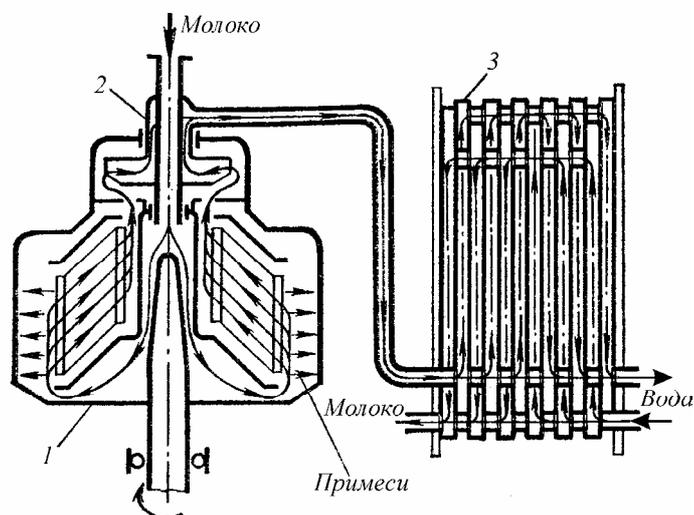


С.М. ВЕДИЩЕВ, А.В. МИЛОВАНОВ

**ТЕХНОЛОГИИ И МЕХАНИЗАЦИЯ
ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ И
ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА**



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Тамбовский государственный технический университет"

С.М. ВЕДИЩЕВ, А.В. МИЛОВАНОВ

**ТЕХНОЛОГИИ И МЕХАНИЗАЦИЯ
ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ И
ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА**

*Утверждено Ученым советом университета
в качестве учебного пособия*



Тамбов
Издательство ТГТУ
2005

УДК 664(07)
ББК Л950.1я73
В261

Р е ц е н з е н т ы:

Доктор технических наук, профессор,
Н.П. Тишанинов

Кандидат технических наук, доцент
А.В. Мищенко

В26 **Ведищев С.М.** Технологии и механизация первичной обработки и переработки молока: Учеб. пособие / С.М. Ведищев, А.В. Милованов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 152 с.

Рассмотрены технологии и оборудование для очистки, охлаждения и хранения молока, его пастеризации, сепарирования, производства сливочного масла и сыра.

Приведены расчеты: фильтров, оросительных и пластинчатых охладителей молока; сепараторов-сливкоотделителей, технологические расчеты оборудования для производства сыров, а также линий первичной обработки и переработки молока.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с учебными программами по дисциплине "Технологии и механизация животноводства" специальности "Механизация сельского хозяйства" и дисциплины "Машины и оборудование в животноводстве" специальности "Технологии обслуживания и ремонта машин в АПК", раздел "Механизация первичной обработки и переработки молока".

Предназначено для студентов 3, 4 курсов.

УДК 664(07)
ББК Л950.1я73

ISBN 5-8265-0373-4 Ведищев С.М., Милованов
© А.В., 2005
© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2005

Учебное издание

ВЕДИЩЕВ Сергей Михайлович
МИЛОВАНОВ Александр Васильевич

ТЕХНОЛОГИИ И МЕХАНИЗАЦИЯ
ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

Учебное пособие

Редактор З.Г. Чернова

Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Рыжкова

Подписано к печати 28.02.2005.

Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура Times New Roman. Объем: 8,84 усл. печ. л.; 9,05 уч.-изд. л.

Тираж 150 экз. С. 138

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении большей части истории человечества единственным источником молока служили молочные железы женщины. Затем, когда человек одомашнил других животных, для удовлетворения своих потребностей в существенных питательных веществах он стал использовать молоко других млекопитающих. Практически все молоко, потребляемое в России в натуральном виде – это коровье молоко. Питательная ценность молока иллюстрируется тем фактом, что ежедневное потребление примерно одного литра молока удовлетворяет всю суточную потребность взрослого человека в жире, кальции, фосфоре и других питательных веществах.

Качество молока в значительной степени зависит от условий его получения первичной обработки и переработки.

Переработка молочного сырья осуществляется с помощью соответствующих технологических процессов с применением соответствующего технологического оборудования.

Специалисты должны хорошо знать эти процессы и четко представлять принцип действия технологического оборудования

Цель данного учебного пособия – помочь студентам и обслуживающему персоналу при изучении конструкций и рабочего процесса машин и аппаратов по первичной обработке и переработке молока, умении эксплуатировать и обслуживать это технологическое оборудование.

1 МОЛОКО И ЕГО СВОЙСТВА. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА

Молоко – биологическая жидкость, секрет молочной железы млекопитающих животных, представляющая собой многофазную полидисперсную смесь. Состоит из дисперсной среды – плазмы, в которой растворены минеральные соли, молочный сахар, коллоидной фазы – белков и частей соли и мелкодисперсной фазы – молочного жира в виде шариков, окруженных белково-липидной оболочкой.

Химический состав молока не является строго постоянным и зависит от вида животных, породы, возраста периода лактации, условий кормления, содержания и других факторов. Всего в молоке идентифицировано приблизительно 250 химических компонентов, в том числе около 140 различных жирных кислот. Состав молока некоторых видов млекопитающих представлен в табл. 1.1.

Молоко обеспечивает человека большим количеством белков высокого качества. Белки 1 л молока приблизительно равноценны 150 г мяса или рыбы, 5 крупных яиц, 120 г сыра чеддер или 850 г белого хлеба. В молоке содержатся белки двух основных видов – казеин и лактальбумин. Казеин составляет около 82 % общего количества белков молока.

Лактоза (молочный сахар) – основной углевод молока. Молоко является единственным источником лактозы в природе. Лактоза содержит галактозу, играющую важную роль в химизме центральной нервной системы (галактозы и цереброзидазы составляют часть центральной нервной системы и мозговой ткани), являются строительным материалом для мозга, специальным питательным веществом для роста и развития центральной нервной системы потомства млекопитающих. Установлено, что студенты, которых вскармливали в младенчестве материнским молоком (грудью), имели более высокие баллы на экзаменах, чем их сверстники, выращенные искусственно.

1.1 Состав молока некоторых видов млекопитающих

Млекопитающее	Состав молока, %				
	белок	лактоза	молочный жир	зола	общее содержание сухого вещества
Женщина	1,6	7,0	3,7	0,2	12,5
	2,2	5,9	1,3	0,4	9,8
Кобыла	3,3	5,0	4,0	0,7	13,0
Корова	3,7	4,2	4,1	0,8	12,8

Коза	4,9	5,3	5,3	0,9	16,4
Свинья	7,1	3,7	8,3	1,3	20,4
Собака					

Молочный жир характеризуется высоким содержанием легких жирных кислот (масляной и капроновой), которые легко усваиваются в организме человека и млекопитающих. Растительные жиры по сравнению с животными содержат мало жирных кислот и хуже усваиваются в организме человека.

Молоко отличается высоким содержанием минеральных веществ, находящихся в оптимальном соотношении для всасывания в кровь из пищеварительного тракта. Стимулирующее влияние молока на массу и рост скелетных костей обусловлено обилием в молоке кальция и фосфора и их доступностью.

Молоко содержит все известные витамины. Витамины – это вещества, которые находятся в очень низких концентрациях в растительных и животных тканях и необходимы для нормального протекания обменных процессов в организме.

К физическим свойствам молока можно отнести кислотность и рН, плотность, вязкость, точки замерзания и кипения.

Нормальная величина рН молока при комнатной температуре составляет 6,5...6,7. Реакция молока более кислая, а рН мажистого молока обычно выше и достигает 7,3. По мере увеличения температуры рН снижается.

Применяют выражение кислотности и в градусах Тернера, (°Т), которую определяют путем титрования с едким натром. В коническую колбу, емкостью 150...200 мл отмеривают пипеткой 10 мл молока, добавляют 20 мл дистиллированной воды и три капли фенолфталеина (индикатора). Смесь тщательно перемешивают и титруют децинормальным раствором едкого натра, приливая его из бюретки до появления слабозащитного окрашивания, не исчезающего в течение одной минуты. Количество едкого натра, выраженное в миллилитрах, увеличивают на 10. Это служит показателем кислотности молока в градусах Тернера. Наибольшее значение при переработке и продаже молока вызывает развившаяся (действительная) кислотность. Этот показатель отражает деятельность бактерий, при которой лактоза разлагается до молочной кислоты. Молоко, имеющее рН около 6,5...6,7, имеет титруемую (видимую) кислотность около 14...18 °Т. Обычно человек говорит о молоке, что оно прокисло, когда титруемая кислотность выше 25 °Т.

При повышении температуры плотность молока снижается, но удельная масса остается относительно постоянной, примерно равной 1,032 кг/м³. Удельная масса – это плотность вещества, деленная на плотность воды при той же температуре. Удельная плотность используется для контроля состава концентрированных молочных продуктов (сгущенное молоко) в процессе производства, а также для исследования проб на наличие добавленной в молоко воды.

Вязкость нормального молока колеблется от 1,5 до 2,0 сантипауз при 20 °С. С увеличением температуры вязкость молока возрастает.

Большинство проб молока замерзает в пределах от –0,530 до –0,550 °С. В норме молоко кипит приблизительно при 100,5 °С и абсолютном давлении 760 мм рт. ст.

При образовании молока из организма коровы в него переходят иммунные тела и бактерицидные вещества (лизоцимы и лактенины), задерживающие развитие бактерий в свежесвыдоенном молоке. Период действия этого свойства свежесвыдоенного молока называют бактерицидной фазой. Продолжительность действия бактерицидной фазы зависит от санитарных условий получения молока и температуры охлаждения (табл. 1.2).

При обычной температуре активность этих веществ сохраняется около двух часов. При температуре 277...278 К жизнедеятельность бактерий практически прекращается, что создает условия для длительного хранения. Поэтому охлаждение молока нужно проводить сразу после его выдаивания, не ожидая окончания дойки всего стада.

Молоко высокого качества можно получить, если состояние ферм отвечает санитарно-гигиеническим требованиям, а весь персонал, связанный с получением и первичной обработкой молока, повседневно соблюдает правила личной гигиены.

Молоко – скоропортящийся продукт. Чтобы сохранить его пищевую и технологическую ценность необходимо проводить первичную обработку и переработку.

Технологические схемы первичной обработки и переработки молока подразделяются на основные и вспомогательные операции.

Основные:

- биохимическая (закваска, брожение, сквашивание, витаминизация, созревание, химическая обработка и т.д.);
- механическая (очистка, нормализация, гомогенизация, эмульсирование, смешивание, прессование сырной массы, сбивание масла и т.д.);
- тепловая (пастеризация, охлаждение, подогрев и т.д.).

1.2 Продолжительность действия бактерицидной фазы

Температура молока, К	Условия получения молока	
	хорошие	плохие
310	3,0	2,0
303	5,0	2,3
289	12,7	7,6
286	36,0	19,0

Вспомогательные: прием, взвешивание, отбор проб и качественная оценка продукции, транспортировка, мойка и стерилизация посуды, хранение и сдача продукции.

Первичная обработка молока проводится в целях сохранения молока в свежем виде в период доставки потребителям. Она состоит из фильтрования, охлаждения, хранения, учета и в случае необходимости в пастеризации, сепарирования и нормализации молока.

Требования к качеству молока отражены в ГОСТ 13264–70. "Молоко коровье. Требования при заготовках", согласно которым молоко относят к первому, второму сортам и несортному. Основные показатели, по которым определяют сортность молока – это кислотность, степень механической загрязненности, бактерицидная осемененность, представлены в табл. 1.3.

Для анализа бактерицидной осемененности молока используют раствор метиловой сини. В пробирку наливают по одному миллилитру рабочего раствора метиловой сини и 20 мл молока, закрывают пробкой и смешивают медленным трехкратным переворачиванием пробирки. После этого ее помещают в водяную баню и поддерживают температуру 38...40 °С. Результаты анализа учитывают через 20 мин, два часа и пять часов тридцать минут. Момент обесцвечивания окраски считают окончанием анализа, по которому молоко относят к одному из трех классов по табл. 1.4.

1.3 Требования ГОСТ 13264–70 к молоку

Показатели	Первый сорт	Второй сорт	Несортное
Кислотность, °Т	16...1	16...2	до 21
Степень чистоты по эталону не ниже группы	8	0	II
Бактерицидная осемененность по	I	II	III
редуктазной пробе, не ниже класса	I	II	

1.4 Количество бактерий в молоке и его класс

Продолжительность обесцвечивания молока	Количество бактерий в 1 мл молока	Класс молока	Качество молока
Свыше 5 ч 30 мин	Менее 500 тыс.	I	Хорошее
От 2 ч до 5 ч 30 мин	От 500 тыс. до 4 млн.	II	Удовлетворительное
		III	Плохое

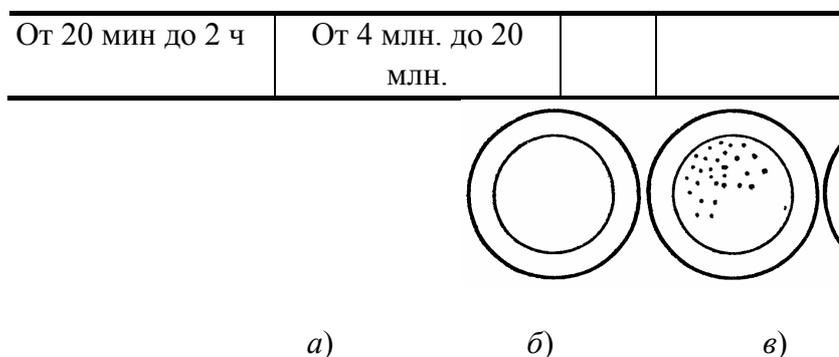


Рис. 1.1 Эталоны для определения чистоты молока:

a – I группа; *б* – II группа; *в* – III группа

Степень чистоты молока определяют по эталону. Мерной кружкой берут 250 мл хорошо перемешанного молока, подогревают до 35...40 °С и выливают в специальный прибор с фильтром. По количеству на фильтре механических примесей (рис. 1.1) молоко относят к трем группам. Температура молока при реализации не должно быть выше 10 °С.

Переработка молока предусматривает проведение ряда операций, направленных на изменение начальных свойств и качеств молока и получить питьевое молоко, сливки, творог, масло, сыр и др.

Натуральное цельное молоко требует выполнения следующих технологических операций: доение → фильтрование → охлаждение до 280 °К → прием → учет → выдача.

Питьевое молоко требует выполнения следующих технологических операций: прием молока не выше 19 °Т → сортирование → очистка → → нормализация жира, % → пастеризация → охлаждение → разлив → → упаковка → выдача.

2 ОЧИСТКА МОЛОКА

2.1 Оборудование для очистки молока

Первой операцией в технологической схеме первичной обработки молока стоит очистка его от механических примесей, для чего молоко пропускают через сетчатые, марлевые и фланелевые фильтры или используют центробежные очистители.

Очистку молока от механических примесей проводят сразу после доения, пока молоко еще теплое. При доении в ведра молоко фильтруют во время слива его во фляги. В качестве фильтрующих элементов используют ватные прокладки, марлю, лавсановую ткань, а также фильтры разового пользования. Их недостатком является сильное загрязнение. Ватные прокладки меняют через 50...60 литров отфильтрованного молока. Марля не обеспечивает полную очистку молока от мелких примесей. Лучшие результаты дает лавсановая ткань или энант, которую после использования стирают и дезинфицируют.

В молочной промышленности применяют фильтры с металлической (сита) и тканевой перегородками. Металлические перегородки изготавливают плетеными и штампованными с числом отверстий на 1 см² от 25 до 100, размером от 0,5 до 1,5 мм. Живое сечение перегородок до 50 %. Для тканевых перегородок используют холст различной плотности, а также энанта и лавсана (на 1 см² – 255 ячеек). Наиболее высокая степень очистки получается при одновременном использовании металлической сетки и фильтровальной ткани.

Цедилки (рис. 2.1) применяют для фильтрации молока, поступающего порциями. Они позволяют сгладить поток фильтруемого молока.

Конусовидная форма решеток позволяет увеличивать фильтрующую поверхность, а также способствует лучшему отделению загрязнений. Нерастворенные загрязнения скользят по стенкам решетки в желобок, откуда удаляются при промывке или замене фильтра.

Конический фильтр состоит из корпуса 3 (рис. 2.2), снабженного подводящим 8 и отводящим 7 патрубками, крышкой 2 с вентилем 1 для выпуска воздуха. Внутри корпуса установлена молокоприемная чаша 4 с фильтрующим элементом 5 (лавсан). Кран 6, установленный на отводном патрубке, предназначен для отсоединения фильтра во время его промывки и чистки. Молоко через патрубок 8 поступает в корпус фильтра, просачивается через фильтрующий элемент 5 и выходит из фильтра в кран 6 и патруб-

бок 7. Длительность безразборной работы конических фильтров в зависимости от загрязненности молока составляет три–четыре часа.

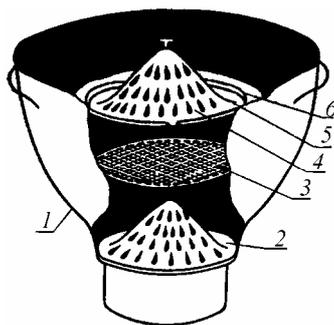


Рис. 2.1 Цедилка:

- 1 – чашеобразный корпус;
- 2 и 4 – конические решетки;
- 3 – фильтрующий элемент;
- 5 – грязевой желоб;
- 6 – распорное кольцо

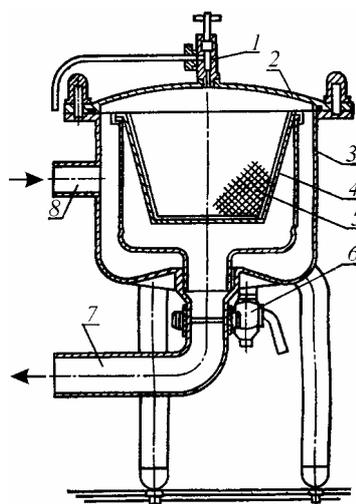


Рис. 2.2 Конический фильтр

Фильтр молочный самоочищающийся типа ФМС (рис. 2.3) предназначен для фильтрации молока в процессе ручной дойки коров в небольших фермерских хозяйствах и молокозаводах.

Самоочистка поверхности фильтрующего элемента достигается организацией пленочного течения очищаемого молока, при котором примесные частицы смываются с центральной части его к периферии за счет энергии столба жидкости фильтрующим элементом.

Мойка фильтра осуществляется горячей водой температурой 40...60 °С и горячей водой в сочетании с моюще-дезинфицирующими средствами (дезмолом, визмолом и др.).

Тонкость фильтрации – до 20 мкм, расход 10 л/мин, перепад давления на фильтрующем элементе – 196 Па, допустимая температура фильтрующего элемента – до 140 °С, диаметр фильтрующего элемента 300 мм.

Двухслойный зернистый регенерируемый фильтр (рис. 2.4) предназначен для фильтрации пищевых продуктов: молока, соков, вин, напитков и т.д. Обеспечивает эффективную очистку (первая группа чистоты), высокую пропускную способность и длительный ресурс работы до предельного забивания примесями.

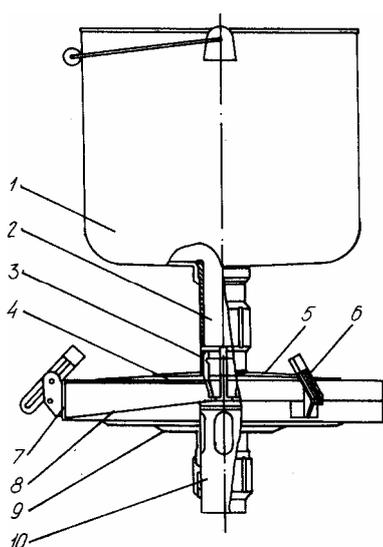


РИС. 2.3 ФИЛЬТР МОЛОЧНЫЙ САМООЧИЩАЮЩИЙСЯ ТИПА ФМС:

- 1 – воронка; 2 – трубопровод;
- 3 – преобразователь; 4 – об-

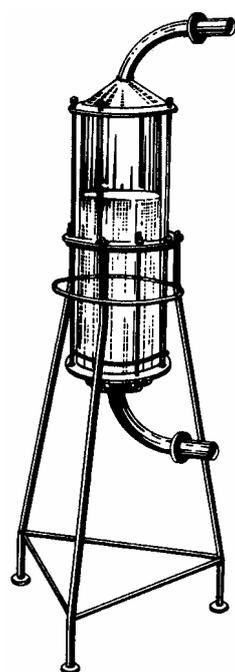


Рис. 2.4 Двухслойный

текатель;
 5 – крышка; 6 – фиксатор; 7 –
 обруч
 натягивания; 8 – фильтрую-
 щий элемент;
 9 – дно; 10 – трубопровод от-
 водящий

зернистый регенерируемый фильтр

Работа фильтра не нарушает вакуумный режим доения. регенерация зернистого наполнителя осуществляется в стандартных условиях промывки обратным током промывочной жидкости без разморозки корпуса.

Тонкость фильтрования – до 40 мкм, скорость фильтрования – до 250 л/ч, перепад давления на фильтре 0,1 МПа, пропускная способность фильтра при росте перепада давления в процессе очистки не более

0,02 МПа – 0,2...5 м³/ч, расход при регенерации 2,5...5 м³/ч, габаритные размеры: диаметр корпуса – 170...230 мм, высота 1500 мм, масса 25...40 кг.

Устройство пластинчатого закрытого фильтра показано на рис. 2.5.

Фильтр состоит из двух секций 6. Каждая секция состоит из трех камер, представляющих собой раму 5 с сеткой и фильтровальной тканью 4. Молоко через патрубок 10, по каналу поочередно, через каждые 10...30 мин, поступает в одну из камер образованному боковыми отверстиями рамок и распределяется параллельно по камерам секций 6. Пода-

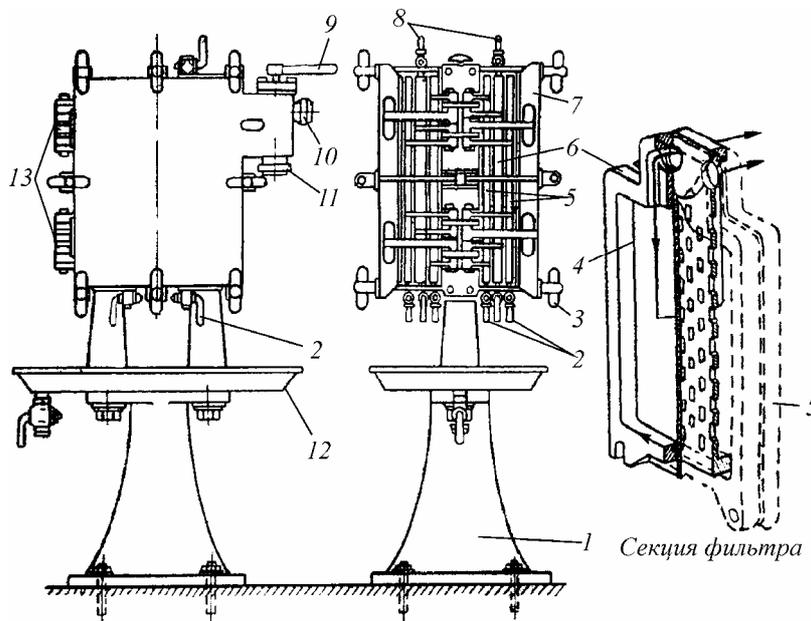


Рис. 2.5 Закрытый пластинчатый фильтр для молока:

- 1 – станина; 2 – краны для спуска молока; 3 – зажимы;
 4 – фильтровальная ткань; 5 – рамы с сеткой; 6 – камеры; 7 – крышки секций;
 8 – краны для выпуска воздуха; 9 – трехходовой кран; 10, 11 – патрубки
 для входа и выхода молока; 12 – сборник для молока; 13 – шарниры

чу молока переключают трехходовым краном 9. Когда одна секция работает, другую очищают и готовят к работе (меняют фильтровальную ткань). Температура молока при фильтровании 30...35 °С. Для выпуска скопившегося во время работы воздуха периодически открывают краны 8. Просочившееся через неплотности молоко попадает в сборник 12. Туда же поступает оставшееся в секциях молоко при разборке секций.

Дисковый закрытый фильтр (рис. 2.6) состоит из стального корпуса 3, крышки 7, клапана 8, набора фильтрующих дисков 9 с отверстиями 10, через которые проходит молоко, вставных прокладок 11, внутреннего стакана 5, обоймы 6, стоек 12 и крана 2 для спуска остатков молока. Молоко поступает в фильтр через патрубок 4, проходит через отверстия 10 в рамках, через фильтровальные прокладки 11 и выходит в трубу 1.

Цилиндрический закрытый фильтр для очистки молока показан на рис. 2.7. В цилиндрический фильтр молоко поступает под давлением 200 МПа, проходит фильтровальную ткань 6, натянутую на внутреннюю и наружные сетки 4 и 5. Через патрубок 3 молоко выходит из фильтра. Герметичность

сборки фильтра достигается установкой под крышку 8 резиновой прокладки 10. Скопившийся воздух выходит через кран 9. На патрубке 11 установлен манометр, по которому контролируют давление. Перед фильтрацией молоко нагревают до температуры 30...40 °С. Фильтровальную ткань необходимо менять через 15...30 мин.

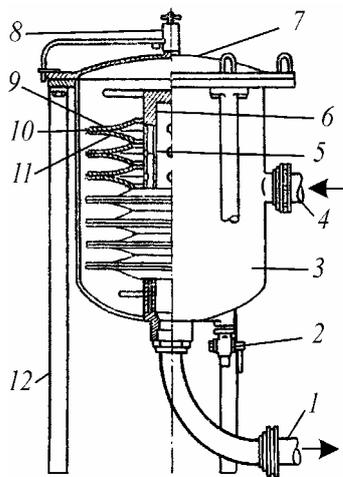


Рис. 2.6 Закрытый дисковый очиститель для молока

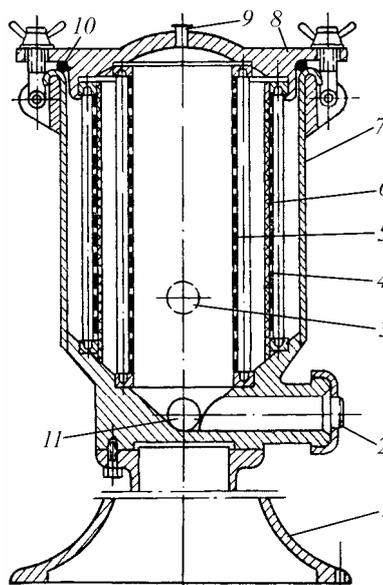


Рис. 2.7 Закрытый цилиндрический фильтр для молока

Фильтры с тканевой перегородкой имеют недостатки: кратковременность безостановочной работы; частые разборки и сборки фильтров; вероятность порыва фильтровальной ткани; прохождение молока через слой механических примесей; уменьшение производительности во время работы (с увеличением толщины осадка возрастает сопротивление и уменьшается скорость фильтрации).

Оборудование для очистки молока, как правило, входит в состав современных доильных установок с молокопроводом.

Молочно-магистральный фильтр (рис. 2.8) состоит из корпуса 1, фильтрующего элемента 2, уплотнительных колец 3, 6 и направляющей 7. Молоко проходя под напором или разрежением через фильтрующий элемент 2 очищается от загрязнений. Последний разбирается для промывки и замены фильтрующих элементов (лавсан или энант).

Для непрерывной работы доильной установки их устанавливают параллельно и подключают через трехходовой кран.

Наиболее прогрессивна центробежная очистка молока в очистителях-охладителях, главной частью которых является быстро вращающийся барабан. Под действием центробежной силы частицы грязи отбрасываются к стенкам барабана и постепенно накапливаются там. Пространство в барабане между стенками и тарелкам называется грязевым. Молокоочиститель нормально работает до тех пор, пока его грязевое пространство не заполнится так называемой сепараторной слизью. Срок непрерывной работы молокоочистителя составляет около двух-трех часов. Обычно центробежные молокоочистители комплектуются вместе с пластинчатыми охладителям. Производительность центробежных молокоочистителей увеличивается при нагреве молока до температуры 40...45 °С.

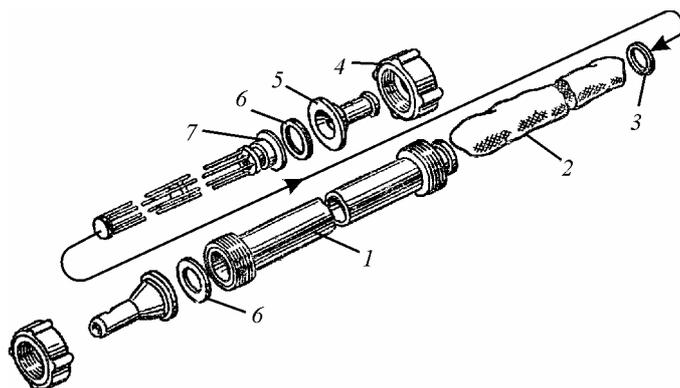


Рис. 2.8 Фильтр молочно-магистральный:

1 – корпус; 2 – фильтрующий элемент; 3, 6 – уплотнительное кольцо;
4 – гайка; 5 – переходник; 7 – направляющая

2.2 Расчет фильтров и фильтр-прессов

Производительность фильтр-прессов определяют при известной рабочей поверхности. Количество продукта $V_{ц}$, которое можно пропустить через фильтр в течение одного рабочего цикла

$$V_{ц} = qF, \quad (2.1)$$

где q – нагрузка на 1 м² фильтра в течение цикла работы, л; F – поверхность фильтра, м².

Производительность фильтра определяют по формуле

$$Q_{\phi} = \frac{3600qF}{\sum \tau}, \quad (2.2)$$

где $\sum \tau$ – длительность одного цикла работы фильтра, с;

$$\sum \tau = \tau_{\phi} + \tau_{пр} + \tau_{р}, \quad (2.3)$$

где τ_{ϕ} – длительность фильтрации, с; $\tau_{пр}$ – длительность промывки, с; $\tau_{р}$ – длительность разгрузки и подготовки фильтра, с.

Сопротивление перегородки

$$R = 0,16R_0\mu, \quad (2.4)$$

где R_0 – коэффициент сопротивления (для плотного холста $R_0 = (20...30) \cdot 10^{10}$; для холста средней плотности $R_0 = (10...20) \cdot 10^{10}$; для редкого холста $R_0 = (6...10) \cdot 10^{10}$; для сита медного густого плетения $R_0 = (7...12) \cdot 10^{10}$; для сита штампованного с живым сечением 50 % $R_0 = 5 \cdot 10^{10}$).

При фильтрации без образования осадка действительно соотношение

$$V_1 = \frac{\pi lz}{\varepsilon} \frac{8\mu l}{\Delta p} (v_0 - v_2), \quad (2.5)$$

где v_0, v_2 – соответственно скорости фильтрации в интервалы τ_0 и τ_1 .

Поверхность фильтрации рассчитывают по формуле

$$F = \frac{V_{ж}}{Q_1}, \quad (2.6)$$

где $V_{ж}$ – объем фильтруемой жидкости, м³; Q_1 – производительность фильтруемой поверхности, м³/ч.

При заданной продолжительности работы фильтровальной установки поверхность фильтрации

$$F = \frac{V_{ж}}{Q_1} \frac{T_{общ}}{\tau_p}, \quad (2.7)$$

где $T_{общ}$ – общая продолжительность цикла фильтрации, ч.

Количество камер

$$z = \frac{F}{f_0}, \quad (2.8)$$

где f_0 – фильтрующая поверхность одной камеры, м²: для рамочного фильтр-пресса $f_0 = 2(a - 2b)^2$; для камерного фильтр-пресса $f_0 = 2[(a - 2b)^2 -$

– $0,785d^2$]; a – сторона квадратной плиты или рамы по наружным размерам, м; b – ширина поверхности контакта рамы и плит, м; d – диаметр центрального отверстия в плитах, м.

Количество фильтр-прессов

$$n = \frac{z}{z_0}, \quad (2.9)$$

где z – количество камер; z_0 – количество камер в одном фильтр-прессе.

Ширина камеры характеризуется зависимостью

$$\delta \geq 2h, \quad h = VQ_1, \quad (2.10)$$

где V – объем влажного осадка на 1 м^2 фильтрата, м^3 .

3 ОХЛАЖДЕНИЕ МОЛОКА

3.1 Оборудование для охлаждения молока

Существует много способов охлаждения молока на фермах. Почти все способы основаны на том, что молоко отдает тепло охлаждающей жидкости через разделяющую их стенку, обычно до температуры $4 \text{ }^\circ\text{C}$. В жаркие летние дни молоко охлаждают до температуры $2 \text{ }^\circ\text{C}$, а в зимнее время – до $8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Различают искусственный и естественный способы охлаждения молока.

Наиболее простой способ охлаждения молока – естественный. Продукт охлаждают до температуры $4 \dots 8 \text{ }^\circ\text{C}$. Но этот способ требует большого расхода пресной воды. Для отвода тепла используют также лед, заготовленный в зимний период (фригаторные установки).

Современные охладители можно классифицировать по следующим основным признакам:

- по характеру соприкосновения с окружающим воздухом: открытые оросительные и закрытые проточные;
- по профилю рабочей поверхности: трубчатые и пластинчатые;
- по числу секций: односекционные, двухсекционные и многосекционные;
- по конструкции: однорядные и многорядные;
- по форме: плоские и круглые;
- по воздействиям, вызывающим продвижение продукта: под напором, с использованием вакуума или собственной массы продукта;
- по относительному направлению движения теплообменивающихся сред: прямоточные, противоточные и перекрестным движение сред.

Простейший способ охлаждения – флаги с молоком погружают в бассейн с холодной проточной или непроточной водой, с добавленным, в случае необходимости, льдом. Охлаждение таким способом длится с перемешиванием около двух часов, без перемешивания – три-четыре часа. Лед в ванну добавляют по мере его таяния. На каждые 100 л молока при хранении в течение 12 ч расходуется $10 \dots 12 \text{ кг}$ льда, 18 ч – $30 \dots 40 \text{ кг}$ и 24 ч – $45 \dots 60 \text{ кг}$.

Недостатками этого способа охлаждения являются – большие затраты на сооружение ванн и производственных помещений, хранение и доставка льда, процесс охлаждения занимает длительное время.

Более совершенный способ охлаждения молока или сливок – использование специальных охладителей. Одни из таких охладителей – оросительные. Конструкции оросительных охладителей разнообразны. Они бывают цилиндрическими, плоскими и пакетными. В свою очередь плоские оросительные охладители бывают с круглыми трубами или с трубами фасонного сечения. По открытой поверхности аппарата с верха стекает продукт, а хладоноситель (вода, рассол) проходит в закрытых каналах. Профили наиболее распространенных рабочих частей поверхностей оросительных охладителей показаны на рис. 3.1.

Для цилиндрического охладителя характерен профиль, показанный на рис. 3.1, а. Внутри каналов проходит хладоноситель, а продукт стекает по поверхности аппарата и охлаждается.

В отличие от цилиндрических охладителей, которые изготавливают только односекционными – одноярусными, плоские охладители бывают одно- или двухсекционными для охлаждения водой и рассолом.

Охладители могут состоять из нескольких параллельно расположенных секций, на которые продукт поступает одновременно из общего желоба. Секции их бывают трубчатыми (рис. 3.1, б) или с каналами фасонного сечения (рис. 3.1, в). Во избежание разбрызгивания и загрязнения молока пакетные охладители с обеих сторон закрывают крышками.

На рис. 3.2 показаны плоские оросительные противоточные охладители и их температурные графики (см. рис. 3.3).

Молоко проходит через сетку отверстий в дне верхнего желоба 2 и стекает тонкой пленкой по рабочей поверхности 3 охладителя, состоящей из ряда горизонтальных труб, соединенных коллектором 1 в виде змеевика, по которым противотоком движется охлаждающая жидкость. Далее охлажденное молоко стекает в нижний желоб 5, откуда через сливной патрубок поступает в молокосорную емкость.

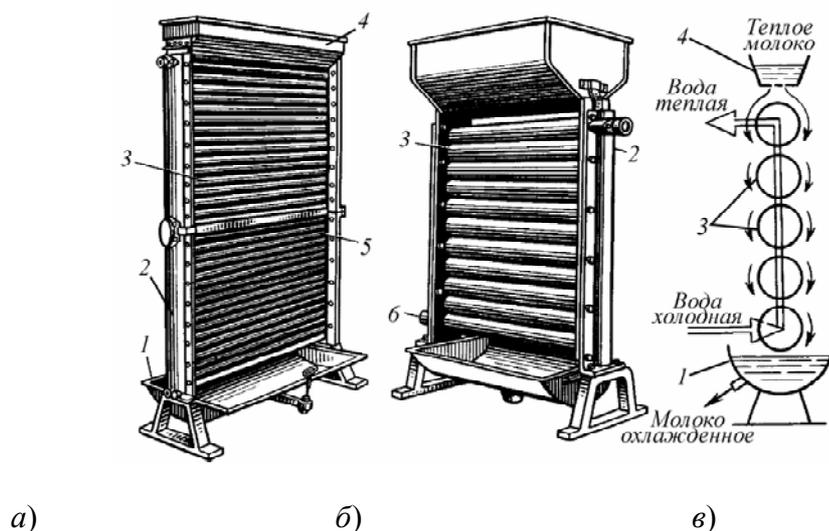


Рис. 3.2 Плоские оросительные противоточные охладители:

а – двухсекционный; б – односекционный; в – схема работы охладителя;

1 – нижний желоб; 2 – коллектор; 3 – поверхность охлаждения;

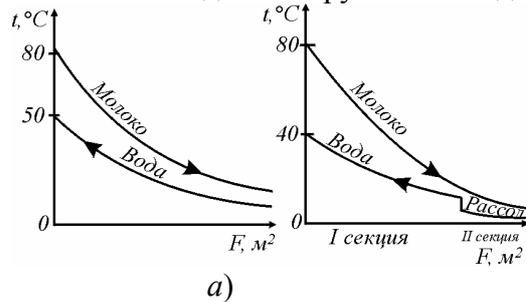
4 – верхний желоб; 5 – рабочая поверхность рассольной секции;

6 – входной патрубок охлаждающей жидкости

Рис. 3.3 Температурные графики плоских противоточных охладителей:

а – односекционный;

б – двухсекционный



б)

Цилиндрические охладители изготавливают с поверхностью охлаждения 0,5...4,5 м² и производительностью до 1000 л/ч; трубчатые – поверхностью от 2,4 до 14,5 м² и производительностью до 4000

л/ч; производительность пакетных охладителей до 15 000 л/ч. Допускаемое давление хладоносителя у цилиндрических охладителей с каналами фасонного сечения не должно превышать 150 МПа, у трубчатых охладителей 150...300 МПа.

В качестве хладоносителя у оросительных охладителей применяют артезианскую воду, аммиак или фреон.

В настоящее время в эксплуатации находится значительное количество закрытых вакуумных охладителей. Закрытый вакуумный охладитель (рис. 3.4) производительностью 400 л/ч применяются для охлаждения молока в линии молокопровода. Он состоит из корпуса 2, внутреннего гофрированного цилиндра 3, поддона и патрубков для подачи и отвода молока, воды, а также соединения с вакуумной магистралью.

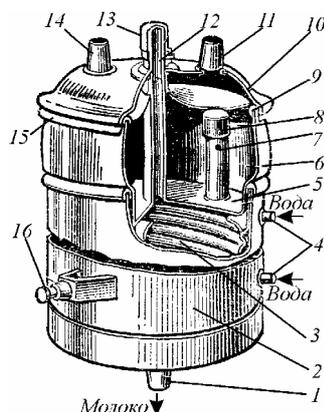


Рис. 3.4 Общий вид закрытого вакуумного оросителя:

- 1 – патрубок для отвода молока;
- 2 – корпус; 3 – цилиндр гофрированный;
- 4 – патрубок для воды; 5 – распределитель;
- 6 – приемник молока; 7 – патрубок переливной; 8, 13 – колпачек; 9 – прокладка; 10 – крышка; 11, 14 – патрубки с колпачком; 12 – патрубок вакуумный; 15 – марлевый фильтр; 16 – ось подвеса

Охладитель работает следующим образом. Молоко из двух магистральных молокопроводов 14 и 11 поступает сначала в горизонтальный фильтр 15 и далее на распределитель 5, у которого по окружности расположен ряд отверстий для подачи молока на внутреннюю гофрированную поверхность цилиндра 3. После этого молоко собирается в поддоне и отводится из охладителя через патрубок 1. Молоко поступает в охладитель за счет вакуума, образуемого во внутреннем пространстве гофрированного цилиндра путем присоединения патрубка 12 к вакуумной магистрали доильной установки. Вода подается через нижний патрубок 4 и проходит в противотоке по спиралеобразному каналу вверх между внутренним цилиндром корпуса охладителя 2 и внешней стороной гофрированного цилиндра 3 и выходит через патрубок 4. Во всех конструкциях охладителей молоко протекает по рабочей поверхности тонким слоем, что обеспечивает быструю и равномерную теплоотдачу. Отношение количества затраченного теплоносителя к количеству молока называется коэффициентом расхода воды или рассола. Он равен для водяных секций 2...3, а для рассольных – 1,5...2,5.

Для центробежной очистки и охлаждения молока на молочных фермах применяют очиститель-охладитель ОМ-1, производительностью до 1000 л/ч (рис. 3.5). Он агрегируется с доильными установками, предназначенными для доения в переносные фляги, а также с другими доильными установками, имеющими молокопровод и накопительную емкость. Охлаждающей жидкостью является вода из холодильной установки или артезианской скважины.

Состоит из центрифуги с приводом и пластинчатого охладителя, установленных на общем основании. Привод барабана осуществляется плоской клиноременной передачей и муфтой свободного хода от электродвигателя. Центрифуга служит для очистки молока от механических примесей и создания необходимого напора для подачи молока через охладитель. Охладитель представляет собой теплообменник пластинчатого типа, состоящий из 42-х однотипных пластин.

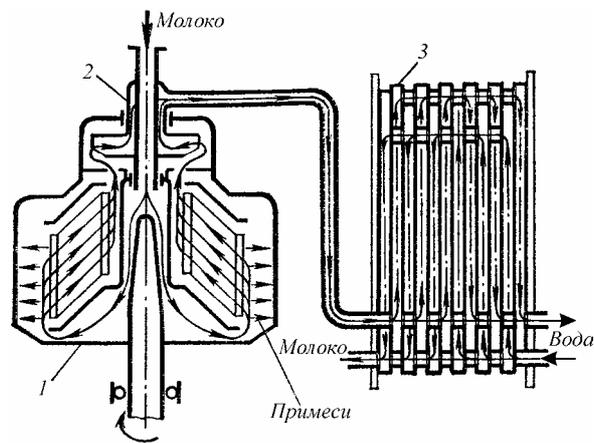


Рис. 3.5 Технологическая схема очистителя-охладителя ОМ-1

Молоко, войдя в барабан центрифуги, проходит через щели между тарелками и направляется к напорному конусу. Находящиеся в молоке примеси под действием центробежной силы отбрасываются к стенке грязевой камеры. Далее молоко под напором по коллектору направляется к охладителю молока, где распределяется по каналам между пластинами. При движении в межпластинчатых каналах молоко обтекает волнистую поверхность пластин, омываемых с обратной стороны охлаждающей водой, движущейся в противоположном направлении движению молока. После охлаждения молоко попадает в продольный коллектор, образованный отверстиями пластин, и выходит из охладителя через штуцер.

