

**Н. Я. ЛУКЬЯНОВ**  
**Н. В. БАРАНОВСКИЙ**

**ОБОРУДОВАНИЕ  
ПРЕДПРИЯТИЙ  
МОЛОЧНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**



**Оборудование предприятий  
молочной промышленности  
(2-е издание).**

ЛУКЬЯНОВ Н. Я., БАРАНОВСКИЙ Н. В. 1968.

В книге описаны конструкция и условия эксплуатации технологического оборудования предприятий молочной промышленности.

Приведены основные расчеты технологических машин и аппаратов, необходимые для определения их производительности, потребной мощности, расхода пара, воды, электроэнергии, а также для комплектования производственных линий.

Книга предназначена в качестве учебника для техникумов молочной промышленности.

Таблиц 20, иллюстраций 175.

Рецензенты: инж. В. И. Кузнецов,  
инж. М. Б. Френклах.

## ВВЕДЕНИЕ

Производство молочных продуктов в СССР непрерывно возрастает. В 1970 г. по сравнению с 1965 г. объемы заготовок молока увеличатся примерно в 1,5 раза.

	1955 г.	1965 г.	1966 г.
Цельномолочная продукция в пересчете на молоко, млн. т . . . . .	2,6	11,5	12,75
Сливочное масло (из госресурсов), тыс. т . . . . .	238,6	1065,8	1020
Сыр, тыс. т . . . . .	107,5	287,5	325,6
Молочные консервы, туб. . . . .	238,6	671,2	764,1
Сухое молоко и сухие сливки, тыс. т	30,1	107,7	130,6

Рост производства молочных продуктов сопровождается ростом производственной базы молочной промышленности: строительством новых заводов, реконструкцией и укрупнением имеющихся; применением более совершенного и высокопроизводительного оборудования, рационализацией и интенсификацией производственных процессов, специализацией заводов.

На всех предприятиях молочной промышленности некоторые производственные операции общие (приемка, очистка, хранение, тепловая обработка и транспортировка молока), поэтому для выполнения этих операций используют общее по назначению технологическое оборудование. Основные продукты вырабатывают на специальном технологическом оборудовании различных конструкций и мощностей.

Технологические процессы производства тех или иных молочных продуктов состоят из отдельных операций, осуществляемых на различных машинах и аппаратах, которые составляют производственные линии. Машины и аппараты, входящие в производственную линию, подбирают по производительности и соединяют транспортирующими устройствами (трубопроводами с насосами, транспортерами и т. п.) для передачи сырья или полуфабрикатов.

При создании поточных производственных линий стремятся максимально сократить технологический процесс, чтобы по возможности объединить отдельные машины и аппараты в один агрегат и автоматически управлять их работой.

Технологическое оборудование молочной промышленности изготавливают с учетом санитарно-гигиенических требований. Части машин и аппаратов, соприкасающиеся с молоком, изготовля-

ют из нержавеющей стали; меди и углеродистой стали, луженных чистым оловом; алюминия и его сплавов; стали, покрытой стеклоэмалью; стекла; бронзы; дерева; резины специальных сортов.

Нержавеющая сталь не только отличается высокой прочностью и не оказывает отрицательного воздействия на молоко и молочные продукты, но и также стойка по отношению к химическим моющим средствам.

Машины, аппараты, трубопроводы, а также производственные линии, в которых части, соприкасающиеся с молоком, изготовлены из нержавеющей стали, можно чистить без разборки, промывая их мощными растворами. Тщательно чистят их с разборкой один раз в 2—3 месяца. Части машин, луженные оловом, а также алюминиевые или бронзовые нельзя мыть таким способом. Молочную аппаратуру лудят чистым (пищевым) оловом, содержащим не более 0,015% мышьяка. В оловянных припоях для внутренних швов должно быть не более 10% свинца.

Стекло и материалы, покрытые стеклоэмалью, обладают высокими антикоррозионными свойствами, но по прочности, массе и удобствам в монтаже и эксплуатации уступают нержавеющей стали.

Из алюминия изготовляют ванны, баки, цистерны, танки и части некоторых аппаратов и машин. Применять алюминий при высоких температурах продукта не рекомендуется. Машины и аппараты из алюминия нельзя мыть щелочными растворами.

Из дерева, главным образом крепких пород, например дуба, бука, делают мелкий инвентарь. Из ели изготовляют тару (ящики, кадки), полки для сыра, шкафы и пр.

В последнее время в молочной промышленности используют полимерные материалы: ткань из лавсана для фильтрации молока и отделения сыворотки при производстве творога; полиэтиленовое покрытие бумажных пакетов для молока и молочных продуктов, полиэтиленовые вкладыши в бумажные мешки, фанерные барабаны, ящики и картонные коробки и т. д.

В связи с ростом производства молочных продуктов, расширением их ассортимента, совершенствованием технологии и ростом мощностей молочных предприятий за последние годы значительно выросла и техническая база молочной промышленности, расширилась номенклатура технологического оборудования, выпуск которого из года в год возрастает.

В книге приведены некоторые виды технологического оборудования, сгруппированного по производственным процессам.

Главы II, IX, X написаны Н. В. Барановским; глава V — А. А. Виноградовым; весь остальной материал — Н. Я. Лукьяновым.

Авторы выражают благодарность рецензентам В. И. Кузнецову и М. Б. Френклах за ценные советы и будут признательны читателям за замечания по содержанию книги.



## СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЙ И РАЗМЕРНОСТЕЙ

Основной системой единиц является Международная система единиц — система СИ (система интернациональная), введенная в СССР с 1 января 1963 года, как предпочтительная. Допускается также применение системы МКГСС (при механических измерениях) и некоторых внесистемных единиц.

Основные единицы в системе СИ — метр-килограмм-секунда (*м-кг-сек*), где *кг* — единица массы. В той и другой системе одинаковые единицы длины — метр и времени — секунда.

**Масса** в системе СИ является основной величиной и выражается в килограммах (*кг*). В системе МКГСС масса =  $\frac{\text{сила}}{\text{ускорение}} = \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}} \right)$ .

Сила равна произведению массы на ускорение. В системе СИ единица силы называется ньютоном (*н*) и имеет размерность  $1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{сек}^2$ . Сила  $1 \text{ н}$  сообщает телу массой  $1 \text{ кг}$  ускорение  $1 \text{ м}/\text{сек}^2$ . В системе МКГСС единицей измерения силы служит килограмм-сила (*кг* или *кгс*), сообщающая телу массой  $1 \text{ кг}$  ускорение  $9,81 \text{ м}/\text{сек}^2$ .

Соотношение между единицами силы следующее:  $1 \text{ кг} = 1 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м}/\text{сек}^2 = 9,81 \text{ н}$ ;  $1 \text{ н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м}/\text{сек}^2 = 0,102 \text{ кг}$ .

**Вес** — это сила притяжения тела к Земле. Она выражается в единицах силы (*н*, *кг*).

**Плотность** — масса единицы объема ( $\rho$ ).

В системе СИ единицей плотности является  $\rho = 1 \text{ кг}/\text{м}^3$ , в системе МКГСС  $\rho = \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^4}$ .

**Давление** — отношение силы к площади. В системе СИ единица давления  $p = 1 \text{ н}/\text{м}^2$ , в системе МКГСС  $p = 1 \text{ кг}/\text{м}^2$ .

На практике широко используют внесистемные единицы: техническая атмосфера (*ат*), *бар*, миллиметр ртутного столба (*мм рт. ст.*), миллиметр водяного столба (*мм вод. ст.*). Соотношение между этими величинами следующее:

- $1 \text{ кг}/\text{см}^2 = 1 \text{ ат} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ н}/\text{м}^2$ ;
- $1 \text{ кг}/\text{м}^2 = 9,81 \text{ н}/\text{м}^2$ ;
- $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ н}/\text{м}^2 = 1,02 \text{ ат} = 1,02 \text{ кг}/\text{см}^2$ ;
- $1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ н}/\text{м}^2$ ;
- $1 \text{ мм вод. ст.} = 9,807 \text{ н}/\text{м}^2$ ;
- $1 \text{ м вод. ст.} = 9807 \text{ н}/\text{м}^2$ .

**Работа, энергия** равна произведению силы на путь.

Единица работы в системе СИ джоуль (*дж*) или килоджоуль (*кдж*)  
 $1 \text{ дж} = 1 \text{ н} \cdot 1 \text{ м} = 0,001 \text{ кдж}$ .

В системе МКГСС единица работы  $1 \text{ кг} \cdot \text{м} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м}$ .

$1 \text{ кг} \cdot \text{м} = 9,807 \text{ дж}$ .

Соотношение внесистемных единиц работы следующее:

- $1 \text{ л. с.} \cdot \text{ч.} = 75 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{сек} \cdot 3600 = 75 \cdot 9,81 \text{ дж}/\text{сек} \cdot 3600 = 2,65 \cdot 10^6 \text{ дж} = 2650 \text{ кдж}$ .
- $1 \text{ квт} \cdot \text{ч} = 1000 \text{ дж}/\text{сек} \cdot 3600 = 3,6 \cdot 10^6 \text{ дж} = 3600 \text{ кдж}$ ;
- $1 \text{ ккал} = 4187 \text{ дж} = 4,187 \text{ кдж}$ .

**Мощность** — это работа в единицу времени.

Единица мощности: в системе МКГСС равна  $1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{сек}$ , в системе СИ  $1 \text{ вт} = 1 \text{ дж}/\text{сек} = 1 \text{ н} \cdot \text{м}/\text{сек}$ .

$1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{сек} = 9,81 \text{ вт}$ .

**Тепловые единицы.** Единицей теплоты (энергии, работы) в системе СИ является 1 джоуль (*дж*).

Соотношение распространенных до сих пор в технике тепловых единиц с единицами системы СИ следующее:

Теплосодержание (удельная теплота)  $1 \text{ ккал/кг} = 4,187 \text{ кДж/кг}$ .

Теплоемкость (с)  $1 \text{ ккал/(кг} \cdot \text{град)} = 4,187 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}$ .

Коэффициент теплопередачи ( $k$ ) и теплоотдачи ( $\alpha$ )  $1 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град)} = 1,163 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$ .

Коэффициент теплопроводности ( $\lambda$ )  $1 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град)} = 1,163 \text{ Вт/(м} \cdot \text{град)}$ .

Вязкость (внутреннее трение) выражается коэффициентами динамической вязкости  $\mu$  и кинематической вязкости  $\nu$ .

Соотношение между этими коэффициентами следующее:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

В системе СИ коэффициент динамической вязкости выражается в  $\text{н} \cdot \text{сек/м}^2$ , а коэффициент кинематической вязкости в  $\text{м}^2/\text{сек}$ .

В технических расчетах до сих пор применяются другие выражения  $\mu$ :

$1 \text{ кг} \cdot \text{сек/м}^2 = 9,807 \text{ н} \cdot \text{сек/м}^2$ ;

$1 \text{ пз (пуаз)} = 0,1 \text{ н} \cdot \text{сек/м}^2$ ;

$1 \text{ спз} = 0,001 \text{ н} \cdot \text{сек/м}^2$ .

Перевод единиц кинематической вязкости  $\nu$ :

$1 \text{ ст (стокс)} = 1 \text{ см}^2/\text{сек} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{сек}$ .

# Глава I

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИЕМКИ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИЕМКИ И ХРАНЕНИЯ МОЛОКА

#### Молокомеры

Небольшие количества молока измеряют молокомерами — цилиндрическими ведрами с жестко закрепленной ручкой в виде скобы.

В молокомер помещен поплавок с вертикальной градуированной линейкой, проходящей через отверстие в ручке. По мере наполнения молокомера молоком, поплавок всплывает и линейка поднимается над ручкой на определенную высоту, соответствующую налитому количеству молока. По делениям на линейке определяют количество молока.

Емкость наиболее распространенных молокомеров 10 л, а допустимая погрешность в показаниях  $\pm 5$  мл. На молокомере должно быть клеймо Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР.

Кроме описанных, применяют молокомеры с прозрачным стеклом, вмонтированным в стенку, или со стеклянной трубкой. Через стекло или трубку наблюдают за уровнем молока, а по шкале на стенке молокомера определяют его количество.

#### Весы

Молоко, поступающее во флягах, можно взвешивать на товарных весах. Вначале взвешивают фляги с молоком, а затем опорожненные.

Массу молока определяют чаще всего на специальных весах (рис. 1) с подвесной ванной. Ванна разделена продольной перегородкой на две секции, каждая из которых имеет отверстие для спуска молока.

Над ванной расположена прямоугольная цедилка с дном из плотной металлической сетки, на котором помещают фильтрующую ткань.

Молоко вливается в ванну весов через цедилку. Стрелка на шкале циферблата *б* показывает количество молока. После взве-

шивания рычагом 4 поднимается клапан 8 соответствующей секции и молоко выливается в приемный бак 9, расположенный под весами и разделенный на две секции (или два бака, поставленные рядом).

Во время наполнения одной секции другая опорожняется. В некоторых случаях одну секцию используют для взвешивания молока, другую — для сливок или некондиционного молока. Циферблатный указатель может быть повернут на 90°.

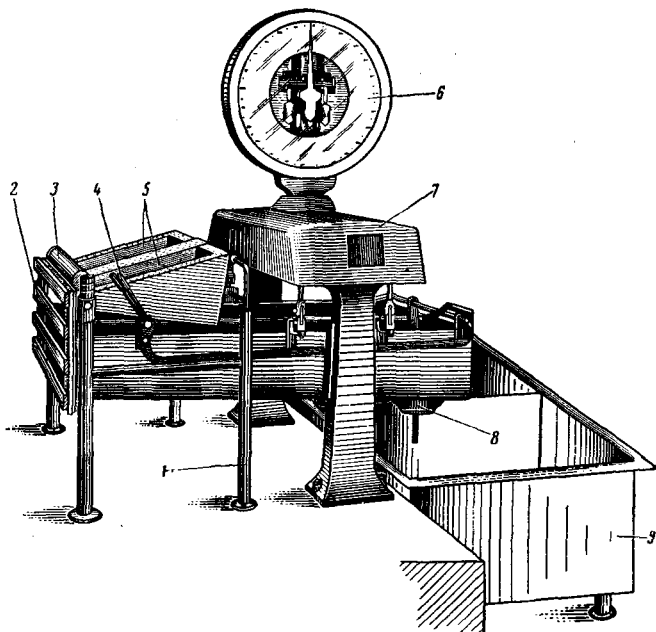


Рис. 1. Весы для молока с двухсекционной ванной:

1 — стойка цеделки; 2 — ограждение; 3 — опора для горловины флаги;  
4 — рычаги для открывания спускных клапанов; 5 — цеделки; 6 — циферблат; 7 — коробка механизма; 8 — спускной клапан; 9 — бак.

Для взвешивания молока также выпускают весы с автоматической регистрацией отдельных отвесов и суммарной массы. Результаты записываются на бумажной ленте. Весы могут работать в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах. На них можно отвешивать заранее установленные порции молока.

Подвесная ванна весов разделена на две секции. В корпус циферблатного указателя встроен датчик регистрирующего прибора.

Молоко впускают и выпускают через устройства с клапанами, действующими от привода (выпускные клапаны имеют и ручной рычажный привод).

В установку входит пульт управления с регистрирующей счетной машинкой, расположенный на расстоянии 150 м от весов. На панели пульта управления имеются кнопки и сигнальные лампы. Пульт управления соединен проводами с циферблатным указателем, пневмораспределительной коробкой и датчиками кондуктометрического сигнализатора уровня, регулируемые по высоте.

Четыре воздушных клапана пневмораспределительной коробки соединены шлангами с диафрагмами впускных и выпускных клапанов.

При эксплуатации весов нажимают на кнопку «загрузка бака» и молоко поступает в первую секцию ванны весов. Когда достигнут определенный уровень, срабатывает кондуктометрический сигнализатор уровня и закрывается впускной клапан. После регистрации количества молока открывается выпускной клапан этой секции, и открывается впускной клапан второй секции. Далее цикл работы весов повторяется.

Если последняя порция молока не заполняет ванну весов до установленного датчиком уровня, то на пульте управления нажимают кнопку «регистрация остатка». После взвешивания и слива остатка молока нажимают кнопку «стоп». При этом масса регистрируется на бумажной ленте и значение ее откладывается на суммирующий счетчик. Чтобы отпечатать итог, нажимают кнопку «итог». Величина итога сбрасывается с суммирующего счетчика.

Питание приборов от сети переменного тока 220 в, потребляемая мощность 200 вт. Давление воздуха в пневмосистеме 3—5 кгс/см<sup>2</sup>.

#### Техническая характеристика весов

	СМИ-250	СМИ-500	СМИР-500
Предел взвешивания, кг	12,5—250	15—500	25—500
Цена наименьшего деления циферблата, г . . .	250	500	500
Допустимая погрешность, % . . . . .	±0,1	±0,1	±0,1
Габариты, мм			
длина . . . . .	1740	1740	—
ширина . . . . .	1235	1235	—
высота . . . . .	1775	1775	—
Масса, кг . . . . .	312	331	500

Пропускную способность весов определяют по формуле

$$G = \frac{V \rho \cdot 60}{\tau_{ц}} \text{ кг/ч}, \quad (1-1)$$

где  $V$  — рабочая емкость подвесной ванны весов, м<sup>3</sup>;  
 $\rho$  — плотность взвешиваемой жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$\tau_{ц}$  — продолжительность одного цикла (время наполнения ванны, взвешивание и опорожнение), мин.

Продолжительность цикла принимают 3—6 мин в зависимости от грузоподъемности и удобства обслуживания весов.

Часто молоко принимают по объему из тарированных цистерн и фляг с периодической проверкой на весах.

### Счетчики-расходомеры

Количество молока в потоке определяют специальными счетчиками-расходомерами. На рис. 2, а показана кинематическая схема объемного счетчика с овальными шестернями.

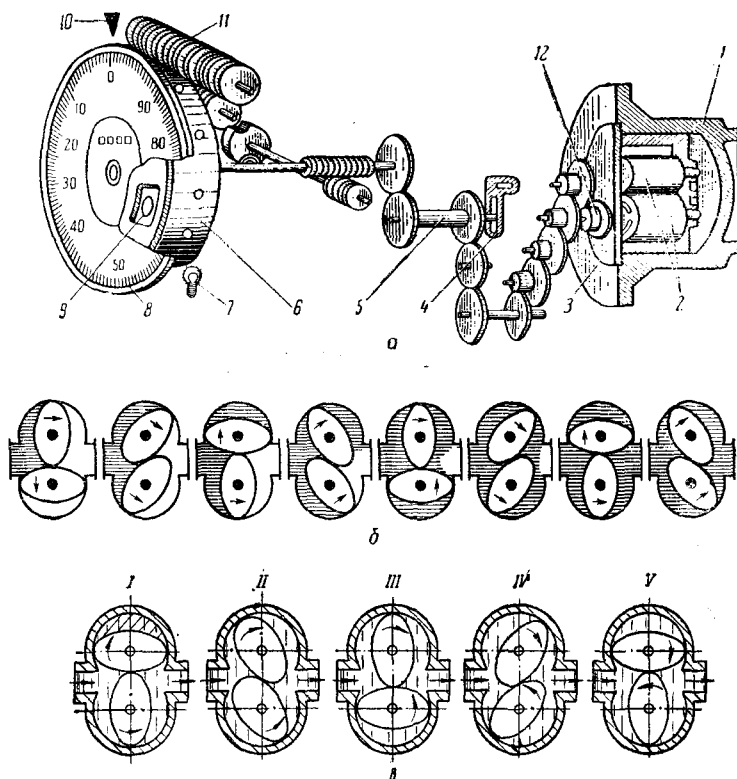


Рис. 2. Счетчик-расходомер с овальными шестернями:

а — кинематическая схема: 1 — корпус; 2 — овальные шестерни; 3 — перегородка; 4 — гитара для изменения передаточного соотношения; 5 — блок сменных шестерен; 6 — цилиндрическая шкала с отверстиями для подачи светового сигнала на фотозлемент; 7 — лампа; 8 — вращающаяся шкала; 9 — фотосопротивление фотозлектрического датчика; 10 — неподвижная стрелка; 11 — ролик указатель; 12 — ведущая шестерня счетного механизма; б — схема заполнения камеры счетчика молоком; в — расположение овальных шестерен во время работы.

Счетчик состоит из измерительной камеры, в которую помещены две овальные шестерни 2 с мелкими зубьями. Молоко в счетчик подается под давлением, поэтому на стороне поступления молока давление всегда больше, чем на выходе. Из приведенной на рис. 2, б схемы видно, что каждая шестерня при повороте перемещает часть молока, ограниченную стенками камеры и зубчатой поверхностью шестерни, со стороны поступления на сторону выхода. На рис. 2, в в положении шестерен I эта часть молока отмечена двойной штриховкой.

За счет разности давлений происходит вращение шестерен. Ведущей шестерней в положении I является верхняя, в положении II — обе шестерни вращаются под действием давления жидкости, в положении III — нижняя и т. д.

Торцовые стороны шестерен должны плотно подходить ко дну и крышке измерительной камеры. Зубья шестерен должны быть постоянно в плотном зацеплении и при отсекании порции молока плотно прилегать к стенкам камеры. Это предотвращает перетекание молока со стороны входа на сторону выхода и обеспечивает точность показаний. В связи с этим перепад давления должен быть минимальным (не превышать  $0,5 \text{ кгс/см}^2$ ), так как количество перетекающего через неплотности молока пропорционально перепаду давления.

Измерительная камера счетчика с шестернями герметически отделена от счетного механизма перегородкой 3, через которую передается вращение нижней шестерни на ведущий вал счетного механизма. Это вращение передается с помощью двух магнитов, один из которых вмонтирован в торцовой стороне шестерни счетной камеры, другой — на ведущей шестерне 12 счетного механизма. Счетный механизм посредством системы шестеренчатой и винтовой передач точно преобразует количество числа оборотов шестерен измерительной камеры в показания количества молока.

Счетчики такой конструкции изготавливаются нескольких типоразмеров. Каждый из них рассчитан на определенные давление, температуру и объемы протекающего продукта. Перед счетчиком установлены воздухоотделители для удаления воздуха из молока.

Кроме суммарного количества прошедшего через счетчик продукта, они могут показывать количество отдельных партий, отмеривать заданное количество молока, передавать показания на расстояние, иметь в своей системе аппарат для выдачи чеков с указанием измеренного количества. Давление молока в счетчике не должно превышать  $7 \text{ кгс/см}^2$ , температура не выше  $90^\circ \text{C}$ .

Погрешность показаний счетчика  $\pm 0,3 \div \pm 0,5\%$ . Это больше, чем погрешность показаний при использовании весов, поэтому применение счетчиков пока невелико, несмотря на простоту и компактность конструкции.

## Ушаты

Ушаты применяют для переноски и хранения небольших партий молока. В них часто охлаждают и подогревают молоко и сливки, погружая ушаты в холодную или горячую воду.

Ушаты изготавливают из листовой стали и лудят с обеих сторон чистым пищевым оловом (в оцунку). Алюминиевые выпускают небольших размеров. Менее распространены ушаты из нержавеющей стали ввиду их большой стоимости.

Чтобы обеспечить прочность и облегчить опрокидывание ушата у дна предусмотрен обруч из полосовой стали, а сверху имеется отбортовка с заложенной в нее проволокой и две ручки в виде прямоугольных скоб из круглой стали.

### Техническая характеристика ушатов

Емкость, л		
полная (геометрическая) . . . . .	19,4	43
рабочая . . . . .	18	36
Габариты, мм		
общая высота . . . . .	650	590
высота без ручек . . . . .	565	540
диаметр внутренний . . . . .	216	330
толщина стенки . . . . .	0,6	0,75
Масса (луженых), кг . . . . .	3,2	5,0

## Фляги

Фляги предназначены для перевозки молока и сливок гужевым, автомобильным и железнодорожным транспортом. Их также очень широко применяют для хранения и охлаждения молока и сливок. Они должны герметически закрываться, быть удобными для переноски, погрузки, выгрузки и мойки, прочными и гигиеничными.

Фляги изготавливают из листовой стали (все швы сваривают, лудят чистым оловом), нержавеющей стали и алюминия. Алюминиевые фляги более дешевые, но уступают по прочности и гигиеничности стальным.

Фляги снабжены обручами, что повышает их прочность. Отверстия в нижних обручах предназначены для стекания воды во время мойки фляг в машинах (при установке их вверх дном). При опрокидывании фляги подхватывают рукой за нижний обруч.

По окружности крышки фляги выштампована канавка, в которую вложено плоское резиновое кольцо. Когда флягу закрывают, крышка при помощи замка притягивается к горловине, сжимая резиновое кольцо и обеспечивая герметичность.

Запорная планка давит скобой на центральную часть крышки, создавая равномерное давление крышки по окружности горловины. На замке фляги предусмотрены отверстия для пломбирования.



### Техническая характеристика фляги ФЛ-38

Рабочая емкость, л . . . . .	38
Габариты, мм	
внутренний диаметр корпуса . . . . .	340±6
высота . . . . .	580
Толщина стенки корпуса, мм . . . . .	1,25
Внутренний диаметр горловины, мм . . . . .	170
Масса, кг . . . . .	12

Для опорожнения фляг применяют специальные приспособления — флягоопрокидыватели, представляющие собой металлический каркас, с которым фляга легко поворачивается на шарнире, проходящем вблизи центра тяжести. Приводные флягоопрокидыватели принимают флягу с транспортера, поднимают на требуемую высоту, затем опрокидывают и возвращают в исходное положение. Пустые фляги моют, просушивают и хранят в сухом помещении.

### Баки

Баки предназначены для хранения молока и жидких молочных продуктов. В приемных цехах в баки поступает молоко из весов. В этом случае баки называются молокоприемными. Они обычно небольшой высоты емкостью до 1000, редко до 2000 л. Такие баки применяют также в перерабатывающих цехах для временного хранения молока или других жидкостей. В этом случае их называют промежуточными.

Баки снабжены патрубками для соединения с краном или трубопроводом. Для полного вытекания молока из бака патрубок должен быть расположен так, чтобы ось его проходила не выше дна бака. Дно имеет уклон в сторону патрубка.

Баки изготовляют из листовой луженой или нержавеющей стали, из алюминия. Форма их прямоугольная с закругленными внутри углами. Они имеют борта и обрешетку из угловой стали и съемные крышки. Техническая характеристика алюминиевых баков приведена в табл. 1.

Таблица 1

Рабочая емкость, л	Габариты, мм			Масса без крышки и подставки, кг	
	длина	ширина	высота	из нержавеющей стали	из алюминия
250	1100	600	450	40	28
500	1630	740	480	70	55
1000	1930	1180	540	175	95
1600	2100	1400	625	258	142
2000	2490	1490	635	275	160

Примечание. Изготавливают баки и других размеров.

Для длительного хранения молока применяют изолированные баки емкостью 1000—20 000 л. Такие баки называются молокохранильными. Изготавливают их на местах. Они представляют собой железобетонные бассейны, облицованные внутри нержавеющей сталью либо алюминием. Дно бака делают с уклоном  $1/40—1/50$  к выпускной трубе.

Вследствие малой относительной поверхности больших баков и изоляции их стен и дна молоко почти не нагревается от окружающего воздуха.

### Танки

Танки представляют собой большие изолированные закрытые цилиндры, обычно со сферическими днищами. Относительная поверхность танка при одинаковом объеме с баком меньше. Благодаря герметичности танков для заполнения и опорожнения их можно вместо насосов применять вакуум-компрессионную систему, при этом давление внутри танка не должно превышать  $0,5 \text{ кгс/см}^2$ . Некоторые танки имеют рубашки или расположенные внутри трубчатые змеевики для охлаждения либо подогревания молока.

Изготавливают вертикальные и горизонтальные танки.

Вертикальные танки (рис. 3) применяют различной емкостью 2000, 4000, 6000 и 10 000 л. У некоторых из этих танков дно делают вогнутым внутрь, как показано на рисунке, что позволяет располагать спусковой кран у периферии дна для более удобного пользования им; у других — выгнутое наружу с выходным патрубком в центре.

Привод мешалки располагается в верхней части танка или сбоку, в нижней части его, или в крышке люка, если он находится внизу.

Для приготовления кисломолочных продуктов (кефир, кумыс и др.) изготавливают вертикальные двустенные танки (рис. 4) с охлаждающим устройством. Для охлаждения продукта в межстенное пространство подается ледяная вода. На танке смонтированы привод мешалки, светильник, смотровой люк, кислотомер, указатель уровня, воздушник, люк для чистки. Выпускной клапан в центре дна открывается с помощью рычага, конец которого выведен к боковой стенке. Наружные стенки изолированы и обшиты листовой сталью.

Для нагревания, охлаждения и хранения молока, сливок, смеси для мороженого и других жидких молочных продуктов предназначен универсальный вертикальный танк, показанный на рис. 5. Он имеет внутренний цилиндрический резервуар 3 из нержавеющей стали с пропеллерной мешалкой 5 и наклонным в сторону сливного крана дном. Сверху резервуара имеется диаметрально расположенная площадка, на которой смонтиро-

ван привод мешалки с электродвигателем мощностью 1 квт, впускной кран и шарнирно закреплены крышки 12 резервуара.

Продукт, поступающий через впускной кран, попадает в кольцевой желоб, из которого направляется на стенки резервуара. Резервуар помещен в стальной изолированный снаружи корпус 4 с четырьмя регулируемыми по высоте ножками.

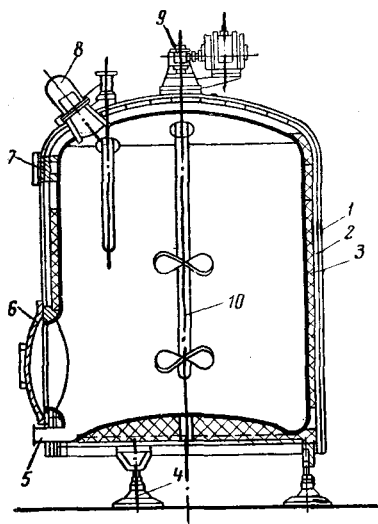


Рис. 3. Танк вертикальный для хранения молока:

1 — обшивка; 2 — изоляция; 3 — внутренний резервуар; 4 — опоры; 5 — выходной патрубок; 6 — люк; 7 — входной патрубок; 8 — электролампа; 9 — редуктор; 10 — мешалка.

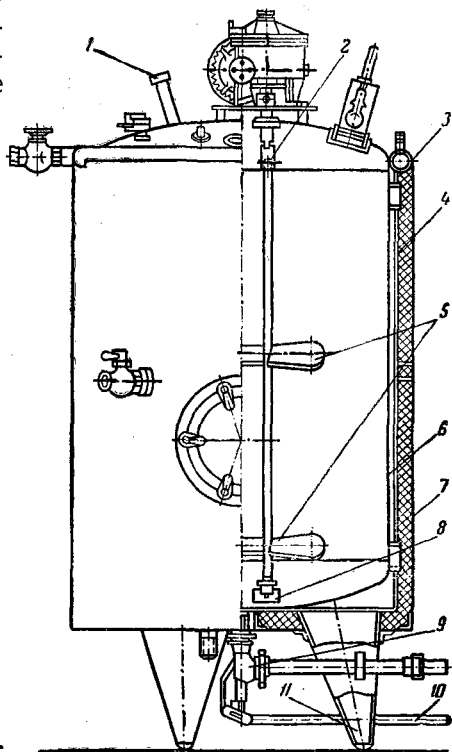


Рис. 4. Танк вертикальный для кисломолочных продуктов:

1 — штуцер для трубопровода; 2 — вал мешалки; 3 — кольцевой ороситель; 4 — стальной кожух (рубашка); 5 — мешалка; 6 — внутренний резервуар; 7 — изоляция и облицовка; 8 — нижний подшипник; 9 — патрубок для слива продукта; 10 — рукоятка клапана; 11 — ножка.

В межстенном пространстве между резервуаром и корпусом в верхней части помещено орошающее устройство 2 в виде кольцевой перфорированной трубы, из которой холодная или горячая вода подается на стенки резервуара и стекает по ним вниз, где находится сборник воды. С помощью переливной трубы уровень воды в сборнике поддерживается на высоте 220 мм от дна корпуса.

В сборнике воды помещен трубчатый змеевик для охлаждающего рассола и барботер 11 для нагрева воды паром. Холодная или горячая вода центробежным насосом подается из сборника в орошающее устройство и стекает по стенкам резервуара в сборник.

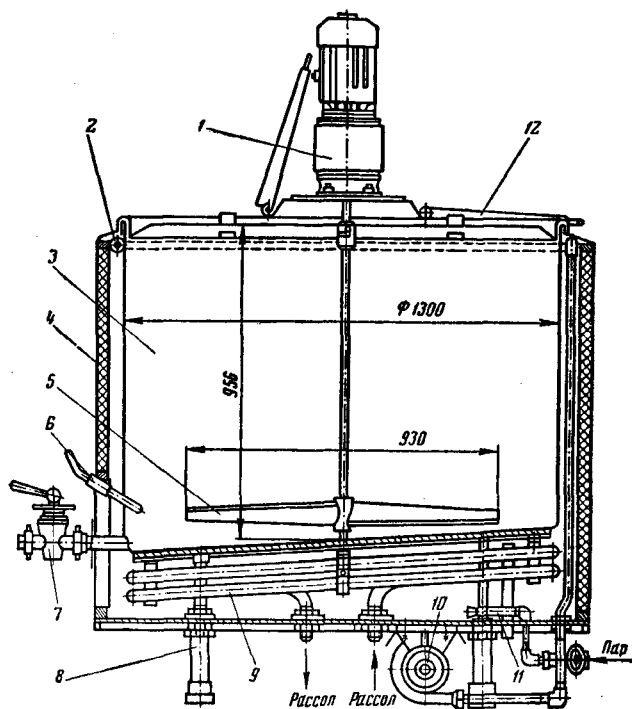


Рис. 5. Универсальный танк:

1 — привод мешалки; 2 — трубчатый ороситель; 3 — рабочий резервуар; 4 — корпус; 5 — мешалка; 6 — термометр; 7 — выпускной кран; 8 — ножка; 9 — змеевик для рассола; 10 — центробежный насос; 11 — барботер; 12 — крышка.

Продукт сначала охлаждают водопроводной водой, затем водой, охлажденной рассолом, поступающим от холодильной установки завода. Для нагревания продукта вода в сборнике нагревается паром через барботер до 90—95° С. Температуру продукта контролируют термометром, расположенным над сливным краном.

Горизонтальные танки (рис. 6) выпускают различных размеров емкостью до 30 000 л. Их устанавливают с уклоном к выходному патрубку.

Танки изготавливают из алюминия, нержавеющей стали или из углеродистой стали с покрытием внутренних стенок стекло-

Таблица 2

Показатели	Вертикальные							Горизонтальные		
	без охлаждения			с охлаждающим устройством (двустенные)				универ- сальный	ТМА-4	ТМА-10
	ТМАВ-2	ТМАВ-4	ТМАВ-6	2000	№ 499	№ 500	№ 513			
Емкость, м <sup>3</sup>										
рабочая . . .	2,0	4,0	6,0	2,0	4,0	6,0	10,0	1,2	4,0	10,0
полная . . .	2,17	4,5	6,4	2,17	4,8	7,3	11,08	1,26	4,28	10,7
Габариты, мм										
длина . . .	1,65	1,87	2,15	1,55	2,07	2,38	2,96	1,69	3,02	4,0
ширина . . .	1,65	1,83	2,15	1,59	2,35	2,28	2,72	1,73	1,63	2,13
высота . . .	2,67	3,25	3,1	3,1	—	—	—	2,11	2,02	2,52
Масса, кг . . .	763	1160	1246	1040	715	2045	2840	820	955	2000
Материал . . .	Алюминий			Нержавеющая сталь				Алюминий		
Мощность элек- тродвигателя, квт . . . . .	0,27	0,27	0,27	1,0	—	—	—	1,0 и 0,6	0,27	0,27

эмалью. Термоизоляция толщиной около 35 мм, обшивка двойная — дощатая и покрытая снаружи листовой сталью, окрашенной в светлый цвет. Общий коэффициент теплопередачи изолированной стенки 1,4—1,5  $\text{вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ .

Техническая характеристика отечественных танков приведена в табл. 2.

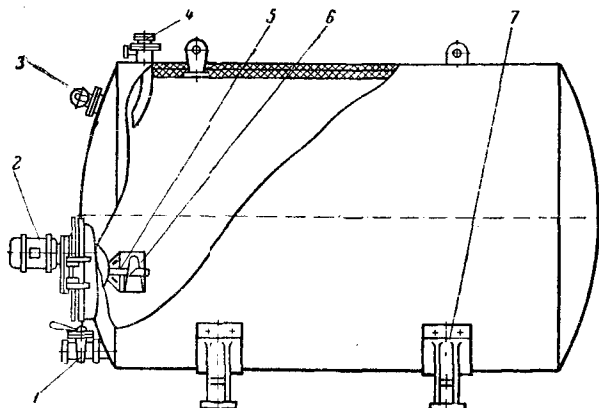


Рис. 6. Танк горизонтальный для хранения молока:

1 — сливной кран; 2 — электродвигатель мешалки; 3 — смотровое окно с осветителем; 4 — патрубок для наполнения; 5 — мешалка; 6 — направляющий цилиндр; 7 — опора.

Для хранения молока в некоторых зарубежных странах применяют танки прямоугольной формы с закругленными углами. Эти танки имеют следующие преимущества перед цилиндрическими: большую емкость при равных габаритах; размещение танков более компактное, так как их устанавливают в виде общего блока без приходов между ними и стенами помещения (кроме фронтальной стороны).

### Расчеты резервуаров

**Емкость и поверхность резервуаров.** Молоко при транспортировке и хранении нагревается за счет притока тепла извне через стенки сосуда, в котором оно находится. Следовательно, чем меньше поверхность сосуда, приходящаяся на единицу объема молока (относительная поверхность), и чем хуже теплопередача стенки, тем меньше нагревается молоко.

Отношение поверхности тела к его объему зависит от его формы и размеров.

Например, для куба с длиной ребра  $a$  объем  $V = a^3$ , а поверхность  $F = 6a^2$ , следовательно,  $\frac{F}{V} = \frac{6}{a}$ . Отсюда ясно, что чем

больше длина ребра куба, тем меньше его относительная поверхность.

Для цилиндра при радиусе  $R$  и высоте  $H$  объем  $V = \pi R^2 H$ , а поверхность с учетом двух круглых концевых площадей

$$F = 2\pi R H + 2\pi R^2.$$

Следовательно,

$$\frac{F}{V} = 2 \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{H} \right). \quad (1-2)$$

Отсюда следует, что с увеличением радиуса и высоты цилиндра уменьшается отношение  $\frac{F}{V}$ . Наименьшую относительную поверхность, а следовательно, и наименьший нагрев молока, имеет цилиндрический сосуд, у которого  $H = 2R$ . Для такого сосуда

$$\frac{F}{V} = \frac{3}{R} = \frac{6}{D},$$

где  $D$  — диаметр сосуда.

Теплопередача через стенки может быть сильно снижена при изоляции стенок. С точки зрения расхода изоляционного материала также выгоднее резервуары с малым отношением поверхности к объему.

Емкость баков прямоугольной формы с уклоном дна определяют по формуле

$$V = ab \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right), \quad (1-3)$$

где  $V$  — емкость бака,  $m^3$ ;

$a$  и  $b$  — внутренние длина и ширина бака,  $m$ ;

$h_1$  и  $h_2$  — наименьшая и наибольшая глубина бака,  $m$ .

Поверхность  $F$  бака, считая и крышку, находят по формуле

$$F = a(h_1 + h_2) + b(h_1 + h_2) + 2ab; \\ F = (a + b)(h_1 + h_2) + 2ab. \quad (1-4)$$

Отношение поверхности бака к его объему составляет

$$\frac{F}{V} = \frac{(a + b)(h_1 + h_2) + 2ab}{ab \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right)}, \\ \frac{F}{V} = \frac{2(a + b)}{ab} + \frac{2}{\frac{h_1 + h_2}{2}}.$$

**Пример.** Если принять среднюю высоту бака  $\frac{h_1 + h_2}{2} = 1$   $m$ , ширину его  $a = 2$   $m$  и длину  $b = 4$   $m$ , то поверхность, приходящаяся на единицу его объема, равного 8  $m^3$ , составит

$$\frac{F}{V} = \frac{2(2+4)}{2 \cdot 4} + \frac{2}{1} = 3,5 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

Емкость танков определяют по следующей приближенной формуле:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} l, \quad (I-5)$$

где  $D$  — внутренний диаметр, м;

$l$  — средняя внутренняя длина (высота), м.

Для горизонтального танка, имеющего глубину выпуклости днищ  $h$ , внутренняя длина равняется

$$l = l_{ц} + h,$$

где  $l_{ц}$  — длина цилиндрической части танка.

Для вертикального танка с вогнутым дном высоту можно считать равной высоте цилиндрической части танка.

Поверхность танка приближенно равна

$$F = \pi D l + 2 \frac{\pi D^2}{4}. \quad (I-6)$$

Отношение поверхности танка к объему определяют из формул

$$\frac{F}{V} = \frac{\pi D l + 0,5 \pi D^2}{\frac{\pi D^2}{4} l} = \frac{(l + 0,5 D) 4}{D l}$$

или

$$\frac{F}{V} = \frac{4l + 2D}{Dl}.$$

При хранении молока в танках оно нагревается медленнее, чем при хранении в баках и флягах, что видно из приведенного ниже примера.

**Пример.** Если принять танк емкостью как и бак  $8 \text{ м}^3$ , с  $l=2D$ , то его размеры можно найти из уравнения:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} 2D; \quad D = \sqrt[3]{\frac{2V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 8}{3,14}} = 1,72 \text{ м};$$

$$l = 2D = 2 \cdot 1,72 = 3,44 \text{ м}.$$

При этом отношение поверхности к объему составит

$$\frac{F}{V} = \frac{4l + 2D}{Dl} = \frac{4 \cdot 3,44 + 2 \cdot 1,72}{1,72 \cdot 3,44} = 2,9 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

Поверхность фляги для молока емкостью  $38 \text{ л}$  равна  $0,6 \text{ м}^2$ . Для  $8000 \text{ л}$  молока потребуется  $210$  фляг ( $8000 : 38$ ). Их суммарная поверхность  $126 \text{ м}^2$ , а относительная поверхность составит

$$\frac{F}{V} = \frac{126}{8} = 15,7 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$



По сравнению с танком емкостью  $8 \text{ м}^3$  относительная поверхность фляг в 5,4 раза  $\left(\frac{15,7}{2,9}\right)$  больше.

Если бы танк имел такие же тонкие неизолированные стенки, как и фляга, то и в этом случае молоко в нем нагревалось бы примерно в 5,4 раза медленнее, чем во флягах, находящихся в таких же условиях. В действительности благодаря изоляции через  $1 \text{ м}^2$  стенок танка передается тепла из окружающей среды молоку примерно в 10 раз меньше, чем через  $1 \text{ м}^2$  стенок фляг при одинаковых условиях. Малая относительная поверхность и пониженная теплопередача стенок являются преимуществами танков перед баками и флягами.

**Продолжительность опорожнения резервуаров.** Скорость истечения жидкости из резервуара определяют по формуле

$$v = \mu \sqrt{2 \frac{p}{\rho}}, \quad (1-7)$$

где  $v$  — скорость истечения жидкости,  $\text{м/сек}$ ;  
 $\mu$  — коэффициент расхода, зависящий от конструктивных особенностей выходного устройства (для молочных баков и танков  $\mu = 0,7 \div 0,9$ );  
 $p$  — давление жидкости,  $\text{н/м}^2$ ;  
 $\rho$  — плотность жидкости,  $\text{кг/м}^3$ .

Если давление  $p$  в  $\text{кгс/см}^2$ , то

$$v = \mu \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \frac{p}{\rho}}.$$

Если давление в  $\text{м вод. ст.}$ , то

$$p = H \rho g,$$

где  $H$  — высота столба жидкости,  $\text{м}$ ;  
 $\rho$  — плотность,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $g$  — ускорение силы тяжести,  $\text{м/сек}^2$ .

Следовательно, скорость истечения жидкости

$$v = \mu \sqrt{2gH}, \quad (1-8)$$

При свободном истечении жидкости из закрытого сосуда под действием давления сжатого воздуха скорость

$$v = \mu \sqrt{2 \frac{p_{\text{н}} + p_{\text{в}}}{\rho}},$$

где  $p_{\text{н}}$  — давление жидкости,  $\text{н/м}^2$ ;  
 $p_{\text{в}}$  — давление воздуха,  $\text{н/м}^2$ .

$$v = \mu \sqrt{2g(H_{\text{н}} + H_{\text{в}})},$$

где  $H_n$  — давление жидкости, *м вод. ст.*;  
 $H_v$  — давление воздуха, *м вод. ст.*;  
 $g$  — ускорение силы тяжести, *м/сек<sup>2</sup>*.

Количество вытекающей жидкости определяют по формуле

$$V = Fvt, \quad (I-9)$$

где  $V$  — количество жидкости, *м<sup>3</sup>*;  
 $F$  — площадь сечения выходного отверстия, *м<sup>2</sup>*;  
 $v$  — скорость истечения, *м/сек*;  
 $t$  — продолжительность истечения, *сек*.

Если уровень жидкости в резервуаре постоянный и, следовательно, постоянна скорость истечения, то продолжительность истечения жидкости

$$t = \frac{V}{Fv}, \quad (I-10)$$

где  $t$  — продолжительность истечения жидкости, *сек*;  
 $V$  — объем жидкости в резервуаре, *м<sup>3</sup>*;  
 $F$  — площадь сечения выходного отверстия, *м<sup>2</sup>*;  
 $v$  — первоначальная скорость истечения (максимальная при максимальном заполнении), *м/сек*.

Практический интерес представляет опорожнение резервуаров, когда приток жидкости в них прекращен. При этом во время опорожнения уровень жидкости  $H$  в резервуаре непрерывно снижается и скорость истечения  $v$  уменьшается.

При этих условиях продолжительность опорожнения вертикальных танков и других емкостей, имеющих постоянное поперечное сечение по высоте, определяется по формуле

$$t = \frac{2V}{Fv}.$$

Продолжительность опорожнения полностью заполненных ванн полуцилиндрической формы составит

$$t = \frac{1,55 V}{Fv},$$

а горизонтальных цилиндрических танков и цистерн при доступе в них воздуха

$$t = \frac{1,7 V}{Fv}.$$

**Пример.** Требуется определить продолжительность опорожнения бака, содержащего 2 м<sup>3</sup> жидкости. Выходное отверстие круглое диаметром 50 мм. Высота уровня жидкости над выходным отверстием  $H = 1,4$  м.

Начальная скорость истечения жидкости при этих условиях, если принять  $\mu = 0,8$  равна по формуле (I-8)

$$v = 0,8 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,4} = 4,2 \text{ м/сек.}$$

Продолжительность опорожнения бака

$$\tau = \frac{2V}{Fv} = \frac{2 \cdot 2}{\frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} \cdot 4,2} = 510 \text{ сек} = 8,5 \text{ мин.}$$

Если молоко вытекает из бака под постоянным давлением, равным 5 м вод. ст., то при  $\mu=0,8$  скорость истечения

$$v = 0,8 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 5} \approx 8 \text{ м/сек.}$$

При диаметре выходного патрубка  $d=50$  мм и количестве молока  $V=2$  м<sup>3</sup> продолжительность истечения жидкости по формуле (1—10)

$$\tau = \frac{2}{\frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} \cdot 8} = 127 \text{ сек} \approx 2 \text{ мин.}$$

## СРЕДСТВА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Для транспортировки молока и молочных продуктов применяют внезаводской и внутризаводской транспорт.

### Внезаводской транспорт

**Гужевой транспорт.** Для перевозки молока во флягах, молочных продуктов, припасов и материалов на небольших молочных предприятиях, приемных пунктах и сепараторных отделениях применяют гужевой транспорт (конные повозки). С развитием автомобильного транспорта его использование сокращается.

При перевозке во флягах гужевым транспортом молоко необходимо предохранять от нагревания и сильного охлаждения. Для этого фляги закрывают покрывалом из брезента или войлока либо соломенными матами. Летом рекомендуется смачивать покрывала водой. Под покрывалом будет поддерживаться пониженная температура воздуха не только за счет изоляционных свойств покрывала, но и за счет частичного поглощения тепла водой, испаряющейся с поверхности покрывала.

При перевозке масла и сыра ящики должны быть тщательно закрыты брезентом для предохранения их от пыли, дождя и снега.

**Автомобильный транспорт.** К нему относятся грузовые автомобили, автофургоны, авторефрижераторы, автоцистерны, автоприцепы.

**Автомобили.** Молоко и молочные продукты перевозят в обычных грузовых автомобилях с бортовым кузовом. Для приема грузов у подъездов молочных заводов имеются рампы (платформы). Высота их примерно равна высоте платформы автомобиля, что облегчает погрузку и выгрузку фляг и других грузов.

Таблица 3

Показатели	Автомобили			
	ГАЗ-63	Урал* ЗИЛ-355М	ЗИЛ-157	КРАЗ-214
Грузоподъемность, т . . . . .	2,0	3,5	4,5	7,0
Число осей . . . . .	2	2	3	3
в том числе ведущих	2	1	3	3
Внутренние габариты платформ, мм				
длина . . . . .	2940	3540	3570	4500
ширина . . . . .	1990	2070	2090	2490
высота боковых бортов . . . . .	890	578	925	935
Масса, кг . . . . .	3200	3400	5800	12300

Техническая характеристика грузовых автомобилей приведена в табл. 3.

Фляги в кузове можно устанавливать в два ряда по высоте; для увеличения высоты бортов применяют дощатые решетки. При перевозке фляги с молоком, находящиеся в кузове машины, надо закрывать покрывалом так же, как и при перевозке гужевым транспортом.

**Автофургоны.** От обычного грузового автомобиля автофургон отличается тем, что у него закрытый изолированный кузов. Стены, пол, потолок и двери кузова — двойные деревянные с изоляцией (мипора, гофрированный картон и др.). Коэффициент теплопередачи не выше  $0,7 \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ . Для герметичности соединения с кузовом двери имеют затяжные затворы и резиновые прокладки.

Кузов автофургона иногда разделяют перегородками на 2—4 секции, каждая из которых имеет дверь и может быть приспособлена для перевозки различных продуктов. Внутри фургона стены, пол, потолок и двери обиты оцинкованным железом. Снаружи фургон обшит железом и выкрашен.

При температуре наружного воздуха  $25^\circ \text{C}$  за 5 ч холодное молоко нагревается в автофургонах на  $1^\circ \text{C}$ . В жаркое время при продолжительных перевозках в кузов ставят 2—3 фляги со льдом или льдосоляную смесь для предотвращения значительного повышения температуры в кузове.

**Авторефрижераторы.** В отличие от автофургона авторефрижератор имеет охлаждающее устройство, что позволяет поддерживать постоянную температуру в кузове в пределах  $5 \div -20^\circ \text{C}$ .

Авторефрижераторы могут быть с различными системами охлаждения: льдосоляные смеси, зероторы, компрессионные хо-

лодильные установки. Широко применяется зероторное охлаждение кузовов.

Зероторы являются аккумуляторами холода. Они представляют собой герметически закрытые коробки различной формы емкостью 5—20 л, изготовленные из листовой оцинкованной или нержавеющей стали и заполненные эвтектическим<sup>1</sup> раствором некоторых солей. Содержание соли в растворе должно соответствовать криогидратной точке<sup>2</sup>.

При замораживании такие растворы (эвтектики) образуют однородную смесь льда и соли, имеющую постоянную температуру плавления (таяния), которая зависит от раствора, и теплоту плавления 55—75 ккал/кг (230—310 кДж/кг). Например, температура плавления раствора поваренной соли (NaCl), содержащего 23,1% соли, — 21,2°С, теплота плавления 56,4 ккал/кг (236 кДж/кг); температура плавления раствора хлористого калия (KCl), содержащего 19,3% соли, 11,1°С, теплота плавления 71,2 ккал/кг (298 кДж/кг).

Зероторы часто делают с гофрированной поверхностью и наполняют на 90—93%, учитывая расширение раствора при замораживании. Зероторы с раствором помещают в морозильную камеру для замораживания и подвешивают в кузове авторефрижератора.

Кроме съемных зероторов, которые требуется переносить на зарядку и обратно, в авторефрижераторах применяют аккумуляторные батареи. Это плоские коробки, заполненные эвтектическим раствором, внутри которых проходит трубчатый змеевик. Концы змеевика выведены наружу. Заряжают такие батареи от аммиачной холодильной установки, к которой шлангами присоединяют змеевики батарей.

Для охлаждения кузовов авторефрижераторов применяют также сухой лед (сухую углекислоту), получаемый на специальных заводах. Сухой лед переходит в парообразное состояние, минуя жидкую фазу. При этом 1 кг сухого льда поглощает около 628 кДж тепла, плотность сухого льда 1,4 т/м<sup>3</sup>. При атмосферном давлении температура испарения (сублимации) сухого льда — 78,9°С.

Грузоподъемность авторефрижераторов 150—500 кг.

**А в т о ц и с т е р н ы .** Перевозка молока в автоцистернах имеет по сравнению с перевозкой во флягах на бортовых автомашинах следующие преимущества: затраты труда, связанные с погрузкой и выгрузкой, сокращаются в 5 раз (по данным ВНИМИ); исключаются затраты труда по мойке фляг; сокра-

<sup>1</sup> Эвтектический раствор характеризуется наиболее низкой температурой таяния благодаря определенному соотношению воды и соли.

<sup>2</sup> В криогидратной точке концентрация и температура раствора соли такие, что при охлаждении раствора из него одновременно выделяются кристаллы льда и соли.

щаются потери молока; лучше сохраняется качество молока вследствие того, что температура молока за 10 ч изменяется не более чем на 2° при температуре наружного воздуха 30° С и лучшего санитарного состояния цистерн при малой относительной поверхности, соприкасающейся с молоком.

Автоцистерны смонтированы на шасси грузовых автомобилей (рис. 7) или в виде прицепов. Изготавливают цистерны из листового алюминия марок А1, А2, АД1 или АД1-М толщиной 5—6 мм.

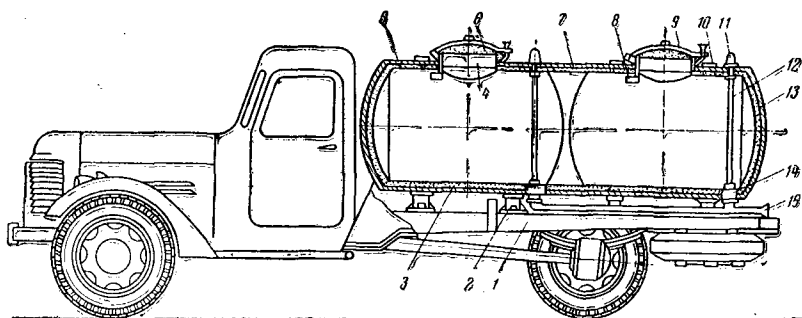


Рис. 7. Автоцистерна:

1 — шасси; 2 — подушка; 3 — резервуар для молока; 4 — люк; 5 — изоляция; 6 — крышка; 7 — деревянная обшивка; 8 — сигнализатор наполнения; 9 — зажим крышки; 10 — пояс крепления; 11 — рукоятка крана; 12 — тяга; 13 — обшивка; 14 — кран клапанного типа; 15 — молокопровод.

Цистерна состоит из двух секций, каждая из которых представляет собой цилиндрический резервуар со сферическими днищами. Разделение цистерны на секции позволяет уменьшить динамические нагрузки при заполнении цистерны неполностью, когда молоко при изменении скорости движения цистерны в силу инерции ударяется о торцовые стенки.

Каждая секция имеет сверху люк, герметически закрывающийся крышкой с резиновой прокладкой. В нижней части каждой секции расположен молокопровод для наполнения и опорожнения цистерны. Кран расположен внутри цистерны и ручка его выведена вверх наружу. Концы трубопровода выходят к заднему днищу цистерны и закрываются заглушками.

В каждой секции находится сигнализатор наполнения — поплавок, замыкающий контакты электроцепи с сигнальной лампочкой при максимальном уровне молока.

