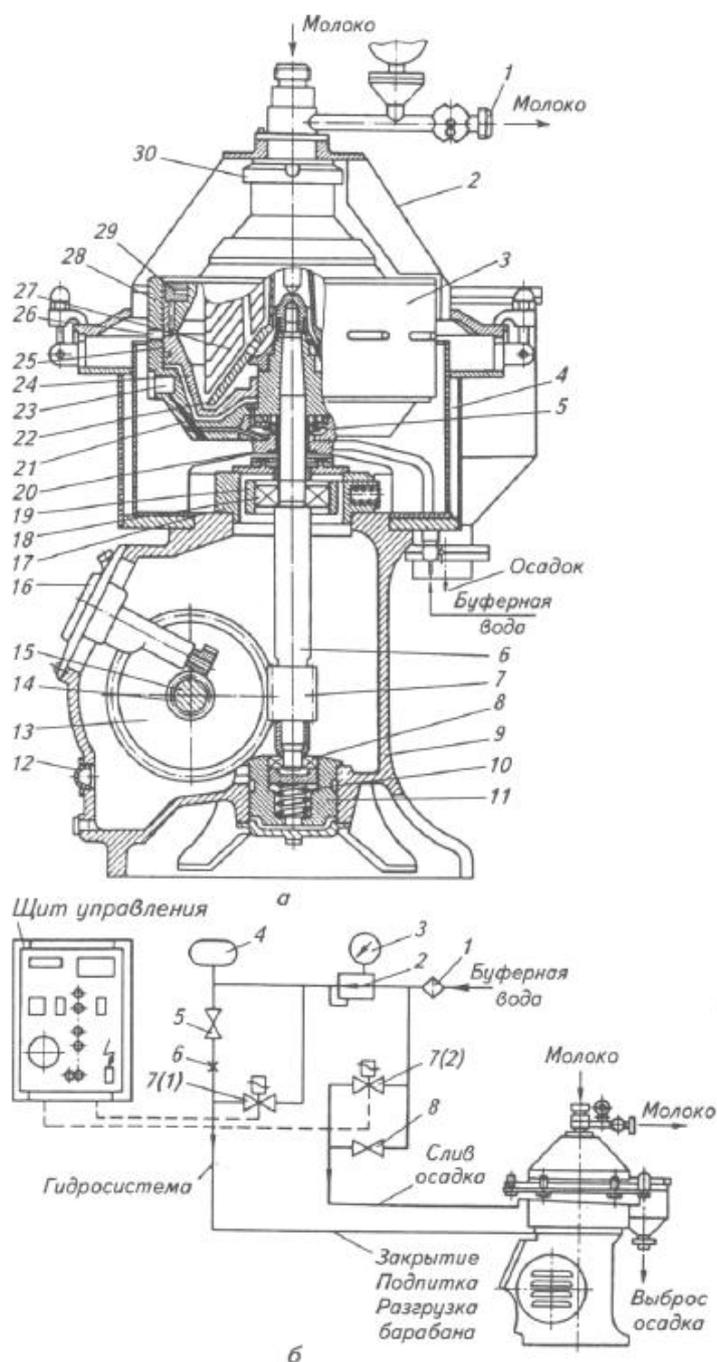


Рис. 3.6 Сепаратор для холодной очистки молока А1-ОХО:

а – общий вид: 1 – приемно-выводное устройство; 2 – крышка сепаратора; 3 – барабан; 4 – приемник осадка; 5, 20 – гидроузел; 6 – вертикальный вал; 7 – червяк; 8 – радиально-упорный подшипник; 9 – станина; 10 – пружина; 11, 17 – стаканы; 12 – указатель уровня масла; 13 – червячное колесо; 14 – шестерня; 15 – горизонтальный вал; 16 – тахометр; 18 – сферический двухрядный подшипник; 19 – горловая опора; 21 – основание; 22 – тарелкодержатель; 23 –

клапанное устройство; 24 – поршень; 25 – прокладка; 26 – разгрузочные щели; 27 – пакет тарелок; 28 – крышка барабана; 29 – большое затяжное кольцо; 30 – малое затяжное кольцо; б – схема подключения гидросистемы: 1 – фильтр; 2 – редуктор; 3 – манометр; 4 – компенсационный бачок; 5, 8 – вентили; 6 – дроссель; 7(1), 7(2) – электромагнитные вентили