Охладитель молока ОМ-400 (рис. 3.6) предназначен для охлаждения молока непосредственно при доении коров. Состоит из задней и передней плит 3, комплекта пластин 7, между которыми расположены прокладки из пищевой резины, стяжных болтов 4, шлангов 8, патрубков 1, 5 для отвода и подвода молока, патрубков 2, 6 для подвода и отвода воды из охладителя, кронштейна 9. Пластины выполнены из штампованного алюминия, обеспечивающего хорошую теплопередачу и хорошее охлаждение молока. Охлаждение молока происходит встречным потоком холодной воды. Производительность охладителя изменяют количеством рабочих пластин 7.

Автоматизированные пластинчатые установки для охлаждения молока ООТ-М и ООУ-М применяют в центральных прифермских крупных молочно-товарных фермах и комплексах. В состав установок входят пластинчатый охладитель, насос для молока, обвязка регулирующего клапана, приборы автоматического контроля и пульт управления.

Охладитель состоит из двух секций: в первой молоко охлаждается проточной водопроводной водой до температуре 13...15 °С, а во второй – рассолом или ледяной водой до температуры 2...6 °С. Обвязка клапана служит для регулирования потока рассола или ледяной воды в соответствии с заданной температурой. Состоит из регулирующего клапана исполнительного механизма, вентиля, манометра и соединительных труб. С пульта управления осуществляется автоматическое регулирование процессом охлаждения. На пульте смонтированы электронный мост, балансовое реле, электрический звонок и сигнальная лампа.

Установка может работать как в автоматическом, так и в ручном режимах.

На выходе из охладителя установлен термометр сопротивления, связанный через электрический мост балансовое реле с исполнительным механизмом. В зависимости от температуры молока этот механизм с помощью регулирующего клапана изменяет подачу рассола или ледяной воды.

Для дезинфекции перед охлаждением молока через охладитель пропускают воду с температурой не ниже 85 °С.

3.2 Расчет оросительных охладителей

Чтобы обеспечить наилучшие условия теплопередачи, режим движения хладоносителя должен быть турбулентным ($Re > 2320$), а на поверхности охладителя поперек горизонтальных труб жидкость должна двигаться ламинарно.

При движении хладоносителя внутри каналов возникают значительные гидравлические сопротивления. Необходимый напор перед аппаратом вычисляют по формуле

$$H = H_1 + \frac{v^2}{2g} \left(1 + \lambda_{тр} \frac{l}{d} + \sum \lambda_{м.с} \right), \quad (3.1)$$

где H_1 – высота установки приемника охладителя над уровнем насоса, подающего воду или рассол в охладитель, м; v – скорость движения хладоносителя, м/с; l – суммарная длина труб охладителя, м; d – диаметр труб, м; $\lambda_{тр}$ – коэффициент сопротивления трения; $\lambda_{м.с}$ – коэффициент местных сопротивлений.

Для каналов некруглого сечения необходимо определять эквивалентный диаметр

$$d_{э\text{кв}} = \frac{4F_k}{P}, \quad (3.2)$$

где F_k – площадь поперечного сечения канала, м²; P – периметр поперечного сечения канала, м.

На поверхности охладителя поток жидкости плоский открытый. Критическое значение числа Re:

$$\text{Re}_{\text{кр}} = \frac{4r'v}{v} = 1600, \quad (3.3)$$

где v – кинематическая вязкость жидкости, м²/с; r' – гидравлический радиус, м.

Для плоских оросительных охладителей $r' = b$ (b – толщина потока), где $vb = 400v$.

Предельная нагрузка на один метр ширины в пределах ламинарного потока для вертикальной гладкой стенки $m = 400v$, (м³/с·м), или $m = 144 \cdot 10^7 v$.

Для оросительных охладителей с волнистой поверхностью предельная нагрузка на один метр ширины $m = 10^9 v$, (л/ч·м).

Толщине стекающей пленки можно определить по формуле Гольдина

$$\delta_{\text{пл}} = \frac{Km}{\sqrt{r_0}} \frac{1}{\sin \frac{\theta}{2}}, \quad (3.4)$$

где K – константа, определяемая экспериментально; r_0 – радиус трубы, м; θ – угол, отсчитываемый от вертикали, град.

С увеличением угла θ толщина стекающей пленки уменьшается. Для плоских охладителей толщина находится в пределах 0,3...0,6 мм.

Поверхность охлаждения (F) и производительность (G) определяют из соотношения

$$F = \frac{Gc(t_1 - t_2)}{k\Delta t_{\text{ср}}}, \quad (3.5)$$

где t_1 , t_2 – начальная и конечная температуры продукта соответственно, °С; k – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·°С; c – теплоемкость продукта, Дж/кг·°С; $\Delta t_{\text{ср}}$ – средняя разность температур, °С.

Коэффициент k можно определить

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.6)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от стенки к охлаждающей жидкости, Вт/м²·°С; α_2 – коэффициент теплоотдачи от ламинарного наружного потока к стенке, Вт/м²·°С.

Коэффициент α_1 определяют по формуле

$$\frac{\alpha_1 d}{\lambda} = \text{Nu} = 0,021 \text{Re}^{0,3} \text{Pr}^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{\text{ст}}} \right)^{0,25}, \quad (3.7)$$

где Nu – критерий Нуссельта; Re – критерий Рейнольдса; Pr – критерий Прандтля при средней логарифмической температуре жидкости; Pr_{ст} – критерий Прандтля при температуре пограничного слоя.

Если жидкость охлаждается вследствие кипения в трубах аммиака или фреона, то

$$\alpha_1 = Aq^m, \quad (3.8)$$

где A – коэффициент; q – количество тепла, приходящегося на 1 м^2 поверхности ($q = \alpha \Delta t$); m – коэффициент (для аммиака $m = 0,7$).

В зависимости от температуры кипения аммиака коэффициент A меняется следующим образом (табл. 3.1).

При использовании фреона в пределах температур $-30 \dots 0 \text{ }^\circ\text{C}$ α_1 выражается формулой

$$\alpha_1 = 3,4q^{0,7}. \quad (3.9)$$

α_2 можно определить по выражению Лейбензона и Марьянова для закрытого плоского потока

$$\text{Nu} = \frac{4\alpha_2 b}{\lambda} = 7,57 \quad \text{или} \quad 1,9 = \frac{\alpha_2 b}{\lambda}. \quad (3.10)$$

Кук рекомендует следующее соотношение

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_B} = \frac{\lambda_2}{\lambda_B} \sqrt[3]{\frac{\nu_B}{\nu_2}}, \quad (3.11)$$

где ν_B и ν_2 – соответственно, вязкость воды и продукта; λ_B , λ_2 – соответственно коэффициенты теплопроводности воды и продукта; α_B – коэффициент теплоотдачи воды, $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Коэффициент α_B теплоотдачи можно определить по табл. 3.2.

3.1 Зависимость изменения коэффициента A от температуры кипения аммиака

Температура, $^\circ\text{C}$	-30	-20	-10	0
Коэффициент A	3,36	3,7	4,06	4,36

3.2 Значения коэффициента теплоотдачи α_B

Оросительные охладители	Коэффициент теплопередачи при охлаждении, $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	
	молока	сливок
Цилиндрические	900...1200	500...700
Плоские:		
водяная секция	1200...1800	700...1200
рассольная секция	800...1300	600...850

Поверхность охлаждения в зависимости от вида охладителя можно определить по одной из формул:

- цилиндрический

$$F = \pi \frac{D+d}{2} S n + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) + \pi D \frac{h_1 + h_2}{2};$$

- плоский с круглыми трубами

$$F = (\pi D - 2i) n l;$$

- плоский с трубами фасонного сечения

$$F = 2S n l.$$

где S – внешняя образующая витка, м; n – число витков; D и d – максимальный и минимальный диаметры, м; $\frac{h_1 + h_2}{2}$ – средняя высота нижней цилиндрической части, м; i – ширина припайки между трубами, м;
 l – длина трубы, м.

Производительность охладителя должна соответствовать пропускной способности распределителя охлаждаемой жидкости

$$\frac{G}{\rho} = \frac{kF \Delta t_{cp}}{c(t_1 - t_2)\rho} \varphi f_0 \sqrt{2gH}, \quad (3.12)$$

где f_0 – площадь отверстия, м²; φ – коэффициент истечения; H – уровень жидкости в распределителе, м; ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Количество влаги, испаренной с поверхности оросительного охладителя, можно определить по формуле

$$K_B = FT_{ox} C_0 (p_{ж} - \varphi p_B) 760 \quad \text{или} \quad K_B = FT_{ox} \frac{a}{c_B} (d'' - d'), \quad (3.13)$$

где T_{ox} – продолжительность охлаждения, ч; $p_{ж}$ – давление паров в состоянии насыщения при температуре жидкости, мм рт. ст.; p_B – давление паров при температуре окружающего воздуха, мм рт. ст.; c_B – теплоемкость воздуха, Дж/кг·°С; φ – относительная влажность воздуха; d'' – содержание влаги на 1 кг сухого воздуха при температуре жидкости и полном его насыщении, кг; d' – содержание влаги на 1 кг сухого вещества при его действительном состоянии, кг; C_0 – опытный коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха;

$$C_0 = 0,0229 + 0,0174 v_B,$$

v_B – скорость движения воздуха, м/с.

Для оросительных охладителей $\frac{a}{c_B} = 22,5$.

Количество тепла Q , которое теряет жидкость вследствие испарения, рассчитывают по формуле

$$Q = K_B r, \quad (3.14)$$

где r – теплота парообразования при температуре испарения, Дж/кг.

Расход воды или рассола устанавливают из уравнения теплового баланса

$$Gc(t_1 - t_2) = G_B c_B (t'_2 - t'_1), \quad (3.15)$$

где G – количество продукта, кг; G_B – количество воды, кг; c – теплоемкость продукта, Дж/кг·°С; t_2 и t'_2 – конечная температура молока и воды, °С; t_1 и t'_1 – начальная температура молока и воды, °С; c_B – теплоемкость воды, Дж/кг·°С.

3.3 Оборудование для охлаждения и хранения молока

Искусственные способы заключаются в обработке его с помощью холодильных машин и установок. Для охлаждения и хранения молока на животноводческих фермах и комплексах выпускают молочные танки, которые в свою очередь подразделяются на танки-охладители и танки-термосы.

3.3 Технические характеристики резервуаров для молока с автономной системой охлаждения

Показатели	ТОВ-1	ТО-2	РПО-1,6	РПО-2,5
Вместимость, л	1000	2000	1600	2500
Потребная мощность, кВт	2,4	2,4	6,35	11,45
Температура охлажденного молока, °С	4	4	4	4
Повышение температуры молока при хранении его в течение 12 ч, °С	до 1,0	до 1,0	1,0...2,0	1,0...2,0
Габаритные размеры, мм	1620	2780	1860	2850
длина	1435	1370	1360	1360
ширина	2320	1500	1530	1530
высота	520	660	1040	1915
Масса, кг				

3.4 Технические характеристики танков-охладителей с непосредственным охлаждением молока

Показатели	СМ-1250	ТОМ-2А	РНО-1,6	РНО-2,5	МКА-2000Л-2А
Вместимость, л	1200	2000	1600	2500	2000
Потребная мощность, кВт	3,94	10,87	6,7	6,8	6,15
Температура охлаждения молока, °С	4	2...3	3,5	3,5	3...4
Повышение температуры молока при хранении его в течение 12 ч, °С	1	1...2	1	1	2...3
Габаритные размеры, мм	2860	4037	2200	3000	4200
длина	1090	1646	1400	1400	2000
ширина	1600	1754	1200	1200	1500
высота	750	1520	1010	1100	650
Масса, кг					

Танки-охладители – наиболее совершенное технологическое оборудование молочных ферм, обеспечивающее глубокое охлаждение молока и его хранение в охлажденном виде в условиях ферм, которые подразделяются на танки с автономной системой охлаждения (табл. 3.3) и непосредственным охлаждением (табл. 3.4). Танки-термосы в отличие от танков-охладителей не имеют водяных рубашек, обеспечивающих циркуляцию охлаждающей жидкости. Они имеют только термоизоляцию, обеспечивающую хранение в них охлажденного продукта.

Танк-охладитель ТОВ-1 (рис. 3.7) предназначен для сбора, охлаждения и хранения молока на фермах с поголовьем до 100 коров. Цистерна танка закрывается герметически, что позволяет направлять молоко в танк непосредственно из молокопровода.

Танк-охладитель ТОВ-1 состоит из корпуса 11 и вертикально расположенной в нем цистерны. Между внешним цилиндром танка и внешним цилиндром водяной рубашки 2 находится теплоизоляционный слой. В верхней части цистерны расположены две крышки 10, в одной из которых имеется шаровой клапан 3, препятствующий поступлению воздуха в цистерну, когда спадает вакуумный шланг. Танк-охладитель оборудован мешалкой 15, мерной линейкой 12 и термоконтakтным датчиком контроля температуры молока.

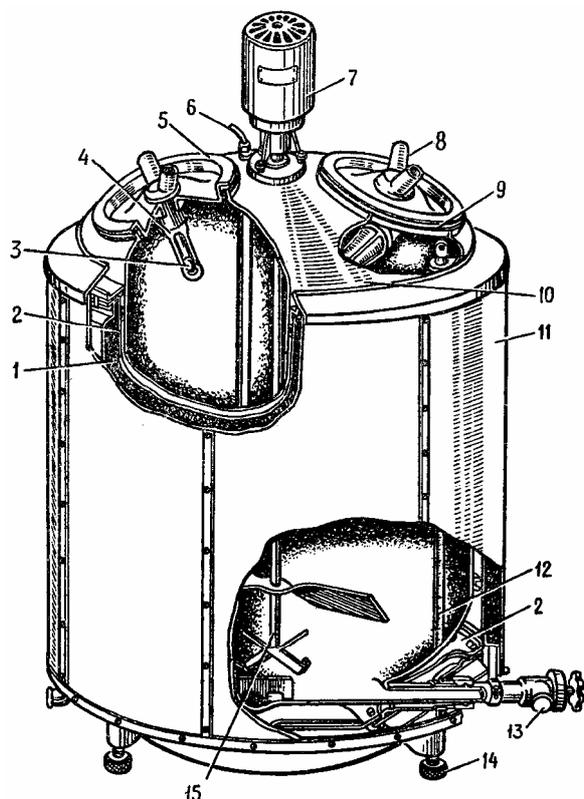


Рис. 3.7 Танк-охладитель ТОВ-1:

1 – теплоизоляционный слой; 2 – водяная рубашка; 3 – шаровой клапан;
 4 – корпус клапана; 5, 8 – крышки люка; 6 – термоконтakтный датчик;
 7 – электродвигатель мешалки; 9 – прокладка; 10 – крышка танка;
 11 – корпус; 12 – мерная линейка; 13 – кран молочный;
 14 – опора регулируемая; 15 – мешалка

Танк-охладитель ТО-2 предназначен для тех же целей, что и танк-охладитель ТОМ-2,ОА. В отличие от танка-охладителя ТОМ-2,ОА он не имеет встроенного холодильного агрегата, что позволяет устанавливать его в различные помещения фермской молочной.

Танк-охладитель ТО-2 состоит из крышки 2 (рис. 3.8) с заливной горловиной 1, корпуса с внешним кожухом 10, молочной цистерны прямоугольного сечения, мешалки с электродвигателем 4, редуктора 5 и молочного крана 11. Молочная цистерна танка омывается холодной водой или другим хладагентом, подаваемым в танк через патрубок 12.

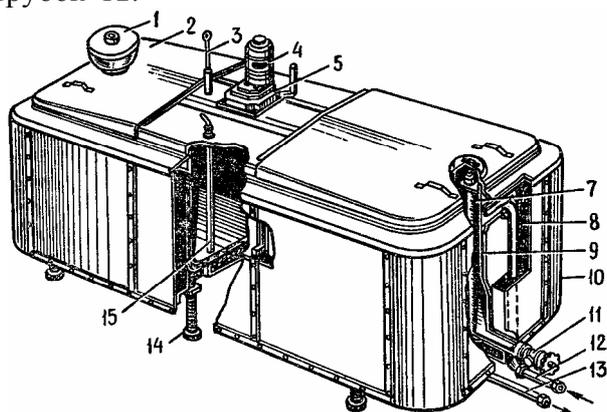


Рис. 3.8 Танк-охладитель ТО-2:

1 – горловина заливная; 2 – крышка; 3 – рычаг; 4 – электродвигатель мешалки;
 5 – редуктор мешалки; 6 – крышка мерной линейки; 7 – линейка;
 8 – теплоизоляционный слой; 9 – водяная рубашка; 10 – кожух; 11 – молочный кран; 12 – патрубок по-
 дачи охлаждающей жидкости; 13 – патрубок отвода
 охлаждающей жидкости; 14 – опора регулируемая; 15 – термодатчик

Пройдя по водяной рубашке, вода отводится из танка через патрубок 13. Танк оборудован мерной линейкой 7 и термодатчиком 15 для контроля температуры молока, находящегося в танке. Теплоизоляционный слой 8 препятствует повышению температуры внутри цистерны и обеспечивает сохранность молока с заданной температурой.

Резервуары промежуточного хранения РПО-1,6 и РПО-2,5 с промежуточным хладоносителем предназначены для сбора, охлаждения и кратковременного хранения (до 20 ч) молока в фермских условиях. В качестве источника холода используют установки типа МВТ-14, МВТ-20, позволяющие охлаждать молоко в резервуарах в течение трех часов с обеспечением конечной температуры молока 4°C при подаче охлажденной воды 6...8 м³/ч и температуре окружающего воздуха до 25 °С. РПО-1,6 отличается от РПО-2,5 только объемом молочной ванны.

Молочная ванна с двойными стенками изготовлена из листовой антикоррозионной стали. Крышки 2 и 5 (рис. 3.9) молочной ванны имеют люки для заливки молока. Сбрасыватель 1 молока устанавливают во время заполнения ванны молоком, предназначен для направления струи молока на стенку молочной ванны. Уровень жидкости в ванне контролируют по линейке 10.

Мешалка представляет собой изготовленную из антикоррозионного листа прямоугольную лопасть, соединенную полым валом с редуктором 4 и вращающейся с частотой 0,83 с⁻¹.

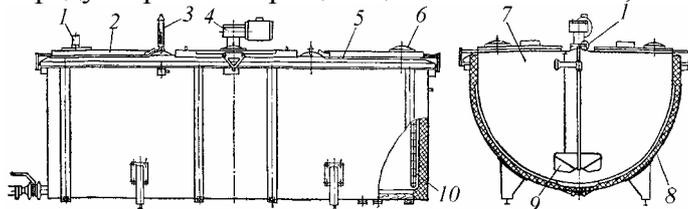


Рис. 3.9 Резервуар промежуточного хранения типа РПО:

1 – сбрасыватель; 2, 5 – крышка; 3 – термометрический прибор; 4 – редуктор;
 6 – люк; 7 – молочная ванна; 8 – термоизоляционный материал;
 9 – мешалка; 10 – линейка для замера молока

Моечное устройство предназначено для полуавтоматической промывки молочной ванны. При промывке моющая жидкость заливается в ванну, включаются насос и мешалка. После промывки жидкость сливается в канализацию.

Управление электродвигателями мешалки 9 и насоса подачи холодной воды от водоохлаждающей установки осуществляется вручную или автоматически со шкафа управления реле времени и термодатчиков, обеспечивающих перемешивание молока продолжительностью 180 с через каждые 30 мин.

Электродвигатель насоса мойки и перекачки молока включается только вручную.

Установка СМ-1250 предназначена для охлаждения и хранения молока в небольших фермах и молокоприемных пунктах. Она состоит из холодильного агрегата, водосборника 16 (рис. 3.10), молочного бака 15 мешалки и кожуха 9. Водосборник 16 служит для размещения в нем испарителя 12, молочного бака и емкости 17 для охлаждающей воды. В нижней части водосборника имеется штуцер для слива воды, закрываемый пробкой 20. Молочный бак изготовлен из алюминиевых сварных листов. Для слива молока предусмотрен кран 19. Сверху бак закрывается крышками. Мешалка 13 состоит вала и крыльчатки с приводом от электродвигателя мешалки воды через клиноременную передачу.

Работой установки СМ-1250 управляет коробка управления.

Резервуар ТОМ-2А для охлаждения молока предназначен для сбора, охлаждения и хранения молока на молочно-товарных фермах. Холодильный агрегат ФУ-12 приводится от электродвигателя через клиноременную передачу и обеспечивает охлаждение до 72 т молока в сутки при температуре окружающего воздуха до 35 °С.

Резервуар состоит из емкости и встроенного холодильного агрегата. Емкость включает в себя корпус 1 (рис. 3.11), молочную ванну 6, систему промывки 14, редуктор 8 с мешалкой, кожух 12, мерную линейку 10,

молочный фильтр 5, молочный кран 2, механическую мойку, устройство 11 для блокировки мешалки, устройство 9 для определения температуры молока.

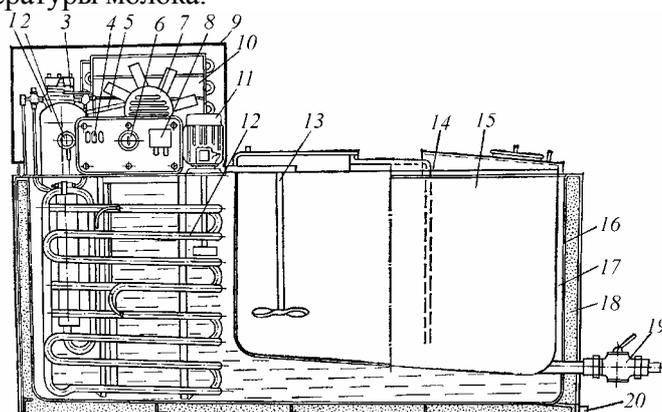


Рис. 3.10 Установка для охлаждения молока СМ-1250:

1 – ресивер; 2 – манометр; 3 – компрессор; 4 – блок-контактор с датчиком; 5 – клиноременная передача; 6 – пакетный выключатель; 7 – электродвигатель с вентилятором; 8 – термостат слоя льда; 9 – кожух агрегата; 10 – конденсатор; 11 – мешалка воды; 12 – испаритель; 13 – мешалка молока; 14 – измерительная линейка; 15 – молочный бак; 16 – водосборник; 17 – емкость для охлаждающей воды; 18 – уплотнение; 19 – сливной кран; 20 – сливная пробка для воды

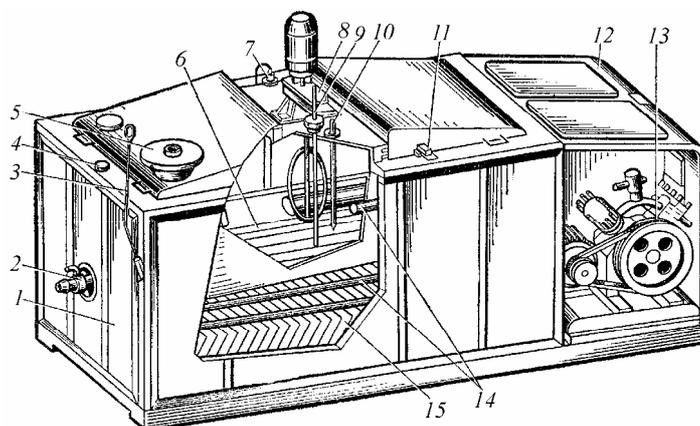


Рис. 3.11 Резервуар для охлаждения молока ТОМ-2А:

1 – корпус; 2 – молочный кран; 3 – кронштейн; 4 – фильтр; 5 – молочный фильтр; 6 – молочная ванна; 7 – датчик температуры; 8 – редуктор; 9 – устройство для определения температуры молока; 10 – мерная линейка; 11 – устройство для блокировки работы мешалки; 12 – кожух; 13 – компрессорно-конденсаторный блок; 14 – система промывки; 15 – панельный испаритель

Холодильный агрегат включает в себя испаритель 15, компрессорно-конденсаторный блок 13. Емкость и холодильный агрегат смонтированы на общей раме. В корпусе резервуара установлены молочная ванна 6 с крышками, система промывки 10 и погружной панельный испаритель 15.

ТОМ-2А работает следующим образом. Молоко поступает на охлаждение через молочный фильтр 5 в молочную ванну 6. Залитая через водяной фильтр 4 в корпус резервуара вода охлаждается за счет соприкосновения со льдом, замороженным на панелях испарителя 15 и далее водяным насосом через распределитель подается в желоба в молочной ванне 6 и омывает стенки и днище молочной ванны, охлаждая молоко и при этом нагреваясь сама вновь поступает в корпус 1 для охлаждения. работа установки предусмотрена в ручном и автоматическом режимах. В автоматическом режиме поворотом рукоятки на пульте управления устанавливаются необходимый технологический режим работы резервуара-охладителя: отключение; опробование работы; наморозку льда на панелях испарителя; охлаждение молока до необходимой температуры.

Резервуар-охладитель с непосредственным охлаждением РНО-2,5, поставляемый комплектно, включает резервуар 1 (рис. 3.12) со смонтированным на одной из его панелей шкафом управления 7, насос для откачки молока и фильтр.

Резервуар изготовлен из листовой антикоррозионной стали и состоит из внутренней и наружной ванн, мешалки 5 с мотор-редуктором 2 сливного крана 6, мерной линейки, блокировочного устройства и термометра. Пространство между ваннами заполнено теплоизоляционным материалом. Сверху резервуар закрыт крышками 3. Температура охлажденного молока поддерживается автоматически по заданной программе термометрическим прибором, подающим сигнал на отключение холодильной установки. Также автоматически обеспечивается управление процессами перемешивания молока.

Резервуар-охладитель РНО-1,6 отличается от РНО-2,5 только вместимостью ванны. Технологический процесс протекает аналогично.



Рис. 3.13 Резервуар непосредственного охлаждения молока МКА-2000Л-2А:
а – молочная ванна; б – компрессорно-конденсатный агрегат

Технологический процесс протекает следующим образом: заполнение молочной ванны молоком, охлаждение молока с перемешиванием, хранение молока, опорожнение молочной ванны, промывка. Управление технологическими процессами может осуществляться в автоматическом и ручном режимах при помощи распределительного шкафа и ящика управления.

Молочная ванна состоит из внутренней ванны 8 (рис. 3.13, а), наружной облицовки 7, крышки 6, траверсы 5 привода 4 мешалки 3. Дно молочной ванны выполнено в виде щелевого испарителя, в котором происходит кипение фреона. На одном из торцов ванны установлен ящик управления 2 с четырехпозиционным переключателем режимов работы, показывающий термометр 1 для визуального контроля температуры молока в ванне, мерной линейки и сливного крана.

Компрессорно-холодильный агрегат (рис. 3.13, б) состоит из компрессора 14, конденсатора 18 воздушного охлаждения с вентилятором 19, ресивера 9, основной рамы 15 с четырьмя амортизаторами 16, приборной доски 12 с реле высокого давления 11 и реле 10 контроля смазки. Компрессор отсасывает пары хладагента из испарителя молочной ванны, сжимает их до давления нагнетания и подает в конденсатор, где происходит конденсация паров хладагента. Жидкий хладагент подается в ресивер, а затем через фильтр-осушитель – в терморегулирующий вентиль, где дросселируется до давления кипения. Ресивер служит для накопления хладагента, уровень которого контролируется по смотровому стеклу 13.

Реле давления отключает компрессор при повышении рабочего давления в системе выше допустимого, а реле контроля смазки отключает компрессор при понижении давления масла.

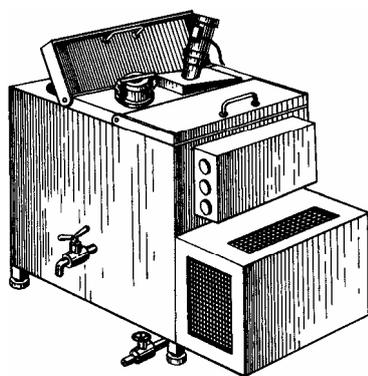


Рис. 3.14 Установка

Молочным насосом 36-3ЦЗ,5-10 молоко откачивается из молочной ванны, который может применяться также для заполнения молочной ванны.

Установка УОМФ 300 (рис. 3.14) предназначена для сбора, охлаждения и хранения молока в течение 24 ч на фермах с разовым удоом до 150 л и суточным – до 300 л. Представляет собой рамную прямоугольную конструкцию, в верхней части которой установлена закрытая крышкой молочная ванна с расположенными в ней трубами оросителя, в нижней – водоледяной аккумулятор с размещенными внутри него испарителем, насос для подачи ледяной воды из водоледяного аккумулятора и агрегат герметичный холодильный.

Заполнение ванны молоком осуществляется через фильтр, расположенный на крышке молочной ванны. Определение объема залитого молока производится при помощи мерного шупа.

Охлаждение молока до установленной температуры (4 ± 1 °С), поддержание температуры в этих пределах во время хранения, а также непрерывное перемешивание во время охлаждения и периодическое во время хранения (5 мин перемешивание, 40 мин пауза) осуществляется автоматически.

Все детали установки, контактирующие с молоком выполнены из нержавеющей стали.

Вместимость ванны 300 л, температура охлажденного молока – 4 °С, потребляемая мощность – 1 кВт, габаритные размеры 1770 × 1020 × 1475 мм, масса 295 кг.

Танки для охлаждения и хранения молока фирмы МКТ (Финляндия) предназначены для охлаждения молока на ферме. Изготавливаются нескольких типов МКТ-IP, МКТ-S и МКТ-SL.

Тип МКТ-IP работает по принципу охлаждения молока за счет оттаивания льда, образовавшегося на трубопроводах, которые смонтированы под резервуаром в пространстве, заполненном холодной водой.

Молоко в емкостях типа МКТ-S охлаждается хладагентом, который циркулирует в канале под резервуаром. Наклон днища емкостей обеспечивает быстрый слив молока. Мешалка расположена таким образом, что позволяет перемешивать его с момента поступления.

Модификация оборудования МКТ-SL позволяет присоединять холодильный агрегат с помощью гибкого шланга длиной три метра. Возможно оснащение резервуара блоком рекуперации тепла и системой безразборной мойки. Блок рекуперации тепла состоит из теплообменника, рекуператора, необходимых клапанов и автоматической системы управления. Благодаря охлаждению молока, получают теплую воду температурой 50 °С для использования на ферме. Мойка оборудования, ополаскивание, дезинфекция – безразборная, автоматическая по заданной программе.

Техническая характеристика танков для охлаждения молока фирмы МКТ представлена в табл. 3.5.

3.5 Показатели танков для охлаждения молока фирмы МКТ

Показатель	Марка	
	МКТ-IP	МКТ-S и МКТ-SL
Вместимость, л	400; 600; 900; 1200; 1500; 1800	300; 400; 600
Установленная мощность, кВт	0,4; 0,5; 0,7; 0,9; 1; 1,3	0,4; 0,6; 0,8
Габаритные размеры, мм	1620 × 1100 × 990; 2020 × 1100 × 990; 2270 × 1350 × 990; 2720 × 1350 × 990; 2890 × 1350 × 1260	1048 × 1510 × 805; 1048 × 1510 × 935; 1228 × 1690 × 935
Масса, кг	220; 268; 339; 380; 420; 530	175; 205; 235

3.6 Техническая характеристика резервуаров типа HCAN

Показатель	Марка			
	1600	1910	2260	2575
Вместимость, л	1600	1910	2260	2575
Частота вращения мешалки, с ⁻¹	23			
Габаритные размеры, мм	2180 × 125 0 × × 1390	2570 × 125 0 × × 1395	2415 × 140 0 × × 1510	2730 × 140 0 × × 1515

Техническая характеристика резервуаров типа HCAN представлена в табл. 3.6.

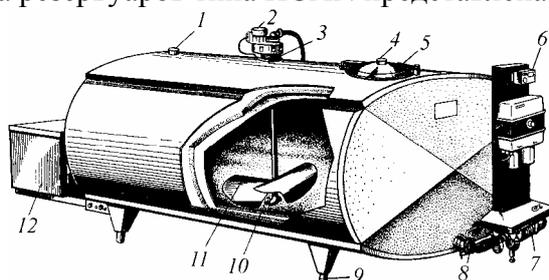


Рис. 3.15 Резервуар для молока типа HCAN фирмы "Alfa-Laval" (Швеция):

- 1, 4 – горловины для заливки молока; 2 – двигатель мешалки;
 3 – вентиляционное отверстие; 5 – крышка; 6 – блок управления;
 7 – насос для подачи моечного раствора; 8 – сливной клапан;
 9 – опоры, регулируемые по высоте; 10 – устройство для мойки резервуара;
 11 – мешалка; 12 – холодильный агрегат

Резервуар типа HCAN фирмы "Alfa-Laval" (Швеция) предназначен для охлаждения и хранения молока на фермах.

Представляет собой емкость (рис. 3.15), выполненную из нержавеющей стали. Имеет низкоскоростную мешалку, которая быстро перемешивает молоко при всех уровнях заполнения без подсбивания молочного жира. Внизу на штоке мешалки встроены сопла для мойки резервуара. Двигатель мешалки снабжен специальным герметическим соединением шланга со штоком мешалки. Герметичный сливной клапан выполнен из нержавеющей стали, разбирается без инструмента. Электронное управление включает в работу электронный термостат, реле времени, защиту для двигателей компрессора и мешалки. Пульт мойки состоит из шкафа управления и моечного агрегата в комплекте с насосом для моечного раствора и арматурой, монтируется на резервуаре или отдельно на стенде.

3.4 Холодильные машины

Для охлаждения молока на животноводческих фермах выпускают проточные водоохлаждающие холодильные машины МВТ14-1-0, МВТ20-1-0, МКТ14-2-0, МКТ20-2-0, МКТ28-2-0, водоохлаждающие установки с частичной аккумуляцией холода УВ10-01 и АВ30, холодильные машины с аккумуляцией холода МХУ-12Т, ТХУ-14 – для получения холодной и теплой воды, градирни и другое оборудование.

Проточные водоохлаждающие машины типа МВТ с воздушным охлаждением конденсатора служат для получения холодной воды с температурой 1...2 °С, предназначенной для охлаждения молока. Они могут работать в комплекте как с резервуарами-охлаждителями типа РПО, так и проточными тонкослойными пластинчатыми охладителями. Высокая надежность достигается применением бессальникового компрессора. Полная автоматизация обеспечивает оптимальный режим работы установок. Холодильные машины изготовлены в виде моноблока, что упрощает монтаж.

Машина МВТ работает по замкнутому циклу, при котором компрессор 2 (рис. 3.16), который приводится в действие встроенным электродвигателем, отсасывает пары хладагента из испарителя 6, сжи-

мает их до давления конденсации и нагнетает в конденсатор 12, где он охлаждается за счет теплообмена с воздухом, который подается двумя вентиляторами 11, обдувающим наружную поверхность трубок и ребер, и конденсируется. Жидкий хладагент стекает в ресивер 10 и поступает в фильтр-осушитель 9, освобождается от влаги и очищается от механических примесей. Далее через соленоидный клапан 8 поступает в терморегулирующий 7, дросселируется и снижает давление конденсации до давления испарения. В виде парожидкостной смеси R12 поступает в испаритель 6, кипит в трубах, отнимая тепло от воды (хладоносителя), циркулирующей в межтрубном пространстве. Из испарителя пары R12 отсасываются компрессором 2, и далее цикл повторяется.

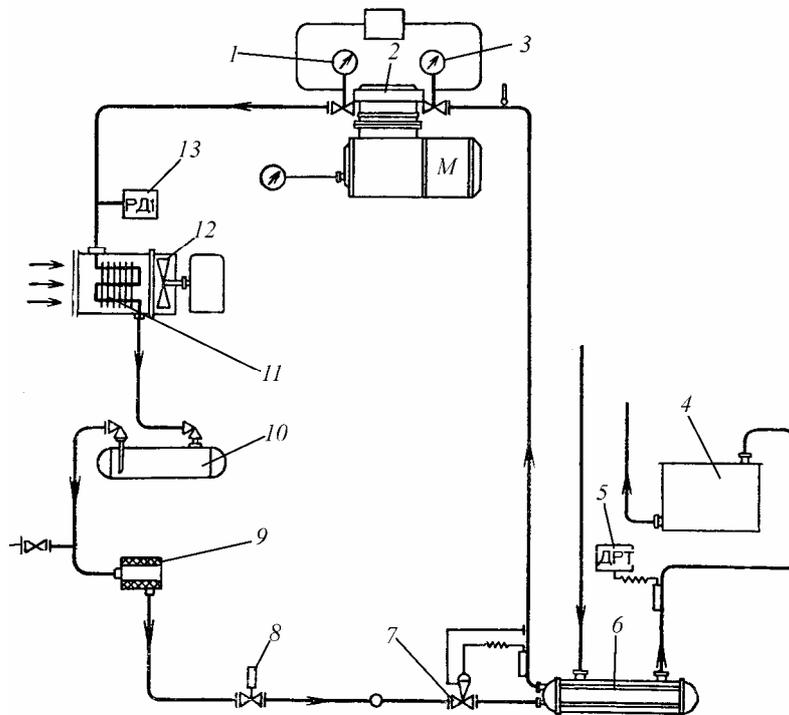


Рис. 3.16 Принципиальная схема холодильной машины МВТ

Одноступенчатый бессальниковый компрессор, Y-образного типа, приводят в работу встроенным электродвигателем, причем ротор его насажен на консоль коленчатого вала.

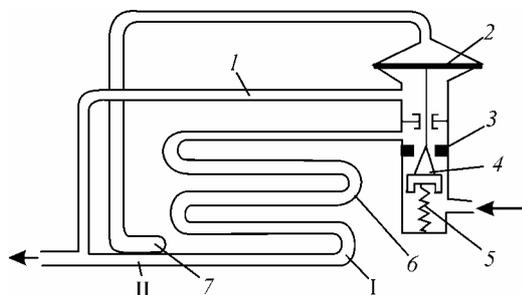
Испаритель холодильной машины, в котором охлаждают циркулирующий хладоноситель, выполнен в виде горизонтального кожухотрубного теплообменного аппарата.

Конденсатор с теплообменной поверхностью 82 м^2 состоит из батарей и двух диффузоров. В верхней части парового коллектора ввернута трубка для спуска воздуха из системы.

Фильтр-осушитель представляет собой металлический корпус с сетчатым фильтром и гильзой осушителя с силикогелем, поглощающим влагу, которая усиливает коррозию и нарушению работы приборов автоматики. В случае засорения фильтр промывают бензином, а силикогель прокалывают при температуре свыше $250 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение двух часов. Соленоидный клапан с электромагнитным приводом предотвращает перетекание жидкого хладагента в испаритель.

Терморегулирующий клапан 12ТРВ25 автоматически регулирует подачу хладона в испаритель в зависимости от перегрева выходящих паров R12. Жидкий хладон поступает к клапану (рис. 3.17), проходит через отверстие седла клапана, где дросселируется до давления кипения с резким понижением температуры и превращением части жидкости в пар и поступает в испаритель б.

Количество хладона, проходящего через терморегулирующий клапан, регулируется изменением живого сечения между клапаном 4 и седлом 3. Термобаллон 7 устанавливается на трубопроводе за испарителем и изолируется от окружающей среды. В этом случае его температура соответствует температуре перегретых паров хладона на выходе из испарителя. Уравнительная линия 1 подключается к трубопроводу, выходящему из испарителя и предназначена для исключения влияния гидравлического сопротивления испарителя на работу клапана. Поэтому на мембрану 2 клапана сверху действует усилие давления кипения паров наполнителя термосистемы, а сни-



зу усилие давления кипения паров холодильного агента на выходе из испарителя. Разность этих усилий уравновешивается усилием пружины 5, приложенным снизу.

Различают перегрев открытия клапана и изменение перегрева. Перегрев начала открытия клапана – это такое значение перегрева, при котором отверстие седла вентиля еще закрыто, но усилия, приложенные к мембране уравновешены и седло не испытывает контактного нажатия клапана. Изменение перегрева – это разность между действительным значением перегрева паров холодильного агента на выходе из испарителя и перегревом начала открытия.

Изменение перегрева, при котором достигается ход клапана, обеспечивающий номинальную производительность вентиля. Прикрывая или открывая ТРВ, настраивают его так, чтобы температура кипения хладона была на 5...15 °С ниже температуры хладоносителя на выходе из испарителя и перегрев его паров составлял 5...10 °С (в смотровом стекле не должно просматриваться пузырьков паров).

Для контроля, управления и регулирования давления в системе холодильная машина укомплектована двойными датчиками реле давления, отключающие компрессор при аварийном повышении или понижении давления. Термореле поддерживает заданное значение температуры воды.

Холодильные машины МВТ-14 и МВТ-20 одинаковы по конструкции и отличаются друг от друга компрессором и техническими параметрами, приведенными в табл. 3.7.

3.7 Техническая характеристика проточных водоохлаждающих машин типа МВТ

Показатель	МВТ14-1-0	МВТ20-1-0
Марка компрессора	2ФУБС9	2ФУБС12
Хладопроизводительность	14	20,6
в рабочем режиме, кВт	"Хладон-12"	"Хладон-12"
Хладагент	(R12)	(R12)
Смазочное масло	ХФ12-16	ХФ12-16
Количество хладагента, заправляемого в систему, кг	25 6,5	25 11,2
Установленная мощность, кВт	6,0	7,0
Подача воды насосом, м ³ /ч	10 000 1870 × 600 × 81	10 000 1870 × 600 × 81
Производительность вентиляторов конденсатора, м ³ /ч	0 645	0 765
Габаритные размеры, мм		
Масса, кг		

Рис. 3.18 Схема работы холодильной машины МВТ20-2-0:



1 – компрессор; 2, 4, 12 – мановакуумметры; 3 – датчики реле давления;
 5 – конденсатор; 6 – фильтр-осушитель; 7 – мембранный вентиль;
 8 – смотровое стекло; 9 – термо-регулирующий вентиль;
 10 – испаритель; 11 – датчик реле температуры

Холодильные машины типа МКТ предназначены для охлаждения промежуточного хладоносителя в системах кондиционирования воздуха, а также в системах охлаждения молока на фермах. В отличие от холодильных машин типа МВТ эти машины работают на хладоне R22, имеют водяное охлаждение конденсатора, для чего используют проточную или оборотную воду с температурой не выше 26 °С.

Холодильные машины типа МКТ выполнены в едином блоке и состоят из бессальникового компрессора 1 (рис. 3.18), кожухообразного испарителя 10 и конденсатора 5, системы трубопроводов и арматуры, приборов автоматики, фильтра-осушителя 6, щитков управления, контроля и защиты. Работу установки наблюдают через смотровое стекло 8.

Принцип работы заключается в следующем. Сжатые компрессором 1 пары хладагента нагнетаются в водяной конденсатор 5. Здесь они охлаждаются и конденсируются, отдавая тепло конденсации воде, циркулирующей по трубам конденсатора. Сконденсированный жидкий хладагент поступает в фильтр-осушитель, где очищается от влаги и механических примесей. Жидкий хладагент через вентиль 7 с электромагнитным приводом поступает в терморегулирующий вентиль 9, где дросселируется до соответствующего давления кипения, и в виде парожидкостной смеси попадает в испаритель 10. В трубках испарителя хладагент кипит с поглощением теплоты и охлаждает хладоноситель (воду), поступающий в межтрубное пространство испарителя. Из него пары хладагента отсасываются компрессором. Далее цикл повторяется.