Обе секции цистерны покрыты изоляцией, обшиты досками и листовой сталью. Цистерну прикрепляют стальными поясами к раме с четырьмя подушками, а рама закреплена на шасси. По бокам цистерны расположены площадки для обслуживания.

Цистерны, смонтированные на автоприцепах, устроены так же, как и автоцистерны.

Таблица 4

Показатели	Типы автомобильных цистерн						
	АЦПТ-0,9	АЦПТ-1,5	АЦПТ-1,9	АЦПТ-2,2	АЦПТ-2,8	АЦПТ-2,8 (на прицепе)	АЦПТ-5,6
Марка автомобиля или прицепа . . . . .	Прицеп 1-АП1,5Г	ГАЗ-63	ГАЗ-51А	«Урал», ЗИЛ-355М	ЗИЛ-164А	Двухосный прицеп ИАПЗ-754В	МАЗ-200
Количество секций . . . . .	1	2	2	2	2	2	2
Емкость секций, л . . . . .	900±30	750±15	950±20	1100±30	1400±30	1400±30	2800
Общая емкость, л . . . . .	900±30	1500±30	1900±40	2200±50	2800±60	2800±60	5600±80
Форма секций . . . . .	Цилиндрическая	Эллиптическая		Цилиндрическая		Эллиптическая	
Материал секций . . . . .	АД1-М	АД1-М	АД1 или АД1-М	АД1	А1, А2 или АД1	АД1-М	АД1
Толщина стенки секций, мм . . . . .	4	5—6	6	5	5—6	5—6	8—10
Диаметр, мм спускного молокопровода . . . . .	50	50	50	—	50	50	—
сливного крана . . . . .	50	50	50	—	—	—	—
Контроль наполнения секции . . . . .	—	Электрический		Автоматический	Электрический	—	—

Показатели	Типы автомобильных цистерн						
	АЦПТ-0,9	АЦПТ-1,5	АЦПТ-1,9	АЦПТ-2,2	АЦПТ-2,8	АЦПТ-2,8 (на прицепе)	АЦПТ-5,6
Управление сливными кранами . . . . .		Верхнее		—		Верхнее	—
Максимальный вакуум, мм рт. ст. . . . .	—	340	340	340	340	—	—
Термоизоляция тип . . . . .	Древесно-волокну-стая плита, 3 слоя	Мипора	Мипора или древес-новолок-нистая плита, 3 слоя	—		Мипора	
толщина, мм . . . . .	37,5	30±3	37,5	—	35	40	—
Коэффициент теплопередачи, вт/(м <sup>2</sup> ·град) . . . . .	1	—	1	—	—	1	1
Время заполнения секции, мин . . . . .	Не более 12	Не более 10	Не более 12	8—12	10—15	—	—
Габариты, мм							
длина . . . . .	3050	5435	5200	6100	6600	5790	7650
ширина . . . . .	1340	2000	2100	2150	2300	2150	2700
высота . . . . .	2000	2120	2245	2335	2400	2380	2515
Масса (заполненных), кг	1672	3500	4770 и 5580	6030	7900 и 6400	5287	14440



Техническая характеристика цистерн приведена в табл. 4.

Цистерна наполняется и опорожняется самотеком или посредством коловратного воздушного насоса, смонтированного под кабиной автомашины. Он приводится в действие от коробки передач автомашины через приспособление для отбора мощности. Насос соединен с секциями цистерны воздухопроводом, который входит в секции в горловинах люков.

Перед наполнением цистерны плотно закрывают люк, соединяют молокопровод цистерны с молокохранильным баком или танком и коловратным насосом удаляют из цистерны воздух, создавая в ней вакуум примерно 5 мм вод. ст. Затем перекрывают воздуховод и открывают кран для впуска молока.

При опорожнении цистерны воздуховод подключают к нагнетательному патрубку насоса и в цистерну подают воздух, вытесняя молоко. На всасывающий патрубок насоса надевают фильтр для очистки воздуха. Чаще молоко из цистерны выкачивают на заводе насосом.

Вакуум при наполнении некоторых автоцистерн создается путем подключения воздуховода, идущего из цистерны к всасывающей трубе автодвигателя. При этом необходимо защитить карбюратор от попадания в него молочной пены, а цистерну от попадания в нее газов из карбюратора, установив обратный клапан.

Для опорожнения цистерну ставят с уклоном в сторону выпускных кранов. Перед сливом молока цистерны ополаскивают снаружи.

Алюминиевые цистерны моют горячей водой или специальными растворами, затем ополаскивают холодной водой. Для мойки цистерн устраивают специальные площадки с горячей и холодной водой и стоком для использованной воды.

На крупных предприятиях автоцистерны моют в специальных установках (рис. 8). Цистерну устанавливают так, чтобы люки секций были под моющими головками. Сначала наружную поверхность обмывают холодной водой из боковых подвесных трубопроводов 1. Затем через открытые люки в секции цистерны опускаются моющие головки 2, через сопла которых выбрасывается с большой скоростью моющая жидкость (холодная вода для ополаскивания, моющий и дезинфицирующий раствор при 80° С, чистая горячая вода и затем холодная вода для ополаскивания). Отработавшая жидкость через спускную трубу выливается из цистерны в приемную воронку 17 и через трехходовой кран 21 направляется в канализацию или в сборник 18 для повторного использования.

Для сбора молока с ферм и доставки его на завод предназначены специальные автоцистерны, сзади или сбоку которых предусмотрено отделение с устройством для забора молока из при-

фермских резервуаров или из фляг, счетчиком, устройством для автоматического отбора проб молока и т. д.

**Железнодорожный транспорт.** По железной дороге для перевозки молока используют изотермические вагоны и железнодорожные цистерны.

Изотермические вагоны. Молоко и молочные продукты во флягах перевозят в изотермических вагонах с ледяным

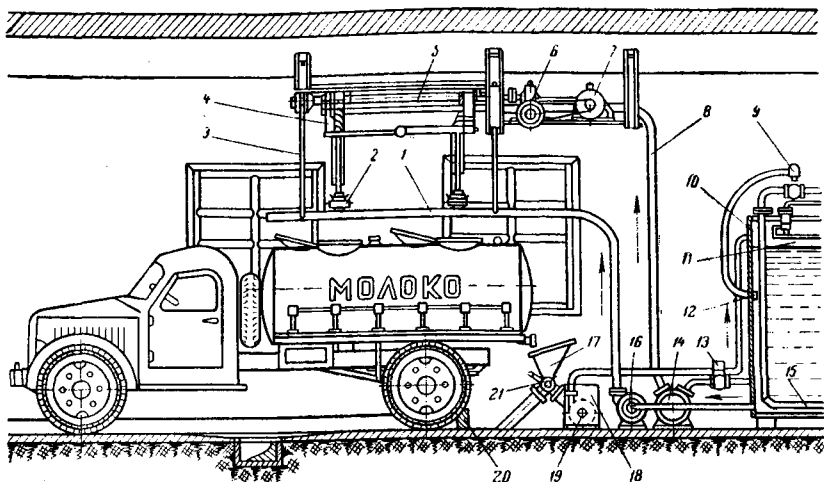


Рис. 8. Установка для механизированной мойки автоцистерн:

1 — трубопровод для наружной обмывки; 2 — моющая головка; 3 — подвеска для обмывочного трубопровода; 4 — приводное устройство ротационной моющей головки; 5 — вал; 6 — редуктор; 7 — электродвигатель; 8 — подводящий трубопровод; 9 — терморегулятор; 10 — ванна для моющего раствора; 11 — поплавковый клапан; 12 — датчик терморегулятора; 13 — соленоидный вентиль; 14 — насос высокого давления; 15 — змеевик для парового подогрева; 16 — центробежный насос; 17 — приемная воронка; 18 — сборник моющего раствора; 19 — насос для перекачки отработанного раствора в ванну; 20 — упор для колес; 21 — трехходовой кран.

или льдосоляным охлаждением (вагоны-ледники) и вагонах с машинным охлаждением.

**Железнодорожные цистерны.** По своему устройству (рис. 9) они подобны автомобильным, но имеют более прочные резервуары, изготовляемые преимущественно из нержавеющей стали (что позволяет применять сильнодействующие моющие и дезинфицирующие растворы), большую толщину изоляции. При суточном рейсе и температуре наружного воздуха 30° С температура холодного молока в железнодорожной цистерне повышается не более чем на 2°.

Моют железнодорожные молочные цистерны так же, как и автомобильные. Транспортировка молока в железнодорожных цистернах имеет следующие преимущества по сравнению с перевозкой его во флягах в изотермических вагонах: исключаются

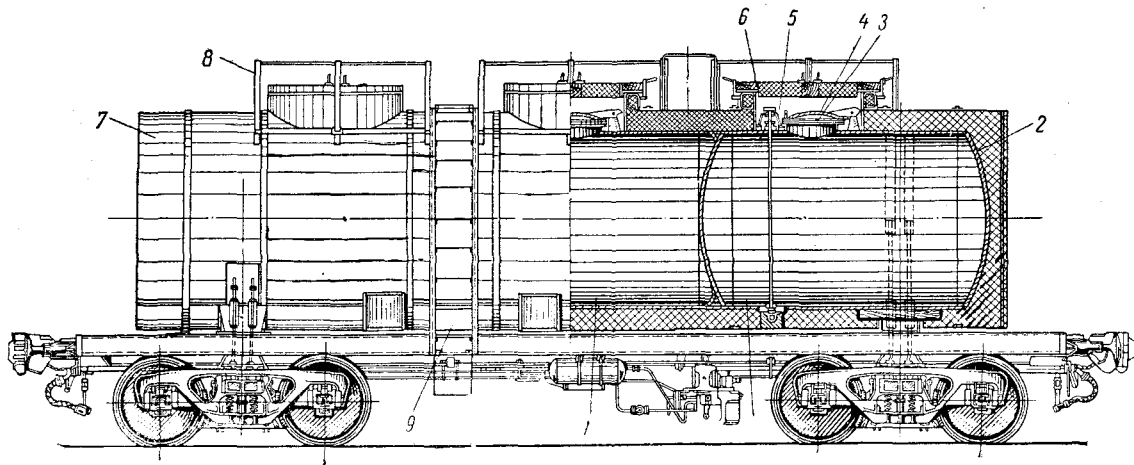


Рис. 9. Железнодорожная цистерна:

1 — резервуар; 2 — секция; 3 — люк; 4 — крышка с термозоляцией; 5 — кран; 6 — изоляция; 7 — кожух; 8 — площадка; 9 — лестница.

трудоемкие операции по погрузке и разгрузке фляг; обеспечиваются лучшие условия для сохранения качества молока; значительно снижаются расходы по перевозке молока и его потери.

**Водный транспорт.** Молоко водным путем транспортируют на специально оборудованных теплоходах, на которых установлены две цистерны для молока емкостью 8 и 13 т и необходимое вспомогательное оборудование для их обслуживания (насосы, шланги, трубы).

Во время перевозки молока на расстояние 100 км температура его повышается на 2—3° при температуре окружающего воздуха 25—30° С.

#### Техническая характеристика теплохода

Водоизмещение, <i>т</i>	
без груза . . . . .	41
с грузом . . . . .	61
Скорость, <i>км/ч</i> . . . . .	17,5
Мощность	
двигателя дизеля, <i>л. с.</i> . . . . .	140
дизель-генератора, <i>квт</i> . . . . .	7,2

При разгрузке теплохода молоко перекачивают в автоцистерны и доставляют на перерабатывающий завод.

### Внутризаводской транспорт

**Тележки.** Для транспортировки грузов на предприятиях молочной промышленности применяют ручные тележки различной конструкции (рис. 10).

Фляги перевозят на обычных грузовых тележках или на специальных (рис. 10, а). На трубе 1 помещена муфта 3 с двумя крючками, расположенными на разной высоте, так как в обращении есть фляги с ручками, находящимися на различной высоте. Два выреза в нижнем кольце муфты позволяют устанавливать муфту в двух положениях, обращая в сторону фляги тот или другой крючок. В вырезы муфты 3 входит поперечный штифт, удерживающий ее на трубе в определенном месте.

Наполненную флягу подхватывают крючком за ручку, подняв рукоятку 2 тележки, как показано на рис. 10, а пунктиром. Когда рукоятка тележки опускается, фляга приподнимается на 2—4 см и ее можно перевозить. Для передвижения фляги по гладкому полу требуется небольшое усилие. При разгрузке рукоятку 2 поднимают, фляга ставится на пол и тележка откатывается.

Описанные тележки изготавливаются на местах и применимы в узких проходах, где нельзя пользоваться большими тележками.

Чтобы сократить время загрузки и разгрузки, применяют тележки с подъемными площадками (рис. 10, б). Особенность та-

кой тележки в том, что когда опускается рукоятка тележки из вертикального положения в наклонное (под углом около  $45^\circ$ ), площадка тележки поднимается на 5—7 см.

При опущенной площадке тележку подкатывают под поддон с грузом, рукоятку тележки опускают. Площадка тележки поднимает нагруженный поддон на некоторую высоту, достаточную

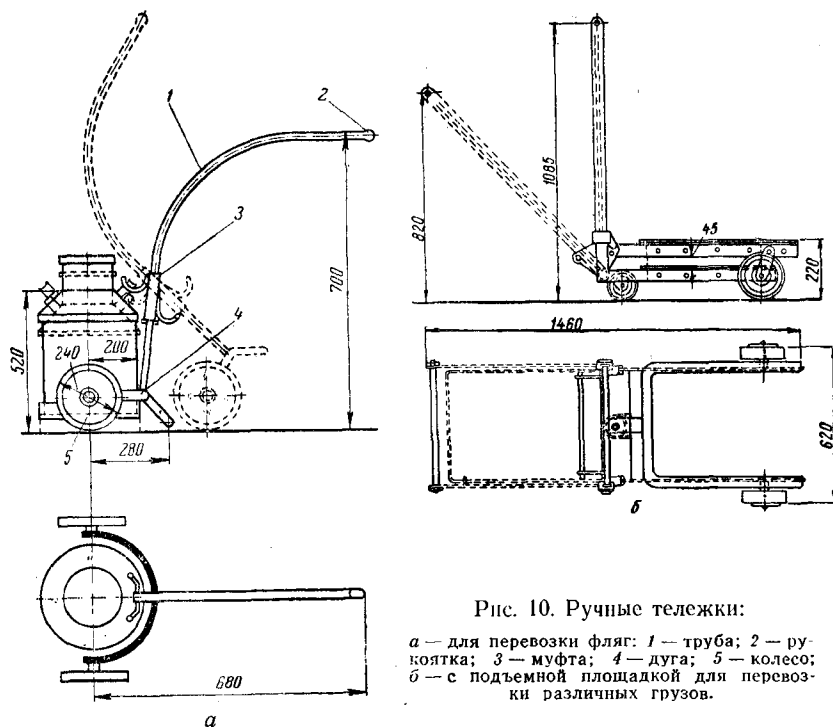


Рис. 10. Ручные тележки:

*а* — для перевозки фляг: 1 — труба; 2 — рукоятка; 3 — муфта; 4 — дуга; 5 — колесо;  
*б* — с подъемной площадкой для перевозки различных грузов.

для беспрепятственного движения тележки. Поднимая рукоятку нагруженной тележки поддон с грузом ставят на пол и выкатывают освободившуюся тележку.

Груз в мелкой таре (простокваша в банках), который идет от разливающей машины в термостат, остывочную камеру и затем в камеру хранения или в экспедицию можно перевозить на тележках в этажерах. Для таких грузов применяют также специальные тележки, представляющие собой этажеры с колесами, со съемными или откидными полками. Расстояние между полками зависит от высоты тары груза.

**Автопогрузчики.** Для выполнения погрузочно-разгрузочных работ применяют автопогрузчики (рис. 11). Это самоходная тележка, действующая от аккумуляторной батареи. Для приема груза впереди тележки имеется неподвижная рама 2, занимаю-

дая вертикальное или наклонное положение (вперед на  $3^\circ$  для удобства снятия груза и назад на  $8^\circ$  для устойчивости при движении с грузом). В этой раме смонтирована подвижная рама 3 с кареткой, имеющей вилочный захват 4 для груза.

Телескопический подъем и наклон рамы 3 осуществляется гидравлическим приводом. Груз перемещается при нижнем положении каретки.

**Техническая характеристика автопогрузчика  
типа 4004А**

Грузоподъемность, кг . . . . .	750
Максимальная высота подъема захватов, мм . . . . .	2800
Высота с захватами, мм	
поднятыми . . . . .	3650
опущенными . . . . .	1900
Длина с вилками, мм . . . . .	2335
Ширина, мм . . . . .	900
Наименьший радиус поворота, мм . . . . .	1550
Наибольшая скорость перемещения, км/ч . . . . .	8,5
Масса, кг . . . . .	1720

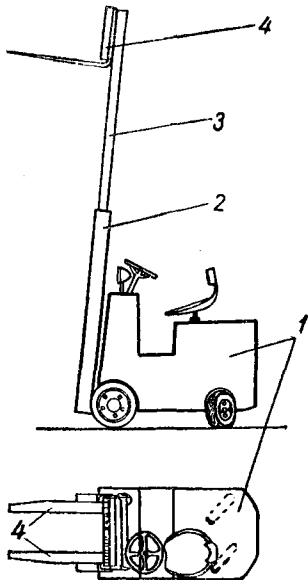


Рис. 11. Автопогрузчик:

1 — корпус; 2 — неподвижная рама; 3 — подвижная рама; 4 — вилочный захват.

**Транспортеры.** Грузы на молочном предприятии перемещают на транспортерах.

**Гладкие спуски.** Спуски в виде гладких плоскостей или желобов с большим уклоном применяют для перемещения ящиков, мешков завернутых сырков, консервных банок и др. Изготавливают их главным образом на местах.

**Роликовые транспортеры (рольганги).** Фляги и другие грузы в горизонтальном или наклонном положении перемещают рольгангами (рис. 12, а). Они состоят из рамы 1 с роликами 3 и 7, смонтированной на подставках 8, регулируемых по высоте.

Ролики представляют собой отрезки стальных труб диаметром 50—75 мм, в концах которых вставлены фланцы с шарикоподшипниками. Их устанавливают на оси, вделанной концами в раму. В менее совершенных конструкциях применяются скользящие опоры роликов,

имеющие менее легкий ход. В связи с этим требуется больший уклон рольганга для движения груза под действием собственно го веса. Угол наклона принимается до  $5^\circ$ .

Откидная секция рольганга служит для прохода обслуживающего персонала. Форма роликов на повороте коническая, соответствующая радиусу закругления, поэтому на повороте груз поворачивается сам. Рольганги устанавливают на полу без фундамента. Применяют также передвижные с подставками на колесиках. После работы их откатывают, освобождая место для выполнения других операций.

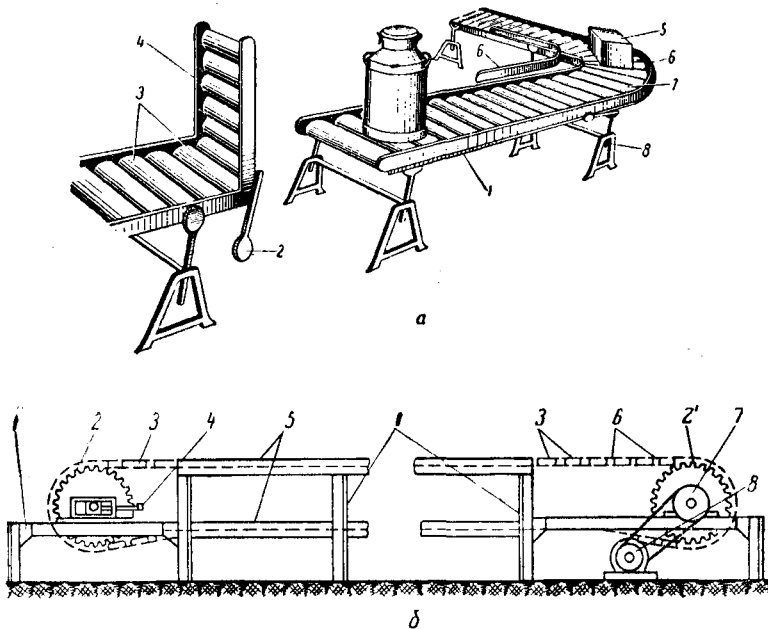


Рис. 12. Траспортеры:

*a* — роликовый: 1 — рама; 2 — противовес; 3 — ролики; 4 — откидная секция; 5 — груз; 6 — борт; 7 — конические ролики; 8 — подставка.  
*б* — пластинчатый: 1 — рама; 2 и 2' — ведущая и ведомая звездочки; 3 — пластины; 4 — натяжное устройство; 5 — направляющие; 6 — цепи; 7 — шкив; 8 — электродвигатель с редуктором.

**Пластинчатые транспортеры.** Пластинчатыми транспортерами (рис. 12, б) в отличие от рольгангов можно перемещать штучный груз с подъемом в сторону движения. Цепи б транспортера имеют ролики, которые во время работы катятся по направляющим 5 в раме 1, сохраняя прямолинейное направление цепей.

Облегченные и короткие пластинчатые транспортеры роликов не имеют. Скорость движения пластинчатого транспортера 0,2—1,5 м/сек. Транспортер приводится в действие от электродвигателя.

Цепные транспортеры. Для транспортировки ящиков, корзин с бутылками, флаг применяют цепные транспортеры (рис. 13 а, б и в). Каркас их делают из стальных труб. Он состоит из стоек (ножек) и связывающих их поперечных и продольных труб. Стойки устанавливают на пол цеха, их можно регулировать по высоте. Цепь транспортера — чугунная, движется

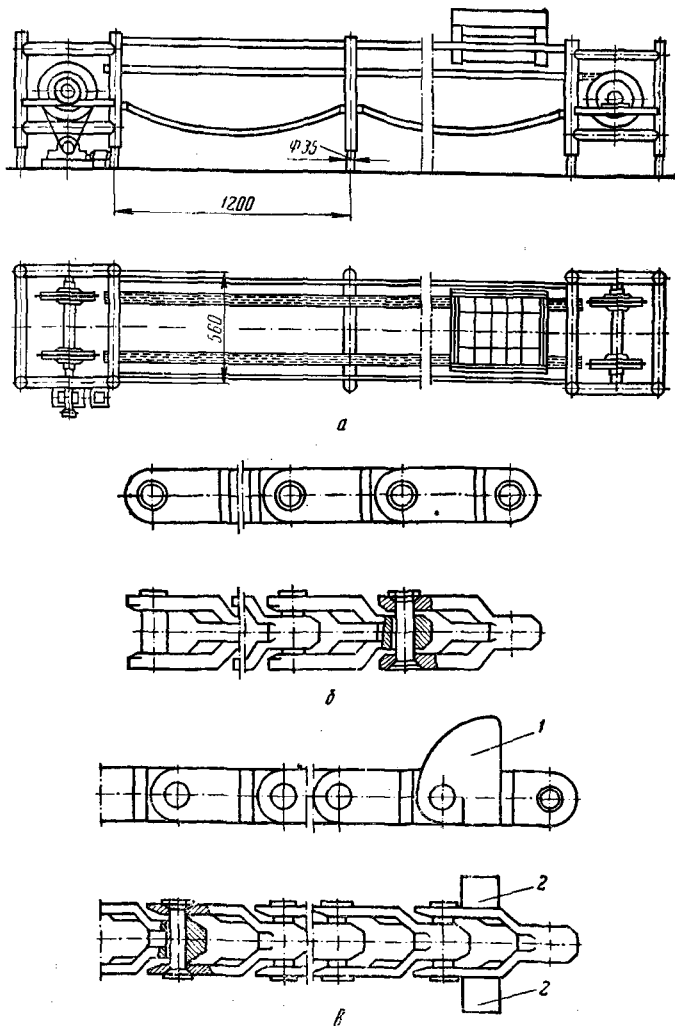


Рис. 13. Цепной транспортер:

а — схема двухцепного транспортера; б — цепь для участков с подъемом не более  $12^\circ$ ;  
в — цепь для участков с подъемом до  $45^\circ$ : 1 — упор; 2 — направляющие.



в направляющих из швеллера, выступая над полками швеллера на 5 мм. Швеллер приваривается к верхним поперечинам стоек.

Транспортеры бывают с одной или двумя параллельными цепями. Нижняя (обратная) ветвь транспортера поддерживается короткими направляющими из швеллера, приваренными к нижним поперечинам стоек, свободно провисая между ними. Боковые направляющие грузы в виде стальных полос прикреплены к верхним концам стоек на высоте, соответствующей высоте грузов. С одного конца транспортера установлена приводная станция с редуктором и электродвигателем, а с другого — холостые звездочки без натяжного устройства, так как натяжение рабочей ветви цепи обеспечивается провисанием холостой ветви.

При транспортировке грузов с подъемом более  $12^\circ$  отдельные (через определенные промежутки) звенья цепи имеет упор 1 и направляющие 2, удерживающие цепь на вогнутых участках транспортера. На горизонтальных участках транспортер может иметь повороты с радиусом закругления не менее 1,5 м за счет зазоров в шарнирах звеньев цепи.

Скорость движения цепи 0,7—1,2 м/сек. Длина цепного транспортера до 30 м. Цепи смазывают мыльной водой или эмульсией.

**Ленточные транспортеры.** Штучные и сыпучие грузы в горизонтальной и наклонной плоскостях перемещают ленточными транспортерами. Они состоят из прорезиненной ленты, натянутой на два гладких барабана, один из которых приводной, а другой натяжной.

Чтобы лента не провисала между барабанами, она поддерживается свободно вращающимися роликами, сделанными из труб. В зависимости от назначения лента транспортера на рабочем участке может быть плоской (на горизонтально расположенных роликах) или лотковой (на наклонно расположенных двух рядах роликов).

Плоскую ленту применяют главным образом при перемещении штучных грузов, а также в тех случаях, если на ленте производят сортировку, закрутку или другие операции. Лотковую ленту используют для транспортировки сыпучих грузов. Производительность транспортера с лотковой лентой в 1,5—2 раза больше, чем с плоской.

Транспортер приводится в действие от электродвигателя через червячный редуктор и клиноременную передачу. Ширина ленты 300—700 мм, скорость движения 0,2—2 м/сек. Для погрузочно-разгрузочных и других работ на территории заводов применяют передвижные ленточные транспортеры. Длина их 5, 10 и 15 м, производительность 100—300 м<sup>3</sup>/ч, скорость движения 1,2—1,5 м/сек, ширина ленты 400—500 мм. Мощность электродвигателя 2,8—5,2 квт, масса транспортера 0,5—2 т. Изготавли-

ют также передвижные ленточные транспортеры длиной до 20 м с высотой разгрузки до 7 м.

Угол наклона ленточных транспортеров до 20°.

**Грузовые лифты.** Лифты — подъемники прерывного действия разовой загрузки. Их применяют для подъема грузов (часто с одного этажа на другой). Лифт состоит из клетки и противовеса, соединенных стальным тросом, который передвигается на блоке приводной станции. Когда груз поднимается, противовес опускается, облегчая тем самым работу приводной станции. Клеть и противовес смонтированы в шахте, в которой расположены направляющие, исключающие возможность перемещения их в горизонтальной плоскости.

Лифт снабжен автоматическими выключателями и предохранителями, удерживающими его в случае обрыва троса, а также блокировкой включения электродвигателя при незакрытой двери.

Грузоподъемность серийно выпускаемых в СССР лифтов от 250 до 1500 кг, размеры клетки от 1000×1000 до 1750×2500 мм. Лифты относятся к сооружениям, подлежащим контролю инспекции Котлонадзора.

**Подъемники-элеваторы.** Ящики, фляги и другие штучные грузы поднимают на сравнительно большую высоту и спускают с нее на люлечных элеваторах, которые состоят из двух цепей, передвигающихся с помощью звездочек. Верхняя пара звездочек приводится во вращение от электродвигателя через редуктор. На цепях шарнирно подвешены люльки на равном расстоянии одна от другой.

Площадка люльки, на которую ставят груз, выполнена в виде гребенки, зубья которой проходят между зубьями погрузочной и разгрузочной площадок, сделанных также в виде гребенок, подхватывая или оставляя груз. При огибании цепями звездочек погрузочные площадки люльки сохраняют горизонтальное положение, так как центры тяжести люлек находятся ниже шарниров. Радиусы звездочек должны быть больше высоты люлек.

### Расчеты транспортных устройств

**Производительность.** Производительность подъемников разовой загрузки зависит от их грузоподъемности и оборачиваемости. Ее можно выразить формулой.

$$M = m \frac{3600}{\tau_n + \tau_p + \tau_d}, \quad (I-11)$$

где  $M$  — часовая производительность подъемников разовой загрузки, кг или шт;

$m$  — разовая полезная нагрузка, кг или шт.;

$\tau_n$  и  $\tau_p$  — время погрузки и разгрузки, *сек*;

$\tau_d$  — время пути в оба конца, *сек*.

Скорость движения тележек 0,4—0,8 *м/сек*, подъемников — 0,2—0,3 *м/сек*.

Производительность транспортеров непрерывного действия определяют по формуле

$$M = 3600 \, m; \quad (I-12)$$

или

$$M = \frac{v}{a} 3600,$$

где  $M$  — часовая производительность, *кг* или *шт.*;

$m$  — нагрузка на 1 *м* длины транспортера, *кг* или *шт.*;

$v$  — скорость перемещения груза, *м/сек* (равна скорости ленты или цепи транспортера  $v = 0,1 \div 0,2$  *м/сек*);

$a$  — длина ленты на один груз или на единицу веса груза (в среднем), *м*.

Производительность транспортеров можно значительно повысить, увеличив удельную нагрузку и скорость. При этом необходимо усилить контроль за состоянием транспортера.

**Потребная мощность.** Ориентировочно потребная мощность пластинчатых транспортеров подсчитывается по формуле

$$N = \frac{31 \sigma_d f L_0 v}{1360} + \frac{4,25 M f L_0}{1360} + \frac{4,25 M H}{1360}, \quad (I-13)$$

где  $N$  — мощность на валу приводного барабана, *квт*;

$\sigma_d$  — масса 1 *м* цепей с пластинами, *кг* (при ширине рабочего полотна 400; 500 и 600 *мм*  $\sigma_d = 60, 70, 80$  *кг/м*);

$f$  — общий коэффициент сопротивления движению (для цепи без роликов  $f = 0,25$ ; для цепи с роликами  $f = 0,10 \div 0,15$ );

$L_0$  — длина горизонтальной проекции транспортера, *м*;

$v$  — скорость движения транспортера, *м/сек*;

$M$  — производительность транспортера, *т/ч*;

$H$  — высота подъема, *м*.

Для подбора электродвигателя надо учесть к. п. д. передачи, который колеблется в пределах 0,6—0,8.

Для подъемников и элеваторов непрерывного действия потребная мощность

$$N = \frac{M H}{3600 \cdot 102 \eta}, \quad (I-14)$$

где  $N$  — потребная мощность, *квт*;

$M$  — масса груза, подаваемого в час, *кг*;

$H$  — высота подъема, *м*;

$\eta$  — к. п. д. подъемников и элеваторов непрерывного действия ( $\eta = 0,4 \div 0,6$ ).

**Пример.** Определить производительность транспортера, перемещающего фляги, если скорость его  $0,2$  м/сек, потребная длина транспортера для одной фляги  $0,4$  м.

Средняя загрузка  $1$  м длины транспортера составит  $\frac{1}{0,4} = 2,5$  фляги, а производительность по формуле (I—12)

$$M = 2,5 \cdot 0,2 \cdot 3600 = 1800 \text{ фляг в час.}$$

**Пример.** Определить потребную мощность электродвигателя для горизонтального пластинчатого транспортера, если ширина транспортера  $500$  мм;  $\sigma_{ц} = 70$  кг/м; коэффициент сопротивления  $f = 0,25$ ; длина транспортера  $L_0 = 15$  м; скорость движения  $v = 0,2$  м/сек; производительность  $M = 30$  т/ч.

По формуле (I—13) мощность на валу транспортера составит

$$N = \frac{31 \cdot 70 \cdot 0,25 \cdot 15 \cdot 0,2}{1360} + \frac{4,25 \cdot 30 \cdot 0,25 \cdot 15}{1360} = 1,5 \text{ квт.}$$

Потребная мощность электродвигателя  $N_{д} = \frac{1,5}{0,7} = 2,2 \text{ квт.}$

## НАСОСЫ И ТРУБОПРОВОДЫ ДЛЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Насосы и трубопроводы широко применяют для транспортировки молока и жидких молочных продуктов внутри предприятий и на погрузочно-разгрузочных площадках. В отдельных случаях используют насосы, откачивающие воздух для создания вакуума, а также нагнетающие воздух для выдавливания им молока.

Насосы и трубопроводы должны удовлетворять общим требованиям, предъявляемым к молочной аппаратуре в части гигиеничности и удобства разборки и чистки. За исключением отдельных случаев требуется, чтобы насосы не оказывали нежелательных воздействий на продукт (пенообразование, дробление или подсывание жира).

В молочной промышленности применяют поршневые, диафрагменные, центробежные, ротационные и пароструйные насосы<sup>1</sup>.

### Поршневые насосы

Поршневые насосы выпускают простого и двойного действия. Они делятся на плунжерные и поршневые.

Плунжерные насосы простого действия (рис. 14 а) нужны в том случае, если требуется создать большое давление для подачи молока в форсунки распылительных сушилок (давление до  $150$  кгс/см<sup>2</sup>) или в гомогенизирующие головки гомогенизаторов (давление до  $300$  кгс/см<sup>2</sup>).

Кривошипно-шатунный механизм сообщает плунжеру  $I$  возвратно-поступательное движение. При движении плунжера впра-

<sup>1</sup> Пароструйные насосы описываются в главе VI.

во в цилиндре создается разрежение, всасывающий клапан 2 открывается и жидкость поступает в цилиндр 4. При обратном ходе в цилиндре возникает давление, под действием которого всасывающий клапан закрывается, а нагнетательный 3 открывается и жидкость выдавливается в нагнетательную трубу.

Насос такой конструкции подает жидкость с перерывами: за одну половину оборота кривошипа жидкость всасывается,

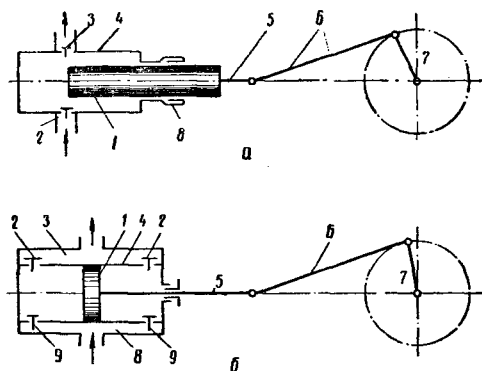


Рис. 14. Поршневые насосы:

- а* — схема плунжерного насоса простого действия:  
 1 — плунжер; 2 — всасывающий клапан; 3 — нагнетательный клапан; 4 — цилиндр; 5 — шток; 6 — шатун;  
 7 — кривошип; 8 — сальник;
- б* — схема поршневого насоса двойного действия:  
 1 — поршень; 2 — нагнетательный клапан; 3 — нагнетательная камера; 4 — цилиндр; 5 — шток; 6 — шатун;  
 7 — кривошип; 8 — всасывающая камера; 9 — всасывающий клапан.

а за другую — нагнетается. Для обеспечения поточности процесса на нагнетательной линии этих насосов устанавливают воздушный колпак или же применяют трехцилиндровые насосы. Все три цилиндра сделаны в общем блоке и все три плунжера приводятся в действие от одного трехколенчатого вала, колена которого расположены под углом  $120^\circ$ . Поэтому такие работы цилиндров (всасывание и нагнетание) чередуются, благодаря чему достигается непрерывная, хотя и не вполне равномерная, подача жидкости.

Трехплунжерные насосы, применяемые для подачи молока в форсунки распылительных сушилок, иногда для более равномерной подачи снабжают воздушными колпаками. На нагнетательной линии ставят предохранительные клапаны или пластинки. Пластинки разрываются при превышении допустимого давления. Производительность трех- и четырехцилиндровых плунжерных насосов высокого давления от 150 до 10 000 л/ч.

Поршневые насосы двойного действия (рис. 14, б) производят одновременно всасывание и нагнетание жидкости, так как при

движении поршня 1 с одной его стороны создается разрежение и жидкость из всасывающей камеры 8 через всасывающий клапан 9 поступает в цилиндр, а с другой — выталкивается через нагнетательный клапан 2 в нагнетательную камеру 3.

Насосы приводятся в действие от электродвигателя через клиноремennую передачу, передающую движение на шкив коленчатого вала.

При эксплуатации поршневых насосов необходимо учитывать, что производительность насоса можно изменить только путем изменения хода поршня или числа оборотов приводного вала (прикрывание крана на всасывающей линии приводит к подосу воздуха); на нагнетательной линии нельзя устанавливать кран, так как при перекрытии линии произойдет авария; чрезмерное увеличение скорости вращения приводного вала вызывает гидравлические удары, разрушающие линию подачи; при пуске насосов высокого давления в начале пуска давление должно быть минимальным и затем постепенно повышаться до требуемого.

Недостатки поршневых насосов: малая производительность, тихоходность, исключая возможность непосредственного соединения с валом электродвигателя, громоздкость конструкции, наличие клапанов.

Преимущества поршневых насосов: минимальное механическое воздействие на перекачиваемую жидкость, высокий к. п. д., пригодность для перекачивания вязких жидкостей.

### Расчеты поршневых насосов

**Производительность.** Производительность поршневых и плунжерных насосов зависит от размеров и числа ходов поршня (плунжера) и может быть подсчитана по следующим формулам:

для насоса простого действия

$$V = 60 \frac{\pi D^2}{4} S n \eta_0; \quad (I-15)$$

для насоса двойного действия

$$V = 60 \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) S n \eta_0, \quad (I-16)$$

где  $V$  — производительность,  $м^3/ч$ ;  
 $D$  — диаметр плунжера или поршня,  $м$ ;  
 $d$  — диаметр штока,  $м$ ;  
 $S$  — ход плунжера или поршня,  $м$ ;  
 $n$  — число оборотов кривошипа в минуту;  
 $\eta_0$  — объемный к. п. д. насоса ( $\eta_0 = 0,8 \div 0,9$ ; для горячих и вязких жидкостей  $\eta_0 = 0,7$ ).

Объемным к. п. д. или коэффициентом заполнения, называется отношение фактической производительности к теоретической. Он учитывает обратное протекание жидкости в насосе через неплотности. Величина его зависит от точности изготовления насоса, напора (перепада давлений, нагнетания и всасывания), вязкости и температуры жидкости, скорости движения поршня. По мере износа насоса неплотности увеличиваются и объемный к. п. д. снижается.

**Потребная мощность.** Мощность, потребную для работы насоса, определяют по формуле

$$N = \frac{V\rho_n}{3600 \eta}, \quad (I-17)$$

где  $N$  — потребная мощность, *вт*;

$V$  — производительность насоса,  $m^3/ч$ ;

$\rho_n$  — напор (разность давления жидкости на входе и выходе из насоса),  $m/m^2$ ;

$\eta$  — механический к. п. д. насоса (для поршневых насосов  $\eta = 0,8 \div 0,9$ ).

Механический к. п. д. насоса показывает, какая доля энергии, подводимой к насосу, расходуется на полезную работу.

При выборе электродвигателя для поршневого насоса мощность его принимают на 30—50% больше расчетной.

**Пример.** Требуется определить ход поршня и мощность поршневого насоса двойного действия, имеющего диаметр поршня  $D = 90$  мм, диаметр штока  $d = 20$  мм, число оборотов  $n = 60$  об/мин. Производительность насоса  $V = 3000$  л/ч, напор  $H = 20$  м вод. ст. Из формулы (I-16) находим, что ход поршня

$$S = \frac{4V}{60 \pi (2D^2 - d^2) n \eta_0}.$$

Приняв объемный к. п. д.  $\eta_0 = 0,8$  и подставив данные, получим

$$S = \frac{4 \cdot 3}{60 \cdot 3,14 (2 \cdot 0,09^2 - 0,02^2) 60 \cdot 0,8} = 0,14 \text{ м.}$$

Считая, что механический к. п. д. насоса  $\eta = 0,8$ , по формуле (I-17) определим мощность:

$$N = \frac{3 \cdot 20 \cdot 9807}{3600 \cdot 0,8} = 200 \text{ вт.}$$

Электродвигатель для этого насоса должен быть мощностью 0,25—0,3 квт.

### Диафрагменные (мембранные) насосы

На рис. 15 схематично изображено устройство диафрагменного насоса.

Эластичная диафрагма  $\delta$  в виде диска из листовой «пищевой» резины закреплена между двумя стальными дисками на порш-

не 6 глухой гайкой 9. Периферийная часть диафрагмы зажата между корпусом насоса и крышкой 4, на которой имеется клапанная коробка 2 с всасывающим 1 и нагнетательным 3 клапанами.

Кривошипно-шатунный механизм 7 приводит диафрагму в возвратно-поступательное движение, осуществляя тем самым всасывание и нагнетание жидкости. Производительность насоса зависит от диаметра диафрагмы, хода поршня и числа оборотов приводного вала.

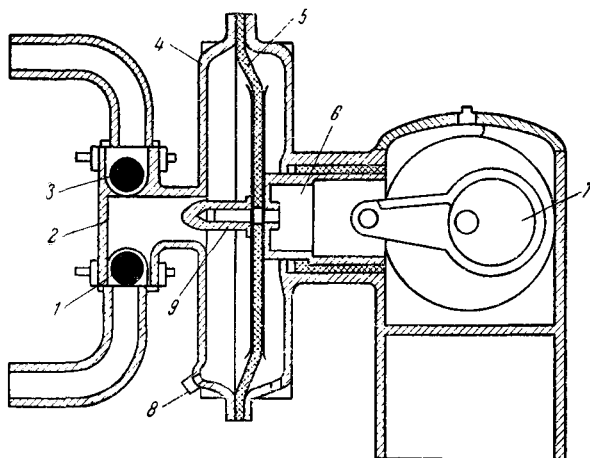


Рис. 15. Диафрагменный насос:

1 — всасывающий клапан; 2 — клапанная коробка; 3 — нагнетательный клапан; 4 — крышка насоса; 5 — диафрагма; 6 — поршень; 7 — кривошипно-шатунный механизм; 8 — спускной кран; 9 — глухая гайка.

Диафрагменные (мембранные) насосы применяют для перекачивания молока на фермах и для перекачивания сгустка в механизированной линии производства творога. К преимуществам диафрагменных насосов относятся: минимальное механическое воздействие на продукт, высокая гигиеничность.

### Центробежные насосы

Выпускают лопастные и самовсасывающие водокольцевые центробежные насосы.

**Лопастные насосы.** По конструкции ротора их можно подразделить на лопаточные (без диска), с открытым диском и закрытым диском.

Рабочим органом простейшего лопаточного насоса (рис. 16, а) служит прямоугольная пластина (лопатка), вставляемая в попе-



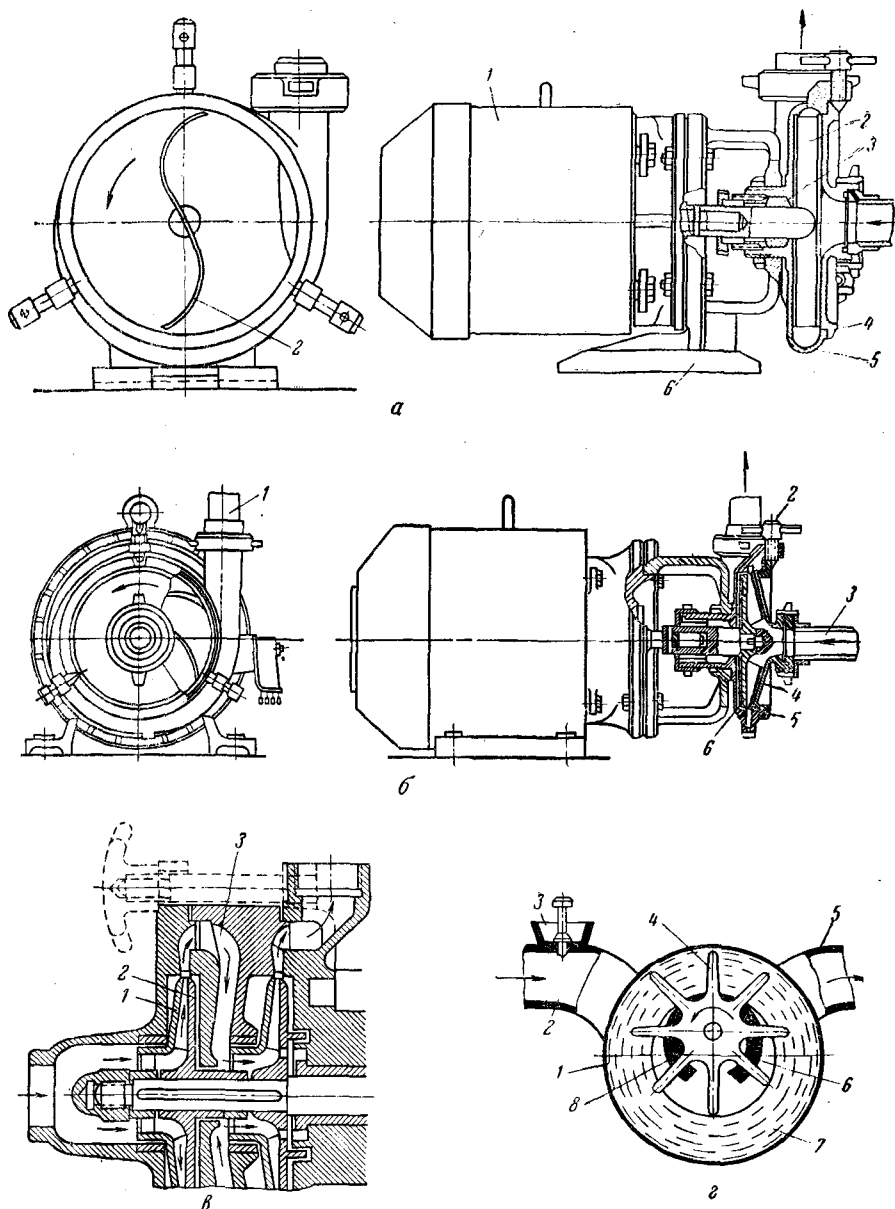


Рис. 16. Центробежные насосы:

- a* — лопаточный насос (без диска): 1 — электродвигатель; 2 — лопатка; 3 — сальник; 4 — крышка; 5 — корпус; 6 — подставка.
- б* — насос с закрытым диском: 1 — нагнетательная труба; 2 — зажимной винт крышки; 3 — всасывающая труба; 4 — лопасть; 5 — крышка; 6 — диск;
- в* — двухступенчатый насос: 1 — диск передний — крышка; 2 — диск задний с лопастями; 3 — канал направляющей камеры;
- г* — самовсасывающий водокольцевой насос: 1 — корпус насоса; 2 — всасывающий патрубок; 3 — воронка для залива жидкости при пуске; 4 — лопаточное рабочее колесо; 5 — нагнетательный патрубок; 6 — нагнетательный канал в задней стенке корпуса; 7 — жидкостное кольцо; 8 — всасывающий канал.

речный паз вала. Концы лопатки прямые или изогнутые против направления вращения образуют две лопасти. Положение лопатки фиксируется на валу так, чтобы в собранном виде между лопаткой и стенками корпуса насоса оставался зазор около 2 мм.

Вал насоса (с одного конца полый) надевается на вал электродвигателя и закрепляется поперечным шплинтом. Электродвигатель и корпус насоса монтируются на подставке б. Крышка насоса с всасывающим патрубком и уплотняющим резиновым кольцом крепится к корпусу насоса тремя винтами. Эти насосы имеют несколько пониженный к. п. д., но ввиду простоты конструкции, удобства в эксплуатации и гигиеничности широко применяются в молочной промышленности.

Центробежный насос с открытым диском отличается от лопаточного тем, что его лопасти закреплены на диске (обычно диск вместе с лопастями отливаются из полимерных материалов). Диск с лопастями устанавливается на вал насоса и закрепляется глухой гайкой.

У центробежного насоса с закрытым диском (рис. 16, б) лопасти ротора со стороны, обращенной к всасываемому патрубку, закрыты другим диском-крышкой, в центре которого находится отверстие для прохода молока. Такую конструкцию ротора имеют насосы большой производительности и двухступенчатые.

Двухступенчатый насос (рис. 16, в) состоит как бы из двух одноступенчатых насосов, соединенных последовательно. Жидкость поступает в первую ступень насоса и, выходя из нее под напором, проходит по каналам 3 направляющей камеры во вторую ступень, где давление ее еще повышается.

Таким образом, двухступенчатый насос по сравнению с одноступенчатым может создавать напор вдвое больше при тех же диаметрах рабочих колес, числе оборотов и производительности. Последовательное соединение двух одноступенчатых насосов позволяет также вдвое увеличить напор при той же производительности.

**Самовсасывающий водокольцевой насос** (объемно-центробежный). Обычные центробежные насосы перед пуском необходимо заливать жидкостью. Без жидкости они не могут создать вакуум, поэтому их надо устанавливать ниже питательного бака или каждый раз перед началом работы заливать жидкостью. От этого недостатка свободны самовсасывающие водокольцевые насосы (рис. 16, г).

Ротор насоса представляет собой колесо с прямыми лопатками, ось которого расположена не в центре корпуса, а смещена вверх (эксцентрично). Всасывающее и нагнетательное окна в виде узких серповидных щелей (не соприкасающихся между собой) расположены в задней стенке корпуса с правой и левой сторон на радиусе основания лопаток ротора.

Патрубки для входа и выхода молока подведены сверху — с задней стенки корпуса, поэтому в насосе всегда остается часть жидкости, которую можно удалить только через спускной край в крышке насоса.

При включении ротора, вращающегося со скоростью электродвигателя, оставшаяся в насосе жидкость приводится во вращательное движение и под действием центробежной силы распределяется в корпусе насоса кольцом.

При вращательном движении ротора из верхнего положения по направлению стрелки его лопатки выходят из жидкостного кольца. Пространства между лопатками заполняются воздухом, поступающим из всасывающей трубы. По мере движения вниз свободные пространства между лопастями увеличиваются и достигают максимума внизу в конце всасывающего отверстия.

Двигаясь снизу вверх, лопатки снова погружаются в жидкостное кольцо, свободный объем между ними уменьшается и воздух вытесняется в выходное отверстие. Таким путем из всасывающей трубы удаляется воздух и в ней образуется вакуум, достаточный для всасывания жидкости на 2—3 м. С поступлением жидкости вакуум увеличивается.

Поступающая в насос вслед за воздухом жидкость проходит такой же путь, как и воздух, т. е. заполняет промежутки между лопастями на всасывающей стороне и выдавливается из этих промежутков в напорную трубу на нагнетательной стороне.

Самовсасывающие насосы применяют для откачивания сыворожки из сырных и творожных ванн, резервуаров, расположенных ниже пола цеха; пахты, спускаемой из маслоизготовителей; молока из фляг, а также для перекачивания молока и других жидкостей.

Чтобы избежать порчи продукта, нельзя оставлять его в насосе продолжительное время.

Техническая характеристика центробежных насосов

	ОЦН-5	36МЦ-4/6-12	36МЦ-10-20	50МЦ-25-31	75МЦ-50-31	Самовсасывающий 50МЦ-13-5
Производительность, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	5	4—6	10	25	50	13
Полный напор, м вод. ст. . . . .	8	12	20	30	30	9
Возможная высота всасывания, м . . . . .	4	5	5	4	4	3
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	0,6	0,6	1,5	7,0	14,0	2,8
Число оборотов в минуту . . . . .	1440	2800	2860	2900	2900	2880
Диаметр патрубков, мм . . . . .	36	36	36	50/75	75	36
Габариты, мм . . . . .						
длина . . . . .	680	385	480	646	485	570
ширина . . . . .	274	215	250	391	740	300
высота . . . . .	294	305	335	338	475	340
Масса, кг . . . . .	34	16	27	140	230	58

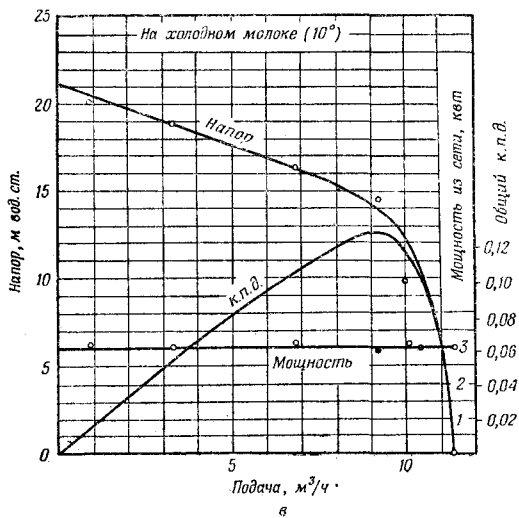
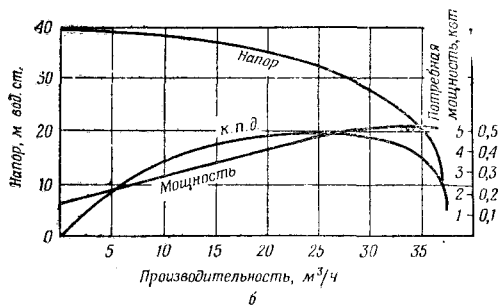
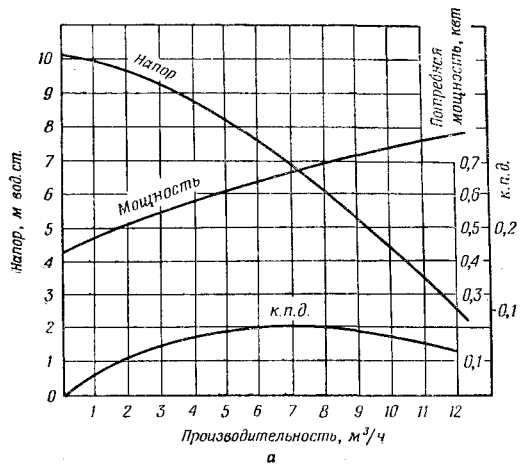


Рис. 17. Рабочие характеристики центробежных насосов;

а — ОЦН-5; б — 50МЦ-25-31; в — водокольцевой.

Производительность центробежных насосов может изменяться в широких пределах в зависимости от создаваемого напора: от нуля при максимальном напоре до максимума при наименьшем напоре.

Для каждого типа центробежного насоса имеются рабочие характеристики, которыми руководствуются при подборе насоса для конкретных производственных условий. В качестве примера на рис. 17, а, б и в приведены рабочие характеристики центробежных насосов для молока.

Паспортную производительность и напор центробежных насосов принимают по его максимальному или близкому к нему к. п. д. Из рабочей характеристики насоса ОЦН-5 следует, что при напоре 5 м вод. ст. его производительность 8 м<sup>3</sup>/ч.

### Расчеты центробежных насосов

**Напор жидкости.** Создаваемый насосом напор складывается из двух величин:

1) напора, возникающего вследствие перехода кинетической энергии вращающейся жидкости в потенциальную ( $H_k$ ), т. е. превращения скорости в давление; определяют его по формуле

$$H_k = \frac{v^2}{2g}, \quad (I-18)$$

где  $H_k$  — напор, м столба жидкости;

$v$  — окружная скорость жидкости, м/сек;

$g$  — ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup> ( $g=9,81$  м/сек<sup>2</sup>);

2) напора, возникающего вследствие центробежной силы жидкости ( $H_c$ ), в случае полностью заполненного насоса он выражается формулой

$$H_c = \frac{v^2}{2g}. \quad (I-19)$$

Полный напор жидкости состоит

$$H = H_k + H_c = \frac{v^2}{g}, \quad (I-20)$$

где  $H$  — полная высота подачи жидкости, равная сумме высот всасывания и нагнетания.

Так как окружная скорость

$$v = \pi D n,$$

где  $D$  — диаметр ротора, м;

$n$  — число оборотов в секунду;

то полный напор жидкости

$$H = D^2 n^2. \quad (I-21)$$

С учетом потерь в самом насосе от трения и от превращения скоростной энергии в энергию давления получим, что

$$H = \eta_r D^2 n^2, \quad (I-22)$$

где  $\eta_r$  — гидравлический к. п. д., значения которого зависят от мощности насоса, совершенства его исполнения, режима эксплуатации.