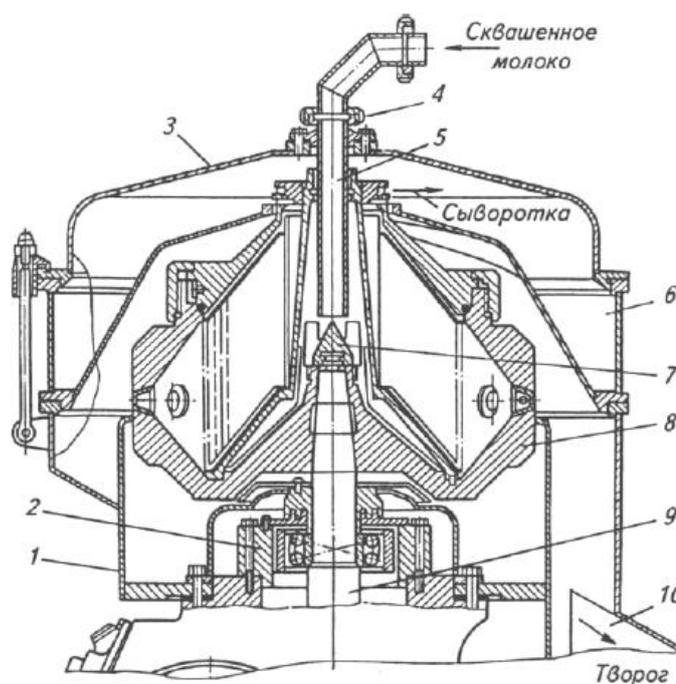


Рис. 3.7 Барабан сепаратора Ж5-ОТР для разделения сквашенного молока:
 1 – чаша станины; 2 – горловая опора; 3 – крышка; 4 – гайка; 5 – центральная трубка; 6 – приемник сыворотки; 7 – гайка вертикального вала; 8 – сепарирующее устройство; 9 – вертикальный вал; 10 – лоток для выхода творога

В станине имеется смотровое окно. Для заливки и удаления отработанного масла в крышке тахометра предусмотрены два отверстия, закрываемые пробкой. Приводной механизм состоит из электродвигателя, упругой и разгонной фрикционно-центробежной муфт, горизонтального и вертикального валов. Горизонтальный вал получает вращение от электродвигателя через упругую муфту. Вращение от горизонтального вала на вертикальный передается через фрикционно-центробежную муфту, которая обеспечивает плавную и постепенную передачу вращения барабану при его разгоне.

Вертикальный вал вращается в верхнем радиально-сферическом и нижнем радиально-упорном подшипниках. Радиально-сферический подшипник установлен в обойме горловой опоры. Эта опора выполнена упругой, что позволяет барабану сепаратора при разгоне и остановке плавно переходить критическое число оборотов и сохранять устойчивый спокойный ход при рабочей частоте вращения. Упругость горловой опоры достигается тем, что обойма с подшипниками и валом заключена между шестью радиально расположенными цилиндрическими пружинами, установленными в направляющих втулках, которые находятся в гнездах корпуса горловой опоры. Вертикальная нагрузка от

массы барабана и вала в сборе воспринимается нижним радиально-упорным подшипником, который опирается на пружину.

Барабан сепаратора Ж5-ОТР является исполнительным органом сепаратора, в котором происходит разделение сквашенного молока на творог и сыворотку. Приемно-выводное устройство состоит из приемников творога и сыворотки и подводящего устройства.

Принцип работы сепаратора состоит в следующем.

Сквашенное обезжиренное молоко подается в сепаратор насосом через цилиндрический фильтр. Он представляет собой два поочередно работающих вертикальных цилиндра с сеткой внутри, соединенные трубопроводом, на котором установлен трехходовой кран. Далее по центральной трубке молоко попадает в тарелкодержатель, откуда по внутренним каналам между ребрами тарелкодержателя поступает через отверстия в нем в вертикальные каналы. Распределяясь тонким слоем между тарелками, продукт подвергается действию центробежной силы и разделяется на две фракции: творог и сыворотку. Творог как более тяжелая фракция движется к периферии барабана, откуда непрерывно выводится через сопла барабана в приемник творога.

Более легкая фракция – молочная сыворотка – отесняется от оси вращения барабана и поднимается вверх по наружным каналам в тарелкодержателе и через фигурное отверстие в крышке барабана выводится в приемник сыворотки свободной струей.

В стенке корпуса сепаратора имеется 12 отверстий, в которых находятся держатели с соплами. Изменяя размеры и число сопел, можно регулировать массовую долю влаги в твороге. В этом сепараторе можно обрабатывать творожный сгусток из обезжиренного молока, так как при обработке сгустка из жирного молока возникают потери молочного жира, удаляемого вместе с сывороткой.

Сепаратор Ж5-ОХ2-С (рис. 3.8) предназначен для очистки сыворотки от молочного жира и белка. Он представляет собой тарельчатый разделитель, полузакрытый, с центробежной автоматической периодической выгрузкой осадка и непрерывным выводом очищенной сыворотки и жира.

Сепаратор состоит из станины с приводным механизмом, барабана, приемно-выводного устройства с манометром, тахометра, гидросистемы и электропульта, смонтированных на станине. В барабане сепаратора на тарелкодержателе установлен комбинированный пакет тарелок. В верхней части происходит разделение продукта на молочный жир и сыворотку, в нижней – сыворотка очищается от казеиновой пыли. Между верхней и нижней частями пакета установлена тарелка с широкой отбортовкой.

Сыворотка, поступающая в сепарирующее устройство по центральной трубке, направляется в нижнюю часть пакета тарелок. Поднимаясь по межтарелочным каналам, она очищается от казеиновой пыли и поступает в канал, образованный отверстиями в тарелках верхней части пакета. В этой зоне происходит отделение молочного жира. Осветленная сыворотка и молочный жир выводятся через напорные устройства в трубопроводы, а казеиновая пыль оседает на

периферии сепарирующего устройства и периодически удаляется через разгрузочные отверстия в приемник.

Аналогичное назначение имеет и сепаратор Ж5-ОТС.