Настройку терморегулирующего вентиля, приборов автоматики и защиты проводят аналогично настройке приборов установок типа МВТ.

Установка УВ10-01 предназначена для охлаждения до температуры 0,5...2 °С воды, используемой в качестве промежуточного хладоносителя и охлаждения молока на фермах КРС. В комплекте с молочно-охлаждающим оборудованием установка УВ-10 обеспечивает:

- с резервуарами-охладителями РПО-1,6, ТО-2 и ТОВ-1 охлаждение молока до температуры 4 °С;
- с резервуарами-охладителями РПО-2,5 охлаждение 1250 кг молока до температуры 7 °С за 3 ч;
- с проточным охладителем с последующим доохлаждением молока в резервуаре-охладителе при расходе до 300 кг/ч – охлаждение до 4...5 °С.

Установка состоит из компрессора 6 (рис. 3.19), воздушного конденсатора 2, рамы-ресивера 1, оросительного змеевикового испарителя 10, расположенного в баке-емкости хладоносителя, регенеративного кожуха 16 (змеевикового теплообменника) со встроенным в него фильтром-осушителем 17 центробежного насоса хладоносителя 14, шкафа управления, фильтров очистки хладагента, приборов автоматического регулирования и защиты.

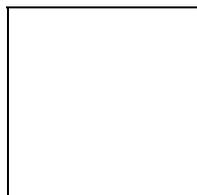


Рис. 3.19 Пневмогидравлическая схема водоохлаждающей установки УВ-10:



- 1 – ресивер; 2 – конденсатор; 3 – вентилятор; 4 – мановакууметр; 5 – датчик давления; 6 – компрессор; 7 – фильтр очистки парообразного хладагента;
 8 – коллекторная труба; 9 – фильтр очистки воды; 10 – испаритель;
 11, 13 – заглушка; 12 – датчик температуры; 14 – насос хладоносителя;
 15 – терморегулирующий вентиль; 16 – теплообменник;
 17 – фильтр очистки жидкого хладагента

Установка работает по замкнутому циклу. Компрессор 6 отсасывает пары хладагента из испарителя через фильтр 7, в котором пары очищаются от механических примесей. Далее компрессор сжимает их и нагнетает в конденсатор 2, где хладагент охлаждается и конденсируется за счет теплообмена с воздухом.

Жидкий хладагент подается в ресивер 1, проходит теплообменный фильтросушильный аппарат, где освобождается от влаги, а в теплообменнике 16 охлаждается вследствие регенеративного теплообмена с парами хладагента, идущего из испарителя. Охлажденный хладагент поступает к терморегулирующему вентилю 15, дросселируется и в виде парожидкостной смеси поступает в испаритель 10, где кипит, отбирая теплоту от хладоносителя, орошающего испаритель. Образовавшиеся пары хладагента отсасываются компрессором, и холодильный цикл повторяется.

Циркуляция хладоносителя (воды) осуществляется при помощи насоса 14 через фильтр 9, установленный на входе в ороситель испарителя. Компрессор 6 защищается от повышения давления сверх нормы датчиком-реле давления 5. Регулировка температуры хладоносителя на выходе из бака производится датчиком-реле температуры 12.

Водоохлаждающая установка АВ-30-01 предназначена для работы на молочных фермах с годовым производством молока более 1200 т, для охлаждения воды, используемой в качестве промежуточного хладоносителя в проточных и емкостных молокоохладителях.

Установка работает в диапазоне температур хладоносителя 0,5...15 °С, при расходе 3...9 м³/ч и температуре оборотной воды 5...30 °С. Установка состоит из компрессора 7 (рис. 3.20), кожухотрубного водяного конденсатора 4, ресивера 14, оросительного змеевикового испарителя 9, фильтр-осушителя 13, регенеративного кожухозмеевикового теплообменника 12, рамы, центробежного водяного насоса 15, приборов автоматики регулирования и приборов защиты.

Компрессор ФВ20 – одноступенчатый, сальниковый, непрямочный, имеет привод от электродвигателя через эластичную муфту.

Испаритель выполнен из медных труб диаметром 36 мм. Испаритель размещен в баке, в нижней части которого имеется емкость 600 дм³.

Регенеративный теплообменник используется для теплообмена между жидким хладагентом, который переохлаждается при прохождении внутри змеевика, и парообразным хладагентом, который перегревается, омывая наружную поверхность змеевика.

Ресивер является несущей рамной конструкцией, на базе которой агрегируется все оборудование установки АВ-30. Принцип получения ледяной воды в установке АВ-30 аналогичен с установкой УВ-10.

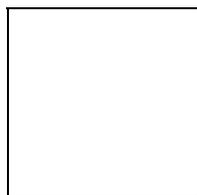
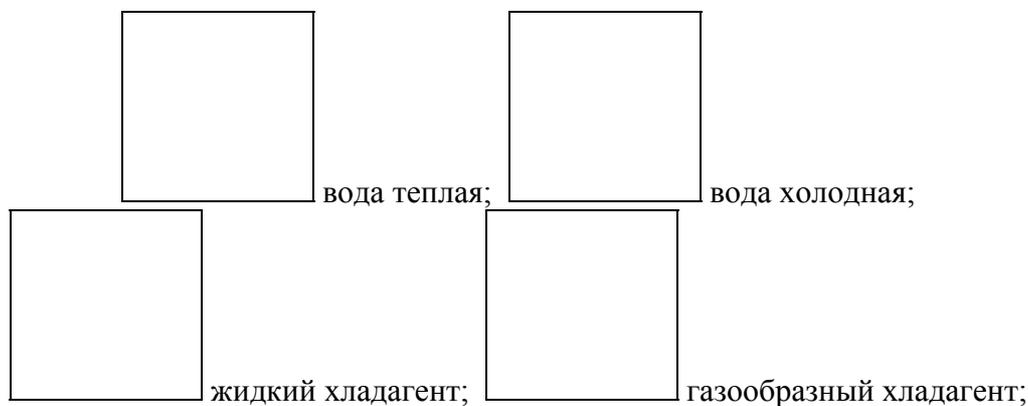


Рис. 3.20 Технологическая схема водоохлаждающей установки АВ-30:



1 – фильтр воды; 2 – датчик температуры; 3 – градирня; 4 – водяной конденсатор; 5 – мановакуумметр; 6 – датчик давления; 7 – компрессор; 8 – коллекторная труба; 9 – испаритель; 10 – насос хладоносителя; 11 – терморегулирующий вентиль; 12 – теплообменник; 13 – фильтр-осушитель; 14 – ресивер; 15 – насос градирни; 16 – труба подпитки;

Установка OT10-2-0 предназначена для охлаждения пресной воды, используемой в качестве промежуточного хладоносителя в проточных охладителях и резервуарах-охладителях молока вместимостью до 2,5 м³, а также одновременного получения нагретой воды в технологических и санитарно-гигиенических целях. в качестве хладагента применен хладон-22. В состав установки входят холодильная машина и бак-накопитель. Холодильная машина работает по замкнутому циклу, аналогично машине АВ-30.

Циркуляция хладоносителя (воды) происходит под действием насоса 4 (рис. 3.21). При работе установки OT10-2-0 с проточным охладителем молока насос 4 отсасывает хладоноситель из бака 10 и подает его в испаритель 16. Далее охлажденный хладоноситель поступает в проточный охладитель, где отбирает теплоту от охлаждаемого молока, нагревается, и после чего возвращается в бак 10.

При работе установки с резервуаром-охладителем молока нагретый теплотой охлаждаемой продукции хладоноситель насосом 14 отсасывается из водяной рубашки резервуара-охладителя и прокачивается через испаритель 16. Здесь хладоноситель охлаждается, после чего поступает в бак 10 и отсюда самотеком сливается в рубашку резервуара-охладителя.

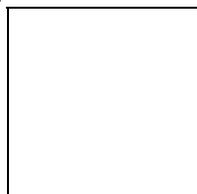


Рис. 3.21 Пневмогидравлическая схема установки OT10-2-0:



1 – утилизатор теплоты; 2 – мембранный вентиль с электромагнитным приводом; 3 – конденсатор; 4 – бак-накопитель; 5 – запорный вентиль; 6 – вентиль отбора теплой воды; 7 – вентиль отбора горячей воды; 8, 14 – насос; 9, 11 – заглушки; 10 – бак хладоносителя;

12 – ресивер-теплообменник; 13 – термогильза; 15 – датчик-реле температуры; 16 – испаритель; 17 – терморегулирующий вентиль; 18 – смотровое устройство; 19 – фильтр-осушитель; 20 – датчик термореле защиты электродвигателей;

21 – компрессор; 22, 24 – мановакууметр; 23, 25 – датчики реле давления;

Холодная технологическая вода, которую надо нагреть в установке для технологических нужд, поступает из источника водоснабжения в водяную полость ресивера-теплообменника 12. Здесь вода нагревается путем отбора тепла от жидкого хладагента. Далее она поступает в утилизатор теплоты 1, где, используя теплоту конденсации, нагревается до температуры 40 °С и направляется в нижнюю полость бака-накопителя 4.

Для получения горячей технологической воды (до 70 °С) верхнюю полость бака-накопителя 4 подключают к утилизатору тепла 1 и заполняют холодной водой через вентиль 5 до включения установки ОТ10-2-0.

При включении компрессора 21 подача холодной воды на утилизатор 1 автоматически прекращается (закрывается вентиль 2). Отбор горячей воды происходит после остановки холодильной машины самотеком при открывании вентиля 7. Для отбора теплой воды используют насос 8.

Широкое распространение на фермах получили холодильные установки МХУ-8С с аккумуляцией холода в воде и с помощью льда, намороженного на панелях испарителя. В них применяют компрессоры небольшой хладопроизводительности, которые работают и в процессе доения и в периоды между дойками. На панелях испарителя намораживается лед слоем 2,0...2,5 см. Принцип получения холода аналогичен холодильной машине МВТ.

Преимущества такой системы – возможность накапливать лед в период между дойками и относительно небольшая мощность компрессора.

Преимущества проточных машин перед машинами с аккумуляцией холода являются:

- более низкая температура кипения хладагента в испарителе;
- большее количество хладагента, заправляемого в систему;
- более высокие затраты энергии на единицу охлаждаемого продукта, так как лед намораживаемый на панелях является изолятором.

Проточную водоохлаждающую установку для охлаждения молока на ферме выбирают в соответствии с максимальной производительностью линии первичной обработки молока. Необходимый расход холода (кВт) на охлаждение молока определяют по формуле

$$Q = G \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \quad (3.16)$$

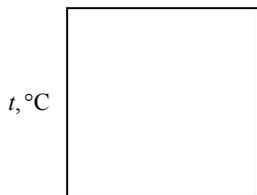
где Q – необходимый расход холода, кВт; c – удельная теплоемкость молока, кДж/кг·°С;

G – производительность линии первичной обработки молока, кг/с; t_1 – начальная температура, °С; t_2 – конечная температура молока, °С.

4 ПАСТЕРИЗАЦИЯ МОЛОКА

С целью уничтожения болезнетворных микроорганизмов, находящихся в молоке и молочных продуктах применяют пастеризацию и стерилизацию. Аппараты, в которых ведут этот процесс, называют пастеризаторами или стерилизаторами. Некоторым продуктам, например мороженому, тепловая обработка придает приятный запах, а сливочному маслу – сладковатый привкус.

Рис. 4.1 Диаграмма пастеризационного процесса



Первым применил тепловую обработку, как способ хранения продуктов, французский ученый, основатель микробиологии Луи Пастер. На практике пастеризация молока впервые была применена доктором Сокслетом в Германии в 1886 г. Первоначальное оборудование для пастеризации позволяло нагревать молоко до 71,1 °С и выдерживать его при этой температуре 30...60 с. В 1900 г. Рассел и Халстин, а несколько позже Розенау установили точки гибели разнообразных микроорганизмов, которые могут находиться в молоке.

Санитарными и ветеринарными правилами для молочно-товарных и племенных ферм установлена обязательная пастеризация молока для коров больных или подозреваемых в заболевании туберкулезом, бруцеллезом. Молоко пастеризуют в этом случае на месте его получения.

Существует несколько способов обработки жидкостей для уничтожения патогенных организмов. По способу использования энергии их можно разделить на паровые, электрические, с ультрафиолетовым, инфракрасным или радиоактивным облучением, с воздействием токов высокой частоты и высоких кратковременных давлений; по способу тепловой обработки – на термические и холодные; по характеру выполнения процесса – аппараты непрерывного и периодического действия.

Ультрафиолетовые облучатели состоят из нержавеющей труб, в которые вставлены с кольцевым зазором цилиндрические кварцевые лампы.

Обеззараживание молока происходит во время движения тонким слоем в кольцевом зазоре под воздействием ультрафиолетовых лучей, испускаемых лампой.

Наибольшее распространение для тепловой обработки молока нашли три режима пастеризации: 1) длительный – нагрев молока до 63 °С с последующей выдержкой при этой температуре в течение 30 мин; 2) кратковременный – нагрев молока до 72 °С с выдержкой в течение 20...30 с; 3) мгновенный – нагрев молока до 85...90 °С без выдержки две секунды и менее. Пастеризация полностью сохраняет все качества цельного молока. При нагреве выше 90 °С приводит к потере части белка. Зависимость между температурой и длительностью нагрева показана на рис. 4.1, из которой видно, что наибольший эффект пастеризации соблюдается в пределах нейтральной зоны.

4.1 Оборудование для пастеризации молока

Одним из простых видов аппаратов тепловой обработки молока, сливок и других жидких молочных продуктов являются ванны длительной пастеризации.

Ванны длительной пастеризации типа ВДП (рис. 4.2) выпускаются емкостью 300, 600 и 1000 л, конструктивно аналогичны, но различаются по объему. Они представляют собой цилиндрический резервуар из нержавеющей стали, окруженный пароводяной рубашкой с теплоизоляцией. При пастеризации в водяную рубашку подают пар, а при охлаждении – холодную воду. Для перемешивания молока в баке установлена мешалка.

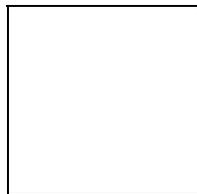


Рис. 4.2 Ванна длительной пастеризации типа ВДП:

1 – опора; 2 – корпус; 3 – ванна; 4 – мешалка; 5 – электромагнитный клапан; 6 – привод мешалки; 7 – кран; 8 – переливная труба; 9 – вентиль для слива воды; 10 – трубка; 11 – парораспределительная головка

Основные технические характеристики ванн длительной пастеризации представлены в табл. 4.1.

4.1 Основные технические характеристики ванн длительной пастеризации типа ВДП

Показатель	Вместимость ванны, дм ³
------------	------------------------------------

	300	600	1000
Температура пастеризации молока, °С		63...95	
Давление пара, кПа		10...30	
Частота вращения мешал- ки, с ⁻¹		2,7...3,0	
Диаметр, мм:		32	
сливной трубы		25	
трубопроводов подачи воды		25	
трубопроводов подачи пара			
Расход пара для нагрева- ния, кг/ч	40	80	100
Теплообменная поверх- ность, м ²	2,0 100	3,5 120	5,1 107
Вместимость водяной ру- башки, дм ²	0,6	0,75	0,75
Установленная мощность электродвигателя мешал- ки, кВт	1290 × 925 × 1370	1880 × 141 × 1660	1880 × 141 × 2015
Габаритные размеры, мм	165	535	625
Масса, кг			

Рис.4.3 Ванна марки ВПУ-500:

- 1 – электромеханическая мешалка;
2 – термометр; 3 – рабочая емкость;
4 – термоизоляция;
5 – кран слива продуктов;
6 – подвод пара; 7 – подвод воды;
8 – трубы слива конденсата

Ванна пастеризационная универсальная марки ВПУ 500 (рис. 4.3) предназначена для тепловой обработки молока и других жидких молочных и пищевых продуктов, выполнена из коррозионно-стойких сталей.

Для нагрева молока используется пар от стороннего источника, для охлаждения продукта – проточная вода.

Технические данные ванны ВПУ-300: вместимость – 500 л; максимальная температура нагрева молока – 95 °С; расход пара при давлении не более 50 кПа – 80 кг/ч; частота вращения мешалки – 0,25 с⁻¹; мощность электродвигателя мешалки – 0,25 кВт.

Ванна длительной пастеризации молока В1-ВД2-П (рис. 4.4) предназначена для пастеризации и охлаждения молока. Применяется на предприятиях молочной промышленности.

Рис. 4.4 Ванна длительной пастеризации молока В1-ВД2-П:

- 1 – внутренний корпус;
2 – двустенный наружный корпус; 3 – обшивка ванны;
4 – молочный кран;

5 – вентиль; 6 – коллектор
 парового устройства; 7 –
 опора;
 8 – мешалка; 9 – перелив-
 ная
 труба; 10 – привод ме-
 шалки;
 11 – термометр; 12 –
 крышка

Техническая характеристика ванны длительной пастеризации В1-ВД2-П следующие: вместимость – номинальная – 0,35 м³, полная – 0,41 м³; частота вращения мешалки – 3 с⁻¹; установленная мощность – 0,75 кВт; давление пара и воды в трубопроводе – 0,04...0,07 МПа; температура хладагента – 2...3 °С, пастеризации – 95 °С; расход пара на один цикл пастеризации – 225 кг; расход ледяной воды – 1,1 м³/ч; время нагрева – 65 мин; время охлаждения до 10 °С – 180 мин; габаритные размеры 1300 × 1030 × 1900 мм; масса 187 кг.

Ванны пастеризационные Г6-ОПА-600, Г6-ОПБ-1000 предназначены для пастеризации молока, приготовления кисломолочных продуктов и производственных заквасок. Основные технические характеристики пастеризационных ванн марки представлены в табл. 4.2.

4.2 Техническая характеристика ванн пастеризационных

Показатель	Марка	
	Г6-ОПА-600	Г6-ОПБ-1000
Вместимость рабочая, м ³	600	1000
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч	0,6	1
Избыточное давление па- ра в трубопроводе, МПа	0,55 0,1	
Температура хладагента, °С	2...3	
Время автоматического поддержания температуры пастеризации 95 °С, с	5400	
Расход: пара (по конденсату) для нагрева продукта, кг/ч	80	100
воды для охлаждения продукта, м ³ /ч	3	5
Условный проход трубопровода для подачи пара или ледяной воды, мм	25	
Габаритные размеры, мм: ванны шкафа управления	1880 × 1420 × 1660	1880 × 1410 × 2015
Масса, кг: общая	540 × 460 × 53 5	540 × 460 × 62 5
шкафа управления	535	625 55

Ванна пастеризации и охлаждения Л5-ОВА-0,63 предназначена для пастеризации и охлаждения молока. Может быть использована для хранения охлажденного молока. Применяется в прифермских сыродельных цехах и на предприятиях малой мощности для производства сыра гарантированного качества.

Состоит из основных сборочных единиц: резервуара, крышки, корпуса наружного, мешалки с приводом, механизма подъема крышки, моющей головки, датчика верхнего уровня продукта, датчика количества продукта, двух датчиков измерения температуры, трех опор, нагревательно-охладительной системы, электрооборудования.

При работе ванны выполняются следующие технологические операции: наполнение резервуара молоком через впускной патрубков, контроль верхнего уровня, подача горячей воды для нагрева и пастеризации молока, контроль температуры нагрева молока и времени его пастеризации, подача холодной воды для охлаждения молока, перемешивание молока, слив молока через сливной патрубков.

Нагрев и охлаждение резервуара с продуктом осуществляется методом орошения. Подача горячей воды (95 ± 5 °С) воды для пастеризации продукта обеспечивается насосом через водонагреватель, подача ледяной воды для охлаждения продукта – насосом охладителя.

Система управления обеспечивает: контроль за уровнем молока в резервуаре и поддержание температуры молока в заданных режимах; автоматическое включение привода мешалки с начала режима пастеризации и охлаждения и выключение привода мешалки при открывании крышки ванны; звуковую сигнализацию при заполнении резервуара до верхнего уровня, окончании режимов пастеризации и охлаждения. Санитарная обработка внутреннего резервуара выполняется централизованно через моечную головку, установленную в крышке. Управление работой ванны Л5-ОВА-0,63 осуществляется с пульта управления.

Техническая характеристика ванны Л5-ОВА-0,63: вместимость – 0,63 м³; установленная мощность – 0,5 кВт; занимаемая площадь без пульта управления – 2,4 м²; масса 470 кг.

Ванна пастеризационная марки ВПЭ-300 предназначена для тепловой обработки (нагревания, пастеризации, охлаждения) и межпериодного хранения молока, сливок и других жидких молочных продуктов, приготовления кисломолочных продуктов и производственных заквасок. Дополненная решетчатым фильтром ванна может быть использована при производстве фруктовых и ягодных соков.

Позволяет производить в зависимости от выбранного режима следующие технологические процессы: нагревание и пастеризация продукта с автоматическим поддержание температуры в течение заданного времени, термостатическая выдержка или хранение продукта, охлаждение продукта, перемешивание продукта независимо от приводного режима.

Нагрев вводится с помощью встроенных ТЭНов, управление которыми осуществляется терморегулятором. Продолжительность нагрева контролируется реле времени. Охлаждение осуществляется циркулирующей в рубашке холодной или ледяной водой, поступающей через электромагнитный вентиль. Подача воды прекращается по достижении заданной температуры, контролируемой терморегулятором. Термостатическая выдержка обеспечивается при отключении нагрева и охлаждения за счет большой тепловой инерции термоизолированного аппарата.

Предусмотрены контроль уровня воды в рубашке для сигнализации и необходимых блокировок, световая сигнализация электропитания и снижения уровня воды в рубашке, звуковая сигнализация опасного для ТЭНов снижения уровня воды и окончания режимов нагрева и охлаждения.

Технические характеристики ванны пастеризационной ВПЭ-300: вместимость – 300 л; диапазон рабочей температуры – 4...95 °С; температура охлаждающей воды – 2...4 °С; длительность нагревания молока от 20 до 80 °С – 90 мин; установленная мощность – 19 кВт; габаритные размеры – 1050 × 900 × 1800 мм; масса 200 кг.

Расход пара на тепловую обработку молока в ваннах длительной пастеризации в 4,5–5 раз больше, чем в современных пластинчатых установках, и объясняется тем, что тепло, затраченное на предварительное нагревание воды в рубашке ванны, используется нерационально. Кроме того, в ваннах длительной пастеризации неприменима рекуперация тепла, которая широко используется в пластинчатых аппаратах.

Для кратковременной пастеризации наибольшее распространение получили пастеризаторы с вытеснительным барабаном двустороннего обогрева, пластинчатые пастеризаторы, а также пастеризационно-охладительные установки.

Барабанный пастеризатор с двусторонним обогревом ОПД-1М состоит из ванны, барабана, паровой рубашки с предохранительными клапанами, приемной камеры с поплавковыми регуляторами и привода.

В паровом пастеризаторе с двусторонним обогревом пар низкого давления, подаваемый в пространство паровой рубашки и в полость вытеснительного барабана, отдает тепло молоку, проходящему из заливной воронки через зазор между рабочими поверхностями пастеризатора. Поднимаясь в зазоре, нагретое молоко попадает под действие лопастей крышек барабана и по выводной трубе нагнетается для дальнейшей обработки. Собственный напор пастеризатора обеспечивает подачу молока на высоту до четырех метров, частота вращения барабана 6 с^{-1} .

Перед пуском пастеризатора необходимо убедиться в подвижности предохранительного клапана, надежности крепления барабана. В соединениях труб не должно быть пропуска пара. На заданную производительность пастеризатор подбирают по величине рабочей поверхности теплообмена

$$M = k F (t_p - t_n) / c \quad (4.1)$$

где M – производительность пастеризатора, кг/с; t_p – температура пара; t_n , t_k – температура молока до и после пастеризации, °С; k – общий коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°С); c – теплоемкость молока, Дж/кг·°С).

Более совершенными для кратковременной пастеризации являются пластинчатые пастеризационно-охладительные установки типов ОПФ и ОПУ. Они состоят из нескольких секций, собранных на одной станине. Изменяя число пластин в секциях, можно получить различную производительность установок.

К их преимуществам можно отнести: при сравнительно небольших размерах высокая производительность, поточность процесса пастеризации и охлаждения, высокий КПД, простота и надежность в эксплуатации.

Пастеризационно-охладительные установки ОПФ-1-20 и ОПФ-1-300 используют для центробежной очистки, тонкослойной пастеризации, выдержки и охлаждения молока в закрытом потоке. Схема ОПФ-1 показана на рис. 4.5.

Рабочий процесс протекает следующим образом. Молоко из танка самотеком или под давлением направляется в уравнильный бак 4, уровень молока в котором поддерживается поплавковым клапаном и должен быть не менее 300 мм во избежание подсоса воздуха в молочный насос. Далее молоко насосом 3 подается в секцию III регенерации пастеризатора 1, где нагревается за счет теплообмена с горячим молоком, идущим от секции пастеризации до температуры 37...40 °С и поступает в молокоочиститель 2 для очистки от механических примесей, а оттуда идет на дальнейший прогрев во вторую секцию регенерации II и пастеризации I, где за счет теплообмена с горячей водой нагревается до температуры 92 °С. Из секции пастеризации молоко через электрогидравлический перепускной клапан 16, которым управляет электронный мост 10, направляется в выдерживатель 5, а при температуре молока ниже 90 °С сбрасывается обратно в уравнильный бак 4, на повторный подогрев. В выдерживателе 5 молоко находится в течение 300 с и далее пастеризованное молоко проходит II и III секции регенерации, для отдачи тепла встречному потоку молока, поступающему в аппарат, и его температура снижается до 20...25 °С. Далее это молоко проходит последовательно секции IV и V охлаждения артезианской водой и ледяной водой от холодной установки. Холодное молоко поступает для хранения в танки. Выдерживатель в установке предназначен для усиления пастеризационного эффекта.

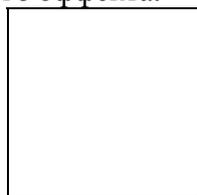


Рис. 4.5 Схема пастеризационно-охладительной установки ОПФ-1:

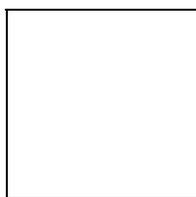


1 – тепловые секции; 2 – очиститель молока; 3, 8 – насос; 4 – уравнильный бак; 5 – выдерживатель; 6 – световой датчик; 7, 15 – кран; 9 – бойлер; 10 – электронный мост; 11 – термометр; 12 – трехходовой кран; 13 – нажимное устройство; 14 – манометр; 16 – электрогидравлический перепускной клапан; 17 – термометр сопротивления; 18 – инжектор

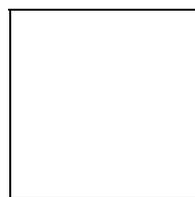
Молоко в секции пастеризации I подогревается горячей водой, подаваемой в аппарат насосом 8 из бойлера 9. Вода нагревается паром, поступающим через инжектор 18 из паропровода котельной установки, клапан 7 на паропроводе обеспечивает автоматическую регулировку поступления пара в зависимости от температуры пастеризованного молока. При понижении температуры молока, выходящего из пастеризационной секции, электрогидравлический перепускной клапан 16 автоматически направляет молоко в уравнильный бак 4 для повторной пастеризации. Первичный сигнал об изменении температуры пастеризованного молока поступает от термометра сопротивления 17 в электронный мост 10.

Для измерения температуры охлажденного молока служит манометрический термометр 11. Давление в молокопроводе от очистителя молока 2 до II секции пастеризатора контролируется по показывающему манометру 14. Степень сжатия тепловых секций в пастеризаторе 1 осуществляется нажимными устройствами 13 и определяется по табличке со шкалой, установленной на нижней и верхней распорках.

Перепускной электрогидравлический клапан (рис. 4.6, а) имеет корпус 2 из нержавеющей стали и состоит из собственно клапана и электрогидравлического реле, закрытого кожухом 7, электромагнит 8 реле соединен с мостом, контролирующим температуру пастеризованного молока. Если молоко выходит из пастеризатора, имея температуру ниже заданной, то цепь катушки реле замкнута и шток 6 находится в верхнем положении. При этом клапан входа воды в гидрореле закрыт, мембрана 4 реле с ее клапаном устройством находится в верхнем положении и клапан перекрывает верхнее окно, оставляя молоку путь обратно в уравнильную камеру.



а)



б)

Рис. 4.6 Схемы электрогидравлических клапанов:

а – перепускного; б – регулирующего

По достижении температуры пастеризации контакты моста размыкаются, обесточивая катушки электромагнита 8. Под действием пружины 5 шток 6 опускается и открывает доступ воде в гидрокамеру клапана. Вода под напором, создаваемым насосом, преодолевает сопротивление пружины 3 и опускает мембранно-клапанный механизм 1 в нижнее положение. При этом перекрывается путь молоку в уравнильную камеру клапана и открывается выход для подачи молока в молочные танки. При понижении температуры молока в пастеризационной секции контакты моста МСР1-01 замыкаются, шток 6 втягивается электромагнитом 8 реле, одновременно закрывая напорный канал воды и открывая отверстие для выхода воды из гидрокамеры. Пружина 3, освобожденная от напора воды, поднимает шток 1 мембранно-клапанного механизма, вытесняя остаток воды из гидрокамеры через окно слива, а клапан переходит в верхнее положение, открывая путь молоку на повторную пастеризацию.

Клапан (рис. 4.6, б) автоматической регулировки подачи пара действует от электронного регулятора ЭР-СС-63, термометр сопротивления, которого находится на пути пастеризованного молока. Сигнал термометра, усиленный прибором, поступает на электромагнит реле. Шток 5 поднимает клапан, а вода через седло 4 проходит в гидрокамеру опуская мембранно-клапанный механизм со штоком 2, золотник

1 которого увеличивает проходное сечение для пара. При повышении температуры пастеризации регулирующий прибор включает реле электромагнита 6, с открытием клапана которого вода из камеры гидрореле получает выход и выталкивается под действием пружины 9 на грибок 3 и мембрану 8. Золотник 1 постепенно перекрывает канал впуска пара через инжектор в систему циркуляции горячей воды. Перекрытие происходит до установления температуры пастеризации.

Регулятор и электромагнитное реле работают в пульсирующем режиме, что обеспечивает подачу воды в гидрореле малыми дозами, создает условия для плавной регулировки – перемещения золотника. Регулировочный винт 7 служит для изменения периода перемещения штока клапана регулировки подачи пара.

Выдержка в течение 20 с в выдерживателе установки ОПФ-1-20 и 300 с в выдерживателе ОПФ-1-300 перед охлаждением способствует уничтожению микрофлоры молока. При этом температура молока в выдерживателе нагревается до температуры 76 °С в установке ОПФ-1-20 и до 90 °С в установке ОПФ-1-300.

Система может работать в ручном и автоматическом режимах.

Обслуживание установки заключается в промывке в течение 15...20 мин в циркуляционном режиме раствором каустической соды. Промывка с разборкой пастеризатора производится два раза в месяц.

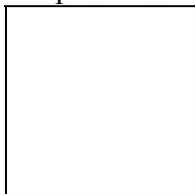


Рис. 4.7 Технологическая схема электропастеризатора М3-ОСП-75:

1 – бак приемный; 2 – насос для молока; 3 – секция регенерации; 4 – секция пастеризации; 5 – выдерживатель; 6 – секция охлаждения; 7 – щит управления; 8 – бак горячей воды; 9 – насос для воды; 10 – клапан возврата молока

Электропастеризатор М3-ОСП-75 (рис. 4.7) предназначен для пастеризации и охлаждения молока.

Электропастеризатор конструктивно выполнен на одной раме и не требует больших площадей. Система автоматического контроля и регулирования технологического процесса – электрическая.

Техническая характеристика электропастеризатор М3-ОСП-75: производительность – 1000 л/ч; температура молока, поступающего в аппарат – 4...6 °С, пастеризации – 71...73 °С, выходящего из аппарата в секцию охлаждения – 31...33 °С; время выдержки при температуре пастеризации – 25...27 °С; вид теплоносителя – горячая вода; температура горячей воды – 80 °С; поверхность теплообменной пластины – 0,043 м²; число пластин в аппарате – 132 шт.; установленная мощность – 3,74 кВт; занимаемая площадь 1,37 м².

Установка пастеризационно-охладительная трубчатая ТЭП-ОФП-0,25 (рис. 4.8) предназначена для пастеризации и охлаждения молока и жидких молочных продуктов, разделения молока на сливки и обрат. Применяется на молочных предприятиях малой мощности и фермах.

Техническая характеристика: производительность – 250 л/ч; температура молока на входе в аппарат – 7...10 °С, обрат на выходе – 10...12 °С, пастеризации обрат – 75 °С, пастеризации сливок – 85...90 °С; установленная мощность – 4,5 кВт; занимаемая площадь – 7 м².

Для нагревания продукта в некоторых установках в качестве прямого нагрева применяют инфракрасные нагреватели. В установках с небольшой производительностью молоко подается на обработку инфракрасным излучателем тонким слоем.

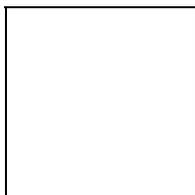


Рис. 4.8 Схема пастеризационно-охладительной установки ТЭПО-ОФП-0,25:

1 – приемный бак; 2 – насос продукта; 3 – секция нагрева молока; 4 – сепаратор-сливкоотделителя; 5 – пастеризатор для сливок с водяной рубашкой; 6 – инжектор; 7 – насос горячей воды; 8 – бойлер; 9 – секция регенерации;

10 – секция пастеризации; 11 – секция охлаждения;
12 – клапан возврата недопастеризованного продукта

В пастеризационно-охладительной установке УОМ-ИК-1 (рис. 4.9) кроме выдерживателя и пластинчатого теплообменного аппарата имеется секция инфракрасного нагрева. Секция инфракрасного нагрева состоит из трубок кварцевого стекла U-образной формы с отражателями из анодированного алюминия. В секции 16 трубок (10 основных, 4 регулирующих режим нагрева и 2 дополнительных), на которые навита спираль из никрома. Трубки включены в сеть параллельно. Выдерживатель состоит из двух последовательно соединенных труб из нержавеющей стали. В пластинчатом теплообменном аппарате имеются секция регенерации и две секции охлаждения.

Молоко поступает в уравнивательный бак и из него насосом последовательно подается в секции регенерации, инфракрасного нагрева и выдерживатель. После выдерживателя пастеризованное молоко проходит секцию регенерации, передавая теплоту холодному молоку, и последовательно проходит секции охлаждения водой и рассолом.

Пластинчатые пастеризационно-охладительные установки по сравнению с другими типами тепловых аппаратов имеют ряд преимуществ:

- малая рабочая вместимость, что позволяет приборам автоматики более точно отслеживать ход технологического процесса (в пластинчатой установке рабочая вместимость в три раза меньше, чем у трубчатой такой же производительности);
- способность работать достаточно эффективно при минимальном тепловом напоре;
- минимальные теплопритоки и потери теплоты и холода (тепловая изоляция обычно не требуется);
- существенная экономия (80...90 %) теплоты в секциях регенерации (удельный расход пара в пластинчатых установках в два–три раза меньше, чем в трубчатых, и в четыре–пять раз, чем в емкостных теплообменниках);
- малая установочная площадь (пластинчатая установка занимает примерно в четыре раза меньшую поверхность, чем трубчатая аналогичной производительности);
- возможность менять число пластин в каждой секции, что позволяет адаптировать теплообменный аппарат к конкретному технологическому процессу;
- возможность безразборной циркуляционной мойки аппаратуры.

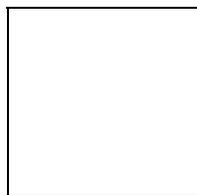


Рис. 4.9 Схема пастеризационно-охладительной установки УОМ-ИК-1:

- 1 – секция инфракрасного нагрева электронагрева; 2 – выдерживатель;
3, 15 – термометры; 4 – смотровой участок; 5, 6 – трехходовой кран
7 – секция охлаждения ледяной водой (рассолом); 8 – секция охлаждения водой; 9 – секция регенерации;
10 – манометр; 11 – пластинчатый теплообменник;
12, 13 – вентили; 14 – перепускной клапан; 16 – термометр сопротивления;
17 – кран; 18 – уравнивательный бак; 19 – насос; 20 – моечный водопровод;
21 – емкость для хранения молока

Наиболее высокими технологическими показателями среди отечественных установок обладают модульные автоматизированные пастеризационно-охладительные установки с электронагревом "Поток Терм 500/1000/3000".

Особенностью этих установок является высокий коэффициент регенерации теплоты (0,9), система подготовки горячей воды с электронагревом и четырехсекционный пластинчатый теплообменник (две секции регенерации, секция пастеризации и секция охлаждения). В последнем резиновые прокладки выполнены из патентованного материала и соединены с пластинами специальными зажимами, т.е. без помощи клея. Техническая характеристика данного типа приведена в табл. 4.3.

4.3 Техническая характеристика пластинчатых пастеризационно-охладительных установок для молока марки ПТ

Показатель	ПТ-500	ПТ-1000	ПТ-3000
Производительность, л/ч	500	1000	3000
Температура молока, °С:			
на входе в аппарат	5...10	5...10	5...10
нагрева (пастеризации)	76...80	76...80	76...80
охлаждения	2...6	2...6	2...6
Коэффициент регенерации, не менее	0,85	0,9	0,9
Время выдержки молока при температуре пастеризации, с	25 0...1 4	25 0...1 3	25 0...1 2
Температура хладоносителя, °С	150	150	150
Кратность хладоносителя	18	24	50
Давление подводящей магистрали, кПа, не менее	9	15	30
Установленная мощность, кВт	2150 × 900 ×	2150 × 900 ×	2715 × 122 5 ×
Мощность, потребляемая установкой в режиме пастеризации, кВт	× 1845 1,7 500	× 1845 1,7 550	× 2215 3,3 1050
Габаритные размеры, мм			
Занимаемая площадь, м ²			
Масса установки, кг			

Кроме автоматизированных выпускаются также модульные полуавтоматические пастеризационно-охладительные установки "Поток Терм 3000/5000/10000", в которых нагрев продукта до температуры пастеризации осуществляется паром давлением 300 кПа. Расход пара в этих установках составляет соответственно 60, 100 и 173 кг/ч.

Электропастеризатор для молока А1-ОПЭ (рис. 4.10) предназначен для обеззараживания молока от возбудителей туберкулеза и бруцеллеза и его пастеризации с использованием инфракрасного нагрева. Применяется на фермах с поголовьем до 400 коров, а также в составе пунктов приемки, охлаждения и переработки молока. Состоит из передвижной рамы, на которой смонтированы: секция ИК-электронагрева; центробежный насос; пластинчатый регенератор-охладитель, бак-накопитель с регулятором и датчиком уровня жидкости, шкаф управления, гидроарматура.

Техническая характеристика электропастеризатора А1-ОПЭ: производительность – 1000 л/ч; температура пастеризации – 81 ± 2 °С; коэффициент регенерации тепла в теплообменном пластинчатом аппарате – 0,81; установленная мощность – 20 кВт; габаритные размеры – 165 × 900 × 2500 мм; масса – 400 кг.

Трубчатые пастеризационные установки служат для обработки молока и сливок в закрытом потоке при высоких скоростях движения обрабатываемого продукта.

Преимуществом трубчатых аппаратов по сравнению с пластинчатыми является значительно меньшее количество и меньшие размеры уплотнительных прокладок, а недостатком – высокая металлоемкость и большие габариты. Кроме того, при чистке и мойке этих аппаратов требуется свободное пространство со стороны торцов.

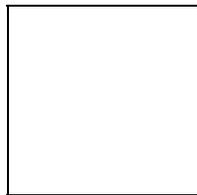


Рис. 4.10 Электропастеризатор А1-ОПЭ

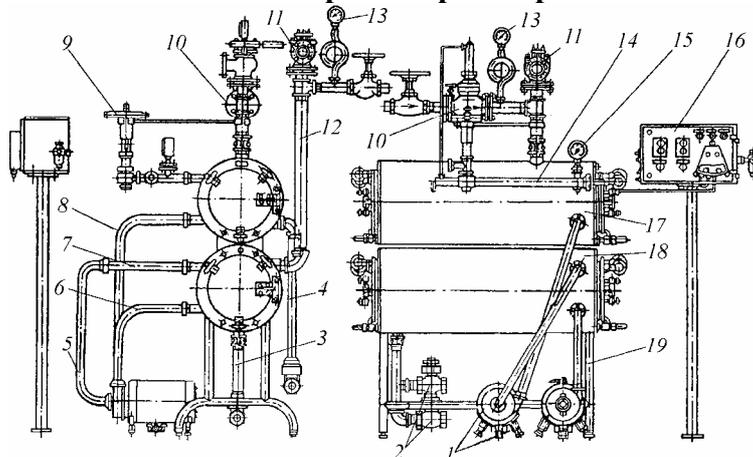


Рис. 4.11 Трубчатая пастеризационная установка:

- 1 – центробежные насосы для молока; 2 – конденсатоотводчики;
3, 4 – патрубки для отвода конденсата; 5, 6, 7, 8 – молокопроводы;
9 – возвратный клапан; 10 – регулирующий клапан; 11 – предохранительные клапаны; 12 – паропровод;
13 – манометры для пара; 14 – парубок для выхода пастеризованного молока; 15 – маномер для молока;
16 – пульт управления;
17 – верхний барабан; 18 – нижний барабан; 19 – рама

Трубчатая пастеризационная установка (рис. 4.11) состоит из двух центробежных насосов, трубчатого аппарата, возвратного клапана, конденсатоотводчиков и пульта управления с приборами контроля и регулирования технологического процесса.

Основной элемент установки – двухцилиндровый теплообменный аппарат, состоящий из верхнего и нижнего цилиндров, соединенных между собой трубопроводами. В торцы цилиндров вварены трубные решетки, в которых развальцовано по 24 трубы диаметром 30 мм. Трубные решетки из нержавеющей стали имеют выфрезерованные короткие каналы, соединяющие последовательно концы труб, образуя таким образом непрерывный змеевик общей длиной около 30 м. Торцевые цилиндры закрывают крышками с резиновыми уплотнениями для обеспечения герметичности аппарата и изолирования коротких каналов друг от друга.

Пар подается в межтрубное пространство каждого цилиндра. Отработавший пар в виде конденсата выводится с помощью термодинамических конденсатоотводчиков. Нагреваемое молоко движется во внутритрубном пространстве, проходя последовательно нижний и верхний цилиндры. На входе пара установлен регулирующий клапан подачи пара, а на выходе молока из аппарата – возвратный клапан, с помощью которого недопастеризованное молоко автоматически направляется на повторную пастеризацию. Возвратный клапан связан через регулятор температуры с термодатчиком, расположенным также на выходе молока из аппарата. Установка снабжена манометрами для контроля за давлением пара и молока.

Обрабатываемый продукт из накопительной емкости с помощью первого центробежного насоса подается в нижний цилиндр теплообменного аппарата, где нагревается паром до температуры 50...60 °С и переходит в верхний цилиндр. Здесь он пастеризуется при температуре 80...90 °С.