В примерных расчетах можно принимать для насосов с радиальными лопастями  $\eta_r = 0,7$ ; для насосов с лопастями, загнутыми назад  $\eta_r = 0,5$ .

В системе СИ давление определяют по формуле

$$p = \rho v^2 \eta_r, \quad (I-23)$$

где  $p$  — давление,  $н/м^2$ ;  
 $\rho$  — плотность,  $кг/м^3$ ;  
 $v$  — скорость,  $м/сек$

или

$$p = 9,86 \eta_r \rho D^2 n^2.$$

**Потребляемая мощность.** Потребляемую мощность определяют по формуле (I-17), в которой для лопастных насосов  $\eta = 0,10 \div 0,15$ , для дисковых  $\eta = 0,25 \div 0,30$ . При подборе электродвигателя принимают запас мощности 10—15%.

Низкий к. п. д. центробежных насосов по сравнению с к. п. д. поршневых насосов объясняется большой потерей энергии на перемешивание и трение жидкости внутри насоса. Чем мощнее насос, тем выше его к. п. д.

**Расчетные характеристики центробежных насосов.** Для центробежных насосов характерна зависимость создаваемого напора  $H$ , производительности  $V$  и мощности  $N$  от числа оборотов  $n$ . Если изменить число оборотов  $n$  и обозначить новое число оборотов через  $n_1$ , то теоретически новый напор  $H_1$  определяется из соотношения

$$\frac{H_1}{H} = \frac{n_1^2}{n^2}; \quad H_1 = H \frac{n_1^2}{n^2}.$$

Производительность  $V$  изменяется в следующем соотношении

$$\frac{V_1}{V} = \frac{n_1}{n}; \quad V_1 = V \frac{n_1}{n}.$$

Изменившись при этом мощность можно установить из соотношения

$$\frac{N_1}{N} = \frac{V_1 H_1}{V H} = \frac{n_1^3}{n^3}.$$

Учитывая, что к. п. д.  $\eta$  также изменится с  $\eta$  до  $\eta_1$ , то

$$N_1 = \frac{\eta}{\eta_1} N \frac{n_1^3}{n^3}.$$

При эксплуатации производительность и напор центробежного насоса можно изменить, увеличив сопротивления в нагнетательной линии (прикрыв кран). Судя по характеристике насоса, производительность при этом снижается, т. е. ее можно изменять от нуля до максимума.

Центробежный насос может работать при полностью закрытой нагнетательной трубе; поэтому при их применении допускается установка кранов на нагнетательной линии, которыми регулируется производительность насоса.

Прикрывать кран на всасывающей линии для уменьшения производительности не рекомендуется, так как это приведет к образованию или увеличению вакуума во всасывающей трубе (после крана) и возможности подсоса воздуха в насос.

Согласно формуле (I—22) напор насоса  $H$  зависит от диаметра ротора  $D$  и числа оборотов  $n$ . Для повышения напора можно увеличить число оборотов, заменив электродвигатель более быстходным. Если электродвигатель с числом оборотов 1400 в минуту заменить электродвигателем с числом оборотов 2800 в минуту, то напор и потребная мощность при той же производительности увеличивается в 4 раза, что допустимо лишь при достаточной прочности насоса. Снизить напор можно уменьшением диаметра ротора (длины лопастей).

**Пример.** Требуется увеличить напор насоса с  $H$  до  $H_1 = 2H$ , не изменяя производительности. Для этого заменим электродвигатель с числом оборотов  $n$  электродвигателем с числом оборотов  $n_1 = 2n$ . Так как при этом напор  $H$  увеличится не в 2, а в 4 раза, то вместе с заменой электродвигателя уменьшим диаметр ротора насоса (длину лопаток) с  $D$  до  $D_1$ .

По формуле (I—22), не учитывая изменения к. п. д.,

$$\frac{H_1}{H} = \frac{D_1^2 n_1^2}{D^2 n^2},$$

откуда

$$D_1 = \sqrt{\frac{H_1 D^2 n^2}{H n_1^2}} = \frac{Dn}{n_1} \sqrt{\frac{H_1}{H}}.$$

Так как  $n_1 = 2n$ , а  $H_1 = 2H$ , то

$$D_1 = \frac{D}{2} \sqrt{2} = 0,7 D.$$

Мощность нового электродвигателя  $N_1$  должна относиться к мощности замененного  $N$  так

$$\frac{N_1}{N} = \frac{H_1 \eta_1}{H \eta}.$$

Не учитывая изменения к. п. д.,

$$N_1 = N \frac{H_1}{H} = 2N.$$

При той же производительности насоса  $V_1 = V$  мощность нового электродвигателя должна быть вдвое больше мощности замененного.

При свободном режиме работы насоса, когда поток жидкости, проходящей через него, не регулируется, производительность насоса изменяется пропорционально числу оборотов ротора (лопасти), создаваемый напор — пропорционально квадрату числа оборотов, а мощность — пропорционально кубу числа оборотов.

Следовательно, с увеличением числа оборотов насоса вдвое его производительность может быть увеличена вдвое, при этом напор увеличится в 4 раза, а мощность — в 8 раз.

### Ротационные насосы

Ротационные насосы (шестеренные) предназначены главным образом для перекачивания вязких жидкостей (сгущенного молока, сливок, сметаны, смеси для мороженого и др.). Они бывают с внешним и внутренним зацеплением.

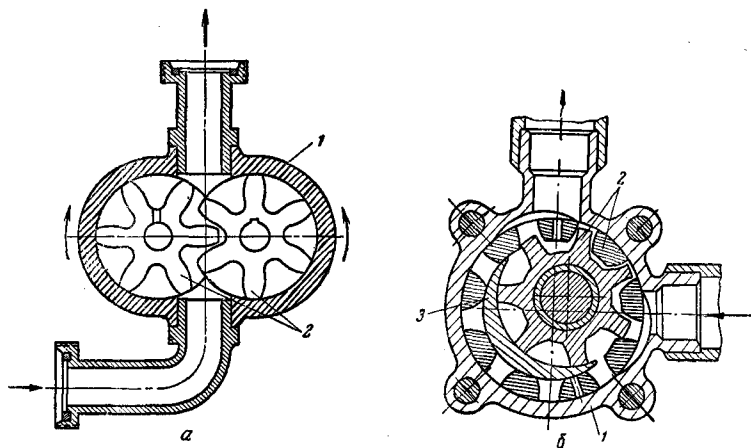


Рис. 18. Схема ротационных насосов (шестеренных):

*a* — с внешним зацеплением: 1 — корпус; 2 — шестерни;  
*б* — с внутренним зацеплением: 1 — корпус; 2 — шестерни; 3 — выступ в корпусе.

Рабочий орган ротационного насоса с внешним зацеплением (рис. 18, *a*) состоит из двух шестерен 2, заключенных в корпусе 1, представляющем собой два совмещенных цилиндра. Одна из шестерен ведущая и закреплена на рабочем валу.

При вращении шестерен в направлении, указанном стрелками, промежутки между их зубьями будут внизу заполняться жид-



костью, поступающей из всасывающей трубы. Вверху, где зубья входят в зацепление, жидкость будет выдавливаться из этих промежутков и поступать в нагнетательную трубу.

Ротационный насос с внутренним зацеплением (рис. 18, б) состоит также из пары шестерен 2, расположенных одна в другой. Вверху справа зубья этих шестерен входят в зацепление, а с противоположной стороны они разделены неподвижным серповидным выступом 3, предотвращающим просачивание жидкости с нагнетательной стороны во всасывающую.

При работе насоса жидкость, поступающая из всасывающей линии, заполняет промежутки между зубьями шестерен, затем переносится к месту выхода в нагнетательную трубу, где выдавливается входящими в зацепление зубьями. В шестеренных насосах всасывающие и нагнетательные патрубки взаимозаменяемы: изменение направления вращения шестерен меняет и назначение патрубка.

Теоретическая производительность насоса равна количеству объемов жидкости, перенесенных шестернями из всасывающего в нагнетательный патрубок в единицу времени. Фактически производительность вследствие обратного перетекания жидкости в насос через неплотности меньше теоретической.

По мере износа насоса увеличиваются торцовые зазоры между шестернями и стенками корпуса и объемный к. п. д. снижается. Величина торцовых зазоров должна составлять 0,01—0,03 мм. В глубине впадин делают отверстие, чтобы жидкость не была зажата между зубом и впадиной.

Шестеренные насосы изготовляют с бронзовыми корпусами и шестернями, имеющими наружные зубья из нержавеющей стали. Привод осуществляется непосредственно от электродвигателя или через редуктор.

Техническая характеристика шестеренных насосов

	НРМ-2	НУК-10
Производительность, л/ч . . . . .	250—2000	10000
Напор, м вод. ст. . . . .	20	25
Зацепление шестерен . . . . .	внутреннее	внешнее
Мощность, квт . . . . .	0,6	2,8
Число оборотов в минуту		
электродвигателя . . . . .	930	950
шестерен . . . . .	930	92
Диаметр патрубков, мм . . . . .	36	75
Габариты, мм		
длина . . . . .	475	910
ширина . . . . .	295	750
высота . . . . .	285	560
Масса, кг . . . . .	52	335

Производительность насоса НРМ-2 регулируется поворотом крышки, при этом изменяется объемный к. п. д. насоса.

Исследованиями ВНИМИ установлено, что более устойчивая производительность шестеренного насоса получается при работе

его на вязкой жидкости. К. п. д. насоса очень мал по сравнению с к. п. д. поршневых насосов и близок к к. п. д. центробежных насосов.

### Эксплуатация насосов

Насосы устанавливают на фундаментах, а передвижные — непосредственно на полу без крепления.

Всасывающая линия насоса должна быть по возможности короче. Однако, если насос и бак или аппарат закреплены неподвижно, то в линии должен быть хотя бы один отвод (колесо), так как прямой участок трубы между двумя неподвижными патрубками установить нельзя из-за необходимости осевого перемещения трубы к тому и другому патрубку при свинчивании соединений.

Перед пуском насоса необходимо убедиться, что насос вымыт и собран правильно.

Включив рубильник и убедившись, что ход насоса правильный, открывают полностью кран на всасывающей линии. Кран на нагнетательной линии центробежного насоса открывают настолько, чтобы иметь требуемую производительность.

Необходимо следить за состоянием сальников, особенно в том случае, если насос работает на вязкой жидкости или обеспечивает большую высоту всасывания, т. е. если в насосе создается вакуум. При этом через неплотный сальник воздух будет поступать в насос и вращаться в продукт, что недопустимо. Поэтому всасывающие линии, находящиеся под вакуумом, и сальники насосов должны быть собраны так, чтобы была полностью обеспечена герметичность.

Для этого соединения всасывающей линии должны быть исправными, с хорошими резиновыми прокладками и тщательно затянуты. Сальник насоса должен быть набит, смазан животным жиром или маслом и правильно затянут. При чрезмерной затяжке сальника нагревается вал и сальник выходит из строя.

При установке насоса необходимо стремиться к тому, чтобы жидкость в него поступала самотеком, т. е. насос находился под заливом. Этим можно предотвратить или уменьшить возможность образования вакуума во всасывающей части насоса.

В случае установки насосов на всасывание следует иметь в виду, что высота всасывания зависит от температуры перекачиваемой жидкости:

Температура жидкости, °С . . .	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Высота всасывания, м										
теоретическая . . .	10,2	10,1	9,9	9,5	9,0	8,3	7,1	5,5	3,2	0
практическая . . .	6	5	4	3	2	1	0	—	—	—

Горячая жидкость всасывается хуже холодной вследствие частичного испарения ее в разреженном пространстве насоса

При продолжительной остановке насоса надо закрыть кран на всасывающей линии, выключить насос, спустить остатки жидкости из насоса и труб, разобрать и вымыть насос.

### **Другие насосные системы для молока**

Для герметически закрывающихся сосудов (танков, цистерн) применяют вакуум-компрессионную систему подачи молока. При этом в результате отсоса воздуха в закрытом резервуаре создается вакуум, и жидкость, преодолевая высоту и сопротивление, стремится в резервуар. При нагнетании воздуха в резервуаре создается давление, под действием которого жидкость вытесняется.

Для отсоса воздуха применяют поршневые, ротационные и пароструйные насосы. Для непосредственного перекачивания молока и жидких молочных продуктов пароструйные насосы не используют из-за недопустимости смешивания молока с паром, водой или воздухом. В отдельных случаях их используют для нагревания молока при его стерилизации и при производстве казеина.

### **Трубопроводы для молока и молочных продуктов**

Трубопроводы для молока и молочных продуктов изготавливают из нержавеющей стали, медные луженые, алюминиевые, стеклянные и пластмассовые. Наиболее распространены трубы из нержавеющей стали.

Внутренние диаметры металлических труб 25; 36; 50 и 75 мм. Толщина стенок металлических труб 1 мм, а при диаметре 75 мм — 1,5 мм. Внутренние диаметры стеклянных труб 38; 50; 75 и 100 мм, а толщина стенки — 4—7 мм. Допустимое внутреннее давление 3—6 кгс/см<sup>2</sup>. Температура жидкости от —30°С до +150°С.

Трубопроводы для молока, как и вся молочная аппаратура, должны быть легко доступны для чистки и содержаться в надлежащем санитарном состоянии, поэтому их делают разборными. Длина отдельных участков не более 3 м. Концы каждой части трубопровода снабжены деталями для соединения.

Соединения металлических труб (рис. 19) состоят из трех частей: ниппеля 1, штуцера 2 с резьбой и резиновым кольцом 3 и накидной гайки 4.

Ниппели и штуцера изготавливают из бронзы, нержавеющей стали или антикоррозионных сплавов алюминия. На трубы их припаивают, приваривают или закрепляют развальцовкой трубы.

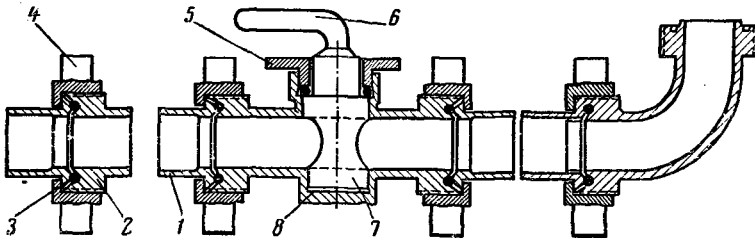
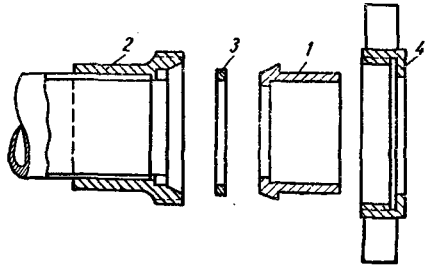
Арматура трубопровода состоит из набора различных фасонных частей и кранов, позволяющих собрать любую линию, не

изгиба труб. В наборе имеются проходные и трехходовые краны, отводы, тройники, заглушки. Размеры этих частей стандартные.

В распылительных форсуночных сушилках на линии высокого давления применяют трубы из нержавеющей стали, толсто-

Рис. 19. Соединения трубопроводов:

1 — ниппель; 2 — штуцер с резьбой; 3 — резиновое кольцо; 4 — накидная гайка; 5 — сальниковая гайка; 6 — ручка крана; 7 — пробка крана; 8 — корпус крана.



стенные, малого диаметра, соединяемые на фланцах с металлическими мягкими прокладками (давление до  $150 \text{ кгс/см}^2$ ).

У стеклянных труб концы гладкие или с утолщениями для соединения. Трубы с утолщениями более практичны. На рис. 20

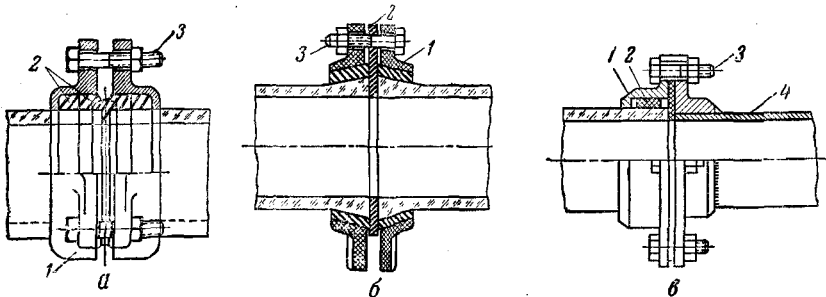


Рис. 20. Конструкции соединений стеклянных труб:

*a* — соединение труб с гладкими концами; *б* — соединение труб с коническими буртами; *в* — соединение стеклянной трубы с металлической; 1 — фланец; 2 — прокладки; 3 — стержневой болт; 4 — металлическая труба с приваренным фланцем.

показаны конструкции соединений стеклянных труб. Части соединения изготовляют из чугуна, алюминия и пластмасс, а кольца и прокладки — из пищевой резины. Преимуществом стеклянных трубопроводов является их гигиеничность и прозрачность, что позволяет контролировать чистоту труб, недостатком — хрупкость, повышенная масса и недостаточная термостойкость. Моют и дезинфицируют стеклянные трубы без разборки.

Безразборная мойка трубопроводов в молочной промышленности с применением сильнодействующих моющих и дезинфицирующих средств весьма эффективна, но возможна в тех случаях, когда все трубы и арматура (краны, соединения, фасонные части) выполнены из нержавеющей стали, стекла или специальных пластмасс.

### Расчеты трубопроводов

**Прочность труб.** Допускаемое давление в трубе определяют по формуле

$$p = \frac{2R_z(\delta - c)}{d}, \quad (I-24)$$

где  $p$  — допускаемое давление,  $кгс/см^2$  ( $1 \text{ кгс/см}^2 = 0,9807 \times 10^5 \text{ н/м}^2$ );

$R_z$  — допускаемое напряжение на растяжение (для меди  $R_z \approx 400 \text{ кгс/см}^2$ ; для нержавеющей стали  $R_z \approx 1000 \text{ кгс/см}^2$ );

$\delta$  — толщина стенки,  $см$ ;

$c$  — запас толщины стенки на механический износ и коррозию,  $см$ ;

$d$  — внутренний диаметр трубы,  $см$ .

**Пример.** Для медной трубы диаметром  $d = 50 \text{ мм}$  при толщине стенки  $\delta = 1 \text{ мм}$  и запасе толщины  $c = 0,1 \text{ мм}$  допускаемое давление по формуле (I-24)

$$p = \frac{2 \cdot 400 (0,1 - 0,01)}{5} = 14 \text{ кгс/см}^2 = 13,8 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2.$$

Практически в трубопроводах для молока давление редко превышает  $3 \text{ кгс/см}^2$ .

**Пропускная способность труб.** Количество жидкости, проходящей по трубе, определяют по формуле, полученной из уравнения неразрывности потока

$$V = \frac{3600 \pi d^2 v}{4} = 2827 d^2 v, \quad (I-25)$$

где  $V$  — количество жидкости,  $м^3/ч$ ;

$d$  — внутренний диаметр трубы,  $м$ ;

$v$  — скорость движения жидкости,  $м/сек$ .

Скорость движения молока, пахты, сыворотки принимают не более  $2 \text{ м/сек}$ , сливок —  $0,5 \text{ м/сек}$ .

С учетом этого максимальная пропускная способность стандартных молочных труб следующая:

Внутренний диаметр труб, мм . . .	25	36	38	50	75	100
Пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч						
по молоку, пахте, сыворотке . . .	3,5	7,0	8,7	14	30	57
по сливкам . . . . .	0,8	1,7	2,2	3,5	7,5	14

При большой протяженности трубопровода и больших местных сопротивлениях не следует допускать максимальных напрузок.

**Необходимый напор для движения молока по трубам.** Напор  $P$ , который должен создавать насос для подачи жидкости из одного бака (аппарата) в другой, складывается из напора  $\Delta P_n$ , требуемого для подъема жидкости на высоту от уровня жидкости в питательном сосуде до высшей точки нагнетательной линии, и напора  $\Delta P_c$ , необходимого на преодоление сопротивлений в трубопроводе и на создание скорости жидкости,

$$P = \Delta P_n + \Delta P_c \text{ н/м}^2. \quad (I-26)$$

Напор для подъема жидкости на высоту  $H_r$  метров определяется формулой

$$\Delta P_n = H_r \rho g, \quad (I-27)$$

где  $H_r$  — геометрическая высота подачи жидкости, м;

$\rho$  — плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>.

Напор для преодоления сопротивлений и создания скорости выражается формулой

$$\Delta P_c = \frac{v^2 \rho}{2} \left( \xi_{\text{тр}} \frac{l}{d} + \sum \xi_{\text{м.с}} + 1 \right), \quad (I-28)$$

где  $v$  — средняя скорость движения жидкости в трубе, м/сек;

$\xi_{\text{тр}}$  — коэффициент сопротивления трения;

$l$  — длина трубы, м;

$d$  — диаметр трубы, м;

$\xi_{\text{м.с}}$  — коэффициент местных сопротивлений.

Первое слагаемое в скобках относится к трению в трубах, второе — к сумме местных сопротивлений и третье — к скорости потока.

Коэффициент трения зависит от режима движения жидкости. При ламинарном режиме

$$\xi_{\text{тр}} = \frac{64}{\text{Re}}, \quad (I-29)$$

где  $\text{Re}$  — число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu},$$

здесь  $v$  — скорость потока, м/сек;  
 $d$  — диаметр трубы, м;  
 $\nu$  — кинематическая вязкость жидкости, м<sup>2</sup>/сек.

При турбулентном режиме коэффициент трения составит

$$\xi_{\text{тр}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad (I-30)$$

**Пример.** Молоко при температуре 20° С движется по трубе диаметром  $d=50$  мм со скоростью  $v=1$  м/сек. Определить число Рейнольдса.

По приложению 1 вязкость  $\nu=1,74 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/сек, тогда число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{1 \cdot 0,05 \cdot 10^6}{1,74} = 28\,000.$$

Движение явно турбулентное, и коэффициент  $\xi_{\text{тр}}$  надо определять по формуле (I-30).

Значения коэффициентов местных сопротивлений для различных участков трубопроводов принимают следующие:

1) в кранах в зависимости от угла поворота  $\varphi$ , считая от полного открытия крана,

$\varphi$ . . . . .	5	10	20	30	40	50	60	65
$\xi_{\text{м.с}}$ . . . . .	0,05	0,29	1,56	5,17	17,3	52,6	206	486

2) в угольниках, коленах и тройниках в зависимости от угла поворота  $\varphi$  (изгиб без закругления)

$\varphi$ . . . . .	20	40	60	80	90	120	140
$\xi_{\text{м.с}}$ . . . . .	0,05	0,14	0,36	0,74	0,98	1,86	2,43

3) в отводах, загнутых под прямым углом, при диаметре трубы  $d$  и радиусе изгиба  $R$

$\frac{d}{R}$ . . . . .	0,1	0,4	0,3	1,0	1,4	1,3	2,0
$\xi_{\text{м.с}}$ . . . . .	0,13	0,14	0,21	0,29	0,66	1,41	1,98

Если отвод загнут не на 90°, а на угол  $\varphi$ , то значения  $\xi_{\text{м.с}}$  надо умножить на  $\frac{\varphi}{90}$ ;

4) в местах внезапного расширения или сужения струи в зависимости от отношения сечения узкого канала  $F_1$  к сечению широкого  $F_2$

$\frac{F_1}{F_2}$ . . . . .	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
при расширении $\xi_{\text{м.с}}$ . . . . .	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0
при сужении $\xi_{\text{м.с}}$	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0

Приведенные коэффициенты местных сопротивлений справедливы для воды. Для более вязких жидкостей при турбулентном

режиме движения эти коэффициенты надо умножить на коэффициент  $\beta$ , равный

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{\nu_{ж}}{\nu_{в}}}, \quad (I-31)$$

где  $\nu_{ж}$  — вязкость данной жидкости;  
 $\nu_{в}$  — вязкость воды.

**Пример.** Для молока при температуре  $5^{\circ}\text{C}$   $\nu_{м}=0,0287 \cdot 10^{-4}$  (см. приложение 1), а для воды  $\nu_{в}=0,0177 \cdot 10^{-4}$ , тогда по формуле (I-31)

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{0,0287 \cdot 10^{-4}}{0,0177 \cdot 10^{-4}}} = 1,18.$$

Для молока при  $70^{\circ}\text{C}$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{0,0062}{0,0041}} = 1,12.$$

Для сливок жирностью 30% при  $20^{\circ}\text{C}$

$$\beta = 1,68.$$

Потребный напор  $P$  определяется из формулы (I-26) при подстановке слагаемых:

$$P = H_r \rho g + \frac{v^2 \rho}{2} \left( \xi_{тр} \frac{l}{d} + \sum \xi_{м.с} + 1 \right). \quad (I-32)$$

**Пример.** Определить потребный напор для подачи 10 000 л/ч молока при температуре  $10^{\circ}\text{C}$  на высоту 6 м по трубе диаметром 5 см, имеющей 2 крана, из них один открыт полностью, другой — прикрыт на  $\varphi=30^{\circ}$ ; 4 угольника (тройника) и 2 отвода, загнутых под прямым углом. Общая протяженность линии 10 м.

Скорость движения молока составит

$$v = \frac{V}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{10 \cdot 4}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2} = 1,4 \text{ м/сек.}$$

Находим коэффициент трения  $\xi_{тр}$ , предварительно определив число Рейнольдса. Если вязкость молока при  $10^{\circ}\text{C}$   $\nu=0,0239 \cdot 10^{-4}$ , плотность  $\rho=1032 \text{ кг/м}^3$

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu} = \frac{1,4 \cdot 0,05}{0,0239 \cdot 10^{-4}} = 29000 > 2320,$$

следовательно, режим турбулентный.

Коэффициент трения определяем по формуле (I-30)

$$\xi_{тр} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{29000}} = 0,024.$$

Находим значения коэффициентов местных сопротивлений по данным, приведенным выше; для крана открытого  $\xi_{м.с}=0$ ; прикрытого на угол  $30^{\circ}$   $\xi_{м.с}=5,17$ ; угольника  $\xi_{м.с}=0,98$ ; отвода при  $\frac{d}{R}$ , равном 0,3,  $\xi_{м.с}=0,21$ .



Подставив эти значения в формулу (I—32), найдем

$$P = 6 \cdot 1030 \cdot 9,81 + \frac{(1,4)^2 \cdot 1030}{2} \left( 0,024 \cdot \frac{10}{0,05} + 5,17 + \right. \\ \left. + 4 \cdot 0,98 + 2 \cdot 0,21 + 1 \right) = 75\,000 \text{ н/м}^2, \text{ или } 0,76 \text{ кгс/см}^2.$$

### **Эксплуатация трубопроводов для молока**

Трубопроводы ежедневно разбирают, моют и стерилизуют. В тех случаях, когда трубопроводы и вся арматура изготовлены из нержавеющей стали или стекла, их можно чистить без разборки, промывая специальными моющими средствами. Если в системе есть бронзовые или медные луженые детали, то такая чистка не допускается.

Так как на разборку, чистку и сборку аппаратов и трубопроводов затрачивается много времени и труда, то наиболее удобной является аппаратура и трубопроводы только из нержавеющей стали и стекла.

Трубопроводы для молока в отличие от трубопроводов для воды прокладывают по кратчайшему пути, не считаясь с параллельностью их относительно стен и пола, но учитывают удобство работы в цехе.

## Глава II

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

### ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В АППАРАТАХ ДЛЯ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Охлаждение или нагревание жидкого продукта в молочных аппаратах достигается в большинстве случаев путем отвода или подвода тепла через металлическую стенку, поэтому принцип действия таких аппаратов для тепловой обработки основан на теплопередаче.

Количество тепла, проходящее через стенку за промежуток времени  $\tau$ , может быть определено по основной формуле теплопередачи

$$Q = kF\Delta t_{\text{ср}} \tau, \quad (\text{II}-1)$$

где  $Q$  — количество тепла, *дж*;  
 $k$  — коэффициент теплопередачи, *вт/(м<sup>2</sup>·град)*;  
 $F$  — рабочая поверхность стенки, *м<sup>2</sup>*;  
 $\Delta t_{\text{ср}}$  — средняя логарифмическая разность температур между продуктом и рабочей жидкостью, *°С*;  
 $\tau$  — продолжительность процесса теплообмена, *сек*.

Так как обычно имеют дело с расчетом производительности аппарата в единицу времени, то количество тепла при теплопередаче обычно рассчитывают для одной секунды

$$Q = kF\Delta t_{\text{ср}}. \quad (\text{II}-2)$$

Следовательно, количество тепла, проходящее за один час через стенку, зависит от коэффициента теплопередачи, рабочей поверхности стенки и средней логарифмической разности температур между продуктом и рабочей жидкостью.

Формула (II-2) имеет очень простой вид, однако предварительное определение входящих в нее величин  $k$  и  $\Delta t_{\text{ср}}$  — сравнительно сложная задача.

Коэффициент теплопередачи  $k$  зависит от условий движения жидкости по обе стороны стенки, физических свойств жидкостей

и от материала и толщины стенки. Его можно рассчитать по формуле

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

где  $k$  — коэффициент теплопередачи,  $вт/(м^2 \cdot град)$ ;  
 $\alpha_1$  — коэффициент теплоотдачи от горячей жидкости или от пара к стенке,  $вт/(м^2 \cdot град)$ ;  
 $\delta$  — толщина стенки,  $м$ ;  
 $\lambda$  — коэффициент теплопроводности стенки,  $вт/(м \cdot град)$ ;  
 $\alpha_2$  — коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой жидкости,  $вт/(м^2 \cdot град)$ .

Наибольшую сложность представляет определение коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . Эти коэффициенты зависят от многих условий, в том числе от вязкости и теплопроводности жидкостей, скорости их движения, профиля канала или поверхности.

Особенно большое влияние на теплопередачу оказывает режим движения жидкостей. При вихревом или турбулентном движении жидкости условия для перехода тепла значительно лучше, чем при ламинарном. Это объясняется тем, что при ламинарном режиме тепло переходит через слои жидкости только за счет ее теплопроводности, а при вихревом — за счет перемешивания нагретых у стенки частиц с еще холодными внутри потока, что значительно ускоряет процесс. Поэтому в тепловых аппаратах стремятся создать условия для вихревого режима.

Как показывает опыт, режим движения жидкости в данном аппарате зависит от скорости, причем если скорость достигает некоторой критической величины, то ламинарный режим сменяется вихревым. Этим и пользуются в практике для того, чтобы получить лучшие условия перехода тепла.

Кроме того, вихревой режим можно получить, если на поверхности стенки сделать небольшие выпуклости или изогнуть ее зигзагом. Это также приведет к возникновению многочисленных завихрений и даст возможность создать вихревой режим даже при небольших скоростях движения жидкости. Такой прием используют в технике очень часто.

Коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  определяют по критерийным формулам, полученным на основании обработки опытных данных и действительных только для условий, аналогичных условиям опытов. Например, существуют формулы для определения коэффициентов теплоотдачи при ламинарном или при турбулентном движении жидкости в круглой трубе, при поперечном обтекании трубы или пучка труб, при конденсации пара на стенке, при обтекании волнистой поверхности пластин и т. п.

Формулы для определения коэффициентов теплоотдачи в различных случаях приведены в пособиях по теории теплопередачи,

процессам и аппаратам и в книгах по теплообменным аппаратам.

Так, для определения коэффициента теплоотдачи от стенки к жидкости и, наоборот, при турбулентном режиме движения жидкости в трубах часто применяют формулу

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda_{ж}} = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4},$$

где  $Nu$  — критерий Нуссельта;

$\alpha$  — коэффициент теплоотдачи,  $вт/(м^2 \cdot град)$ ;

$d$  — диаметр трубы,  $м$ ;

$\lambda_{ж}$  — коэффициент теплопроводности жидкости,  $вт/(м \cdot град)$ ;

$Re$  — критерий Рейнольдса, определяемый по формуле

$$Re = \frac{vdy}{\mu g},$$

здесь  $v$  — скорость движения жидкости,  $м/сек$ ;

$\mu$  — динамическая вязкость жидкости,  $н \cdot сек/м^2$ ;

$\gamma$  — удельный вес жидкости,  $н/м^3$ ;

$g$  — ускорение силы тяжести,  $м/сек^2$ ;

$Pr$  — критерий Прандтля, определяемый по формуле

$$Pr = \frac{\mu g c}{\lambda_{ж}},$$

здесь  $c$  — удельная теплоемкость жидкости,  $дж/(кг \times град)$ .

Для условий движения рабочих жидкостей и молочных продуктов по рабочим поверхностям теплопередающих стенок молочных аппаратов не всегда могут быть подобраны подходящие формулы для определения  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , так как многие варианты условий экспериментально не исследованы до сих пор. Поэтому на практике часто приходится делать расчеты без предварительного определения коэффициента теплопередачи  $k$ , используя имеющиеся опытные данные относительно общих коэффициентов теплопередачи  $k$ , полученные при испытаниях различных тепловых аппаратов для молока.

Ориентировочные значения коэффициентов теплопередачи для молочных охладителей и пастеризаторов различных конструкций в зависимости от условий их работы приведены ниже.

Условия теплообмена	Коэффициент теплопередачи, $вт/(м^2 \cdot град)$
<b>Охлаждение</b>	
Молоко в ушатах, флягах и ваннах при вымешивании . . . . .	120—180
Молоко в поточных аппаратах, погруженных в бассейн . . . . .	120—180
Молоко в ваннах с качающейся трубчатой мешалкой с проходящим в ней рассолом . . . . .	480—600
Молоко на оросительных трубчатых охладителях для секций водяного охлаждения . . . . .	1200—1450

для секций рассольного охлаждения . . . . .	840—1100
Сливки на оросительных трубчатых охладителях	
для секций водяного охлаждения . . . . .	600—700
для секций рассольного охлаждения . . . . .	480—600
Молоко в современных пластинчатых аппаратах при поперечном обтекании рифлей	
для секций водяного охлаждения . . . . .	1800—2400
для секций рассольного охлаждения . . . . .	1400—1800
Молоко в трубчатых закрытых охладителях	
для секций водяного охлаждения . . . . .	1200—1400
для секций рассольного охлаждения . . . . .	840—1100

### Нагревание

Молоко в ушатах и в ваннах длительной пастеризации при вымешивании . . . . .	250—350
Холодное молоко на оросительных прямоточных и противоточных регенераторах горячим молоком . . . . .	1100—1400
Холодное молоко в регенеративных секциях современных пластинчатых аппаратов при поперечном обтекании рифлей горячим молоком . . . . .	2400—3000
Молоко в пастеризационных секциях современных пластинчатых пастеризаторов при поперечном обтекании рифлей горячей водой или паром . . . . .	3000—3600
Молоко в пастеризаторах с вытеснительным барабаном паром	
от 5 до 40° С . . . . .	2400
от 5 до 85° С . . . . .	3000
от 40 до 85° С . . . . .	3600
Сливки в пастеризаторе с мешалкой от 40 до 90° С . . . . .	1700
Сливки в пастеризаторе с вытеснительным барабаном от 40 до 90° С . . . . .	2400
Молоко в трубчатых пастеризаторах паром	
от 5 до 85° С . . . . .	1400
от 40 до 85° С . . . . .	1800

Разность температур между рабочей жидкостью и жидким продуктом составляет температурный напор, наличие которого обуславливает движение тепла от горячей жидкости к холодной. Чем больше температурный напор при работе аппарата, тем сильнее поток тепла и интенсивнее действие аппарата.

Ввиду того что температура рабочей жидкости (тепло- или хладоносителя) и продукта изменяются обычно не в одинаковой степени, температурный напор не остается постоянным, причем обычно в начале процесса он больше, чем в конце.

Среднюю логарифмическую разность температур при переменном температурном напоре определяют по формуле

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}},$$

где  $\Delta t_6$  — большая разность температур, ° С;  
 $\Delta t_m$  — меньшая разность температур, ° С.

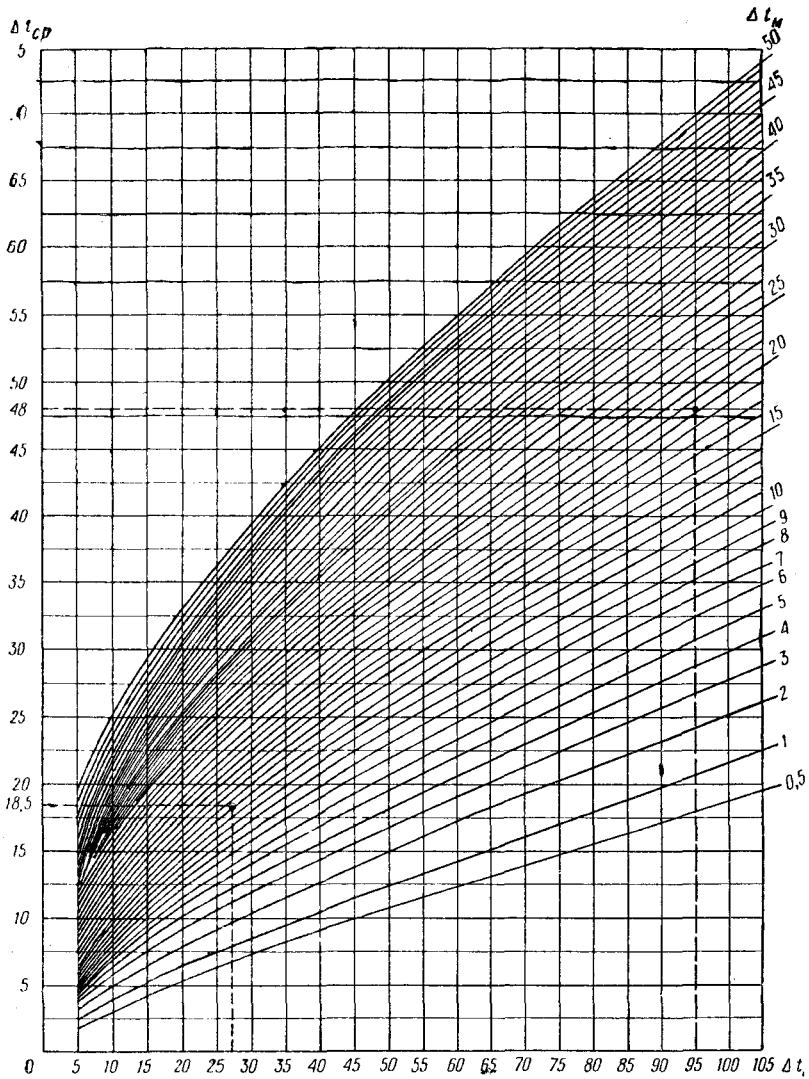


Рис. 21. Номограмма для определения среднего логарифмического температурного напора.

Если отношение большей разности к меньшей  $\Delta t_6/\Delta t_m < 2$ , то с достаточной для практики точностью средний температурный напор можно определить как среднюю арифметическую разность, т. е.

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2}$$

Для определения  $\Delta t_{cp}$  удобно пользоваться приложением 7 и специальной номограммой, составленной во ВНИМИ инж. М. И. Никоновым (рис. 21). На номограмме имеются три шкалы: нижняя, на которой отложены значения  $\Delta t_6$ , правая со зна-

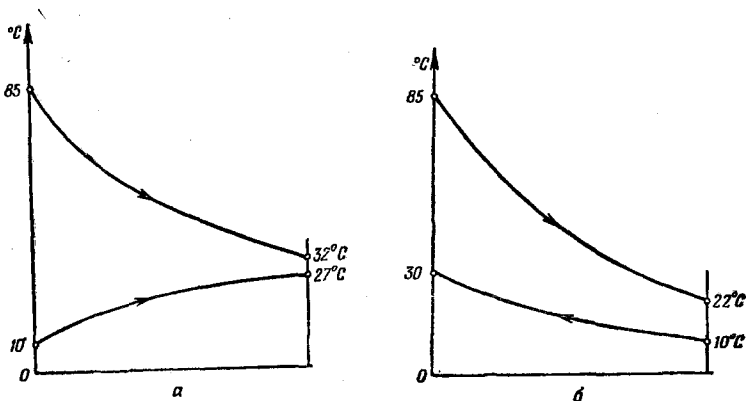


Рис. 22. Температурные кривые:

а — прямоток; б — противоток.

чениями  $\Delta t_m$  и левая с искомыми значениями  $\Delta t_{cp}$ . Для определения  $\Delta t_{cp}$  находят точку пересечения вертикальной линии, соответствующей значению  $\Delta t_6$  с кривой линии, указывающей значение  $\Delta t_m$ ; проводя прямую по горизонтали влево, находят на левой шкале искомое значение  $\Delta t_{cp}$ .

Движение продукта и рабочей жидкости в аппарате относительно друг друга может быть попутным или встречным, как показано на рис. 22, где даны графики изменения температур жидкостей для этих случаев. Каждый из них имеет свои особенности очень важные для практики.

Попутное движение продукта и хладо- или теплоносителя называется прямотоком. При прямотоке (рис. 22, а) молоко и рабочая жидкость входят с одной стороны аппарата и движутся попутно. Разность температур между ними уменьшается от  $\Delta t_6$  до  $\Delta t_m$ , причем вначале это уменьшение идет резко, а затем все медленнее.

Большой недостаток прямотока при охлаждении молока в том, что даже при небольшой конечной разнице температур

он не позволяет получить достаточно низкую температуру молока на выходе, так как при прямотоке нельзя охладить молоко до более низкой температуры, чем температура отработанного хладоносителя на выходе.

Температурный напор в конце охлаждения при прямотоке становится малым, передача тепла ослабевает и поверхность охлаждения используется плохо.

При противотоке молоко и хладоноситель поступают в аппарат с разных сторон и движутся навстречу друг другу (рис. 22, б). По мере охлаждения молока оно имеет против себя по другую сторону стенки все более свежий и более холодный хладоноситель, а выходящее молоко охлаждается совсем свежим хладоносителем с самой низкой температурой.

Такая система охлаждения позволяет получить достаточный перепад температур в течение всего времени охлаждения и более выгодно использовать поверхность охлаждения, чем при прямотоке, благодаря увеличению  $\Delta t_{\text{ср}}$ .

Кроме того, при противотоке температура выходящего молока может быть значительно ниже температуры выходящего хладоносителя. Подобным же образом преимущества противотока выражаются и при нагревании молока теплоносителем (горячей водой или горячим молоком).

Взаимное направление движения жидкостей при прямотоке и противотоке может быть параллельным или перекрестным, как это показано схематически на рис. 23, а, б, в и г.

Установлено, что перекрестное направление движения жидкостей практически равноценно параллельному, поэтому перекрестный ток в технике применяется часто. По принципу перекрестного противотока работают, например, широко распространенные оросительные трубчатые охладители, в которых охлаждающая жидкость движется по горизонтальным трубкам, переходя из одной в другую и, таким образом, постепенно поднимаясь вверх, а молоко стекает по поверхности сверху вниз.

В пластинчатых аппаратах часто встречается смешанный ток, схема которого представлена на рис. 23, д.

Расход хладо- или теплоносителя имеет очень большое значение для работы аппарата. Чем большее количество рабочей жидкости поступает в аппарат, тем больше средний температурный напор и интенсивнее процесс теплопередачи.

Обычно расход рабочей жидкости характеризуется отношением часового расхода ее к часовой производительности аппарата. Это отношение, называемое кратностью, играет важную роль в работе аппаратов для тепловой обработки. Увеличение кратности от 1 : 1 до 4 : 1 значительно повышает эффективность действия охладителя или пастеризатора. Дальнейшее увеличение кратности влияет на эффективность сравнительно мало.



Кратность расхода рабочей жидкости (холодной или горячей воды, рассола) для аппарата любой конструкции можно определить с достаточной точностью расчетным путем на основании уравнения баланса тепла, если известны начальные и конечные температуры жидкостей.

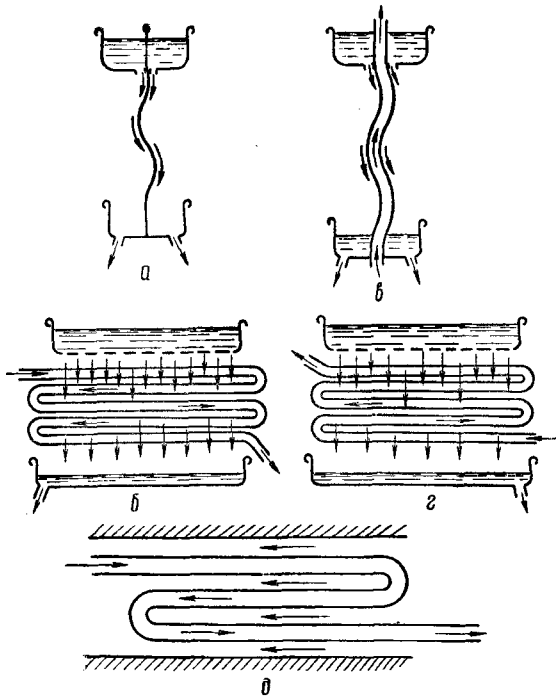


Рис. 23. Схемы движения жидкостей:

*a* — параллельный прямоток; *б* — перекрестный прямоток; *в* — параллельный противоток; *г* — перекрестный противоток; *д* — смешанный ток.

Очевидно, что

$$M c_m (t'_m - t''_m) = W c_p (t''_p - t'_p), \quad (\text{II}-3)$$

где  $M$  — производительность аппарата,  $\text{кг/ч}$ ;  
 $c_m$  — удельная теплоемкость молока,  $\text{дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ ;  
 $t'_m, t''_m$  — начальная и конечная температуры молока,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $W$  — расход рабочей жидкости,  $\text{кг/ч}$ ;  
 $c_p$  — удельная теплоемкость рабочей жидкости,  $\text{дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ ;  
 $t'_p, t''_p$  — начальная и конечная температуры рабочей жидкости,  $^{\circ}\text{C}$ .

Кратность расхода рабочей жидкости

$$n = \frac{W}{M} = \frac{c_M (t'_M - t''_M)}{c_P (t''_P - t'_P)} \quad (\text{II}-4)$$

Значения удельных теплоемкостей для молока, сливок, рассола и наиболее употребительных металлов, применяемых для изготовления теплообменных аппаратов в молочной промышленности, приведены в приложении I.

#### УСТАНОВКИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ МОЛОКА НА ФЕРМАХ

Для получения высококачественного молока необходимым условием является его быстрое охлаждение сразу же после дойки и хранение при низкой температуре до поступления на завод.

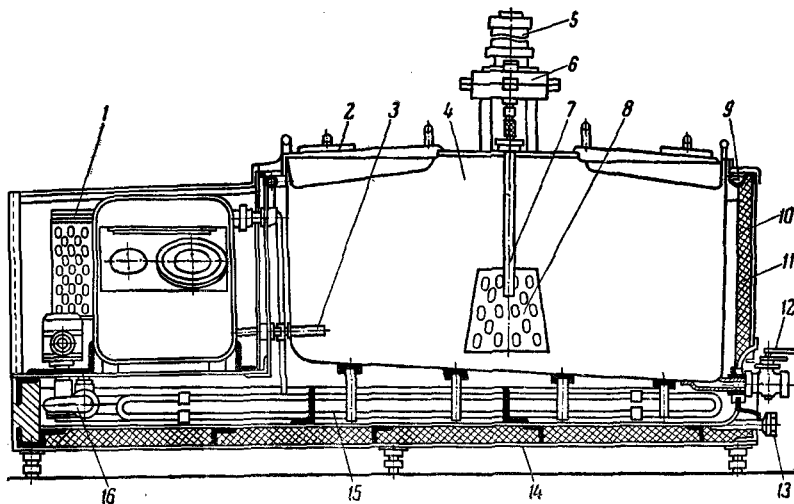


Рис. 24. Установка ВО-1000:

1 — холодильная машина; 2 — съемная крышка; 3 — термобаллон; 4 — ванна для молока; 5 — электродвигатель; 6 — редуктор; 7 — вал для крепления мешалки; 8 — мешалки; 9 — перфорированная труба-ороситель; 10 — кожух; 11 — изоляция; 12 — кран; 13 — патрубок для слива воды; 14 — рама-основание; 15 — испаритель; 16 — насос для воды.

Существуют различные способы охлаждения и хранения молока на фермах. Простейший из них состоит в том, что молоко сразу после дойки фильтруют и сливают во фляги, которые ставят в бассейны с водой и льдом или холодной водой. Более совершенными считают специальные прифермские установки. К таким установкам относится ванна ВО-1000 (рис. 24). Она состоит из прямоугольной ванны 4 емкостью 1000 л с наклонным

в сторону сливного крана 12 дном. Ванна помещена в кожух из углеродистой стали, изолированный и обшитый снаружи стальными листами. Рядом с ванной на одной раме помещена фреоновая холодильная машина с компрессором ИФ-56 холодопроизводительностью 3500 дж/сек.

Компрессор установлен на пружинных виброизоляторах. Между дном ванны и дном кожуха помещен трубчатый ребристый испаритель 15 холодильной машины, погруженный в охлаждающую воду, уровень которой на 15—20 мм выше трубок испарителя. Ванна установки имеет регулируемые по высоте ножки и устанавливается без крепления к полу. В ванну введен термобаллон 3 для автоматического включения и выключения холодильной машины в зависимости от температуры находящегося в ванне молока.

Вверху межстенного пространства по периметру ванны помещена труба с отверстиями диаметром 2 мм, через которые охлаждающая вода направляется на стенки ванны для их охлаждения. Стекающая по стенкам ванны вода собирается внизу, где помещен испаритель. Здесь вода охлаждается и по трубе поступает в циркуляционный насос 16, которым вновь подается для охлаждения стенок ванны. Производительность насоса 5000 л/ч.

На ванне в средней части имеется перемычка, на которой смонтирован привод мешалки 8 с электродвигателем 5 и редуктором 6. Мощность электродвигателя 0,6 квт, скорость мешалки 53 об/мин. Через отверстие в перемычке в ванну опускается линейка с делениями для измерения количества молока в ванне. Ванна закрыта крышками.

За 1—1,5 ч до начала приемки молока включают компрессор для предварительного намораживания на батарее испарителя льда слоем около 1 см. Температура воды при этом снижается до 1—2° С. Ванна рассчитана на охлаждение парного молока сразу же после дойки. Молоко перед заливом в ванну фильтруют при переливании из поддонок (после замера количества) в ушат. У некоторых ванн в крышку вставляется цедилка с фильтрующей тканью, через которую проходит сливаемое молоко. Молоко может поступать в ванну из доильных машин.

Перед поступлением молока в ванну рычаг управления холодильной машиной ставят в положение «автоматическая работа», при этом включаются в работу насос для воды и мешалка. Вливаемое в ванну молоко с помощью лотков направляется на стенки ванны и, стекая по ним тонким слоем, охлаждается. Молоко, поступающее в ванну при температуре 34—35° С, сразу же охлаждается до 12—15° С.

После прекращения поступления молока охлаждение его продолжается. Холодильная машина, насос для воды и мешалка

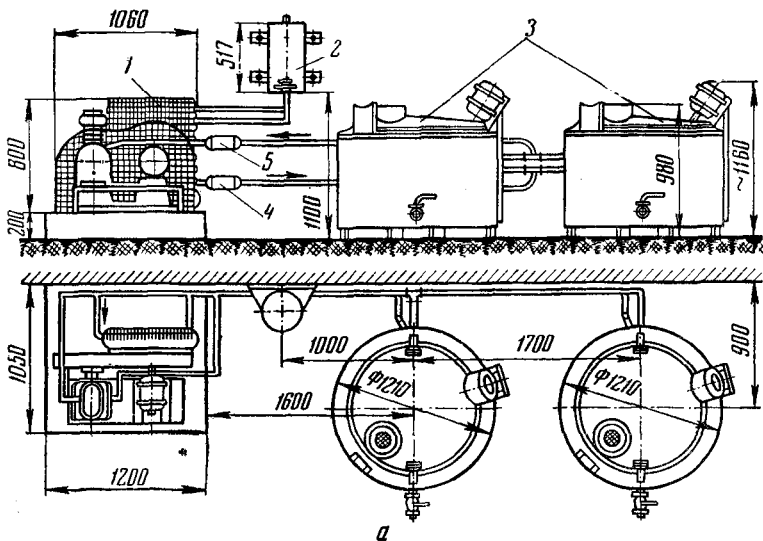


Рис. 25. Установка ИСБ-1000 для охлаждения и хранения молока:

а — общий вид установки: 1 — компрессор холодильной машины; 2 — подогреватель воды; 3 — ванны; 4 — фильтр; 5 — осушитель;  
 б — схема холодильной машины: 1 — ресивер; 2 — фильтр; 3 — запорные вентили; 4 — терморегулирующий вентиль; 5 — испарители; 6 — осушитель; 7 — подогреватель для воды; 8 — конденсатор; 9 — нагнетательный вентиль; 10 — компрессор; 11 — всасывающий вентиль; 12 — реле давления.

работают. Когда температура молока в ванне понизится до  $5^{\circ}\text{C}$ , холодильная машина автоматически отключается.

В ванну сливают молоко нескольких удоев, а, охладив, отправляют на завод один раз в сутки по графику, установленному заводом. Перед заливом каждого удоя включают холодильную машину.

Перед отправкой молока на завод включается мешалка и затем молоко по резиновому или полиэтиленовому шлангу с помощью насоса или вакуума, создаваемого в цистерне, перекачивается в цистерну.

Второй вариант аналогичной установки, изготовленной в Чехословакии (рис. 25, а), выполнен в виде двух цилиндрических эмалированных внутри ванн емкостью по 500 л каждая и одной компрессорной хлорметиловой холодильной машины с автоматическим управлением, устанавливаемой вблизи ванн, с электродвигателем мощностью 2,2 квт.

Ванны имеют мешалки, работающие от электродвигателей, линейки с делениями для измерения количества молока, фильтры для молока, вставляемые в отверстия в крышках ванн. Сетка в фильтрах металлическая, на нее кладут фильтрующую ткань. На наружной стороне стенок ванн смонтирован испаритель холодильной машины, который вместе с ванной изолирован от наружного воздуха. Поверх изоляции сделана обшивка из листовой стали, окрашенной лаком.

Установка имеет центробежный насос для перекачки молока в цистерну перед его отправкой и подогреватель для воды емкостью 30 л, в котором вода подогревается до  $30\text{--}40^{\circ}\text{C}$  за счет конденсации паров хладагента и в дальнейшем используется для мойки оборудования.

На рис. 25, б приведена схема холодильной машины. Сжатый в компрессоре газообразный хлорметил направляется в водоподогреватель, затем в конденсатор с воздушным охлаждением. Жидкий хлорметил собирается в ресивере 1, а из него поступает через терморегулирующий вентиль 4 в испарители, смонтированные в ваннах. В испарителях жидкий хлорметил кипит, превращается в пар, отнимая при этом тепло от охлаждаемого молока. Парообразный хлорметил поступает в компрессор.

При снижении температуры молока в ванне до  $5^{\circ}\text{C}$  холодильная машина автоматически отключается, а при повышении выше  $7^{\circ}\text{C}$  — включается. Таким образом автоматически поддерживается температура молока в ванне в пределах  $5\text{--}8^{\circ}\text{C}$  в течение всего времени его хранения. Такие установки выпускают под маркой ИСБ-1000 с двумя ваннами по 500 л и ИСБ-500 с одной ванной на 500 л.

Опыт эксплуатации таких установок на фермах совхозов и колхозов показал их высокую экономичность при хорошем ка-

честве молока. Срок окупаемости капитальных затрат на приобретение и пуск установок от 4 до 12 месяцев.

Более крупные установки на 2000 л состоят из молокоприемного бака с фильтром для молока, вертикального изолированного танка для хранения молока, холодильной машины с испарителем-льдогенератором, пластинчатого охладителя и насосов для молока и воды.

В этих установках профильтрованное парное молоко из приемного бака (емкость 300 л) насосом подается в пластинчатый или трубчатый охладитель, где охлаждается до 5° С; и поступает в танк для хранения до отправки. Танк имеет мешалку с электроприводом.