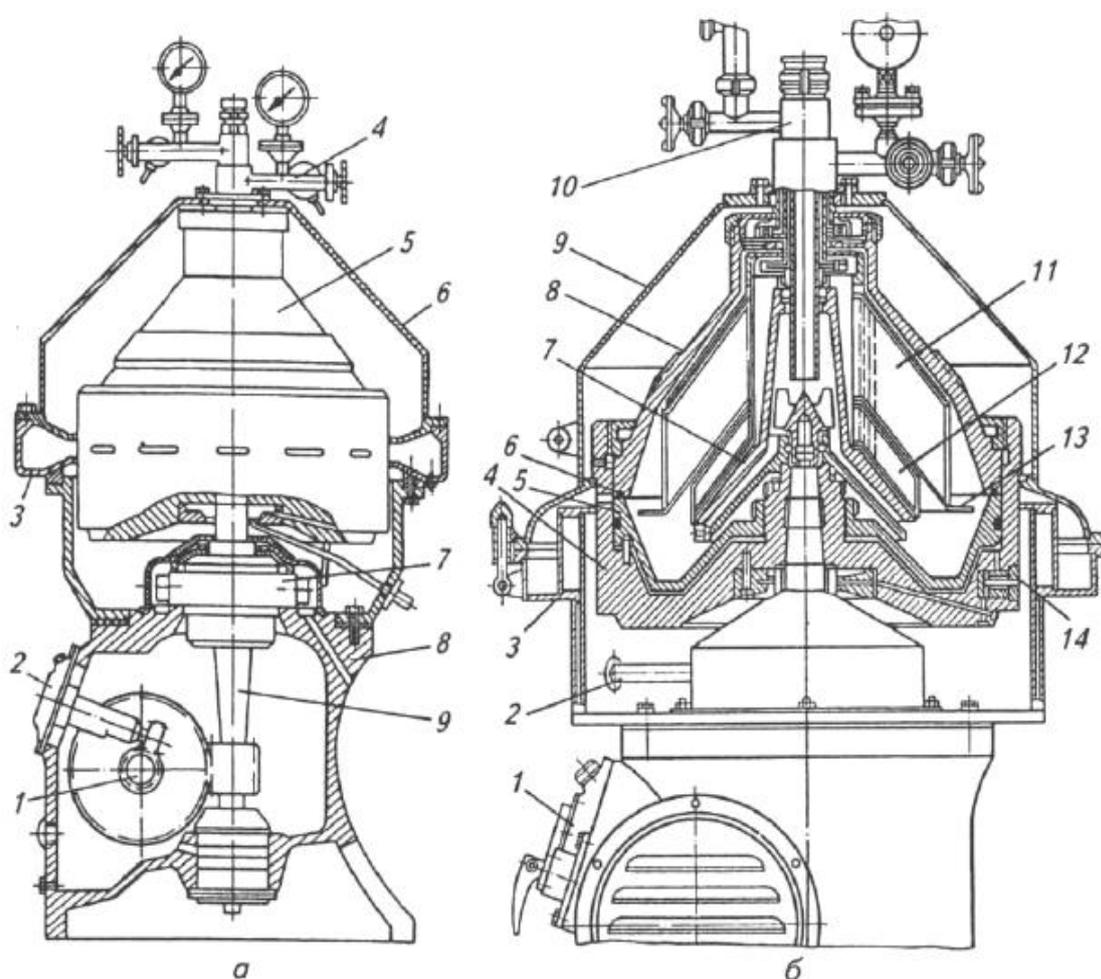


Рис. 3.8 – Сепаратор Ж5-ОХ2-С для очистки молочной сыворотки:
а – общий вид: 1 – горизонтальный вал; 2 – тахометр; 3 – приемник шлама; 4 – приемно-выводное устройство; 5 – барабан; 6 – крышка; 7 – верхняя (горловая) опора вертикального вала; 8 – станина; 9 – вертикальный вал; б – барабан сепаратора: 1 – станина с приводным механизмом; 2 – гидроузел; 3 – приемник осадка; 4 – основание сепарирующего устройства; 5 – днище; 6 – отверстие для выгрузки осадка; 7 – тарелкодержатель; 8 – крышка сепарирующего устройства; 9 – кожух; 10 – приемно-выводное устройство; 11 – тарелка разделителя; 12 – тарелка осветлителя; 13 – тарелка с широкой отбортовкой; 14 – клапан

Технические характеристики сепараторов-очистителей приведены в табл. 3.3.

Аналогичное сепаратору А1-ОЦР-5 назначение и принцип работы имеет сепаратор-сливкоотделитель ОСЦП-3. Сепаратор, выполненный в нержавеющей стали, может работать в режиме нормализации молока после комплектации специальным приспособлением для нормализации молока по жирно-

сти. Управление работой сепаратора, разгрузкой и санитарной обработкой осуществляется автоматической системой.

Таблица 3.3 – Техническая характеристика сепараторов для холодной очистки стерилизованного молока с асептическим розливом

Показатель	Сепараторы для разделения творожного сгустка		Сепараторы для отделения белка от сыворотки	
	Ж5-ОТР	Я9-ОДТ	Ж5-ОТС	Ж5-ОХ2-С
Производительность, л/ч	3000...6000	5000...6000	5000	10000
Частота вращения барабана, с ⁻¹	93	93	83	83
Температура сепарирования, °С	28...32	28...32	90...95	–
Кислотность исходного продукта, °Т	80...110	80...110	20	80
Влажность продукта, %	78...80	77...85	80	–
Установленная мощность, кВт	11	15	15	15,4
Габариты, мм	1270×930× ×1360	1120×1120× ×1470	1450×1040 × ×1580	1350×950× ×1880
Масса, кг	880	1020	1425	1380

Полузакрытые сепараторы имеют сложную конструкцию приемно-выводного устройства (рис. 3.9), которое состоит из одного (для молокоочистителей) или двух (для сливкоотделителей) напорных дисков.