Второй насос предназначен для подачи молока из первого цилиндра во второй. Следует отметить, что в трубчатых пастеризационных установках скорость движения различных продуктов неодинакова. В установке для пастеризации сливок скорость их перемещения в трубах теплообменного аппарата 1,2 м/с. В процессе теплообмена сливки поступают в цилиндры пастеризатора с помощью одного центробежного насоса. Скорость перемещения молока за счет применения двух насосов выше и составляет 2,4 м/с.

Трубчатые установки эффективны в том случае, если последующий процесс обработки молока проводят при температуре, незначительно отличающейся от температуры пастеризации.

Наряду с пастеризаторами, в которых источником прямого нагрева молока являются инфракрасные лучи, созданы и получают все большее распространение установки для пастеризации молока, работа которых основана на использовании ультрафиолетового излучения. Применение таких установок позволяет значительно снизить металло- и энергоемкость технологического процесса пастеризации молока, улучшить его качество и сократить потери, сохраняя при этом полезные компоненты продукта (белки, жиры, витамины).

Принцип работы пастеризаторов данного типа заключается в бесконтактном воздействии ультрафиолетового излучения на специально сформированный тонкослойный поток молока. Так, пастеризаторы УФО пяти типоразмеров (табл. 4.4) различаются между собой размерами или размерами и формой.

4.4 Техническая характеристика пастеризаторов типа УФО

Показатель	УФО-2	УФО-3	УФО-4	УФО-5	УФО-6
Производительность, л/ч	250	500	1000	2500	5000
Потребляемая мощность, кВт	0,8	1,6	3,2	7,2	14,4
Габаритные размеры, мм	1295×720 ×2170 145	1295×900 ×2170 220	1700×900 ×2250 280	3600×700 ×2250 1150	3600×1200 ×2250 2000
Масса, кг					

Устройство всех пастеризаторов этого типа одинаково: корпус, в котором размещены распределитель молока, верхнее и нижнее облучающие устройства с пастеризационными пластинами и блок питания. Распределитель молока состоит из клапана-оросителя, к которому по трубопроводу подается молоко. Облучающие устройства представляют собой специальные газоразрядные лампы и отражатели. Конструкция верхнего и нижнего облучающих устройств одинакова.

Работает пастеризатор следующим образом. Молоко через отверстия клапана-оросителя подается тонким слоем на верхнюю пастеризационную пластину и, стекая по ней, проходит через интенсивный поток ультрафиолетовых лучей, испускаемых облучающим устройством. Через отверстия верхнего сборника молоко поступает на нижнюю пастеризационную пластину, где повторно обрабатывается нижним облучающим устройством. Пастеризованное молоко с нижней пастеризационной пластины стекает в сборник, а из него – в приемную емкость.

В блоке питания пастеризатора установлена пускорегулирующая аппаратура, обеспечивающая работу верхнего и нижнего облучающих устройств. В пастеризаторах производительностью 1000 л/ч и больше пускорегулирующая аппаратура размещена в отдельном шкафу.

Для периодической мойки пастеризаторов содовым раствором и водой все их рабочие органы, соприкасающиеся с молоком, выполнены легкоъемными.

Пастеризаторы УФО являются безнапорными аппаратами, и при использовании насоса для подачи молока последний должен комплектоваться запорным клапаном, обеспечивающим напор 0,1...5 м водяного столба.

Одним из перспективных направлений совершенствования пастеризационных установок является применение в них роторных нагревателей, специальная конструкция которых позволяет за счет молекулярного трения частиц обрабатываемого продукта нагревать последний до заданной температуры. Температура тепловой обработки продукта зависит от времени его нахождения в роторном нагревателе и может регулироваться в широких пределах. Одновременно с этим продукт подвергается гомогенизации.

Высокотемпературный пастеризатор молока с роторным нагревателем ПМР-0,2ВТ производительностью 500, 1000 и 1800 л/ч предназначен для пастеризации, выдержки, фильтрации и охлаждения молока. Его можно использовать совместно с доильной установкой или автономно. При необходимости пастеризатор настраивают на режим стерилизации молока. Удельные затраты электроэнергии по срав-

нению с затратами при работе других установок снижены в 2,5–3 раза, а площадь, занимаемая установкой, не превышает 1,5 м². На рис. 4.12 приведена технологическая схема пастеризатора ПМР-0,2 ВТ.

Техническая характеристика пастеризатора ПМР-0,2 ВТ различных модификаций приведена в табл. 4.5.

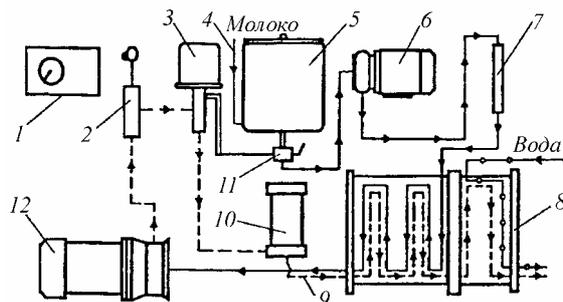


Рис. 4.12 Технологическая схема пастеризатора ПМР-0,2 ВТ:

1 – пульт управления; 2 – термометр сопротивления; 3 – автоматический клапан возврата; 4 – вход молока; 5 – приемный бак; 6 – молочный насос; 7 – фильтр; 8 – пластинчатый теплообменник; 9 – выход молока; 10 – выдерживатель; 11 – кран проходной; 12 – роторный нагреватель

4.5 Техническая характеристика пастеризаторов с роторным нагревателем

Показатель	ПМР-0,2	ПМР-0,2-1	ПМР-0,2-2
Производительность, л/ч	500	1000	1800
Температура молока, поступающего на обработку, °С	10...30	10...30	10...30
Температура пастеризации молока, °С	74...96	74...96	74...96
Длительность выдержки молока при температуре пастеризации, с	15...20	15...20	15...20
Температура охлажденного молока (при температуре хладоносителя 1...3 °С и интенсивности подачи не менее 1,5 м ³ /ч), °С	6...10	6...10	6...10
Длительность прогрева установки, мин	10	10	10
Тип фильтра	Нетканый или сетчатый		
Класс чистоты молока	I	I	I
Установленная мощность, кВт	6,5	11,7	15,0
Габаритные размеры установки, мм	1100×750	1100×1000	1200×1100
Габаритные размеры установки, мм	×1500	×1500	×1500
Масса установки, кг	250	300	400

Молоко из емкости для хранения поступает в приемный бак, насосом подается в фильтр и далее в пластинчатый теплообменный аппарат. В секции регенерации аппарата молоко подогревается за счет теплоты, передаваемой от продукта, поступающего из выдерживателя, и подается в роторный нагреватель. Температура обработки молока в нагревателе измеряется термометром сопротивления и отобра-

жается с помощью цифрового индикатора на пульте управления. В случае нарушения заданного режима пастеризации молоко с помощью автоматического клапана возврата направляется на повторную обработку. Нагретое до нужной температуры молоко подается в выдерживатель, где находится 15...20 с, а затем последовательно перемещается через секции регенерации и охлаждения пластинчатого теплообменного аппарата.

Пастеризатор оснащен электронным управлением, что позволяет непрерывно контролировать его рабочие параметры.

4.2 Установки для вакуум-термической обработки молока

В некоторых пастеризационно-охладительных установках применяют устройства для удаления нежелательных запахов и вкусов. Эти устройства называют дезодораторами. Они представляют собой емкости цилиндрической формы, их устанавливают между выдерживателем и секцией пастеризации. Дезодораторы бывают с инъекцией острого пара в продукт при атмосферном давлении и вакуумные.

В первом случае продукт перед поступлением в дезодоратор смешивается с очищенным острым паром, в результате чего улучшается степень его дезодорирования.

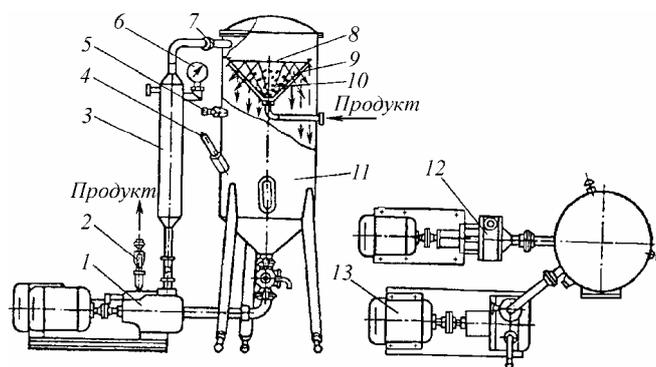


Рис. 4.13 Вакуум-термическая установка:

1 – вакуум-насос; 2 – обратный клапан; 3 – конденсатор; 4 – термометр;

5 – воздушный клапан; 6 – вакуумметр; 7 – обратный клапан;

8 – крышка-отражатель; 9 – перфорированная камера; 10 – шарообразные тела; 11 – вакуум-камера; 12 – насос продукта; 13 – электродвигатель

В вакуумных дезодораторах предварительно нагретый продукт поступает в перфорированную камеру (рис. 4.13) с отражателем. В вакуум-камере поддерживается разрежение (50...60 кПа), и поэтому продукт вскипает. Вторичный пар и выделившиеся газы удаляются из камеры с помощью эжекторного конденсатора. Продукт откачивается специальным насосом.

Такую установку можно применять как самостоятельно, так и в комплектах технологического оборудования.

4.3 Аппараты для стерилизации молочных продуктов

Установки для стерилизации трубчатого и пластинчатого типов имеют много общего с оборудованием аналогичного типа, применяемого для пастеризации молока. Основные их отличия заключаются в конструкции теплообменного аппарата, наличии гомогенизатора и температурном режиме. Например, в автоматизированной установке для стерилизации молока А1-ОПЖ пластинчатый теплообменный аппарат состоит из семи секций: трех секций регенерации, секций пастеризации и стерилизации и двух секций охлаждения.

До выхода молока из выдерживателя работа этой установки соответствует работе пастеризационно-охладительной установки.

В стерилизационной установке продукт после выдерживателя поступает в двухступенчатый гомогенизатор, где при температуре 83...85 °С, проходя через третью секцию регенерации, поступает в секцию стерилизации. При входе в секцию стерилизации продукт уже имеет температуру 120...123 °С, а на выходе – 135 °С. Достигается это подачей в секцию стерилизации пара, нагретого до 145 °С. Далее стерилизованное молоко последовательно перемещается через три секции регенерации и две охлаждения.

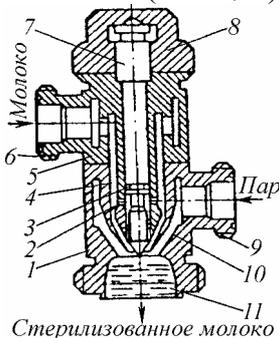
Применение трубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов при стерилизации молока оправдано в основном тем, что при косвенном нагреве продукта значительно снижается расход энергии (в ос-

новном за счет регенерации теплоты). Между тем в таких аппаратах продолжительность термообработки довольно велика, так как в них невозможно быстро охладить продукт. С другой стороны, молоко и молочные продукты более чувствительны к продолжительности обработки, чем к температурному режиму последней. Поэтому в настоящее время считается целесообразным совершенствование технологического оборудования для стерилизации молока, работающего как по принципу косвенного нагрева, так и в режиме прямой термообработки.

На рис. 4.14 показан один из вариантов пароконтактного нагрева молока, реализованный в стерилизационной установке фирмы "Альфа-Лаваль" (Швеция).

РИС. 4.14 ПАРОКОНТАКТНЫЙ НАГРЕВАТЕЛЬ МОЛОКА:

- 1 – нижняя часть корпуса;
- 2 – отверстие для молока;
- 3 – уплотнительное кольцо;
- 4 – кольцевой канал для молока;
- 5 – верхняя часть корпуса;
- 6 – патрубок для входа молока;
- 7 – центральный стержень;
- 8 – регулировочная гайка;
- 9 – патрубок для входа пара;
- 10 – канал для пара;
- 11 – смесительная камера



Предназначенный для нагревания продукт через патрубок подается в кольцевой канал нагревателя и направляется в камеру. Сюда же через патрубок и канал поступает очищенный острый пар. Он смешивается с молоком, конденсируется в нем и таким образом нагревает продукт до 135...140 °С.

В более совершенной конструкции стерилизатора молоко с помощью специального тефлонового диска разделяется на множество мелких потоков, которые в течение 1,5...2 с нагреваются паром до 125 °С. Прямой нагрев продукта в сочетании с косвенным может быть осуществлен и в пластинчатом аппарате. Для этого в теплообменных пластинах имеется определенное число отверстий диаметром 0,8...1,2 мм. При подаче вместо теплоносителя пара давлением, превышающим давление продукта на 0,05...0,1 МПа, получают комбинированный нагрев молока.

4.4 Расчет пластинчатых теплообменных аппаратов для молока

Тепловой поток, уходящий от жидкого продукта (молока, сливок, обрат) с теплоносителем можно определить

$$Q = M_{\text{п}} c (t_{\text{н.п}} - t_{\text{к.п}}), \quad (4.2)$$

где $M_{\text{п}}$ – массовый расход жидкого продукта, кг/с; c – теплоемкость продукта, Дж/кг·°С; $t_{\text{н.п}}$ и $t_{\text{к.п}}$ – начальная и конечная температура продукта, °С.

Теплоноситель непрерывно подается насосом в охладитель. Его нужно подавать в несколько раз больше, чем охлаждаемого продукта.

Отношение количества затраченного теплоносителя к количеству охлажденного продукта называется коэффициентом кратности расхода теплоносителя, которые составляют для рассольной секции 1,5–2,5, для водяной секции 2,5–3.

Если пренебречь потерями тепла в окружающую среду, то для водяной секции

$$Q_{\text{в}} = M_{\text{п}} c (T_{\text{н.п}} - T_0) = n_{\text{в}} M_{\text{п}} c_{\text{в}} (T_{\text{к.в}} - T_{\text{н.в}}), \quad (4.3)$$

и для рассольной секции

$$Q_{\text{р}} = M_{\text{п}} c (T_0 - T_{\text{к.п}}) = n_{\text{р}} M_{\text{п}} c_{\text{р}} (T_{\text{к.р}} - T_{\text{н.р}}), \quad (4.4)$$

где $Q = Q_{\text{в}} + Q_{\text{р}}$ – теплота, отнимаемая водой и рассолом, Вт; $T_0 = T_{\text{н.в}} + \Delta T$ – температура продукта в конце водяной секции ($\Delta T = 3 \dots 5$ °К); $n_{\text{в}}$ и $n_{\text{р}}$ – коэффициенты кратности расхода воды и рассола; $T_{\text{н.в}}$, $T_{\text{к.в}}$, $T_{\text{н.р}}$, $T_{\text{р.в}}$ – начальная и конечная температура воды и рассола, К.

Расход тепла, Дж/ч, пастеризатора

$$Q = Fk\Delta T_{\text{cp}} = M_{\text{п}}c(t_{\text{к}} - t_{\text{н}}), \quad (4.5)$$

где F – площадь рабочей поверхности пастеризатора, м²; k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°С); ΔT_{cp} – средняя логарифмическая разность температур, °С; $t_{\text{к}}$, $t_{\text{н}}$ – конечная и начальная температуры продукта, °С.

Расход пара на работу пастеризатора определяют из уравнения баланса теплообмена

$$G_2c(t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) = P(i - \lambda)\eta_{\text{т}}. \quad (4.6)$$

Откуда

$$P = \frac{G_2c(t_{\text{к}} - t_{\text{н}})}{(i - \lambda)\eta_{\text{т}}}, \quad (4.7)$$

где i – теплосодержание пара, Дж/кг; λ – теплосодержание конденсата, Дж/кг; $\eta_{\text{т}}$ – тепловой КПД пастеризатора.

Снижение затрат теплоты (пара) на пастеризацию молока оценивают коэффициентом регенерации. Он показывает отношение количества теплоты $Q_{\text{р}}$, отданной от регенератора горячим молоком холодному, к количеству теплоты $Q_{\text{п}}$, которое необходимо для нагрева холодного молока до температуры пастеризации. Коэффициент регенерации

$$E = \frac{Q_{\text{р}}}{Q_{\text{п}}} = \frac{M_{\text{п}}c(t_{\text{р}} - t_{\text{х}})}{M_{\text{п}}c(t_{\text{п}} - t_{\text{х}})} = \frac{(t_{\text{р}} - t_{\text{х}})}{(t_{\text{п}} - t_{\text{х}})}, \quad (4.8)$$

где $t_{\text{р}}$ – температура регенерации, °С; $t_{\text{х}}$ – температура холодного молока, °С; $t_{\text{п}}$ – температура пастеризации, °С.

Значение коэффициента регенерации составляет $E = 0,3$ для прямоточных и $E = 0,5 \dots 0,8$ для противоточных регенераторов.

Площадь поверхности регенератора, м²

$$F = \frac{M_{\text{п}}c(t_{\text{р}} - t_{\text{х}})}{k_{\text{р}}(1 - E)(t_{\text{п}} - t_{\text{р}})}, \quad (4.9)$$

где $k_{\text{р}}$ – коэффициент теплопередачи регенератора, Вт/(м²·°С).

Средний температурный напор определяют из температурного графика (рис. 4.15), для построения которого рассчитывают недостающие значения температуры:

$$t_2 = t_1 + (t_3 - t_1)E; \quad t_4 = t_1 + t_3 - t_2; \quad t_5 = t'_5 + 2, \quad (4.10)$$

где t_2 – температура регенерации, °С; t_1 – начальная температура молока, °С (6...10 °С); t_3 – температура пастеризации, °С (74...76 °С – при выработке питьевого молока и 86...88 °С – при выработке кефира); t_4 – температура молока между секциями регенерации и водяного охлаждения, °С; t_5 – температура молока между секциями водяного и рассольного охлаждения, °С; t'_5 – начальная температура охлаждения воды, °С (8...10 °С).

Температуру горячей воды ($t''_{\text{р}}$), холодной воды ($t''_{\text{в}}$) и рассола ($t''_{\text{р}}$) при выходе из секций рассчитывают по формулам:

$$t''_r = t'_r - \left(\frac{C_M}{C_r n_r} \right) (t_3 - t_2);$$

$$t''_b = t'_b + \left(\frac{C_M}{C_b n_b} \right) (t_4 - t_5);$$

$$t''_p = t'_p + \left(\frac{C_M}{C_p n_p} \right) (t_5 - t_6),$$

где t'_r – начальная температура горячей воды, °C ($t'_r = t_2 + 2$); C_M, C_r, C_b, C_p – удельная теплоемкость соответственно нагреваемого продукта, горячей воды, холодной воды и рассола, Дж/кг; n_r, n_b, n_p – кратность расхода горячей воды ($n_r = 4 \dots 8$), холодной воды ($n_b = 3$), рассола ($n_p = 2 \dots 2,5$); t'_p – начальная температура рассола, °C ($-4 \dots -5$ °C); t_6 – конечная температура пастеризованного молока, °C (4°).

Из условия неразрывности потока находят число m параллельных каналов в пакете охладителя

$$m = \frac{M_{\text{п}}}{(10^3 v_{\text{п}} b n)},$$

где $v_{\text{п}}$ – скорость движения молока по каналам охладителя ($v_{\text{п}} = 0,25$ м/с); b – ширина канала, м; n – толщина зазора между рабочими поверхностями в пакте, м.

Площади рабочих поверхностей водяной S_b и рассольной S_p секций охладителя находят из уравнения Ньютона-Фурье

$$S_b = \frac{Q_b}{k \Delta T_{\text{cp}}} \quad \text{и} \quad S_p = \frac{Q_p}{k \Delta T_{\text{cp}}},$$

где k – общий коэффициент теплопередачи, $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}}$, Вт/м²·К. Для пастеризационно-

охладительных установок производительностью 1,5...2 кг/с коэффициент теплопередачи секций пастеризации, регенерации, охлаждения водой и рассолом можно принять соответственно 2550...2620; 2100...2300; 1200...1500; 1050...1150 Вт/(м²·с). Для установок производительностью меньше 1 кг/с эти величины принимаются равными соответственно 1200, 1150, 1100 и 950 Вт/(м²·с); δ – толщина пластины, м.

Средняя логарифмическая разность температур ΔT_{cp} определяется по уравнению Грасгофа

$$\Delta T_{\text{cp}} = \frac{(\Delta T_{\text{max}} - \Delta T_{\text{min}})}{2,3 \lg \left(\frac{\Delta T_{\text{max}}}{\Delta T_{\text{min}}} \right)},$$

где ΔT_{max} – разность температур между молоком и охлаждающей жидкостью на входе молока в данную секцию охладителя; ΔT_{min} – разность температур между молоком и охлаждающей жидкостью на выходе молока из данной секции охладителя.

Коэффициенты теплоотдачи определяют из формул

$$\alpha_1 = \frac{\text{Nu} \lambda_b}{2h}, \quad \alpha_2 = \frac{\text{Nu} \lambda}{2h},$$

где λ_b – коэффициент теплопроводности воды, Вт/м²·К.

Критерий Нуссельта определяется по формуле

$$\text{Nu} = 0,1 \text{Re}^{0,7} \text{Pr}_{\text{ж}}^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}_{\text{ж}}}{\text{Pr}_{\text{ст}}} \right)^{0,25},$$

где $Pr_{ж}$, $Pr_{ст}$ – критерии Прандтля соответственно для жидкости и стенки.

С учетом поправки на направление теплового потока: при нагревании $\left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_{ст}}\right)^{0,25} = 1,05$; при охлаждении $\left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_{ст}}\right)^{0,25} = 0,95$.

Число пластин в секции можно определить по формуле

$$z_{пл} = \frac{S}{f_{пл}}, \quad (4.17)$$

где $f_{пл}$ – площадь рабочей поверхности одной пластины.

5 СЕПАРИРОВАНИЕ МОЛОКА

Сепарирование молока – это разделение молока на сливки и обезжиренное молоко (обрат) под действием центробежных сил, а также одновременной очистки молока от загрязнений. Осуществляется в сепараторах. Сепараторы также используются для нормализации и гомогенизации молока, выделение белковых фракций из сквашенного молока; бактериофугирование, облагораживание масла; сепарирование сыворотки и сгущенного молока.

По назначению сепараторы подразделяются на: сепараторы-сливкоотделители, сепараторы-нормализаторы, очистители и универсальные сепараторы. По конструкции они могут быть открытыми, полузакрытыми и герметическими. По способу удаления из барабана механических примесей и белкового сгустка сепараторы могут быть с ручной выгрузкой осадка (остановка сепаратора, разборка и очистка барабана), с периодической выгрузкой через окна в корпусе барабана (саморазгружающиеся) и с непрерывной выгрузкой осадка через сопла по периферии корпуса барабана. По виду привода сепараторы подразделяются на три группы: с ручным, комбинированным и электромеханическим приводом.

В открытых сепараторах молоко и продукты сепарирования соприкасаются с окружающим воздухом, захватывают воздух, образуя молочную пену, ухудшающую качество продукции и условия эксплуатации. В полузакрытых сепараторах подача молока осуществляется с доступом воздуха, а отвод – закрытым способом под давлением создаваемым барабаном. В герметических сепараторах подвод и отвод продукта осуществляется без доступа воздуха под давлением.

Для выделения из молока молочного жира используют естественный отстой, когда в спокойно стоящем сосуде с молоком жировые частицы всплывают к поверхности, образуя слой сливок и сепарирование молока.

Скорость всплытия шариков жира в молоке, находящемся в покое, пропорциональна действующему на него ускорению свободного падения, и составляет несколько миллиметров в час. Кроме того, требуются большие площади помещений для размещения оборудования, а в снятом молоке остается значительная часть жира.

В связи с необходимостью получения сливок в большом количестве и высокого качества возникла проблема ускорения отстаивания сливок. Уже с середины XIX в. начали появляться различные устройства для получения сливок, основанные на применении центробежной силы. В 1877 г. Г. Лаваль предложил для разделения молока центрифугу, которую назвал сепаратором. Этот сепаратор не нашел широкого применения, так как был периодического действия. В 1879 г. на базе анализа конструкций центрифуг Г. Лаваль изобрел бестарельчатый сепаратор непрерывного действия. В 1889 г. Бехтольсгейм предложил конические тарельчатые вставки, позволяющие интенсифицировать процесс сепарирования и увеличить производительность сепаратора. Первый патент на сепаратор соплового типа был выдан в Швеции в 1904 г.

5.1 Оборудование для сепарирования молока

Основными элементами сепараторов являются: барабан, приводной механизм, станина, коммуникации для подвода и отвода продуктов сепарирования.

Сепаратор ОСБ открытого типа с ручной выгрузкой осадка предназначен для разделения цельного молока на сливки и обезжиренное молоко (обрат), с одновременной очисткой их от загрязнений при температуре 308...313 К и кислотности не более 20° Тернера. Производительность 1000 л/час. Содержание

жира в обрате до 0,04 %. Частота вращения барабана 8000 мин⁻¹. Количество тарелок в барабане 56. Масса барабана 17 кг. Мощность электродвигателя 0,55 кВт. Продолжительность непрерывной работы один час. Основные части сепаратора: станция с приводным механизмом, плитой и салазками, барабан и молочная посуда. Состоит из электродвигателя 1 (рис. 5.1), приводного механизма, барабана 5 и приемно-выводного устройства. Приводной механизм обеспечивает постепенную и плавную передачу вращения от электродвигателя через фрикционно-центробежную муфту, состоящую из полумуфты, обоймы и грузиков с фрикционными накладками, на червячную пару, вал 2 и барабан 5. Барабан состоит из основания, тарелкодержателя, пакета промежуточных тарелок, верхней разделительной тарелки с отверстием и регулировочным винтом, крышки, прижимаемой к основанию шайбой.

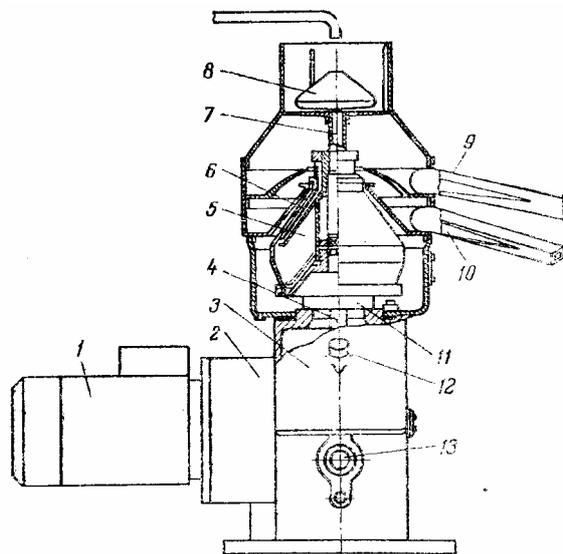


Рис. 5.1 Общий вид сепаратора ОСБ:

1 – электродвигатель; 2 – фрикционно-центробежная муфта; 3 – приводной механизм; 4 – вертикальный вал; 5 – барабан; 6 – разделительная тарелка;
7 – трубка; 8 – поплавок; 9 – приемник сливок; 10 – приемник обрата;
11 – корпус подшипника; 12 – заливное отверстие; 13 – смотровое стекло

Сливкоотделительный барабан (рис. 5.2, б) состоит из основания 1, тарелкодержателя 3, пакета тарелок 2, кожуха барабана 10, накидной гайки 5. Между основанием и кожухом закладывается уплотнительное кольцо 11.

В основание вставляется трубка 4 приемной камеры. На центральную трубку основания надеваются тарелкодержатель и комплект тарелок. Зазор между тарелками обеспечивается за счет приваренных шпиков. Пакет тарелок накрыт разделительной тарелкой 8. В ее горловине припаяна планка с регулировочным винтом 6. На наружной конусной части разделительной тарелки напаяны три ребра, на которые ложится кожух барабана, образуя пространство для выхода обезжиренного молока. При сепарировании молоко из молокоприемника через калиброванную трубку с постоянным напором поступает в центральную трубку основания. Далее по каналам и отверстиям 9 в тарелкодержателе молоко попадает по трем вертикальным каналам в пакете тарелок 2 и распространяется между тарелками вращающегося барабана. В межтарелочном пространстве поток молока разделяется. Плазма, как более тяжелая часть молока (обрат), движется к периферии – к стенкам кожуху

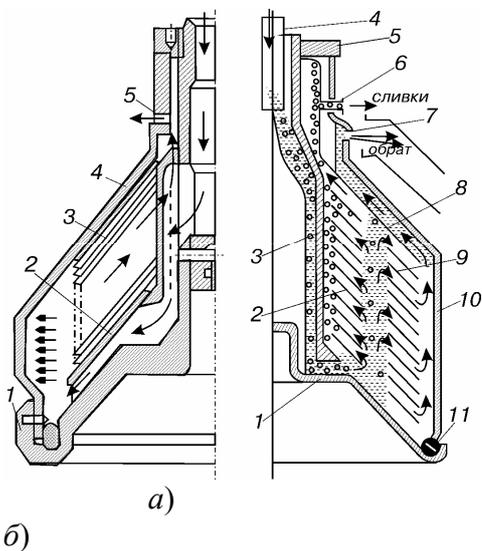


Рис. 5.2 Схема барабана сепараторов:

а – молокоочистителя; *б* – сливокоотделителя

ха барабана. Жировые шарики под действием центробежной силы движутся к оси вращения и "всплывают". Таким образом в межтарелочном пространстве под действием напора вновь поступивших в барабан порций молока образуются два потока: I – поток сливок, направленный к оси барабана; II – поток плазмы к стенкам кожуха барабана. Сливки отесняются к тарелкодержателю и, поднимаясь вверх, выходят через отверстие регулировочного винта. Обезжиренное мо-

локо проходит между разделительной тарелкой и кожухом и выбрасывается из барабана через канал 7.

Для изменения жирности сливок регулировочный винт с отверстием неизменного сечения ввертывают внутрь. Скорость истечения сливок снижается, так как центробежная сила по мере приближения винта к оси вращения уменьшается, а с ней уменьшается и напор. При этом сливок будет выходить меньше, но они будут содержать больше жира.

В пространстве между пакетом тарелок и кожухом барабана (грязевое пространство) оседает грязь. Зазор между парами тарелок (в разных конструкциях) составляет 0,35...0,5 мм. Зазоры между тарельчатыми вставками у молокоочистительного сепаратора больше, чем у сливокоотделителя и могут составлять 0,8...2,0 мм. Молокоочистительный барабан (рис. 5.2, *а*) состоит из корпуса 4 с центральной трубкой дна 1, тарелкодержателя 2, пакета тарелок 3, верхней тарелки, крышки, затяжной гайки и уплотнительного резинового кольца. Центральная трубка корпуса закрыта снизу и имеет ребро для установки в прорези вала барабана.

Процесс протекает в следующем порядке. Через кран молокоприемника молоко поступает в поплавковую камеру, обеспечивающую постоянство расхода (постоянный напор), а оттуда через калибровочную трубку идет в центральную трубку барабана. Через отверстия и каналы тарелкодержателя оно поступает в грязевое пространство (между пакетом тарелок и крышкой корпуса 4), где оседает основная часть механических примесей. Затем, проходя через пакет тарелок 3, молоко очищается дополнительно и, собираясь в центральной части, выходит через отверстия 5 в крышке барабана в сборник.

У барабанов полузакрытых сепараторов-сливкиотделителей имеется в верхней части разделительной тарелки напорная камера, в которой размещается напорный диск сливок приемно-выводного устройства. Над этой камерой в горловине крышки барабана располагается камера напорного диска обезжиренного молока. Соотношение сливок и обезжиренного молока у этих сепараторов регулируют с помощью вентиля, установленных на патрубках приемно-выводного устройства.

Отличительной особенностью барабана у герметических сепараторов является подача молока в барабан снизу через полый вал, на котором установлен барабан. Сливки в таком барабане собирают в центральную трубку тарелкодержателя и выводят из барабана за счет давления, создаваемого на входе в сепаратор. В процессе работы в барабан воздух не попадает, отсутствует вспенивание, улучшается качество сепарирования.

Молоко для потребителя должно быть стандартизовано по жирности. Такое молоко называется нормализованным, а процесс приведения молока к стандартной жирности называется нормализацией. Нормализация молока производится различными способами: удаляют избыточную часть жира с помо-

стью сепаратора-нормализатора, удаляют жир из части молока и направляют обезжиренное молоко в танк для хранения; добавляют сливки к цельному или обезжиренному молоку.

Для нормализации молока в потоке широкое распространение нашли сепараторы-нормализаторы. В них между трубами для обезжиренного молока и для сливок устанавливается соединительная труба. Выход продуктов сепарирования регулируют изменением их количественного соотношения запорными приспособлениями.

На рис. 5.3 показано устройство для нормализации молока в потоке. В процессе нормализации молока часть сливок по патрубку 2 направляется к выходу из сепаратора и, смешиваясь с обезжиренным молоком, образует нормализованную смесь. Избыток сливок выходит через трубопровод 3. При полностью открытом дросселе 4 сепаратор работает как сливоотделитель. Настройку сепаратора-нормализатора на заданную жирность молока устанавливают по таблице с помощью дросселя 4.

Промышленное освоение сепараторов с центробежной пульсирующей выгрузкой осадка началось в 1935 г. Особенностью этих сепараторов является наличие разгрузочных отверстий по периферии барабана, которые перекрываются подвижным элементом во время накопления осадка и открываются для центробежного удаления осадка на ходу машины без остановки барабана. Барабан сепаратора с периодической выгрузкой осадка показан на рис. 5.4.

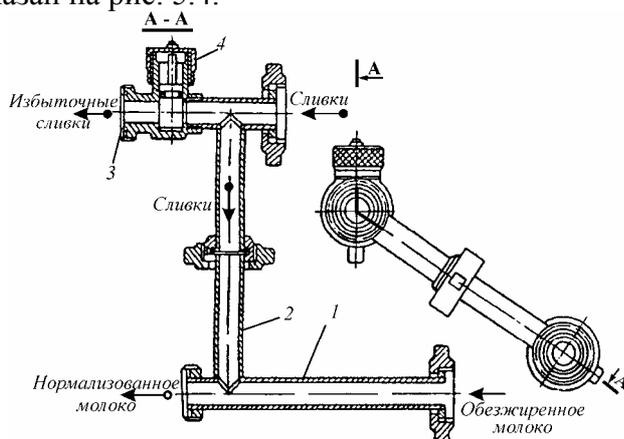


Рис. 5.3 Приспособление к сепаратору-сливкоотделителю для нормализации молока по жирности:

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

При вращении барабана в жидкости возникает гидростатическое давление $p_{ж}$. Для перекрытия каналов 7 на периферии барабана 8 имеется поршень 9. При создании в полости 11 гидростатического давления p_3 , обеспечивающего силу N , превышающую силу, создаваемую давлением $p_{ж}$ поршень надежно перекрывает каналы 7, и осадок в шламовом пространстве будет накапливаться. Гидростатическое давление в полости 11 создается подачей во вращающийся барабан водопроводной водой через канал 2. Для разгрузки шламового пространства от осадка необходимо опустить поршень 9 и открыть разгрузочные каналы 7 одним из двух способов.

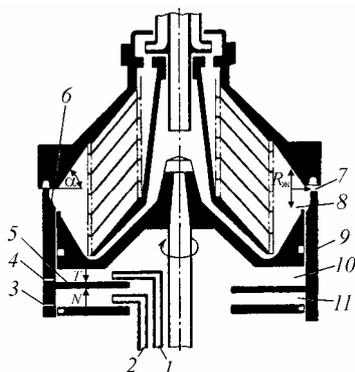


Рис. 5.4 Схема барабана с центральной пульсирующей выгрузкой осадка

Первым способом при помощи какого-нибудь смежного гидромеханизма открывают каналы 3. При этом жидкость из полости 11 под действием центробежной силы выбрасывается, давление p_3 исчезает и под действием давления $p_{ж}$ на поверхность фаски 6 поршень опускается, открывая каналы 7 для разгрузки содержимого барабана.

Второй способ предусматривает создание давления p_p , подачей воды по каналу 1 в полость 10, сила T от которого на диафрагму 5 превышает силу p_3 , и заставляет поршень опуститься, открывая разгрузочные каналы 7.

Процесс управления работой сепаратора полностью автоматизирован.

Основные элементы системы – гидроузел и пульт управления. В состав гидроузла входят фильтр, редуктор для регулирования давления буферной воды, манометры, электромагнитный вентиль подачи размывочной воды, вентили для управления подачей воды вручную.

В автоматическом режиме управление осуществляется с пульта управления тремя программными реле. Одно из реле задает время между разгрузками барабана в пределах 5...240 мин. Установка второго реле регламентирует продолжительность разгрузки в пределах 0,3...10 с. Третье реле управляет электромагнитным вентилем подачи размывочной воды для удаления осадка при разгрузке барабана.

5.2 Расчет сепараторов-сливкоотделителей

Для выделения из молока молочного жира используют явление естественного отстоя, когда в спокойном стоящем сосуде с молоком жировые шарики всплывают к поверхности сосуда, образуя слой сливок.

Скорость всплытия, м/с

$$v = g\tau, \quad (5.1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; τ – фактор разделения, с.

Значение τ определяется по формуле

$$\tau = \frac{2(\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{ж}})r^2}{9\eta_{\text{п}}}, \quad (5.2)$$

где $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{ж}}$ – плотности плазмы и жира, кг/м³; r – радиус жирового шарика, м; $\eta_{\text{п}}$ – вязкость, Па·с.

Медленный процесс отстоя резко убыстряется в молочных сепараторах. Определим производительность сепаратора-сливкоотделителя по Г.И. Бремеру. Схема движения молока в межтарелочном пространстве показана на рис. 5.5, а.

Разделяемый поток молока, состоящий из частиц плазмы плотностью $\rho_{\text{п}}$ и жировых шариков плотностью $\rho_{\text{ж}}$, направляется во вращающийся барабан сепаратора, где возникает поле действия центробежных сил и происходит отстойное центрифугирование. При этом на каждую взвешенную частицу действует центробежная сила $F_{\text{ц}}$, отбрасывающая частицу от центра к периферии со скоростью $v_{\text{с}}$, равной скорости осаждения (отстоя).

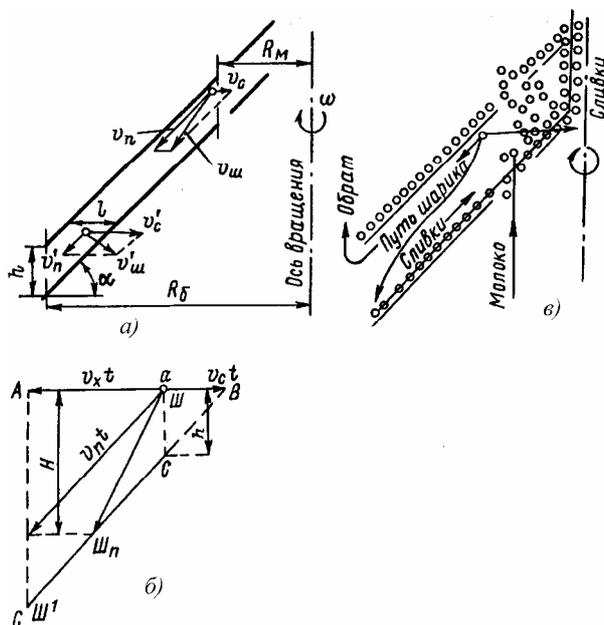


Рис. 5.5 Движение молока в межтарелочном пространстве барабана сепаратора:

а – выделение жирового шарика; *б* – токи обрат и сливок; *в* – план скоростей

Для оценки эффективности отстоя в центробежных устройствах сравним центробежную силу $F_{\text{ц}}$ с силой тяжести P , действующих в поле гравитации при естественном отстое по соотношению $F_{\text{ц}}/P = m\omega^2 R/mg = \omega^2 R/g$. Откуда

$$F_{ц} = P \omega^2 R / g = \tau P, \quad (5.3)$$

где $\tau = \omega^2 R / g$ – фактор разделения, показывающий во сколько раз действие центробежной силы превосходит силу тяжести (чем больше фактор разделения, тем выше разделяющая способность сепаратора); R – радиус барабана, м.

Выразим угловую скорость ω , c^{-1} , через частоту вращения, n , c^{-1} , барабана сепаратора, и примем $\pi^2 \approx g$. Тогда выражение для фактора разделения

$$\tau = 4n^2 R. \quad (5.4)$$

Из полученного выражения видно, что эффективности сепарирования выгоднее увеличивать за счет частоты вращения, а не радиуса барабана, так как частота вращения в квадрате.

По вертикальным каналам пакета тарелок в межтарелочное пространство поступает молоко с находящимися в нем жировыми шариками (рис. 5.5, б). Здесь жировые шарики участвуют в сложном движении. Одна составляющая движения определяется скоростью $v_{п}$ потока молока и направлена по образующей тарелки, другая – центробежной силой в относительном движении со скоростью v_c и направлена перпендикулярно оси вращения (скорость "всплытия" шариков). Скорость $v_{п}$ потока молока в межтарелочном пространстве (рис. 5.5, а)

$$v_{п} = \frac{V_t}{2\pi R l z}, \quad (5.5)$$

где V_t – объемный расход сепаратора, m^3/c ; l – расстояние между соседними тарелками по горизонтали, м; z – число межтарелочных пространств в барабане.

При ламинарном режиме движения скорость v_c осаждения определится по формуле Стокса с учетом фактора разделения

$$v_c = \frac{d^2 g (\rho_{п} - \rho_{ж}) \omega^2 R}{18 \eta_{п} g} = \frac{d^2 \omega^2 R (\rho_{п} - \rho_{ж})}{18 \eta_{п}}, \quad (5.6)$$

где d – диаметр жирового шарика, м.

В процессе центробежного осаждения значения τ и v_c изменяются, как зависящие от R , расстояния от оси вращения барабана до рассматриваемой частицы. Радиус вращения изменяется от R_m до R_6 (рис. 5.5, а).

Исследованиями установлено, что в диапазоне температур от 238 до 343 К физические свойства плазмы и молочного жира связаны зависимостью $(\rho_{п} - \rho_{ж}) / \eta_{п} = 2900(T - 273)$, где T – температура молока, К.

Тогда скорость всплытия шариков определится

$$v_c = 161 d^2 \omega^2 R (T - 273). \quad (5.7)$$

Абсолютная скорость движения жирового шарика $\bar{v}_{ш}$ равна геометрической сумме переносной и относительной скоростей: $\bar{v}_{ш} = \bar{v}_{п} + \bar{v}_c$.

Как следует из анализа формул, для определения скоростей $\bar{v}_{п}$, \bar{v}_c при продвижении жирового шарика в межтарелочном пространстве барабана относительная скорость будет возрастать, так как возрастает R , а переносная – уменьшаться, так как с увеличением R увеличивается сечение потока молока. Эти изменения приводят к изменению величины и направления результирующей скорости движения шариков $\bar{v}_{ш}$.

В результате этого жировые шарики оседают на верхних поверхностях тарелок и непрерывно продвигаются к оси вращения барабана.