Фреоновая холодильная машина ИФ-56 холодопроизводительностью 3500 дж/сек с двухцилиндровым компрессором и конденсатором воздушного охлаждения включается за 2—3 ч до поступления молока. За это время в испарителе льдогенератора на трубках испарителя намораживается лед. Во время охлаждения молока вода охлаждается за счет таяния льда. Производительность пластинчатого охладителя 350 л/ч.

В некоторых установках для первичной обработки молока на фермах применяют для очистки молока центробежные сепараторы-очистители.

Учитывая, что на молочных заводах молоко вновь подвергается очистке на сепараторах-очистителях или сливоотделителях, входящих в комплект линий тепловой обработки молока, и что повторяемое интенсивное механическое воздействие на молоко отрицательно сказывается на производстве многих молочных продуктов, следует в установках для первичной обработки молока отдать предпочтение фильтрам. За последние годы отечественная промышленность стала выпускать синтетические фильтрующие ткани для молока (лавсановые). Эти ткани по сравнению с хлопчатобумажными более прочные, гидрофобные, износоустойчивые, инертные к бактериям, легко моются без химикатов.

### **ОХЛАДИТЕЛИ ДЛЯ МОЛОКА И ЖИДКИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

Аппараты, применяемые для охлаждения молока на всех этапах его пути от молочной фермы до потребителя, можно классифицировать по конструкции и способу охлаждения на следующие группы:

бассейны для фляг с льдоводяным охлаждением;

поточные погружные цилиндрические охладители с льдоводяным охлаждением;

охладительные ванны с водяным или рассольным охлаждением;

плоские оросительные охладители с простым водяным или комбинированным водо-рассольным охлаждением;

многосекционные камерные охладители с простым водяным или комбинированным водо-рассольным или водо-аммиачным охлаждением;

пластинчатые охладители обычно с комбинированным охлаждением;

трубчатые охладители с простым или комбинированным охлаждением.

### Оборудование для охлаждения во флягах и ваннах

Простейший способ охлаждения молока и сливок — это охлаждение их во флягах, погруженных в бассейн с водой и льдом. Бассейн может быть деревянный, железный сварной, защищенный тепловой изоляцией, или бетонной высотой 600 мм и шириной 760 мм при установке фляг в два ряда. Длина бассейна зависит от числа фляг в ряду.

На дне бассейна прокладывают бруски высотой 30—50 мм. Заполненные молоком фляги устанавливают в бассейн, частично заполненный водой, и закладывают в бассейн лед.

Значительное ускорение охлаждения молока, поступающего в погруженные в бассейн фляги, может быть достигнуто при применении поточного погружного охладителя, предложенного Н. Я. Лукьяновым и М. И. Никоновым (рис. 26).

Поточный охладитель устанавливается в один бассейн вместе с пустыми флягами (рис. 26, а), которые закрепляются для устранения всплывания их. Молоко из бачка поступает сначала в охладитель, быстро охлаждается в нем, а затем направляется во фляги, доохлаждается и хранится. При такой системе можно охладить до 500 л/ч. Температура молока во флягах в момент заполнения 3—8° С, а через 30 мин хранения — 2,5—4,5° С.

Погружной охладитель показан на рис. 26, б. Он состоит из трех частей: наружного цилиндра 1, вытеснителя 2, состоящего из двух цилиндров, соединенных внизу кольцевым дном, а сверху двумя распорками-ручками; внутреннего цилиндра 3 с днищем и приемной воронкой.

Охладитель устанавливают в бассейн, а внутренний цилиндр и открытое сверху кольцевое пространство вытеснителя заполняют колотым льдом и водой. На боковой поверхности и днище внутреннего цилиндра, а также на наружном цилиндре и днище вытеснителя сделаны вмятины или напльвы олова, обеспечивающие равномерный зазор для прохода молока.

Молоко охлаждается сначала при движении вниз во внутреннем кольцевом зазоре, а затем переходит в наружный, охлаждается, поднимаясь вверх, и выходит через патрубок и надетый на него тройник в распределительные желоба.

Рабочая поверхность охладителя 2,2 м<sup>2</sup>.

После окончания работы погружной охладитель разбирают, осторожно вынимая внутренние части, сливают остаток молока из наружного цилиндра, освобождают от воды и остатков льда внутренние цилиндры, моют и просушивают все части. Вымытые, насухо вытертые и просушенные части хранятся до начала следующей работы в разобранном виде на специальной деревянной подставке.

Для охлаждения сравнительно небольших порций молока и молочных про-

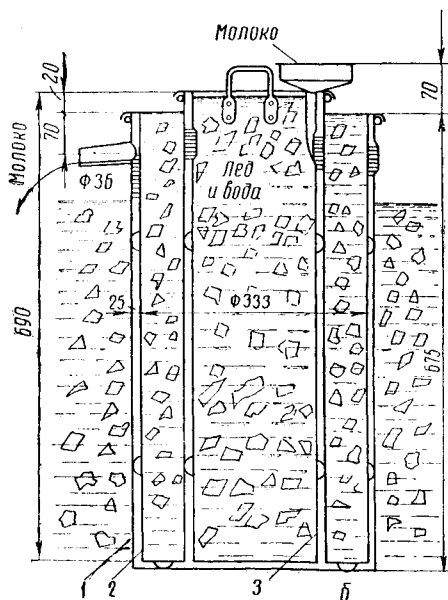


Рис. 26. Схема охлаждения молока в поточном погружном охладителе:

а — расположение охладителя и флаж в бассейне;  
 б — погружной охладитель: 1 — наружный цилиндр; 2 — вытеснитель; 3 — внутренний цилиндр.

дуктов на молочных заводах нередко используют ванны длительной пастеризации, в которых, как правило, предусмотрен выпуск холодной воды в рубашку.

Кроме обычных цилиндрических ванн с рубашкой, в молочной промышленности применяются усовершенствованные пря-



моугольные ванны с оросительной системой нагревания и охлаждения. Устройство ванн длительной пастеризации описано в разделе о пастеризаторах.

Особой конструктивной разновидностью ванн, широко применяемых в маслодельной промышленности для охлаждения сливок, являются специальные сливокосозревательные ванны<sup>1</sup>.

### Оросительные охладители

Широкое распространение имеют трубчатые оросительные охладители и охладители из штампованных листов.

Трубчатый охладитель (рис. 27) состоит из распределительного желоба 1, водяной охлаждающей секции 2 с патрубками для подвода в нее холодной воды, рассольной секции 4, сборного желоба 6, подставки 7. Основная часть охладителя, его охлаждающие секции состоят из труб, концы которых развальцованы и запаяны в боковых коллекторах 3, закрытых крышками на резиновых прокладках.

Горячее молоко поступает в распределительный желоб, на дне которого имеются небольшие отверстия диаметром 1,5—2,5 мм, расположенные по длине желоба на расстоянии 10—20 мм одно от другого. Через них молоко вытекает на верхнюю трубку секции водяного охлаждения и распределяется по обе стороны. Стекая тонкой пленкой по поверхности трубок, молоко охлаждается сначала водой, затем рассолом, и собирается в сборном желобе, откуда непрерывно выходит через патрубок 5.

Перегородками в коллекторах концы трубок соединены попарно с таким расчетом, что все трубки каждой секции соединяются в один змеевик, внутри которого обычно противотоком по отношению к молоку течет хладоноситель. Он поступает в каждую секцию через нижний патрубок и выходит через верхний.

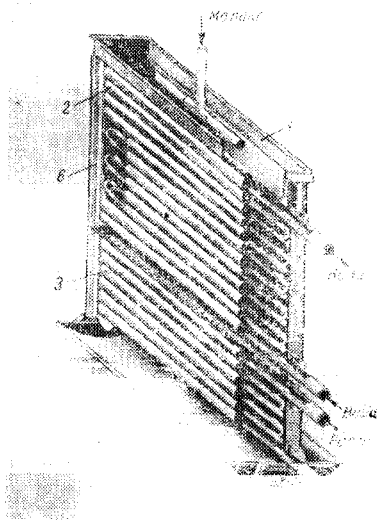


Рис. 27. Трубчатый оросительный охладитель:

- 1 — распределительный желоб; 2 — секция водяного охлаждения; 3 — коллектор; 4 — секция рассольного охлаждения; 5 — патрубок для выхода молока; 6 — сборный желоб; 7 — подставка

<sup>1</sup> Подробно о сливокосозревательных ваннах см. главу IV.

В конструкции охладительных секций существенно следующее.

Трубки обычно расположены на небольших интервалах одна от другой, чтобы между соответствующими им отверстиями в стенках коллекторов оставались достаточно прочные перемычки, выдерживающие условия развальцовки. Кроме того, некоторое расстояние между трубами необходимо по санитарным соображениям. Если трубы охладительной секции расположить вплотную одну к другой, то между ними образуются узкие клиновидные щели, затрудняющие чистку и мойку аппарата. При эксплуатации охладителя в них неизбежно будет оставаться молоко и они превратятся в очаги бактериального заражения.

В интервалах между трубками впаяны перемычки, которые устраняют разбрызгивание молока при стекании его с одной трубки на другую и способствуют образованию более равномерной по толщине пленки охлаждаемого продукта и лучшему распределению его по поверхности охладителя.

Секции охладителей обычно изготовляют из труб диаметром 20—50 мм.

Передача тепла от одной жидкости к другой улучшается при увеличении скорости текущих жидкостей, например, холодной воды, с одной стороны, и молока, с другой. При постоянном количестве протекающей холодной воды ее скорость будет тем больше, чем меньше диаметр трубок охладителя. Следовательно, при равной поверхности охлаждения двух охладителей, тот из них, который составлен из трубок меньшего диаметра, будет охлаждать лучше.

Однако с уменьшением диаметра трубок напор, потребный для протекания через них воды, быстро возрастает. Опыт показывает, что наиболее рациональные величины диаметра трубок лежат в пределах 30—50 мм при толщине стенок 1—1,5 мм.

Все более широкое распространение находят охладительные секции, сваренные из штампованных листов нержавеющей стали. Листы толщиной около 1 мм штампуют таким образом, что при складывании двух листов и сварке соприкасающихся поверхностей образуется рифленая охладительная секция с каналом внутри, на концах которого к секции привариваются патрубки для входа и выхода хладоносителя и одновременно для закрепления секции на коллекторах.

Сечение канала не круглое, и наружная поверхность не имеет глубоких впадин, что очень удобно в отношении мойки. Молоко по такой слегка волнистой поверхности стекает спокойно и равномерно, если поверхность была хорошо обезжирена щелочным раствором и промыта.

Секция в целом получается легкой, достаточно прочной и жесткой.

Распределительный и сборный желоба оросительных охладителей изготовляют из меди (луженые), а также из алюминия или нержавеющей стали. Распределительный желоб представляет собой невысокий удлиненный бачок с двускатным дном, устанавливаемый на коллекторах при помощи приваренных к нему лапок.

На нижнем ребре двускатного дна имеются отверстия диаметром 1,5—2,5 мм, расположенные по длине в один или два ряда. Шаг отверстий 10—20 мм.

Для равномерного распределения молока по длине охлаждающей секции желоб должен быть установлен строго горизонтально.

Горячее молоко, поступающее по трубопроводу в желоб, необходимо подвести под уровень молока в желобе, так как при попадании молока на свободную поверхность происходит сильное пенообразование. В результате этого пена переполнит желоб, потечет через край и лишит персонал возможности наблюдения за уровнем молока в желобе. Если конец трубы, подводящей молоко, опущен до уровня, то пенообразования почти нет.

В распределительном желобе, а также при движении горячего молока по открытой поверхности охладителя, часть содержащейся в нем влаги испаряется, благодаря высокой температуре в зоне верхних трубок и свободному соприкосновению с окружающим воздухом. Потери от испарения при охлаждении на трубчатом оросительном аппарате могут составлять около 1% от всего количества охлаждаемого молока.

Испарения с поверхности охладителя повышают влажность воздуха и температуру в производственном помещении и приводят к необходимости усиливать в нем вентиляцию.

Интенсивность испарения зависит от температуры молока, величины поверхности соприкосновения с воздухом, температуры воздуха и его влажности, а также от скорости движения воздуха.

Чтобы уменьшить испарение с поверхности, оросительный охладитель снабжают боковыми щитами из листового алюминия или нержавеющей стали. Применение щитов устраняет также опасность загрязнения молока из воздуха.

Эффективная работа оросительных охладителей достигается только при определенных условиях. Одним из важных условий является умеренная нагрузка молока на охладитель. При увеличении нагрузки толщина слоя стекающего молока увеличивается и интенсивность охлаждения ослабевает. Уменьшение подачи молока на охладитель, наоборот, приводит к уменьшению толщины слоя на поверхности трубок, тепло отводится из него легче и достигается более глубокое охлаждение.

Изменение нагрузки оросительного охладителя возможно, однако в неслишком широких пределах, которые обусловлены

следующим. При чрезмерном увеличении нагрузок молоко стекает настолько стремительно и бурно, что сильно разбрызгивается с поверхности. Наоборот, при слишком малой нагрузке толщина слоя становится настолько малой, что обнаруживается стремление к разрывам молока. Молоко начинает стекать уже не сплошной пленкой, а ручьями, и поверхность охлаждения используется плохо.

Нормальная нагрузка на каждую сторону секции на 1 м длины охладителя составляет около 600 л/ч.

Большую роль в работе охладителя играет кратность воды и рассола, а также их температура. Увеличение кратности хладоносителя позволяет, с одной стороны, увеличить скорость его движения внутри трубок охладителя, что улучшает условия теплопередачи. С другой стороны, увеличение кратности хладоносителя понижает температуру его на выходе и, следовательно, увеличивает средний температурный напор между хладоносителем и молоком, что позволяет получить более интенсивное охлаждение.

Наиболее рациональная кратность для воды по совокупности технических и экономических показателей процесса лежит в пределах 2,5—3. Для рассола кратность обычно меньше ввиду его низкой температуры и опасности обмерзания трубок рассольной секции.

Производительность охладителя в значительной мере зависит от температурного режима в целом, т. е. от начальной и конечной температур молока, холодной воды и рассола.

Эффективность работы охладителя со временем нарушается из-за постепенного отложения загрязнений на внутренней поверхности трубок или каналов. Теплопроводность слоя загрязнения в несколько сот раз меньше, чем теплопроводность металлической стенки. При эксплуатации охладителей надо следить за чистотой стенок, систематически проверять состояние водяных и рассольных секций, своевременно очищать и промывать их.

### **Многосекционные оросительные охладители**

Для увеличения производительности оросительных охладителей несколько секций соединяют параллельно на общей стойке или раме, что позволяет получить аппарат с большой рабочей поверхностью и сравнительно небольшими размерами. Горячее молоко распределяется по секциям из общего распределительного желоба с несколькими рядами отверстий, а холодное — собирается в общем сборном корыте. Когда группа оросительных секций и распределительный желоб заключены в одну общую раскрывающуюся камеру, то охладители называют камерными.

Камерные многосекционные охладители обладают рядом важных преимуществ перед простыми оросительными аппаратами, а в некоторых отношениях — и перед пластинчатыми.

Параллельная компоновка секций камерных охладителей делает их компактными даже при большой производительности. Устройство этих охладителей позволяет строить аппараты с широким диапазоном производительности, которая в зависимости от числа секций может быть в пределах 1000—15 000 л/ч, что значительно превышает производительность наиболее крупных оросительных трубчатых охладителей.

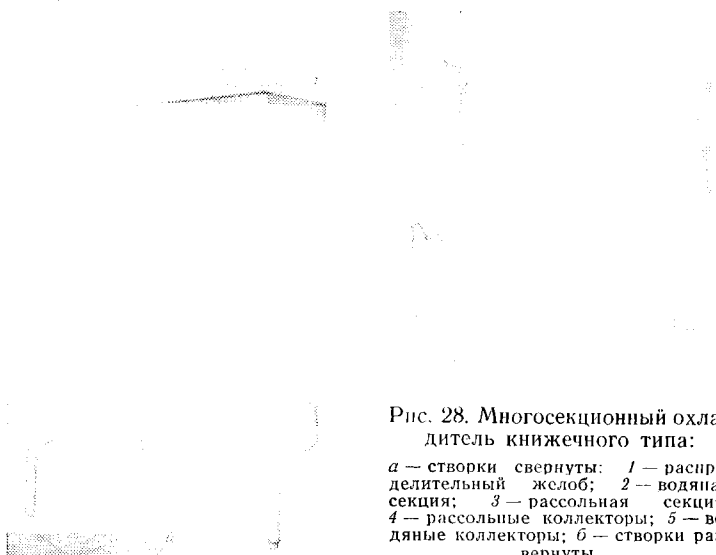


Рис. 28. Многосекционный охладитель книжечного типа:

*а* — створки свернуты: 1 — распределительный желоб; 2 — водяная секция; 3 — рассольная секция; 4 — рассольные коллекторы; 5 — водяные коллекторы; *б* — створки развернуты.

Продукт в камерных охладителях обрабатывают в условиях, когда он достаточно предохранен от попадания загрязнений, так как все секции и желоба защищены кожухом.

По сравнению с пластинчатыми аппаратами камерные охладители имеют то преимущество, что в них нет большого числа резиновых уплотнений, они проще в обслуживании, не требуют насосов для нагнетания продукта под значительным напором (20—30 м вод. ст.) и позволяют охлаждать при большой производительности такие вязкие молочные продукты, как сливки и смесь для мороженого.

Кроме того, в многосекционных охладителях так же, как и в простых оросительных, можно охлаждать продукт за счет непосредственного испарения аммиака, чего нельзя применить в пластинчатых аппаратах.

Наиболее распространены и конструктивно совершенны многосекционные охладители створчатого или, как их часто называют, книжечного типа, показанного на рис. 28.

Горячее молоко по трубопроводу поступает в желоб 1 (рис. 28, а), из которого через 6 рядов отверстий в дне желоба распределяется на параллельные секции с комбинированным охлаждением — водяным и рассольным. Секции охладителя сварены из штампованных листов нержавеющей стали с волнистой поверхностью. На задней стороне секции расположены водяные и рассольные распределительные коллекторы 4 и 5. Присоединение секций к коллекторам шарнирное, поэтому все секции могут как створки развешиваться в стороны для мойки охладителя (рис. 28, б).

Как и в простых оросительных охладителях, верхняя секция используется для охлаждения продукта холодной водой, а нижняя — рассолом. Охлажденное молоко стекает в нижнее сборное корыто, из которого уходит через патрубок.

У некоторых конструкций охладителей все секции и верхний желоб заключены в кожух из двух половин, укрепленных шарнирно на стойке.

При разборке охладителя для мойки отсоединяют трубопровод, открывают кожух, снимают распределительный желоб, который свободно установлен на группе створок, и разводят створки в стороны, подобно листам книги. Вымытый охладитель собирают, причем при закрытом кожухе он может быть простерилизован паром.

При работе многосекционного охладителя книжного типа распределительный желоб, который находится внутри кожуха и скрыт от наблюдения, может незаметно переполниться. Поэтому в охладителе должен быть поплавковый регулятор уровня с клапаном, автоматически регулирующим подачу молока в распределитель.

Многосекционные охладители являются аппаратами оросительного типа и в их работе много общего с простыми трубчатыми оросительными охладителями.

Основной недостаток оросительных охладителей в том, что охлаждаемое молоко не изолировано полностью от окружающего воздуха и не гарантировано от попадания в него микробов. Это особенно опасно тогда, когда молоко поступает на охладитель после пастеризатора, а затем его направляют на розлив или кратковременное хранение. Следовательно, после пастеризации возможно обсеменение молока микробами.

Другой важный недостаток оросительных охладителей — отсутствие давления в потоке охлаждаемого продукта, так как жидкость свободно течет по поверхности под действием силы тяжести. Поэтому для дальнейшей транспортировки продукта необходимо или поднимать охладитель на высокую подставку, чтобы обеспечить движение за счет самотека, или устанавливать сразу после охладителя дополнительный насос.

## Пластинчатые и трубчатые охладители

Закрытые (герметические) пластинчатые и трубчатые охладители, в которых молоко охлаждается при движении по системе закрытых, предварительно простерилизованных каналов, не соприкасается нигде с воздухом и движется под напором, свободны от недостатков оросительных.

**Пластинчатый охладитель.** Он представляет собой разборный теплообменник, рабочая поверхность которого составлена из параллельных пластин с штампованными рифлями. Все пла-

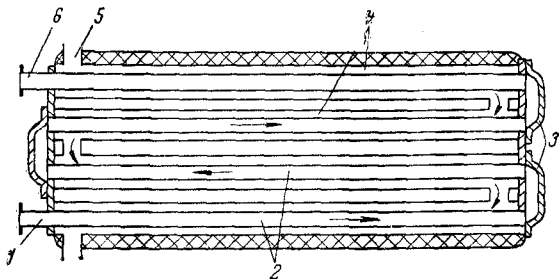


Рис. 29. Схема закрытого трубчатого охладителя:

1 — патрубок для входа молока; 2 — внутренние трубки; 3 — калачи; 4 — наружные трубки; 5 — патрубок для входа хладагента; 6 — патрубок для выхода молока.

стины плотно сомкнуты на резиновых прокладках. Молоко и хладагент текут по зазорам между пластинами.

Пластинчатые охладители обычно входят в состав пластинчатых пастеризационных аппаратов, состоящих из нескольких секций для нагревания и охлаждения молока, смонтированных на одной станине. По конструкции они не отличаются от пластинчатых пастеризаторов, поэтому их устройство рассмотрено в разделе о пластинчатых установках.

Для охлаждения молока в непрерывном потоке при автоматическом регулировании процесса применяют автоматизированные пластинчатые установки. В установку входят пластинчатый охладитель, насос, пульт управления, приборы автоматического контроля, регулирования и регистрации технологического процесса и трубопроводы.

**Трубчатый охладитель.** Схема устройства закрытого трубчатого охладителя показана на рис. 29.

Аппарат представляет собой группу двойных трубок, заключенных в общий кожух с тепловой изоляцией. Горячее молоко поступает в аппарат через патрубок 1, проходит по внутренним трубкам 2, соединенным посредством калачей 3 последовательно в один извилистый круглый канал, и выходит через патрубок 6.

При этом молоко охлаждается хладоносителем, который поступает сверху через патрубок 5 и движется противотоком по кольцевому зазору между трубками 2, переходя по соединительным патрубкам из одной трубки в другую.

Кроме простой схемы охлаждения, могут быть и такие, при которых происходит комбинированное охлаждение продукта холодной водой и рассолом.

В трубчатом аппарате молоко охлаждается в закрытом потоке без доступа воздуха, без возможности механического или бактериального загрязнения при правильной предварительной мойке и дезинфекции.

По конструкции трубчатые аппараты проще пластинчатых и в них нет большого количества резиновых уплотнений. Прокладки расположены только в месте присоединения калачей и не велики по размерам.

Охладители несложны в эксплуатации. Мыть их можно как после разборки ершами, так и без разборки химическим способом, как моют неразбираемые молочные трубопроводы. Дезинфекция также не вызывает затруднений. При разборке трубчатых аппаратов для мойки вскрываются только калачи, а систему движения хладоносителя не вскрывают и ее герметичность не нарушается. Это обстоятельство наряду с высокой прочностью позволяет с успехом использовать для охлаждения продукта непосредственное испарение аммиака или другого хладагента, если охладитель оснащен необходимыми приборами автоматического контроля.

Трубчатые аппараты можно включать в непрерывные линии обработки молока. В них достигаются высокие скорости движения жидкостей и высокий коэффициент теплопередачи.

Производительность трубчатых охладителей зависит от числа и размеров трубок и составляет 1000—8000 л/ч при охлаждении молока от 75 до 3° С водой и рассолом.

Недостатки трубчатых аппаратов по сравнению с пластинчатыми — большие габариты. Это обусловлено, тем, что трубчатая охлаждающая поверхность размещается в пространстве не так компактно, как пластинчатая.

### Основные расчеты охладителей

**Расход холода.** При охлаждении продукта отводится часть содержащегося в нем тепла. Если первоначальный запас тепла в теле  $Q_1 = Mct_1$ , а конечный после охлаждения  $Q_2 = Mct_2$ , то количество отведенного тепла или расход холода составит

$$Q = Q_1 - Q_2 = Mc(t_1 - t_2), \quad (\text{II}-5)$$

где  $Q$  — количество отведенного тепла, дж;  
 $M$  — масса тела, кг;



$c$  — удельная теплоемкость,  $\text{дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ ;

$t_1$  — начальная температура тела,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_2$  — конечная температура тела,  $^{\circ}\text{C}$ .

Если через  $M$  обозначить производительность охладителя (в  $\text{кг}/\text{ч}$ ), то  $Q$  будет представлять собой часовой расход холода (в  $\text{дж}/\text{ч}$ ).

Большую экономию в расходе льда или искусственного холода получают при рациональном использовании холодной воды, благодаря чему в несколько раз уменьшается количество тепла, отводимое при доохлаждении молока за счет искусственного холода, и достигается большая экономия в затрате электроэнергии.

**Пример.** Определить общий расход холода и расход искусственного холода при работе трубчатого оросительного охладителя производительностью  $M=3000 \text{ кг}/\text{ч}$  в зимнее и летнее время. Температура холодной воды зимой  $t_1=2^{\circ}\text{C}$  и пастеризованное молоко охлаждается на водяной секции от  $t_1=85^{\circ}\text{C}$  до  $t_2=8^{\circ}\text{C}$ . Температура холодной воды летом  $t_1=18^{\circ}\text{C}$  и молоко охлаждается на водяной секции от  $t_1=85^{\circ}\text{C}$  до  $t_2=24^{\circ}\text{C}$ . Конечная температура охлажденного молока после рассольной секции в обоих случаях  $t_3=3^{\circ}\text{C}$ . Удельная теплоемкость (средняя) молока  $3940 \text{ дж}/(\text{кг} \cdot \text{град}) = 3,94 \text{ кдж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ .

Общий расход холода для охлаждения молока от  $85$  до  $3^{\circ}\text{C}$  составит

$$Q = 3000 \cdot 3,94 (85 - 3) = 969\,000 \text{ кдж}/\text{ч}.$$

Расход искусственного холода равен количеству тепла, которое необходимо отнять у молока на рассольной секции.

Для зимнего времени

$$Q = 3000 \cdot 3,94 (8 - 3) = 59\,150 \text{ кдж}/\text{ч},$$

а для летнего

$$Q = 3000 \cdot 3,94 (24 - 3) = 248\,520 \text{ кдж}/\text{ч}.$$

**Расход льда.** Расход льда определяют по расходу холода, зная, что для плавления  $1 \text{ кг}$  льда требуется  $334 \text{ кдж}/\text{кг}$ . С учетом потерь холода в окружающую среду (около  $10\%$ ) расход льда составляет

$$L = 1,1 \frac{Q}{334},$$

где  $L$  — расход льда,  $\text{кг}/\text{ч}$ ;

$Q$  — расход холода,  $\text{кдж}/\text{ч}$ .

**Производительность и рабочая поверхность.** Производительность охладителя можно определить из уравнения баланса тепла, согласно которому количество тепла, отнятое за  $1 \text{ сек}$  у молока и воспринятое хладоносителем, равно количеству тепла, проходящему за  $1 \text{ сек}$  через стенку, т. е.

$$Q = Mc(t_1 - t_2) = kF\Delta t_{\text{ср}},$$

где  $M$  — производительность аппарата,  $\text{кг}/\text{сек}$ ;

$k$  — коэффициент теплопередачи,  $\text{вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ;

$F$  — рабочая поверхность аппарата,  $\text{м}^2$ ;

$\Delta t_{\text{ср}}$  — средний температурный напор, °С;  
 $c$  — удельная теплоемкость продукта,  $\text{дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ ;  
 $t_1$  и  $t_2$  — начальная и конечная температура продукта, °С.

Следовательно, производительность аппарата

$$M = \frac{kF\Delta t_{\text{ср}}}{c(t_1 - t_2)}. \quad (\text{II}-6)$$

Эта формула применима для расчета производительности любого теплового аппарата, действие которого основано на теплопередаче.

Для расчета производительности необходимо знать начальные и конечные температуры продукта и рабочей жидкости (хладоносителя или при расчете аппаратов для нагрева — теплоносителя), удельную теплоемкость продукта, рабочую поверхность аппарата и коэффициент теплопередачи.

Коэффициент теплопередачи рассчитывают или выбирают по опытным данным для подобных условий. Чтобы рассчитать средний температурный напор, строят графики температуры, вычисляют  $\Delta t_{\text{с}}$  и  $\Delta t_{\text{м}}$ , а затем находят  $\Delta t_{\text{ср}}$ .

При расчете комбинированных аппаратов, состоящих из водяных и рассольных секций, каждую секцию необходимо рассчитывать отдельно.

**Пример.** Определить расчетным путем производительность комбинированного оросительного охладителя, работающего на воде и рассоле, если температуры горячего молока  $t'_m = 85^\circ \text{С}$ , молока после водяной секции  $t''_m = 18^\circ \text{С}$ , молока на выходе  $t'''_m = 4^\circ \text{С}$ , холодной воды  $t'_в = 12^\circ \text{С}$ , выходящей воды  $t''_в = 36^\circ \text{С}$ , рассола начальная  $t'_р = -5^\circ \text{С}$ , выходящего рассола  $t''_р = -1^\circ \text{С}$ ; удельная теплоемкость молока  $c = 3940 \text{ дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ ; рабочая поверхность водяной секции  $F_в = 5,6 \text{ м}^2$ ; рассольной  $F_р = 2,2 \text{ м}^2$ ; коэффициент теплопередачи для водяной секции  $k_в = 1450 \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ , для рассольной секции  $k_р = 1100 \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ .

Вычислим температурный напор для обеих секций.

Для секции водяного охлаждения

$$\begin{aligned} \Delta t_{\text{с}} &= t'_m - t''_в = 85 - 36 = 49^\circ \text{С}, \\ \Delta t_{\text{м}} &= t''_м - t'_в = 18 - 12 = 6^\circ \text{С}, \\ \Delta t_{\text{ср}} &= \frac{\Delta t_{\text{с}} - \Delta t_{\text{м}}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\text{с}}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{49 - 6}{2,3 \lg \frac{49}{6}} = 20,5^\circ \text{С}. \end{aligned}$$

Для секции рассольного охлаждения

$$\begin{aligned} \Delta t_{\text{с}} &= t''_м - t''_р = 18 - (-1) = 19^\circ \text{С}, \\ \Delta t_{\text{м}} &= t'''_м - t'_р = 4 - (-5) = 9^\circ \text{С}, \\ \Delta t_{\text{ср}} &= \frac{19 - 9}{2,3 \lg \frac{19}{9}} = 13,4^\circ \text{С}. \end{aligned}$$

Производительность секций водяного и рассольного охлаждения по формуле (II-6)

$$M_B = 1450 \cdot \frac{5,6 \cdot 20,5}{3940 (85 - 18)} = 0,632 \text{ кг/сек} \approx 2260 \text{ кг/ч},$$

$$M_P = 1100 \frac{2,2 \cdot 13,4}{3940 (18 - 4)} = 0,588 \text{ кг/сек} \approx 2120 \text{ кг/ч}.$$

Производительность обеих секций должна быть одинаковой, так как одно и то же количество молока стекает по ним за одно и то же время. В данном случае это равенство соблюдается приблизительно.

Равенство будет очевидно иметь место при соблюдении условия:

$$M_B = M_P = \frac{k_B F_B \Delta t_B}{c_M (t'_M - t''_M)} = \frac{k_P F_P \Delta t_P}{c_M (t'_M - t''_M)}. \quad (\text{II-7})$$

**Кратность и расход воды и рассола.** Кратность воды и рассола при работе охладителя может быть проверена расчетом по формуле (II-4).

**Пример.** Определить кратность и расход воды при работе водяной секции камерного оросительного охладителя производительностью  $M=5000 \text{ кг/ч}$  (т. е.  $M=1,39 \text{ кг/сек}$ ), если температура поступающего на охладитель горячего молока  $t'_M=85^\circ \text{C}$ , молоко охлаждается на водяной секции до  $t''_M=12^\circ \text{C}$ , начальная температура холодной воды  $t'_B=2^\circ \text{C}$ , а при выходе  $t''_B=35^\circ \text{C}$ .

Расчет делаем по формуле (II-4)

$$n_B = \frac{3940 (85 - 12)}{4190 (35 - 2)} \approx 2,1.$$

Часовой расход воды составит

$$W = n_B M = 2,1 \cdot 5000 = 10\,500 \text{ кг/ч} = 10,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

**Пропускная способность распределительного желоба.** Пропускная способность распределительного желоба должна быть равна его производительности. С учетом этого равенства рассчитывают число или диаметр отверстий в желобе.

Пропускную способность желоба определяют по формуле расхода при истечении через отверстия

$$V = \mu \frac{\pi d^2}{4} z \sqrt{2gH}, \quad (\text{II-8})$$

где  $V$  — количество жидкости, вытекающей через отверстия,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

$\mu$  — коэффициент истечения для молока ( $\mu=0,85$ );

$d$  — диаметр отверстия,  $\text{м}$ ;

$z$  — число отверстий;

$g$  — ускорение силы тяжести,  $\text{м/сек}^2$  ( $g=9,81$ );

$H$  — высота столба жидкости над местом истечения,  $\text{м}$ .

Следовательно, пропускная способность желоба увеличивается прямо пропорционально квадратному корню из напора  $H$ . Если высоту желоба и напор увеличить в 2 раза, то пропускная способность возрастет только в  $\sqrt{2}=1,4$  раза, если в 4 раза, то в  $\sqrt{4}=2$  раза.

**Пример.** Определить пропускную способность желоба камерного охладителя, если высота уровня молока в нем  $H=0,15$  м, общее число отверстий  $z=320$ , диаметр их  $d=2$  мм=0,002 м.

Расчет делаем по формуле (II—8)

$$V = 0,85 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,002^2}{4} \cdot 320 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,15} = 0,00147 \text{ м}^3/\text{сек} \approx 5300 \text{ л/ч.}$$

Пользуясь формулой (II—8), можно рассчитать и необходимый диаметр отверстий, если известна производительность охладителя. Число отверстий  $z$  необходимо принять в зависимости от длины секции из расчета, что шаг их составляет обычно 10—20 мм, а напор  $H$  принимают в пределах 0,12—0,16 м.

**Напор, потребный для нагнетания охлаждающей воды.** Для круглотрубчатого охладителя напор, потребный для нагнетания охлаждающей воды, можно определить по формуле, предложенной проф. Г. А. Куком:

$$H = \xi \left( \frac{l}{d} + 148n \right) \frac{v^2}{2g}, \quad (\text{II—9})$$

где  $H$  — потребный напор, м вод. ст.;

$\xi$  — коэффициент сопротивления ( $\xi=0,022$ );

$l$  — общая длина трубок, м;

$d$  — диаметр трубки, м;

$n$  — число поворотов потока внутри секции;

$v$  — средняя скорость движения воды в трубках, м/сек;

$g$  — ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup> ( $g=9,81$ ).

Из формулы видно, что для данного охладителя потребный напор сильно зависит от скорости, т. е. от расхода воды, и изменяется пропорционально изменению скорости или расхода в квадрате.

### НАГРЕВАТЕЛИ, ПАСТЕРИЗАТОРЫ И СТЕРИЛИЗАТОРЫ

Один из способов уничтожения микробов в молоке, широко применяемый в промышленности, — нагревание его до 63—85° С и выдерживание в течение некоторого времени. По имени известного ученого Пастера, впервые предложившего этот способ, такая обработка называется пастеризацией.

Чем выше температура пастеризации молока, тем более губительным для микроорганизмов является нагревание и тем надежнее действие пастеризации.

Однако эффект пастеризации зависит не только от степени нагревания, но и от времени, в течение которого молоко или

сливки, нагретые до температуры пастеризации, выдерживаются при этой температуре. Чем длительнее выдерживание, тем сильнее действие пастеризации, а чем короче время выдерживания, тем пастеризация менее надежна.

Одного и того же эффекта пастеризации можно достигнуть при различных комбинациях температуры пастеризации и времени выдерживания. На рис. 30 приведен график, выражающий зависимость необходимого времени выдерживания от температуры пастеризации, для достижения надежного результата при пастеризации молока.

Температура пастеризации и время выдерживания определяют режим пастеризации. В производственной практике применяют следующие режимы пастеризации:

моментальная или высокая пастеризация — нагревание до 85—90° С без выдержки (вернее без контроля выдержки); кратковременная пастеризация — нагревание до 72—76° С с выдержкой при этой температуре 15—20 сек в специальном поточном выдерживателе;

длительная пастеризация — нагревание до 63° С с последующей выдержкой в танках или ваннах в течение 30 мин.

При производстве особо стойкого в хранении цельного молока и молочных консервов, предназначенных для длительного хранения, необходимо нагревать продукт до температуры не менее 110° С. Такая тепловая обработка называется стерилизацией.

Пастеризацию и стерилизацию проводят в специальных тепловых аппаратах — пастеризаторах и стерилизаторах, в которых продукты нагревают до необходимой температуры.

Нагревают, пастеризуют и стерилизуют молоко в следующих аппаратах:

- ваннах длительной пастеризации;
- паровых пастеризаторах с вытеснительными барабанами;
- трубчатых закрытых пастеризаторах;
- пластинчатых закрытых пастеризаторах;
- стерилизаторах для молока в бутылках и банках периодического и непрерывного действия;
- пароконтактных вакуум-пастеризаторах и стерилизаторах.

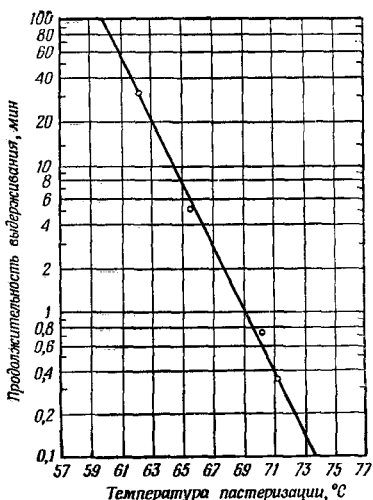


Рис. 30. График зависимости времени выдерживания молока от температуры пастеризации.

## Ванны длительной пастеризации

Для длительной пастеризации молока на небольших заводах и для заквашивания молока при производстве кисломолочных продуктов (кефира, простокваши и др.) на городских молочных заводах, а также для приготовления и пастеризации смеси для мороженого применяют ванны длительной пастеризации или сокращенно ВДП (рис. 31).

Продукт, предназначенный для тепловой обработки, поступает в ванну через патрубок 15 на неподвижной части крышки. Внутренний корпус ванны окружен рубашкой, которая заполнена водой. Вода в рубашке нагревается паром, поступающим снизу через патрубок 7 и бесшумный пароструйный нагреватель 6. Тепло от нагретой воды передается через стенку нагреваемому продукту, который для более быстрого и равномерного нагревания перемешивают.

Избыток воды в рубашке, возникающий при конденсации пара, удаляется через отверстие с присоединенной к нему вертикальной сливной трубой, расположенной в промежутке между корпусом рубашки и наружным кожухом.

После пастеризации продукт нужно охладить. Для этого через патрубок 8 к ванне подводится холодная вода. Она омывает днище и боковую поверхность внутреннего резервуара и выходит через сливную трубу.

Продукт после тепловой обработки выпускается через кран 4 в присоединенный к крану молочный трубопровод диаметром 50 мм. Для более полного вытекания продукта из ванны ее дно наклонено в сторону крана. Температуру молока в ванне и воды в рубашке контролируют по термометрам на неподвижной части крышки.

Продукт, находящийся в ванне, предохранен от загрязнения при обработке крышкой 14, передняя часть которой открывается на шарнире для чистки и осмотра. Чтобы улучшить условия мойки, все внутренние углы резервуара сильно закруглены. Соприкасающиеся с молоком части ванны изготовлены из нержавеющей стали или тщательно вылужены.

Мешалку для мойки вынимают. После разборки мешалки кронштейн, на котором установлен электродвигатель и редуктор, может быть повернут на 180° для осмотра и ремонта редуктора, смазки его маслом и пр.

Ванна длительной пастеризации емкостью 600 л отличается от описанной выше расположением мешалки, конструкцией крышки и некоторыми другими менее существенными особенностями. Применение ванны ВДП-600 и порядок ее использования те же, что и для ВДП-300.

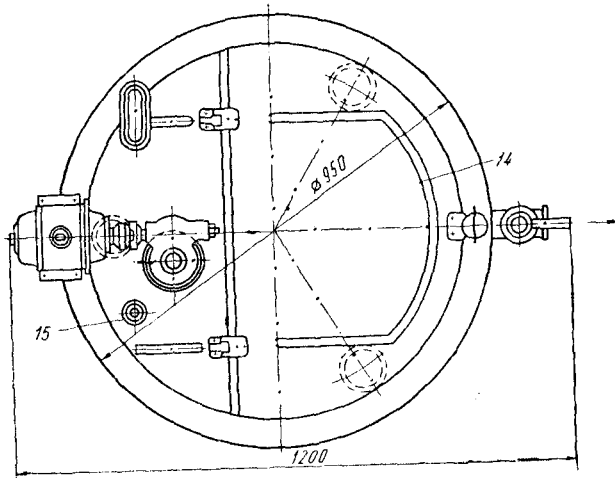
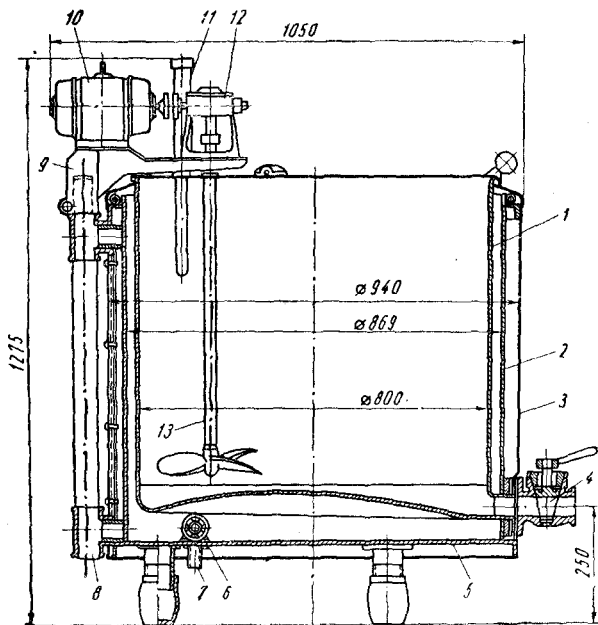


Рис. 31. Ванна длительной пастеризации (ВДП-300):

1 — внутренний резервуар; 2 — наружная рубашка; 3 — кожух;  
 4 — кран; 5 — днище; 6 — пароструйный нагреватель; 7 — патрубок  
 для входа пара; 8 — патрубок для входа холодной воды; 9 — пово-  
 ротный кронштейн; 10 — электродвигатель; 11 — термометр; 12 — чер-  
 вячный редуктор; 13 — пропеллерная мешалка; 14 — крышка; 15 — па-  
 трубок для входа молока.

### Техническая характеристика ванн длительной пастеризации

	ВДП-300	ВДП-600
Рабочая емкость ванны, л . . . . .	300	600
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup> . . . . .	2,0	3,2
Число оборотов мешалки в минуту	120	50—60
Потребляемая мощность, кВт . . . . .	0,17	0,17
Внутренний диаметр ванны, мм . . . . .	800	1080
Внутренняя полная высота, мм . . . . .	750	850
Масса, кг . . . . .	200	376
Продолжительность нагревания молока при заполненной ванне (ориентировочно), мин		
от 10 до 45° С . . . . .	25	30
от 10 до 65° С . . . . .	40	50
от 10 до 80° С . . . . .	50	60
от 10 до 85° С . . . . .	60	70
от 10 до 90° С . . . . .	65	80

Кроме цилиндрических ванн, в молочной промышленности применяют прямоугольные ванны длительной пастеризации с оросительным обогревом горячей водой и качающимися плоскими мешалками. В прямоугольных ваннах продукт нагревается быстрее благодаря большей поверхности нагрева, приходящейся в них на единицу емкости ванны, по сравнению с поверхностью нагрева в цилиндрических ваннах. Другим их достоинством является меньшая высота от пола до края ванны и меньшая глубина ванны, что облегчает мойку ее после работы.

Расход пара в ваннах длительной пастеризации при одинаковом температурном режиме больший, чем в паровых, мешалочных или пластинчатых пастеризаторах, так как тепло, затраченное в значительном количестве на предварительное нагревание воды в рубашке, тратится непроизводительно.

Ванны длительной пастеризации очень просты и позволяют почти без потерь производить в случае необходимости тепловую обработку небольшого количества продукта.

### Паровые пастеризаторы с вытеснительными барабанами и мешалками

Типичная конструкция пастеризатора с вытеснительным барабаном показана на рис. 32.

Пастеризатор представляет собой закрытый сверху конический резервуар 4 с паровой рубашкой 7, установленный на чугунной литой станине и снабженный внутри коническим барабаном-мешалкой 5. Резервуар пастеризатора из нержавеющей стали заключен в цилиндрический корпус. Между резервуаром и корпусом имеется пространство, в которое во время работы аппарата поступает пар. Снаружи поверх корпуса надет кожух 8 для тепловой изоляции аппарата.

На наружной поверхности внутреннего резервуара 4 приварены слезниковые кольца 6 с отогнутым нижним краем. Слезнико-



вые кольца отводят с поверхности резервуара образующийся при работе конденсат, который в противном случае будет стекать сверху вниз толстым слоем и уменьшит теплопередачу. Кроме того, слезниковые кольца увеличивают жесткость и прочность резервуара.

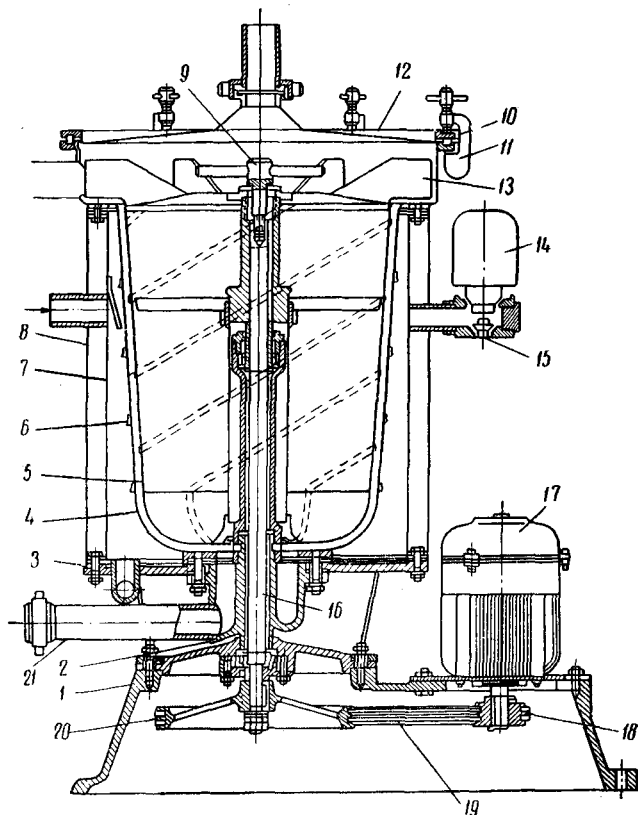


Рис. 32. Паровой пастеризатор ОПМ с вытеснительным барабаном:

1 — станина; 2 — раструб (улитка); 3 — днище; 4 — внутренний резервуар; 5 — вытеснительный барабан; 6 — слезниковое кольцо; 7 — паровая рубашка; 8 — кожух; 9 — винт; 10 — струбцина; 11 — резиновая прокладка; 12 — крышка; 13 — лопасть; 14 — предохранительный клапан; 15 — вакуумный клапан; 16 — вертикальный вал; 17 — электродвигатель; 18 — шкив электродвигателя; 19 — клиновидный ремень; 20 — шкив пастеризатора; 21 — патрубок для входа молока.

В нижней части к резервуару прикреплен литой раструб 2 с патрубком 21 для входа молока в аппарат, а в верхней по касательной к расширенной стенке резервуара — выходной патрубок для молока. Сверху резервуар закрывается крышкой 12, которая прижимается откидными или съемными струбцинами 10.

В центре крышки находится отверстие для выхода газов, выделяющихся из молока при нагревании. Между крышкой и резервуаром расположено уплотнение — кольцевая резиновая прокладка 11.

Барабан 5 аппарата, а также и другие части, соприкасающиеся с молоком, изготовлены из тонкой нержавеющей стали. Для лучшего перемешивания молока в узком зазоре по боковой конической поверхности барабана приварена узкая ленточная спираль левого направления. В некоторых конструкциях вытеснительных барабанов вместо спирали приварены ребра, направленные почти вертикально по образующей конуса и предназначенные для той же цели. Практически обе эти конструкции можно считать равноценными.

Вытеснительный барабан представляет собой замкнутый со всех сторон сосуд и попадание молока внутрь него совершенно исключено.

В верхней части барабана приварены лопасти 13, нагнетающие молоко в линию. Вместо приваренных к барабану лопастей в пастеризаторах может быть цельная съемная крыльчатка, которая закрепляется вместе с барабаном при затягивании зажимного винта. В аппарате такой конструкции удобнее мыть барабан.

Механизм приводится в действие от индивидуального фланцевого электродвигателя 17, смонтированного на одной станине с пастеризатором. Движение от электродвигателя на вал вытеснительного барабана передается через два клиновидных ремня 19, что значительно уменьшает шум при работе пастеризатора. Вертикальный вал вращается на двух роликовых подшипниках.

Действие вращающихся лопастей позволяет поднять горячее молоко на высоту 4—5 м без применения дополнительного насоса.

Молоко или сливки поступают в аппарат через приемную воронку, откуда через патрубок 21 проходят в нижнюю часть аппарата. Действием барабана 5 молоко приводится во вращение и поднимается в зазоре между стенкой внутреннего резервуара и вытеснительным барабаном. При этом молоко или сливки успевают нагреться от начальной температуры до температуры пастеризации.

Вверху молоко попадает в расширенную часть, где образует вращающееся кольцо жидкости, в котором пузырьки газа, воздуха и частицы пены под действием центробежной силы выделяются к центру. Таким образом, пастеризатор обладает обеспенивающим действием, что важно с технологической точки зрения.

В качестве теплоносителя в пастеризаторах с вытеснительными барабанами применяют насыщенный пар давлением до 0,3 ат. Пар поступает в рубашку через боковой патрубок, расположенный примерно на  $\frac{2}{3}$  высоты рубашки. Внутри рубашки пар рас-

пределяется отражающими щитками или кольцевыми распределителями, которые предупреждают местное перегревание стенки в зоне расположения парового патрубка.

Когда давление пара повышается сверх установленной нормы, приподнимается предохранительный клапан 14 и избыток пара выпускается.

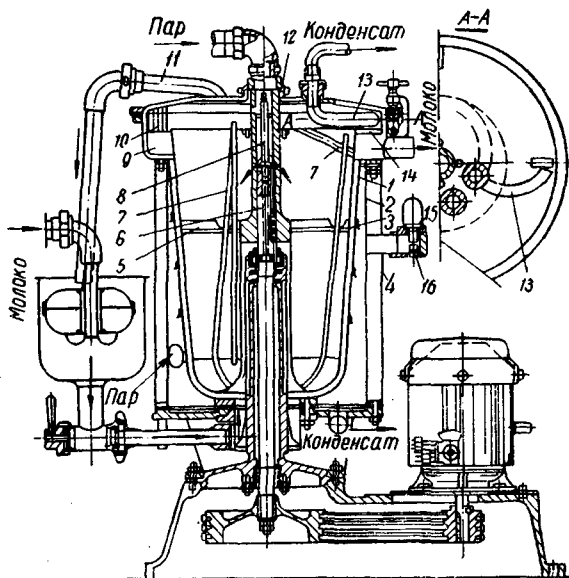


Рис. 33. Пастеризатор ОПД с двойным обогревом:

- 1 — корпус; 2 — паровая рубашка; 3 — вытеснительный барабан; 4 — кожух; 5 — отверстие для прохода конденсата вверх;
- 6 — вертикальный вал; 7 — трубка для воздуха; 8 — болт;
- 9 — лопасть; 10 — сборник конденсата; 11 — переливная труба;
- 12 — набивка; 13 и 14 — трубки для отвода конденсата;
- 15 — предохранительный клапан давления; 16 — предохранительный клапан вакуума.

При прекращении подачи пара в паровой рубашке возникает вакуум. Чтобы в этом случае устранить возможность повреждения пастеризатора атмосферным давлением, на аппарате открывается предохранительный вакуумный клапан 15.

Для отвода конденсата из аппарата применяются разные системы пружинных и простых конденсатоотводчиков. Конденсатоотводчик должен быть отрегулирован так, чтобы, с одной стороны, в рубашке не накапливался конденсат, а с другой, — чтобы не было сквозного прохождения пара через рубашку («протечного пара»). Возможно использование и других систем отвода пара, например, применение гидравлических затворов и конденсационных горшков.

Пастеризаторы ОПМ выпускают с поверхностью нагрева 0,3; 0,6 и 1,0 м<sup>2</sup>. Кроме того, существуют пастеризаторы ОПД с двусторонним обогревом, у которого пар подводится не только в рубашку, но и внутрь вытеснительного барабана. Благодаря этому у пастеризаторов с двусторонним обогревом при тех же размерах примерно вдвое большая греющая поверхность и увеличенная производительность.

Устройство пастеризатора ОПД, разработанного ВНИМИ на базе пастеризатора ОПМ, показано на рис. 33. Конструкция аппарата имеет следующие особенности.

Центральная втулка вытеснительного барабана удлинена и верхняя половина ее имеет вид трубки, конец которой выходит через отверстие в центре крышки пастеризатора, где находится сальниковое устройство с жаростойкой набивкой. Через эту трубку внутрь барабана поступает пар через отверстия в нижней части трубки.

Пар конденсируется на стенках и образующийся конденсат под действием центробежной силы поднимается по внутренней поверхности вытеснительного барабана, выходит в коробку для сбора конденсата в верхней части вытеснительного барабана, а затем отводится по изогнутой поворачивающейся трубке наружу. Кольцевой слой конденсата в коробке создает гидравлический затвор, препятствующий сквозному проходу пара.

Переливная труба, расположенная на крышке пастеризатора, предотвращает попадание молока в конденсат через центральное отверстие коробки при увеличении сопротивления в нагнетательной трубе для отвода молока.

При разборке аппарата трубка для отвода конденсата поворачивается в сальниковой втулке, смонтированной на крышке, к оси аппарата, после чего свободно проходит через центральное отверстие в коробке. Когда аппарат собирают, изогнутую трубку поворачивают так, чтобы ее свободный конец, захватывающий конденсат, находился у боковой стенки коробки.

Труба, подводящая пар в вытеснительный барабан, ответвлена от трубы, подводящей пар в рубашку пастеризатора. Подача пара в рубашку и в вытеснительный барабан регулируется отдельно вентилями.

В остальном пастеризатор ОПД подобен пастеризатору ОПМ, имеет такой же приводной механизм, предохранительные устройства, систему подачи молока.

Благодаря увеличению поверхности нагрева вдвое (до 1,2 м<sup>2</sup>) и высокому коэффициенту теплопередачи через стенки вращающегося барабана производительность аппарата ОПД увеличена по сравнению с производительностью пастеризатора ОПМ вдвое.

**Техническая характеристика пастеризаторов  
с вытеснительными барабанами и рубашками**

	ОПМ-0,6	ОПД-1,2
Поверхность нагрева, $m^2$ . . . . .	0,6	1,2
Производительность (в л/ч) при на- гревании		
молока от 5 до 85° С . . . . .	1000	2000
» от 40 до 85° С . . . . .	2000	4000
сливок от 5 до 85° С . . . . .	500	1000
Потребная мощность, кВт . . . . .	1,1	1,1
Число оборотов барабана в минуту . . . . .	366	366
Масса, кг . . . . .	260	320

**Расчеты паровых пастеризаторов**

**Производительность.** Производительность пастеризатора определяют по формуле

$$M = \frac{Fk\Delta t_{cp}}{c_m(t_2 - t_1)}, \quad (II-10)$$

- где  $M$  — производительность аппарата, кг/сек;  
 $F$  — поверхность нагрева,  $m^2$ ;  
 $c_m$  — удельная теплоемкость молока или сливок, дж/(кг × град);  
 $\Delta t_{cp}$  — средняя логарифмическая разность температур, °С;  
 $t_1$  — начальная температура молока или сливок, °С;  
 $t_2$  — конечная температура молока или сливок, °С;  
 $k$  — коэффициент теплопередачи, вт/( $m^2 \cdot град$ ).