Напорный диск выполнен в виде двух плоских кружков, между которыми расположено несколько спиральных каналов для жидкости. С помощью концентрично расположенных патрубков каналы дисков соединены с отводными трубками, на концах которых находятся регулировочные вентили-дрессели.

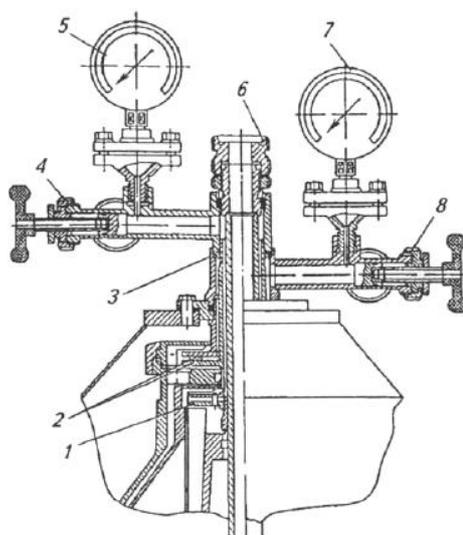


Рис. 3.9. Приемно-выводное устройство полузакрытого сепаратора-

сливкоотделителя:

1 – напорный диск сливок; 2 – напорный диск обезжиренного молока; 3 – патрубков вывода продуктов сепарирования; 4 – регулировочный вентиль сливок; 5, 7 – манометры; 6 – центральная трубка входа молока; 8 – регулировочный вентиль обезжиренного молока

По оси приемно-выводного устройства установлена центральная трубка, по которой молоко поступает в барабан. Трубка может быть соединена непосредственно с трубопроводом подачи молока или с поплавковой камерой, регулирующей подачу молока в сепаратор.

С помощью регулировочных вентиля можно изменять жирность получаемых сливок. Интенсивность потока сливок измеряется ротаметром-сливкомером, представляющим собой корпус с находящимся в нем поплавком. На поплавке установлен шток, который входит в стеклянную градуированную трубку. Чем интенсивнее движение потока сливок, тем выше поднимается поплавок. По положению головки штока относительно шкалы трубки оценивается расход сливок за единицу времени.

При работе сепаратора поступающее в барабан молоко вытесняет продукты сепарирования в напорные камеры. Вращаясь вместе с этими камерами, сливки, обезжиренное или очищенное цельное молоко захватываются спиральными каналами неподвижных дисков. При этом скоростной напор вращающейся жидкости переходит в напор статический, в результате чего в каналах дисков давление продуктов сепарирования поднимается до 250...300 кПа. С помощью этого давления сливки и обезжиренное молоко перемещаются по трубопроводам в теплообменные аппараты или емкости для хранения. Таким образом, сепаратор выполняет функции насоса.

В герметичном сепараторе молоко на сепарирование подается в барабан снизу, через полый вертикальный вал, который нижним концом выходит под станину. На конце вала закреплены диски насосного устройства, которые, вращаясь вместе с валом, играют роль напорного колеса и нагнетают молоко в барабан. Молоко попадает под тарелкодержатель, а затем по вертикальным каналам, образованным отверстиями в тарелках, распределяется по их пакету. Сливки в таком барабане собираются в центральной трубке тарелкодержателя и выводятся из барабана под давлением, создаваемым на выходе сепаратора напорным устройством. Обезжиренное молоко, пройдя между разделительной тарелкой и крышкой барабана, попадает в камеру напорного диска и выводится из сепаратора.

При производстве многих молочных продуктов в качестве сырья используют молоко определенной жирности, например с содержанием жира 3,2 или 3,5%. Такое молоко называют нормализованным, а процесс приведения молока к стандартной жирности – нормализацией. Простейший способ нормализации молока заключается в добавлении к нему в определенной пропорции обезжиренного молока или сливок и смешивании их в емкости. Более удобным является способ нормализации молока в потоке, который осуществляется с помощью

сепараторов-сливкоотделителей, оборудованных приспособлением для нормализации, которое установлено на приемно-выводном устройстве сепаратора.

На рис. 3.10 показано одно из *устройств для нормализации молока в потоке с помощью сепаратора-сливкоотделителя.*