Потоки сливок и обраты схематично показаны на рис. 5.5, б. При их анализе видно, что чем мельче жировой шарик, тем ближе к внешнему краю тарелки он опустится. Часть мелких жировых шариков, не достигших поверхности тарелки, выносятся с потоком обраты. Жировые шарики, опустившиеся на верхнюю поверхность нижней тарелки, движутся к центру вращения, в направлении общему потоку обраты. Сепараторы имеют устройство, позволяющее настраивать их на такой режим работы, при котором

потери жировых шариков будут сведены к минимуму. Эта регулировка называется настройкой сепаратора на "остроту разделения".

Предельное положение жирового шарика, который при данном режиме работы сепаратора достигнет сливочного потока на краю нижележащей тарелки показано на рис. 5.5, в. Пусть средняя переносная скорость будет \bar{v}_n , относительная \bar{v}_c , время движения в межтарелочном пространстве t . В выбранном масштабе нанесем на чертеж пути движения шарика в переносном и относительном движениях за время t . Длина пути, проходимая потоком, равна рабочей длине образующей усеченного конуса тарелки. Высоту тарелки обозначим через H , а расстояние между тарелками по высоте обозначим через h . Проекция пути шарика при переносном движении на горизонтальную ось обозначим через $v_x t$. Так как $\Delta ABC \approx \Delta abc$ и $v_c = v_n \cos \alpha$, то мы можем записать соотношения: $v_x / v_c = v_n \cos \alpha / v_c = H / h$.

С учетом значений \bar{v}_n, \bar{v}_c в формулах (5.6) и (5.7) получим

$$\frac{v_x}{v_c} = \frac{9V_t \cos \alpha \eta_n}{\pi R l z d^2 \omega^2 R (\rho_n - \rho_j)} \quad (5.8)$$

По рекомендациям В.Н. Стабникова и В.И. Баранцева для определения подачи сепаратора рассмотрим элементарный кольцевой объем dV сепарирующей части барабана, ограниченной толщиной кольца dR . При этом $dV = 2\pi h z R dR$, где h – расстояние между тарелками по вертикали, м.

Продолжительность пребывания молока в объеме V составит $dt = dV / V = 2\pi h z R dR / V$.

За это время находящийся в молоке жировой шарик, двигаясь со скоростью осаждения v_c , переместится в направлении к оси вращения на расстояние

$$dl = v_c dt = \frac{2\pi h z d^2 \omega^2 (\rho_n - \rho_j) R^2 dR}{18V \eta_n} \quad (5.9)$$

За время прохождения полного рабочего объема барабана, ограниченного радиусами R_m и R_b (рис. 5.5, а) жировой шарик должен успеть переместиться в потоке на расстояние l .

Проинтегрируем последнее выражение в пределах от 0 до l и от R_m и R_b , получим

$$l = \frac{2\pi h z d^2 \omega^2 (\rho_n - \rho_j)}{18V \eta_n} \frac{(R_b^3 - R_m^3)}{3} \quad (5.10)$$

После подстановки в это выражение значения $l = h / \operatorname{tg} \alpha$ и упрощения получим формулу для расчета производительности V_t (м/с) сепаратора

$$V_t = \frac{d^2 \omega^2 z \operatorname{tg} \alpha (R_b^3 - R_m^3) (\rho_n - \rho_j) \eta_c}{8,6 \eta_n} \quad (5.11)$$

где η_c – КПД сепаратора ($\eta_c = 0,5 \dots 0,7$).

Мощность $N_{\text{разг}}$, необходимую для разгона барабана сепаратора до номинальной частоты вращения, определим

$$N_{\text{разг}} = \frac{J \omega^2}{1000t} \quad (5.12)$$

где ω – номинальная угловая скорость барабана, с^{-1} ; t – время разгона барабана, с ($t = 60 \dots 180$ с).

Мощность N_B на преодоление трения барабана о воздух

$$N_B = \frac{C \rho v^3 F}{8000} \quad (5.13)$$

где $C = 0,3$ – постоянный коэффициент; $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха при $T = 293 \text{ К}$; v – окружная скорость барабана, м/с; F – площадь боковой поверхности барабана, м^2 .

Пусковая мощность сепаратора

$$N_{\text{п}} = \frac{(N_{\text{разг}} + N_{\text{в}})}{\eta}, \quad (5.14)$$

где $\eta = 0,8 \dots 0,85$ – КПД сепаратора.

Мощность холостого хода

$$N_{\text{хх}} = \frac{N_{\text{в}}}{\eta}. \quad (5.15)$$

Мощность рабочего хода сепаратора

$$N_{\text{рх}} = \frac{N_{\text{с}} + N_{\text{в}}}{\eta}, \quad (5.16)$$

где $N_{\text{с}}$ – мощность, потребная для преодоления гидравлических сопротивлений в барабане и сообщение кинетической энергии выбрасываемой жидкости, кВт;

$$N_{\text{с}} = \frac{4\varphi Q \pi^2 n^2 r_0^2}{3600 \cdot 2g \cdot 102} \approx 5,5 \cdot 10^{-6} \varphi Q n^2 r_0^2, \quad (5.17)$$

где φ – коэффициент, учитывающий направление струи ($\varphi \approx 1,1$); Q – действительная производительность сепаратора, кг/ч; n – частота вращения сепаратора, с^{-1} ; r_0 – расстояние от оси вращения до центра входного отверстия, м.

6 ГОМОГЕНИЗАЦИЯ МОЛОКА

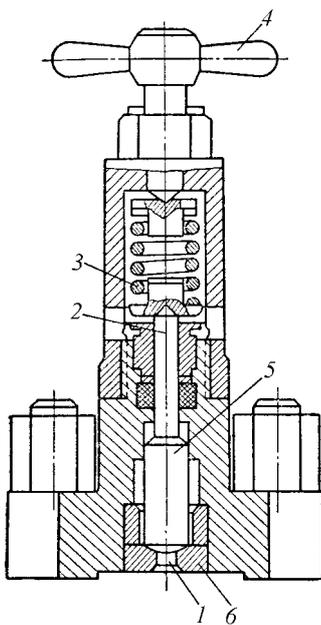


Рис. 6.1 Схема гомогенизирующей головки:
1 – канал; 2 – стержень; 3 – пружина;
4 – регулировочный винт; 5 – клапан;
6 – седло клапана

Диаметр жировых шариков молока колеблется от 0,1 до 16 мкм. Чем крупнее шарики, тем быстрее они всплывают. Для обработки молока и сливок с целью предотвращения их расслаивания при хранении применяют гомогенизацию. Гомогенизация молока – дробление (диспергирование) жировых шариков до размеров, затрудняющих естественный отстой жира в молоке. Гомогенизированное молоко обладает более выраженным запахом, вследствие увеличения поверхности жировых шариков, повышается перевариваемость молока. Впервые гомогенизация была предложена во Франции в конце XIX в. при производстве маргарина.

Одно- или двухступенчатые гомогенизаторы клапанного типа применяют для обработки молока и сливок. Гомогенизаторы-пластификаторы роторного типа применяют для изменения консистенции плавленых сыров и сливочного масла.

Гомогенизатор клапанного типа работает следующим образом. Под большим давлением гомогенизируемая жидкость нагнетается в клапан 1 (рис. 6.1), преодолевая сопротивление пружины 2 поднимет клапан 4 и с большой скоростью движется через узкую щель между клапаном и седлом 5. Высота клапанной щели не превышает 0,1 мм, а скорость молока достигает 150...200 м/с. Давление в потоке резко падает, попавшая в такой поток капля жира вытягивается, а затем дробиться на более мелкие капли-частички.

Гомогенизатор с двойным дросселированием, в котором жидкость последовательно проходит две рабочие головки, показан на рис. 6.2.

Применение двухступенчатой гомогенизации обусловлено тем, что после гомогенизации на первой ступени наблюдается слипание диспергированных частиц и образование "гроздьев", ухудшающих эффект диспергирования. На второй ступени происходит раздробление этих, сравнительно неустойчивых, образований, для чего требуется меньшее механическое воздействие. Поэтому перепад давлений во второй ступени значительно меньше, чем на первой.

Характерным показателем режима гомогенизации является давление, которое достигает 15...25 МПа. Во время гомогенизации жир должен находиться в жидком состоянии, поэтому гомогенизируемую жидкость подогревают до температуры 50...60 °С и более.

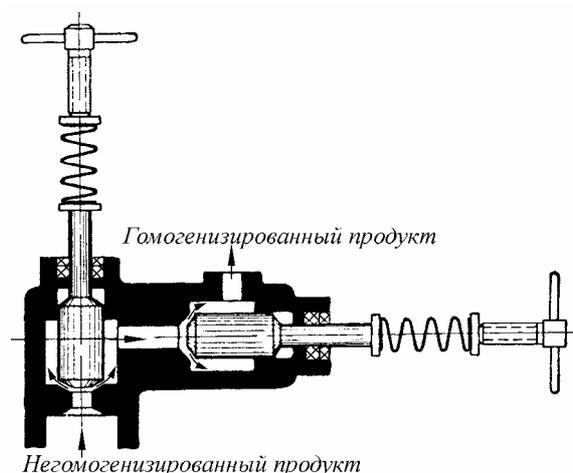


Рис. 6.2 Схема двухступенчатой гомогенизации
7 ПРОИЗВОДСТВО СЛИВОЧНОГО МАСЛА

В масле обнаружено около 50 различных химических компонентов. Сбалансированность летучих жировых веществ в низких концентрациях делает масло ценным пищевым продуктом для потребления в свежем виде и использования в качестве ингредиентов для соуса, приправ и других изделий. Стандартное сливочное масло содержит 83 % жира, 16 % влаги, 1 % белков и минеральных солей.

Масло стали использовать в пищу и как лечебное и как косметическое средство около 5000 лет назад. Древние индусы оценивали коров по количеству масла, которое можно получить из их молока.

В соответствии с ГОСТ Р 37–97 "Масло из коровьего молока. Общие технические условия" применяется следующая классификация масла:

- в зависимости от массовой доли жира и характера физической структуры подразделяется на топленое (с массовой долей жира не менее 99 %) и сливочное;
- масло сливочное в зависимости от вкуса и запаха, кислотности плазмы подразделяется на сладкосливочное (с привкусом пастеризации, формирующимся из вещества сливок, образующихся в процессе их обработки) и кисломолочное (с приятным кисломолочным вкусом, обусловленным наличием молочной кислоты и ароматообразующих веществ, образующихся из вещества сливок в процессе их сквашивания);
- масло сливочное в зависимости от массовой доли жира и калорийности подразделяется на традиционное (с массовой долей жира 80...85 %), облегченное (с массовой долей жира 70...79 %), легкое (с массовой долей жира 60...69 %) и сверхлегкое (с массовой долей жира 50...59 %).

Характеристика сливочного масла дана в табл. 7.1.

7.1 Характеристика сливочного масла

Вид коровьего масла	Массовая доля, %	
	жира, не менее	влаги, не бо- лее
Вологодское сладкосливочное и кисломолочное:		
несоленое	82,5	16,0
соленое*	81,5	16,0
Любительское сладкосливочное и кисломолочное:		
несоленое	78,0	20,0
соленое*	77,0	20,0
	72,5	25,0

Крестьянское сладкосливочное и кисломолочное несоленое	71,5 99,0	25,0 0,7
Крестьянское сладкосливочное соленое* Топленое		

* Поваренной соли не более 1,0 %.

7.2 Органолептические показатели качества масла

Наименование показателя	Оценка, баллы
Вкус и запах	10
Консистенция на внешний вид	5
Цвет	2
Упаковка и маркировка	3

Органолептические показатели качества масла, его упаковку и маркировку оценивают по 20-балльной шкале согласно табл. 7.2.

В зависимости от органолептической оценки масло подразделяют на сорта: марочное (19...20 баллов), высший (14...20) и первый (10...13) и некондиционное (менее 10 баллов).

Первым аппаратом для получения молока была маслобойка, приводимая в движение собаками, бегущими по бесконечной ленте.

Масло обычно вырабатывается путем взбивания сливок, но может получаться и при взбивании молока. В результате интенсивного перемешивания разрушаются оболочки жировых шариков в сыворотке и частички жира слипаются. Нормальный процесс сбивания протекает при оптимальном соотношении кристаллического, твердого и жидкого жира в узком диапазоне температур. При образовании пены жировые шарики концентрируются на поверхности раздела воздух–сыворотка воздушных пузырьков, не содержащих жира. Жидкий жир шариков распространяется по границе раздела вместе с материалом мембран жировых шариков. Пленка жидкого жира скрепляет шарики в комочки. В результате многократного образования и разрушения воздушных пузырьков комочки жира превращаются в зерна масла, содержащих видоизмененную плазму (пахту) на границе раздела жировых шариков. В процессе обработки массы происходит частичное разрушение жировых шариков и их содержимое переходит в жидкий жир.

7.1 Оборудование для производства сливочного масла

Оборудование для производства сливочного масла делится на оборудование для подготовительных операций и оборудование для выработки сливочного масла.

Подготовительные операции по производству масла осуществляются с помощью заквасочников и емкостей для созревания сливок, а для выработки масла служат маслоизготовители и маслообразователи.

Заквасочники представляют собой аппараты для производства закваски. Они бывают одно-, двух- и четырехсекционными.

Из сливок жирностью 30...40 % масло получают методом сбивания в маслоизготовителях периодического и непрерывного действия. Маслообразователи барабанного и пластинчатого типа, а также вакуум-маслообразователи используются для получения масла из высокожирных сливок. Маслообразователи непрерывно действующие. Они обеспечивают изготовление масла в потоке.

Маслоизготовители периодического и непрерывного действия различаются между собой механизмом получения масла, способом воздействия на сливки и конструкцией рабочих органов. Выработка сливочного масла в маслоизготовителях периодического действия происходит в два этапа: образование из жировых шариков масляного зерна и формирование из него пласта сливочного масла. В маслоизготовителях непрерывного действия образование масляного зерна и паста происходит в потоке.

В безвальцовых маслоизготовителях периодического действия при вращении заполненной на 30...50 % рабочей емкости сливки сначала поднимают на определенную высоту, а затем сбрасывают под действием силы тяжести, подвергая сильному механическому воздействию. Высота подъема сливок, возни-

кающее давление, характер движения жидкости определяются размерами рабочей емкости и ее частотой вращения. Скорость перемещения сливок составляет 5...7 м/с.

В вальцовых маслоизготовителях масло обрабатывается многократным протягиванием пласта между вращающимися вальцами. Схема образования масла в вальцовом маслоизготовителе периодического действия показана на рис. 7.1. В зависимости от размера бочки количество вальцов может быть различным: одна, две или три пары.

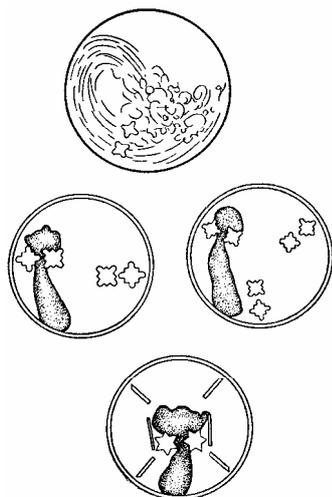


Рис. 7.1 Схема образования масла

Бочка вальцовых маслоизготовителей бывает цилиндрической или конической формы. Вальцовые маслоизготовители выпускают с боковым люком и вальцами установленными стационарно (тип Л); с торцевым люком и выдвигной кареткой с вальцами (тип К); со стационарно установленными вальцами и торцевым люком (тип КЛ). Наиболее совершенными являются маслоизготовители типа КЛ.

Маслоизготовители периодического действия условно можно разделить на три типа: с емкостью в качестве рабочего органа без каких-либо перемешивающих приспособлений внутри; с вращающейся емкостью и неподвижно закрепленными в ней спиралями, лопастями, струнами и т.п.; с неподвижной емкостью и вращающимися в ней какими-либо рабочими органами.

Наибольшее распространение получили маслоизготовители второго типа. Третий тип маслоизготовителей применяют при небольшой производительности.

В маслоизготовителях непрерывного действия интенсивное воздействие лопастей сбивателя приводит к турбулентному движению потока сливок в аппарате, интенсификации процесса агрегации (слипания) жировых шариков и образованию масляного зерна за несколько секунд. Скорость движения сливок составляет 18...22 м/с. Масляное зерно и пахта поступают в маслообработчик, где обрабатываются шнековым отжимником. Применение маслоизготовителей непрерывного действия более эффективно в составе поточно-технологических линий.

Заквасочник Г6-03-12 (рис. 7.2) предназначен для приготовления материнских заквасок на чистых культурах молочнокислых бактерий путем пастеризации молока, его сквашивания и охлаждения закваски. Применяется при производстве масла и сыра.

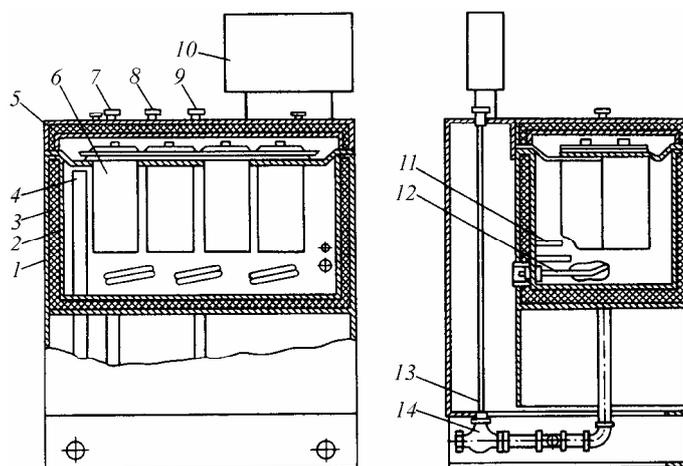


Рис. 7.2 Общий вид заквасочника Г6-03-12:

1 – наружная ванна; 2 – внутренняя ванна; 3 – термоизоляция; 4 – переливная труба; 5 – крышка; 6 – ушат; 7 – рукоятка вентиля слива воды; 8 – рукоятка вентиля подачи горячей воды; 9 – рукоятка вентиля подачи хладагента;

10 – пульт управления; 11 – датчики блоков регулирования и измерения температуры; 12 – электронагревательный элемент;

13 – шток вентиля; 14 – вентиль

Состоит из ванны с крышкой и подставкой, четырех ушатов с крышками, электрошкафа с пультом управления. Ванна включает в себя наружную и внутреннюю ванны, разделенных термоизоляцией. В верхней части ванны имеется решетка, в которую вставляются ушаты (цилиндрический сосуд с ручкой и крышкой).

Для приготовления заквасок ушаты с молоком помещают в ванну, заполненную водой до верха переливной трубы. Молоко нагревается до температуры пастеризации электронагревательным элементом, выдерживается, затем подается холодная вода и молоко охлаждается до температуры сквашивания, после чего в ушаты вносятся культуры молочнокислых бактерий. Процесс приготовления заквасок полностью автоматизирован. Готовая закваска охлаждается хладагентом и хранится в камерах до употребления.

Заквасочник Г6-03-40 аналогичен заквасочнику Г6-03-12 и отличается от описанного вместимостью и числом ушат. Для нагрева молока до температуры пастеризации смонтирована парораспределительная головка.

Техническая характеристика заквасочников представлена в табл. 7.3.

Емкости для созревания сливок делят на горизонтальные (ванны) и вертикальные.

7.3 Технические характеристики заквасочников

Наименование	Показатели заквасочников	
	Г6-03-12	Г6-03-40
Вместимость рабочая, дм ³ :		
общая	12	40
одного ушата	3	20
Установленная мощность, кВт	7,5	22,5
Потребление электроэнергии за цикл, кВт	не более 7,2	0,38
Расход воды при охлаждении молока за цикл, м ³	2...3	2...3
Температура хладагента, °С	60	60
Время нагрева молока, мин	855 × 620 × 10	855 × 620 × 10
Габаритные размеры, мм	80	80
Масса, кг	160	180

Горизонтальные сливкосозревательные ванны ВГСМ-800 и ВГСМ-2000 предназначены для охлаждения молока, тепловой обработки сливок при производстве сметаны, сливочного масла и других продуктов. Представляют собой емкость с мешалкой и приводным механизмом. Внутренняя ванна изготовлена из нержавеющей стали или алюминия. Пространство между внутренней ванной и наружным корпусом заполняется водой, которая подогревается паром, поступающим из трубчатого перфорированного барбатера, расположенного в нижней части корпуса. Наполнение межстенного пространства водой и слив воды осуществляется при помощи вентиля.

Мешалка получает колебательное движение от привода и равномерно перемешивает продукт. Для охлаждения продукта до необходимой температуры к отводам мешалки подают хладагент.

Техническая характеристика сливкосозревательных ванн дана в табл. 7.4.

Вертикальный резервуар Я1-ОСВ предназначен для созревания сливок при выработке сливочного масла и для производства кисломолочных напитков. Состоит из внутреннего сосуда, рубашки, крышки, мешалки, мощного устройства, привода мешалки, облицовки, системы трубопроводов и блоков управления.

7.4 Технические характеристики сливкосозревательных ванн

Наименование	Показатели
--------------	------------

	ВГСМ-800	ВГСМ-2000
Вместимость, м ³	0,8	2
Число колебаний мешалки в минуту	12...18	12...18
Угол отклонения мешалки, град	60...100	60...100
Установленная мощность, кВт	0,6	0,6
Поверхность охлаждения мешалки, м ²	1,21	2,2
Потребление:		
холода на цикл на 1 т продукта, кВт·ч	1,76	2,32
пара по конденсату на 1 т продукта, кг	4,45	4,45
Габаритные размеры, мм	2210 × 1680 × 1340	3660 × 1680 × 1580
Масса, кг	150	150
	340	580

Предусмотрены блоки управления в ручном, автоматическом и пневматическом исполнении.

Технологические процессы в резервуарах включают следующие операции: при производстве кисломолочных продуктов – заполнение резервуара молоком с закваской до определенного уровня, перемешивание, сквашивание, перемешивание и охлаждение сквашенного молока, выдержка, охлаждение, перемешивание, слив продукта; при созревании сливок – заполнение резервуара сливками до определенного уровня, перемешивание, созревание, охлаждение, перемешивание, слив сливок.

Резервуары по своему устройству практически одинаковы и отличаются только вместимостью. Основные технические показатели представлены в табл. 7.5.

Аппарат емкостной Л5-ОАВ-6,3 для созревания сливок с обеспечением автоматического ведения процесса при подготовке их к сбиванию сливочного масла. Относится к емкостным аппаратам с коническим днищем и рамной мешалкой. По устройству и работе аналогичен вертикальным резервуарам Я1-ОСВ.

7.5 Техническая характеристика резервуаров Я1-ОСВ

Параметр	Марка резервуара				
	Я1-ОСВ-2	Я1-ОСВ-3	Я1-ОСВ-4	Я1-ОСВ-5	Я1-ОСВ-6
Тип	вертикальные с системой охлаждения				
Вместимость, м ³	1	2,5	4,0	6,3	10
Внутренний диаметр, мм	1200	1400	1600	2000	2400
Установленная мощность, кВт	0,75				
Частота вращения мешалки, с ⁻¹	0,27	0,27	0,27	0,27	0,17/ 0,34
Габаритные размеры, мм: ширина	1535	1735	2100	2500	2900

наружный диаметр	1335	1535	1735	2135	2535
высота без привода	2110	2750	3180	3230	3380
Масса, кг	535	900	1070	1500	2000

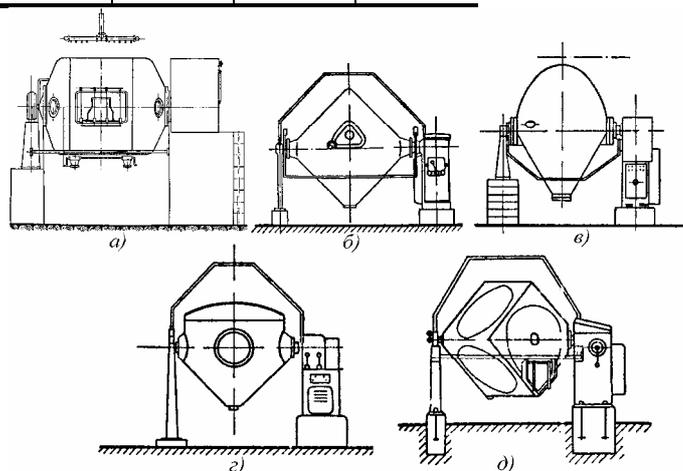


Рис. 7.3 Геометрические формы безвальцовых маслоизготовителей периодического действия:

а – цилиндрический; *б* – конический; *в* – грушевидный;
г – усеченный; *д* – кубический

Выпускаемые промышленностью безвальцовые маслоизготовители периодического действия по устройству и принципу работы практически одинаковы и отличаются лишь деталями. Рабочий орган (резервуар) безвальцовых маслоизготовителей может быть цилиндрическим, коническим, кубическим, с коническим днищем и т.д. (рис. 7.3).

Рабочий орган цилиндрического безвальцового маслоизготовителя (рис. 7.3, *а*) вращается в двух направлениях. Лопасты внутри непрерывно перемешивают масло в цилиндре, что обеспечивает мелкое и равномерное распределение влаги в нем. Масло из резервуара выгружают непосредственно в вагонетку через люк, крышка которого открывается и закрывается одним рычагом. Специальное устройство позволяет обрабатывать масло под вакуумом. Для нагревания и охлаждения сливок и масла снабжается оросителем.

Коническая форма маслоизготовителя (рис. 7.3, *б*) удобна при работе под вакуумом и под давлением. При работе под вакуумом в масле хорошо распределяется влага.

Резервуар грушевидной формы (рис. 7.3, *в*) резко сужается от центра к выпуклому отверстию. Угол, под которым идет сужение и форма люка для выгрузки позволяют выгружать масло обычной консистенции из маслоизготовителя под давлением собственного веса.

Усеченный маслоизготовитель (рис. 7.3, *г*) по технологическим качествам аналогичен грушевидным.

Кубический маслоизготовитель (рис. 7.3, *д*) нечувствителен к недогрузке и хорошо работает при небольшом проценте заполнения общей емкости.

Масло из маслоизготовителей в пневматически. При этом масло 20...22 °С, затем в резервуар при сжатый воздух под давлением через открытый кран.

Маслобойки ручные марок назначены для производства слильных подсобных хозяйствах. столешнице и закрепляется при в барабан заливают 7,5 кг сливок заполнения 3,5...8 кг. Время цесс сбивания включает падение пены, образование сливают через штуцер, а раза питьевой водой по 1,5...1,7 л, барабана. Промывочную воду для

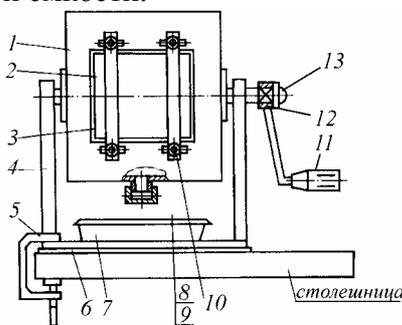


Рис. 7.4 Маслобойки ручные марок Г6-МБ:

1 – барабан; 2 – крышка;
3 – уплотнитель; 4 – основа-
ние;

большинстве случаев выгружается нагревается до температуры плотно закрытых люках подают 120...130 кПа, и масло выдавливается

Г-6-МБ-1 и Г6-МБ-2 (рис. 7.4) предвочного масла в фермерских и Маслобойка устанавливается на помощи струбины. Через отверстие жирностью 28...30 %. Норма сбивания сливок 40...60 мин. Проледующие этапы: пенообразование, масляного зерна. Далее пахту оставшееся масло промывают три делая по 5–6 медленных оборота задержки масляного зерна сливают

через марлю и сито.

Для соединения масляных зерен в пласт в масло добавляют соль из расчета 75...100 г соли на 2,5 кг продукта и медленно проворачивают барабан на 4–6 оборотов. Затем маслобойку прополаскивают сначала холодной, затем горячей водой, промывают 0,5-процентным раствором пищевой соды и просушивают. Техническая характеристика маслобоек представлена в табл. 7.6.

7.6 Техническая характеристика маслобоек

Показатель	Марка маслобойки	
	Г-62МБ-1	Г-62МБ-2
Производительность по маслу, кг	1 9	2,5 22,4
Общая вместимость барабана, л	3 ± 0,5	7,5 ± 1
Масса заливаемых сливок, кг	450 × 350 × 13	600 × 450 × 5
Габаритные размеры, мм	400	50
Масса, кг	13	17

Для сбивания масла из смеси сметаны и сливок в небольших фермерских хозяйствах можно применять маслобойку (рис. 7.5), которая состоит из основания, бачка и двигателя, соединенных шатуном. Вместимость маслобойки составляет 35 л, мощность электродвигателя 1 кВт, габаритные размеры 1000 × 2000 мм.

Маслоизготовители марок МБ-250, МБ-500, РЗ-ОБЭ-М предназначены для выработки различных видов сливочного масла (сладко- и кисломолочного, соленого и др.) методом непрерывного сбивания сливок в условиях малых предприятий. Барабан имеет коническую форму, оснащен вентилем для удаления пахты и клапаном для удаления выделяемых в процессе сбивания газов, смотровым окном.

В конструкции предусмотрена замена ручного тормоза на электрический с автоматизацией его работы и возможность отключения автоматического торможения. Частота вращения емкости 0,4 и 0,6 с⁻¹.

Техническая характеристика маслоизготовителей МБ-250, МБ-500 и РЗ-ОБЭ-М представлена в табл. 7.7.

7.7 Техническая характеристика маслоизготовителей с коническим рабочим органом

Показатели	Марки маслоизготовителей		
	МБ-250	МБ-500	РЗ-ОБЭ-М
Вместимость барабана, л:			
общая	250	500	2000
рабочая	50...110	100...225	400...900
Время сбивания, мин	45...60	45...60	45...60
Количество получаемого масла за один цикл при жирности сливок	35	75	35
30...35 %, кг	1950 × 210	2180 × 230	3420 × 250
Габаритные размеры, мм	0 × × 1800	0 × × 2100	0 × × 2568
	480	558	1800

Масса, кг			
-----------	--	--	--

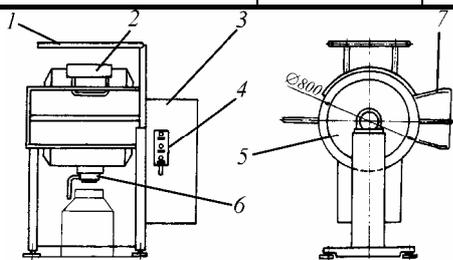


Рис. 7.6 Маслоизготовитель ЯЗ-ОМЕ-0,13:

1 – оросительное устройство;
2 – окно загрузочное; 3 – шкаф силовой;

4 – пульт управления; 5 – емкость;
6 – кран спускной; 7 – ограждение

масса – 300 кг.

Маслоизготовитель А1-ОМП предназначен для выработки сливочного масла (сладко- и кисломолочного, соленого, любительского, крестьянского, вологодского) по ГОСТ 37–97 методом периодического сбивания сливок и обработки полученного масла до полной его готовности. Жирность сливок, подаваемых в маслоизготовитель – 30...45 %.

Техническая характеристика маслоизготовителя А1-ОМП: вместимость общая – 500 л, рабочая – 200 л; частота вращения барабана при сбивании сливок – 30 мин⁻¹, обработки – 15 мин⁻¹; мощность электродвигателя 1,5 кВт; габаритные размеры маслоизготовителя – 2070 × 1120 × 1705 мм, тележки – 1050 × 535 × 735; масса маслоизготовителя – 250 кг, тележки – 40 кг.

Маслоизготовитель Л5-ОМП (рис. 7.7) предназначен для выработки сливочного масла по ГОСТ 37–87, применяется на маслосырзаводах малой мощности. Состоит из цилиндрического барабана, станины с приводом, пульта управления, электрошкафа, стойки, орошающего устройства из труб с отверстиями, ограждения и тележки для слива пахты и выгрузки масла. Маслоизготовитель монтируют на бетонном фундаменте. Обслуживает установку один человек.

Техническая характеристика маслоизготовителя Л5-ОМП представлена в табл. 7.8.

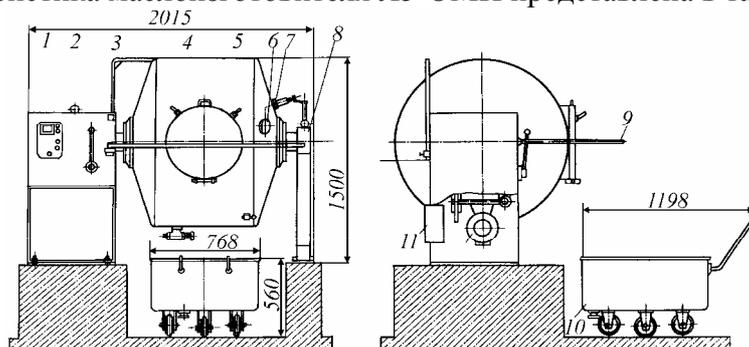


Рис. 7.7 Общий вид маслоизготовителя Л5-ОМП:

1 – пульт управления; 2 – станина; 3 – орошающее устройство;

4 – барабан; 5 – люк; 6 – смотровое окно; 7 – клапан выпуска газов;

8 – стойка; 9 – ограждение; 10 – тележка; 11 – привод; 12 – кран слива пахты

7.8 Техническая характеристика маслоизготовителя Л5-ОМП

Показатель	Значение
Вместимость геометрическая, л:	
барабана маслоизготовителя	1000
тележки	230

Коэффициент загрузки барабана маслоизготовителя	0,45
Частота вращения барабана, с ⁻¹ :	20 ± 2
первая скорость	30 ± 2
вторая скорость	2,45
Продолжительность технологического цикла, ч	1,1
Расход воды, м ³ /ч	1...5
Температура холодной воды, °С	30...45
Жирность сливок, подаваемых на маслоизготовитель, %	0,4
Содержание жира в пахте, %	2,5/2,8
Установленная мощность, кВт	2050 × 1600 × 1
Габаритные размеры, мм	900
маслоизготовителя	1300 × 830 × 75
тележки	0
Масса, кг:	
маслоизготовителя	700
тележки	50

Маслоизготовитель безвальцовый ММ-1000 (рис. 7.8) предназначен для сбивания масла методом периодического сбивания сливок до полной его готовности. Состоит из цилиндрической бочки и приводного механизма. Внутри бочки укреплены четыре спиральные лопасти и вдоль оси проходит струна, улучшающая обработку масла. Масло при обработке падает на осевую струну и разделяется на две части, вследствие чего удары о стенку бочки смягчаются; вместимость, дм³: полная – 1100, рабочая – 440; установленная мощность – 3 кВт; частота вращения бочки – 0,48 с⁻¹; габаритные размеры 2056 × 1650 × 1628 мм; масса – 880 кг.

Маслоизготовитель малогабаритный МИМ-1 (рис. 7.9) предназначен для изготовления масла из сливок 30...40 %-ной жирности в условиях небольших ферм. Две скорости вращения барабана и промывка водой обеспечивают лучшую обработку масляного зерна с небольшим отходом зерна в пахту. Техническая характеристика маслоизготовителя МИМ-1 представлена в табл. 7.9.

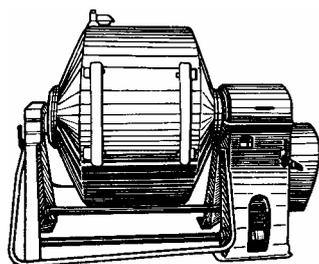


Рис. 7.8 Маслоизготовитель безвальцовый ММ-1000

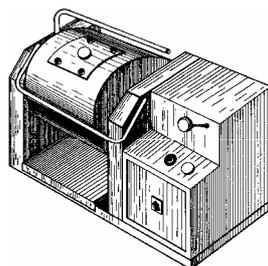


Рис. 7.9 Маслоизготовитель малогабаритный МИМ-1

7.9 Техническая характеристика маслоизготовителя МИМ-1

Показатель	Значение
------------	----------

Масса, кг:	
сливок, перерабатываемых за один цикл	20
получаемого масла	10
Время, мин:	10...15
сбивания	5...10
обработки	15...25
цикла	2
Число скоростей барабана	0,75
Потребляемая мощность, кВт	1127 × 765 × 400
Габаритные размеры, мм	100
Масса, кг	

Маслоизготовитель МИП-1500 (рис. 7.10) предназначен для изготовления сливочного масла в условиях индивидуальных и фермерских хозяйств; представляет цилиндрическую емкость, вращающуюся вокруг своей оси. Сбивание сливок и обработка масляных зерен производятся специально спрофилированными лопастями, закрепленными на внутренней поверхности емкости. Техническая характеристика маслоизготовителя представлена в табл. 7.10.

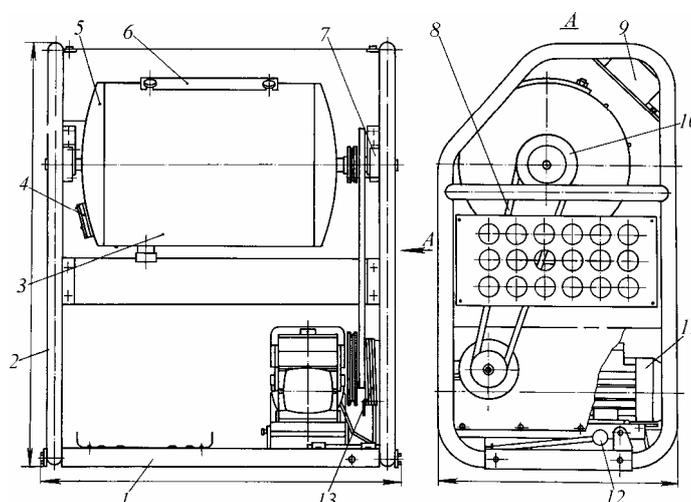


Рис. 7.10 Общий вид маслоизготовителя МИП-1500:

1 – основание рамы; 2 – рама; 3 – сливной штуцер; 4 – смотровое окно;
 5 – емкость; 6 – крышка люка; 7 – подшипниковый узел; 8 – ремень;
 9 – выключатель электрический; 10 – шкив; 11 – привод;
 12 – ручка платформы; 13 – шнур питания

7.10 Техническая характеристика маслоизготовителя МИП-1500

Показатель	Значение
Вместимость барабана, л	30
Коэффициент загрузки барабана	0,5
Время для получения пласта масла, мин	45...60
Частота вращения барабана в режимах, мин ⁻¹ :	54
сбивания сливок	13
маслообработки	90
Потребляемая мощность, Вт	490 × 580 × 800
Габаритные размеры, мм	30
Масса, кг	

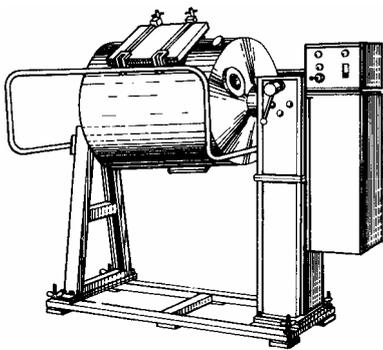


Рис. 7.11 Маслобойка фермерская МФ-1

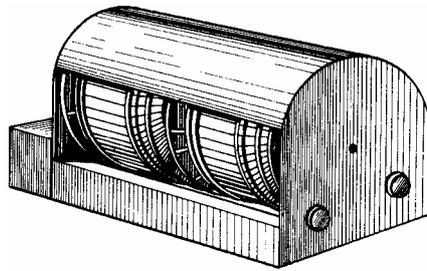


Рис. 7.12 Маслобойка малогабаритная ММ-1

Для выработки сливочного масла в фермерских хозяйствах методом периодического сбивания сливок жирностью 30...35 % предназначена маслобойка МФ-1 (рис. 7.11). Обеспечивает получение сладкосливочного и кислосливочного масла. Электромеханический привод обеспечивает вращение барабана в обе стороны. Заливка сливок, промывка и выгрузка из барабана осуществляются вручную.

Техническая производительность маслобойки МФ-1 при 32 %-ной жирности сливок – 24 кг; вместимость барабана – 200 л; продолжительность цикла – 1,7 ч; частота вращения барабана на первой скорости – 33 мин⁻¹, на второй скорости – 51 мин⁻¹; потребляемая мощность – 1,1 кВт; габаритные размеры – 1570 × 1080 × 1300 мм; масса 430 кг.

Для выработки сладкосливочного и кислосливочного масла в условиях индивидуальных хозяйств предназначена малогабаритная маслобойка ММ-1 (рис. 7.12). Состоит из двух быстросменных барабанов, имеющих реверсивное движение. Маслобойка оснащена электромеханическим приводом с двумя вариантами исполнения – металлическим и деревянным. Заливка сливок, выгрузка продукта и промывка производятся вручную.

Производительность маслобойки ММ-1 составляет 2 кг/ч; вместимость барабана – 10 л; число барабанов – 2; потребляемая мощность – 0,45 кВт; габаритные размеры – 850 × 350 × 350 мм; масса – 45 кг.

В составе поточных технологических линий более эффективно применение маслоизготовителей непрерывного действия.

Одной из составных частей линии А1-ОМИ является маслоизготовитель непрерывного действия А1-ОЛО/1 (рис. 7.13). Процесс сбивания происходит следующим образом.

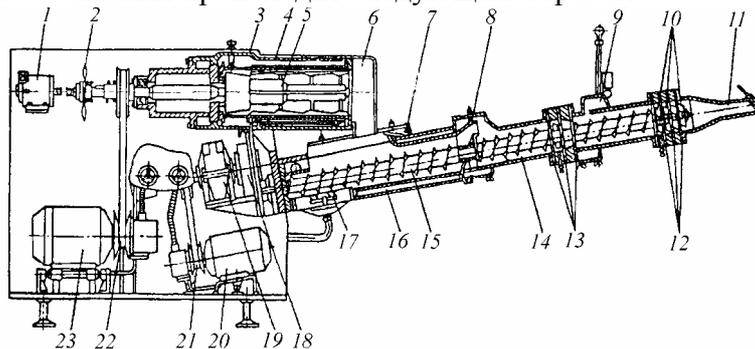


Рис. 7.13 Маслоизготовитель А1-ОЛО/1:

- 1 – тахогенератор; 2 – вентилятор; 3 – сбиватель; 4 – рубашка охлаждения;
- 5 – мешалка с лопастными билами; 6 – переходная насадка;
- 7 – устройство для промывки масляного зерна; 8 – подъемный переходник;
- 9 – вакуум-камера; 10 – ножи; 11 – насадка; 12, 13 – решетки; 14 – текстуратор; 15 – шнеки; 16 – рубашка охлаждения; 17 – устройство для промывки фильтра-сита; 18 – раздаточная коробка; 19 – редуктор; 20 – электродвигатель текстуратора; 21 – вариатор текстуратора; 22 – вариатор сбивателя; 23 – электродвигатель сбивателя

Подготовленные к сбиванию сливки насосом-дозатором через уравнильный бак с поплавковым регулятором уровня подаются в сбиватель маслоизготовителя. Сливки, попадая тангенциально на распре-

лительный вращающийся конус лопастной мешалки, приобретают некоторое ускорение, и далее попадают на рабочий орган мешалки со скоростью, примерно равной частоте его вращения. Это интенсифицирует процесс образования масляного зерна без резкого механического воздействия на сливки и дробления жировых шариков в сливках. Образовавшееся масляное зерно с пахтой поступает в бункер первой камеры шнекового текстуратора, где подвергается промывке и механической обработке шнеками. Для охлаждения сперва сливок, а затем масляного зерна специальный центробежный насос высокого давления подает ледяную воду по трубам в водяную рубашку текстуратора, наружный цилиндр сбивателя и корпус сбивателя. В зависимости от условий работы маслоизготовителя каждый из трубопроводов имеет запорный соленоидный вентиль, позволяющий отключить воду от того или иного узла. Охлаждающая жидкость после использования идет на повторное охлаждение.