Значение коэффициента теплопередачи для ориентировочных расчетов приведено на стр. 64.

**Пример.** Определить производительность пастеризатора с вытеснительным барабаном поверхностью нагрева 1  $m^2$ . Начальная температура молока  $t_1 = 10^\circ C$ , температура пастеризации  $t_2 = 85^\circ C$ , удельная теплоемкость молока  $c = 3940$  дж/(кг · град).

Расчет ведем по формуле (II-10).

На стр. 65 для пастеризатора с вытеснительным барабаном при нагревании от 10 до 85° С находим, что  $k = 3000$  вт/( $m^2 \cdot град$ ).

Далее определяем  $\Delta t_{cp}$

$$\Delta t_6 = 105 - t_1 = 105 - 10 = 95^\circ,$$

$$\Delta t_m = 105 - t_2 = 105 - 85 = 20^\circ,$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{95 - 20}{2,3 \lg \frac{95}{20}} \approx 48^\circ C.$$

Подставляем все полученные данные в формулу (II-10) и вычисляем

$$M = \frac{1 \cdot 3000 \cdot 48}{3940 (85 - 10)} = 0,487 \text{ кг/сек} = 1750 \text{ кг/ч.}$$

Паровые пастеризаторы с поверхностью нагрева 0,6  $m^2$  с вытеснительными барабанами производительностью 1000 л/ч ис-

пользуются не только для пастеризации молока с нагреванием от 5 до 85° С. В них часто подогревают молоко перед сепарированием до 40° С. В таких случаях производительность аппарата будет значительно выше паспортной величины 1000 л/ч. При применении регенераторов значительно увеличивается производительность пастеризаторов.

**Расход тепла и пара.** Количество тепла, потребное для пастеризации молока в аппарате, равно количеству тепла, выделенному при конденсации пара в паровой рубашке, что видно из формулы

$$Q = Mc_m(t_2 - t_1) = D(i - t_k)\eta, \quad (\text{II-11})$$

где  $M$  — количество нагреваемого молока или сливок, кг;  
 $t_1$  — начальная температура продукта, °С;  
 $t_2$  — температура пастеризации, °С;  
 $D$  — количество расходуемого на пастеризацию пара, кг;  
 $i$  — теплосодержание пара, дж/кг;  
 $t_k$  — температура отходящего конденсатора, °С;  
 $\eta$  — коэффициент использования тепла.

Следовательно, расход пара составляет

$$D = \frac{Mc_m(t_2 - t_1)}{(i - t_k)\eta}. \quad (\text{II-12})$$

Теплосодержание пара при давлении 0,3 ат около  $2,68 \times 10^6$  дж/кг. Если учесть, что температура отходящего конденсата в паровых пастеризаторах благодаря быстрому отводу от стенок слезниковыми кольцами около 90° С, а коэффициент использования тепла с потерями — около 0,9—0,95, то получим формулу для ориентировочного расчета расхода пара при работе парового пастеризатора

$$D = \frac{Q}{2,1 \cdot 10^6}. \quad (\text{II-13})$$

**Пример.** Определить часовой расход пара при работе парового пастеризатора при нагревании молока от 5 до 85° С, если производительность пастеризатора 1000 кг/ч.

Находим количество тепла, потребное для пастеризации,

$$Q = Mc_m(t_2 - t_1) = 1000 \cdot 3940 (85 - 5) = 315 \cdot 10^6 \text{ дж/ч.}$$

Расход пара составит по формуле (II-13)

$$D = \frac{315 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^6} \approx 150 \text{ кг/ч.}$$

**Напор, развиваемый мешалкой.** Лопасты или лопастная крыльчатка, закрепленная на верхней части вытеснительного бабана, играют роль горизонтального центробежного насоса, который проталкивает горячее пастеризованное молоко в трубу на высоту, достаточную для подъема молока на оросительный охладитель.

Напор, развиваемый вращающимися лопастями, зависит от диаметра крыльчатки и числа оборотов. Напор может быть ориентировочно определен так же, как и для лопастных центробежных насосов по формуле

$$H = \frac{v^2}{2g}, \quad (\text{II—14})$$

где  $H$  — развиваемый напор, *м вод. ст.*;  
 $v$  — окружная скорость лопастей, *м/сек*;  
 $g$  — ускорение силы тяжести, *м/сек<sup>2</sup>* ( $g=9,81$ ).

Окружную скорость определяют по известной формуле

$$v = \frac{\pi dn}{60},$$

где  $d$  — диаметр крыльчатки, *м*;  
 $n$  — скорость вращения барабана, *об/мин*.

Если напор задан, то, пользуясь приведенными формулами, легко определить необходимое число оборотов барабана, при котором требуемый напор будет достигнут.

### Регенераторы тепла

Горячее молоко, выходящее из пастеризатора, уносит с собой большое количество тепла, которое пропадает бесполезно, если молоко поступает сразу на охладитель. Это тепло можно использовать для предварительного подогрева холодного сырого молока перед пастеризацией, что позволит экономнее расходовать пар при пастеризации.

Такое использование тепла горячего пастеризованного молока называется регенерацией тепла. Для регенерации тепла применяют специальные аппараты-регенераторы. Регенерация тепла позволяет:

предварительно подогреть за счет горячего пастеризованного молока сырое холодное молоко, поступающее на пастеризацию, и получить экономию пара, расходуемого на пастеризацию 1 т молока;

увеличить примерно в 2 раза производительность пастеризатора благодаря предварительному подогреву молока и облегчению условий работы пастеризатора.

Выпускают различные типы регенераторов (трубчатые, пластинчатые и др.). Наиболее простыми и в то же время достаточно эффективными являются противоточные трубчатые и прямоточные плоские регенераторы.

Противоточный трубчатый регенератор устроен как обычный трубчатый оросительный охладитель для молока и сливок.

Аппарат состоит из трубчатой секции, верхнего распределительного желоба и нижнего сборного желоба. Трубчатая секция

изготовлена из медных труб луженых внутри и снаружи. Концы труб заделаны в двух бронзовых коллекторах, которые закрываются откидными крышками и могут быть легко и быстро открыты для чистки и мойки внутренних поверхностей аппарата. Регенератор установлен на двух стойках, конструкция которых допускает его установку на разной высоте.

Сырое холодное молоко поступает в верхний желоб регенератора и стекает на поверхность трубок, внутри которых снизу вверх движется горячее молоко из пастеризатора. Сырое молоко подогревается, собирается в нижнем желобе и поступает в пастеризатор. Здесь молоко нагревается до температуры пастеризации и нагнетается пастеризатором внутрь трубок регенератора через нижний патрубок. Поднимаясь вверх (противотоком по отношению к холодному молоку), горячее пастеризованное молоко охлаждается.

Регенерацию тепла широко используют и в пластинчатых пастеризационно-охладительных установках, описанных ниже.

Экономия тепла (пара), получаемая благодаря применению регенератора, характеризуется коэффициентом регенерации, величина которого представляет собой отношение количества тепла, отданного горячим молоком или принятого сырым, к общему количеству тепла, потребному для нагревания молока от начальной температуры до температуры пастеризации. Таким образом, коэффициент регенерации

$$\varepsilon = \frac{Q_p}{Q_n} = \frac{Mc_m(t_2 - t_1)}{Mc_m(t_3 - t_1)} = \frac{t_3 - t_4}{t_3 - t_1}, \quad (\text{II}-15)$$

где  $M$  — производительность аппарата,  $кг/сек$ ;

$Q_p$  — тепло регенерации,  $дж$ ;

$Q_n$  — тепло пастеризации,  $дж$ ;

$c_m$  — удельная теплоемкость молока,  $дж/(кг \cdot град)$ ;

$t_1$  — начальная температура сырого молока,  $^{\circ}C$ ;

$t_2$  — температура сырого молока после подогрева на регенераторе,  $^{\circ}C$ ;

$t_3$  — температура пастеризации,  $^{\circ}C$ ;

$t_4$  — температура пастеризованного молока после регенерации,  $^{\circ}C$ .

### Трубчатые закрытые пастеризаторы

Большой недостаток описанных типов пастеризаторов: ванн длительной пастеризации, паровых пастеризаторов с вытеснительными барабанами и мешалками состоит в том, что во время обработки в них молоко не защищено от контакта с окружающим воздухом. Это может быть причиной попадания в него из воздуха посторонних частиц и микробов, а также причиной появления пены. Установлено также, что нагревание молока в контакте с воздухом вредно отражается на его качестве.



От этих недостатков свободны закрытые пастеризаторы трубчатого и пластинчатого типов, где все процессы тепловой обработки протекают в узких закрытых каналах без доступа воздуха. Молоко, тепло- и хладоносители двигаются в них под напором, причем возможны значительные скорости потока и турбулентный режим, обуславливающий интенсивную теплопередачу.

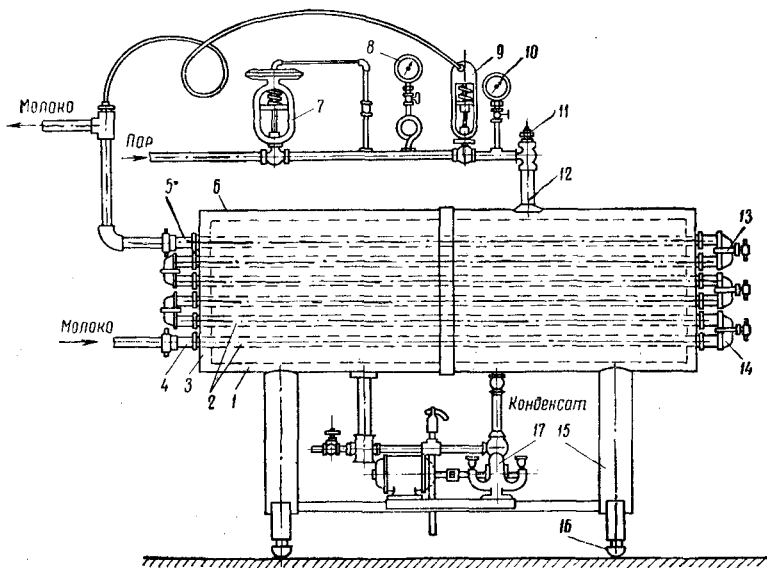


Рис. 34. Односекционный трубчатый пастеризатор:

1 — корпус; 2 — нагревательные трубки; 3 — изоляция; 4 — труба для входа молока; 5 — труба для выхода молока; 6 — кожух; 7 — автоматический редукционный паровой вентиль; 8 — манометр; 9 — терморегулятор прямого действия; 10 — вакуумметр; 11 — вакуумный клапан; 12 — труба для входа пара; 13 — струбцина; 14 — калач; 15 — ножка; 16 — опора; 17 — ротационный насос.

Трубчатые аппараты широко применяют на молочноконсервных заводах и на заводах, изготавливающих масло и сухое обезжиренное молоко, для пастеризации молока перед сгущением и для подогревания молока перед сушкой.

Горизонтальный односекционный трубчатый пастеризатор с паровым обогревом приведен на рис. 34.

Пастеризатор состоит из закрытого со всех сторон цилиндрического корпуса 1 и вмонтированных в корпус нагревательных трубок 2. Корпус изготовлен из листовой стали и окружен изоляцией 3 и наружным кожухом 6.

Корпус установлен на ножках 15, опорные части которых можно ввинчиванием регулировать по высоте для точной установки на неровном полу. Нагревательные трубки закреплены на торцовых стенках корпуса. Количество трубок зависит от

производительности аппарата и бывает от 12 до 48. Свободные концы трубок, выступающие из аппарата, закрываются и попарно соединяются объемными калачами 14, которые прижимаются на резиновых прокладках при помощи струбцин 13.

Все трубки соединены друг с другом при помощи калачей последовательно в один непрерывный змеевик, обогреваемый паром, входящим в корпус аппарата по трубе 12.

Молоко поступает на пастеризацию или подогревание по нижней трубе 4. Проходя внутри трубок, оно нагревается паром, находящимся в корпусе, до установленной температуры и выходит по трубе 5.

Поступление пара регулируется автоматически в зависимости от температуры пастеризации установленным на трубопроводе терморегулятором прямого действия 9. Здесь же установлены вакуумметр 10, манометр 8 и автоматический редуцирующий паровой вентиль 7 (регулятор давления прямого действия), автоматически поддерживающий в подводящем паропроводе требуемое рабочее давление пара.

Для ликвидации вакуума, который возникает в корпусе по окончании работы, и прекращения подачи пара, установлен вакуумный клапан 11. Конденсат, образующийся при работе аппарата, удаляется из нижней части корпуса ротационным насосом 17, установленным под аппаратом на площадке станины.

В аппаратах этого типа молоко не только пастеризуют при температуре 85—87° С, но и нагревают до 110° С. В зависимости от принятого режима пастеризации в корпусе следует поддерживать большее или меньшее давление пара. Например, при температуре пастеризации 85° С давление пара около 0,3 ат, а при 100° С — около 0,75 ат.

Если молоко нагревают до 110° С, то соединяют последовательно два односекционных трубчатых пастеризатора с таким расчетом, чтобы в первом температура продукта повысилась до 80° С, а во втором — от 80 до 110° С.

На некоторых молочноконсервных заводах нагревание до 110° С производят в трубчатых пастеризаторах двухступенчатого действия. Они состоят из двух групп трубок, каждая из которых заключена в горизонтальный цилиндрический корпус, причем оба цилиндра смонтированы на одной станине один под другим.

В нижней секции аппарата молоко нагревается до 60—65° С горячей водой, нагретой в отдельном бойлере до 80—85° С и циркулирующей по замкнутой системе. Верхняя секция пастеризатора обогревается паром, что позволяет нагревать молоко до 105—110° С. Режим пастеризации регулируется терморегулятором и контролируется посредством термографа.

Производительность трубчатых пастеризаторов зависит от числа и размеров трубок и бывает в пределах 2000—18000 л/ч. Большое достоинство трубчатых пастеризаторов в небольшом

количестве и малых размерах уплотнительных прокладок, требующих частого и трудоемкого ремонта.

Недостатком трубчатых аппаратов являются их большие размеры по сравнению с пластинчатыми аппаратами. Этот недостаток усугубляется еще и тем, что трубчатые аппараты требуют значительного свободного пространства со стороны калачей, необходимого для работы длинными ершами при чистке и мойке аппарата.

Другим важным недостатком трубчатых аппаратов описанного типа является отсутствие в них секций для регенерации тепла. Поэтому применяют эти пастеризаторы главным образом там, где регенерация тепла не нужна.

Трубчатые пастеризаторы без регенерации потребляют в час столько же тепла, сколько и паровые мешалочные аппараты. Количество тепла и соответствующий ему часовой расход пара при работе трубчатого аппарата определяются при необходимости по тем же формулам, как и для паровых пастеризаторов с вытеснительными барабанами.

### **Пластинчатые аппараты и пастеризационно-охладительные установки**

Пластинчатые аппараты и пластинчатые пастеризационные установки применяют в различных отраслях молочной промышленности. Их достоинство и универсальность гарантируют им первое место среди различных видов оборудования для пастеризации молока и сливок.

Чтобы легче уяснить принцип работы пластинчатого аппарата и его основные особенности, рассмотрим устройство и работу простейшего пластинчатого теплообменника, состоящего из одной секции (рис. 35).

Аппарат состоит из группы теплообменных пластин<sup>1</sup> 1, подвешенных на горизонтальных штангах 13, концы которых заделаны в стойках 2 и 9. При помощи нажимной плиты 8 и винта 10 пластины сжимают в один пакет.

Зазоры между пластинами зависят от толщины резиновых прокладок 14 (3—6 мм). Система уплотнительных прокладок построена так, что после сборки и сжатия пластин в аппарате образуются две изолированные одна от другой системы каналов для молока и теплоносителя. Одна из этих систем состоит из нечетных проходов между пластинами, а другая — из четных, поэтому потоки обогреваемой жидкости и теплоносителя чередуются.

---

<sup>1</sup> На схеме для более ясного изображения потоков жидкостей показаны только пять пластин в раздвинутом положении. В действительности аппараты состоят из большого числа пластин, которые во время работы плотно прижаты одна к другой.

Пластины аппарата тонкие, металлические, обычно штампованные из нержавеющей стали, обеспечивают достаточно высокий теплообмен между соседними потоками.

Рассмотрим движение молока и теплоносителя через аппарат. Молоко входит в аппарат через патрубок 4 и через угловое отверстие 5 попадает в продольный канал аппарата, образованный угловыми отверстиями пластин при их сжатии. По этому каналу молоко доходит до пограничной пластины 7, имеющей глухой

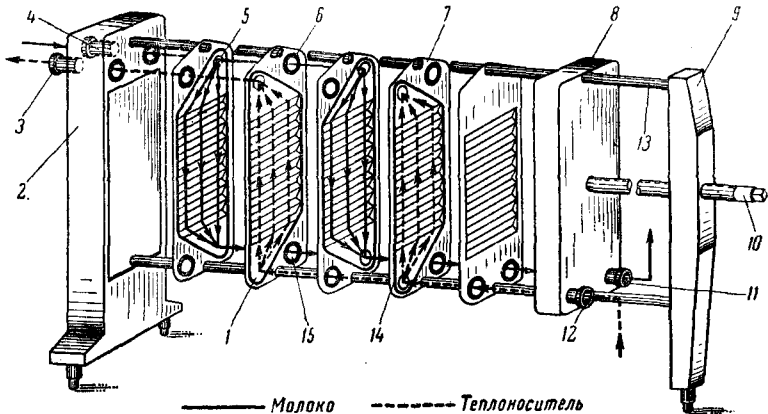


Рис. 35. Схема устройства и работы простейшего пластинчатого аппарата:

1 — теплообменная пластина; 2 — передняя стойка; 3, 4, 11 и 12 — патрубки; 5 — верхнее угловое отверстие; 6 — кольцевая прокладка; 7 — пограничная пластина; 8 — нажимная плита; 9 — задняя стойка; 10 — винт; 13 — штанга; 14 — резиновая прокладка; 15 — нижнее угловое отверстие.

угол (без отверстия). Из продольного канала молоко распределяется по нечетным зазорам и пластинам благодаря соответствующему расположению кольцевых прокладок 6, исключающих возможность проникновения его в четные зазоры.

При движении в зазорах вниз молоко обтекает рифленные поверхности пластин, которые с обратной стороны обгреваются теплоносителем. Внизу молоко выходит из зазоров в нижний продольный канал, образованный угловыми отверстиями 15 и выходит из аппарата через патрубок 11.

Теплоноситель движется через аппарат противотоком по отношению к молоку. Он поступает через патрубок 12, проходит через нижний продольный канал, распределяется по четным зазорам между пластинами и движется по ним вверх. Через верхний продольный канал и патрубок 3 вода выходит из аппарата.

Таким образом в пластинчатом аппарате происходит теплообмен между горячей водой и молоком через тонкую волнистую металлическую стенку и молоко нагревается до необходимой температуры.

Обычно пластинчатые пастеризаторы собраны по более сложным схемам. В них не только нагревают молоко, но и охлаждают его (частичное охлаждение горячего молока сырым холодным молоком — регенерация, охлаждение холодной водой и окончательное охлаждение рассолом или ледяной водой до температуры 3—5° С).

Это достигается сочетанием в одном аппарате одинаковых по конструкции, но различных по назначению секций, что позволяет выполнить в пределах одного аппарата весь комплекс операций тепловой обработки молока.

Кроме того, однотипность пластин и возможность различной компоновки секций пастеризатора позволяет заводам-изготовителям легко создавать пластинчатые аппараты, предназначенные не только для обычной пастеризации цельного молока, но и для одновременного решения комбинированных производственных задач, например, для раздельной пастеризации сливок и обезжиренного молока с нагреванием до разных температур.

Важным достоинством пластинчатых аппаратов является возможность получения большой производительности в одном аппарате (до 20 000 кг/ч) при сравнительно небольших габаритных размерах. Характерной особенностью пластинчатых аппаратов является отсутствие в них движущихся деталей: мешалок, барабанов и пр.

Существенный недостаток пластинчатых пастеризаторов — это наличие в них большого числа резиновых прокладок, многие из которых находятся в горячей зоне. Они периодически выходят из строя и требуют замены.

Пластинчатые пастеризаторы могут быть сконструированы для любого из трех режимов пастеризации.

Примерная схема моментальной пастеризации на пластинчатом аппарате показана на рис. 36. Пастеризатор состоит из четырех секций пластин, установленных на общей раме. Устройство каждой секции комбинированного аппарата подобно устройству рассмотренного выше простейшего пластинчатого аппарата.

Кроме тонких рифленых теплообменных пластин в комбинированном аппарате, применяют толстые решетчатые плиты, расположенные между секциями и предназначенные для установки на них патрубков для входа и выхода молока, воды и рассола.

Процесс идет следующим образом. Холодное сырое молоко температурой 5—10° С поступает в секцию регенерации 1, где подогревается до 60—70° С горячим пастеризованным молоком. Подогретое сырое молоко проходит в секцию пастеризации 2 и нагревается до 85—90° С горячей водой, нагнетаемой центробежным насосом из бойлера. Вода в бойлере нагревается паром.

Температуру пастеризации контролируют по термометру на молокопроводе, соединяющем секции пастеризации и регенерации. Так как пастеризация без выдерживания, то молоко из сек-

ции пастеризации идет непосредственно в секцию регенерации тепла 1.

В зависимости от величины этой секции пастеризованное молоко охлаждается в ней в большей или меньшей степени (обычно до 25—30° С). Затем оно проходит в секцию водяного охлаждения 3, здесь охлаждается холодной водой и, наконец, в секцию рассольного охлаждения 4, откуда выходит охлажденным до 3—5° С.

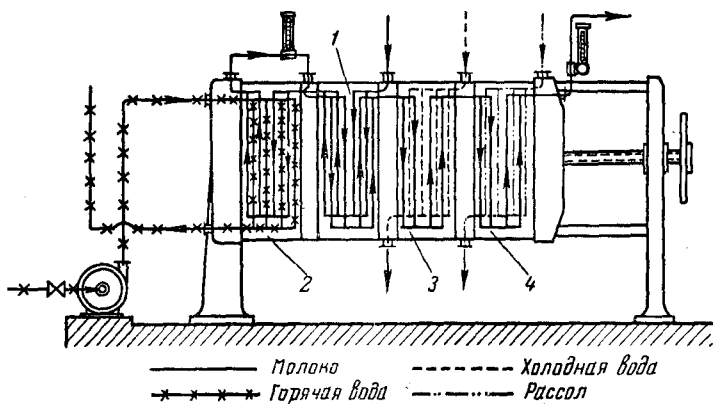


Рис. 36. Схема работы пластинчатого пастеризационно-охладительного аппарата при моментальной пастеризации молока:

1 — секция регенерации; 2 — секция пастеризации; 3 — секция охлаждения водой; 4 — секция охлаждения рассолом.

Современные пластинчатые пастеризационно-охладительные установки представляют собой сложные в техническом отношении комплексы, включающие необходимые средства автоматизации, обеспечивающие автоматический контроль и регулирование работы установки в целом. Различные установки имеют много общего между собой, если у них одинаковое технологическое назначение.

Типичным примером современной пластинчатой пастеризационно-охладительной установки может служить установка ОПУ-10 отечественного производства (рис. 37). Назначение этой установки — пастеризация цельного молока на городских молочных заводах, в соответствии с чем выбран состав секций и температурные режимы в них, т. е. установка работает на режиме кратковременной пастеризации 75—76° С с выдержкой 15—20 сек в поточном трубчатом выдерживателе.

Сырое молоко подается насосом или самотеком из молочного бака через патрубок 10 и поплавковый клапан 11 в промежуточный бак 5, где при помощи поплавкового регулятора поддерживается постоянный уровень молока. Затем молоко насосом 6

подается через стабилизатор потока 12 в первую регенеративную секцию 13, где подогревается до 40—60° С. Подогретое молоко выходит в один из центробежных молокоочистителей 2.

Таким образом, молочный насос 6 проталкивает молоко только через стабилизатор потока, первую секцию регенерации и трубопроводы до молокоочистителя. Стабилизатор потока устраняет необходимость в ручной регулировке производительности,

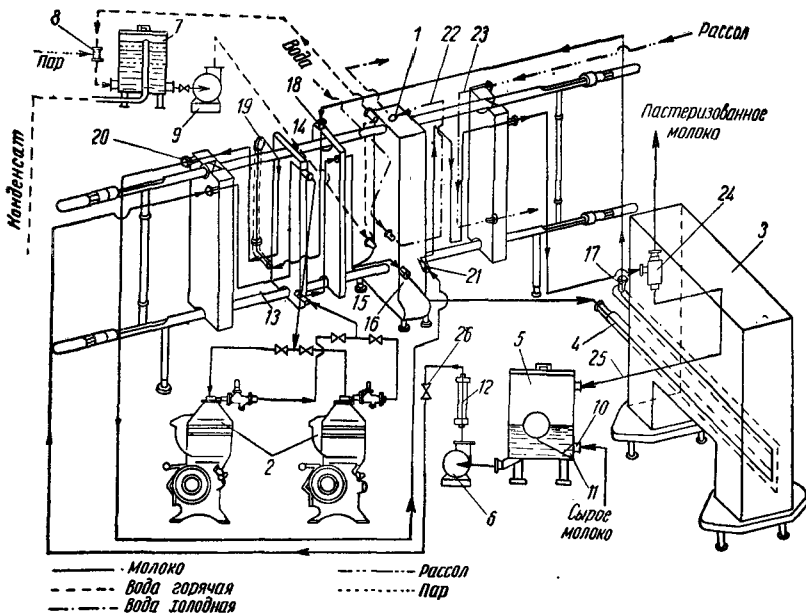


Рис. 37. Пластинчатая пастеризационно-охладительная установка ОПУ-10:

1 — пластинчатый аппарат; 2 — центробежные молокоочистители; 3 — шкаф (пульт); 4 — трубчатый выдерживатель; 5 — промежуточный бак; 6 — насос для молока; 7 — бойлер; 8 — инжектор; 9 — насос для горячей воды; 10, 16, 17, 18, 20, 21 — патрубки; 11 — поплавковый клапан; 12 — стабилизатор потока; 13 — первая секция регенерации; 14 — вторая секция регенерации; 15 — секция пастеризации; 19 — перепускная труба; 22 — секция охлаждения водой; 23 — секция охлаждения рассолом; 24 — перепускной клапан; 25 — трубка; 26 — кран.

автоматически поддерживая величину подачи на уровне паспортной производительности. Это создает благоприятные условия для работы автоматики, устраняет опасность нарушения температурных режимов в секциях аппарата и опасность переполнения барабана очистителя при внезапном увеличении подачи в результате неосторожного регулирования вручную.

Очистка молока перед пастеризацией повышает эффективность работы пастеризатора и является одним из условий надежной пастеризации. Она предохраняет пластины пастеризационной секции от преждевременного образования пригара, понижающего теплопередачу и производительность аппарата.

Кроме того, применяемые у нас полугерметические очистители обладают обеспечивающим действием, т. е. задерживают и разрушают пену и не позволяют ей проходить в секцию пастеризации. Пена приносит большой вред работе аппарата, так как способствует образованию пригара и затрудняет прогревание всех частиц молока до температуры пастеризации.

Напорный диск очистителя играет роль центробежного насоса. Молоко из очистителя проходит через вторую секцию регенерации

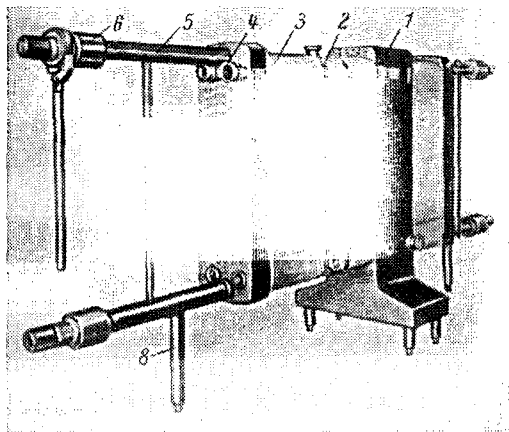


Рис. 38. Пластинчатый аппарат ОПУ-10:

1 — главная стойка; 2 — межсекционная плита; 3 — теплообменная пластина; 4 — нажимная плита; 5 — горизонтальная штанга; 6 — зажимной механизм; 7 — распорка; 8 — ножка.

защается во вторую регенеративную секцию 14, переходит через перепускную трубу 19 в первую секцию регенерации и выходит через патрубок 20 при температуре около 22° С.

Далее молоко направляется по трубе к патрубку 21 и проходит через секции водяного и рассольного охлаждения. Охлажденное до 4—5° С пастеризованное молоко выходит из патрубка и через автоматический перепускной клапан 24 направляется по молокопроводу в танк.

Перепускной клапан пропускает молоко на выход только при условии, что температура его в выдерживателе соответствует установленной температуре пастеризации. Если температура пастеризации ниже нормы, то перепускной клапан изменяет направление потока и молоко возвращается по трубе 25 в промежуточный бак.

Пластинчатый аппарат ОПУ-10 (рис. 38) в установке — отечественной конструкции с двусторонним размещением секций

регенерации 14, где подогревается до 62—63° С. Затем оно идет через секцию пастеризации 15, в которой нагревается до 74—76° С горячей водой, поступающей из бойлера 7.

Нагретое молоко выходит через патрубок 16 на стойке аппарата и направляется в выдерживатель 4 в виде двух труб, смонтированный в нижней части пульты (длина труб 1475 мм, диаметр 160 мм). После выдерживания в потоке в течение 15—20 сек молоко через патрубок 17 молокопровода и патрубок 18 снова возвра-



относительно главной стойки. Станина двусторонняя соответственно компоновке секций. Она состоит из главной стойки 1, горизонтальных штанг 5 для подвески пластин, зажимных винтовых механизмов 6 по концам штанг, вертикальных распорок 7, ножек 8. Главная стойка установлена на четырех ножках, позволяющих мыть пол под стойкой.

У верхней поддерживающей штанги станины плоский скос, который при принятой конструкции пластины позволяет легко вынимать для ремонта любую из пластин в отдельности при рас-

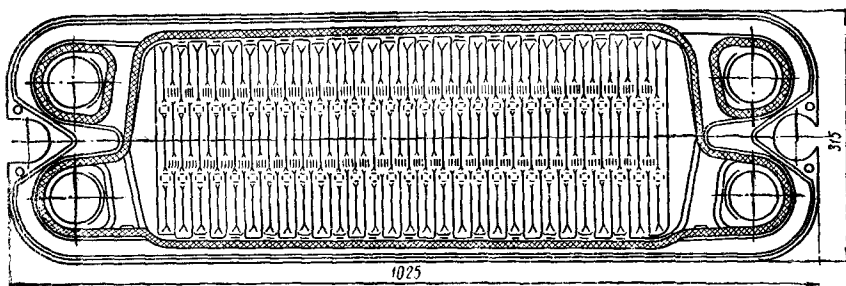


Рис. 39. Теплообменная пластина аппарата ОПУ-10.

крытом состоянии аппарата. Для этого отклоняют нижнюю часть пластины в продольном направлении, выводят ее из контакта с нижней штангой, отводят в сторону, после чего верхняя штанга благодаря скосу пройдет через выемку в верхней части пластины и пластину снимают.

Все ножки станины снабжены вывинчивающимися наконечниками, позволяющими устанавливать аппарат строго горизонтально на плиточном полу, с уклоном в сторону трапа.

Размещение главной стойки в середине аппарата в сочетании с расположением непосредственно у нее секций пастеризации позволило сосредоточить на этой стойке вводы и выходы горячей и холодной воды и устранило необходимость частой разборки коммуникаций при разборке аппарата.

Главная стойка станины литая чугунная, облицована листовой нержавеющей сталью. Теплообменные пластины аппарата (рис. 39) изготовляют из листовой нержавеющей стали 1Х18Н9Т. Рабочая поверхность одной пластины составляет 0,198 м<sup>2</sup>.

Компоновку секций пластинчатых аппаратов условно обозначают дробью. В числителе ставят сумму цифр, количество которых показывает число пакетов, а каждая из цифр — количество параллельных потоков молока в соответствующем пакете. Сумма цифр в знаменателе соответствует числу пакетов и параллельных потоков рабочей жидкости.

Например, если в секции пастеризации со стороны потока молока имеется 3 пакета пластин по 8 потоков в каждом, а со стороны горячей воды один пакет, содержащий 24 потока, то компоновку секций обозначают  $\frac{8+8+8}{24}$ .

Рабочие поверхности секций аппарата ОПУ-10, число пластин в них и компоновка пакетов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Секция	Рабочая поверхность, м <sup>2</sup>	Число пластин	Компоновка секций
Первая регенеративная .	12,6	65	$\frac{8+8+8+8}{8+8+8+8}$
Вторая регенеративная .	3,8	21	$\frac{10}{10}$
Пастеризационная . . .	9,4	49	$\frac{8+8+8}{24}$
Водяного охлаждения .	6,0	32	$\frac{8+8}{16}$
Рассольного охлаждения	3,8	21	$\frac{10}{10}$
Всего . . .	35,6	188	

Указанные размеры секции регенерации аппарата ОПУ-10 обуславливают высокую степень регенерации тепла (около 82%).

Секция пастеризации построена с таким расчетом, чтобы была возможность работать на полной производительности при относительно невысокой температуре горячей воды (около 78°С).

Небольшая разность температур между горячей водой и молоком является одним из важных условий медленного образования пригара и устойчивой производительности аппарата на протяжении многих часов непрерывной работы.

Характерный график температур молока, горячей и холодной воды и рассола для аппарата ОПУ-10 приведен на рис. 40, а. Кривые изменения температур молока и рабочих жидкостей изображены на фоне секций, расположение которых на рисунке соответствует размещению в аппарате.

На рис. 40, б показан график изменения давлений молока на различных участках его движения через аппарат. Потеря давления при проталкивании сырого молока молочным насосом через первую секцию регенерации составляет 0,5—0,2=0,3 кгс/см<sup>2</sup>, а при проталкивании очистителем через остальные секции до

места выхода холодного пастеризованного молока из рассольной секции  $1,6 - 0,3 = 1,3$  кгс/см<sup>2</sup>. Таким образом, общий потребный напор для проталкивания молока при нормальном состоянии аппарата ОПУ-10 равен  $1,3 + 0,3 = 1,6$  кгс/см<sup>2</sup>.

По мере износа резиновых прокладок расстояние между пластинами уменьшается, скорость потоков возрастает и потребный

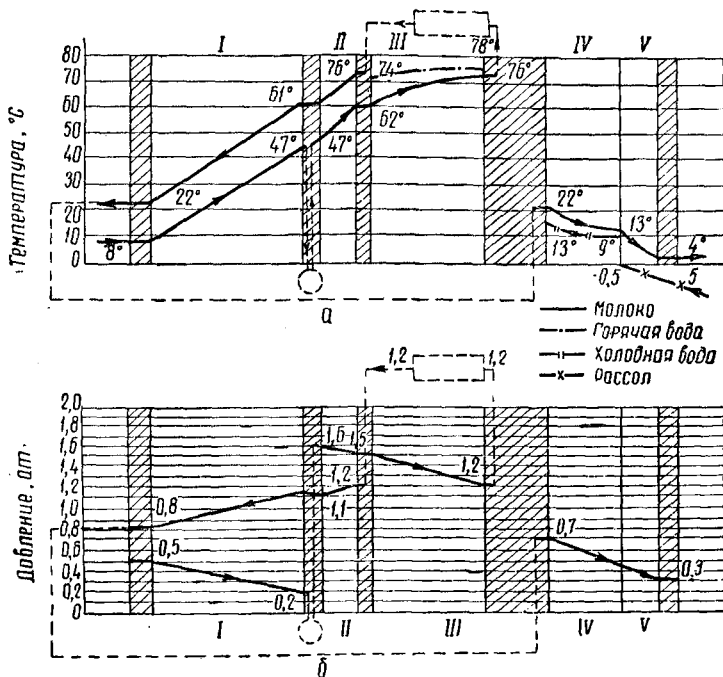


Рис. 40. Графики температур и давлений для аппарата ОПУ-10:

а — график температур; б — график давлений молока; I — первая секция регенерации; II — вторая секция регенерации; III — секция пастеризации; IV — секция охлаждения водой; V — секция охлаждения рассолом.

напор повышается. Первоначальное расстояние по горизонтали между пластинами в аппарате ОПУ-10 около 4 мм, наименьшее же возможное — 2,5 мм.

Первичным теплоносителем в установке ОПУ-10 служит пар, который поступает в инжектор 8 (см. рис. 37). В инжекторе пар смешивается с горячей водой, циркулирующей между бойлером 7 и пастеризационной секцией, и подогревает ее до 78—80° С. Инжектор включен в трубопровод для горячей воды. Пар поступает по паропроводу, входит в инжектор и заполняет кольцевое пространство вокруг смесителя. В смесителе 7 цилиндрических сопел, через которые проходит вода. Пар идет через кольцевые

заворы вокруг сопел в одном направлении с горячей водой, смешивается с ней и подогревает ее.

В Советском Союзе для пастеризации молока выпускают пластинчатые установки ОПУ-15, ОП2-У5, ОПУ-3М, которые отличаются от ОПУ-10 компоновкой пластинчатых аппаратов.

#### Техническая характеристика пластинчатых пастеризационно-охладительных установок для молока

	ОПУ-10	ОП2-У5	ОПУ-3М
Производительность, кг/ч . . . . .	10000	5000	3000
Температура пастеризации, °С . . . . .	72—76	72—76	72—76
Рабочая поверхность секций, м <sup>2</sup> ,			
первой регенерации . . . . .	12,7	6,5	3,8
второй регенерации . . . . .	3,9	5,0	2,6
пастеризации . . . . .	9,5	5,0	3,8
охлаждения водой . . . . .	8,3	5,0	2,6
охлаждения рассолом . . . . .	3,9	5,0	2,6
Коэффициент регенерации тепла . . . . .	0,82	0,82	0,82
Расход пара, кг/ч . . . . .	240	120	75
Потребляемая мощность, кВт . . . . .	16	12	8
Габариты пастеризационного аппарата, мм			
длина . . . . .	3230	2255	1905
ширина . . . . .	700	700	700
высота . . . . .	1480	1525	1525
Масса, кг . . . . .	1700	1195	1012

Установки для пастеризации сливок (ОП1-У1 и ОП2-У2) конструктивно аналогичны установкам ОПУ-3М и ОП2-У5. Основное отличие их в том, что пастеризационный аппарат имеет не 5, а 4 теплообменных секций: регенерации, пастеризации, водяного и рассольного охлаждения.

Аналогично установкам ОПУ-3М и ОП2-У5 сконструированы установки для линий производства кисломолочных продуктов и сыра (ОПЛ-5 и ОПЛ-10). Особенность ОПЛ заключается в отсутствии у пастеризационного аппарата секций водяного и рассольного охлаждения. Они не требуются, потому что молоко охлаждается до 32—36°, что обеспечивает регенеративная секция. Кроме того, в установку входят 2 выдерживателя.

#### Тепловые расчеты пластинчатых пастеризаторов

При тепловом расчете пастеризатора устанавливают производительность секций при выбранном температурном режиме и известной рабочей поверхности или, наоборот, определяют требуемую рабочую поверхность, необходимую для получения заданной производительности при выбранном температурном режиме. Перед расчетом необходимо выбрать на основании имеющихся данных и местных условий работы температуры всех жидкостей (молока, воды, рассола) в начале и конце секции и составить график температур по образцу, показанному на рис. 41.

При этом необходимо учитывать следующее. Температура сырого молока при входе в секцию регенерации  $t_1$  обычно около  $10^\circ\text{C}$ . Температуру пастеризации  $t_3$  выбирают в зависимости от нужного режима. Температуры  $t_2$  и  $t_4$  при выходе молока из регенеративной секции вычисляют, задаваясь предварительно желательным коэффициентом регенерации (0,65—0,85) и по формуле (II—15)

$$\varepsilon = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1} = \frac{t_3 - t_4}{t_3 - t_1}$$

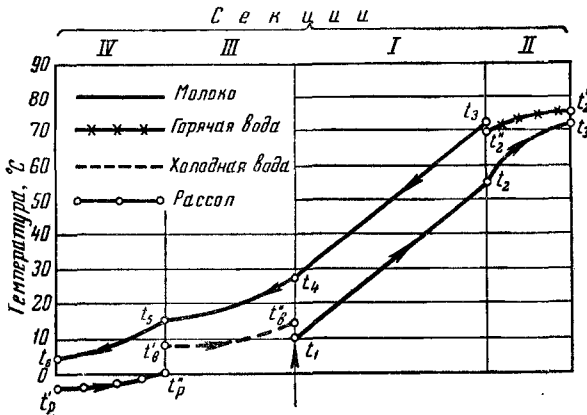


Рис. 41. График температур для пластинчатого аппарата:  
 I — секция регенерации; II — секция пастеризации; III — секция охлаждения водой; IV — секция охлаждения рассолом.

Температура  $t_5$  при выходе молока из секций водяного охлаждения обычно на  $3-5^\circ$  выше температуры охлаждающей воды, которую выбирают в зависимости от местных и сезонных условий, а температура охлажденного молока  $t_6$  обычно  $3-5^\circ\text{C}$ .

Температура горячей воды  $t'_1$  при входе в секцию на  $2-3^\circ$  выше температуры пастеризации, а при выходе  $t'_2$  зависит от кратности (кратность выбирают в пределах  $4-7$ ). Эту температуру ( $t'_2$ ) вычисляют на основании уравнения

$$c_m (t_3 - t_2) = n c_v (t'_1 - t'_2), \quad \text{(II—16)}$$

где  $n$  — кратность воды;

$c_m$  — теплоемкость молока,  $\text{дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ ;

$c_v$  — теплоемкость воды,  $\text{дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ .

Подобным же образом устанавливают температуры холодной воды и рассола в начале и конце секции.

Зная температуры молока и рабочих жидкостей, можно вычислить средний температурный напор во всех секциях  $\Delta t_{cp}$  и

определить количество тепла для всех секций. Коэффициенты теплопередачи выбирают на стр. 64—65.

На основании этих данных из уравнения теплопередачи определяется рабочая поверхность каждой секции

$$Q = kF\Delta t_{\text{ср.}}$$

Расход пара при работе установки определяют с учетом регенерации по основной формуле

$$D = \frac{Q}{i - t_{\text{к}}} = \frac{Mc_{\text{м}}(t_3 - t_2)}{i - t_{\text{к}}}$$

Если температура  $t_2$  неизвестна, но известен коэффициент регенерации  $\epsilon$ , то расход пара определяют по формуле

$$D = \frac{Mc_{\text{м}}(t_3 - t_1)(1 - \epsilon)}{i - t_{\text{к}}}$$

Потребное для работы охладительных секций количество холода определяют так же, как и количество тепла.

### Вакуумные пароконтактные пастеризаторы

В вакуумных пароконтактных пастеризаторах (вакреаторах) молоко, сливки или смесь для мороженого нагреваются путем непосредственного контакта с чистым паром, затем они подвергаются вакуумированию для удаления избытка влаги в продукте, образовавшегося из-за добавления в него конденсата.

Основными частями вакуум-пастеризатора (рис. 42) являются цилиндрические резервуары 1, 4, 8 и эжекторный конденсатор 7. Молоко или другой жидкий молочный продукт подаются в распределительную камеру 3, откуда тонкими струйками через отверстия в перегородке падают вниз. В верхнюю часть резервуара 4 по трубе подается пар, который приходит в соприкосновение с продуктом, нагревает его и, конденсируясь, смешивается с ним.

Разбавленный конденсатом продукт сосредоточивается в нижней части резервуара 4, откуда по соединительной трубе через регулирующий клапан 5 проходит в резервуар (испаритель) среднего вакуума 8. Входной патрубков расположен по касательной к боковой стенке резервуара 8, поэтому горячая жидкость попадает на боковую стенку и опускается по ней вниз по спирали в виде пленки. При этом образуется значительная поверхность испарения.

Молоко нагревается в резервуаре 4 при абсолютном давлении 0,65—0,8 кгс/см<sup>2</sup>, что соответствует температуре пара 87,8—93,3° С. Можно применять и еще более низкие давления и температуры. Давление в резервуаре 8 ниже, чем в резервуаре 4 и составляет 0,5—0,67 кгс/см<sup>2</sup>. Относительные давления в резер-

вуарах 4 и 8 поддерживаются автоматически действием пружинного регулирующего клапана.

Разница давлений обеспечивает, с одной стороны, непрерывную подачу нагретого продукта из камеры 4 в испаритель 8, а с другой — энергичное кипение горячего продукта в испарителе 8, так как он поступает туда перегретым. Такое явление называется самоиспарением. Оно имеет большое значение для работы вакуум-пастеризатора. За счет самоиспарения удаляется часть

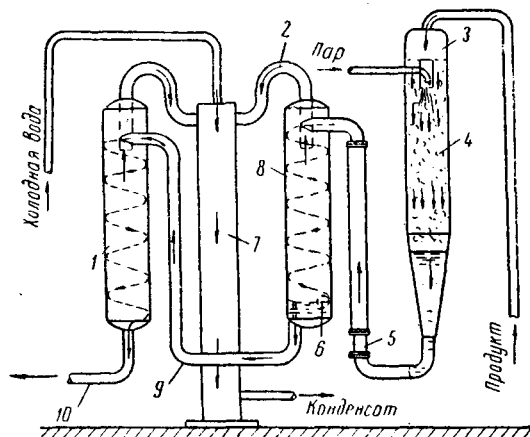


Рис. 42. Схема вакуум-пастеризатора:

1 — испаритель второй ступени; 2 — трубопровод для отвода пара и воздуха; 3 — распределительная камера; 4 — паровой резервуар; 5 — регулирующий пружинный клапан; 6 — поплавковый клапан; 7 — эжекторный конденсатор; 8 — испаритель первой ступени; 9 — соединительный трубопровод; 10 — труба для отвода продукта.

влаги из продукта, а следовательно, уменьшается разбавление конденсатом, которое было в предыдущем резервуаре. Кроме того, при кипении улетучиваются нежелательные пахучие вещества.

Пары, воздух и летучие вещества по трубе уносятся в конденсатор 7. Таким образом, в резервуаре 8 достигается некоторое сгущение продукта и его температура понижается до 71—82° С.

Поплавковый клапан 6 регулирует подачу продукта по трубе в испаритель глубокого вакуума 1, где процесс сгущения повторяется при давлении 0,07—0,1 кгс/см<sup>2</sup> и температуре кипения 38—45° С. Пастеризованный продукт выходит из аппарата по трубе и подается на охладитель.

Холодная вода для работы эжекторного конденсатора поступает, а смесь воды с конденсатом удаляется из него по специальным трубам. Для работы аппарата требуется значительное количество холодной воды.

Следует отметить достоинства описанного аппарата. Так как продукт нагревается при непосредственном контакте с паром, то коэффициент теплопередачи от пара к жидкому продукту очень высок. Это обеспечивает интенсивное прогревание частиц продукта и надежное пастеризационное действие.

Нагревание молока непосредственным контактом с чистым паром с последующим вакуумированием позволяет производить не только высокотемпературную пастеризацию при 90—95° С, но и стерилизацию при температуре до 140—150° С, так как отсутствие теплопередающих стенок устраняет опасность пригара.

Испарение влаги в вакуумных резервуарах сопровождается удалением части летучих веществ, придающих молоку нежелательные посторонние запахи кормового, стойлового и другого происхождения.

Кроме того гидравлические сопротивления всей системы очень малы, поэтому его можно использовать для пастеризации молочных продуктов с повышенной вязкостью.

Производительность аппаратов этого типа доходит до 6000 л/ч.

Недостатком вакуум-пастеризатора описанного типа является отсутствие в нем регенерации тепла и трудность ее осуществления. Это обусловлено тем, что большое количество тепла, сообщенное продукту, уходит с вторичными парами в конденсатор, где поглощается холодной водой. Поэтому расход пара в таких аппаратах составляет 100—150 кг на 1000 кг сливок, т. е. примерно такой же, как для паровых пастеризаторов с мешалками.

Другим недостатком вакуум-пастеризатора является значительный расход холодной воды для конденсации вторичного пара, составляющий до 2—3 м<sup>3</sup> на 1000 кг продукта.

### **Оборудование для стерилизации молока в бутылках**

Цельное молоко в бутылках стерилизуют в аппаратах периодического и непрерывного действия.

Схема стерилизатора непрерывного действия для стерилизации цельного молока в бутылках показана на рис. 43.

Бутылки, заполненные горячим молоком, укупоривают и транспортером подают к загрузочному механизму стерилизатора, который автоматически загружает их в носители, закрепленные на цепном транспортере. Транспортер поднимает бутылки вверх, огибает верхнюю звездочку и бутылки погружаются в шахту 1 с горячей водой. Температура воды в нижней части шахты 1 может быть доведена до 100° С благодаря гидростатическому давлению.

Из шахты 1 бутылки выходят в паровое пространство и переходят в шахту 2, где выдерживаются при 110° С. Давление пара



около 0,45 ат. Оно соответствует высоте столба воды в шахте 1, которая играет роль гидравлического затвора. После стерилизации бутылки проходят второй гидравлический затвор в шахте 3, где температура воды постепенно понижается до 82° С. Затем бутылки с молоком охлаждаются водой в шахте 4, воздухом на нисходящей ветви транспортера 5 и, наконец, холодной водой в баке 6.

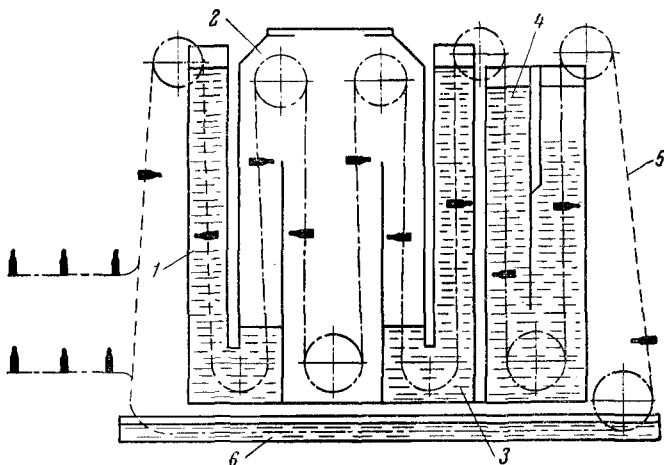


Рис. 43. Схема стерилизатора молока в бутылках:

1 — шахта с горячей водой ( $t=110^{\circ}\text{C}$ ); 2 — паровая шахта; 3 — шахта с горячей водой ( $t=82^{\circ}\text{C}$ ); 4 — шахта с холодной водой; 5 — транспортер; 6 — бак с холодной водой.

Расход тепла на стерилизацию обусловлен нагреванием продукта, корпуса стерилизатора, тары (банок, бутылок) и корзин или носителей, а также потерями в окружающую среду, т. е.

$$Q = (M_{\text{п}} c_{\text{п}} + M_{\text{с}} c_{\text{с}} + M_{\text{м}} c_{\text{м}}) (t_2 - t_1) + Q_{\text{п}}, \quad (\text{II}-17)$$

где

$Q$  — расход тепла на стерилизацию, дж;  
 $M_{\text{п}}, M_{\text{с}}, M_{\text{м}}$  — масса продукта, стекла и металла, кг;  
 $c_{\text{п}}, c_{\text{с}}, c_{\text{м}}$  — теплоемкость продукта, стекла и металла, дж/(кг · град);  
 $t_1$  и  $t_2$  — начальная и конечная температура продукта;  
 $Q_{\text{п}}$  — потери тепла в окружающую среду, дж.

Ориентировочно потери тепла в окружающую среду составляют 20% от расхода тепла, поэтому действительный расход составит

$$Q_{\text{д}} = 1,2 (M_{\text{п}} c_{\text{п}} + M_{\text{с}} c_{\text{с}} + M_{\text{м}} c_{\text{м}}) (t_2 - t_1). \quad (\text{II}-18)$$

## Установка для стерилизации молока в потоке

Молоко стерилизуют не только в таре, но и в непрерывном потоке с последующим разливом его в бумажные пакеты в асептических условиях. В установках для стерилизации молока (при нагревании его до 135—145°С) используют пластинчатый аппарат или продукт нагревается при непосредственном контакте с чистым паром.

Схема установки с пластинчатым аппаратом и график изменения температуры молока в ней показаны на рис. 44.

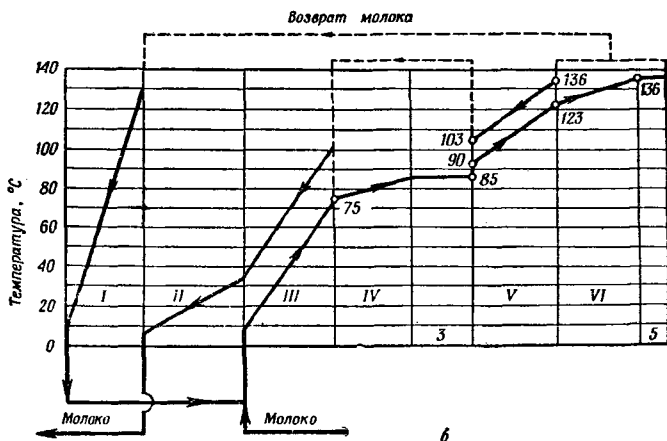
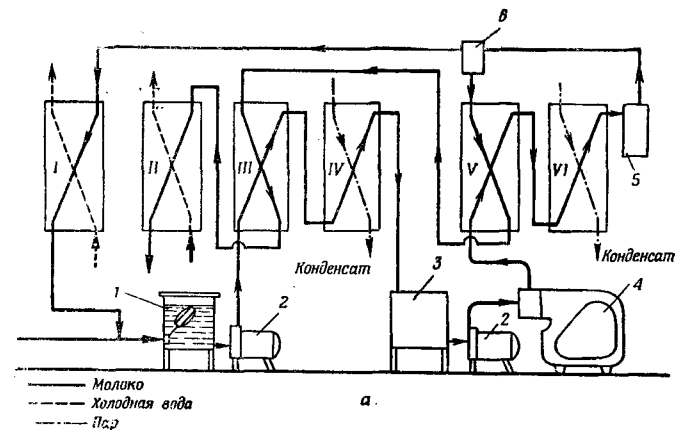


Рис. 44. Установка для стерилизации молока в потоке:

а — схема установки; б — график изменения температур; 1 — балансовый бак; 2 — насосы; 3 и 5 — выдерживатели; 4 — гомогенизатор; 6 — автоматический клапан; б — автоматический клапан; I и II — охлаждающие; III и V — регенеративные; IV и VI — нагревательные.

Сырое холодное молоко через балансировочный бак *1* подается в первую секцию регенерации *III*, где нагревается отводным горячим молоком до 70—75°С. С этой температурой оно идет в секцию *IV* и нагревается паром до 80—85°С. Затем молоко подается в выдерживатель *3*, где находится 3—5 мин. После выдержки молоко поступает в гомогенизатор *4*. Гомогенизируют молоко при давлении 200—250 ат, причем оно нагревается еще на 6—7°.

Гомогенизатором молоко нагнетается во вторую секцию регенерации *V*, и температура его поднимается до 123°С отводным стерилизованным молоком. Затем молоко проходит секцию стерилизации *VI* с температурой 135—140°С и поступает на 2 сек в выдерживатель *5*.

Стерилизованное молоко через автоматический клапан *6* направляется в секции *V*, *III* и *II* для охлаждения, а затем идет на розлив. Если температура молока не достигла нужной, то клапаном *6* оно подается в секцию охлаждения *I* и при температуре 65—70°С возвращается в балансировочный бак *1*.

Общий коэффициент регенерации тепла в установке 81%, а расход пара около 50 кг на 1 т молока.

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

Для механической обработки молока — очистки, разделения на фракции и гомогенизации — применяют фильтры, сепараторы, гомогенизаторы и эмульсоры.