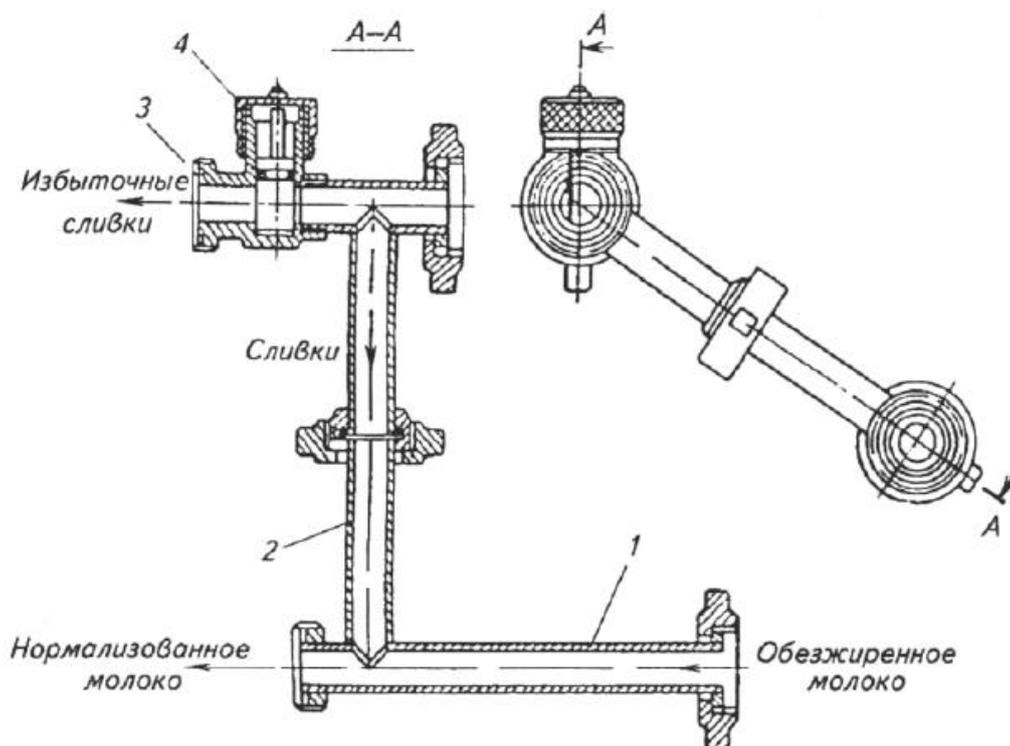


Рис. 3.10 Приспособление к сепаратору-сливкоотделителю для нормализации молока по жирности:

1 – трубопровод обезжиренного молока; 2 – соединительный патрубок; 3 – трубопровод для сливок; 4 – регулировочный дроссель

Трубопровод выхода сливок соединен патрубком с трубопроводом отвода обезжиренного молока. На выходе сливок установлен дроссель. В процессе нормализации молока часть сливок по патрубку направляется к выходу из сепаратора и, смешиваясь с обезжиренным молоком, образует нормализованную смесь. Избыток сливок выходит через трубопровод. При полностью открытом дросселе сепаратор работает как сливкоотделитель.

Ручка дросселя имеет форму колпачка, закрывающего цилиндрическую часть корпуса дросселя, на котором нанесена шкала. С помощью этой шкалы приспособление для нормализации устанавливают на заданную жирность молока по таблице. Точность нормализации молока по содержанию жира с помощью такого приспособления $\pm 0,2 \%$.

3.5 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 окисли-

тельных процессов, дестабилизацию и подсыживание 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;

- кисло-молочных 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 кисло-молочных 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.

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. 3.11 показана схема одно- и двухступенчатой гомогенизирующих головок гомогенизатора клапанного типа. При движении плунжера влево в цилиндре создается разрежение и через клапан 11 молоко засасывается в цилиндр. При обратном движении плунжера молоко проходит через открывшийся клапан 10 в нагнетательную камеру. Одновременно такое же количество молока про-

давливается 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 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, а в клапанной щели – 150...200 м/с.

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.

Для гомогенизации молока при температуре 60 °С и давлении от 3 до 20 МПа Н. В. Барановским была получена зависимость, по которой на практике можно оценить рабочее давление гомогенизации:

$$\Delta p = 14,4 / d_{cp}^2, \quad (3.6)$$

где Δp – давление гомогенизации, МПа;

d_{cp} – средний диаметр жирового шарика, мкм.