Пахта вместе с промывочной водой удаляется из камеры в бак через сифон и далее насосом подается на сепарирование для дальнейшего использования. Во второй камере происходит окончательная промывка масляного зерна и его дальнейшая обработка. Для удаления воздуха из пласта масла в третьей камере вакуум-насосом создается разрежение.

Продавливаясь через решетки на выходах второй и третьей камер масло проходит окончательную механическую обработку. Между решетками установлены ножи, которые дополнительно воздействуют на масло улучшая его структуру. Готовое масло выходит из маслоизготовителя через насадку.

Содержание влаги в масле регулируется специальным аппаратом для дозирования пахты или воды, который подсоединяется двумя гибкими шлангами к инъекционному блоку, расположенному после третьей камеры шнекового текстуратора. Производительность маслоизготовителя 800...1000 кг/ч, мощность привода 31 кВт.

Маслообразователь барабанного типа Т1-ОМ-2Т (рис. 7.14) состоит из установленных один над другим трех цилиндров одинаковой конструкции и соединенных планками. Цилиндр состоит из двух обечаяк, образующих теплообменную рубашку с проложенной в ней направляющей спиралью; вытеснительного барабана; передней и задней крышек с редуктором и электродвигателем. Для охлаждения внутреннего цилиндра и находящихся в нем сливок по направляющей спирали под давлением движется ледяная вода или рассол.

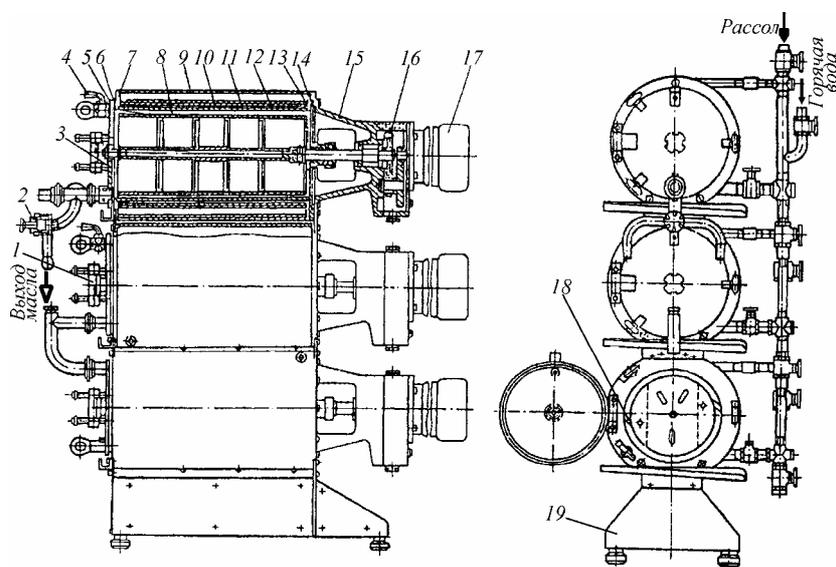


Рис. 7.14 Маслообразователь барабанного типа:

- 1 – кронштейн; 2 – спускной кран; 3 – направляющая втулка;
 4 – воздушный кран; 5 – передняя крышка; 6,14 – уплотнительное кольцо;
 7 – передний фланец цилиндра; 8 – вытеснительный барабан; 9 – обшивка цилиндра;
 10 – наружная обечайка; 11 – спираль; 12 – внутренняя обечайка;
 13 – задний фланец цилиндра; 15 – задняя крышка; 16 – редуктор;
 17 – электродвигатель; 18 – нож; 19 – станина

Вытеснительный барабан изготовлен из нержавеющей стали. Два ножа с пластинками из пластмассы установлены на внешней стороне вытеснительного барабана таким образом, что при вращении последнего они отбрасываются и прижимаются лезвием к внутренней поверхности цилиндра, снимают охлажденный слой сливок и перемешивают его с остальной массой продукта. Полученная смесь уходит в

щель между плоскостью вытеснительного барабана и ножом. Для удаления воздуха из барабана в момент его пуска в верхней части крышек установлены краны.

Высокожирные сливки с температурой 60...70 °С подаются в нижний цилиндр маслообразователя и продвигаясь последовательно через три цилиндра, преобразуются в результате тепловой и механической обработок в масло, которое с температурой 12...16 °С выходит через кран, размещенный в нижней части крышки верхнего цилиндра.

Производительность описанного маслообразователя 500...600 кг/ч. Мощность на привод – 6,6 кВт.

По сравнению с маслообразователем Т1-ОМ-2Т усовершенствованную систему механической обработки сливок имеет маслообразователь Я7-ОМ-3Т. В нем продукт дополнительно обрабатывается двумя дисками с перфорированными лопастями, расположенными на выходе из цилиндров.

Идея дальнейшей модернизации маслообразователей заключается в разделении процесса маслообразования на две стадии, которые осуществляются в двух различных аппаратах. Первая стадия – охлаждение высокожирных сливок – осуществляются в маслоохладителе, вторая стадия – механическая обработка промежуточного продукта – в обработнике.

Обработник в модернизированном маслообразователе выполнен в виде цилиндра, в котором размещена мешалка, представляющая собой рамку с приваренными к ней в шахматном порядке под углом 60° лопастями.

Привод мешалки от электродвигателя через коробку скоростей позволяет изменять частоту вращения мешалки 3; 4 или 5,5 с⁻¹ и, тем самым, обрабатывать продукт с различной интенсивностью.

В некоторых маслообразователях (например, четырехцилиндровый маслообразователь Я5-ОМГ) механическая обработка промежуточного продукта происходит до его поступления в цилиндры аппарата. Высокожирные сливки предварительно охлаждаются до температуры 12...20 °С в пластинчатом охладителе; проходят специальный аппарат – дестабилизатор, в котором на них воздействует специальный рабочий орган, вращающийся с частотой 25 с⁻¹.

В пластинчатых маслообразователях процесс разделения процесса маслообразования на операции охлаждения и механической обработки реализовано в маслообразователе РЗ-ОУА1 (рис. 7.15), входящего в комплект автоматизированной линии производства сливочного масла П8-ОЛФ. Он состоит из станины, охладителя, маслообработника и электропривода.

Охладитель представляет собой пакет пластин в комплекте с ножами, надетыми на приводной вал редуктора.

Поступая через распорные втулки продуктовой пластины во внутреннюю полость охлаждающих пластин, хладоноситель омывает торцевые стенки охлаждающих пластин изнутри и далее выводится наружу.

Охлаждаемые сливки в первой части охладителя через центральное отверстие охлаждающей пластины поступают в полость, образуемую продуктовой пластиной и вращающимся диском и по щели между ними движутся к периферии диска. Далее продукт огибает диск и движется в зазоре между диском и стенкой следующей охлаждающей пластины от периферии к центру диска, после чего через центральное отверстие охлаждающей пластины поступает в следующую секцию.

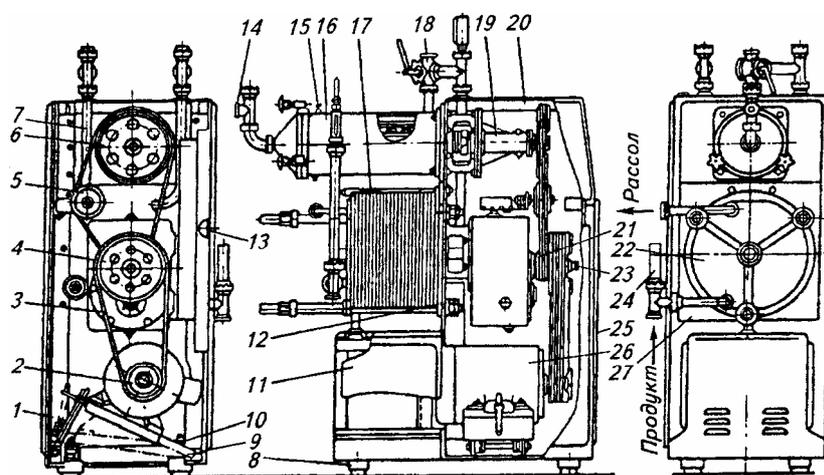


Рис. 7.15 Платинчатый маслообразователь РЗ-ОУА1:
1 – винт; 2, 4, 6, 21 – шкивы; 3 – ремень; 5 – ролик натяжной;

7, 24 – трубопроводы; 8 – опора; 9 – шарнир; 10 – плита; 11, 13, 25 – облицовка; 12 – редуктор; 14 – тройник; 15 – кран спуска воздуха; 16 – маслообработчик; 17 – охладитель; 18 – трехходовой кран; 19 – вал маслообработчика;

20 – станина; 22 – нажимная плита; 23 – вал редуктора; 26 – электродвигатель; 27 – крепежная доска

Во второй части охладителя с целью уменьшения гидравлического сопротивления движение продукта между каждой парой пластин осуществляется в одном из направлений: от центра к периферии или наоборот. Для этого в охлаждающих пластинах выполнены сквозные отверстия для прохода продукта. В этой части охладителя вместо дисков установлены лопастные турболизаторы (крестовины) со скребковыми ножами. Непрерывно вращающиеся ножи счищают продукт с торцевых поверхностей охлаждаемых пластин и перемешивают его, тем самым интенсифицируя процесс теплообмена.

Маслообработчик (рис. 7.16) представляет собой цилиндр с отражателем и трехлопастной мешалкой. Отражатель имеет неподвижные лопатки. Между фланцем цилиндра и конусной частью маслообработчика расположена текстурная решетка.

Мешалка закреплена на валу, установленном на валу в стакане на подшипниках качения. Снаружи к стакану приварены лопатки отражателя. Для спуска воздуха и жидкости после мойки маслообразователя в верхней и нижней частях установлены соответственно краны.

Привод вала охладителя и вала маслообработчика осуществляется от одного электродвигателя через клиноременные передачи. Привод вала маслообработчика двухступенчатый. Для изменения частоты вращения валов в комплект маслообработчика входят сменные шкивы. Для проворачивания рабочих органов маслообработчика вручную на конце приводного вала редуктора имеется паз для рукоятки.

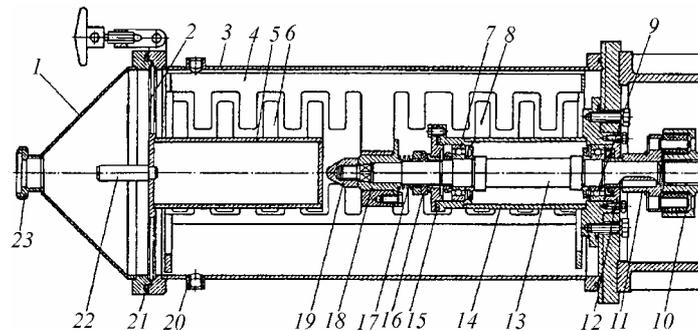


Рис. 7.16 Маслообработчик маслообразователя РЗ-ОУА1:

1 – конус; 2 – текстурная решетка; 3 – цилиндр; 4 – мешалка;

5 – отражатель; 6, 8 – лопатки отражателя; 7, 9 – подшипники качения;

10, 11 – полумуфты; 12 – крышка; 13 – вал; 14 – стакан; 15, 16 – уплотнитель; 17 – пружина; 18 – втулка; 19 – гайка; 20 – патрубок пробно-спускного клапана; 21 – уплотнительное кольцо; 22 – цапфа; 23 – патрубок для выхода готового продукта

Преимуществом вакуум-маслообразователей перед другими аппаратами для получения масла является возможность устранения некоторых пороков сливок (посторонние привкусы и запахи) в процессе получения готового продукта.

Вакуум-маслообразователь состоит из вакуум-камеры, шнекового текстуратора, пароструйного вакуумного насоса, ловушки и площадки для обслуживания со щитом управления.

Подогретые до 75...85 °С высокожирные сливки с помощью многосоплового распыляющего устройства подаются в вакуум-камеру. В условиях вакуума, превращаясь в мельчайшие капли, они мгновенно охлаждаются до температуры 6...8 °С. Молочный жир кристаллизуется и дестабилизируется, при этом 6...8 % влаги испаряется. Дальнейшая механическая обработка молочного жира на шнековом текстураторе приводит к образованию готового пласта масла.

Пароструйный вакуумный насос поддерживает в вакуум-камере остаточное давление 0,8...1,5 кПа и служит для конденсации вторичных паров в вакуум-камере и удаления из системы воздуха.

Ловушка улавливает частицы продукта, уносимые из вакуум-камеры вместе с вторичным паром.

Ни один вид молочных и других продуктов не имеет такого разнообразия, как сыры. Известно более 2000 наименований сыров.

Согласно древнему преданию, сыр был открыт азиатским путешественником, который перед отправкой в длительное путешествие из высушенного желудка овцы сделал бурдюк, наполнил его молоком и взял с собой. Дорога была длинной и опасной и путешественник откладывал употребление содержимого бурдюка. Когда он открыл бурдюк для того чтобы утолить жажду, то обнаружил не молоко, а водянистую жидкость (сыворотку). Вскрыв бурдюк он обнаружил белоснежный сгусток – первый в мире сыр.

Сыры появились около восьми тысяч лет до нашей эры. Упоминание о производстве сыра встречается в Аравии, Египте, Индии, Греции и др. Они играли важную роль в жизни кочевых племен. Сохраняя составные части молока они имеют более удобную и менее скоропортящуюся форму. В средние века были известны такие сыры, как швейцарский, сапсаго, рокфор и другие.

Изготовление сыра на заводах впервые начато в Риме и Нью-Йорке в 1851 г. Ж. Вильямсом и его сыном.

Производство сыров основано на свойстве казеина молока свертываться под действием сычужного фермента. Простейшим способом приготовления сыра является естественное скисание сырого молока с последующим дроблением сгустка и нагреванием для уплотнения измельченной массы и отделения сыворотки.

На качество сыра влияют многие факторы, такие как состав молока, его бактерицидная осемененность, тип и количество ферментов, температура нагревания молока и степень его скисания, полнота удаления сыворотки и другие, а также условия созревания сырного сгустка.

Имеется около 18 различных типов натуральных сыров. В пределах типа сыры различаются, так как заквашивание и осаждение молока, дробление сгустка и дальнейшее нагревание, отделение от сыворотки, прессование и посолка сгустка при производстве различных видов сыров отличаются.

На основе упругости (твердости) выделяют следующие группы сыров:

1 Очень твердые. Содержат 30...35 % влаги, созревание происходит с помощью бактерий романо, пармезан и азиаго (длительная выдержка).

2 Твердые – 35...40 % влаги:

а) созревают с помощью бактерий; сыры без глазков: чеддар, колби, про волоне и другие;

б) созревают с помощью бактерий; сыры с глазками: эмментальский, швейцарский, грюйер; азиаго (средней выдержки).

3 Полутвердые – 40...45 % влаги:

а) созревание с помощью бактерий: мюйстер, караваный, азиаго (свежий сыр);

б) созревание с помощью бактерий и микроорганизмов на поверхности: лимбургский, порт-дусалют;

в) созревание с помощью плесени внутри сыра: голубые, рокфор, горгозола, сильтон.

4 Мягкие:

а) созревание с помощью поверхностных микроорганизмов – 45...52 % влаги: бри, камамбер, десертный белый;

б) незрелые – 52...80 % влаги: творожный, нойшатель, сливочный, моззарела, пизанский.

Производство сыра включает в себя следующие этапы: определение качества молока, очистка и пастеризация молока, свертывание молока сычужным ферментом, разрезание и дробление сгустка, нагревание, удаление сыворотки, расфасовка, посолка, прессование, созревание.

Качество молока и свойства его компонентов являются определяющими звеньями в технологии производства сыра. Типичный вкус для каждой группы сыров может быть в том случае, если его компоненты находятся в определенных соотношениях, которые являются неодинаковыми для различных типов сыров. После нормализации молоко, предназначенное для приготовления сыра, очищается, а затем пастеризуется. Пастеризация производится для того, чтобы: убить патогенную микрофлору, получить однородный продукт, увеличить выход при выработке некоторых видов сыров. Молоко для приготовления некоторых видов сыров (голубых, сливочных и др.) гомогенизируется. Свертывание молока, приводящее к образованию сгустка, происходит при добавлении закваски и сычужного фермента и поддержании определенной температуры. Свертывание происходит за 15...60 мин.

Разрезание и дробление сгустка необходимо для ускорения отделения сыворотки. Выполняется при помощи "ножей", представляющих собой параллельные ряды нержавеющей струн, натянутых на каркас. Нагревание проводят с целью быстрого удаления сыворотки из сгустка. При этом температура, в зависимости от вида сыра, поддерживается в пределах 32...80 °С. Сыворотка из сгустка может быть

удалена путем дренирования ее из ванн или чанов, или смесь сгустков и сыворотки можно перекачать или вычерпать из ванны на сушильный стол.

Немедленно после промывки или нагревания сгустка следует проводить расфасовку в специальные приспособления. При выполнении этой операции необходим контроль за формой, влажностью, кислотностью и плотностью пласта. Для ускорения засолки и уменьшения размеров зерен проводят помол пласта. Соль добавляется для улучшения аромата сыров комбинациями или одним из трех способов: добавлять соль непосредственно к сырному зерну, натирать поверхность сыра сухой солью, помещать сыр в солевой раствор. Соль вызывает растворение некоторых белков, создавая условия для созревания.

Прессование сыров производится в формах, которые могут быть деревянными, пластмассовыми, металлическими или в тканевых мешках. Производится для уплотнения сырной массы, удалить сыворотку и придать сыру форму, удобную для упаковки.

После прессования, при хранении сыра в контролируемых условиях, происходит его созревание. Обычно температура при созревании сыров должна быть в пределах 2...15 °С. В процессе созревания происходит развитие микроорганизмов, которые вырабатывают пропионовую кислоту и углекислый газ. Полностью процесс образования глазков в сыре заканчивается через пять–семь недель, однако для проявления аромата, типичного для данного вида сыра, необходимо еще несколько недель.

Плавленные сыры получают путем растирания, нагревания и смешивания твердых сортов сыров. Затем следует эмульсификация с добавлением неорганических солей. В результате достигается однородность вырабатываемого продукта, удлинение срока хранения и переработка сыров с пороками.

8.1 Оборудование для сыроделия

Для производства сыра выпускается оборудование:

- для выработки сырного зерна, формирования и прессования сырной массы;
- хранилищ.

Оборудование для производства плавленого сыра включает оборудование для подготовки сырной массы к плавлению и для ее плавления.

Аппараты для выработки сырного зерна могут быть непрерывного и периодического действия. Аппараты периодического действия состоят из одной или двух емкостей. При использовании одной емкости в ней осуществляется коагуляция белка, разрезка сгустка и обработка сырного зерна. При использовании двух емкостей в первой получают и обрабатывают сырное зерно, во второй его подпрессовывают и разрезают.

На сыродельных мини-заводах и в прифермских сыродельных цехах нашли применение сыродельные котлы. Как правило, все операции в них выполняют вручную при помощи специальных инструментов: лиры, грабли, деревянные весла и др. (рис. 8.1).

Более совершенны сыроизготовители и сыродельные ванны.

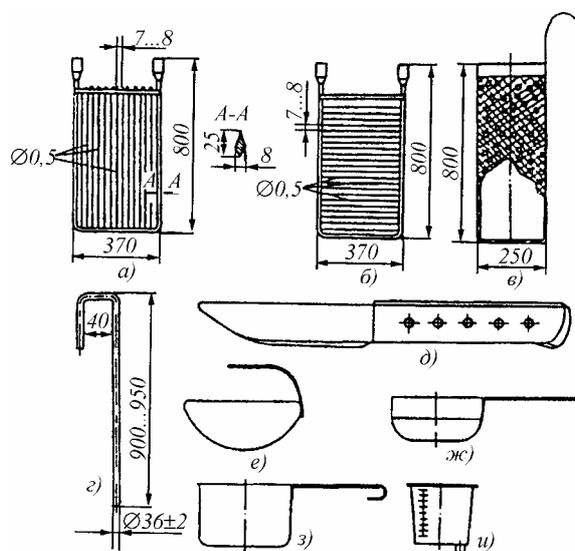


Рис. 8.1 Ручной инструмент:

a – лира с вертикально натянутыми струнами; *б* – лира с горизонтально натянутыми струнами; *в* – перфорированный цилиндр;

z – сифон; d – нож; $e, ж, з$ – ковши; $и$ – мерная кружка

Сыроизготовитель Я5-ОСЖ-1 (рис. 8.2) предназначен для выработки сырного зерна при производстве твердых сычужных сыров. Применяется в сыродельных цехах на предприятиях малой мощности. Может работать в комплекте с различными типами формующих устройств (отделителями сыворотки, формовочными аппаратами или баропрессами вместимостью 100 кг и др.). Для обеспечения выгрузки сырного зерна с сывороткой самотеком в пресс сыроизготовитель должен быть установлен на площадке высотой не менее 1,5 м. Нормализованное молоко подогревают до температуры свертывания в режиме "Вымешивание", затем вносят закваску и останавливают режуще-вымешивающий инструмент. Когда образуется сырный сгусток, включают режуще-вымешивающее устройство в режиме "Резка". После постановки сырного зерна, его осаждения и частичного отбора сыворотки осуществляют второе нагревание в режиме "Вымешивание". При необходимости, в зависимости от вида сыра, производят его частичную посолку рассолом. Затем готовое сырное зерно с сывороткой выгружают. Для более полной и быстрой выгрузки сырного зерна режуще-вымешивающий инструмент вращается в режиме "Вымешивание". Санитарную обработку сыроизготовителя осуществляют безразборно путем наполнения рабочей емкости горячей водой или моющими растворами. Мойку осуществляют при максимальных оборотах режуще-вымешивающего инструмента. Обслуживает установку один человек.

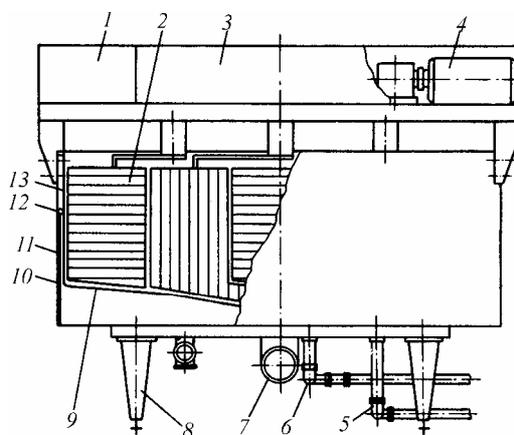


Рис. 8.2 Сыроизготовитель Я5-ОСЖ-1:

- 1 – пульт управления; 2 – режуще – вымешивающий инструмент; 3 – траверса; 4 – привод; 5 – трубопровод для отвода теплоносителя; 6 – трубопровод для подачи теплоносителя; 7 – патрубок для выгрузки сырного зерна; 8 – регулируемые опоры; 9 – днище; 10 – ванна; 11 – теплообменная рубашка; 12 – коллектор для подачи теплоносителя; 13 – внутренний резервуар

Основные технические характеристики сыроизготовителя Я5-ОСЖ-1: вместимость рабочая – 1000 л; установленная мощность электродвигателей – 2 кВт; продолжительность цикла – 2...2,5 ч; частота вращения режуще-вымешивающего инструмента – 2...20 мин⁻¹; потребление электроэнергии – 1,5 кВт·ч; потребление воды на санобработку – 1 м³; занимаемая площадь – 3 м²; масса – 550 кг.

Сыроизготовитель периодического действия Л5-ОСА-0,3 предназначен для выработки сырного зерна путем сквашивания пастеризованной нормализованной смеси с последующей обработкой сгустка в сыродельных цехах. Состоит из ванны для сквашивания молока и получения сырного зерна; режуще-вымешивающего инструмента; привода рабочих органов; стойки; электрооборудования с пультом управления; указателя уровня продукта и термостата для определения температуры смеси.

Выполняются следующие технологические операции: заполнение молочной смесью; смешивание с инградиентами; сквашивание; разрезка сгустка; нагрев; слив сыворотки; вымешивание и др.

Техническая характеристика сыроизготовителя Л5-ОСА-0,3: рабочая вместимость – 0,3 м³; установленная мощность – 0,18 кВт; коэффициент автоматизации – 0,5; габаритные размеры – 1600 × 1150 × 2150 мм; масса – 325 кг.

Сыроизготовитель Л5-ОСА-1,8 предназначен для выработки сырного зерна в сыродельных цехах мощностью 300 кг в смену. Устройство аналогично сыроизготовителю Л5-ОСА-1,8.

Техническая характеристика сыроизготовителя Л5-ОСА-1,8: рабочая вместимость – 1,8 м³; установленная мощность – 1,1 кВт; габаритные размеры с площадкой для обслуживания – 3250 × 2640 × 282 мм; масса – 950 кг.

Промышленность выпускает сыроизготовителя с рабочими ваннами вместимостью 0,3; 1,8 и 10 м³.

Сыроизготовители позволяют только вырабатывать сырное зерно. Формирование и разрезка сырного пласта на бруски необходимой величины осуществляется с помощью формовочных аппаратов.

Сыродельные ванны относятся к аппаратам периодического действия. Технологический процесс получения сырного зерна и общее устройство сыродельных ванн почти не отличается от сыроизготовителей. Исключение составляют конструкция режущо-вымешивающего инструмента и наличие гидравлических и пневматических устройств для наклона ванны при перекачке продукта или ее мойке.

Сыродельные ванны могут быть оснащены прессовальным механизмом для удаления части сыворотки из ванны и формирования сырного пласта. Технологический процесс получения сырного зерна и пласта в таких ваннах имеет законченный цикл и не требует применения дорогостоящего оборудования для формирования сырной массы.

Для формования сыра применяют аппараты Я5-ОФИ и Я5-ОФИ-1 вместимостью сырной массы соответственно 500 и 1000 кг. Основная их часть – прямоугольная ванна из нержавеющей стали с подвижным перфорированным дном. В передней части ванна имеет подвижную стенку – гильотину, которая с помощью пневмопривода может перемещаться в вертикальном направлении. В нижнем положении гильотина обеспечивает герметичность ванны.

Формование сырного зерна и равномерное отделение сыворотки осуществляются нажимными складывающимися перфорированными плитами одновременно по всей длине ванны с помощью комбинированных пневмомеханических устройств пресса. Продолжительность формования и интенсивность отделения сыворотки регулирует оператор. Удельное давление нажимных плит регулируется в пределах 0...10 кПа. По окончании формования перфорированное дно перемещается вперед и сырный пласт разрезается на продольные полосы специальными ножами, установленными за гильотиной. После выдвижения сырного пласта на заданную длину гильотина перемещается вниз и отсекает партию брусков сыра, готового для дальнейшей обработки.

Формовочный аппарат Я5-ОФИ-1 является модификацией аппарата Я5-ОФИ и может работать в автоматическом режиме или управляться дистанционно.

Наряду с горизонтальными все большее распространение получают различные виды вертикальных формовочных аппаратов. Они имеют определенные преимущества перед горизонтальными: небольшую занимаемую площадь, универсальность в применении, возможность работы в непрерывном и автоматическом режимах, выгрузку сырной массы непосредственно в формы. Недостаток – значительная высота (до 3,5 м), так как при верхней загрузке необходима принудительная подача сырной массы в аппарат. В свою очередь, это влечет за собой сложности с ее транспортированием на высоту установки.

Аппарат РЗ-ОСО (рис. 8.3) для отделения сыворотки и формования головок при производстве российского большого сыра работает следующим образом.

Сырное зерно с сывороткой подается насосом по трубопроводу в загрузочный бункер и с помощью распределительного конуса равномерно распределяется по объему верхнего перфорированного участка цилиндрической вставки. В процессе опускания сырной массы вниз из нее выделяется сыворотка, которая собирается в полости между цилиндрической вставкой и корпусом и отводится через патрубок. В нижней части вставки сырная масса уплотняется под действием собственной массы, а окончательное отделение сыворотки осуществляется непосредственно перед выгрузкой сырной массы в форму через нижнюю перфорированную обечайку. Подпрессованная сырная масса выгружается в формы с помощью ножевого устройства. Высота сырной массы регулируется датчиком уровня, который управляет работой подающего насоса. Подача пустых форм, их загрузка и удаление осуществляются автоматически с помощью пневмосистемы.

При формовании сыров насыпью перед заполнением форм сырным зерном его отделяют от сыворотки на специальных аппаратах барабанного типа.

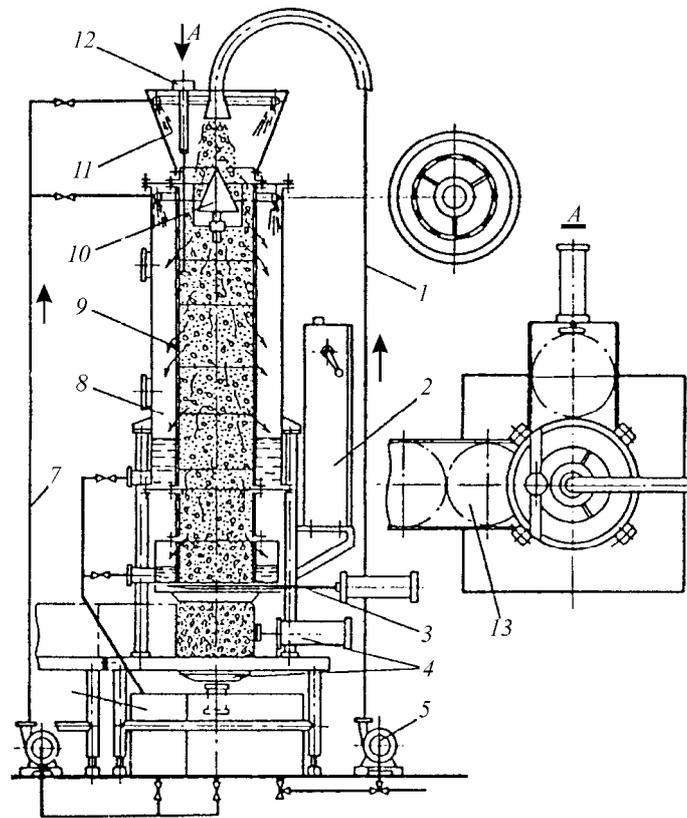


Рис. 8.3 Формовочный аппарат РЗ-ОСО:

1 – трубопровод подачи сырного зерна; 2 – пульт управления;

3 – ножевое выгрузное устройство; 4 – механизм подъема и удаления форм;

5 – насос; 6 – емкость для сыворотки и моющего раствора; 7 – трубопровод моющего раствора; 8 – корпус; 9 – перфорированная вставка;

10 – распределительный конус; 11 – загрузочный бункер; 12 – датчик уровня; 13 – сырная форма

Отделитель сыворотки Я7-00-23 представляет собой барабан в виде усеченного конуса, боковая сторона которого выполнена в основном из перфорированной стали. Привод включает в себя электродвигатель, клиноременную передачу и червячный редуктор. Он обеспечивает вращение барабана отделителя с частотой 30 мин^{-1} . Каркас охватывает зону перфорации барабана и служит для крепления привода и сбора сыворотки. Труба для подачи сырной смеси крепится к фланцу откидного кронштейна.

В отделитель сырное зерно с сывороткой подаются по трубе на внутреннюю стенку барабана. Сыворотка проходит через отверстия в барабане и сливается через патрубок каркаса. Сырное зерно, благодаря наклонному положению и вращению барабана, ссыпается по лотку в форму. Опорой стойки можно регулировать угол наклона отделителя, что позволяет изменять содержание сыворотки в сырном зерне. Производительность отделителя сыворотки $25 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Формовочные аппараты и отделители сыворотки применяют на крупных и средних сыродельных заводах. Для небольших цехов и мини-заводов это дорогостоящее оборудование малопригодно, так как имеет высокую пропускную способность и занимает большие площади. В этом случае целесообразно использовать передвижные столы Я7-ОКС для формования, самопрессования, сбора и отвода сыворотки, транспортирования, промежуточного хранения и складирования сыров типа российского, а также других, формуемых насыпью.

Стол для самопрессования сыра состоит из трубчатого каркаса с четырьмя колесами, два из которых полноповоротные, поддона и цельнолистовой групповой воронки. Сборником сыворотки служит 30-литровая емкость с отводным патрубком и заглушкой. На поддоне устанавливают сырные формы с перфорированными вкладышами. Заполнение сырным зерном и его разравнивание осуществляют вручную. Самопрессование сырной массы происходит как на самих столах, так и на накопительных стеллажах или прессах. В некоторых случаях операции формования и прессования сырной массы выполняют в одних и тех же аппаратах – баропрессах. Такие аппараты могут быть рекомендованы в первую очередь для сыродельных заводов малой и средней мощности.

Баропрессы для формования и прессования сыров в формах различной вместимости, а также блочного сыра путем создания прессующей нагрузки на сырную массу посредством перемещающихся навстречу друг другу под действием разрежения эластичных пресс-элементов имеют две (Я7-0БШ) или пять (Я7-

ОБП) пресс-камер общей вместимостью от 100 до 600 кг сырной массы. В зависимости от конфигурации и размеров пресс-камер, а также числа применяемых форм в таких баропрессах можно вырабатывать головки сыра массой от 4 до 60 кг. Применяемый в баропрессах вакуум 70...75 кПа, время полного цикла технологического процесса не превышает четырех часов.

Прессы для прессования сырной массы делят на механические и пневматические.

Механические по конструкции можно разделить на рычажные, пружинные и пружинно-винтовые. Давление на сыр в них осуществляется грузом через систему рычагов или пружиной. Наибольшее распространение в сыродельных цехах малой мощности получили пружинно-винтовые прессы, состоящие из рамы и неподвижной платформы. На верхней переключной смонтирован пружинно-винтовой нажимной механизм, в состав которого входят стакан, пружина, гайка, винт и нажимной диск. Формы с сырной массой устанавливают на неподвижную платформу и перемещением винтового механизма создают необходимое давление нажимного диска на верхнюю крышку формы. Отделяющаяся сыворотка стекает через отверстия формы.

Пневматические вертикальные шестиярусные прессы выпускают в виде двух (Е8-ОПД) или четырех (Е8-ОПГ) секций, связанных вертикальными стойками, по которым вверх или вниз перемещаются пять прессующих полок с сырными формами. Шестой ярус секции образован неподвижной полкой. Каждая секция снабжена индивидуальным пневмоцилиндром. Пресс размещают на полу на регулируемых по высоте ножках.

Формы с сырной массой устанавливают на полках прессы. При включении пневмосистемы сжатый воздух подают в верхнюю надпоршневую полость пневмоцилиндра, шток которого с находящимся на его конце нажимным диском опускается и давит на полки с формами. Полки перемещаются вниз, и происходит прессование. При подаче сжатого воздуха в нижнюю полость пневмоцилиндра полки поднимаются, формы с сыром вручную снимают и направляют на дальнейшую обработку. Усилие прессования регулируется в пределах 1,18...7,35 кН регулятором давления сжатого воздуха. Сжатый воздух поступает от стационарной или передвижной компрессорной установки. Последняя входит в состав комплектов для прессования сыров Е8-ОПГ-К или Е8-ОПД-К.

Туннельный пресс Я7-ОПЭ-С модульной конструкции является более совершенным оборудованием для прессования сырной массы в цехах малой и средней мощности. В каждом модуле располагается одна платформа для прессования сыра.

Платформа (рис. 8.4) состоит из неподвижной и подвижной рам. Между опорными плитами этих рам находится напорный резиноканевый рукав, соединенный штоком с прессующим диском.

Заполненные сырной массой формы размещают на поддоне и транспортируют его с помощью передвижного стола на участок формовки. При переключении крана на подачу сжатого воздуха в резиноканевые рукава последние расширяются и поднимают подвижную раму. Вместе с ней перемещаются подвески, которые своими упорами

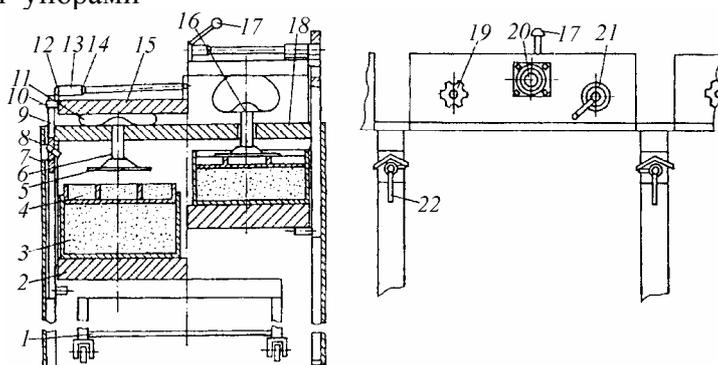


Рис. 8.4 Модуль туннельного прессы Я7-ОПЭ-С:

1 – передвижной стол; 2 – поддон; 3 – сырная масса; 4 – крышка сырной формы; 5 – прессующий диск; 6 – шток; 7 – стойка; 8 – фиксирующая скоба; 9 – подвеска; 10 – палец; 11 – напорный рукав; 12 – ригель; 13 – трубка; 14 – направляющая; 15 – подвижная рама; 16 – передаточная плита; 17 – ручка; 18 – неподвижная рама; 19 – регулятор давления; 20 – манометр; 21 – кран; 22 – рукоятка

снимают со стола поддон с формами и прижимают крышки сырных форм к прессующим дискам. Таким образом, усилие прессования от рукавов через штоки и диски передается на сырную массу. Освободившийся стол выкатывается из туннеля для загрузки очередной партии форм. Пресс может иметь от одного до четырех модулей. Вместимость их зависит от размеров форм. Для советского, горного и россий-

ского сыров она составляет 9, 12 и 18 форм. Давление в пресс-элементах регулируется в пределах 20...120 кПа.

К оборудованию, устанавливаемому в сырохранилищах, относят контейнеры, соляные бассейны, сырмоечные машины и парафинеры. Контейнеры предназначены для размещения сыров на период созревания и хранения.

Контейнер Т-480 состоит из сварной рамной конструкции с направляющими, в которые вдвигаются пять деревянных полок размерами 1000 × 85 × 20 мм. В нижней части контейнера имеются специальные приспособления для введения вилок механических захватов электро- или автопогрузчиков. Конструкция контейнеров позволяет устанавливать их в трехъярусный штабель. При таком размещении контейнеров в камерах на площади 1 м² хранится до 1350 головок сыра.

Контейнер Я1-ОСБ имеет аналогичное устройство и предназначен для размещения 180 головок круглого голландского сыра на период их созревания и хранения. Он имеет семь полок и выполнен в виде сварной конструкции из труб диаметром 42 и 95 мм. Полки с обеих сторон имеют специальные углубления, предотвращающие смещение сыров.

В соляные бассейны сыры помещаются в контейнерах, аналогичных контейнерам для созревания и хранения сыров. Продолжительность посолки определяется видом сыра. Бассейны выполнены бетонными и облицованы керамической плиткой.

Посолка некоторых видов сыров осуществляется во время или после прессования с помощью установки Я7-ОПП раствором поваренной соли, распыляемым под большим давлением 46 форсунками с отверстиями диаметром 0,1...0,4 мм.

На прифермских сыродельных заводах малой мощности для посолки сыров можно применять ванны различной вместимости из коррозионно-стойкой стали. Они могут быть укомплектованы насосами для перекачивания рассола и тележкой.

Для мойки сыров в процессе созревания и хранения служат барабанные, карусельные и туннельные сырмоечные машины.

Барабанная машина для мойки сыров РЗ-МСЦ состоит из ванны, щеточных барабанов и привода. Ванну устанавливают на ножках, в нижней ее части имеется патрубок для слива грязной воды. Для регулирования температуры воды (рекомендуется 50...55 °С) в торцевую стенку ванны вмонтирован смеситель. Через переливную трубу сливается избыток воды.

Рабочие органы машины – два щеточных барабана вращаются с частотой 150 мин⁻¹ и формируют в ванне воздушно-водяной поток. Поверхности головок сыра обрабатываются этим потоком, а также щетками, ворс которых изготовлен из пропиленового или капронового волокна (0,6...0,7 мм). Положение головок оператор периодически меняет. Для удобства обслуживания машины ванна оборудована столом загрузки.

Привод машины состоит из электродвигателя мощностью 1,1 кВт, клиноременной и шестеренной передач. Производительность машины 100...150 головок сыра в час.

Устройство моечной машины карусельного типа при такой же производительности более сложное. Основным моющим органом являются четыре Т-образные щетки, состоящие из торцевой и цилиндрической частей. Щетки обладают способностью самоочищаться от грязи во время работы под действием центробежных сил и попадающей на них воды из форсунок. Внутри ванны расположена карусель для транспортирования сыра во время его обработки.

Сыр, подлежащий мойке, подают вручную на диск карусели, ставят в положение "на ребро". Диск карусели, вращаясь с частотой 5,5 мин⁻¹, увлекает за собой головку сыра и подводит ее к щетке, при этом головка прижимается к щетке направляющими. Таким образом головку сыра моют, и она движется дальше к выходу из машины.

В туннельных сырмоечных машинах сыр, проходящий через туннель, автоматически переворачивается и при душировании водой обрабатывается вся его поверхность. Такие машины имеют высокие производительность и стоимость, вследствие чего их целесообразно применять на крупных предприятиях. Как правило, в туннельных машинах наряду с моечным отделением имеется и сушильная камера, в которой головки сыра перемещаются транспортирующим устройством и обсушиваются теплым (32...35 °С) воздухом.

В целях предотвращения пересушки сыра, а также защиты его корки от микробов на поверхность сырных головок с помощью различных парафинеров наносят пленку из полимерно-парафинового сплава. Ванна с электронагревательными элементами, термометром и системой автоматического регулирования температуры или без нее – простейший тип парафинера. Сырные головки обрабатывают, погру-

жая их в сплав вручную. Более сложное устройство имеют полуавтоматический парафинер Г6-9-ОП4-А и парафинер карусельного типа РЗ-ОПК-П.

Принцип действия первого из них заключается в периодическом погружении рамы с уложенными на нее сырами в разогретую до определенной температуры парафиновую смесь и автоматическом подъеме сырных головок с нанесенным на них защитным слоем. Укладку и сьем сыров выполняют вручную.

В парафинере второго типа продолжительность рабочего цикла уменьшена с 12...18 до девяти секунд за счет того, что в нем каждую головку сыра устанавливают на один из шести держателей, поочередно погружаемых в расплавленную смесь. При погружении и подъеме каждого держателя карусель поворачивается на $1/6$ окружности, или 60° . За полный оборот пленка остывает, оператор снимает обработанный сыр, а на его место укладывает новую головку.

При производстве бескорковых сыров на период созревания их упаковывают в полимерную пленку. В этом случае сыр обрабатывают на специальной линии, в состав которой входят машина для обсушки сыров, полуавтомат для сварки полимерных пленок, вакуум-упаковочная машина и транспортер для подачи сыров в камеру хранения.

8.2 Оборудование для производства плавленого сыра

К данной группе оборудования относят машины для подготовки сырной массы к переработке и аппараты для плавления сырной массы.