### СЕПАРАТОРЫ

#### Назначение и принцип действия

Сепараторы предназначены для получения сливок, очистки молока и нормализации его по жиру.

В молоке содержится сравнительно небольшое количество жира (3—5%) в виде мельчайших шариков диаметром 1—10 *мкм* (микрометр). В 1 *см*<sup>3</sup> молока находится 2—5 млрд. жировых шариков. Основную массу жира составляют шарики диаметром 2—6 *мкм*.

Жировые шарики легче плазмы, поэтому в молоке, оставленном в покое, они всплывают на поверхность. Разница в плотности плазмы и жира невелика и жировые шарики малых размеров при естественном отстое всплывают очень медленно (несколько миллиметров в час). До изобретения сепараторов (1878 г.) сливки выделяли из молока только отстоем. Процесс длился 10—30 ч, требовалось много посуды, большие площади помещений и в снятом (обезжиренном) молоке оставалась значительная часть жира.

Скорость всплывания жировых шариков в молоке пропорциональна ускорению, действующему на молоко.

При отстое действует ускорение силы тяжести  $g=9,81$  *м/сек*<sup>2</sup>. Если сосуд с молоком быстро вращать, то возникающее центробежное ускорение в тысячи раз превышает ускорение силы тяжести. При вращении сосуда со скоростью 6000 *об/мин* центробежное ускорение на радиусе, равном 10 *см*, почти в 4000 раз больше ускорения силы тяжести.

Кроме того, в сепараторе по сравнению с отстойниками в сотни раз сокращен путь перехода жировых шариков из молока в сливки, что также ускоряет процесс выделения жира.

Ввиду этого в сепараторе выделение сливок из молока длится несколько секунд при непрерывности процесса, максимальной

полноте выделения жира и высоком качестве сливок. В современных сепараторах из молока выделяется более 99% жира.

В. И. Ленин в своей работе «Развитие капитализма в России» писал: «Главное преобразование состояло в том, что «исконное» отстаивание сливок заменено отделением сливок посредством центробежных машин (сепараторов). Машина поставила производство вне зависимости от температуры воздуха, увеличила выходы масла из молока на 10%, повысила качество продукта, удешевила выделку масла (при машине требуется меньше работы, меньше помещения, посуды, льду), вызвала концентрацию производства»<sup>1</sup>.

Во время работы сепаратора молоко непрерывно подается в быстровращающийся барабан. За время движения молока в барабане сливки выделяются к оси вращения его и через специальные регулировочные каналы выводятся наружу в приемник.

Обезжиренное молоко отбрасывается к периферии барабана и через отверстия также выводится в приемник. Находящиеся в молоке примеси (частицы кормов, свернувшегося белка и пр.), как более тяжелые при сепарировании отбрасываются к стенкам барабана, отлагаясь на них плотным слоем.

Таким образом, при сепарировании молока одновременно происходит обезжиривание и очистка его.

Выпускают сепараторы, в которых молоко только очищается. В этом случае они называются центробежными молокоочистителями или сепараторами-очистителями.

К сепараторам предъявляют следующие требования:

- непрерывность, автоматичность и быстрота процесса сепарирования и очистки молока;
- наиболее полное выделение жира из молока;
- продолжительная работа сепаратора без остановки;
- удобство и быстрота разборки и чистки;
- удовлетворение санитарным требованиям;
- долговечность работы, легкость хода, отсутствие частей, требующих периодической замены;
- возможность регулирования жирности сливок в нужных пределах;
- отсутствие пены в обезжиренном молоке и сливках;
- привод преимущественно от электродвигателя с автоматическим разгоном барабана.

### **Классификация сепараторов**

Сепараторы классифицируют следующим образом.

По производственному назначению:

сепараторы-сливкоотделители для отделения сливок и очистки молока;

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Сочинения. Т. 3, изд. 4-е, стр. 226.

сепараторы-очистители для очистки молока;  
сепараторы-нормализаторы для получения молока определенной жирности;  
сепараторы-кларификсаторы для очистки молока и гомогенизации жира;  
сепараторы универсальные для отделения сливок, нормализации и очистки молока, а также специального назначения (для холодного сепарирования, получения высокожирных сливок, отделения сыворотки от сгустка).

По защите процесса сепарирования от доступа воздуха:

открытые сепараторы — поступление молока, а также отвод сливок и обезжиренного молока происходит открытым потоком;

полузакрытые сепараторы — подача молока открытая или закрытая, отвод сливок и обезжиренного молока происходит под давлением, но процесс сепарирования не изолирован от доступа воздуха;

герметические сепараторы — потоки молока, сливок и обезжиренного молока, а также процесс сепарирования изолированы от доступа воздуха.

По роду привода:

с ручным приводом;

с приводом от электродвигателя;

с комбинированным приводом — ручным и от электродвигателя.

По выгрузке осадка:

с ручной (периодической) выгрузкой осадка из барабана;

саморазгружающиеся с периодической или непрерывной выгрузкой осадка.

### **Сепараторы-сливкоотделители**

Сепаратор непрерывного действия был изобретен в 1878 г. шведом Густавом Лавалем. Он имел барабан без вставок, вращающийся со скоростью 6000—7000 об/мин.

Спустя 10 лет были предложены вставки в барабан сепаратора, при которых молоко в барабане разделялось на ряд тонких струйных потоков, в результате чего улучшались условия выделения жира, резко увеличивалась производительность сепаратора и более полно обезжиривалось молоко.

Лучшими оказались вставки в виде усеченного конуса. Такая форма вставок, называемых тарелками, сохранилась и у современных сепараторов.

При дальнейшем совершенствовании сепаратора была введена верхняя разделительная тарелка (без отверстий), заменившая применяемые ранее трубочки для отвода обезжиренного молока. Затем были сделаны отверстия в тарельчатых вставках для ввода молока в межтарелочные зазоры.

Совершенствовались также механизм и привод сепаратора. Первые сепараторы приводились в действие от конного привода или паровой машины посредством ременной или канатной передачи. Привод получался громоздким и имел низкий к. п. д.

В 1883 г. был разработан паротурбинный сепаратор. Привод осуществлялся от паровой турбины, рабочее колесо которой помещалось непосредственно на валу барабана. Для пуска такого сепаратора требовалось лишь открыть ventиль паропровода, подводящего пар к турбинному колесу. Паротурбинные сепараторы довольно широко применяли в неэлектрифицированных местностях. Такие сепараторы выпускали и с отбором мощности (турбиномоторные).

Несмотря на большой удельный расход пара на турбину (35—90 кг на 1 л. с./ч), турбиномоторные сепараторы были достаточно экономичны при использовании отработавшего пара на пастеризацию и другие нужды производства. В тех случаях, когда такой привод применяли только для получения механической энергии (перекачка воды, сбивание масла после окончания тепловой обработки молока и т. п.), экономичность резко снижалась, так как отработавший пар не использовался.

Широкое распространение получили сепараторы с приводом от двигателя или с ручным приводом. В механизме их была применена червячная передача, что позволило снизить число оборотов приводного (горизонтального) вала, приводимого в действие от трансмиссии или от электродвигателя, либо вручную через пару зубчатых колес.

Сепараторы с ручным приводом стали использовать особенно широко после введения упругой (пружинной) муфты верхнего подшипника вертикального вала веретена (1889 г.), облегчившей ход сепаратора. Движение от рукоятки к барабану передавалось посредством зубчатой и червячной передач. Такая же передача и у современных сепараторов с ручным приводом.

Применялись также сепараторы с горизонтально расположенными барабанами, с подвесными барабанами, с различными вставками в барабанах и конструкциями приводных механизмов и пр. В настоящее время их не выпускают.

В дальнейшем сепараторы совершенствовали по линии создания закрытых конструкций, где процесс сепарирования изолирован от доступа воздуха, а также таких конструкций, в которых сливки и обезжиренное молоко выходят из сепаратора под давлением.

В СССР сепараторы впервые стал выпускать в 1925 г. пермский механический завод им. Дзержинского. Впоследствии производство их было организовано и на других заводах.

## Открытые сепараторы

Открытые сепараторы представляют собой наиболее простые и широко распространенные конструкции. Для привода их требуется значительно меньше энергии, чем для привода полузакрытых и герметических сепараторов. Поэтому все сепараторы

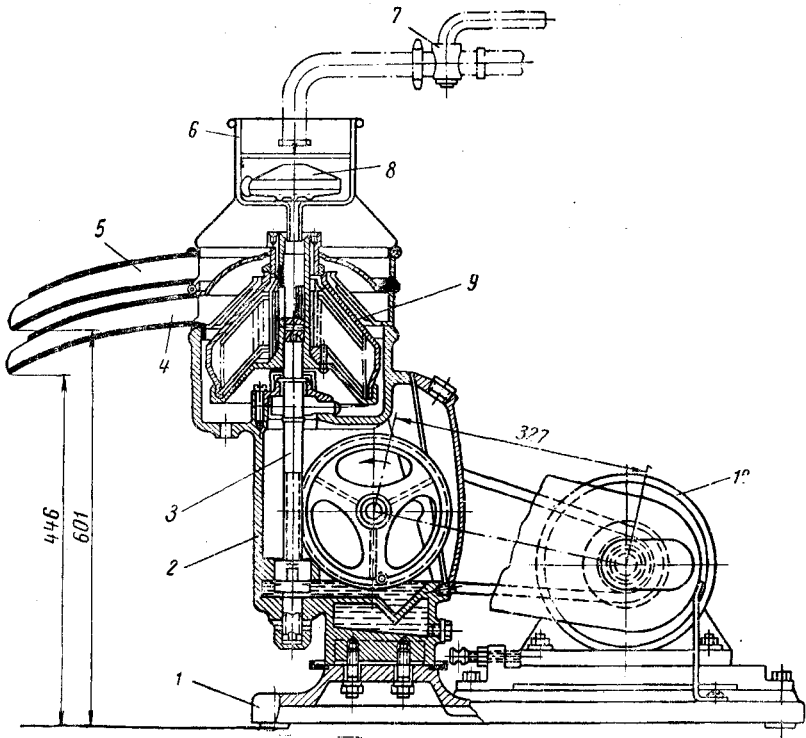


Рис. 45. Открытый сепаратор производительностью 1000 л/ч:

1 — плита; 2 — станина; 3 — веретено (вертикальный вал); 4 — рожок приемника обезжиренного молока; 5 — рожок приемника сливок; 6 — поплавковая регуляторная камера; 7 — кран; 8 — поплавок; 9 — барабан; 10 — электродвигатель.

с ручным приводом делают открытого типа, как наиболее легкие на ходу, простые и дешевые.

В молочной промышленности применяются открытые сепараторы производительностью 600 и 1000 л/ч, а производительностью менее 600 л/ч — в сельском хозяйстве.

**Сепаратор СОМ-3-1000.** Сепаратор (рис. 45) смонтирован с электродвигателем 10 на одной плите и соединен клиноременной передачей через фрикционно-центробежную муфту. В чугунной станине 2 размещен механизм, состоящий из горизонтально-



го вала, имеющего на конце, выходящем из станины, шкив с фрикционно-центробежной муфтой, и бронзовое винтовое колесо, через которое передается движение вертикальному валу 3 (веретену). На конце вала 3 помещается барабан 9, вращающийся со скоростью 8100 об/мин.

Верхний подшипник веретена имеет упругую опору, состоящую из шести радиально расположенных спиральных пружин.

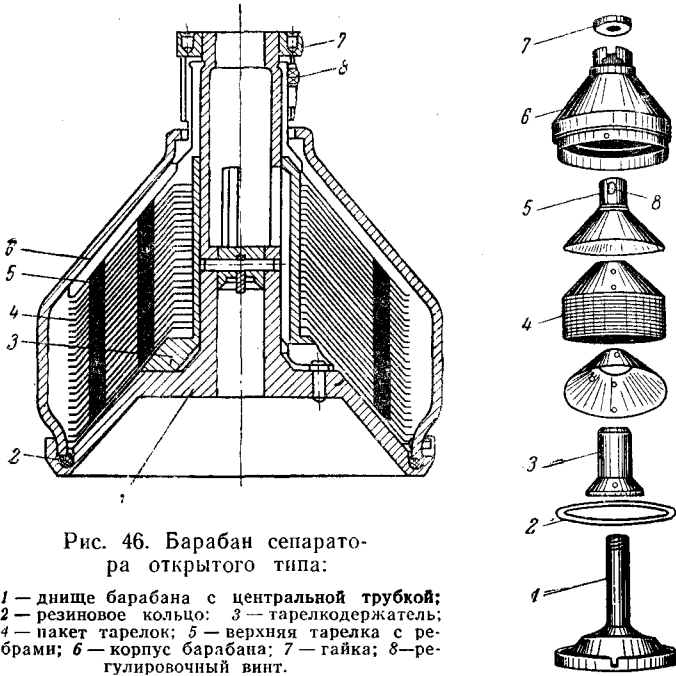


Рис. 46. Барабан сепаратора открытого типа:

1 — днище барабана с центральной трубкой; 2 — резиновое кольцо; 3 — тарелкодержатель; 4 — пакет тарелок; 5 — верхняя тарелка с ребрами; 6 — корпус барабана; 7 — гайка; 8 — регулировочный винт.

Молоко через кран 7 подается в поплавковую камеру 6, где поплавком 8 поддерживается постоянный уровень молока и, следовательно, обеспечивается постоянный равномерный приток его в барабан. Обезжиренное молоко и сливки выбрасываются в приемники и отводятся через рожки 4 и 5.

Основной рабочей частью сепаратора является барабан, так как в нем происходит выделение сливок. Остальные части служат для поддержания барабана и сообщения ему вращательного движения, а также для подвода и отвода от него жидкостей (молоко, обезжиренное молоко, сливки).

Барабаны (рис. 46) сепараторов изготовляют из стали, луженой чистым оловом, или из нержавеющей стали. Днище барабана представляет одно целое с центральной трубкой. Верхняя часть трубки имеет нарезку для навинчивания гайки, которой скреп-

ляется корпус барабана с днищем. Герметичность соединения достигается прокладкой резинового кольца 2.

На центральную трубку 1 надевается тарелкодержатель 3, фиксирующий положение тарелок в барабане и направляющий потоки молока из центральной трубки в межтарелочные зазоры. Положение тарелок по вертикали фиксируется напайками (шипиками). Тарелки 4 в барабане разделяют молоко на тонкие слои, благодаря чему создаются благоприятные условия для выделения жира. Зазор между тарелками составляет 0,3—0,4 мм, толщина тарелок около 0,4 мм, количество — 56, мощность электродвигателя 1 квт, число оборотов барабана 8100 в минуту.

**Техническая характеристика открытых сепараторов-сливкоотделителей**

	СОМ-7-600	СОМ-3-1000
Производительность, л/ч . . . . .	600	1000
Количество тарелок . . . . .	48	48—56
Расстояние между тарелками, мм . . . . .	0,4—0,5	0,4—0,5
Масса барабана, кг . . . . .	8,5	16,3
Объем грязевого пространства, см <sup>3</sup> . . . . .	230	410
Диаметр питательной трубки, мм . . . . .	12,5	17
Число оборотов в минуту		
барабана . . . . .	7560	8100
горизонтального вала . . . . .	520	556
электродвигателя . . . . .	1410	930
Габариты, мм		
длина . . . . .	860	851
ширина . . . . .	408	375
высота . . . . .	905	788
Масса, кг . . . . .	100	120

**Сепараторы для высокожирных сливок.** Эти сепараторы применяют в поточных линиях производства масла для получения сливок жирностью до 84% из сливок жирностью 30—40%.

Они отличаются от обычных сепараторов-сливкоотделителей открытого типа регуляторами жирности сливок, расстояниями между тарелками и конструкцией приемников сливок. Станина, приводной механизм и барабан, за исключением верхней части его крышки и разделительной тарелки такие же, как и у обычных сепараторов-сливкоотделителей открытого типа.

На рис. 47 приведен общий вид сепаратора марки ОСМ-5 производительностью 900—1000 кг высокожирных сливок в час. В центре поплавковой камеры этого сепаратора имеется кран, которым регулируется приток сливок из поплавковой камеры в барабан. С уменьшением притока жирность сливок увеличивается.

Приемник сливок у этих сепараторов сделан так, что высокожирные сливки, несмотря на высокую их вязкость, хорошо стекают по наклонной плоскости приемника к выходу.

Горизонтальный вал 16 и вертикальный вал (веретено) 13 соединены винтовой передачей под углом 90°. Вертикальный вал

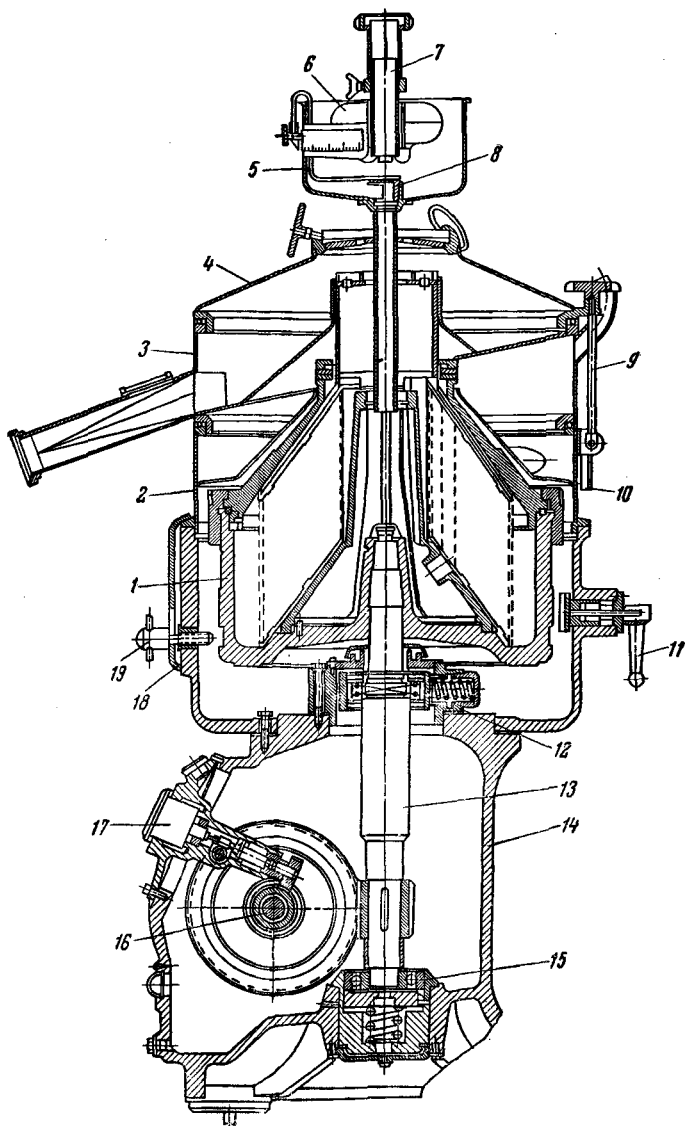


Рис. 47. Сепаратор для высокожирных сливок ОСМ-5:

1 — барабан; 2 — приемник пахты; 3 — приемник высокожирных сливок; 4 — крышка; 5 — поплачковая камера; 6 — поплавок; 7 — питательный патрубок; 8 — регулировочный кран; 9 — стяжка; 10 — выходной патрубок пахты; 11 — тормоз; 12 — верхний подшипник; 13 — вертикальный вал (веретено); 14 — станина; 15 — нижний подшипник; 16 — горизонтальный вал; 17 — тахометр; 18 — прижимная планка; 19 — стопорный винт.

имеет шарикоподшипники 12 с пружинными амортизаторами в верхней части, а внизу шарикоподшипники 15.

Корпус верхнего подшипника крепится к станине тремя винтами. Надеваемая на веретено шайба с глубокими концентричными каналами с нижней стороны предотвращает попадание в подшипник жидкости из чаши станины при мойке сепаратора и масляной пыли из картера в чашу во время работы.

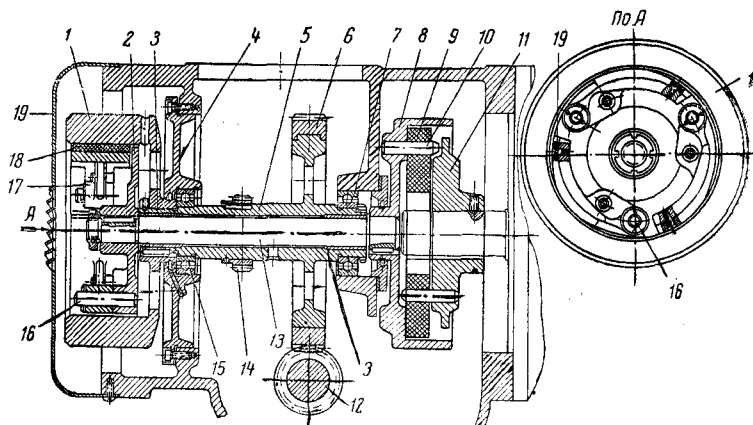


Рис. 48. Горизонтальный вал сепаратора ОСМ-5 и ОСН:

1 — бандаж; 2 — ведущий диск; 3 — подшипники скольжения; 4 — фланец; 5 — полый вал; 6 — винтовое зубчатое колесо; 7 и 15 — шарикоподшипники; 8 — ведомая полумуфта; 9 — резиновый диск; 10 — палец; 11 — ведущая полумуфта; 12 — веретено; 13 — вал сплошной; 14 — зубчатое колесо для тахометра; 16 — ось колодки; 17 — колодка; 18 — накладка; 19 — крышка.

Верхний конец веретена конический, на него плотно садится барабан. Конец веретена выходит в барабан. Гайкой, навинчиваемой на конец веретена, барабан прочно закрепляют на веретене. Подпятник веретена смонтирован на массивной спиральной пружине, смягчающей возможные удары при посадке барабана.

Горизонтальный вал сепаратора (рис. 48) состоит из двух частей: полого вала 5, смонтированного на двух шарикоподшипниках 7 и 15, и проходящего внутри его сплошного вала 13, вращающегося в полом валу (в период разгона барабана) на подшипниках скольжения 3. На полом валу 5 закреплено винтовое зубчатое колесо 6 и имеется зубчатое колесо 14 для тахометра. На конце этого вала закреплен бандаж 1 фрикционно-центральной муфты.

На одном конце сплошного вала 13 закреплена ведомая полумуфта 8, соединенная через резиновый диск 9 с ведущей полумуфтой 11, находящейся на валу фланцевого электродвигателя, который прикреплен к станине. На другом конце этого вала закреплен ведущий диск 2, на котором имеются оси с насаженными

ми на них откидными колодками. На колодках прикреплены накладки 18 из фрикционного материала. Во время работы они прижимаются прокладками к бандажу.

При пуске электродвигателя ведущий диск с колодками вращается со скоростью электродвигателя. Колодки центробежной силой прижимаются к бандажу и за счет трения постепенно увлекают его за собой, а вместе с ним полый вал и барабан сепаратора. В конце разгона скорости полого и сплошного валов сравняются, скольжение колодок прекратится, и барабан будет вращаться с постоянной скоростью.

Фрикционно-центробежные муфты конструктивно просты, действуют автоматически, надежны в работе и применяются почти у всех приводных сепараторов.

Аналогична конструкция приводного механизма и у других открытых сепараторов.

#### Техническая характеристика сепараторов для высокожирных сливок

	СМ-1	ОСД-М	ОСД-500	СМ-2	ОСМ-5
Производительность, кг/ч	300—350	250	400—500	700	1000
Число оборотов барабана в минуту . . . . .	7200	7250	6500	6000	5500
Количество тарелок . . . . .	85—90	75—80	88—95	98	115
Объем грязевого пространства, см <sup>3</sup> . . . . .	1700	1700	3100	5450	10 000
Продолжительность непрерывной работы, ч . . . . .	1,5	2	2,2	2,2	3,5
Количество жира в пахте, % . . . . .	до 0,5	до 0,5	до 0,5	до 0,5	до 0,3
Число оборотов горизонтального вала в минуту . . . . .	1420	1420	1420	1420	1420
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	2,8	2,8	4,5	7,0	10,0
Габариты, мм					
длина . . . . .	850	695	956	1080	1500
ширина . . . . .	665	650	630	815	663
высота . . . . .	1035	1085	1235	1345	1580
Масса, кг . . . . .	250	310	480	558	850

Некоторые новые сепараторы большой производительности имеют специальные электродвигатели, обеспечивающие постепенный разгон барабана сепаратора без фрикционно-центробежной муфты.

**Отделение жира в сепараторе.** Схема концентрации жира в барабане сепаратора показана на рис. 49.

Поступающее из центральной трубки в тарелкодержатель молоко (сливки) отбрасывается вращающимися частями к стенкам тарелкодержателя и приводится во вращение. Под действием центробежной силы оно проходит по каналам тарелкодержателя в вертикальные каналы, образованные отверстиями в тарелках и растекается по межтарелочным зазорам.

В межтарелочных зазорах барабана жировые шарики, как наиболее легкие, стремятся к оси вращения и, концентрируясь на наружных поверхностях тарелок, движутся к оси вращения, а бо-

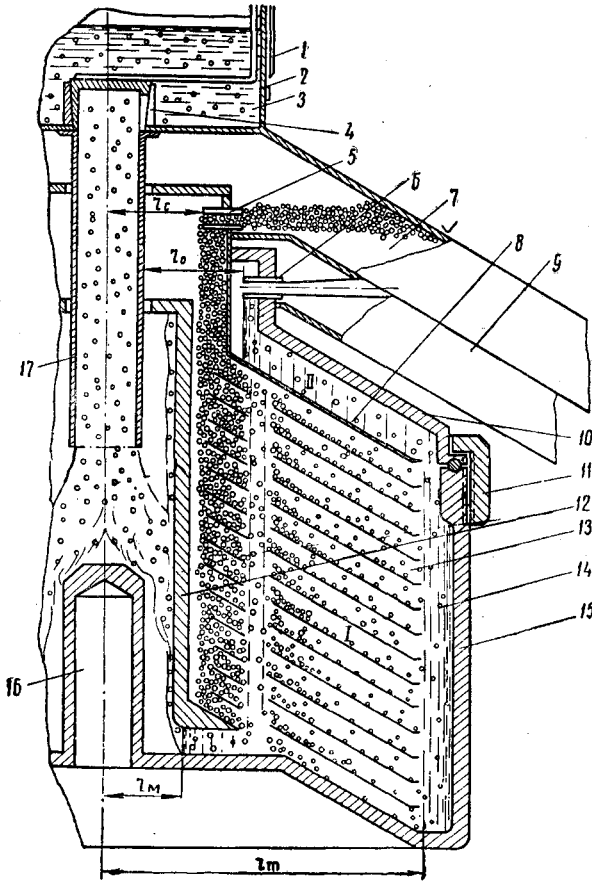


Рис. 49. Схема концентрации жира в барабане:

1 — ручка крана притока в барабан; 2 — шкала; 3 — поплавковая камера; 4 — кран; 5 — полый винт, регулирующий выход сливок; 6 — винт, регулирующий выход обезжиренного молока; 7 — приемник сливок; 8 — верхняя разделительная тарелка; 9 — приемник обезжиренного молока; 10 — крышка барабана; 11 — соединительное кольцо; 12 — тарелкодержатель; 13 — пакет тарелок; 14 — грязевое пространство; 15 — корпус барабана; 16 — гнездо для посадки барабана на веретено; 17 — центральная трубка.

лее тяжелое обезжиренное молоко направляется к периферии. Механические примеси осаждаются на боковых стенках барабана. Верхняя разделительная тарелка 8 разделяет полость барабана как бы на два сообщающихся сосуда. В одном

сосуде I будет смесь с переменной по радиусу концентрацией жира, изменяющейся от минимума на периферии до максимума в центральной части, а в другом II — только обезжиренное молоко.

Во вращающейся жидкости возникает давление

$$p = \frac{\rho\omega^2}{2} (r^2 - r_0^2), \quad (\text{III—1})$$

где  $p$  — давление, н/м<sup>2</sup>;

$\rho$  — плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$\omega$  — угловая скорость барабана, 1/сек;

$r$  — радиус, на котором определяется давление, м;

$r_0$  — радиус открытой поверхности обезжиренного молока, м.

Давление обезжиренного молока у края разделительной тарелки, т. е. на радиусе  $r_T$ , должно уравниваться давлением смеси, находящейся под разделительной тарелкой (без учета гидравлических сопротивлений), т. е.  $p_0 = p_{см}$  или

$$\frac{\rho_0\omega^2}{2} (r_T^2 - r_0^2) = \frac{\rho_{см}\omega^2}{2} (r_T^2 - r_c^2), \quad (\text{III—2})$$

где  $r_T$  — радиус тарелки, м;

$r_c$  — радиус открытой поверхности сливок, м;

$\rho_0$  — плотность обезжиренного молока, н/м<sup>3</sup>;

$\rho_{см}$  — плотность смеси, н/м<sup>3</sup>.

Следовательно,

$$\frac{\rho_0}{\rho_{см}} = \frac{r_T^2 - r_c^2}{r_T^2 - r_0^2}. \quad (\text{III—3})$$

Жирность и плотность обезжиренного молока изменяются незначительно. Плотность смеси изменяется в зависимости от жирности и количества сливок. Чем выше жирность сливок, тем меньше плотность смеси.

Чтобы увеличить жирность сливок, надо уменьшить  $\rho_{см}$ . Для этого надо уменьшить  $r_c$  или увеличить  $r_0$ , т. е. ввинтить регулировочный винт на выходе сливок, приблизив его к оси вращения, или вывинтить регулировочный винт на выходе обезжиренного молока, т. е. увеличить разность  $r_0 - r_c$ . Это соотношение справедливо при постоянной производительности сепаратора.

С уменьшением производительности продолжительность сепарирования увеличится и интенсивность концентрации сливок возрастет, понизится жирность обезжиренного молока, повысится жирность сливок, а средняя жирность и плотность смеси между тарелками могут не измениться. С увеличением производительности происходит наоборот.

Сепараторы выпускают определенной производительности, однако в некоторых случаях в процессе эксплуатации ее изменяют.

## Полузакрытые сепараторы

В полузакрытых сепараторах в отличие от открытых предусмотрены насосные устройства, благодаря которым обезжиренное молоко и сливки выходят из сепаратора под давлением и

почти не содержат пены. На рис. 50 показан верхний узел полузакрытого сепаратора.

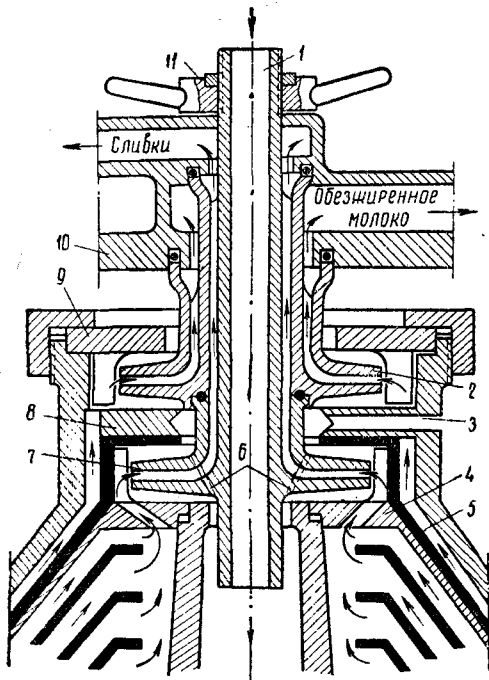


Рис. 50. Верхний узел полузакрытого сепаратора:

1 — центральная трубка; 2 — напорный диск обезжиренного молока; 3 — горизонтальный канал; 4 — разделительная тарелка; 5 — верхняя тарелка; 6 — каналы для воздуха; 7 — напорный диск сливок; 8 — перегородка горловины барабана; 9 — крышка камеры обезжиренного молока; 10 — неподвижное основание, закрепляемое на станине сепаратора; 11 — гайка.

По центральной трубке 1 молоко поступает в тарелкодержатель. В нижней расширенной части тарелкодержателя оно частично освобождается от загрязнений и через короткие патрубки направляется в пакет тарелок. Пакет тарелок заканчивается разделительной тарелкой 4 и верхней тарелкой 5. Между этими двумя тарелками в верхней части их образуется камера, в которой расположен напорный диск 7 для сливок. Верхнюю тарелку 5 надевают после того, как напорный диск в собранном виде будет вложен в камеру.

В горловине барабана имеется горизонтальная перегородка 8 с вертикальными отверстиями у стенок

горловины для прохода обезжиренного молока. Между этой перегородкой и крышкой 9 образуется камера, в которой расположен напорный диск 2 для обезжиренного молока. Напорные диски монтируются на центральной трубке 1.

В собранном виде средняя часть этого узла представляет три concentric расположенные трубки. По внутренней трубке подается молоко, по средней — отводятся сливки и по наружной — обезжиренное молоко. В местах соединений находятся ре-



зиновые прокладки, которые сжимаются при затяжке гайки 11 и создают герметичность соединений.

Весь этот узел прочно крепится на неподвижном основании 10, где расположены выходные патрубки для обезжиренного молока и сливок.

На верхний конец трубки 1 навинчивают поплавковую камеру или подключают трубопровод. Молоко подается свободным потоком или под очень малым давлением. Обезжиренное молоко выходит под давлением около  $2,5 \text{ кгс/см}^2$ , а сливки — под давлением не выше  $2 \text{ кгс/см}^2$ .

В камерах для сливок и обезжиренного молока имеются ребра для поддержания вращения жидкости. Чтобы во время работы и особенно во время разгона барабана ребра не задевали за диски, между ними оставлен зазор.

В процессе работы сепаратора периферийная часть дисков, установленных неподвижно, погружена во вращающуюся жидкость (сливки или обезжиренное молоко). Эта жидкость поступает в сливки под давлением. Величина давления зависит от скорости вращения жидкости, диаметра диска и глубины его погружения в жидкость. Ее можно определить расчетом.

Содержащиеся в молоке воздух и газы выделяются в сепараторе и в нагнетательные трубки не попадают, поэтому эти сепараторы называют также беспенными.

В диске для сливок проходит канал 6 для выхода воздуха из барабана. В перегородке 8 предусмотрен горизонтальный канал 3 для отвода сливок в случае переполнения камеры вследствие чрезмерного повышения давления на выходе сливок из сепаратора, а также для выхода воздуха и газов.

Специальными кранами в трубках на выходе обезжиренного молока и сливок регулируют жирность сливок. Прикрывая кран на выходе сливок или открывая кран на выходе обезжиренного молока, жирность сливок можно увеличить, а количество их уменьшить.

Полузакрытые сепараторы часто устанавливают вместе с универсальными пластинчатыми аппаратами. В этом случае молоко в них поступает подогретым в секции регенерации, а выходящее из сепаратора обезжиренное молоко направляется в секцию пастеризации.

Трубку 1 с находящимися на ней деталями необходимо тщательно сцентрировать с барабаном. Плоскости дисков должны быть расположены строго перпендикулярно к оси барабана, в противном случае барабан во время работы будет вибрировать.

### Герметические сепараторы

В герметических сепараторах подвод и отвод жидкостей и процесс сепарирования осуществляется без доступа воздуха. Приводной механизм герметических сепараторов такой же, как

и у полузакрытых. Барабан герметического сепаратора в основном имеет ту же конструкцию и размеры, что и барабаны открытого или полузакрытого сепараторов и отличаются сепараторы только конструкцией входных и выходных устройств. Подвод молока и отвод сливок и обезжиренного молока происходит через патрубки, герметически соединенные с трубопроводами.

Веретено 9 (рис. 51) расположено на шариковых опорах с пружинными амортизаторами. Вдоль оси веретена проходит канал для подачи молока в барабан. В гайке 1, закрепляющей барабан на веретене, радиально расположены 4 отверстия для выхода молока.

Верхняя часть разделительной тарелки 2 оканчивается узкой трубкой, отшлифованной с наружной стороны. На крышке барабана сверху тоже расположена шлифованная трубка. Она несколько шире и короче, чем трубка разделительной тарелки. В собранном виде между этими трубками остается зазор для прохода обезжиренного молока. Сливки выходят по узкой центральной трубке. Конец веретена опущен ниже радиально-сферического шарикоподшипника и входит в нижний подводящий патрубок.

#### Техническая характеристика полузакрытых сепараторов-сливоотделителей

	СПМФ-2000	ОСП-3, ОСП-3М	СПМ-5	ОСТ-3	МЦБ-5 (ГДР)	SMV-5 (ЧССР)	ОСН
Производительность, л/ч	2000	3000	5000	5000	5000	5000	10 000
Количество тарелок . . .	95	80—90	122	130	122	—	121—126
Расстояние между тарелками, мм . . . . .	0,4	0,4	0,45	0,4	0,4	0,4	0,4
Давление на выходе обезжиренного молока, кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	2,5	2,5—3	4	2,5—3	3,5	4	3,5
Давление на выходе сливок, кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	2	2—2,5	3	2—2,5	3	3,25	2,5
Объем грязевого пространства, см <sup>3</sup> . . . . .	1750	3100	5410	4490	4950	5100	9345
Диаметр питательной трубки, мм . . . . .	17	16	25	25	25	25	32
Число оборотов в минуту							
барабана . . . . .	7200	6500	6000	6430	6500	6000	5500
горизонтального вала . . . . .	1420	1440	1420	1440	1400	950	1460
электродвигателя . . . . .	1420	1440	1420	1420	1400	950	1460
Масса барабана, кг . . . . .	60	125	140	137	132	135	270
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	2,8	4,5	7	7 (4,5)	6	6	10
Габариты, мм							
длина . . . . .	890	910	1115	1170	880	916	1100
ширина . . . . .	614	615	726	580	771	765	728
высота . . . . .	1265	1400	1587	1420	1350	1430	1577
Масса, кг . . . . .	330	500	580	533	440	560	900

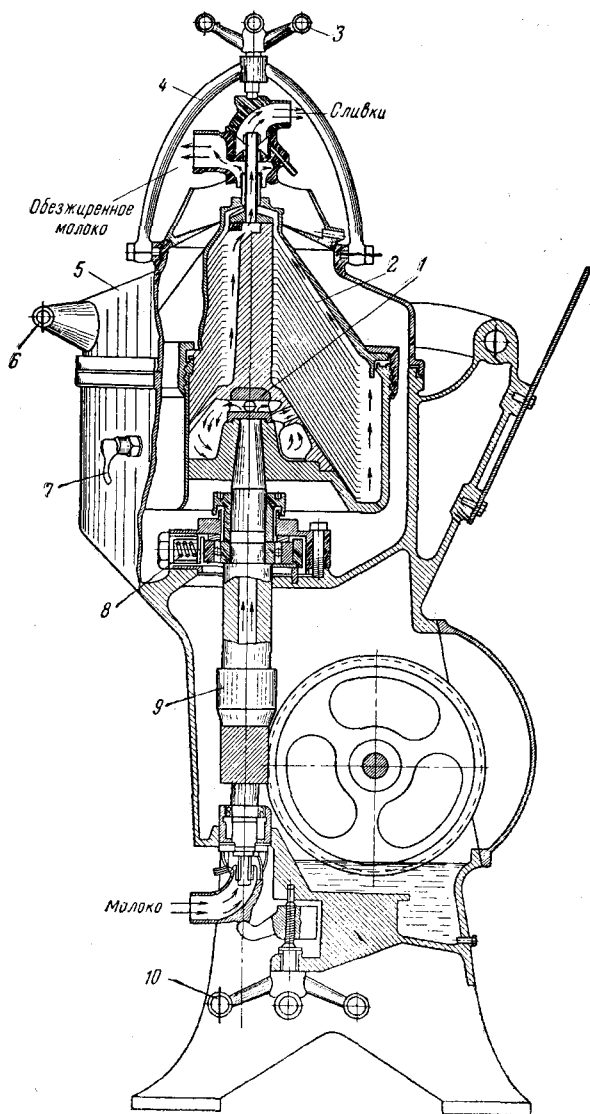


Рис. 51. Герметический сепаратор:

1 — гайка с радиальными отверстиями; 2 — разделительная тарелка; 3 и 10 — зажимы; 4 — дуга зажима; 5 — крышка станины; 6 — ручка; 7 — тормоз; 8 — пружинный амортизатор; 9 — веретено.

Молоко под давлением подается в нижний патрубок, проходит по каналу вдоль оси веретена и через отверстия в гайке поступает в камеру под тарелкодержателем, откуда направляется в межтарелочные зазоры. Сливки собираются под разделительной тарелкой и выводятся через центральную трубку в отводящий патрубок для сливок. Обезжиренное молоко проходит с верхней стороны разделительной тарелки и по кольцевому каналу выходит в отводящий патрубок.

Уплотнение между быстровращающимися приемными и отводящими штуцерами сепаратора и неподвижными приемными и отводными патрубками осуществляется специальными V-образными кольцевыми манжетами из резины с прокладкой из ткани с внутренней, трущейся, стороны. Манжеты внутренней цилиндрической частью плотно прилегают к шлифованным вращающимся штуцерам.

Манжеты вкладывают так, чтобы вогнутая часть их была обращена в сторону жидкости, которая, заполняя изгибы манжеты, сжимает цилиндрическую часть ее и тем обеспечивает плотность прилегания манжеты к вращающемуся штуцеру.

Тепло, возникающее при трении трубки о манжету, поглощается протекающей в трубке жидкостью, поэтому одновременно с включением сепаратора надо подать воду или молоко, чтобы не сжечь манжеты. Это условие необходимо строго соблюдать при эксплуатации герметических сепараторов. Осевую нагрузку на веретено воспринимает верхний радиальный шарикоподшипник.

Так как в герметических сепараторах выходные отверстия для сливок совпадают с осью барабана, то динамического напора, необходимого для движения жидкости в барабане, создать нельзя. Поэтому все сопротивления движению жидкости в сепараторе должны преодолеваться давлением в подводящей трубе. Суммарная величина этих сопротивлений довольно велика. Например, для сепаратора производительностью 3000 л/ч давление в подводящей трубе должно быть около 2 кгс/см<sup>2</sup>.

Выпускают герметические сепараторы, у которых предусмотрен центробежный насос для подачи молока в барабан. Этот насос помещен у нижнего конца веретена. Его ротор закреплен непосредственно на конце веретена, выходящего из станины.

Для определения количества сливок в закрытом потоке у полужакрытых и герметических сепараторов применяют ротаметр (рис. 52). Он состоит из стойки *в*, металлической трубки *б*, оканчивающейся вверх стеклянной трубкой *г*.

Внутри этих трубок помещен плавающий металлический стержень, верхний конец которого находится в стеклянной трубке. Нижний конец стержня расширен так, что диаметр его немного меньше диаметра металлической трубки, в которой он во время работы свободно плавает. Сечение металлической трубки

неодинаковое, оно постепенно увеличивается по высоте. Таким образом, сечение для прохода сливок между расширенной частью стержня и трубкой по мере подъема стержня будет постепенно увеличиваться. Металлическая трубка помещена в стакан, припаяваемый к входному патрубку.

Во время работы сепаратора сливки поступают в верхнюю часть стакана и по кольцевому зазору между стенками стакана и трубки опускаются на дно стакана. Здесь сливки, огибая стенки трубки, входят внутрь ее и движутся вверх до выходного патрубка, через который выходят в трубопровод. Когда сливки проходят внутри трубки снизу вверх, то их струя наталкивается на расширенную часть плавающего стержня и поднимает его тем выше, чем больше проходит сливок.

По высоте верхнего конца плавающего стержня на градуированной шкале определяют количество сливок в л/ч. Ползунок может быть установлен в любом месте шкалы и показывать желаемое положение верхнего конца плавающего стержня.

### Сепараторы-очистители

Очистка молока — необходимая производственная операция на молочных заводах. Цель ее — удалить из молока механические примеси. Такие примеси не только загрязняют пищевой продукт, но и создают благоприятные условия для развития микробов, защищают их от гибели при пастеризации молока. Поэтому часто молоко очищают перед пастеризацией, причем обычно аппарат для очистки составляет часть пастеризационной установки.

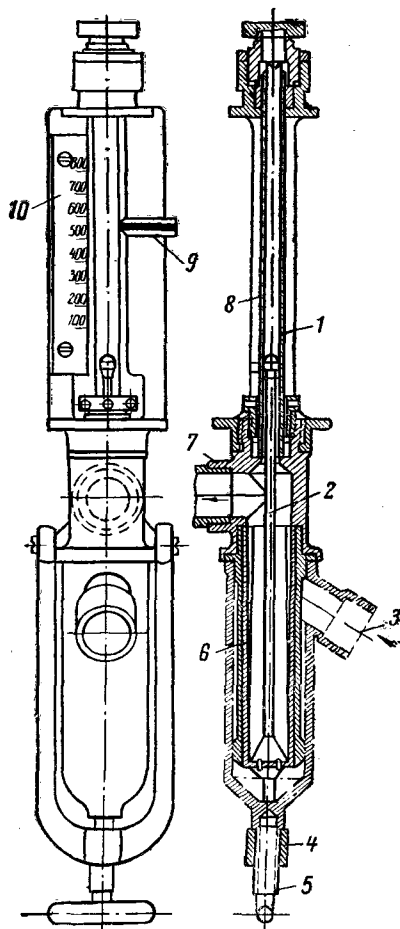


Рис. 52. Ротаметр:

1 — стеклянная трубка; 2 — плавающий стержень; 3 — патрубок для входа сливок; 4 — скоба; 5 — винт крепления; 6 — металлическая трубка; 7 — патрубок для выхода сливок; 8 — стойка; 9 — указка; 10 — шкала.

Сепараторы-очистители широко применяют на заводах, вырабатывающих цельномолочные продукты, молочные консервы и сыры. На маслодельных заводах на них иногда очищают сливки, поступающие с сепараторных отделений, перед переработкой на поточных линиях.

Сепараторы-очистители устроены аналогично сепараторам-сливкоотделителям и отличаются лишь внутренним устройством барабана.

Под действием центробежной силы, развиваемой в барабане, выделяющиеся из молока механические примеси отбрасываются к стенкам барабана, образуя на них плотный осадок, который удаляют из барабана после остановки. Вместе с механическими примесями в барабане очистителя остается заметное количество лейкоцитов и частиц казеина. Очистка молока на сепараторах-очистителях более надежна и совершенна, чем очистка на фильтрах.

В молочной промышленности используют полужакрытые и герметические сепараторы-очистители.

Расстояние между пакетом тарелок (рис. 53) и корпусом барабана (грязевое пространство) здесь значительно больше, чем в барабанах сепараторов-сливкоотделителей, вставки (тарелки) не имеют отверстий, или эти отверстия расположены у периферии вставок. Верхней разделительной тарелки нет.

Молоко, поступающее из поплавковой камеры 1 в центральную трубку 7 барабана, опускается в нижнюю часть тарелкодержателя 18 и выводится к периферии барабана. Под действием напора молоко проходит по зазорам между тарелками от периферии к центру и выбрасывается из отверстия в приемник, а примеси осаждаются на стенках барабана. При таком направлении потоков исключена возможность выделения жира.

Для удаления осадка барабан останавливают через каждые 3—5 ч в зависимости от размера грязевого пространства и загрязненности молока. Так как остальные детали (станина, механизм, привод) у сепараторов-очистителей не отличаются от деталей сепараторов-сливкоотделителей, то некоторые заводы выпускают сепараторы с двумя сменными барабанами — сливкоотделителем и очистителем и двумя комплектами приемников для обезжиренного молока, сливок и очищенного молока. Однако в молочной промышленности такие комбинированные сепараторы не находят широкого применения, так как если сепарировать молоко, очистителя обычно не требуется.

Очистители выпускают производительностью до 20 000 л/ч. Число оборотов барабанов-очистителей у некоторых конструкций меньше, чем барабанов-сливкоотделителей.

На очистку желательно направлять молоко температурой 40—60° С до пастеризации. Пастеризовать молоко надо, как правило, после очистки. Это не только повышает интенсивность ра-

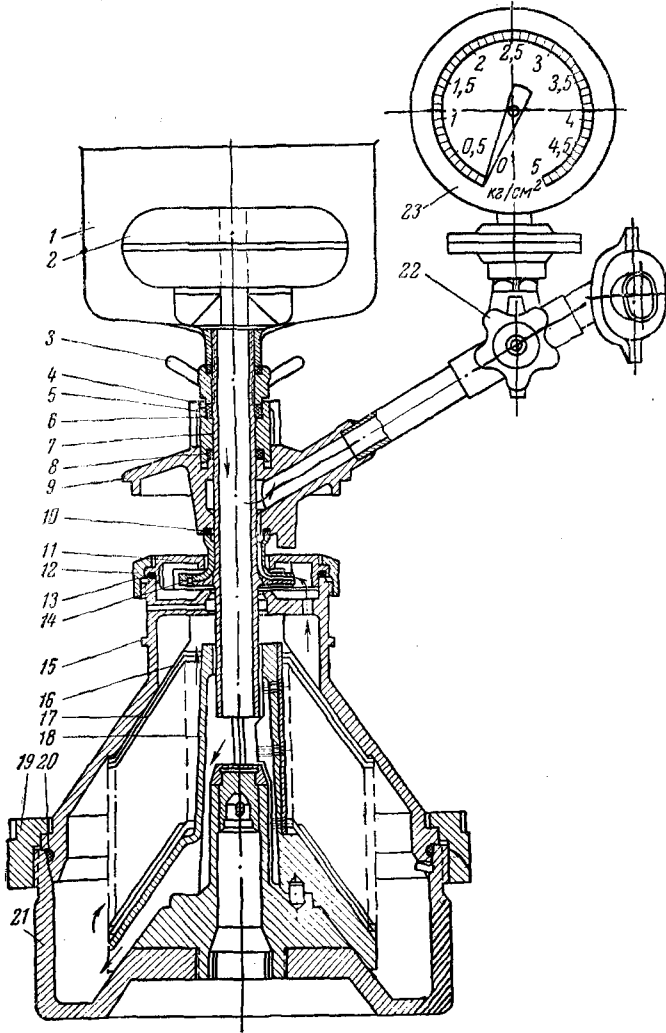


Рис. 53. Барабан сепаратора-очистителя:

1 — поплавковая камера; 2 — поплавок; 3 — гайка; 4 — шайба; 5 — втулка; 6, 8, 10 и 13 — уплотнительные кольца; 7 — центральная трубка; 9 — приемник молока; 11 — крышка кожуха; 12 — гайка кожуха; 14 — диск напора; 15 — кожух барабана; 16 — верхняя тарелка; 17 — пакет тарелок; 18 — тарелкодержатель; 19 — гайка барабана; 20 — уплотнительное кольцо барабана; 21 — корпус барабана; 22 — регулирующий кран; 23 — манометр.

боты пастеризаторов, но и гарантирует надежность пастеризации. Однако очистители удовлетворительно работают и на непогретом молоке.

При температурах 10—15°С в процессе сепарирования или очистки молока может быть подсыживание жира, обуславливающее в дальнейшем ускоренный отстой жира.

О потребной мощности, габаритах и массе сепараторов-очистителей можно судить по сепараторам-сливкоотделителям, имея в виду, что при тех же самых габаритах и мощности производительность сепараторов-очистителей примерно в 2 раза больше производительности сепараторов-сливкоотделителей.

Выпускают сепараторы-очистители, в барабане которых нет тарелок. Эффективность работы их несколько ниже, чем сепараторов с тарелками (вставками).

За последнее время появились сепараторы-очистители с механической выгрузкой осадка без остановки сепаратора.

#### Техническая характеристика сепараторов-очистителей

	СПМФ-4000	ОМА-2, ОМА-2М (ОМА-3М)	ОМБ-С	ОМЕ
Производительность, л/ч	4000	5000	10 000	15 000
Число оборотов барабана в минуту . . . . .	7200	6500	6440	5500
Количество тарелок . . . . .	28	9	40	60
Расстояние между тарелками, мм . . . . .	2	8—11	1,5	1,5
Объем грязевого пространства, см <sup>3</sup> . . . . .	4100	5500	9200	14 300
Продолжительность непрерывной работы, ч . . . . .	3,3	3,6	3,5	3,5—4
Давление на выходе молока, кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	2,5—3	3,0	3,0	4,5
Диаметр трубы для подвода молока, мм . . . . .	34	38	38	38
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	2,8	4,5	7	10
Число оборотов в минуту				
горизонтального вала . . . . .	1420	1440	1420	1420
электродвигателя . . . . .	1420	1440	1440	1440
Габариты, мм				
длина . . . . .	960	900	710	1020
ширина . . . . .	665	680	560	700
высота . . . . .	1406	1360	1230	1375
Масса, кг . . . . .	310	500	513	850

#### Использование сепараторов-сливкоотделителей для нормализации и очистки молока

Чтобы в полузакрытых сепараторах-сливкоотделителях нормализовать молоко по жиру, на выходе обезжиренного молока



и сливок устанавливаются специальные приспособления, с помощью которого часть сливок направляется в поток обезжиренного молока. Для этого трубопроводы для сливок и обезжиренного молока соединены между собой перемычкой с регулировочным краном. Количество сливок контролируется ротаметром, а давление обезжиренного молока — манометром.

Это приспособление позволяет использовать сепаратор-сливкоотделитель как очиститель, направляя все сливки в поток обезжиренного молока в один трубопровод. В таком случае надо иметь в виду, что специальный сепаратор-очиститель таких же размеров и с таким же расходом энергии будет иметь вдвое больше производительность и что в смеси сливок с обезжиренным молоком жир будет быстрее отстаиваться, чем в молоке, прошедшем очиститель.

### **Сепараторы-нормализаторы-очистители**

В сепараторе-нормализаторе-очистителе (рис. 54) наряду с очисткой молока осуществляется частичное выделение сливок. От обычных сепараторов-очистителей он отличается тем, что молоко, проходящее в пакете тарелок в направлении от периферии к оси вращения (так же, как в очистителе), отводится из пакета через вертикальные каналы, образованные специальными отверстиями 5 в тарелках. Отверстия находятся на определенном расстоянии от их верхнего края.

Часть поверхности тарелок, расположенная ближе к оси вращения от отверстий 5, предназначена для выделения сливок. Получаемые сливки через центральные отверстия в тарелках проходят вверх (как в сепараторе-сливкоотделителе) и поступают в напорную камеру, из которой требуемое их количество через напорный диск 7 отводится из сепаратора.

Таким образом, в данном сепараторе поверхность тарелок по своему назначению делится на две концентрично расположенные части: часть, расположенная ниже отверстий (периферийная), предназначена для очистки молока и работает как в очистителе, и часть, находящаяся выше отверстий (центральная), служит для отделения сливок и действует как в сливкоотделителе.

Сливки с более крупными жировыми шариками выделяются в какой-то мере и в периферийной части пакета, и могут частично поступать в его центральную часть, проходя между отверстиями в тарелках.

Наиболее интенсивная очистка молока происходит на периферии тарелок, где скорость потока в межтарелочных зазорах наименьшая, а скорость движения выделяемых частиц механических загрязнений наибольшая. Поэтому молоко в таком сепараторе очищается достаточно хорошо.