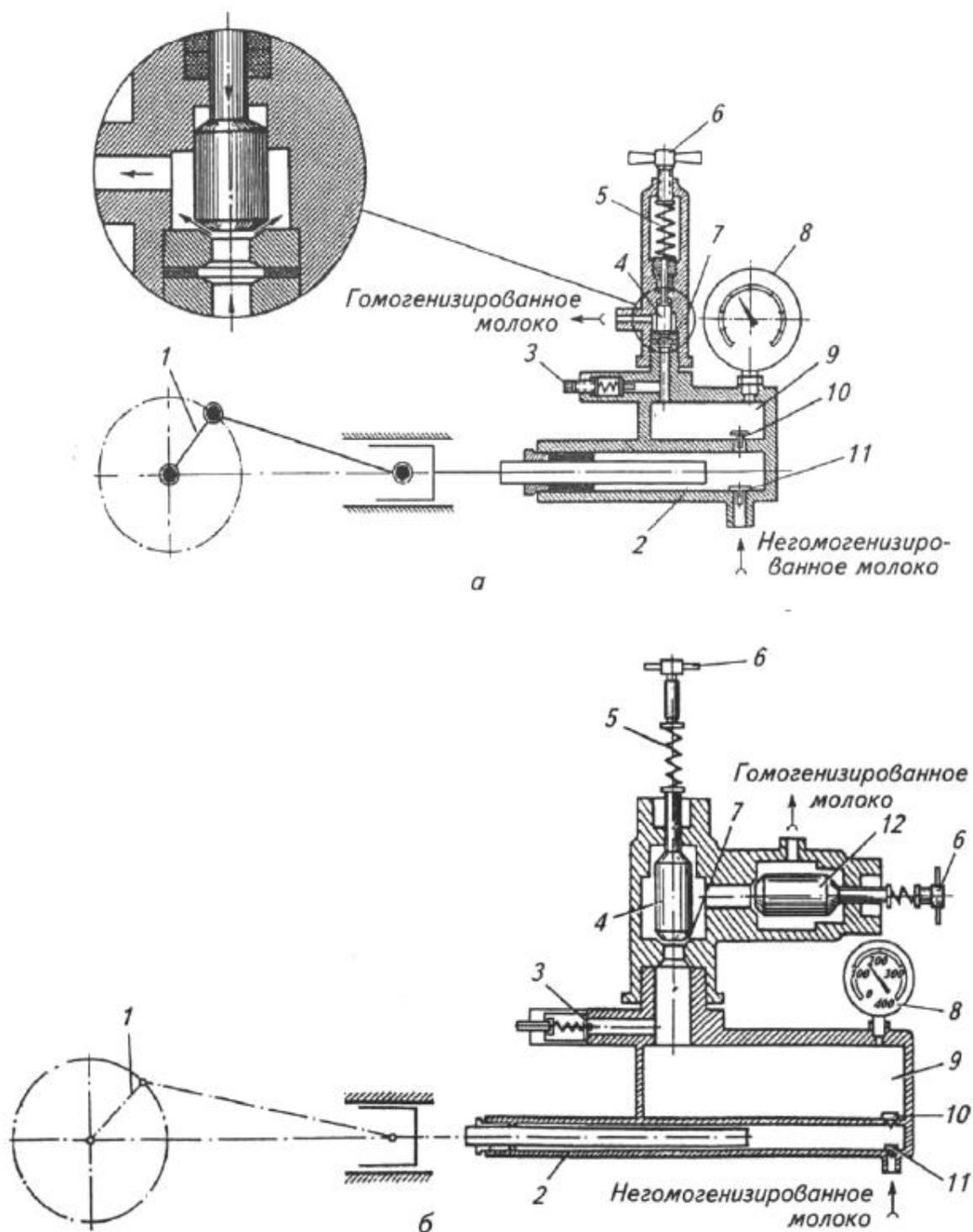


Рис. 3.11 – Схема гомогенизирующей головки:

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

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.

При повышении кислотности молока снижается эффективность гомогенизации. Это объясняется тем, что уменьшается стабильность белков и образуются белковые агломераты, затрудняющие диспергирование жировых шариков.

Состав, свойства и число компонентов оболочки жировых шариков определяют стабильность эмульсии молочного жира. Для формирования прочной оболочки жировых шариков и получения стабильной эмульсии количество компонентов (поверхностно-активных веществ) должно быть достаточным. Стабильность эмульсии молочного жира в процессе технологической переработки (до гомогенизации) нарушается при следующих операциях: механической дойке, длительной выдержке молока, перекачивании молока в емкости для хранения или из них, сепарировании, перекачивании молока из промежуточных емкостей в подогреватель, пастеризации, стерилизации, термовакуумной обработке. Учитывая существующие мощности на предприятии и дестабилизирующее влияние отдельных технологических операций, молоко необходимо гомогенизировать после технологической операции, вызывающей нарушение стабильности эмульсии молочного жира.

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 молока перед пастеризацией или стерилизацией. Выбор той или иной очередности может зависеть также от объема перерабатываемого молока и технической оснащенности предприятия.

При выработке молочных продуктов можно использовать полную или отдельную гомогенизацию: при полной – гомогенизируют весь объем перерабатываемого молока; при отдельной – молоко сепарируют, полученные сливки гомогенизируют, смешивают с обезжиренным молоком и направляют на даль-

нейшую обработку. Раздельную гомогенизацию целесообразно применять при выработке молочных продуктов (питьевого молока, кисло-молочных и др.), где требуется составление нормализованной молочной смеси

Гомогенизатор А1-ОГМ-2,5 показан на рис. 3.12. Наибольшее применение в молочной отрасли получили гомогенизаторы клапанного типа К5-ОГ2А-1,25, А1-ОГМ-2,5 и А1-ОГМ, представляющие собой многоплунжерные 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.

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.

Кривошипно-шатунный механизм описываемых гомогенизаторов состоит из коленчатого вала, установленного на двух конических роликоподшипниках; крышек подшипников; шатунов с крышками и вкладышами; ползунов, шарнирно соединенных с шатунами с помощью пальцев; стаканов; уплотнений; крышки корпуса и ведомого шкива, консольно закрепленного на конце коленчатого вала. Внутренняя полость корпуса кривошипно-шатунного механизма – масляная ванна. В задней стенке корпуса смонтированы маслоуказатель и сливная пробка. В гомогенизаторе К5-ОГ2А-1,25 смазка трущихся деталей кривошипно-шатунного механизма производится путем разбрызгивания масла вращающимся коленчатым валом. Конструкция корпуса и сравнительно небольшие нагрузки на кривошипно-шатунный механизм гомогенизатора К5-ОГ2А-1,25 позволяют охладить масло, помещенное внутри корпуса, за счет теплоотдачи с поверхности в окружающую среду. Водопроводной водой охлаждаются только плунжеры. В гомогенизаторах А1-ОГМ-2,5 и А1-ОГМ в сочетании с разбрызгиванием масла внутри корпуса применяют принудительную систему смазки наиболее нагруженных трущихся пар, что увеличивает теплоотдачу. Масло в этих гомогенизаторах охлаждается водопроводной водой, которая поступает в змеевик охлаждающего устройства, уложенного на дне корпуса, а плунжеры – водопроводной водой, падающей на них через отверстия в трубе. В системе охлаждения установлено реле протока для контроля за протеканием воды.