При небольшом объеме производства плавленых сыров значительную часть операций по подготовке сырной массы к плавлению осуществляют вручную: снятие парафина с головок или блоков сыра, их зачистка и мойка, а также разрезка сыра и блоков масла. Исключением является операция тонкого измельчения или перетира сыра перед плавлением. Обычно для этой цели применяют трехвальцовую сыропротирочную машину, валков, системы водяного

Куски сыра загружают в интенсивно перетираются в масса снимается с валками регулируется водяного охлаждения валков слипания сырной массы.

Аппараты для плавления и непрерывного действия.

Аппарат Б6-ОПЕ-400 для состоит из следующих крышки котла, коммуникаций с фильтрами установки и

Основой аппарата смонтированы все узлы. электродвигатель с приводом электродвигатель с приводом перемешивающего устройства.

Котел представляет собой цилиндрическую чашу с эллиптическим дном, имеющую паровую рубашку, теплоизоляцию и наружный металлический кожух. Пар или горячая вода подводятся в рубашку через опорные цапфы, расположенные в средней части котла и служащие одновременно осями, вокруг которых котел поворачивается при выгрузке сырной массы. Для выгрузки без опрокидывания котла в нижней его части имеется сливное отверстие, закрываемое шиберной заслонкой. Крышка котла эллиптической формы соединяется с котлом запорным кольцом.

Привод перемешивающего устройства осуществляется от трехскоростного электродвигателя через упругую втулочно-пальцевую муфту, клиноременную и зубчатую передачи. На конце выходного вала с помощью резьбы укреплено перемешивающее устройство сварной конструкции из полос нержавеющей стали. Привод обеспечивает вращение перемешивающего устройства с частотой 86 мин^{-1} , 115 и 173 мин^{-1} . Электродвигатель через клиноременную передачу и червячную пару обеспечивает подъем и опускание котлов. Достигается это изменением направления вращения вала электродвигателя.

Для очистки пара, подаваемого непосредственно в сырную массу, на паропроводе установлены три различных по устройству фильтра.

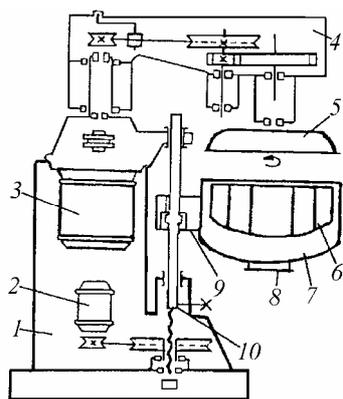


Рис. 8.5 Аппарат Б6-ОПЕ-400 для плавления сырной массы:
1 – станина; 2, 3 – электродвигатели;
4 – поворотный кронштейн;
5 – крышка котла;
6 – перемешивающее устройство;
7 – котел; 8 – сливное отверстие;
9 – держатель; 10 – полый шток

состоящую из станины, трех рабочих охлаждения и привода.

сыропротирочную машину, где они зазоре между валками. Перетертая сырная поверхности валков ножами. Зазор между специальным механизмом. Система служит для предотвращения нагревания и

сырной массы могут быть периодического

плавления сырной массы (рис. 8.5) основных частей: станины, двух котлов, перемешивающего устройства, для очистки пара, вакуум-насосной электрооборудования.

является литая станина, на которой Внутри станины расположены для подъема и опускания котлов и

В корпусе первого из них имеется мелкая сетка, второго – сетчатый цилиндр, заполненный активированным углем, третьего – циклон.

Измельченную сырную массу загружают в котел, герметично закрывают его крышкой, включают перемешивающее устройство и в теплообменную рубашку (при необходимости и в котел) подают пар под давлением 300 кПа. Сырная масса нагревается до 85...90 °С. Плавление осуществляется при перемешивании сырной массы в течение 15...18 мин. По окончании процесса из котла выливают расплавленную сырную массу, второй котел заполняют исходным продуктом и к нему поворачивается крышка с мешалкой. Процесс плавления повторяется.

Для удаления острых запахов плавление может осуществляться под вакуумом 53...66 кПа. Управление аппаратом и его системами осуществляется комплектом приборов. Производительность двухкотлового аппарата для плавления сырной массы около 400 кг/ч.

Аппарат непрерывного действия для плавления сырной массы является более производительным оборудованием по сравнению с двухкотловым аппаратом (рис. 8.6), состоящим из вертикального и горизонтального котлов. Оба котла имеют теплообменные рубашки, в которые подаются горячая вода или пар. В вертикальном котле размещена лопастная мешалка, вращение которой передается от электродвигателя через клиноременную передачу, редуктор, цепную и коническую зубчатую передачи. В горизонтальном котле имеется ленточная мешалка со шнеком, приводимая в действие от того же электродвигателя через клиноременную передачу, редуктор и коническую зубчатую передачу.

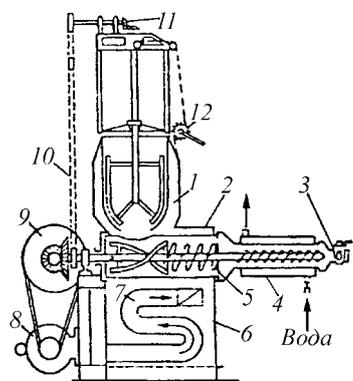


РИС. 8.6 АППАРАТ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПЛАВЛЕНИЯ СЫРНОЙ МАССЫ:

- 1 – вертикальный котел;
- 2 – горизонтальный котел;
- 3 – трехходовой кран;
- 4 – камера с охлаждающей рубашкой;
- 5 – мешалка со шнеком; 6 – станина;
- 7 – нагреватель; 8 – электродвигатель;
- 9 – редуктор; 10 – цепная передача;
- 11 – коническая зубчатая передача;
- 12 – подъемный механизм

Перетертая сырная масса непрерывно поступает в котел, перемешивается и за счет соприкосновения с его горячими стенками плавится. Затем она попадает в другой котел, где процесс плавления продолжается. Продукт перемешивается мешалкой и с помощью шнека подается в камеру с охлаждающей рубашкой. Проходя через камеру, сырная масса охлаждается и выводится из аппарата через трехходовой кран на фасование.

В отдельных случаях при больших объемах производства плавленых сыров целесообразно применять комбинированные агрегаты, в которых измельчение, плавление и охлаждение сырной массы выполняют в одном аппарате. Такие агрегаты, например В2-ОПН, можно применять как самостоятельно, так и в составе поточно-механизированных линий плавленых сыров производительностью 1200 кг/ч и больше.

8.3 Технологический расчет оборудования для производства сыров

Расчет оборудования этой группы заключается в определении пропускной способности за смену аппаратов для выработки сырного зерна и прессов, расхода пара на нагрев молока, а также подборе оборудования с непрерывным циклом работы.

Пропускную способность сырodelьных ванн (кг в смену) рассчитывают по формуле

$$G_c = \frac{V \rho_c \tau_{cm}}{t_{цc}}, \quad (8.1)$$

где V – рабочая вместимость ванны, м^3 ; ρ_c – плотность сырной массы, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\tau_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $t_{\text{цс}}$ – продолжительность одного цикла переработки молока на сыр, включающего в себя операции наполнения, заквашивания и сквашивания молочной смеси, обработки сырной массы, формования (если сырное зерно формируется в ванне), разгрузки и мойки ванны, ч. При расчетах для мелких сыров принимают $t_{\text{цс}} = 2...2,5$ ч, крупных – $t_{\text{цс}} = 3...3,5$ ч.

Расход теплоты и пара на нагрев молока находят по формулам (4.5) и (4.7), причем в выражении (4.7) вместо теплового КПД аппарата подставляется коэффициент, учитывающий потери теплоты в окружающую среду η_c , который для ванн с теплоизоляцией и без нее соответственно равен $0,8...0,85$ и $0,5...0,75$.

Пропускную способность пресса (кг в смену) определяют по формуле

$$G_{\text{пр}} = \frac{m\tau_{\text{см}}}{t_{\text{пр}}}, \quad (8.4)$$

где m – масса прессуемых сыров, кг; $t_{\text{пр}}$ – длительность прессования сыра, ч (для твердых сыров типа российского $t_{\text{пр}} = 8$ ч).

Число контейнеров, необходимых для созревания сыров, рассчитывают по формуле

$$n_k = \frac{m_c t_c}{G_k}, \quad (8.5)$$

где m_c – масса сыра, вырабатываемого в сутки, кг; t_c – длительность созревания сыра в камере, сут (зависит от сорта сыра и составляет $60...160$ сут); G_k – вместимость контейнера, кг.

Оборудование для посолки сыров, их мойки, обсушки, маркировки, а также парафинирования подбирают по часовой производительности.

Если для посолки сыров применяют бассейн (ванну), то его площадь (м^2) определяют по формуле

$$F_6 = \frac{f_k n_{к.б}}{k_6}, \quad (8.6)$$

где f_k – площадь, занимаемая одним контейнером с сыром, м^2 ; $n_{к.б}$ – число контейнеров, находящихся в бассейне; k_6 – коэффициент использования площади бассейна ($k_6 = 0,8...0,85$).

Размеры бассейна обычно принимают с учетом длины и ширины стандартных контейнеров (габаритные размеры контейнера для посолки сыров РЗ-ОКУ $1100 \times 951 \times 1454$ мм).

В связи с тем, что длительность нахождения сыров в соляном бассейне различна для каждого их вида и составляет одни – десять суток, площадь бассейна проще определить, исходя из расчетной нагрузки на его единицу площади. В зависимости от массы головок сыра нагрузка на 1 м^2 бассейна при размещении контейнеров в два яруса может составлять $400...800$ кг продукта.

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

Аппараты для плавления сырной массы периодического действия подбирают с учетом вместимости котла и длительности цикла технологического процесса загрузки аппарата, плавления сырной массы и ее выгрузки. Для однокотлового аппарата длительность цикла $25...30$ мин. В двухкотловом аппарате он сокращен до 15 мин, благодаря совмещению основного процесса в одном котле с загрузкой или выгрузкой продукта во втором.

9 КОМПЛЕКТЫ ОБОРУДОВАНИЯ, ЛИНИИ, ЦЕХА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

9.1 Комплекты оборудования, линии, цеха для переработки молока отечественного производства

Молокоприемный пункт МПП-10СП (рис. 9.1) предназначен для приемки цельного молока от хозяйств, его очистки, охлаждения, хранения и частичной переработки (до 30 %) с получением пастеризованного, в том числе обезжиренного молока, сырых сливок.

Состоит из боков-кузовов полной заводской готовности, отгружаемых с завода-изготовителя с установленными в них технологическим оборудованием и трубопроводами, смонтированными системами отопления, горячего водоснабжения, вентиляции, канализации, водопровода, электроснабжения и автоматизации. Размер блоков $3,1 \times 6 \times 3,56$ м.

Техническая характеристика молокоприемного пункта МПП-10СП: производительность – 10 т/сут; установленная мощность – 212 кВт; расход холодной воды – $3,5 \text{ м}^3/\text{ч}$; горячей – $1,6 \text{ м}^3/\text{ч}$; объем сточных вод – $17 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Молокоприемный пункт (рис. 9.2) мощностью 10 т молока в сутки в ЛМК предназначен для приемки молока от хозяйств и населения, очистки, охлаждения, хранения и отгрузки на молочный завод. Состоит из приемно-моечного отделения, санитарно-бытового помещения, отделений энергетического, приемки, обработки и выдачи товарного молока.

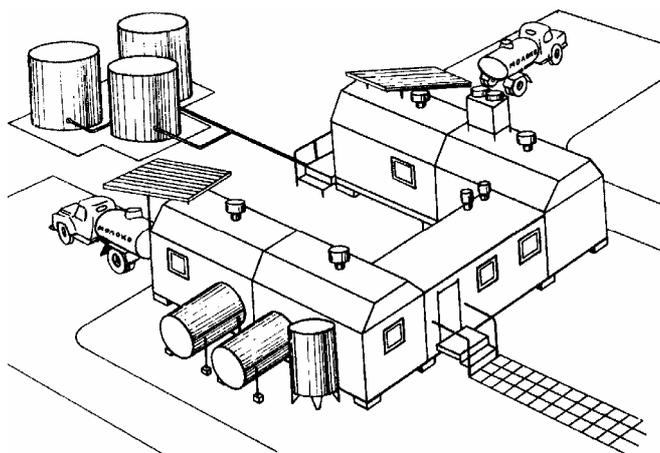


Рис. 9.1 Общий вид молокоприемного пункта МПП-10СП

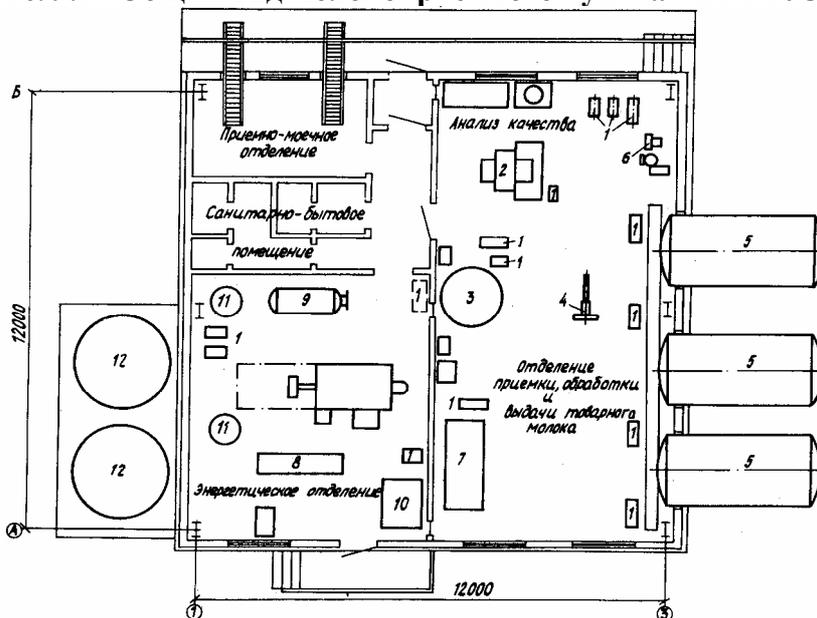


Рис. 9.2 План размещения оборудования молокоприемного пункта в ЛМК:

- 1 – насосы; 2 – весы; 3, 5 – емкости для молока; 4 – охладитель; 6 – счетчик для молока; 7 – моечная установка; 8 – компрессор; 9 – бойлер; 10 – охладитель воздушный; 11 – оборудование водоподготовки; 12 – бак ледяной воды

Производительность молокоприемного пункта в ЛМК – 10 т/сут; установленная мощность – 142 кВт; расход воды $5 \text{ м}^3/\text{ч}$; расход жидкого топлива 40 т/год; объем сточных вод – $25 \text{ м}^3/\text{сут}$; габаритные размеры – $12\,000 \times 12\,000 \times 3660$ мм.

Мини-завод по переработке молока марки МЗ-6 (рис. 9.3) предназначен для комплексной переработке молока жирностью 3,5...3,8 % на небольших предприятиях молочной промышленности. Позволяет осуществлять технологические процессы по получению пастеризованного молока, в том числе нормализованного, обрата, сметаны, сливочного масла, пахты, сыра.

Производительность мини-завода МЗ-6 по молоку – 6000 л/сут; расход воды – 15 м³/сут; объем сточных вод – 16,5 м³/сут; установленная мощность – 45 кВт; занимаемая площадь – 100 м².

Комплект оборудования для переработки 80 л молока в сутки марки Г6-ОПК-80 предназначен для выработки сливочного масла, творога и мягкого слоеного сыра на фермах, фермерских и крестьянских хозяйствах.

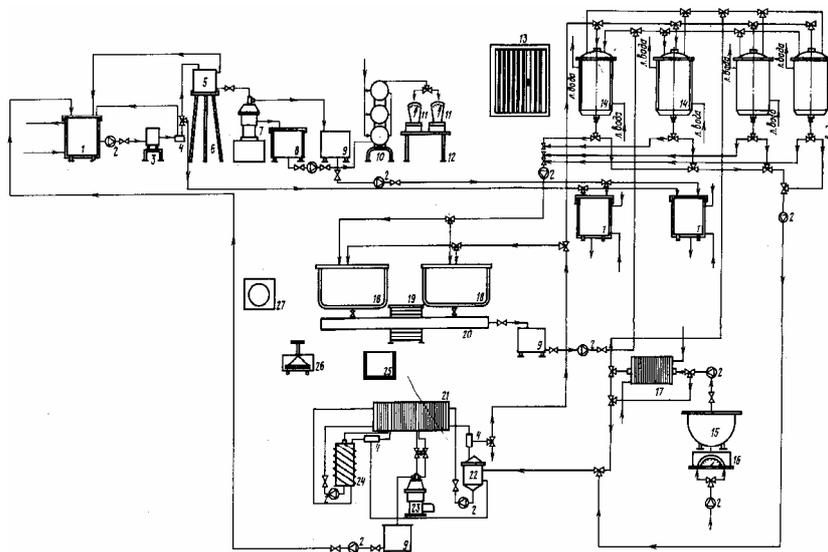


Рис. 9.3 Мини-завод МЗ-6:

- 1 – бак для сливок; 2 – насос; 3 – аппарат пастеризационный для сливок;
 4 – переключающий клапан; 5 – бак промежуточный; 6 – подставка;
 7 – сепаратор высокожирных сливок; 8 – емкость для нормализации сливок;
 9 – емкость; 10 – маслообразователь; 11 – весы; 12 – стол; 13 – холодильная камера; 14 – емкость для хранения молока; 15 – емкость для молока; 16 – весы напольные; 17 – охладитель; 18 – ванна для творога; 19 – площадка с лестницей; 20 – лоток; 21 – пастеризатор; 22 – бак комбинированный; 23 – сепаратор-очиститель, разделитель, нормализатор; 24 – водоподогреватель с выдерживателем; 25 – заквасочник; 26 – тележка; 27 – автоклав

В состав комплекта входит следующее оборудование: ванна универсальная марки Г6-ОПК-80/1; бачок вместимостью 40 л марки Г6-НБ-40; бачок заквасочника вместимостью 3 л; заквасочник марки Г6-ОПК-80/2; маслобойка ручная марки Г6-МБ-2 или с электроприводом марки Г6-ОМЭ-2; сепаратор-сливкоотделитель ручной, форма сырная, весы шкальные, стол.

Производительность комплекта Г6-ОПК-80 по молоку – 80 л/сут, по сливочному маслу – 3,5 кг/сут, по творогу – 10 кг/сут; потребление воды – 1 м³/сут; установленная мощность – 21 кВт; занимаемая площадь – 8 м².

Линия по изготовлению сливочного масла (рис. 9.4) предназначена для получения сливочного масла. Входит также в состав линии по переработке 10 т молока в смену.

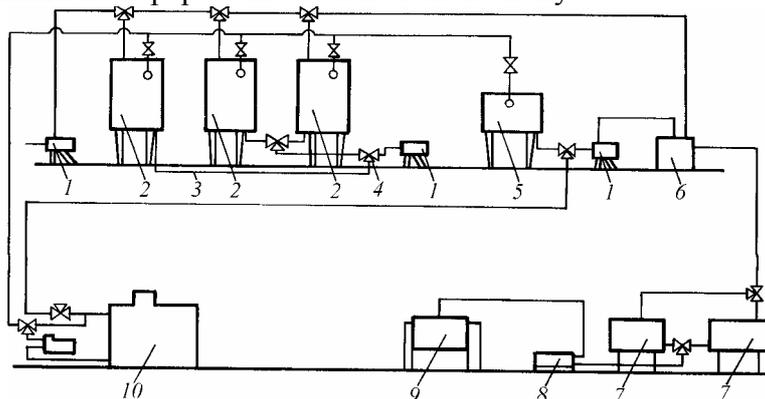


Рис. 9.4 Линия по изготовлению сливочного масла:

- 1 – насос центробежный; 2 – приемная емкость; 3 – молокопровод;
4 – кран трехходовый; 5 – ванна пастеризационная; 6 – сепаратор;
7 – ванна сливкосозревательная; 8 – насос шестеренчатый;
9 – маслоизготовитель; 10 – установка моечная

Техническая характеристика линии по производству сливочного масла следующая: производительность по маслу – 400 кг/смену; расход пара – 200 кг/ч; расход холодной воды – 2 т/смену; установленная мощность – 12,8 кВт.

Сырдельный цех в блочно-модульном исполнении мощностью 300 кг в смену (рис. 9.5) предназначен для производства сыров на предприятиях малой мощности. Основной продукцией является голландский брусковый сыр размерами 290 × 140 × 150 мм и массой 5 кг. В качестве дополнительной продукции производятся сливки и сыворотка.

Сырдельный цех состоит из восьми блок-кузовов полной заводской готовности с установленными в них технологическим оборудованием и трубопроводами, смонтированными системами отопления, водоснабжения, вентиляции, электроснабжения.

Площадь застройки составляет 1378 м². Режим работы цеха принят продолжительностью 12 ч. Обслуживают цех три человека. Производительность за смену по выпуску сыра брускового (масса 5 кг) – 50...100 кг; сливок – 17,5...35 л; сыворотки – 570...1140 л. Количество перерабатываемого молока за смену – 650...1300 кг. Расход воды за сутки на производственные нужды – 30 м³. Установленная мощность – 207,5 кВт.

Мини-молокозавод (рис. 9.6) для переработки молока и выпуска творога, сметаны, масла, сыра, сгущенного молока имеет также блочную структуру. Техническая характеристика мини-молокозавода представлена в табл. 9.1.

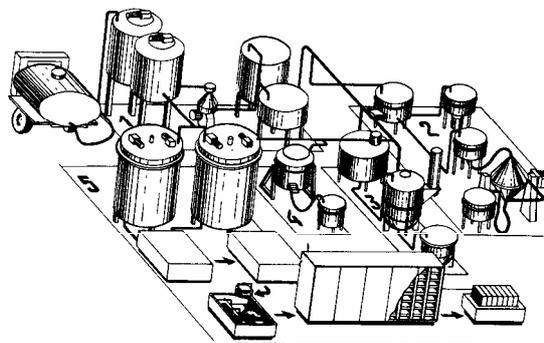


Рис. 9.6 Мини-молокозавод:

1 – первичная обработка молока; 2 – изготовление масла и сметаны;
3 – сгущенного молока; 4 – творога; 5 – сыра

9.1 Техническая характеристика мини-молокозавода

Показатель	Количество молока, перерабатываемого в сутки, т				
	3	6	9	12	15
I вариант					
Производительность по готовому продукту, кг					
творог	330	660	990	1320	1650
сметана	240	480	720	960	1200
Занимаемая площадь, м ²	288	288	432	432	432
II вариант					
Производительность по готовому продукту, кг					
творог	330	660	990	1320	1650
масло	115	230	345	460	575
Занимаемая площадь, м ²	288	288	432	432	432
III вариант					
Производительность по готовому продукту, кг					
масло	115; 160	230	345	460	575
сыр	220...78	440	660	880	1100
Занимаемая площадь, м ²	720	1152	1440	1440	1728
Расход:					
пара, т/ч	0,9	1,9	2,9	3,5	–
воды, м ³ /сутки	40	50	80	100	120
Установленная мощ- ность, кВт	200	300	300	400	500

Мини-заводы (рис. 9.7) по переработке 300 и 600 кг молока в сутки и выработки сливочного масла, творога и сыра типа адыгейского предназначены для фермерских хозяйств. Все технологические процессы осуществляются на электрической энергии, что исключает необходимость строительства котельной. Техническая характеристика мини-заводов по переработке молока представлена в табл. 9.2.

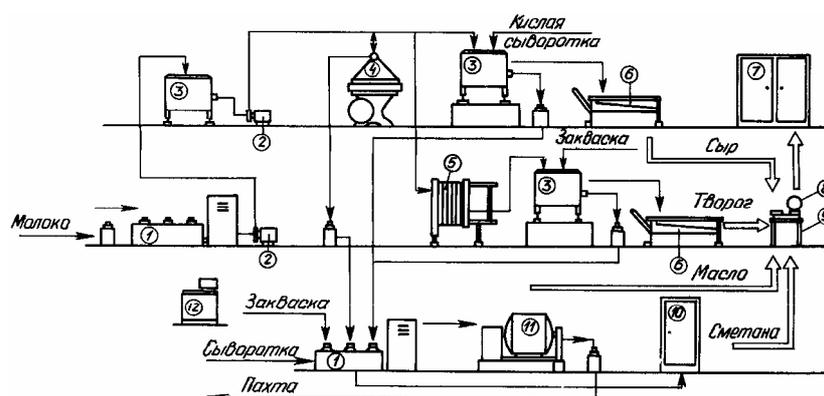


Рис. 9.7 Технологическая схема мини заводов по переработке молока:

- 1 – охладитель молока во флягах; 2 – насос самовсасывающий; 3 – ванна пастеризации; 4 – сепаратор-сливкоотделитель; 5 – охладитель пластинчатый; 6 – стол передвижной с перфорированными формами; 7 – шкаф холодильный; 8 – весы для масла; 9 – стол упаковочный; 10 – шкаф-термостат; 11 – маслоизготовитель; 12 – установка для приготовления закваски

9.2 Техническая характеристика мини-заводов по переработке молока

Показатель	Значение	
Производительность в сутки, т:		
по перерабатываемому молоку	300	600
по готовому продукту:		
масло сливочное	12	24
сыр типа адыгейского	15	30
творог	15	30
сыворожка молочная	200	400
Расход воды, м ³ /сутки	1,8	3,6
Установленная мощность, кВт	40	50
Занимаемая площадь, м ²	80	120

Технологическая схема комплектных мини-заводов по переработке молока на сыр, масло, творог представлена на рис. 9.8. Они предназначены для переработки 1...10 т молока в смену и выработки сыра, масла, творога. Техническая характеристика комплектных мини-заводов по переработке молока на сыр, масло, творог представлена в табл. 9.3.

Поступающее молоко перед созреванием подвергается фильтрации и охлаждению, а затем пастеризуется, сепарируется и нормализуется по содержанию жира.

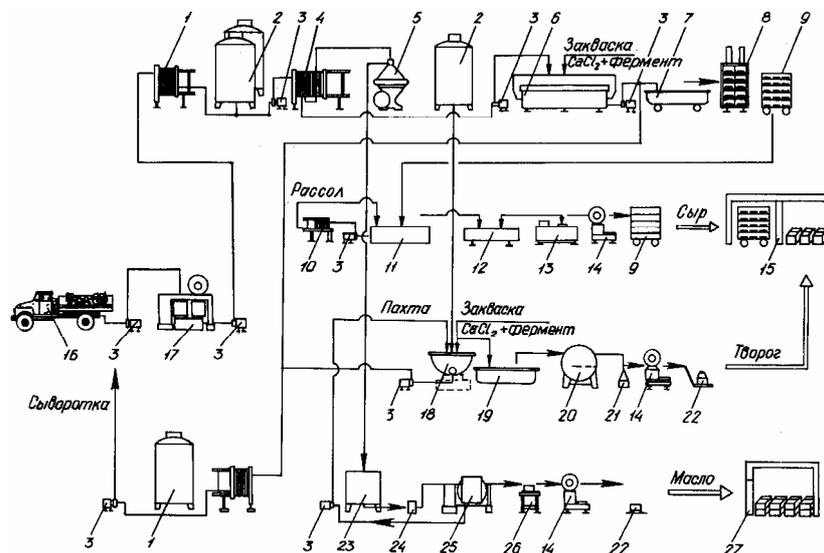


Рис. 9.8 Технологическая схема комплектных мини-заводов:

- 1 – охладитель пластинчатый для молока; 2 – резервуар молокоприемный;
 3 – насос центробежный; 4 – пастеризационно-охладительная установка;
 5 – сепаратор-сливкоотделитель; 6 – ванна сыродельная;
 7 – ванна формовочная; 8 – пресс для сыра; 9 – стеллаж для сыра;
 10 – охладитель пластинчатый для рассола; 11 – бассейн для посолки сыра;
 12 – ванна для мойки сыра; 13 – парафинер; 14 – весы товарные;
 15 – камера для созревания и хранения сыра и творога;
 16 – автомолокоцистерна; 17 – весы молочные; 18 – ванна творожная;
 19 – ванна для самопрессования творога; 20 – установка для охлаждения
 творога; 21 – фляга; 22 – тележка; 23 – ванна пастеризационная;
 24 – насос роторный; 25 – маслоизготовитель; 26 – стол упаковочный;
 27 – камера хранения масла

9.3 Техническая характеристика комплектных мини-заводов

Показатель	Значение			
Производительность в смену:				
по перерабатываемому молоку, т	1	2	5	10
по готовому продукту, кг:				
сыра типа голландского	50	100	215	430
масло сливочное	25	50	130	260
творог	50	100	300	600
Расход:	150	200	250	400
пара, кг/ч	5,5	11	25	50
воды, м ³ /смену	5	10	22	45
Канализационные стоки, м ³ /смену	23,2	46,4	60,2	120,4
Холодопроизводительность компрессорной установки, тыс. ккал/ч	70	100	150	240
Установленная мощность, кВт	200	250	500	900
Занимаемая площадь, м ²				

Малогобаритные комплекты оборудования для производства сливочного масла марок Я7-ОКМ и Я7-ОПМ представлены на рис. 9.9. Они предназначены для производства различных видов сливочного масла методом периодического сбивания сливок в условиях малых молочных предприятий.

В состав комплектов входит следующее технологическое оборудование: два универсальных аппарата циклического действия 1 для пастеризации (возможно использование различных источников тепла),

выдерживания, охлаждения и физического созревания сливок; насос роторный 3; маслоизготовитель периодического сбивания сливок 4; стол для фасовки и упаковки масла 5; комплект инвентаря, а также молочная арматура и пульта управления 2.

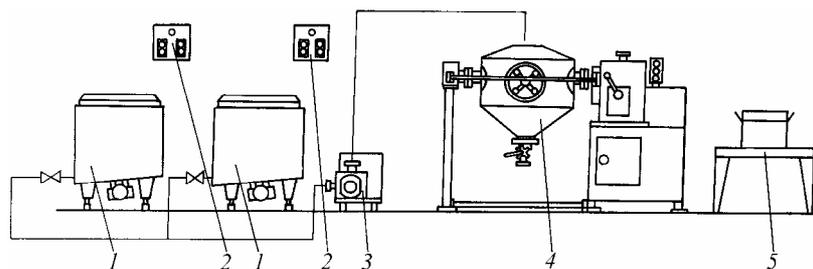


Рис. 9.9 Технологическая схема малогабаритных комплектов оборудования марок Я7-ОКМ и Я7-ОПМ

Универсальный аппарат представляет собой резервуар-тепло-обменник, состоящий из внутреннего рабочего сосуда с наклонным днищем, крышкой и механической мешалкой, теплообменной рубашки, термоизоляции, декоративной облицовки, запорной арматуры и устройств, обеспечивающих возможность использования для пастеризации сливок различных источников теплоэнергии (горячей воды, пара, электричества). Наклон лопастей мешалки и наклонное расположение ее оси вращения, а также наклонное днище обеспечивают эффективное перемешивание сливок и теплообмен и полное их опорожнение.

Маслоизготовитель состоит из барабана-сбивателя, опорной стойки, рамы, привода, электрошкафа, пульта управления, оросительного и ограждающего блокировочного устройств, а также устройства, фиксирующего барабан в требуемых положениях.

Оригинальная конструкция маслоизготовителя и современная форма барабана-сбивателя, оборудованного загрузочно-разгрузочным люком с герметически закрывающейся крышкой, смотровым окном, краном для слива пахты и клапаном для выпуска выделяемых в начале сбивания газов, а также специальная обработка внутренней поверхности барабана, исключая налипание продукта, и наличие двух скоростей вращения его с оптимальной частотой обеспечивают эффективное сбивание сливок и обработку масляного зерна, а также получение готового продукта (сливочного масла) хорошего качества.

Все детали и узлы комплекта оборудования, соприкасающиеся с продуктом, а также декоративная облицовка его изготовлены из нержавеющей стали и имеют современную внешнюю отделку. Оно компактно, надежно в работе и удобно в эксплуатации.

9.4 Техническая характеристика малогабаритных комплектов оборудования для производства сливочного масла марок Я7-ОКМ и Я7-ОПМ

Показатель	Значение	
Производительность в смену, кг	1000...1500	2000...3000
по исходному молоку	50...80	100...150
по маслу		
Установленная мощность электродвигателей, кВт	1,84	2,24
Занимаемая площадь без зоны обслуживания, м ²	3,5	3,9
Высота, мм	1850	1920
Масса комплекта, кг	560	650

Оборудование комплекта поставляется полностью собранным и представляет собой законченные конструкции, что удобно при транспортировке и монтаже.

По желанию заказчика комплекты оборудования могут поставляться в любом наборе и сочетании как в полной комплектности, так и отдельными единицами. Состав и производительность оборудования

определяются, исходя из конкретного количества перерабатываемого на сливочное масло молока на предприятии.

Техническая характеристика малогабаритных комплектов оборудования для производства масла марок Я7-ОКМ и Я7-ОПМ представлена в табл. 9.4.

9.2 Комплекты оборудования, линии, цеха для переработки молока зарубежного производства

Молочный завод фирмы "FEXIMA-ENGINEERING" (Финляндия) предназначен для комплексной переработки пяти тонн молока в деревнях или на небольших временных, но длительных стройплощадках для получения в сутки пастеризованного молока (2000 л), кефира (2800 л), сливок (300 л), сметаны (300 л), творога (150 кг). Возможно изготовление масла (около 90 кг), мягкого сыра (100 кг). Переработка молока осуществляется не в один день, а в зависимости от спроса. Каждый день изготавливается только пастеризованное молоко.

Ежедневно должно поступать около 5000 л молока, как правило, в охлажденном виде (однако предусмотрена возможность охлаждения молока с 15 до 4 °С), затем оно перекачивается через теплообменник в резервуар для хранения. Все поступающее молоко сепарируется и пастеризуется. Сливки поступают в танк в теплом виде и пастеризуются после сепарирования.

Молоко, кефир, сливки упаковываются одним оборудованием в картонные упаковки, поставляемые на молочный завод в качестве заготовок. На молочном заводе предусмотрено складское помещение для небольшого объема упаковок; для объема, рассчитанного на три–четыре месяца, имеется помещение недалеко от молочного завода. Продукт временно хранят на складе при температуре 4 °С. Предполагается, что продукты из него поступают, как правило, прямо в продажу. Сливки используются для приготовления масла или сметаны. Закваска и термообработка их выполняются в одном танке. Заквашенные сливки перекачиваются насосом в маслобойник и сбиваются в масло. Масло и творог формируются одним оборудованием на куски по 200 или 500 г, которые заворачиваются вручную в пергамент. Творог упаковывается в стаканчики. Для изготовления сметаны предусмотрен отдельный резервуар. Сметана упаковывается дозирующим устройством в пластмассовые стаканчики, которые закрываются вручную.

Изготовление сыра и творога происходит по очереди по отдельным блок-схемам, коагуляция осуществляется в одной ванне. Производственное оборудование оснащается колесами, чтобы легко было подсоединить его к производственной линии, когда это требуется. Изготавливается полутвердый, полужирный сыр с помощью несложного и недорогого оборудования. Спуск сырной массы в форму, обработка и освобождение форм, а также посол сыров производятся, как правило, ручным способом. Масса сыра для облегчения обработки небольшая (около 5 кг).

Сыры упаковываются также вручную в пергамент. Перечень оборудования молочного завода: приемный насос (производительность 5000 л/ч); пластинчатый теплообменник для охлаждения молока (производительность 5000 л/ч); бак для хранения принятого молока (емкость 5000 л); питательный бак (емкость 160 л); насос центробежный (подача 2000 л/ч); теплообменник для нагрева, пастеризации и охлаждения продуктов (производительность 2000 л/ч); насос центробежный (подача 6000 л/ч); сепаратор (производительность 2000 л/ч); трубопроводы из нержавеющей стали; автоматика регулирования и управления процессом пастеризации; бак для приготовления сметаны (емкость 300 л); упаковочная машина полуавтоматическая для сметаны; бак для масла (емкость 50 л); бак для приготовления кефира (емкость 3000 л); насос роторный (подача 1500 л/ч); бак для пастеризованного молока (емкость 3000 л); машина для упаковки молока и кефира (производительность 1400 упаковок/ч); бак для закваски (емкость 160 л); мармит для закваски; бак для сбора и пастеризации (емкость 160 л); маслобойка (емкость 200 л); тележка для масла (емкость 100 л); установка для формования кусков масла; бак для приготовления творога (емкость 1000 л); стол для укладки в формы; формы для сыра; пресс для сыров; бак для посола сыра; решетка для сыров; подъемник ручной (грузоподъемность 300 кг); складские принадлежности, приборы и т.д.

План промышленной площадки предприятия решен в соответствии с технологическим процессом производства. Для размещения предприятия требуется участок размерами 15 × 24 м.

Молочный завод фирмы "AMB TRADING GmbH" (ФРГ) предназначен для комплексной переработки молока. Предусматривается переработка 5000 л сырого молока в сутки и получение готового продукта по одному из четырех вариантов:

- первый – 730 кг творога и 3270 кг сыворотки;

- второй – 4330 кг молока (при дальнейшей переработке 790 кг творога и 3500 кг сыворотки) и 670 кг сливок жирностью 30 % (240 кг масла и 430 кг пахты);
- третий – 4800 кг молока жирностью 2,9 % (460 кг сыра гауда 45 % и 4340 кг сыворотки) и 200 кг сливок жирностью 30 % (73 кг масла и 127 кг пахты);
- четвертый – 4700 кг молока жирностью 2,9 % (450 кг сыра гауда 45 % и 4250 кг сыворотки) и 300 кг молока (сметаны).

Работа предприятия предусматривается в одну смену при шестидневной рабочей неделе: понедельник – переработка молока в соответствии со вторым вариантом, хранение сливок; вторник – переработка молока в соответствии с третьим вариантом, хранение сливок; среда – переработка молока в соответствии с первым, сбивание масла из сливок, полученных в понедельник и вторник ($670 + 200 = 870$ кг сливок), получение готового продукта: 315 кг масла и 555 кг пахты; четверг и пятница – переработка молока в соответствии с третьим вариантом, хранение сливок; суббота – переработка молока в соответствии с четвертым вариантом, сбивание масла из сливок, полученных в четверг и пятницу ($200 + 200 = 400$ кг сливок), получение готового продукта: 146 кг масла и 386 кг пахты, хранение сметаны для упаковывания в понедельник.

Поставляемое из хозяйств сырое молоко в бидонах или цистернах принимается для последующего хранения. Общее количество сырого молока перекачивается в пластинчатый теплообменник, где оно охлаждается до $4...8$ °С. Далее оно хранится в промежуточном танке до обработки. При поставке в бидонах дополнительно к указанному оборудованию устанавливаются весы для приемки молока с подъемником. Все сырое молоко, поступающее из танка, подвергается очистке и отделению сливок, а также пастеризации и повторному охлаждению. Для этого применяется комплект оборудования, состоящий из сепаратора, пластинчатого теплообменника, дополнительного оборудования.

При пастеризации в пластинчатом теплообменнике молоко нагревается до $71...74$ °С и в течение 30 с выдерживается при такой температуре. Для регулирования и изменения температуры предусматривается устройство управления.

Пластинчатый теплообменник работает на основе рекуперации тепла, по принципу противотока: пастеризованное молоко в обменном отделении передает свое тепло еще не пастеризованному молоку и само в это время охлаждается. Дополнительное охлаждение его до 4 °С осуществляется в пластинчатом теплообменнике с помощью ледяной воды. После охлаждения молоко перекачивается в танк питьевого молока и далее насосом подается в установку для розлива в бидоны.

Молоко, предназначенное для выработки сыра, с добавками (соли кальция, нитраты, закваска) поступает в сыроизготовитель, куда затем добавляется фермент, вызывающий свертывание (сычужный фермент). При достижении оптимальной консистенции сырного зерна начинается его обработка в сыроизготовителе (резание – предварительное створаживание – отделение сыворотки – перемешивание – промывание зерна – дополнительное нагревание – дополнительное створаживание). При этом учитываются различные технологические и качественные параметры (температура, время и значение pH). Затем зерновой сгусток режется на порции, заполняются сырные формы, и сырное зерно прессуется. После прессования отдельные куски сыра вынимаются из форм, маркируются, укладываются на специальные стеллажи и транспортируются к солевой ванне. После солевой ванны, обезвоживания и сушки сыр подготавливается для созревания. После окончания процесса созревания сыр упаковывается в пленку. Полученная сыворотка собирается в емкость для сыворотки и отправляется на корм скоту.

Для получения сливочного масла пастеризованные и охлажденные сливки из отделения по обработке молока собираются в резервуаре и подаются в сливкосозревательные ванны. Одновременно добавляются культуры, необходимые для сквашивания сливок и придания требуемого вкуса. После созревания сливки для сбивания масла поступают в маслоизготовитель. Пахта, полученная во время этого процесса, собирается в емкость и подается для дальнейшей утилизации. Масло взвешивается, упаковывается и подготавливается к перевозке.

Для производства творога обезжиренное молоко подается в творожные ванны и темперировается. Затем добавляется культура. После свертывания кислый сгусток режется, что обеспечивает отделение сыворотки и слив ее. Зерно прессуется (получается сухое вещество в объеме приблизительно 32 %). Возможно добавление специальных добавок в смесительной установке.

Основное технологическое оборудование: устройство для приемки, состоящее из шланга и двойного фильтра; отделитель воздуха и объемный счетчик; насос для молока (подача 5000 л/ч); охладитель сырого молока (производительность 5000 л/ч); весы для молока в сборе с устройством для взвешивания и взвешивающим танком (предел взвешивания – 100 кг); предварительная ванна с насосом для молока и фильтром; стойка для промывки бидонов; танк для сырого молока (емкость 6000 л); насос для мо-

лока (подача 1000 л/ч); резервуар с поплавком (емкость 60 л); насос для молока (подача 1000 л/ч); пластинчатый теплообменник; сепаратор для молока (производительность 1000 л/ч); танк для молока (емкость 6000 л); насос для молока (подача 5000 л/ч); сыроизготовитель (емкость 3000 л); комплект сырных форм (прямоугольных); комплект вагонеток для форм; мойка для сырных форм, состоящая из трех резервуаров для очистки, промывки и дезинфекции; комплект стеллажей для солевой ванны; комплект стеллажей для созревания сыра; машина для упаковки в пленку, рабочий стол; емкость для сыворотки, включая насос для продукта; танк для сыворотки; комплект подъемного и транспортного устройств для стеллажей; резервуар для выращивания культур (емкость до 100 л); комплект ведер и бидонов для молока из нержавеющей стали для промежуточного хранения готовых культур в холодильном помещении; резервуар для процесса производства кефира (емкость 1000 л); резервуар для процесса производства сметаны (емкость 1000 л); резервуар для процесса производства сливок (емкость 1000 л); компактная установка химической очистки СІР; упаковочная машина для розлива кефира, сливок и сметаны (производительность 1200 упаковок/ч); конвейер для транспортировки ящиков; насосы для питьевого молока, кефира, пахты; резервуар для сбора, нагрева и охлаждения сливок (емкость 350 л); насос (подача 5000 л/ч); насос для перекачки сливок в маслоизготовитель (подача 500 л/ч); маслоизготовитель из нержавеющей стали с электродвигателем и 2-ходовым редуктором (емкость 200 л); резервуар на колесах для транспортировки масла от маслоизготовителя до упаковочного отделения (емкость 100 кг); весы со взвешивающим столом из нержавеющей стали для масла (предел взвешивания 0...50 кг); резервуар для приемки пахты (емкость 350 л); две ванны для творога; резервуар; насос; стол для творога; смесительная установка; весы; моечная машина; упаковочная установка.