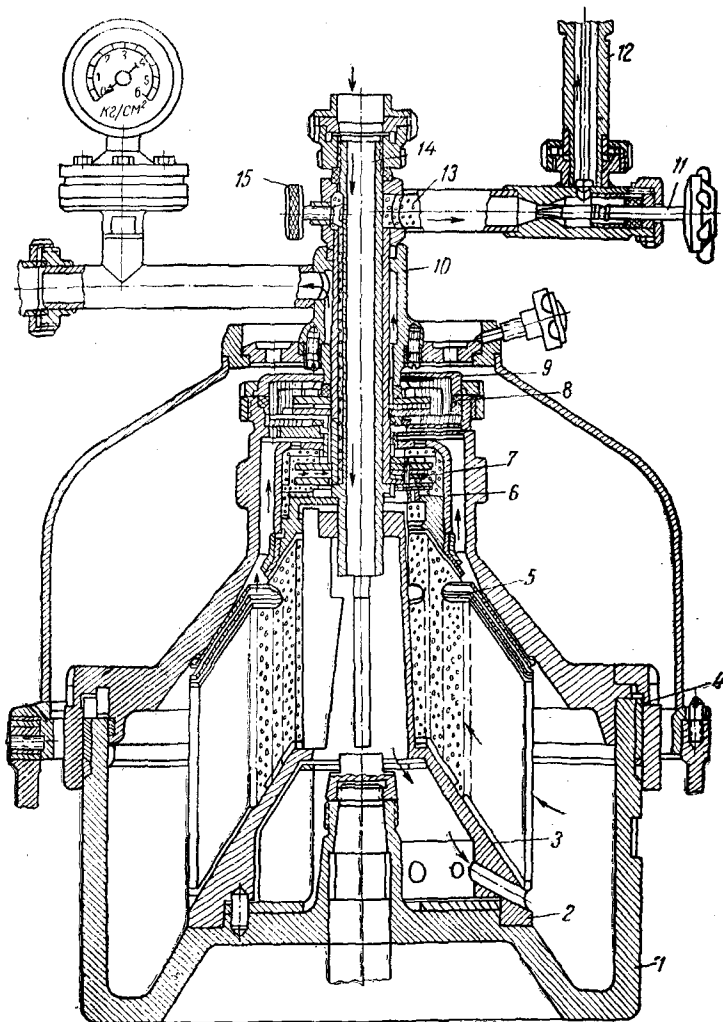


Рис. 54. Барабан и верхний узел сепаратора-нормализатора-очистителя:

1 — корпус барабана; 2 — тарелкодержатель; 3 — тарелка; 4 — крышка барабана; 5 — отверстия в тарелках; 6 — верхняя тарелка; 7 — напорный диск сливок; 8 — напорная камера нормализованного молока; 9 — крышка камеры; 10 — приемник нормализованного молока; 11 — регулятор сливок; 12 — ротаметр; 13 — приемник сливок; 14 — центральная трубка; 15 — регулятор жирности сливок.

В каналы, образованные отверстиями в тарелках, поступает из периферийной части пакета очищенное молоко, а из центральной части — обезжиренное. Продвижению обезжиренного молока к периферии тарелок препятствует встречный поток молока.

Так как обезжиренное молоко в данном случае может содержать жира значительно больше, чем установлено по норме, смесь его с молоком на пути движения к выходу из сепаратора интенсивно перемешивается. В нормализованном молоке жир распределен равномерно, а средний размер жировых шариков меньше, чем в исходном. В сливки переходят более крупные жировые шарики.

Количество выделяемых сливок должно регулироваться от нуля (когда жирность исходного молока равна жирности нормализованного) до какого-то максимума, зависящего от производительности сепаратора, жирности исходного молока, сливок и нормализованного молока.

Выход сливок регулируется вентилем 11 и контролируется ротаметром 12.

С уменьшением количества сливок жирность их может значительно повыситься, что нежелательно. Поэтому в сепараторе предусматривается возможность направлять часть сливок из кольцевого канала приемника 13 в поток поступающего в барабан молока через отверстие в центральной трубке, закрываемое регулирующим винтом 15. Количество и жирность сливок, получаемых в барабане, регулируется независимо от их количества на выходе из сепаратора.

При известной жирности исходного молока и постоянной жирности выходящих из сепаратора сливок содержание жира в нормализованном молоке будет зависеть от количества отводимых сливок, которое можно регулировать на ходу сепаратора при наличии надежно и достаточно точно работающего расходомера на их выходе.

Количество сливок, которое надо удалить из молока, рассчитывают по формуле

$$C = M \frac{Ж_m - Ж_n}{Ж_c - Ж_n},$$

где  $C$  — количество сливок, кг;

$M$  — количество молока, кг;

$Ж_m, Ж_n, Ж_c$  — жирность исходного молока, нормализованного молока и сливок, %.

Станина, механизм и корпус барабана сепаратора-нормализатора-очистителя такие же, как у сепаратора-очистителя.

### Техническая характеристика сепараторов-нормализаторов-очистителей

	ОМАН-2М	СПМН-10
Производительность, л/ч . . . . .	5000	10 000
Число оборотов барабана в минуту . . . . .	6500	6 000
Количество тарелок . . . . .	39	44
Расстояние между тарелками, мм . . . . .	2	2
Объем грязевого пространства, см <sup>3</sup> . . . . .	5500	13 600
Продолжительность непрерывной работы, ч . . . . .	3,6	4
Давление на выходе молока, кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	3,5	3,5
Диаметр трубы для подвода молока, мм . . . . .	38	38
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	4,5	7
Число оборотов в минуту горизонтального вала электродвигателя . . . . .	1440	1420
Число оборотов в минуту электродвигателя . . . . .	1440	1420
Габариты, мм		
длина . . . . .	900	1127
ширина . . . . .	680	720
высота . . . . .	1460	1587
Масса, кг . . . . .	500	500

### Сепараторы-кларификаторы

Сепараторы-кларификаторы (рис. 55) предназначены для очистки молока и гомогенизации<sup>1</sup> жира.

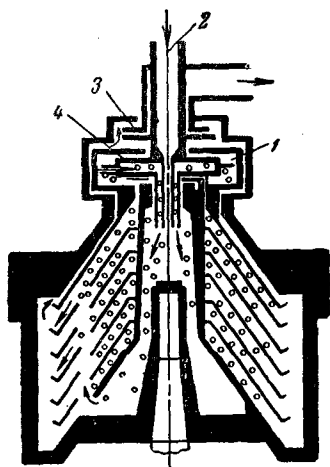


Рис. 55. Барабан сепаратора-кларификатора:

1 — камера сливок; 2 — центральная трубка; 3 — камера и напорный диск для обработанного молока; 4 — гомогенизирующий диск.

Молоко, подаваемое в барабан по трубке 2, поступает в пакет тарелок, где крупные жировые шарики отделяются и двигаются в камеру сливок 1, а затем проходят через неподвижный гомогенизирующий диск 4 в кольцевой канал. Из канала жировые шарики возвращаются в тарелкодержатель, где смешиваются с поступающим молоком и снова проходят в пакет тарелок.

Молоко, содержащее мелкие жировые шарики, выходит из пакета тарелок, очищается от механических примесей, поднимается и через напорный диск 3 отводится под давлением в трубопровод.

При такой циркуляции сливок в барабане крупные жировые шарики дробятся и молоко не отстаивается продолжительное время.

Кларификаторы в производст-

<sup>1</sup> См. подробнее на стр. 159.

венной линии устанавливаются между секциями регенерации и пастеризации пластинчатого аппарата. Применяют их главным образом в линиях обработки питьевого молока.

Мощность электродвигателя у кларификаторов значительно больше, чем у сепараторов-сливкоотделителей. Например, потребная мощность кларификатора производительностью 5000 л/ч—17 квт, у сепаратора-сливкоотделителя такой же производительности — 4,5 квт.

**Техническая характеристика сепаратора-кларификатора**

Производительность, л/ч . . . . .	5000
Число оборотов барабана в минуту . . . . .	6000
Количество тарелок . . . . .	92
Расстояние между тарелками, мм . . . . .	0,4
Объем грязевого пространства, см <sup>3</sup> . . . . .	4800
Продолжительность непрерывной работы, ч . . . . .	3,5
Давление на выходе молока, кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	2—2,5
Диаметр трубы для подвода молока, мм . . . . .	38
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	17
Число оборотов в минуту	
горизонтального вала . . . . .	1460
электродвигателя . . . . .	1460
Габариты, мм	
длина . . . . .	1260
ширина . . . . .	790
высота . . . . .	1528
Масса, кг . . . . .	513

**Саморазгружающийся сепаратор**

Саморазгружающийся сепаратор (рис. 56) устанавливают в механизированной линии производства творога для отделения сыворотки от творожного сгустка.

Конструкция приводного механизма обычная для сепараторов. На горизонтальном валу, соединенном с валом электродвигателя через фрикционную центробежную муфту, закреплено винтовое колесо 19. Оно передает крутящий момент веретену 18, на верхнем конце которого установлен барабан 11.

В сепаратор через патрубок 12 подается мембранным насосом с регулируемой подачей творожный сгусток из творожной ванны. В сепараторе творожный сгусток в результате выделения части сыворотки концентрируется и, как более тяжелая фракция, отбрасывается к стенкам барабана. Сгусток непрерывно выбрасывается из барабана через предусмотренные для этого на его периферии сопла 16. Сыворотка, как более легкая фракция, отходит к оси барабана и выходит из него через отверстия 13 в верхней части крышки барабана.

Приемник для сконцентрированного сгустка (готового творога) у сепаратора сделан так, что продукт под действием силы тяжести сползает по наклонному дну приемника и выходит че-

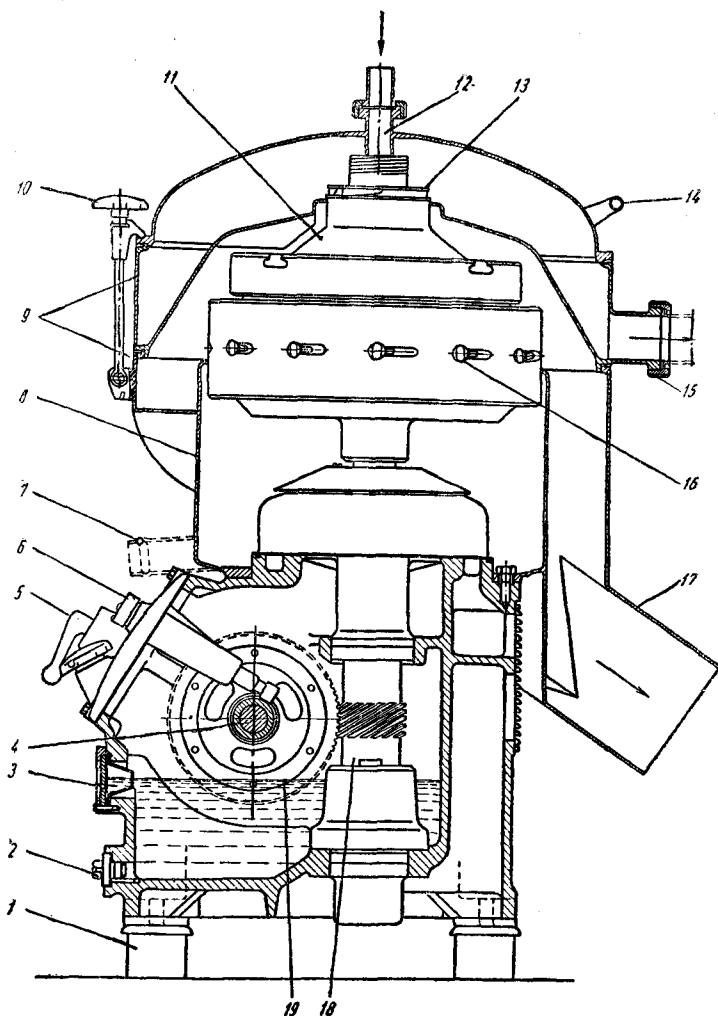


Рис. 56. Саморазгружающийся сепаратор:

1 — подставка станной; 2 — заглушка отверстия для спуска смазочного масла; 3 — окно для наблюдения за уровнем масла; 4 — горизонтальный вал; 5 — ручка тормоза; 6 — тахометр; 7 — спускной патрубок; 8 — кожух; 9 — приемники для творога и сыворотки; 10 — зажим; 11 — барабан; 12 — патрубок для ввода сквашенного молока; 13 — выходные отверстия для сыворотки; 14 — ручка крышки; 15 — выходной патрубок для сыворотки; 16 — сопло барабана для выхода творога; 17 — лоток для выхода творога; 18 — веретено; 19 — винтовое колесо.

рез широкий лоток 17, следуя далее на охлаждение и расфасовку.

Сыворотка из барабана выбрасывается в верхний приемник и отводится через патрубок 15.

Устройство барабана саморазгружающегося сепаратора показано на рис. 57. Форма стенки барабана коническая. По стенкам

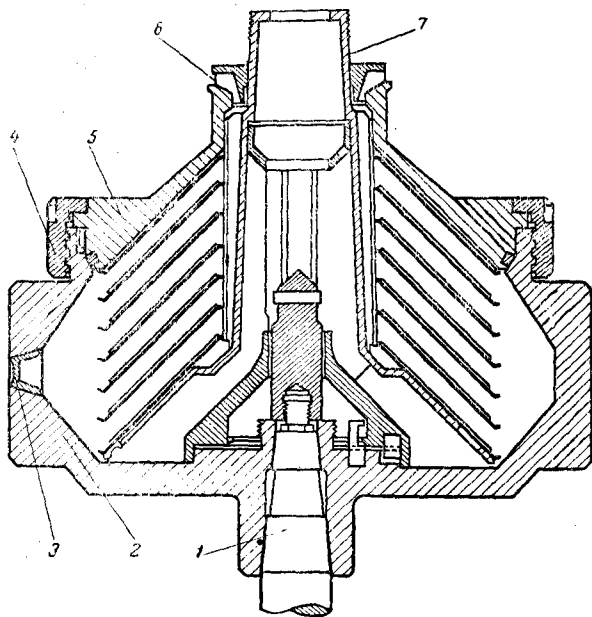


Рис. 57. Барабан саморазгружающегося сепаратора:

1 — веретено; 2 — корпус; 3 — сопло; 4 — соединительное кольцо; 5 — крышка; 6 — отверстие для выхода сыворотки; 7 — тарелкодержатель.

творог сползает к соплам. На периферии барабана симметрично расположены 12 отверстий для сопел. В зависимости от структуры сгустка устанавливают 4, 6, 8, 10 или 12 сопел. Свободные отверстия заглушаются. К сепаратору дается набор сопел с различными диаметрами отверстий в диапазоне от 0,4 до 0,8 мм.

Сепаратор может работать только на сгустке из обезжиренного молока. Производительность его 5000 л/ч сквашенного обезжиренного молока, мощность электродвигателя: установленная 11 квт, потребная около 9 квт. Чтобы получить жирный творог, к сепаратору устанавливают приспособление, посредством которого в выбрасываемый из сепаратора творог, находящийся в распыленном состоянии, добавляют определенное количество сливок, которые поступают также в распыленном виде для лучшего смешивания.

Устройство этого приспособления схематично показано на рис. 58. Оно состоит из кольцевой трубы, размещаемой в приемнике творога, с шестью расположенными по окружности короткими трубками с соплами на концах.

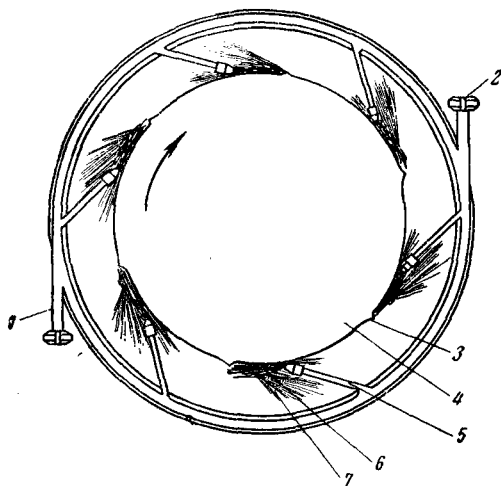


Рис. 58. Схема приспособления для добавки сливок в обезжиренный творог:

1 — патрубок для ввода сливок; 2 — патрубок для ввода моющего раствора; 3 — сопло для выхода творога; 4 — барабан; 5 — сопло для выхода сливок; 6 — сливки; 7 — обезжиренный творог.

Сливки подаются в кольцевую трубу насосом под давлением. Подача их регулируется в зависимости от желаемой жирности готового творога, производительности сепаратора и жирности сливок. Сопла для выхода сливок располагаются вблизи сопел вращающегося барабана и распыленные сливки смешиваются с распыленной массой творога. Из приемника сепаратора выходит творог определенной жирности.

### Расчеты сепараторов

**Скорость всплывания жирового шарика в молоке.** Эту скорость определяют по формуле Стокса

$$v = \frac{1}{18} ad^2 \frac{\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{ж}}}{\mu},$$

где  $v$  — скорость движения жирового шарика относительно плазмы, м/сек;

$a$  — ускорение, под действием которого находится молоко, м/сек<sup>2</sup>;

$d$  — диаметр жирового шарика, м;

$\rho_{\text{п}}$  — плотность плазмы, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{ж}}$  — плотность жира, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  — вязкость плазмы, н · сек/м<sup>2</sup>.

Отношение  $\frac{\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{ж}}}{\mu}$  зависит от температуры молока. При температуре 10—70° С

$$\frac{\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{ж}}}{\mu} = 2900t,$$



где  $t$  — температура молока, °С.

При отстое  $a = g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ .

При сепарировании на молоко действует центростремительное (радиальное) ускорение

$$a = \omega^2 R = 4\pi^2 n^2 R,$$

где  $\omega$  — угловая скорость, 1/сек;

$R$  — радиус барабана, на котором находится рассматриваемый жировой шарик, м;

$n$  — число оборотов барабана в секунду.

Следовательно, формулу Стокса можно представить в следующем упрощенном виде:

при отстое

$$v = 1580d^2t, \quad (\text{III—4})$$

при сепарировании

$$v = 6400d^2n^2Rt, \quad (\text{III—5})$$

где  $t$  — температура сепарирования, °С.

**Пример.** Жировой шарик диаметром 4 мкм ( $4 \cdot 10^{-6}$  м) всплывает в молоке, находящемся в покое при температуре 30°С. Скорость всплывания шарика определяем по формуле (III—4)

$$v = 1580 \left( \frac{4}{10^6} \right)^2 30 = 0,00000076 \text{ м/сек} = 0,002736 \text{ м/ч.}$$

При сепарировании молока при такой же температуре в барабане, вращающемся со скоростью 7200 об/мин, жировой шарик такого же диаметра, находящийся на расстоянии 8 см от оси вращения «всплывает» к оси вращения со скоростью, равной по формуле (III—5)

$$v = 6400 \left( \frac{4}{10^6} \right)^2 \left( \frac{7200}{60} \right)^2 \cdot 0,08 \cdot 30 = 0,00354 \text{ м/сек}$$

Эта скорость больше, чем при отстое, в 4650 раз.

**Производительность сепаратора.** Производительность сепаратора зависит от размеров и числа тарелок, скорости вращения барабана, температуры молока и других факторов. Ее можно выразить следующей формулой:

$$M = 48 \cdot 10^6 \beta z n^2 \operatorname{tg} \alpha (R_6^3 - R_m^3) d^2 t, \quad (\text{III—6})$$

где  $M$  — производительность сепаратора,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\beta$  — к.п.д. барабана (при получении сливок жирностью до 50—55%  $\beta = 0,4 \div 0,7$ );

$n$  — число оборотов барабана сепаратора в секунду;

$z$  — число тарелок;

$\alpha$  — угол подъема тарелок ( $\alpha = 45 \div 60^\circ$ );

$R_6$  — большой радиус конической части тарелки, м;

$R_m$  — радиус до центра распределительного отверстия в тарелке, м;

$t$  — температура молока, °С;

$d$  — расчетный диаметр жирового шарика, м.

Так как для каждого сепаратора число оборотов барабана, размеры тарелок и количество их, а также угол подъема тарелок остаются постоянными, то уравнение (III—6) можно написать в следующем виде:

$$M = K\beta d^2 t, \quad (\text{III—7})$$

где  $M$  — производительность сепаратора, л/ч;  
 $K$  — постоянная величина [ $K = 48 \cdot 10^6 n^2 z \operatorname{tg} \alpha (R_6^3 - R_m^3)$ ];  
 $\beta$  — к.п.д. барабана;  
 $d$  — расчетный диаметр жирового шарика (чем больше  $d$ , тем хуже обезжиривание), м;  
 $t$  — температура сепарирования, °С.

Коэффициент  $\beta$  учитывает не только совершенство изготовления сепаратора, но и степень использования рабочего объема барабана, часть которого занимают сливки. При получении сливок высокой концентрации коэффициент  $\beta$  снижается, так как высокожирные сливки занимают большую часть рабочего объема барабана.

Вместо радиуса, на котором находятся отверстия для ввода молока в межтарелочные зазоры  $R_m$ , в расчетах можно принимать верхний радиус тарелки. При этом значения  $R_m$  уменьшаются на 12—15%.

По данным проф. Зайковского, средний диаметр жирового шарика колеблется в пределах 2,2—3,5 мкм. При поступлении в барабан сепаратора возможно некоторое дробление и объединение жировых шариков. Поэтому установить точную зависимость между расчетным диаметром жирового шарика и содержанием жира в обезжиренном молоке нельзя. По экспериментальным данным при расчетах можно принимать, что при расчетном диаметре жирового шарика  $d = 1,2 \div 1,3$  мкм в обезжиренном молоке содержится 0,02—0,04% жира, при  $d = 1,4$  мкм — 0,03—0,05% и при  $d = 1,5$  мкм — 0,05—0,06% жира.

**Пример.** Определить к.п.д. сепаратора производительностью  $M = 1000$  л/ч, имеющего 50 тарелок размером  $R_6 = 8,8$  см;  $R_m = 5$  см;  $\alpha = 50^\circ$ ,  $n = 8300$  об/мин ( $n = 138$  об/сек); температура сепарирования  $t = 35^\circ$  С. Примем  $d = 1,3$  мкм =  $1,3 \cdot 10^{-6}$  м.

Из уравнения (III—6), найдем, что

$$\beta = \frac{M}{48 \cdot 10^6 n^2 z \operatorname{tg} \alpha (R_6^3 - R_m^3) d^2 t};$$

$$\beta = \frac{1 \cdot 1000 \cdot 10^3}{48 \cdot 10^6 \cdot 138^2 \cdot 50 \operatorname{tg} 50^\circ (8,8^3 - 5^3) 1,3^2 \cdot 35} = 0,6.$$

Количество молока, поступающего в барабан, т. е. производительность сепаратора зависит от диаметра центральной трубки поплавковой камеры и напора, под которым подается молоко

$$M = 125\mu D^2 \sqrt{h}, \quad (\text{III—8})$$

где  $M$  — количество молока, поступающего в барабан, л/ч;  
 $\mu$  — коэффициент расхода ( $\mu = 0,93 \div 0,97$ );  
 $D$  — внутренний диаметр трубки, см;  
 $h$  — высота уровня молока в поплавковой камере, считая от нижнего края трубки (в см) или давление молока при закрытой подаче, см вод. ст.

Для изменения производительности сепаратора надо изменить диаметр трубки  $D$  или напор  $h$ . Например, чтобы уменьшить приток молока в барабан вдвое, надо уменьшить диаметр трубки в  $\sqrt{2}$ , т. е. в 1,4 раза, или уменьшить напор  $h$  в 4 раза.

**Степень обезжиривания молока.** Качество работы сепаратора определяется количеством жира в обезжиренном молоке или степенью обезжиривания молока.

Степень обезжиривания — отношение количества жира, перешедшего в сливки, ко всему количеству жира в молоке. Иначе говоря, степень обезжиривания является технологическим к. п. д. сепаратора. Ее можно выразить формулой

$$E = \frac{CЖ_c}{MЖ_m} 100, \quad (\text{III—9})$$

где  $E$  — степень обезжиривания молока, %;  
 $M$  — количество молока, кг;  
 $C$  — количество сливок, кг;  
 $Ж_m, Ж_c$  — содержание жира в молоке, сливках, %.

Так как

$$MЖ_m = CЖ_c + OЖ_o \text{ и } M = C + O,$$

где  $O$  — количество обезжиренного молока, кг;  
 $Ж_o$  — содержание жира в обезжиренном молоке, %.

То

$$C = M \frac{Ж_m - Ж_o}{Ж_c - Ж_o}.$$

Подставив это выражение в формулу (III—9), получим

$$E = \frac{Ж_c (Ж_m - Ж_o)}{Ж_m (Ж_c - Ж_o)} 100. \quad (\text{III—10})$$

Степень обезжиривания зависит от жирности молока. Чем выше жирность молока, тем больше степень использования жира при одинаковой жирности обезжиренного молока и сливок. Например, степень обезжиривания молока жирностью 3% при жирности обезжиренного молока 0,05% и жирности сливок 30% составит

$$E = \frac{30 (3 - 0,05)}{3 (30 - 0,05)} \cdot 100 = 98,6\%$$

и для молока жирностью 4,5%

$$E = \frac{30 (4,5 - 0,05)}{4,5 (30 - 0,05)} \cdot 100 = 99,3\%.$$

Таким образом, при одинаковой жирности обезжиренного молока производственные потери при сепарировании жирного молока меньше. Однако с увеличением жирности молока качество его обезжиривания ухудшается.

Степень обезжиривания молока в сепараторах составляет 99—99,8%, т. е. в обезжиренном молоке остается 0,2—1% жира, содержащегося в молоке. Жирность обезжиренного молока при этом равна 0,01—0,05%.

Так как количественное соотношение жировых шариков по размерам в молоке непостоянно, то при сепарировании на одном и том же сепараторе различного молока можно получить неодинаковые результаты. Для проверки качества работы сепаратора необходимо испытывать его параллельно с контрольным сепаратором, по которому имеются данные при работе на различном молоке. Можно также определять размеры жировых шариков, оставляемых в обезжиренном молоке, сравнивая результаты с данными по известным сепараторам.

**Давление жидкости в барабане.** Давление во вращающейся жидкости на определенном радиусе

$$p = \frac{\rho\omega^2}{2} (r^2 - r_0^2)$$

или

$$p = 19,7n^2\rho (r^2 - r_0^2), \quad (\text{III—11})$$

где  $p$  — давление жидкости,  $n/m^2$ ;

$\rho$  — плотность жидкости,  $кг/м^3$ ;

$\omega$  — угловая скорость барабана,  $1/сек$ ;

$r$  — радиус, на котором находится рассматриваемый слой жидкости,  $м$ ;

$r_0$  — радиус открытой поверхности вращающейся жидкости,  $м$ ;

$n$  — число оборотов барабана в секунду.

Максимальное давление молока достигается у стенок барабана при максимальном значении  $r$ . В центральной части барабана, где  $r=r_0$ , давление молока равно нулю.

Сила, действующая на дно (крышку) барабана, составляет

$$P = \frac{\pi\omega^2\rho}{4} (r^2 - r_0^2)^2, \quad (\text{III—12})$$

или

$$P = 31n^2\rho (r^2 - r_0^2)^2,$$

где  $P$  — сила, действующая на дно барабана,  $н$ .

**Пример.** Определить давление молока на стенки барабана сепаратора и силу, действующую на его дно, если внутренний диаметр барабана 26 см, число оборотов 7200 об/мин, внутренний радиус открытой поверхности молока (радиус, на котором находится выходное отверстие для сливок) 3 см.

По формуле (III—11) находим давление молока на стенки барабана

$$p = 19,7 \cdot 120^2 \cdot 1030 \left( \frac{13^2 - 3^2}{100^2} \right) = 4\,700\,000 \text{ н/м}^2 = 47 \text{ бар.}$$

Силу, действующую на дно барабана, вычисляем по формуле (III—12)

$$P = 31 \cdot 120^2 \cdot 1030 \left( \frac{13^2 - 3^2}{100^2} \right)^2 = 11\,900 \text{ н} = 1200 \text{ кгс.}$$

Следовательно, жидкость в барабане сепаратора развивает большое давление.

Напряжение в стенке барабана, возникающее вследствие давления жидкости и центробежной силы самой стенки, можно определить по формуле

$$\sigma_z = n^2 \left[ \rho_{\text{ст}} (8,13D^2 + 1,72d^2) + 9,86\rho_{\text{ж}}D^2 \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right], \quad (\text{III—13})$$

где  $\sigma_z$  — напряжение в стенке барабана,  $\text{н/м}^2$ ;

$n$  — число оборотов барабана в секунду;

$D$  — наружный диаметр барабана,  $\text{м}$ ;

$d$  — внутренний диаметр барабана,  $\text{м}$ ;

$\rho_{\text{ж}}$  — плотность сепарируемой жидкости,  $\text{кг/м}^3$ ;

$d_0$  — диаметр открытой поверхности вращающейся жидкости,  $\text{м}$ ;

$\rho_{\text{ст}}$  — плотность материала стенки,  $\text{кг/м}^3$ .

Толщина стенки барабана равна  $\frac{D-d}{2}$ .

**Пример.** Определить напряжение в материале цилиндрической стенки стального барабана сепаратора, если наружный диаметр барабана  $D=230 \text{ мм}$ ; внутренний диаметр барабана  $d=214 \text{ мм}$ ; диаметр, на котором находится выходное отверстие,  $d_0=32 \text{ мм}$ ; число оборотов барабана  $n=8000 \text{ об/мин} = 133 \text{ об/сек}$ ;  $\rho_{\text{ст}}=7860 \text{ кг/м}^3$ .

По формуле (III—13) находим

$$\begin{aligned} \sigma_z = 133^2 \left[ 7860 (8,13 \cdot 0,23^2 + 1,72 \cdot 0,214^2) + \right. \\ \left. + 9,86 \cdot 1030 \cdot 0,23^2 \cdot \frac{0,214^2 - 0,032^2}{0,23^2 - 0,214^2} \right] = 123\,115\,440 \text{ н/м}^2 \text{ (1270 кгс/см}^2\text{)}. \end{aligned}$$

### Эксплуатация сепараторов

В рабочий период потребная мощность для полузакрытых сепараторов различной производительности приблизительно следующая:

Производительность, $\text{л/ч}$ . . . . .	2000	3000	5000	10 000
Потребная мощность, $\text{квт}$ . . . . .	2,6	3,0	4,0	8,0

Продолжительность непрерывной работы сепаратора зависит от объема грязевого пространства барабана и загрязненности молока. Объем грязевого пространства у промышленных сепараторов

раторов 40—90 см<sup>3</sup> на 100 л часовой производительности. Большие значения относятся к большим сепараторам.

Обычно продолжительность работы сепаратора без перерыва на чистку составляет 1,5—2 ч, поэтому при проектировании производственной линии стремятся к тому, чтобы сепаратор работал не более 2 ч, или устанавливают второй сепаратор.

При выборе сепаратора надо иметь в виду возможность работы при уменьшенной производительности в том случае, если требуется продлить процесс согласованной работы с другими машинами. Тогда продолжительность непрерывной работы сепаратора увеличивается обратно пропорционально производительности.

При эксплуатации сепаратора можно изменять режим его работы по условиям производства, исходя при этом из уравнения (III—6).

Нормальная температура сепарирования для сепараторов небольшой производительности 35—40° С, на эту температуру они и рассчитаны. Установилась она, когда сепараторы применяли главным образом для сепарирования молока сразу же после дойки.

В промышленных условиях, когда молоко или получаемые из него сливки и обезжиренное молоко пастеризуют, в сепаратор поступает молоко, подогретое до 50—55° С в секции регенерации пастеризованным горячим обезжиренным молоком. Повышение температуры позволяет увеличить производительность сепаратора без ухудшения качества обезжиривания или улучшить обезжиривание при той же производительности сепаратора.

Когда молоко не пастеризуют, целесообразно сепарировать его без подогрева при температуре 15—17° С, применив более мощный сепаратор, работающий при уменьшенной вдвое производительности.

Чтобы уменьшить приток молока в барабан, в трубку поплавковой камеры вкладывают трубку (мундштук), внутренний диаметр которой соответствует сниженной производительности.

Зарубежные фирмы выпускают специальные сепараторы, предназначенные для сепарирования молока при температуре около 4° С.

Иногда целесообразно сепарировать молоко сразу же после пастеризации, если температура пастеризации будет удовлетворять технологии дальнейшей переработки сливок и обезжиренного молока, а молоко, поступающее на пастеризацию, будет достаточно чистым и свежим.

Продлить эксплуатацию сепаратора поможет правильный уход. В сепараторе всегда должно быть достаточное количество чистого смазочного масла марки сепараторное или веретенное. Масло обычно меняют один раз в месяц. Слитое масло после очистки отстоем и фильтрацией или сепарированием можно при-

менять вновь. При мойке сепаратора необходимо следить за тем, чтобы в механизм не попадала вода. В конце рабочего цикла барабан сепаратора и другие части, соприкасающиеся с молоком, надо тщательно вымыть и просушить.

В собранном барабане пакет тарелок должен быть плотно сжат между дном и крышкой барабана. В случае ослабления пакета, что обычно бывает с течением времени, надо добавить одну-две тарелки из запасных.

Перед подачей молока барабан промывают горячей водой, а по окончании сепарирования — обезжиренным молоком или водой на ходу для удаления из него остатков сливок.

При эксплуатации сепаратора необходимо соблюдать правила обслуживания, изложенные в руководстве или инструкции, которые прилагаются к каждому сепаратору.

Для работы сепаратора большое значение имеет балансировка барабана. От качества ее зависит эффективность работы и долговечность сепаратора. Если балансировка барабана нарушена, то сепаратор необходимо отремонтировать.

### ФИЛЬТРЫ

Для очистки молока, кроме центробежных очистителей, применяют фильтры. Действие их основано на задержании посторонних частиц при пропускании жидкости через пористую перегородку: сетку с мелкими ячейками или ткань.

Качество очистки при фильтрации зависит от размеров ячеек или пор. При непрерывном прохождении жидкости через перегородку оседающие на ней частицы образуют пористый слой, который в дальнейшем оказывает задерживающее действие, т. е. сам является фильтрующей перегородкой. Одновременно с этим возрастает сопротивление, которое оказывает перегородка прохождению жидкости, и увеличивается напор, потребный для проталкивания жидкости через фильтр при постоянной производительности. При постоянном напоре, наоборот, снижается производительность в результате уменьшения скорости фильтрации<sup>1</sup>.

Когда фильтруемая жидкость протекает через капиллярные каналы сетки или ткани, то движение жидкости имеет ламинарный характер. Расход жидкости через один капиллярный канал при ламинарном движении по закону Пуазейля

$$V = \frac{\pi \Delta p r^4}{8 \mu l}, \quad (\text{III—14})$$

где  $V$  — расход жидкости,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

<sup>1</sup> Скорость фильтрации — количество жидкости в  $\text{м}^3$ , проходящее в секунду через  $1 \text{ м}^2$  поверхности фильтрующей перегородки.

$\Delta p$  — разность давлений до и после фильтра,  $n/m^2$ ;  
 $r$  — радиус капилляра,  $m$ ;  
 $\mu$  — вязкость жидкости,  $n \cdot сек/m^2$ ;  
 $l$  — длина капилляра,  $m$ .

Принимая, что на  $1 m^2$  поверхности имеется  $z$  капилляров, получим скорость фильтрации

$$C = Vz = \frac{\pi \Delta p r^4 z}{8l\mu}. \quad (III-15)$$

Возможны два режима фильтрации: при постоянном давлении, с постоянной скоростью при возрастании давления.

Если фильтрация проходит при постоянном давлении, то скорость фильтрации непрерывно уменьшается из-за увеличения сопротивления фильтра. Чем короче процесс фильтрации, тем больше средняя скорость фильтрации за соответствующий промежуток времени (цикл). Поэтому, как правило, более выгодна работа на коротких циклах.

По окончании цикла фильтр необходимо разобрать и сменить загрязненную фильтрующую ткань на вымытую и простерилизованную, а ткань с осадком вымыть. Так как разборка и замена ткани связаны с перерывом в работе фильтра, то для бесперебойной работы установки комплектуют из двух фильтров, которые располагают параллельно. Работают фильтры поочередно, причем во время работы одного разбирают другой.

Скорость фильтрации уменьшается с увеличением вязкости жидкости, поэтому для увеличения производительности фильтра целесообразно фильтровать молоко нагретым.

Достоинство фильтров состоит в простоте их конструкции и обслуживания. В фильтрах нет движущихся частей и связанного с этим износа деталей. Однако у фильтров есть и свои недостатки. Так, фильтровальная ткань требует частой замены и мойки. При работе с постоянной производительностью потребное давление повышается и может произойти прорыв ткани, после чего грязь с фильтра будет частично смыта и унесена в профильтрованное молоко.

В качестве фильтрующих перегородок используются металлические сетки и ткани. Основной характеристикой металлических сеток является число отверстий (ячеек) на  $1 cm^2$  поверхности. В молочных фильтрах используются сетки с числом отверстий от 25 до 100. Сетки могут быть как плетеные, так и пробивные.

Плетеные сетки засоряются быстрее пробивных, их труднее мыть и при эксплуатации из-за смещения проволоки наблюдаются изменения в размерах ячеек. Поэтому в лучших конструкциях фильтров используют пробивные сетки с диаметром отверстий  $0,5-1,5 mm$ , изготовленные из листового нержавеющей металла. Применение одних только сеток не позволяет получить



высокую эффективность фильтрации, обычно их комбинируют с фильтрующей тканью.

В молочной промышленности используют фильтры трех видов: цилиндрические, пластинчатые и дисковые.

### Цилиндрические фильтры

Цилиндрический фильтр (рис. 59) состоит из трех основных частей: корпуса 1 с подставкой, сетчатого цилиндра 2, на который натягивается ткань, и крышки 8 с цилиндрическим стаканом. Во время работы фильтр собран: ткань, сшитая в форме цилиндра, вложена в сетчатый цилиндр и ее края отвернуты наружу; сетчатый цилиндр с тканью вставлен в корпус, а крышка прижата на прокладке откидными винтами 6 к верхнему фланцу 9 корпуса.

Молоко подается в фильтр снизу через патрубок 4, заполняет кольцевое пространство между тканью и внутренним цилиндром, проходит через ткань и выходит через патрубок 7. Внутри стакана 3 молоко сжимает воздух до тех пор, пока его давление не будет соответствовать напору, необходимому для проталкивания молока через ткань. Таким образом, внутренний стакан играет роль воздушного колпака, устраняющего пульсацию потока молока через фильтрующую перегородку. Благодаря этому оказывается возможным поднять уровень молока между стаканом и сеткой до самой крышки и полностью использовать поверхность фильтрующей ткани, не подвергая ее опасным напряжениям.

Кроме того, наличие воздушной подушки обуславливает малый остаток молока внутри фильтра по окончании его работы. По мере накопления осадка на ткани уровень молока в стакане поднимается, сжимая воздух все больше и больше. Сетчатый цилиндр при этом принимает на себя давление и предохраняет ткань от прорыва.

Для контроля давления на крышке фильтра должен быть ус-

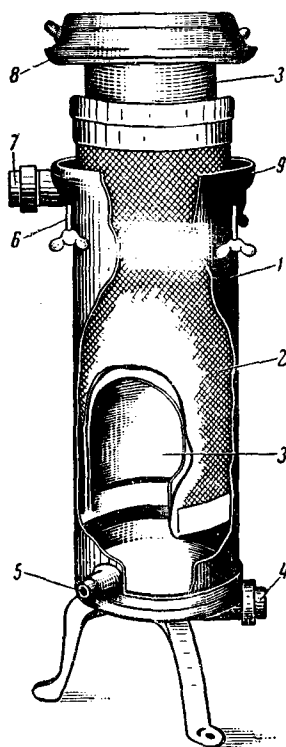


Рис. 59. Цилиндрический фильтр для молока:

1 — корпус; 2 — сетчатый цилиндр; 3 — цилиндрический стакан; 4 — патрубок для входа молока; 5 — кран; 6 — откидной винт; 7 — патрубок для выхода молока; 8 — крышка; 9 — верхний фланец.

тановлен манометр. Когда давление достигнет 20 000 кгс/м<sup>2</sup> (приблизительно через 1 ч работы), фильтр выключают из работы, спускают остаток молока через кран 5, разбирают фильтр и заменяют ткань. Чтобы обеспечить бесперебойное фильтрование молока, устанавливают параллельно два фильтра и трехходовым краном поочередно включают их в работу.

#### Техническая характеристика цилиндрических фильтров

	№ 1	№ 2	№ 3
Производительность, л/ч . . . . .	2500	5000	8000
Диаметр сетки, мм . . . . .	120	225	380
Высота сетки, мм . . . . .	800	800	800
Фильтрующая поверхность, м <sup>2</sup> . . . . .	0,3	0,6	0,9
Общий диаметр фильтра, мм . . . . .	250	430	530
Общая высота, мм . . . . .	1600	1000	1000

Достоинство цилиндрических фильтров по сравнению с другими — в простоте их конструкции, недостаток — в сравнительно малой фильтрующей поверхности.

#### Дисковые и пластинчатые фильтры

В дисковых и пластинчатых фильтрах можно разместить большую рабочую поверхность. Принцип устройства дисковых фильтров показан на рис. 60.

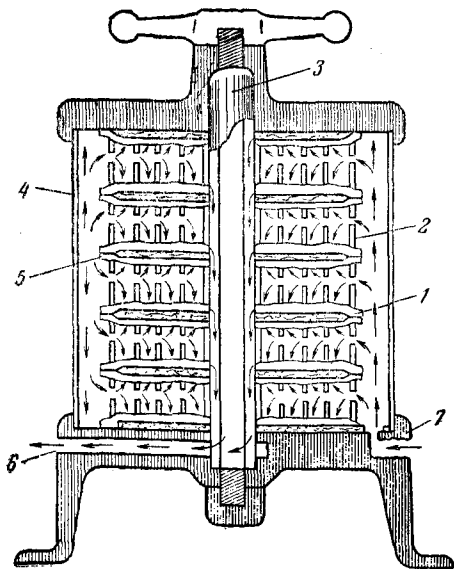


Рис. 60. Дисковый фильтр:

1 — сетчатый диск; 2 — рамка; 3 — центральная трубка; 4 — корпус; 5 — прокладка; 6 — патрубок для выхода молока; 7 — патрубок для входа молока.

Фильтр состоит из ряда параллельных круглых дисков 1, промежуточных рамок 2 с сетками и фильтровальных прокладок 5, надетых на центральную трубку 3 и сжатых вместе в один пакет, который помещен в корпус фильтра. Молоко поступает в фильтр через патрубок 7, проходит через отверстия в рамках и через фильтровальные прокладки проходит в пространство между сетками, а затем — внутрь центральной трубки и выходит наружу через патрубок 6.

Число дисков может быть различным в зависимости от производительности от производителя

ности фильтра. Расположение дисков бывает вертикальное и горизонтальное.

Подобным же образом устроены и пластинчатые фильтры, у которых фильтровальная ткань надевается на прямоугольные рамки с сетками. Рамки сжимаются и образуют пакеты из параллельно работающих плоских фильтров.

Благодаря параллельной компоновке рабочих элементов, фильтрующая поверхность в пластинчатых и дисковых фильтрах может быть значительной и их производительность достигает 20 000 л/ч.

### ГОМОГЕНИЗАТОРЫ

Гомогенизация — процесс, при котором происходит раздробление жировых шариков на более мелкие жировые частицы в результате интенсивного механического воздействия на продукт.

Гомогенизированный продукт имеет следующие достоинства перед негомогенизированным.

Питательная ценность молока и сливок после гомогенизации повышается, так как более тонкое раздробление жира и соответствующее увеличение поверхности жировой фазы облегчают усвоение молочного жира организмом человека. Вкус гомогенизированного продукта улучшается благодаря одновременному увеличению вязкости и улучшению консистенции.

После гомогенизации значительно замедляется процесс отстаивания жира при хранении жидких молочных продуктов, что особенно важно при хранении молочных консервов. Такое замедление объясняется следующим.

Скорость всплывания жировых шариков молока определяется по формуле Стокса

$$v = \frac{2}{9} g \frac{\rho_1 - \rho_2}{\mu} r^2,$$

где  $v$  — скорость всплывания шарика, м/сек;

$\rho_1$  — плотность молочной плазмы, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_2$  — средняя плотность жирового шарика, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  — коэффициент динамической вязкости плазмы, н·сек/м<sup>2</sup>;

$r$  — радиус жирового шарика, м.

Следовательно, скорость всплывания пропорциональна квадрату радиуса шарика.

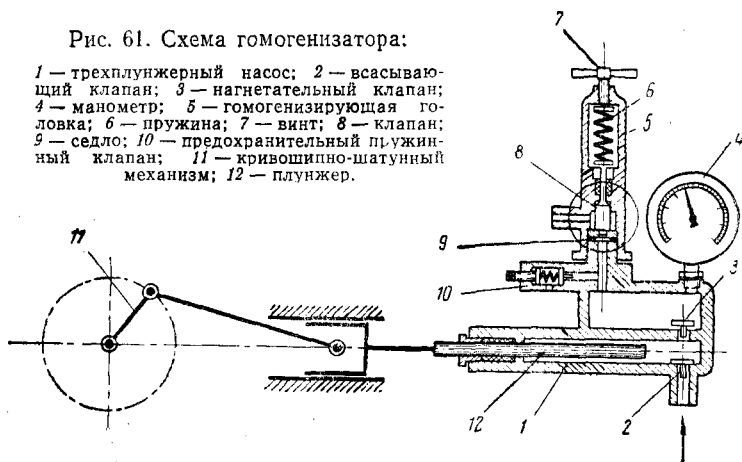
При гомогенизации размер крупных жировых шариков уменьшается примерно в 10 раз и скорость всплывания уже поэтому должна уменьшиться в 100 раз. В действительности уменьшение ее еще значительнее, так как гомогенизация приводит к некоторому увеличению средней плотности шариков, потому что отношение массы молочного жира к массе белковой оболочки, обладающей большей плотностью, становится меньше.

Гомогенизированное молоко имеет и другие достоинства. Гомогенизация молока приводит к уменьшению отхода жира в сыроворотку при выработке сыра примерно в 8—10 раз, что позволяет значительно уменьшить потери ценнейшего компонента молока — молочного жира.

Гомогенизированные молочные и сливочные смеси для мороженого легче взбиваются и дают готовый продукт с лучшим вкусом и более нежной консистенцией.

Рис. 61. Схема гомогенизатора:

- 1 — трехплунжерный насос; 2 — всасывающий клапан; 3 — нагнетательный клапан; 4 — манометр; 5 — гомогенизирующая головка; 6 — пружина; 7 — винт; 8 — клапан; 9 — седло; 10 — предохранительный пружинный клапан; 11 — кривошипно-шатунный механизм; 12 — плунжер.



Все перечисленные достоинства обуславливают широкое применение гомогенизации в цельномолочной, молочноконсервной и сыродельной промышленности.

Для гомогенизации жидких молочных продуктов применяют специальные машины — гомогенизаторы. Наибольшее распространение имеют гомогенизаторы клапанного типа (рис. 61), в которых гомогенизация происходит благодаря проталкиванию продукта плунжерным насосом через специальную гомогенизирующую головку.

Молоко при ходе плунжера 12 влево засасывается через клапан 2 в цилиндр, а при ходе вправо проталкивается через клапан 3 в нагнетательную камеру, на которой установлен манометр 4 для контроля давления. Далее молоко по каналу поступает в головку 5, в которой поднимает клапан 8, прижимаемый к седлу 9 пружиной 6. Натяжение пружины регулируется винтом 7. Клапан и седло притерты один к другому. В нерабочем положении клапан плотно прижат к седлу пружиной 6, а в рабочем, когда нагнетается жидкость, клапан приподнят давлением жидкости и находится в «плавающем» состоянии.

Высота клапанной щели при работе гомогенизатора не превышает 0,1 мм, а скоростью молока при движении его в щели

обычно достигает 150—200 м/сек. При этом молоко подвергается в зоне клапана сильному механическому воздействию, которое приводит к раздроблению жировых шариков, т. е. к гомогенизации.

Форма рабочей поверхности клапана обычно плоская тарельчатая или конусная с небольшим углом конусности.

Характерным показателем режима гомогенизации, играющим большую роль при регулировке машины, является так называемое давление гомогенизации.

Давление регулируют винтом 7, руководствуясь показаниями манометра 4. При завинчивании винта давление пружины на клапан увеличивается, следовательно, высота клапанной щели уменьшается. Это приводит к увеличению гидравлических сопротивлений при движении жидкости через клапан, т. е. к увеличению давления, необходимого для проталкивания данного количества жидкости. Поэтому гомогенизатор снабжен предохранительным пружинным клапаном 10, через который жидкость выходит наружу в тех случаях, когда давление в машине выше установленного. Предельное давление, при котором открывается предохранительный клапан, регулируют винтом с пружиной.

Чтобы устранить неравномерность подачи, для гомогенизаторов используют трехплунжерные насосы, обладающие сравнительно равномерной подачей, благодаря смещению кривошипов коленчатого вала на  $120^\circ$  и поочередной работе цилиндров. Степень неравномерности подачи, равная отношению максимальной подачи к средней, для трехплунжерного насоса составляет 1,047, т. е. близка к единице. Поэтому в подаче жидкости через клапан не только нет полных перерывов, но и сам поток приблизительно постоянен.

Основным фактором, от которого зависит эффективность гомогенизации, является скорость истечения жидкости  $v_1$  через клапанную щель. Установлено также, что решающая стадия процесса дробления частиц происходит в месте перехода потока молока из канала седла в клапанную щель. Схема процесса дробления капель показана на рис. 62.

При проходе жировой капли из зоны малых скоростей  $v_0$  в зону высоких передние части капли включаются в поток в щели с огромной скоростью  $v_1$ , вытягиваются и отрываются от нее. В это же время остальная часть капли, еще принадлежащая к потоку со скоростью  $v_0$ , продолжает проходить через пограничное сечение и постепенно отдавать свой материал вновь образованным частицам.

Чем выше скорость  $v_1$ , тем интенсивнее вытягивается жидкая нить из капли в пограничной зоне, тем тоньше эта нить и мельче частицы после ее распада.

Зависимость степени раздробления от скорости  $v_1$  объясняет связь, установленную практикой между эффектом гомогениза-

ции и давлением, так как для любых данных условий скорость определяется давлением гомогенизации.

Экспериментально установлено, что средний диаметр жировых шариков в гомогенизированном молоке обратно пропорционален квадратному корню из давления гомогенизации и может быть определен по эмпирической формуле

$$d = \frac{12}{\sqrt{\Delta p}}, \quad (\text{III}-16)$$

где  $d$  — средний диаметр жировых шариков, мкм;

$\Delta p$  — перепад давлений до клапана и после него (давление гомогенизации), кгс/см<sup>2</sup>.

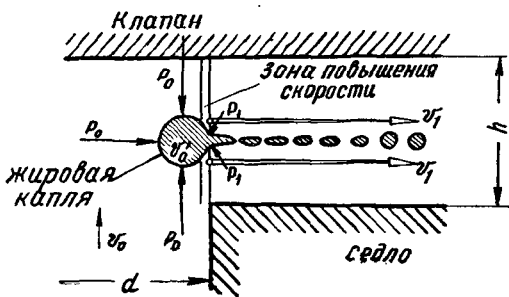


Рис. 62. Схема дробления жировых капель в гомогенизирующем клапане:

$p_0$  — давление в канале седла;  $d$  — диаметр канала седла;  $v_0$  — скорость частицы перед клапанной щелью;  $v_1$  — скорость потока молока в канале клапанной щели;  $h$  — высота клапанной щели;  $p_1$  — давление в зоне высоких скоростей.

Формула действительна для обычных условий гомогенизации цельного молока при температуре 60° С и для диапазона давлений от 30 до 200 кгс/см<sup>2</sup>.

Расчеты по этой формуле показывают, что средний диаметр жировых шариков быстро уменьшается при повышении давления до 120—140 кгс/см<sup>2</sup>. В интервале 140—200 кгс/см<sup>2</sup> уменьшение среднего диаметра идет уже много медленнее, а повышение давления за пределы 200 кгс/см<sup>2</sup> почти совсем не улучшает гомогенизации.

По формуле можно ориентировочно определить требуемое давление гомогенизации для получения принятой степени дробления, характеризуемой величиной среднего диаметра частиц.

На рис. 63 показан распространенный в молочной промышленности гомогенизатор ОГБ производительностью 1200 л/ч. Он состоит из следующих основных узлов: станины с картером, приводного механизма, плунжеров блока цилиндров, гомогенизирующей головки.

Станина 1 гомогенизатора (рис. 63, а) литая чугунная, снабжена боковыми съемными крышками. Внутри станины внизу расположен электродвигатель 2 мощностью 11,8 квт, от которого движение передается на шкив 5 клиноременной передачей, состоящей из четырех клиновидных ремней. Ремни по мере вы-

тяжки натягиваются винтом 4, посредством которого электродвигатель перемещают по пазам.

Шкив 5 насажен на конец вала 6, на котором имеется зубчатое колесо 7, передающее движение зубчатому колесу 8 на главном валу 10. На том же валу закреплен чугунный эксцентриковый блок 9, приводящий в движение три шатуна 11 и соединенные с ним посредством трех крейцкопфов 12 три плунжера 16

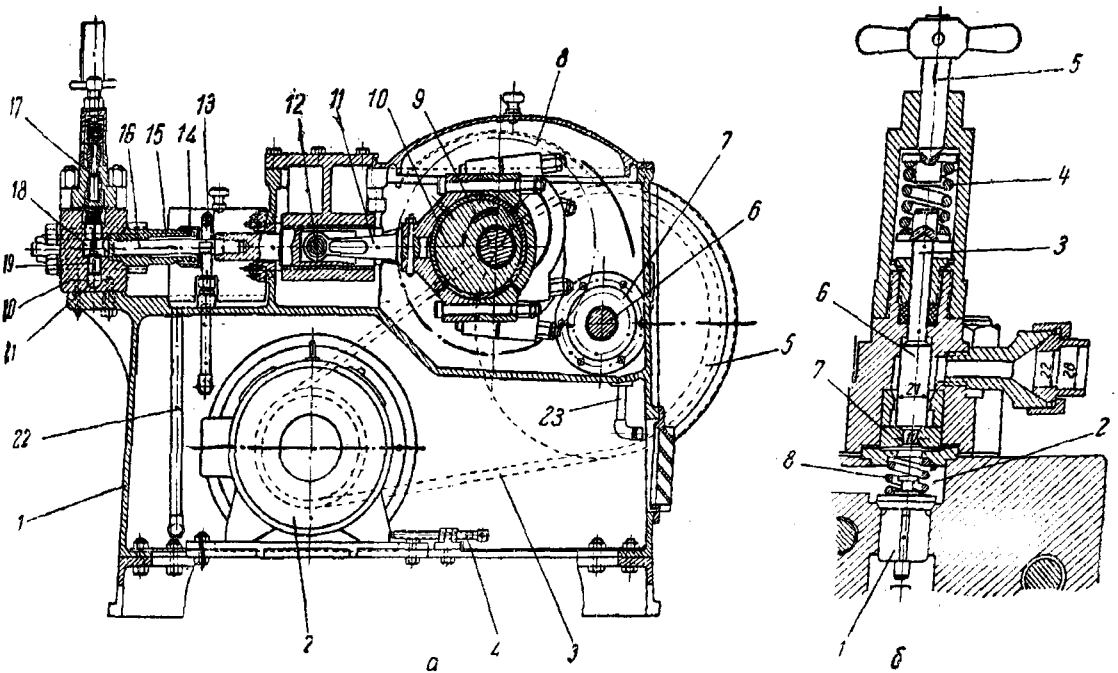


Рис. 63. Гомогенизатор ОГБ:

а — общий вид; 1 — станина; 2 — электродвигатель; 3 — клиновидные ремни; 4 — натяжной винт; 5 — шкив; 6 — вал; 7 и 8 — зубчатые колеса; 9 — эксцентриковый блок; 10 — главный вал; 11 — шатун; 12 — крейцкопф; 13 — смывное приспособление; 14 — нажимная гайка; 15 — сальник; 16 — плунжер; 17 — гомогенизирующая головка; 18 — цилиндр; 19 — всасывающий клапан; 20 — блок цилиндров; 21 — всасывающий канал; 22 — трубка для отвода смывной воды; 23 — трубка;

б — гомогенизирующая головка: 1 — нагнетательный клапан; 2 — нагнетательный канал; 3 — стержень; 4 — пружина; 5 — винт; 6 — клапан; 7 — седло; 8 — пружина.

диаметром 34 мм. Число оборотов эксцентрикового блока 112 в минуту.

Шестеренчатый и эксцентриково-шатунный механизмы расположены в картере в верхней части станины. Нижняя часть картера заполнена маслом, которое разбрызгивается во время работы машины и смазывает поверхности трения в головках шатунов и крейцкопфах. Уровень масла в ванне контролируют по маслоуказателю. Для спуска масла служит трубка 23.

Блок цилиндров 20 изготовлен из нержавеющей стали. Вдоль блока проходит всасывающий канал 21, из которого гомогенизируемый продукт через свободные всасывающие клапаны 19 поступает в цилиндры 18.