К корпусу кривошипно-шатунного механизма с помощью двух шпилек прикрепляется плунжерный блок, предназначенный для всасывания продукта из подающей магистрали и нагнетания его под высоким давлением в гомогенизирующую головку. Плунжерный блок включает в себя корпус, плунжеры, манжетные уплотнения, нижние, верхние и передние крышки, всасывающие и нагнетательные клапаны, седла клапанов, прокладки, втулки, пружины, фланец, штуцер, фильтр во всасывающем канале блока. На торцевой плоскости

плунжерного блока имеется гомогенизирующая головка, предназначенная для выполнения двухступенчатой гомогенизации продукта за счет его прохода под высоким давлением через щель между клапаном и седлом клапана в каждой ступени.

На верхней плоскости плунжерного блока закреплена манометрическая головка для контроля давления гомогенизации (на нагнетательном коллекторе плунжерного блока). Манометрическая головка имеет дросселирующее устройство, дающее возможность эффективно уменьшать амплитуду колебаний стрелки манометра. Манометрическая головка состоит из корпуса, иглы, уплотнения, поджимающей гайки, шайбы и манометра с мембранным разделителем. К торцевой плоскости плунжерного блока со стороны, противоположной креплению гомогенизирующей головки, расположен предохранительный клапан, который предотвращает повышение давления гомогенизации по сравнению с номинальным.

Предохранительный клапан включает в себя винт, контргайку, пятую, пружину, клапан и седло клапана. На максимальное давление гомогенизации предохранительный клапан настраивают, вращая прижимной винт, который воздействует на клапан через пружину.

Станина гомогенизатора представляет собой литую или сварную конструкцию из швеллеров, обшитых листовой сталью. На верхней плоскости станины установлен кривошипно-шатунный механизм. Внутри на двух кронштейнах шарнирно закреплена плита с размещенным на ней электродвигателем. Кроме того, плита поддерживается винтами, регулирующими натяжение клиновых ремней. Станина имеет четыре регулируемые по высоте опоры. Боковые окна станины закрываются съемными крышками.

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 притертыми 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.