Молочный завод в модульном исполнении фирмы "ACTINI INTERNATIONAL S.A." (Франция) предназначен для переработки сырого молока и получения сливок или сметаны, масла, творога, пастеризованного молока и т.д. Может использоваться для переработки молока на месте его производства. Состоит из металлических модулей, соединенных между собой, в которых предварительно смонтировано и подсоединено оборудование.

Работы на месте строительства ограничиваются только выполнением простого фундамента, необходимого для данных модулей, подключением воды и электричества, а также отводом сточных вод.

Установка для переработки молока фирмы "ALFA-LAVAL" (Швеция) предназначена для производства пастеризованного молока (производительность до 4500 л в смену) в небольших фермерских хозяйствах.

Базовая конструкция установки (рис. 9.10) состоит из стандартного набора машин. При необходимости фирма поставляет оборудование по специальному заказу для изготовления сыра, масла, мороженого, восстановления молока. Возможно оснащение различными машинами для упаковывания готовой продукции в пластмассовые мешки, стаканчики, стеклянные бутылки.

Для работы установки используется электроэнергия, однако возможно оснащение дизелем или специальным оборудованием, работающим на древесном, твердом или жидком топливе.

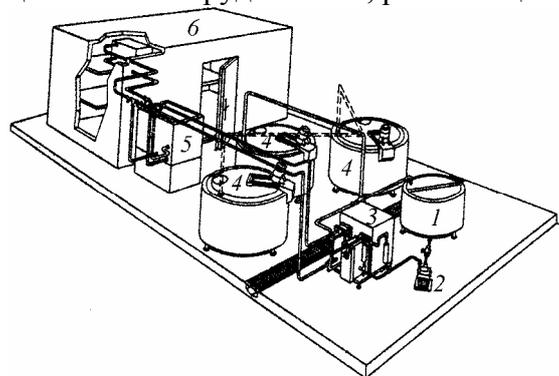


Рис. 9.10 Установка для переработки молока фирмы "ALFA-LAVAL" (Швеция):

- 1 – приемный бак;
- 2 – центробежный насос;
- 3 – пастеризатор Microterm;
- 4 – технологические емкости;
- 5 – холодильный агрегат;
- 6 – воздухоохладитель

Автономное производство PACTAIRY фирмы "ACTINI INTERNATIONAL S.A." (Франция) предназначено для обработки 500 л свежего или восстановленного молока в час и изготовления пастеризованного молока.

Оборудование устанавливается в контейнер, который используется для транспортировки, а также является технологическим рабочим помещением для производства молочной продукции. Блок изготовлен из панелей, установленных на металлической раме. Так как основанием являются рельсовые балки, то фундамент не нужен. Пол и стены покрываются специальным материалом. Имеется кондиционер. Для запуска оборудования на месте необходимо только подключение воды. Система энергонезависима, так как имеет автономный генератор. Площадь основания блока 31,5 м², габаритные размеры 10500 × 3000 × 3000 мм.

В контейнере (рис. 9.11) предусмотрены: *A* – место для генератора; *B* – отделение хранения продукции; *C* – технологическое отделение; *D* – холодильник. Установка приемки (восстановления) молока предназначена для поступления сырого молока, фильтрации или восстановления его из порошка, воды и жиров. Далее молоко пастеризуют в установке пастеризации и хранят готовый продукт в изолированной емкости из нержавеющей стали до поступления на фасование. Пастеризованное молоко упаковывается в одноразовые пакеты и хранится в холодильнике.

Комплект оборудования для обработки пяти тонн молока в сутки фирмы "LITWIN-AGRO" (Франция) предназначен для переработки пяти тонн молока на ферме с получением в смену двух тонн пастеризованного молока, полутора тонн йогурта, 110 кг сыра, 500 л пастеризованных сливок с содержанием жира 40 %, возможно получение из сливок 227 кг масла, а также использование сухого молока.

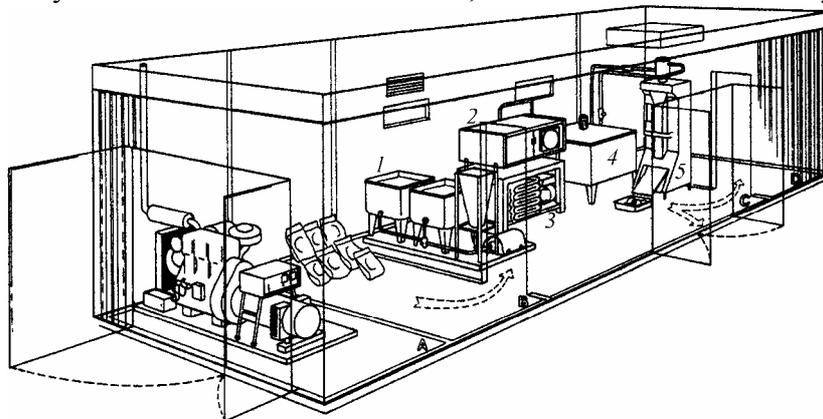


Рис. 9.11 Размещение оборудования в блоке RACDAIRY фирмы "ACTINI INTERNATIONAL S.A." (Франция):

1 – установка для приемки молока; *2* – пастеризатор; *3* – холодильный компрессор; *4* – уравнильный бак; *5* – установка для фасования молока

Комплект монтируется на рамах, что позволяет легко транспортировать его и упрощает запуск в эксплуатацию.

Подсоединяется к существующему оборудованию (доильной установке, резервуару), установленному на ферме. Возможна работа в автономном режиме, для этого достаточно подключиться к водопроводной сети и электропитанию.

В состав установки входят:

- для получения пастеризованного молока – две емкости для хранения молока (емкость 3000 л), центробежный насос, смеситель для восстановленного молока, сепаратор, комбинированный пастеризатор, емкости для хранения пастеризованного молока, машина для фасования в пластмассовые пакеты готового продукта с ручным управлением (производительность 400 л/ч);
- для производства йогурта – два заквасочника, машина для фасования в пластмассовые стаканчики 0,125 л (производительность 250 л/ч);
- для производства сыра – линия (производительность 250 л/ч) по молоку с получением 50 кг сыра (рис. 9.12);
- для производства сливок – емкость для сливок (емкость 500 л), пастеризатор для сливок (производительность 100 л/ч), емкость для хранения готового продукта (емкость 500 л), упаковочная машина;
- для производства масла – емкость для созревания сливок (емкость 500 л), маслоизготовитель, упаковочная машина.

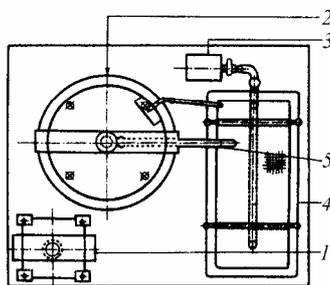
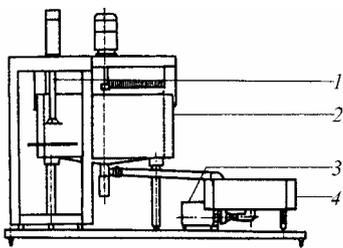


РИС. 9.12 КОМПЛЕКСНАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА ФИРМЫ "LITWIN-AGRO" (ФРАНЦИЯ):

- 1 – ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРЕСС;
- 2 – ЕМКОСТЬ ДЛЯ СЫРА 500 Л;
- 3 – НАСОС ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ СЫВОРОТКИ;
- 4 – ЕМКОСТЬ ДЛЯ СЫВОРОТКИ;
- 5 – БЛОК УПРАВЛЕНИЯ

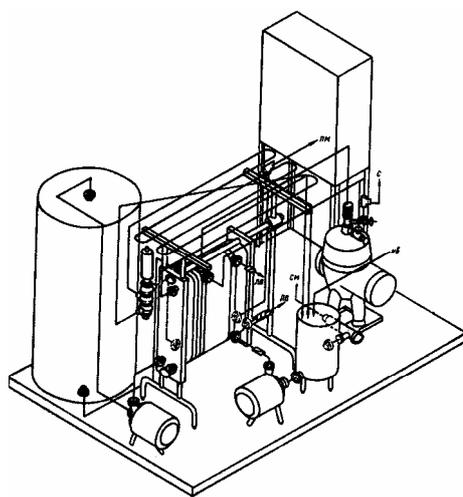


Рис. 9.13 Размещение установки фирмы "MASCHINENFABRIK KYFFH-XÄUSER-HÜTTE ARTERN GmbH" (ФРГ) на площадке

КОМПАКТНАЯ УСТАНОВКА ФИРМЫ "MASCHINENFABRIK KYFFH-XÄUSER-HÜTTE ARTERN GMBH" (ФРГ) ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ 1250 Л/Ч МОЛОКА И ПОЛУЧЕНИЯ ПИТЬЕВОГО

молока, обезжиренного молока и сливок. Оборудование монтируется на площадке (рис. 9.13) или в контейнере. В состав установки входят: насос для молока KRP 50/168-1,1/404, трубчатый фильтр (Ду = 25 мм), уравнильный бак вместимостью 45 л, пластинчатый теплообменник PAP, вентиль (Ду = 40 мм), трубчатый выдерживатель, сепаратор-сливко-отделитель MZA 1/2, бойлер В2 F300, центробежный насос для горячей воды, компенсационный сосуд вместимостью 25 л, устройство регулирования, арматура и трубопроводы.

Сепаратор, пластинчатый теплообменник и другие агрегаты соединены по технологической схеме, подключено электрооборудование, установка укомплектована электрообогревателем, кроме того, дополнительно она может быть оснащена машинами для производства сыра.

Обработка молока осуществляется по следующей технологической схеме. Сырое молоко из емкости для хранения направляется через центробежный насос и фильтр в уравнильный бачок. Далее молоко насосом подается на пластинчатый теплообменник, где подогревается до 55 °С и поступает в сепаратор. После очистки и разделения молока на сливки обезжиренное молоко через пластинчатый теплообменник поступает в танки для хранения. Для получения цельного молока служит соединительный трубопровод. Регулирование температуры пастеризации молока осуществляется с помощью специального устройства. Оно размещено в шкафу управления, где находятся элементы управления насосами и сепаратором. Во время работы установки, когда молоко проходит через возвратный клапан, теплообменную секцию и секцию охлаждения, регистрация температуры пастеризации и положения клапана осуществляется самописцем. Если не достигается требуемая температура, возвратный клапан переключается, и молоко направляется на повторное нагревание. Вода циркулирует в замкнутом контуре при помощи насоса (подача 3750 л/ч).

Техническая характеристика установки фирмы "MASCHINEN-FABRIK KYFFH-XÄUSER-HÜTTE ARTERN GmbH" (ФРГ): производительность – 1250 л/ч; температура молока на входе – 8 °С, на выходе

– 4 °С; сепарирования 55 °С, пастеризации 75 °С; время выдержки – 30 с; мощность электродвигателей – 21,5 кВт; коэффициент регенерации тепла – 0,9; габаритные размеры – 3000 × 2000 × 2000 мм; масса – 1200 кг.

Комплект оборудования MDL/2 для обработки молока фирмы "FRAU S.P.A." (Италия) предназначен для обработки молока (200 л/ч) и производства пастеризованного молока и масла. Состоит из платформы, покрытой нержавеющей сталью, лесенки с упором для опрокидывания бидонов; резервуара сбора и охлаждения молока; подающего центробежного электронасоса; регулировочного клапана потока с указателем расхода; фильтра; пластинчатых пастеризаторов; центробежных сепараторов CN-2/A (производительность 200 л/ч); блоков приготовления горячей воды, моментального охлаждения воды с холодильным компрессором, испарителем; маслобойки и др.; пульта управления и общего контроля всего оборудования.

На рис. 9.14 представлен комплект оборудования для пастеризации молока.

Оборудование может быть установлено в контейнер, изготовленный из специальных панелей с габаритными размерами 12 500 × 3000 × × 3000 мм.

Контейнер разделен перегородками, образующими участки: электрогенераторный, хранения, технологический, холодильный.

В зависимости от объемов производства молока возможно комбинирование контейнеров. Установка оборудования для производства сыра представлена на (рис. 9.15).

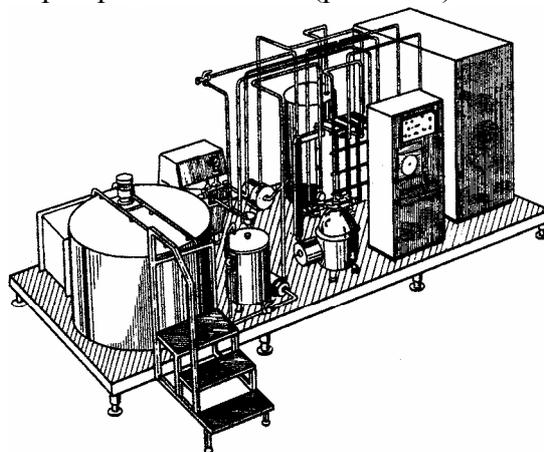


Рис. 9.14 Комплект оборудования для производства пастеризованного молока фирмы "FRAU S.P.A." (Италия)

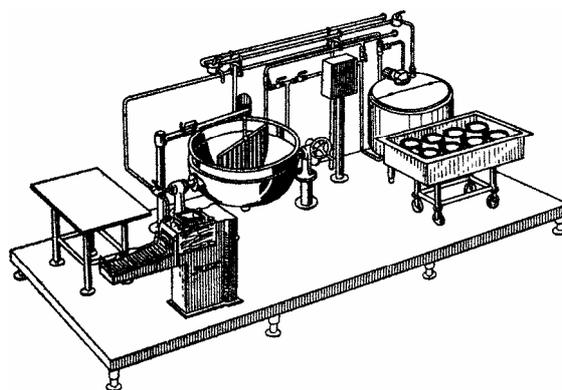


Рис. 9.15 Оборудование для производства сыра фирмы "FRAU S.P.A." (Италия)

Техническая характеристика комплекта оборудования MDL/2: производительность в смену – пастеризованного молока – 1200 л; масла – 10 кг; установленная мощность – 20 кВт; габаритные размеры – 4000 × 2150 × 2355 мм; масса – 2600 кг.

Сырозавод в контейнере фирмы "ЕТЕК ОУ" (Финляндия) предназначен для приемки 2500 л молока и выработки 480 кг мягкого сыра в смену. Состоит из двух контейнеров: для технологического оборудования и бытовых помещений, рассчитанного на пять человек. Поставляется с подсоединенным оборудованием. Для подачи молока в контейнере на наружной стене предусмотрен подвод трубы $\varnothing 51$ мм, для слива сыворотки выполнен аналогичный отвод и по желанию заказчика возможно оснащение резервуаром для ее сбора, который не входит в комплект поставки. Подвод канализации осуществляется вне контейнера. В состав оборудования (рис. 9.16) входят: танк для хранения и охлаждения молока (емкость 2500 л), насос, пластинчатый теплообменник для пастеризации молока, сыроизготовитель (емкость 500 л), ванна для разгрузки сыроизготовителя, электрический тельфер, стол из нержавеющей стали, тележка, трубы, вентили, холодильное и электрическое оборудование.

Молоко принимается в танк и охлаждается. Когда начинается процесс выработки сыра, молоко пастеризуют, охлаждают до температуры внесения сычужного фермента. После подачи молока в сыроизготовитель вносится фермент. Далее по технологии добавляют соль. Сырное зерно разгружают в ванну, где осуществляется его прессовка. После прессовки сыр разрезается на порции требуемого размера, фасуется, укладывается в контейнер и устанавливается в холодильник.

Мойка танка, пастеризатора, насосов и трубопроводов – безразборная. Моющий раствор подготавливается в танке для хранения молока. Прочее оборудование моется вручную.

Техническая характеристика: производительность в смену по молоку – 2500 л, по сыру – 480 кг; габаритные размеры технологического контейнера – 13 400 × 3000 × 3400 мм.

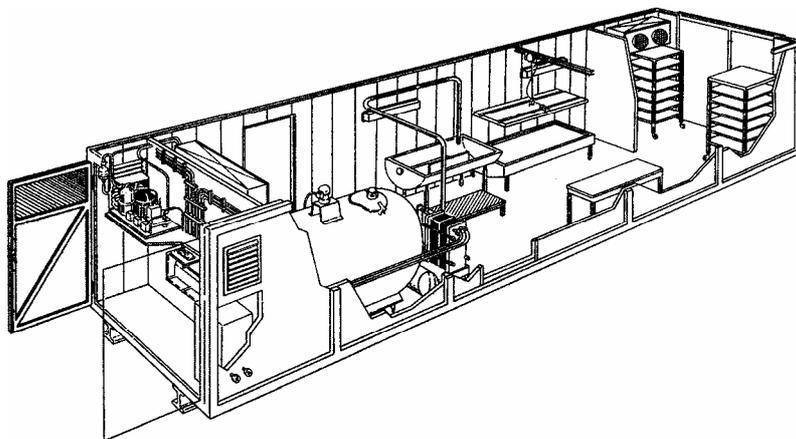


Рис. 9.16 План расположения технологического оборудования в контейнере фирмы "ЕТЕК ОУ" (Финляндия)

Комплект оборудования для переработки 1000 л молока в смену фирмы SCREMACE S-R.L." (Италия) предназначен для переработки молока, выработки сыра и сливочного масла. В состав основного оборудования входят весы для взвешивания молока S4L/1/10V, ванна для его приемки, центробежные электронасосы (мощность 0,34 и 0,736 кВт), пастеризатор (производительность 600 л/ч), сепаратор SA 15/L (производительность 1000...1500 л/ч), емкость (600 л), электромешалка, ванна для сырной массы с системой предварительного взвешивания, 50 форм для сырной массы из нержавеющей стали, пресс двухпоршневой на три уровня форм, бродильный чан (25 л), электронасос самовсасывающий (0,34 кВт), маслобойка (на 100 л), брикетировочная машина, холодильная камера, парогенератор, электрогенератор. Оборудование установлено в контейнере.

Техническая характеристика: производительность в смену: по молоку – 1000 л; по готовому продукту – 100 кг; мощность электрогенератора – 7 кВт; габаритные размеры контейнера – 11 000 × 2450 × 2400 мм.

Модульная сыроварня FROMAPACK фирмы "ACTINI INTERNATIONAL S.A." (Франция) предназначена для переработки 1000 л сырого молока в смену и изготовления сыра типа голландский, творога, сливок, масла. Применяется для переработки молока в местах его производства.

Производительность в смену: по молоку – 1000 л; по сыру – 100 кг; потребляемая мощность оборудования и обогрева помещения – 30 кВт·ч; потребление воды – 3...5 м³/ч; давление воды – 0,3 МПа; занимаемая площадь – 31,5 м²; габаритные размеры – 10 500 × 3000 × 2500 (2700) мм.

В комплект оборудования входит насос самовсасывающий 0,55 кВт, фильтр для молока, сепаратор, емкость для хранения молока, маслобойка, электропастеризатор, сырная ванна, емкость для предварительного прессования, пневматический пресс, парафинер, гомогенизатор для творога и др.

Минисыроваренный завод фирмы "ALFA-LAVAL" (Швеция) предназначен для переработки 500 л молока в сутки и изготовления сыра типа голландский, костромской, а также брынзы. Технологическая схема представлена на рис. 9.17.

Для выработки продукта используется следующее оборудование: уравнильный танк (250 л); центробежные насосы (мощность привода 0,55 кВт); фильтр для молока; пастеризатор для молока типа Microtherm; открытый сепаратор типа 29AE; уравнильный танк для обезжиренного молока (250 л); вертикальный танк RFT (520 л); инкубатор маточной культуры; холодильная установка для производства ледяной воды типа Alfa-Glasse 1300/3; алюминиевые бидоны с крышкой (20 и 40 л); приспособления для мойки оборудования, в том числе: промывочный лоток из нержавеющей стали для мойки молочных бидонов, ведра из нержавеющей стали, щетки, защитные перчатки и очки, защитная сетка от насекомых, реле времени (60 мин), упорный брус, сито для сырого молока, пружинные весы для взвешивания сырого молока, моющее средство.

В зависимости от вида сыра завод комплектуется оборудованием: сырными формами, вертикальным прессом, стеллажами для хранения 1800 головок сыра, сырной ванной (500 л), мешалкой, ножом для нарезания сгустка, контейнерами для рассола из пластика, приспособлением для воскования, стеллажами для хранения сыра, столом-тележкой с оборудованием для прессования.

Дополнительно фирма может поставить: платформы, фасовочное оборудование для сыра, сырьевые материалы, упаковочный материал для готовой продукции, электромонтажные материалы, генераторы, установку электроосвещения, установку сжатого воздуха, паровой котел, оборудование по обработке сырой воды, очистке сточных вод, а также произвести монтаж оборудования, контроль и пуск его в эксплуатацию и осуществить обучение персонала.

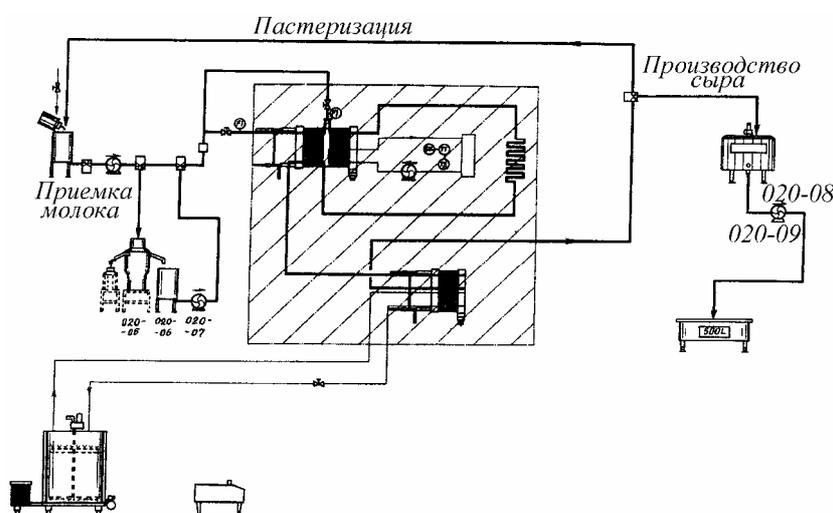


Рис. 9.17 Технологическая схема производства сыра на предприятии "ALFA-LAVAL" (Швеция)

9.3 Технологический расчет цехов по первичной обработке и переработке молока

Все операции, связанные с первичной обработкой молока, подразделяют на основные и вспомогательные. К основным операциям относится механическая и тепловая обработка, к вспомогательным — прием, взвешивание и транспортировка молока, а также мойка и стерилизация посуды.

Для подбора оборудования в молочном блоке прежде всего надо знать суточный сбор молока

$$G_{\text{сут}} = \frac{\alpha_1 m M}{365}, \quad (9.1)$$

где α_1 – коэффициент, учитывающий неравномерность суточного удоя, представляющий собой отношение максимального удоя к среднесуточному удою, $\alpha_1 = 1,2 \dots 2,0$; m – поголовье животных на ферме, гол; M – среднегодовой плановый удой от одной коровы, кг.

Максимальный часовой выход молока на ферме определяется по формуле

$$Q_{\text{ч}} = \frac{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 m M}{D}, \quad (9.2)$$

где α_2 – коэффициент неравномерности поступления молока (при работе одного оператора $\alpha_2 = 1$, двух – $\alpha_2 = 1,1 \dots 1,2$, трех операторов – $\alpha_2 = 1,3 \dots 1,4$); α_3 – коэффициент, учитывающий максимально возможные надой молока за одну дойку (при двухкратном доении коров $\alpha_3 = 0,65$, при трехкратном – $\alpha_3 = 0,4$, при четырехкратном – $\alpha_3 = 0,3$); D – число суток лактации коров в году, $D = 300$ суток.

По $Q_{\text{ч}}$ определяют необходимые параметры машин технологической линии, подбирают машины по каталогу, а при $Q_{\text{ч}} > Q_{\text{м}}$ определяют их количество:

$$n = \frac{Q_{\text{ч}}}{Q_{\text{м}}}, \quad (9.3)$$

где $Q_{\text{м}}$ – производительность машины по каталогу, кг/ч.

Одной из первых операция по первичной обработке молока является его очистка от посторонних примесей. Широкое распространение для очистки молока находят сепараторы-молокоочистители. Выбрав сепаратор-молокоочиститель, определяют длительность непрерывное его работы без разборки

$$t_0 = \frac{100 V_{\text{гр}}}{\rho Q_0}, \quad (9.4)$$

где $V_{\text{гр}}$ – объем грязевого пространство барабана, м^3 ; ρ – процент отложения сепараторной слизи от общего объема пропущенного молока, $\rho = 0,03 \dots 0,06$; Q_0 – производительность очистителя, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Объем грязевого пространства

$$V_{\text{гр}} = 0,01 \pi (R_{\text{max}}^2 - R_{\text{min}}^2) H, \quad (9.5)$$

где R_{max}^2 , R_{min}^2 – максимальный и минимальный радиусы грязевого пространства, м; H – высота пакета тарелок, м.

При $T_{\text{д}} > t_0$ принимают резервный сепаратор-молокоочиститель, где $T_{\text{д}}$ – общая продолжительность доения всех коров, ч.

Охлаждители, как и другие тепловые аппараты, рассчитывают по поверхности теплообмена. Рабочая поверхность охлаждения

$$F = Q_{\text{ч}} C_{\text{м}} (t_1 - t_2) k \Delta t_{\text{cp}}, \quad (9.6)$$

где $C_{\text{м}}$ – теплоемкость продукта, $\text{кДж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$; t_1, t_2 – конечная и начальная температура продукта соответственно, $^\circ\text{C}$; k – общий коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/\text{м}^2$; Δt_{cp} – средняя логарифмическая разность температур, $^\circ\text{C}$.

Значение Δt_{cp} определяется по формуле

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{(\Delta t_{\text{max}} - \Delta t_{\text{min}})}{2,3 \lg \left(\frac{\Delta t_{\text{max}}}{\Delta t_{\text{min}}} \right)}, \quad (9.7)$$

где Δt_{max} , Δt_{min} – разность температур жидкостей в начале и конце процесса охлаждения, $^\circ\text{C}$.

Расход воды или рассола находят из уравнения теплового баланса

$$Q_{\text{ч}} C_{\text{м}}(t_1 - t_2) = q_{\text{в}} C_{\text{в}}(t'_2 - t'_1) = q_{\text{рас}} C_{\text{рас}}(t_{\text{п}}^{\text{к}} - t_{\text{п}}^{\text{н}}), \quad (9.8)$$

где $q_{\text{в}}$, $q_{\text{рас}}$ – количество воды и рассола соответственно, кг/ч; t'_2 , t'_1 – соответственно, конечная и начальная температура воды, °С; $C_{\text{в}}$ – теплоемкость воды, Дж/кг ($C_{\text{в}} = 4,213$ кДж/кг·°С); $t_{\text{п}}^{\text{к}}$, $t_{\text{п}}^{\text{н}}$ – соответственно, конечная и начальная температура рассола, °С.

Если охладитель двухступенчатый, то через первую секцию пропускают воду, а через вторую – рассол. Расчеты по каждой секции ведут отдельно. Оптимальное значение хладоносителя по отношению к продукту при охлаждении водой равно трем, при использовании рассола – двум.

Молоко, охлажденное ниже 10 °С, хранят в вертикальных или горизонтальных резервуарах. В них гарантируется повышение температуры молока в течение 12 ч не более, чем на 1 °С при разности температур окружающего воздуха и молока 20 °С.

Если молоко отвозят с фермы после нескольких доек, то его хранят в танках-охладителях, оборудованных холодильными установками.

Количество емкостей для хранения молока определяют по формуле

$$n_{\text{т}} = \frac{G_{\text{хр}}}{\rho_{\text{м}} V_{\text{хр}} \varphi}, \quad (9.9)$$

где $G_{\text{хр}}$ – количество накапливаемого молока, кг; $\rho_{\text{м}}$ – плотность молока, кг/м³ ($\rho_{\text{м}} = 1000 \dots 1033$ кг/м³); $V_{\text{хр}}$ – объем емкости для хранения молока, м³; φ – коэффициент заполнения емкости молоком, ($\varphi = 0,85 \dots 0,9$).

Искусственный холод для охлаждения воды или рассола получают в холодильной установке. Холодильные установки выбирают по наибольшей суточной потребности в холоде

$$Q_{\text{сут}} = Q_1 + Q_2 + Q_3, \text{ кДж}, \quad (9.10)$$

где Q_1 – количество холода для охлаждения продукта до температуры хранения, кДж,

$$Q_1 = G_{\text{сут}} C_{\text{м}}(t_1 - t_2),$$

Q_2 – количество холода для компенсации притока внешнего тепла, кДж,

$$Q_2 = 24 \sum k F \Delta t,$$

F – поверхность теплообмена, м²; Δt – разность теплообмена между средами, находящимися в условиях теплообмена, °С; $\sum k$ – общий коэффициент теплопередачи, Вт/м²; Q_3 – количество холода для компенсации случайных неучитываемых потерь,

$$Q_3 = (0,1 \dots 0,4) Q_1.$$

Расчетная рабочая производительность холодильных установок

$$Q_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{t}, \text{ кДж}, \quad (9.11)$$

где t – время работы холодильных установок, ч.

Холодопроизводительность холодильной машины определится из выражения

$$Q = q_0 V, \quad (9.12)$$

где q_0 – объемная холодопроизводительность установки, кДж/м³; V – производительность компрессора установки, м³/ч.

Количество циркулирующего раствора вычисляют по формуле

$$V_{\text{рас}} = \frac{Q_p}{C_p \rho_p \tau_k}, \quad (9.13)$$

где C_p – удельная теплоемкость рассола, Дж/кг; ρ_p – плотность рассола, кг/м³; τ_k – конечная разность температур молока и рассола, °С ($\tau_k = 2 \dots 4$ °С).

Охладители оборудуют насосами для подачи в них охлаждающей жидкости и молока. Необходимый напор перед аппаратами вычисляют по формуле

$$H = H_1 + \frac{0,5 v^2}{g \left(1 + \frac{\lambda_{\text{тр}} l}{d} + \sum \lambda_m \right)}, \quad (9.14)$$

где H_1 – высота установки приемника охладителя над уровнем насоса, подающего воду или рассол в охладитель, м; v – скорость движения хладоносителя, м/с; d – диаметр труб, м; l – суммарная длина труб, м; $\lambda_{\text{тр}}$ – коэффициент сопротивления трению; λ_m – коэффициент местных сопротивлений.

Количество холодильных машин определяют по формуле

$$n_x = \frac{Q_p}{Q}. \quad (9.15)$$

Молоко, поставляемое потребителям, пастеризуют, чтобы избежать эпизоотии. В поточных технологических линиях его сначала регенерируют, а затем пастеризуют. Регенераторы позволяют повысить производительность пастеризатора, сократить расход пара на пастеризацию и уменьшить размеры охладителя. Рабочая поверхность парового пастеризатора определяется по формуле

$$F_{\text{п}} = \frac{2,3 Q_{\text{ч}} C_{\text{лг}} \left(\frac{t_{\text{п}}^{\text{ВХ}} - t_{\text{п}}^{\text{ВЫХ}}}{t_{\text{п}}^{\text{ВХ}} - t_{\text{мп}}} \right)}{k_{\text{п}}}, \quad (9.16)$$

где $k_{\text{п}}$ – общий коэффициент теплопередачи пастеризатора, Вт/м²·°С; C – теплоемкость пара; $t_{\text{п}}^{\text{ВХ}}$, $t_{\text{п}}^{\text{ВЫХ}}$ – температура пара на входе и выходе, °С; $t_{\text{мп}}$ – температура молока после пастеризации, °С.

Расход пара на пастеризацию продукта определяют из уравнения теплового баланса

$$P(i - C_k t_k) \eta_{\text{т}} = Q_{\text{ч}} C_{\text{м}} (t_{\text{п}}^{\text{ВХ}} - t_{\text{п}}^{\text{ВЫХ}}), \quad (9.17)$$

где i – энтальпия пара, Дж/кг; C_k – теплоемкость конденсата, Дж/кг·°С ($C_k = 1$ Дж/кг·°С); t_k – температура конденсата, °С (на 4...6 °С ниже температуры греющего пара); $\eta_{\text{т}}$ – тепловой КПД аппарата ($\eta_{\text{т}} = 0,8 \dots 0,95$).

По заданному коэффициенту регенерации и производительности линии рассчитывают поверхность теплообмена регенератора на требуемый тепловой режим

$$F_{\text{рег}} = \frac{E C Q_{\text{ч}}}{k_{\text{р}} (1 - E)}, \quad (9.18)$$

где $F_{\text{рег}}$ – поверхность регенератора, м²; E – коэффициент регенерации, равный 0,7...0,8; $k_{\text{р}}$ – общий коэффициент теплопередачи регенератора, Вт/м²·°С.

Время опорожнения емкости для молока находят по формуле

$$t = \frac{V_{\text{xp}}}{\mu S \sqrt{2gH}}, \quad (9.19)$$

где μ – коэффициент истечения ($\mu = 0,8 \dots 0,9$); H – высота слоя молока, м; S – площадь поперечного сечения выпускного патрубка, м^2 .

Исходя из производственных, санитарных и противопожарных требований, помещения молочных цехов делят на производственные и вспомогательные. В производственных помещениях устанавливают машины и оборудование, входящие в технологические линии обработки и переработки молока. При размещении оборудования руководствуются следующими требованиями: кратчайший путь движения обрабатываемого продукта; поточность производства с минимальным числом перегрузочных операций; минимальная длина коммуникационных и электрических линий; удобство обслуживания и ремонта машин с соблюдением норм охраны труда, техники безопасности и противопожарных требований.

Площадь молочного блока определяют по формуле

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5, \text{ м}^2, \quad (9.20)$$

где F_1 – площадь здания, занимаемая машинами и оборудованием, м^2 ; F_2 – площадь здания, необходимая для производственных работ, м^2 ; F_3 – площадь здания, занимаемая проходами, лестницами и промежутками между машинами, м^2 ; F_4 – площадь здания под вспомогательные помещения, м^2 ; F_5 – площадь здания, занимаемая хранилищами, м^2 .

Площадь здания, занимаемая машинами и оборудованием,

$$F_1 = \sum_{i=1}^n f_i, \quad (9.21)$$

где f_i – площадь для одной машины, м^2 ; n – число машин.

Площадь для производственных работ определяют в зависимости от числа производственных рабочих

$$F_2 = F_p n_p, \quad (9.22)$$

где F_p – площадь на одного производственного рабочего, м^2 ($F_p = 4 \dots 5 \text{ м}^2$); n_p – число производственных рабочих.

Площадь, занимаемая проходами, лестницами и промежутками между машинами,

$$F_3 = (4 \dots 5) F_{\text{пл}}, \quad (9.23)$$

где $F_{\text{пл}}$ – минимальная площадь проходов, лестниц и т.д., м^2 .

Площадь $F_{\text{пл}}$ принимают исходя из существующих норм: для комнат отдыха – $15 \dots 20 \text{ м}^2$; для душевой кабины с раздевалкой – $5 \dots 7 \text{ м}^2$; для лаборатории – $5 \dots 7 \text{ м}^2$.

Для размещения оборудования в плане молочного цеха применяют метод физического моделирования. Для этого из картона в масштабе 1:50, 1:100 или 1:200 вырезают плоские модели, подобные горизонтальным проекциям машин и оборудования, подлежащих размещению. Эти модели размещают на миллиметровой бумаге в соответствии с принятой схемой технологических процессов. Затем на бумагу наносят линии стен, которые определяют форму и размеры плана здания молочного цеха.

Производственную площадь здания молочного цеха можно определить по упрощенной формуле

$$F_{\text{п}} = k \sum_{i=1}^n f_i, \quad (9.24)$$

где k – коэффициент, учитывающий заполнение производственной площади ($k = 3,3 \dots 2,5$).

Суточный расход электроэнергии определяют по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n N_i t_i, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (9.25)$$

где N_i – мощность установленного i -го электродвигателя, кВт; t_i – время работы i -го электродвигателя, ч; n – число электродвигателей.

Для рационального распределения электроэнергии, воды и пара по часам суток составляют график работы оборудования за смену, который дает наглядное представление, в какое время рабочей смены и всего дня и сколько работает каждая машина.

Графическое построение выполняют в масштабе и в часовой сетке.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 *Алешкин В.Р.* Механизация животноводства / В.Р. Алешкин, П.М. Рощин; Под ред. С.В. Мельникова. М.: Агропромиздат, 1985.
- 2 *Белянчиков Н.Н.* Механизация животноводства: 2-е изд., перераб. и доп. / Н.Н. Белянчиков, А.И. Смирнов. М.: Колос, 1983.
- 3 *Дегтярев Г.П.* Справочник по машинам и оборудованию для животноводства: 2-е изд., перераб. и доп. / Г.П. Дегтярев. М.: Агропромиздат, 1986. 224 с.
- 4 *Краснокутский Ю.В.* Механизация первичной обработки молока: 2-е изд., перераб. и доп. / Ю.В. Краснокутский. М.: Агропромиздат, 1988.
- 5 *Краснокутский Ю.В.* Машины и оборудование для получения цельномолочной продукции / Ю.В. Краснокутский, Ю.Б. Панченко. М.: Росагропромиздат, 1990.
- 6 *Краснокутский Ю.В.* Резервуары-охладители молока. (Б-чка механизатора-животновода) / Ю.В. Краснокутский. М.: Россельхозиздат, 1983.
- 7 *Курочкин А.А.* Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства / А.А. Курочкин, В.В. Ляшенко; Под ред. В.М. Батурина. М.: Колос, 2001.
- 8 *Липатов Н.Н.* Саморазгружающиеся сепараторы / Н.Н. Липатов, О.П. Новиков. М.: Машиностроение, 1975.
- 9 Машины и оборудование для цехов и предприятий малой мощности по переработке сельскохозяйственного сырья: Каталог. Ч. 1. Разделы I–IV. Отечественная и зарубежная техника. М.: Информагротех, 1995.
- 10 *Мельников С.В.* Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов: 2-е изд., перераб. и доп. / С.В. Мельников. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1985.
- 11 Механизация и технология производства продукции животноводства / В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Марусидзе, В.Ф. Некрашевич. М.: Колос, 2000.
- 12 *Носов М.С.* Механизация работ на животноводческих фермах: 3-е изд., перераб. и доп. / М.С. Носов. М.: ВО "Агропромиздат", 1987.
- 13 Производство молока / Дж.Р. Кэмпбелл, Р.Т. Маршалл; Пер. с англ. М.Н. Барабанщикова, В.Р. Зельнера, Д.В. Карликова, Е.Г. Коноплева; Под ред. и с предисл. Н.В. Барабанщикова, А.П. Бегучева. М.: Колос, 1980.
- 14 *Рыжов С.В.* Комплекты оборудования для животноводства: Справочник / С.В. Рыжов. М.: Агропромиздат, 1986.
- 15 Сельскохозяйственная техника и оборудование для фермских хозяйств. М.: Информагротех, 1984. Т. 2.
- 16 Справочник по гигиене сельскохозяйственных животных: 2-е изд., перераб. и доп. / Сост. А.П. Онегов. М.: Россельхозиздат, 1984.
- 17 Техника для животноводства ведущих зарубежных фирм / Кат. М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2002.
- 18 Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности: 2-е изд., перераб. и доп. / В.Д. Сурков, Н.Н. Липатов, Н.В. Барановский. М.: Пищевая промышленность, 1970.
- 19 *Щедрин В.Т.* Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства / В.Т. Щедрин, Т.А. Ускова. Тамбов: Тамб. ин-т хим. машиностр., 1991.

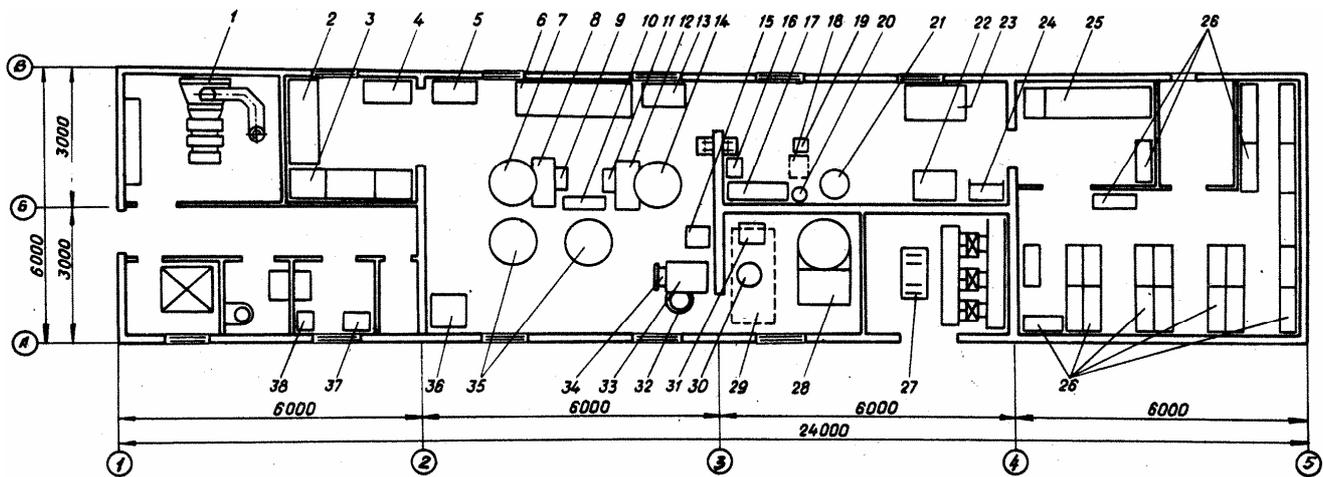


Рис. 9.5 План размещения оборудования сыродельного цеха:

- 1 – вентиляционная установка; 2 – ванна для мойки; 3 – ванна вместимостью $0,2 \text{ м}^3$; 4 – резервуар для моющих растворов;
- 5 – резервуар для сбора сыворотки; 6 – пресс рычажный ручной; 7, 14 – сыроизготовители (по 300 л); 8, 12 – аппараты формовочные; 9, 11 – емкости для сыворотки; 10, 15 – электронасосы центробежные; 13 – стол передвижной; 16, 37 – столы лабораторные; 17 – заквасочник; 18 – холодильник "Морозко"; 19 – термостат;
- 20 – стерилизатор; 21 – ванна пастеризации и охлаждения рассола ($0,62 \text{ м}^3$); 22, 36 – тележки вместимостью 200 л;
- 23 – парафинер полуавтоматический; 24 – контейнер для перевозки сыра; 25 – бассейн посолочный; 26 – контейнер для хранения сыра; 27 – машина холодильная; 28 – установка водоохлаждающая; 29 – накопительный бак горячей воды;
- 30 – электроводонагреватель; 31 – уравнильный бак; 32 – фляга для сливок; 33 – бак вместимостью $0,2 \text{ м}^3$;
- 34 – сепаратор-сливкоотделитель; 35 – ванна пастеризации и охлаждения молока; 38 – центрифуга лабораторная