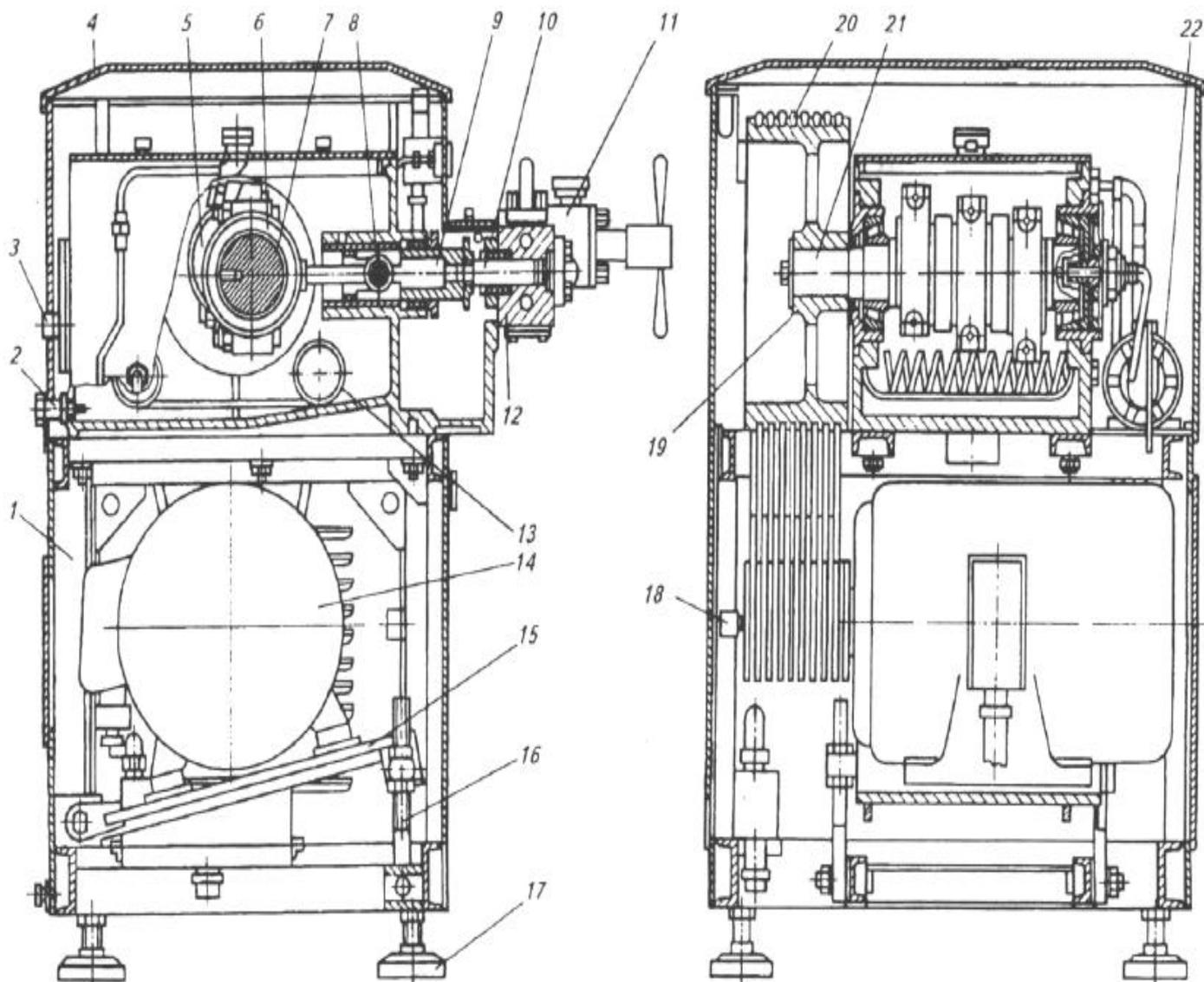


Рис. 3.12 Гомогенизатор А1-ОГМ-2,5:

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

Технические характеристики гомогенизаторов приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3 - Технические характеристики гомогенизаторов для молока и жидких молочных продуктов

Показатель	К5-ОГА-1,2	А1-ОГМ-2,5	А1-ОГМ-5
Производительность, л/ч	1,2	2,5	5
Рабочее давление, МПа	20	20	20
Температура обрабатываемого продукта, °С	45...85	45...85	45...85
Число плунжеров	3	3	3
Ход плунжеров, мм	40	40	60
Частота вращения коленчатого вала, с-1	5,65	4,33	5,65
Число ступеней Гомогенизатора	2	2	2
Мощность электродвигателя, кВт	16,7	18,5	37
Габариты, мм	965×930× ×1400	1430×1110× ×1640	1480×1110× ×1640
Масса, кг	850	1610	1710

Контрольные вопросы

1. Какова средняя продолжительность непрерывной работы фильтров различного типа?
2. В каких случаях очистка молока с помощью сепараторов-молокоочистителей неэффективна?
3. Какие факторы влияют на процесс сепарирования молока?
4. Как регулируют жирность молока в сепараторах-сливкоотделителях различного типа?
5. В каких сепараторах подача молока в барабан осуществляется снизу?
6. Как осуществляется нормализация в сепараторах-сливкоотделителях?
7. Какие факторы влияют на гомогенизацию молока?
8. При каком давлении осуществляется гомогенизация на первой и второй ступенях?
9. Для чего гомогенизаторы комплектуют трехплунжерными насосами?
10. Устройство и принцип действия сепаратора А1-ОЦМ-15.
11. Устройство и принцип действия сепаратора для холодной очистки молока А1-ОХО.
12. Устройство и принцип действия барабана сепаратора Ж5-ОТР для разделения сквашенного молока.
13. Устройство и принцип действия сепаратора Ж5-ОХ2-С для очистки молочной сыворотки.
14. Устройство и принцип действия приемно-выводного устройства полузакрытого сепаратора-сливкоотделителя.
15. Устройство и принцип действия гомогенизирующей головки и гомогенизатора А1-ОГМ-2,5.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курочкин А.А. Оборудование перерабатывающих производств [Электронный ресурс]: учебник / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 363с. (ЭБС «Знаниум»).
2. Курочкин А.А. Оборудование перерабатывающих производств: учебник / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 363с.
3. Машины и аппараты пищевых производств: в 3 кн. / под ред. В.А. Панфилова. – М.: КолосС, 2009. – Кн. 1. – 610с.
4. Машины и аппараты пищевых производств: в 3 кн. / под ред. В.А. Панфилова. – М.: КолосС, 2009. – Кн. 2. – 847с.
5. Машины и аппараты пищевых производств: в 3 кн. / под ред. В.А. Панфилова. – М.: КолосС, 2009. – Кн. 3. – 551с.
6. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых
7. производств / М.А. Березин, С.В. Истихин, В.В. Кузнецов. Саранск: ООО«Мордовия-Экспо», 2009. 64 с.
8. Продуктовый расчёт в молочной промышленности: Методические указания / Авт.-сост. Н. Г. Лаптева, Е. П. Сучкова. НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2013. – 16 с.
9. Технологическое оборудование для переработки молока [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Новосиб. гос. аграр. ун-т; – Электрон. текстовые дан. (1 файл). – Новосибирск: (б.и.), 2011. – 203 с. (Электронный каталог библиотеки Алтайского ГАУ).
10. Технологическое оборудование для переработки молока: учеб. пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т. инженер. ин-т; сост.: Г.М. Харченко.– Новосибирск, 2011. – 204 с.

Методическое издание

*Бузоверов Сергей Юрьевич,
Селиверстов Максим Владимирович,
Лобанов Владимир Иванович*

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА**

Методическое пособие

Подписано в печать 22.04.2019 г. Формат 60×84/16.
Бумага для множительных аппаратов.
Печать ризографная. Гарнитура «Times New Roman»
Усл печ. л. 3. Уч. изд. л. 2,7. Тираж 50 экз. Заказ № 4.

РИО Алтайского ГАУ
656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98
Тел. 203-299