Нагнетательные клапаны 1 (рис. 63, б) снабжены пружинами 8, обеспечивающими быструю посадку клапанов на место в начале хода всасывания. Это особенно важно при гомогенизации вязких продуктов, оказывающих значительное сопротивление выдавливанию из-под клапана, что приводит к замедлению посадки и ухудшению объемного к.п.д. плунжерных насосов.

Нагнетательный канал 2 также проходит вдоль всего блока цилиндров. Он сообщен с гомогенизирующей головкой обычного типа, предохранительным клапаном и манометром. Предохранительный клапан шариковый, прижимается пружиной, которая натягивается регулировочным колпачком.

Манометр установлен на специальном штуцере, внутри которого имеется патрон, играющий роль мембраны, препятствующий попаданию продукта внутрь манометра. Места входа плунжеров в цилиндры уплотнены сальниками с нажимными гайками.

Плунжеры при работе сильно нагреваются от горячего продукта и продукт, проникающий через уплотнение, присыхает к поверхности плунжеров, если не принимать меры к его удалению. Поэтому на плунжеры через специальное смывное приспособление подается вода, смывающая продукт. Смывная вода отводится по специальной трубке.

Давление гомогенизации регулируют винтом 5, который нажимает на пружину 4, стержень и клапан 6. Клапан 6 и седло 7 симметричные двусторонние.

Перед работой винт 5 ослабляют, начинают работу при малом давлении по манометру, а затем плавно доводят его, вращая винт, до требуемого.

В клапане гомогенизатора давление жидкости резко падает в результате перехода потенциальной энергии давления в кинетическую в месте перехода жидкости из канала седла в клапанную щель, где скорость потока до 150—200 м/сек.

Кроме обычных, выпускают гомогенизаторы с двойным дроселированием, в которых жидкость проходит последовательно через две рабочие головки. В каждой головке давление пружины на клапан регулируется отдельно своим винтом. В таких головках гомогенизация происходит в две ступени: в первой обычно при перепаде давлений до 150 кгс/см<sup>2</sup>, а во второй при перепаде давлений до 80 кгс/см<sup>2</sup>. Рабочее давление в нагнетательной камере равно сумме перепадов, т. е. 230 кгс/см<sup>2</sup>.

Применение двухступенчатой гомогенизации обусловлено тем, что во многих эмульсиях после гомогенизации в первой ступени диспергированные частицы вновь слипаются с образованием так называемых «гроздьев», которые ухудшают эффект диспергирования.

Задача второй ступени состоит в раздроблении, рассеивании таких сравнительно неустойчивых образований. Для этого тре-



буется уже не столь значительное механическое воздействие, поэтому перепад давлений во второй вспомогательной ступени гомогенизатора значительно меньше, чем в первой, от работы которой в основном и зависит степень гомогенизации.

Гомогенизаторы работают при высоких давлениях и поглощают много электроэнергии. Стремление уменьшить насколько возможно расход электроэнергии и облегчить конструкцию привело к созданию гомогенизаторов низкого давления, работающих при рабочем давлении 70—80 кгс/см<sup>2</sup>. Во многих случаях такой режим работы дает достаточный эффект, так как степень дисперсности эмульсии возрастает особенно быстро при повышении давления до 80—100 кгс/см<sup>2</sup>, а затем изменяется уже значительно медленнее.

Производительность гомогенизатора равна подаче его насоса. Для плунжерных насосов подача зависит от диаметра плунжеров и величины хода, числа плунжеров и числа оборотов эксцентрикового вала. При заданных параметрах машины ее объемная производительность может быть определена по формуле

$$V = \frac{\pi d^2}{4} S n z \varphi, \quad (\text{III—17})$$

где  $V$  — производительность, м<sup>3</sup>/сек;  
 $d$  — диаметр плунжера, м;  
 $S$  — ход плунжера, м;  
 $n$  — скорость вращения эксцентрикового вала, об/сек;  
 $z$  — число плунжеров;  
 $\varphi$  — объемный к. п. д. насоса (ориентировочно для молока  $\varphi = 0,85$ , при вязком продукте меньше).

Мощность, потребляемую гомогенизатором, определяют по формуле

$$N = \frac{V p}{\eta}, \quad (\text{III—18})$$

где  $N$  — мощность, вт;  
 $p$  — рабочее давление гомогенизатора, н/м<sup>2</sup> \*;  
 $V$  — производительность, м<sup>3</sup>/сек;  
 $\eta$  — к. п. д. плунжерного насоса ( $\eta = 0,75$ ).

Изменение энергоемкости клапанных гомогенизаторов в зависимости от производительности и рабочего давления показано в табл. 6.

Данные табл. 6 наглядно свидетельствуют о том, насколько велика энергоемкость машин для гомогенизации молока, поэтому следует уделять должное внимание выбору рационального давления гомогенизации.

\* Для получения величины давления в н/м<sup>2</sup> следует рабочее давление гомогенизатора по манометру, измеренное в кгс/см<sup>2</sup>, умножить на  $9,81 \cdot 10^4$ .

Таблица 6

Производительность, кг/ч	Мощность (в кет) при давлении, кгс/см <sup>2</sup>				
	100	150	200	250	300
500	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4
1000	3,6	5,4	7,2	9,0	10,8
1500	5,4	8,1	10,8	13,5	16,2
2000	7,2	10,8	14,4	18,0	21,6
3000	10,8	16,2	21,6	27,0	32,4
4000	14,4	21,6	28,8	36,0	43,2
5000	18,0	27,0	36,0	45,0	54,0

При гомогенизации цельного молока, обработка которого требует особенно большого расхода энергии ввиду больших количеств продукта, рациональное давление гомогенизации находится в пределах 120—150 кгс/см<sup>2</sup>. Однако при таком давлении расход электроэнергии на гомогенизацию значителен. Поэтому важнейшей задачей в совершенствовании техники гомогенизации является изыскание более экономичных способов в отношении затраты электроэнергии, чем применение клапанных гомогенизаторов.

Одним из новых способов получения искусственных эмульсий и их гомогенизации, отличающимся высокой экономичностью в отношении затраты энергии, является обработка смесей и эмульсий ультразвуком<sup>1</sup>.

Ультразвуковые колебания раздробляют жидкие и твердые частицы, взвешенные в жидкой среде, которая подвергалась их воздействию. На этом свойстве и основано использование ультразвука для гомогенизации молока и эмульсирования молочного жира.

При ультразвуковой обработке молоко пропускают через рабочий орган, в котором оно подвергается ультразвуковым колебаниям в течение необходимого промежутка времени.

### ЭМУЛЬСОРЫ

Эмульсоры предназначены для получения однородной смеси из животного или растительного жира с обезжиренным либо цельным молоком. Основным рабочим органом эмульсора является быстровращающийся ротор. На рис. 64, а приведен барабан эмульсора с вертикальным валом.

Барабан эмульсора представляет собой стальную цилиндрическую чашу, надежную на вертикальный вал (веретено), вра-

<sup>1</sup> Ультразвук — механическое колебательное движение упругой среды при частоте колебаний более 20 000 в секунду.

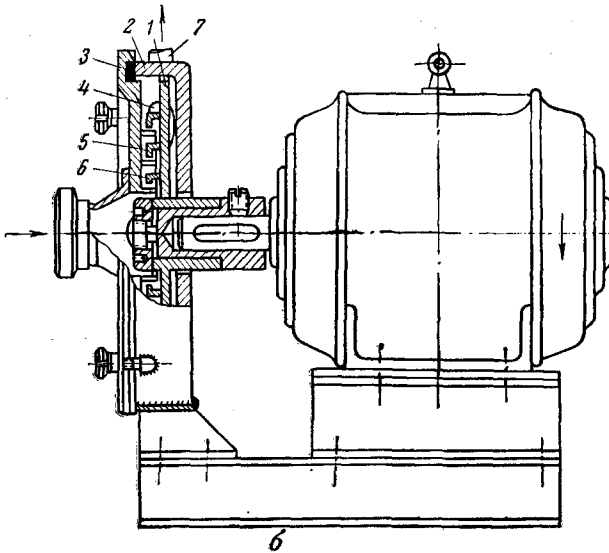
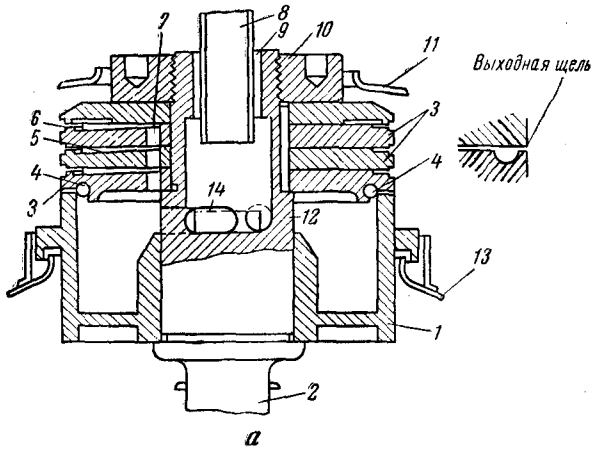


Рис. 64. Эмульсор:

а — ротор (барaban) с вертикальным валом: 1 — корпус барабана; 2 — вертикальный вал (веретено); 3 — распылительные диски; 4 — резиновое кольцо; 5 — пазы; 6 — щель распыления; 7 — каналы для прохождения смеси; 8 — подводящая трубка; 9 — кольцевой зазор для выхода избытка смеси; 10 — гайка; 11 — приемник для избытка подаваемой смеси; 12 — центральная трубка; 13 — приемник смеси; 14 — каналы для выхода смеси в камеру очистки;

б — общий вид: 1 — вращающийся диск; 2 — корпус; 3 — крышка; 4, 5 и 6 — кольца с отверстиями; 7 — выходной патрубок.

щающийся со скоростью около 10 000 об/мин. Верхний конец веретена полый и выполняет роль центральной трубки, в которую поступает смесь из трубки 8, идущей из приемной камеры с поплавковым регулятором уровня.

На конец веретена надеваются распылительные диски 3, закрепляемые на веретене вместе с корпусом барабана гайкой 10. На дисках имеются проточки, поэтому в собранном барабане между дисками 3 на периферии образуются кольцевые каналы, сообщающиеся радиальными каналами с вертикальными каналами 7, по которым поступает жидкость из барабана.

Толщина периферийной части дисков за кольцевыми каналами несколько уменьшена, так что при плотном сжатии их здесь образуются узкие кольцевые щели, через которые и выбрасывается жидкость. Смесь из центральной трубки 12 проходит через каналы 14 в барабан. Освободившись в барабане от механических примесей, смесь поднимается по вертикальным каналам 7, образованным отверстиями в дисках, и по пазам 5 поступает в кольцевые каналы. При выбрасывании из узких щелей 6 с большой скоростью смесь распыляется на мелкие капельки, собирается в приемнике и отводится через рожок. Температура смеси 60—65°С.

Скорость движения выбрасываемой жидкости равна геометрической сумме двух скоростей

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_p^2},$$

где  $v$  — скорость движения жидкости, м/сек;

$v_0$  — окружная скорость, м/сек;

$v_p$  — радиальная скорость, м/сек.

Окружная скорость

$$v_0 = \omega r,$$

где  $\omega$  — угловая скорость, 1/сек;

$r$  — радиус, на котором расположены выходные щели, м.

Радиальную скорость определяют по формуле

$$v_p^2 = \omega^2 (r^2 - r_x^2),$$

где  $r_x$  — радиус, на котором находится открытая поверхность жидкости в каналах, м.

Суммарная скорость жидкости

$$v = \omega \sqrt{2r^2 - r_x^2}. \quad (\text{III—19})$$

Радиус  $r_x$  может изменяться в зависимости от притока в пределах от  $r_0$  до  $r$ , где  $r_0$  — внутренний радиус центральной трубки.

При большем притоке жидкости избыток ее выбрасывается из центральной трубки над гайкой барабана в приемник 11. При

этом  $r_x = r_0$  и скорость  $v$  имеет максимальное значение. При уменьшении притока  $r_x$  приближается к  $r$ ,  $v$  — к  $v_0$ .

Высоту кольцевой щели определяют из уравнения

$$v_p = \frac{M}{2\pi r h z}, \quad (\text{III—20})$$

где  $h$  — высота щели, м;

$z$  — количество щелей;

$M$  — количество жидкости, проходящей в секунду, м<sup>3</sup>/сек.

**Пример.** При  $M=1200$  л/ч,  $r=5$  см,  $r_x=2$  см и числе оборотов  $n=10\,000$  в минуту

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 3,14 \cdot \frac{10\,000}{30} \approx 1050 \frac{1}{\text{сек}};$$

$$v = 1050 \sqrt{2 \cdot 5^2 - 2^2} = 1050 \sqrt{50 - 4} = 7100 \text{ см/сек} = 71 \text{ м/сек.}$$

Радиальная скорость

$$v_p = 1050 \sqrt{5^2 - 2^2} = 4800 \text{ см/сек} = 48 \text{ м/сек.}$$

Высота кольцевой щели при  $z=3$  из формулы (III—20)

$$h = \frac{1200 \cdot 1000}{3600 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 4800 \cdot 3} = 0,00073 \text{ см} = 7,3 \text{ мкм.}$$

Размер щели исчисляется в микрометрах<sup>1</sup>, в связи с чем требуется высокая точность изготовления дисков и хорошая очистка смеси.

На рис. 64, б показан эмульсор ВНИМИ. Он устроен подобно центробежному насосу. Ротор его помещен непосредственно на валу электродвигателя и представляет собой диск с тремя эксцентрично расположенными на нем кольцами с мелкими отверстиями в их стенках.

Ротор заключен в кожухе, имеющем патрубок для выхода эмульсии. На внутренней стороне крышки эмульсора, прикрепляемой к его корпусу зажимами, имеются три эксцентрично расположенных кольца, которые при установке крышки располагаются между кольцами ротора.

Во время работы смесь поступает через патрубок в центре крышки и сливается в первую ступень эмульсора (малое вращающееся кольцо). Выходя из отверстий, жидкость ударяется о стенки неподвижного кольца крышки и стекает из него во вторую ступень эмульсора (среднее вращающееся кольцо). Таким же путем жидкость проходит и третью ступень (третье вращающееся кольцо).

Эмульсор не имеет трущихся частей (сальников и подшипников).

<sup>1</sup> 1 мкм = 10<sup>-6</sup> м.

### Техническая характеристика эмульсора

Производительность, л/ч . . . . .	1000—1200
Число оборотов ротора в минуту . . . . .	2800
Потребная мощность, квт . . . . .	2, 2—3, 6
Диаметры колец распылителя, мм . . . . .	155, 205, 255
Число отверстий на кольцах . . . . .	80, 106, 72
Диаметры отверстий, мм . . . . .	2, 1, 1
Диаметр патрубка, мм	
для входа . . . . .	50
для выхода . . . . .	35
Габариты, мм	
длина . . . . .	500
ширина . . . . .	400
высота . . . . .	500
Масса, кг . . . . .	20

По данным испытаний, сливки, полученные на этом эмульсоре из смеси масла с молоком, по размерам жировых шариков приближается к натуральным (табл. 7).

Таблица 7

Сливки	Содержание жировых шариков (в %) размером, мм					
	1	1—3	3—6	7—9	10—15	15
Обычные . . . . .	8	8,2	57	21	5	0,8
Из смеси масла с молоком . . . . .	4,2	6,8	64,3	22	2,1	0,6

Эти эмульсоры применимы также для приготовления заменителей цельного молока для телят и для обработки смеси при производстве мороженого. К их положительным особенностям относятся простота конструкции, осуществление в одном роторе нескольких ступеней эмульгирования и неограниченность продолжительности работы без остановки для чистки.

## Глава IV

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА

### СЛИВКОСОЗРЕВАТЕЛЬНЫЕ ВАННЫ

При производстве масла способом сбивания для созревания сливок применяют сливкосозревательные ванны. В них пастеризованные и охлажденные сливки выдерживают при низкой температуре в течение нескольких часов. Поэтому сливкосозревательные ванны должны удовлетворять следующим требованиям:

обеспечивать возможность доохлаждения сливок и поддержание низкой температуры во время их выдержки, а также подогрев их в ванне до  $8-12^{\circ}\text{C}$  перед выпуском;

удовлетворять санитарным требованиям, так как в них хранятся пастеризованные сливки;

быть удобными для обслуживания и быстрого выпуска сливок.

Сливкосозревательные ванны (рис. 65) изготовляют главным образом полуцилиндрической формы из нержавеющей стали. В рубашку 4 ванны подается холодная вода, в трубчатой качающейся мешалке 5 циркулирует рассол. Мешалка ванны приводится в действие от электродвигателя 7.

Для подогрева сливок в рубашку ванны снизу введена труба с отверстиями, по которой подается пар, нагревающий воду в рубашке.

При заполнении ванны сливками трубчатую мешалку можно поставить в верхнее вертикальное положение и использовать как оросительный охладитель. В этом случае на мешалку устанавливают распределительный желоб, как у оросительных охладителей.

Во время движения мешалки сливки проходят через зазоры между трубами. Привод мешалки от электродвигателя осуществляется через ременную передачу, червячный редуктор и кривошипно-шатунный механизм. Амплитуду качаний мешалки можно изменить, передвигая палец шатуна 10 в скобе мешалки на соответствующее расстояние от оси качания. Угол отклонения мешалки от  $60$  до  $100^{\circ}$ , число качаний  $10-12$  в минуту. Емкость ванн обычно подбирают в соответствии с рабочей емкостью маслоизготовителей.

Рассол подводится в мешалку с одного конца и отводится с другого. Поворачивающиеся вокруг оси концы трубчатой мешалки соединяются с неподвижными трубами рассолопровода сальниковыми устройствами или отрезками гибких (резиновых) шлангов.

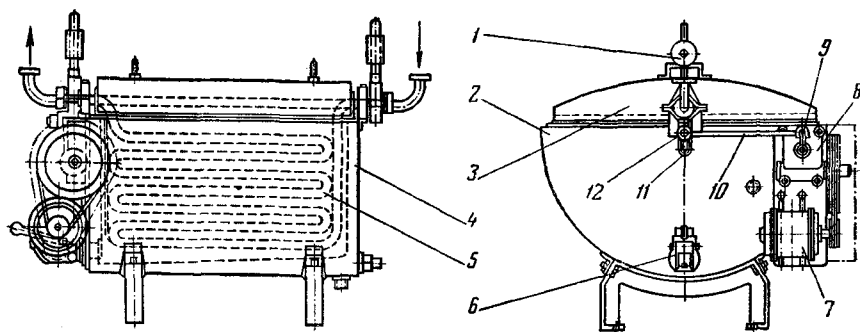


Рис. 65. Сливкосозревательная ванна:

1 — противовес мешалки; 2 — корпус; 3 — крышка; 4 — рубашка; 5 — трубчатая мешалка; 6 — шиберный кран; 7 — электродвигатель; 8 — редуктор; 9 — кривошип; 10 — шатун; 11 — скоба мешалки; 12 — палец шатуна.

Сливкосозревательная ванна снабжена широким шиберным краном для спуска сливок. В рубашке ее имеется переливная труба, которую нельзя закрывать во избежание деформации ванны под давлением воды в рубашке.

#### Техническая характеристика сливкосозревательных ванн

	ВСГМ-04	ВСГМ-08	ВСГМ-12	ВСГМ-20
Рабочая емкость, л . . . . .	400	800	1200	2000
Поверхность охлаждения мешалки, м <sup>2</sup> . . . . .	0,7	1,13	1,7	3,0
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	0,6	0,6	0,6	1,0
Габариты, мм				
длина . . . . .	2150	2108	2640	3558
ширина . . . . .	1270	1500	1775	1250
высота . . . . .	1020	1330	1630	2128
Масса, кг . . . . .	350	510	720	925

Продолжительность охлаждения или нагревания сливок в ванне можно определить по формуле, приведенной в общем виде, т. е. когда теплопередача осуществляется через мешалку и через стенки ванны

$$\tau = \frac{Gc\Delta t_c}{k_M F_M \Delta t_{M.c.p} + k_B F_B \Delta t_{B.c.p}},$$



где  $\tau$  — продолжительность охлаждения (нагревания), сек;  
 $G$  — количество сливок, кг;  
 $c$  — теплоемкость сливок, дж/(кг · град);  
 $\Delta t_c$  — изменение температуры сливок, °С;  
 $k_m$  — коэффициент теплопередачи мешалки, вт/(м<sup>2</sup> · град)  
 ( $k_m = 450 \div 570$ );  
 $F_m$  — поверхность теплопередачи мешалки, м<sup>2</sup>;  
 $\Delta t_{m.c.p.}$  — средняя разность температур теплоносителя и продукта, °С;  
 $k_v$  — коэффициент теплопередачи ванны, вт/(м<sup>2</sup> · град)  
 ( $k_v = 230 \div 290$ );  
 $F_v$  — поверхность теплопередачи ванны, м<sup>2</sup>;  
 $\Delta t_{v.c.p.}$  — средняя разность температур теплоносителя и продукта, °С.

Для созревания сливок применяют также вертикальные сливкосозревательные хорошо изолированные танки. У этих танков рубашка раздельная — у стенок для охлаждения сливок рассолом и у дна для нагревания сливок. Хорошее перемешивание сливок обеспечивает специальная мешалка. Широкий выходной патрубок с краном расположен в центре сферического дна танка. Емкость танков до 5 м<sup>3</sup> для маслоизготовителей емкостью 10 м<sup>3</sup>.

### ЗАКВАСОЧНИКИ

При производстве кисломолочного масла в сливки вносят закваску, приготовленную на чистых культурах молочнокислых бактерий. Готовят закваску в специальных аппаратах — заквасочниках.

В заквасочниках производится весь технологический процесс приготовления закваски: пастеризация и охлаждение обезжиренного молока, заквашивание его чистыми культурами, перемешивание, выдерживание до образования сгустка и охлаждение готовой закваски.

Заквасочники бывают различных конструкций. На рис. 66 приведен четырехкамерный заквасочник. Он состоит из стального изолированного корпуса, разделенного по длине на четыре изолированные между собой цилиндрические секции: три для установки ушатов емкостью 36 л (для производственной закваски) и одна для ушата емкостью 18 л (для маточной закваски).

В каждую секцию подводится пар, вода и рассол. В секциях находится вода, в которую погружаются ушаты. Вода нагревается паром через барботер 10 или охлаждается рассолом, проходящим в змеевик 9.

Ушаты закрываются крышками 5 с отверстиями для мутовки и термометра.

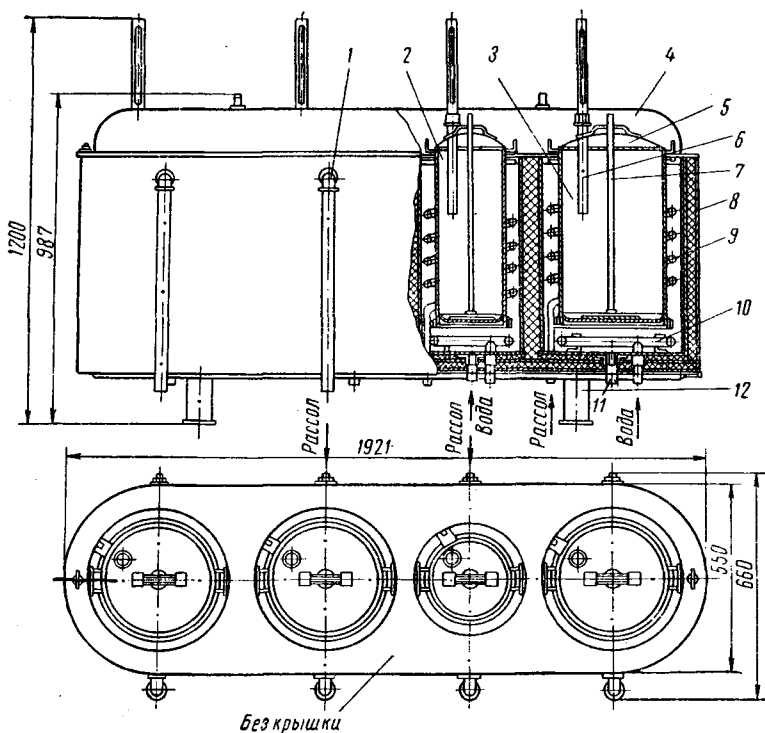


Рис. 66. Заквасочник:

1 — сливная труба; 2 — ушат емкостью 18 л; 3 — ушат емкостью 36 л; 4 — крышка заквасочника; 5 — крышка ушата; 6 — термометр; 7 — мутовка; 8 — корпус; 9 — змеевик; 10 — барботер; 11 — патрубок для впуска воды; 12 — ножка.

## МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛИ

При производстве масла по способу сбивания процесс переработки сливок осуществляют в маслоизготовителях. Здесь сливки интенсивно перемешиваются, вследствие чего жировые шарики слипаются, образуя масляные зерна. Выделяющаяся при этом обезжиренная фракция — пахта — отводится, а масляные зерна в результате отжимки превращаются в пласт масла.

Различают маслоизготовители периодического и непрерывного действия. Маслоизготовители периодического действия бывают вальцовые и безвальцовые.

В вальцовых маслоизготовителях масляные зерна обрабатываются в результате прокатки между рифлеными деревянными вальцами. К ним относятся следующие три типа маслоизготовителей:

с боковым люком и невынимающимися вальцами;

с торцовым люком и выдвижной кареткой с вальцами;

с торцовым люком и невынимающимися вальцами.

В безвальцовых маслоизготовителях масляные зерна обрабатываются в результате сбрасывания их с полок или плоскостей, образованных стенками самой бочки, имеющей соответствующую форму.

В маслоизготовителях непрерывного действия сбивание сливок и обработка масла осуществляется в непрерывном потоке.

Бочки маслоизготовителей должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать толчки и удары обрабатываемых сливок; удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям. Бочки и вальцы изготовляют из высококачественных материалов и тщательно отделывают.

Вальцовые маслоизготовители делают из дерева (дуб, бук, дикая груша), а безвальцовые — из дерева или нержавеющей стали. Маслоизготовители непрерывного действия — цельнометаллические. Преимущественное распространение получили безвальцовые маслоизготовители с бочками из нержавеющей стали.

### **Вальцовые маслоизготовители**

#### **Маслоизготовители с боковым люком и невынимающимися вальцами**

У этих маслоизготовителей бочка удлиненной формы с одной, двумя и тремя парами вальцов (рис. 67). Через люк в боковой стенке заливают сливки, вынимают масло и моют бочку. На днищах бочки укреплены массивные чугунные фланцы 4 с цапфами 5, которыми она опирается на стойку 3 и коробку 9 приводного механизма через подшипники.

Бочка стянута стальными обручами 6. Обручи разъемные, стягиваются болтами с правой и левой нарезками на концах.

Люк плотно закрывается деревянной крышкой с металлической рамой и резиновой прокладкой. На бочке с противоположной стороны люка расположены противовесы для балансировки.

Бочка снабжена пружинным клапаном для выпуска газов и пара, образующихся при сбивании сливок и при подготовке маслоизготовителя к работе, а также для впуска воздуха при спуске пахты. Пахта спускается через один или два крана. В днищах бочки находятся смотровые окна 18, вделанные в металлические оправы.

Цапфы 5 вальцов проходят через днища бочки и укрепленные на них металлические плиты, где вмонтированы подшипники и сальники. Со стороны, обращенной к приводному механизму, цапфы удлинены и на концах их укреплены шестерни.

Во время работы вальцы каждой пары вращаются в противоположные стороны с одинаковой скоростью. Скорость враще-

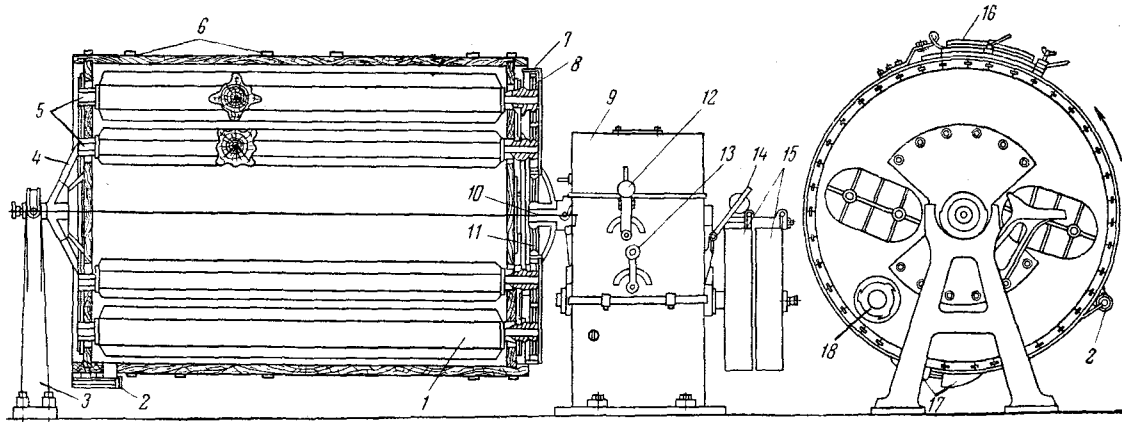


Рис. 67. Маслоизготовитель с боковым люком и невынимающимися вальцами:

1 — вальцы; 2 — краны для выпуска пахты; 3 — стойка; 4 — фланец; 5 — цапфы; 6 — обручи; 7 — ограждение; 8 — шестерни; 9 — коробка механизма; 10 — вал; 11 — ведущая шестерня; 12 и 13 — рычаги управления; 14 — перевод ремня; 15 — шкивы; 16 — люк; 17 — стяжки обручей; 18 — смотровое окно.

ния бочки должна быть такой, чтобы находящиеся в ней сливки интенсивно перемешивались, но не вращались вместе с бочкой.

При сбивании сливок бочка вращается со скоростью 20—40 *об/мин* (в зависимости от диаметра бочки). При обработке масла скорость вращения бочки снижается до 1,5—2,5 *об/мин*.

Бочка вращается от электродвигателя или от трансмиссии посредством ременной и зубчатой передач. Скорость вращения рабочего шкива маслоизготовителя 150—200 *об/мин*. Приводной механизм, размещенный в чугунной коробке 9, снижает скорость до нужных оборотов и передает движение бочке, а также отжимным вальцам, включаемым при обработке масла.

На коробке приводного механизма с фронтальной стороны расположены рычаги управления 12 и 13, которыми можно включить бочку на большую скорость (сбивание сливок) или на малую скорость (промывка и обработка масла), остановить бочку, а также включить и выключить отжимные вальцы. Рабочий шкив маслоизготовителя вращается с постоянной скоростью.

При жирности сливок до 40% бочку надо наполнять на 40% общей емкости ее, при более жирных сливках — до 35%. Наполнять бочку менее чем на 25% емкости не рекомендуется.

Емкость бочек у описываемых маслоизготовителей 120—10 000 л. В промышленности применяются маслоизготовители емкости 400—3000 л.

**Приводной механизм малых маслоизготовителей.** Малые маслоизготовители с бочкой емкостью 120—400 л выпускают с ручным или комбинированным приводом (ручным и ременным).

Механизм маслоизготовителя с комбинированным приводом (рис. 68) имеет главный верхний вал 4. На нем закреплен рабочий шкив 2 и свободно посажен холостой шкив 3. На этом же валу помещена на шпонке передвижная втулка 6; на одном конце которой расположена малая шестерня 5, а на другом — кулачковая муфта 8. Втулка 6 вращается вместе с валом, но может передвигаться вдоль него посредством рычага 7. Вал 4 проходит через полую цапфу 10, прочно прикрепленную к бочке.

На конце главного вала закреплена шестерня 12, приводящая в движение вальцы. Полая цапфа 10 имеет кулачковую муфту, шлифованную шейку, большую шестерню 11 и фланец 13, которым она крепится к бочке. Во втулке 17 помещен промежуточный вал 1, на концах которого закреплены шестерни 15. При помощи рычага 18 втулка 17 может поворачиваться в гнезде станины и при этом поднимать или опускать вал 1 с шестернями 15.

Для включения маслоизготовителя на режим сбивания сливок вал 1 опускают вниз и тем самым выключаются шестерни 15, а передвижную втулку 6 сдвинуть вправо и соединить с полой цапфой 10 и кулачковой муфтой 8. Затем постепенно перевести приводной ремень с холостого шкива на рабочий. При этом

движение от рабочего шкива передается бочке через верхний вал 4, втулку 6 и цапфу 10. Бочка, главный вал и рабочий шкив вращаются с одинаковой скоростью. С такой же скоростью вращается и шестерня 12 и поэтому вальцы в бочке не вращаются.

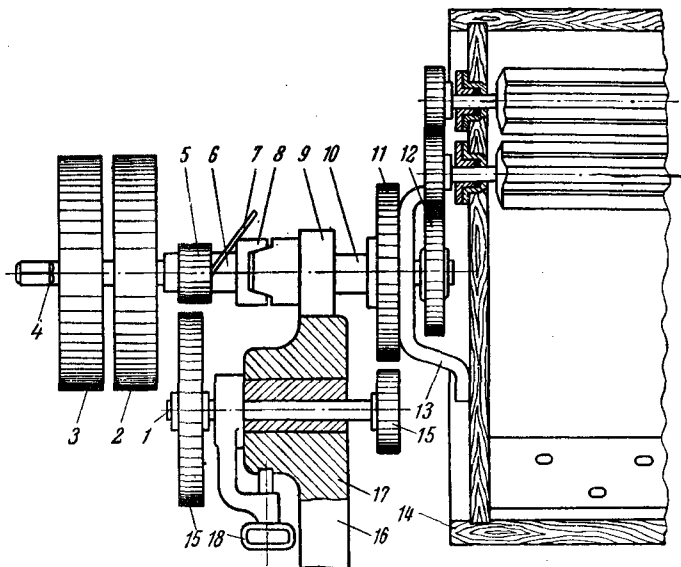


Рис. 68. Схема приводного механизма маслоизготовителя с комбинированным приводом:

1 — промежуточный вал; 2 — рабочий шкив; 3 — холостой шкив; 4 — верхний вал; 5 — малая шестерня; 6 — передвижная втулка; 7 — рычаг для включения муфты; 8 — кулачковая муфта; 9 — подшипник; 10 — полая цапфа; 11 — большая шестерня; 12 — шестерня для вращения вальцов; 13 — фланец бочки; 14 — бочка; 15 — шестерни; 16 — стойка; 17 — втулка с эксцентрично расположенным отверстием для вала; 18 — рычаг для включения промежуточного вала.

Чтобы переключить маслоизготовитель на обработку масла, надо перевести ремень на холостой шкив, выключить муфту 8, передвинув втулку 6 влево, поднять вал 1, тем самым включив шестерни 15. Затем ремень переводят на рабочий шкив 2. При таком включении движение от рабочего шкива на бочку передается через вал 4, шестерни 5 и 15, вал 1, шестерню 11. Скорость вращения бочки при этом значительно снижена, а скорость вращения вала 4 с рабочим шкивом и шестерней 12 останется прежней, т. е. шестерня 12 вращается значительно быстрее бочки и вращает шестерни вальцов.

Для работы вручную на конец вала 4 и конец цапфы у второго днища бочки насаживают рукоятки.

**Приводной механизм больших маслоизготовителей.** Он размещен в чугунной коробке (рис. 69). Вращающиеся части удерживаются нижним 3 и верхним 1 валами и осью 2.

На валу 3 помещены холостой шкив 4, втулка с рабочим шкивом 5, шестерней 6 и бандажом 7, бандаж 7а с шестерней 10, фрикционная передвижная муфта 9, шестерня 11 и диск ленточного тормоза 13.

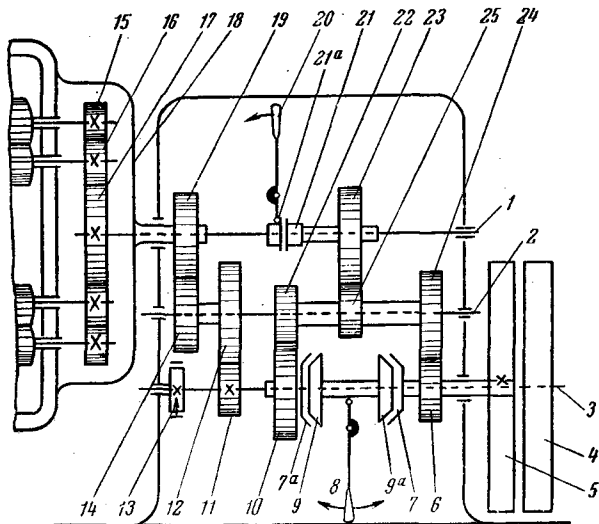


Рис. 69. Схема приводного механизма маслоизготовителя с двумя парами вальцов:

1 — верхний вал; 2 — ось; 3 — нижний вал; 4 — холостой шкив; 5 — рабочий шкив; 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 22, 23, 24 и 25 — шестерни; 7 и 7а — бандажи; 8 — рычаг для переключения фрикционной муфты; 9 и 9а — фрикционные муфты; 13 — диск ленточного тормоза; 18 — чугунная чаша; 20 — рычаг включения вальцов; 21 и 21а — кулачковая муфта.

На оси 2 расположены втулка с шестернями 22, 24 и 25 и втулка с шестернями 12 и 14. На валу 1 помещены кулачковая муфта 21 с шестерней 23, полая цапфа бочки с шестерней 19 и кулачковая муфта 21а, включающая левую часть вала 1.

Рычагом 8 можно включить фрикционы: левый 9 или правый 9а. При включении фрикциона 9 движение от рабочего шкива передается маслоизготовителю через втулку, фрикцион, вал 3 и шестерни 11, 12, 14, 19 и полуцапфу, находящуюся на прикрепленной к днищу маслоизготовителя чугунной чаше 18. При этом в передаче движения участвуют только две пары шестерен и бочка вращается со скоростью, нужной для сбивания.

Если включен фрикцион 9а, то движение от рабочего шкива через втулку и шестерни 6, 24, 22, 10 передается на вал 3, затем

через шестерни 11, 12, 14, 19 — маслоизготовителю. При этом движение передается через четыре пары шестерен и бочка вращается медленно, как это требуется при обработке масла.

Вальцы включают только при обработке масла. Шестерни 15, 16 вращаются от шестерни 17, сидящей на валу 1. Вал 1 включается кулачковой муфтой 21 и 21а, соединенной через две пары шестерен с рабочим шкивом. Скорость вращения вальцов 30—60 об/мин.

Трущиеся части, расположенные на нижнем валу приводного механизма, смазываются автоматически машинным маслом, залитым в коробку механизма. Уровень масла в коробке поддерживается таким, чтобы бандажи фрикционных муфт погружались в него на 2—3 см. Захватываемое при вращении масло смазывает все детали, находящиеся на нижнем валу. Для доступа масла к трущимся поверхностям предусмотрены специальные отверстия. Остальные трущиеся части (втулки, цапфы и пр.) смазывают из тавотниц. У некоторых маслоизготовителей есть специальные масляные насосы, подающие масло ко всем трущимся поверхностям.

Каждый крупный маслоизготовитель снабжен ленточным тормозом, чтобы быстрее останавливать бочку при переключении скоростей и удерживать ее в определенном положении при выгрузке масла и мойке маслоизготовителя.

### Маслоизготовители с торцовым люком и выдвигной кареткой с вальцами

У маслоизготовителей этого типа короткая бочка с круглым люком в днище (рис. 70). Вместо вальцов внутри бочки вдоль боковых стенок расположены била (доски с круглыми отверстиями), направленные радиально своим плоскостям.

Круглый люк, расположенный в центре днища, закрывается крышкой 2, висящей на поворотном кронштейне, который шарнирно прикреплен к станине маслоизготовителя. В крышке люка и днище бочки находятся смотровые окна. Крышка 2 деревянная, в металлической оправе, с резиновой прокладкой, прижимается к рамке люка специальным зажимом. Сливки загужают при закрытом люке через то или другое смотровое окно.

Рамка люка литая, проточенная, в форме кольца. Наружная окружность рамки представляет собой гладкое широкое кольцо, которым бочка опирается на два ролика и вращается на них вокруг своей оси. На переднем днище бочки укреплен большая шестерня, соединенная с приводным механизмом, на заднем — имеется цапфа, опирающаяся на стойку.

Приводной механизм помещен в коробке 3. Движение от шкива к бочке передается посредством зубчатой и фрикционной передач. Так как бочка большого диаметра, то число оборотов



ее при сбивании небольшое (16—25 об/мин). Ввиду того что передаточное число от последнего зубчатого колеса механизма к большому зубчатому колесу, находящемуся на бочке, очень большое, приводной механизм устроен значительно проще, чем у маслоизготовителя, приведенного на рис. 68.

Вальцы для отжимки и обработки масла смонтированы на отдельной тележке — каретке 5. Верхняя часть каретки сдела-

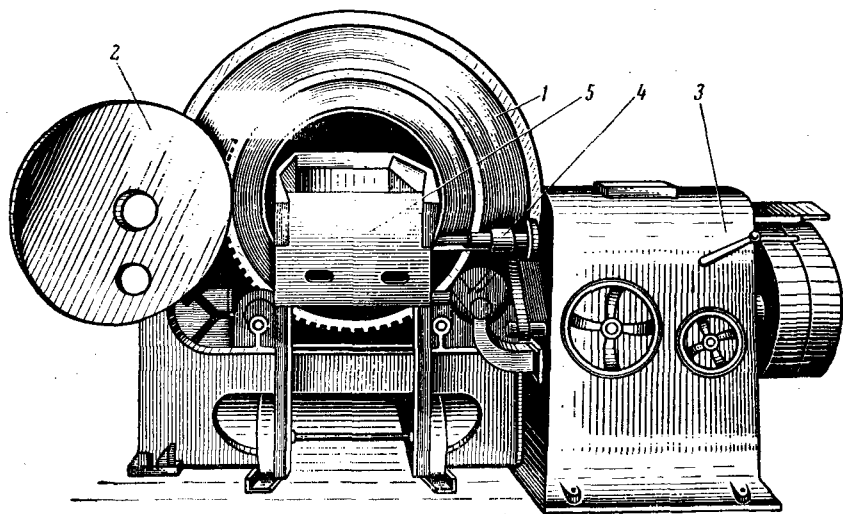


Рис. 70. Маслоизготовитель с торцовым люком и выдвжной кареткой с вальцами, тип К:

1 — бочка; 2 — крышка люка; 3 — коробка приводного механизма; 4 — втулка вала привода вальцов; 5 — каретка с вальцами.

на в виде деревянной рамки шириной немного меньше отверстия люка, а длиной, равной длине бочки. Внутри этой рамки расположена пара деревянных рифленых вальцов. Тележка свободно передвигается на четырех колесиках.

Для отжимки и обработки масла открывают люк. К маслоизготовителю по укрепленным на полу металлическим направляющим подкатывают каретку. При этом верхняя деревянная рамка тележки входит через люк в бочку. Стойку каретки прикрепляют к станине маслоизготовителя. Вальцы приводятся во вращение через конические шестерни от поперечного валика, который соединяется с валом механизма передвижной втулкой.

Во время обработки масла бочка вращается со скоростью 2—3 об/мин, а вальцы — со скоростью 30—45 об/мин. При этом бильные полки подхватывают масло в нижней части бочки, поднимают его вверх, откуда оно падает на вальцы.

В этом маслоизготовителе вальцы находятся в центральной части бочки, и масло, подхватываемое бильными полками, подается на вальцы отдельными порциями. Число порций за один оборот бочки соответствует числу бильных полок.

Каретку с вальцами применяют также и для выемки готового масла из бочки. Вальцы выключают, бочка медленно вращается и масло подается бильными полками на каретку. Каретку с маслом откатывают от маслоизготовителя к месту упаковки масла.

Емкость бочек у маслоизготовителей такого типа 1000 л и более. Конструктивно их изготовляют по-разному. Например, у некоторых маслоизготовителей привод бочки расположен у заднего днища и движение бочке передается через цапфу бочки. При этом вальцы получают движение от длинного вала, проходящего от коробки приводного механизма к переднему днищу. У переднего днища расположены и рычаги управления приводным механизмом, соединенные с механизмом тягами или длинными валиками.

К недостаткам маслоизготовителей следует отнести громоздкость конструкции и не всегда удовлетворительную обработку масла, а к достоинствам — удобство и быстроту выемки масла.

#### **Маслоизготовители с торцовым люком и невынимающимися вальцами**

Бочка маслоизготовителя короткая, большого диаметра, с круглым люком в днище (рис. 71). В бочке 2 находятся невынимающиеся вальцы (обычно три пары). Крышка люка круглая, в чугунной оправе, укреплена на поворотном кронштейне. На переднем днище укреплен большой чугунный проточенный обод 4, которым маслоизготовитель опирается на две пары роликов, смонтированных на станине.

Привод маслоизготовителя расположен у заднего днища бочки. Движение бочке передается через цапфу, а вальцам — через вал, проходящий внутри цапфы. Управление механизмом сосредоточено у переднего днища (со стороны обслуживания). В обоих днищах имеются смотровые окна, через которые в маслоизготовитель поступают сливки.

Каретка 1 для выемки масла состоит из деревянного гладкого желоба, один конец которого укреплен на прочной стойке. Внизу стойки находится устойчивая рама с четырьмя колесиками. Передняя пара колесиков укреплена на вертикальных стержнях с ручками для изменения направления движения каретки. Чтобы сбросить все масло с желоба на стол, желоб каретки поворачивают на бок штурвалом 6, расположенным на стойке каретки.

У этих маслоизготовителей часто предусматривается несколько скоростей вращения бочки и вальцов при отжимке масла.

Для выпуска газов на бочке расположен клапан, а для спуска пахты и промывной воды и впуска воздуха — две пары кранов в диаметрально противоположных местах. При спуске пахты или воды открывают все краны. Через нижние два крана стекает пахта, а через верхние в бочку поступает воздух. Люк при этом закрыт. Каждая пара кранов открывается при помощи одной рукоятки. У таких маслоизготовителей малых моделей только два крана.

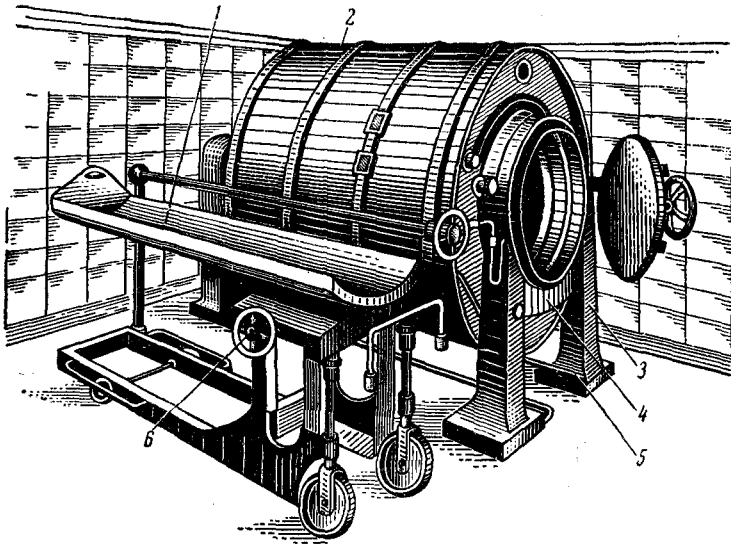


Рис. 71. Вальцовый маслоизготовитель с кареткой для выемки масла:

1 — каретка для выемки масла; 2 — бочка; 3 — станина; 4 — обод бочки; 5 — направляющие для колес тележки; 6 — штурвал для поворота стола тележки при сбрасывании масла.

Емкость бочки 2000—10 000 л.

Преимущество этих маслоизготовителей состоит в удобстве выгрузки масла из бочки, более быстрой обработке масла и равномерном распределении влаги.

**Пропускная способность вальцов.** На рис. 72 приведены схемы работы вальцов. Все масло во время обработки будет находиться в левой половине поперечного сечения бочки и прокатку масла между той или иной парой вальцов можно производить лишь на участке, составляющем меньше половины оборота бочки. Можно считать, что каждая пара вальцов должна пропускать все масло за 0,4 оборота бочки. За один оборот бочки при двух парах вальцов масло будет прокатано 2 раза, при трех парах — 3 раза.

Пропускная способность вальцов может быть выражена формулой

$$M = 950 \cdot 0,85 \cdot 4blhn_B \tau, \quad (IV-1)$$

где  $M$  — количество масла, находящегося в бочке, кг;  
 950 — плотность масла, кг/м<sup>3</sup>;  
 0,85 — коэффициент заполнения зазора между вальцами маслом;  
 $b$  — ширина вальцов, м;  
 $l$  — длина вальцов, м;  
 $h$  — среднее расстояние между вальцами, м;  
 $n_B$  — число оборотов вальцов в минуту;  
 $\tau$  — время работы вальцов, мин.

**Число оборотов бочки.** За время  $\tau$  бочка должна сделать 0,4 оборота. Следовательно, скорость вращения бочки во время обработки

$$n_B \tau = 0,4; \quad n_B = \frac{0,4}{\tau}.$$

Подставляя значение  $n_B$  в уравнение (IV—1), находим

$$n_B = \frac{950 \cdot 0,85 \cdot 4blh \cdot 0,4 n_B}{M}$$

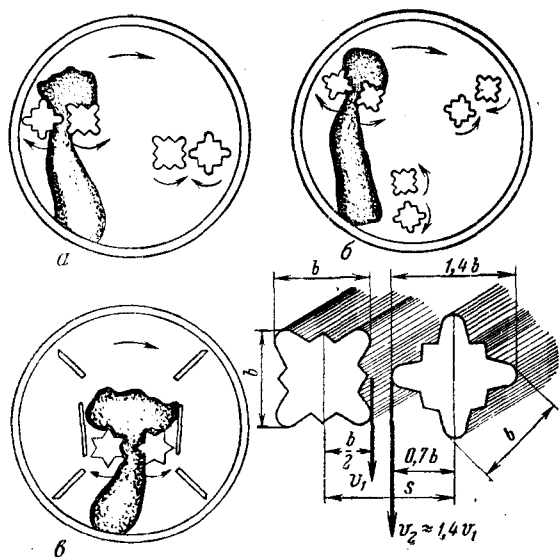


Рис. 72. Схемы работы вальцов:

$a$  — в бочке с двумя парами вальцов;  $b$  — в бочке с тремя парами вальцов;  $c$  — в бочке с кареткой.

или

$$n_6 = \frac{1300 \, blh \, n_B}{M}. \quad (\text{IV}-2)$$

Среднее расстояние между вальцами  $h$  можно принять равным  $h = S - 1,1b$ , где  $S$  — расстояние между центрами вальцов,  $m$ .

Число оборотов шкива маслоизготовителя устанавливают по рабочему числу оборотов бочки и общему передаточному числу механизма при включении маслоизготовителя на сбивание сливок.

Скорость бочки при сбивании устанавливается из того, что центробежная сила вращающихся сливок, находящихся у стенок бочки не должна превышать их силы тяжести. В противном случае сливки будут вращаться вместе с бочкой и сбивания происходить не будет.

Ввиду этого

$$m\omega^2 R \leq mg,$$

где  $m$  — масса сливок,  $кг$ ;

$\omega$  — угловая скорость бочки,  $1/сек$ ;

$R$  — радиус бочки,  $м$ ;

$g$  — ускорение силы тяжести,  $м/сек^2$ .

Так как

$$\omega = \frac{2\pi n_6}{60},$$

то

$$\frac{4\pi^2 n^2}{3600} R \leq 9,81.$$

Число оборотов бочки, при котором центробежная сила вращающихся сливок, находящихся у стенок бочки, равна силе тяжести, называют критическим:

$$n_{кр} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 60^2}{2^2 \cdot 3,14^2 \cdot R}} = \frac{30}{\sqrt{R}}$$

или

$$n_{кр} = \frac{42}{\sqrt{D}}, \quad (\text{IV}-3)$$

где  $n_{кр}$  — критическое число оборотов бочки в минуту;

$D$  — диаметр бочки,  $м$ .

Следовательно, чем больше диаметр бочки, тем меньше критическое число оборотов.

Практически число оборотов бочки (рабочее число оборотов) принимают меньше критического. Для вальцовых маслоизготовителей рабочее число оборотов

$$n_{\text{раб}} = \frac{34}{\sqrt{D}} \div \frac{38}{\sqrt{D}}.$$

### Безвальцовые маслоизготовители

Резервуары безвальцовых маслоизготовителей изготовляют преимущественно из нержавеющей стали. У них нет вальцов, поэтому сбивание сливок и обработка масла осуществляются лопастями, находящимися внутри бочки, или стенками самой бочки.

Рабочее число оборотов цилиндрической бочки безвальцового маслоизготовителя принимается

$$n_{\text{раб}} = \frac{29}{\sqrt{D}} \div \frac{31}{\sqrt{D}},$$

где  $n_{\text{раб}}$  — число оборотов бочки в минуту;  
 $D$  — диаметр бочки, м.

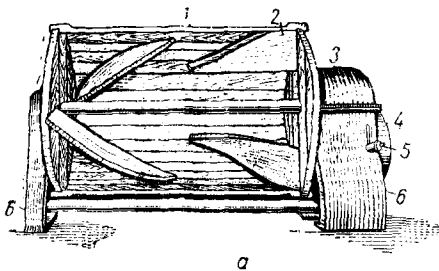
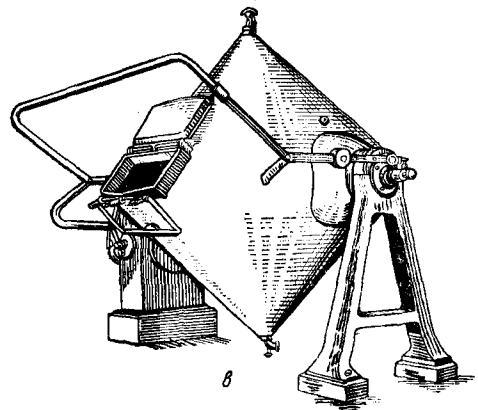
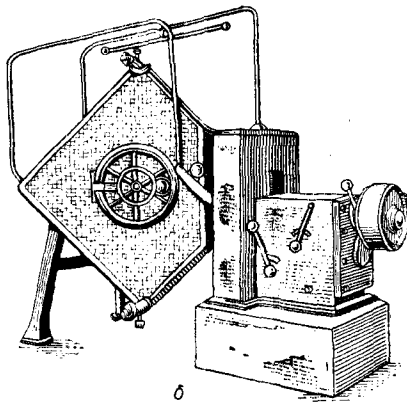


Рис. 73. Маслоизготовители безвальцовые:

$a$  — цилиндрический: 1 — бочка; 2 — лопасть; 3 — коробка механизма; 4 — привод; 5 — рычаг управления; 6 — станина;  $b$  — кубический;  $b$  — конусный.



Бочка во время сбивания сливок и обработки масла часто вращается с одной и той же скоростью, несколько меньшей, чем у вальцовых маслоизготовителей при сбивании сливок. Поэтому приводной механизм у безвальцовых проще, чем у вальцовых. Он имеет всего одну пару шестерен, тормоз и фрикционную муфту сцепления. Бочку и станину безвальцового маслоизготовителя делают более прочными, чем у вальцовых.

Внутренняя поверхность металлических бочек для предотвращения прилипания масла обрабатывается пескоструем или другим способом и получается шероховатой. На такой стенке сохраняется слой влаги, защищающий стенку от прилипания масла.

Форма бочек безвальцовых маслоизготовителей разнообразная. На рис. 73 приведены три маслоизготовителя с различной формой бочек. Первый из них с цилиндрической бочкой и лопастями внутри (рис. 73, а) изготовляют трех размеров.

#### Техническая характеристика безвальцовых маслоизготовителей

	ММ-1000	ММ-2000	ММ-3000
Емкость бочки, л			
полная . . . . .	1100	2320	3450
рабочая . . . . .	440	900	1200
Число оборотов бочки в минуту . . . . .	28,8	26	26
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	2,8	4,5	4,5
Габариты, мм			
длина . . . . .	2056	2820	3585
ширина . . . . .	1650	1978	1978
высота . . . . .	1628	1773	1773
Масса, кг . . . . .	882	1502	1613

Внутри бочки 1 из дерева или нержавеющей стали находятся четыре лопасти 2 одинаковой формы и осевая круглая балка. Лопасты прочно соединены с днищем бочки и прикреплены к ее стенкам. Уклон лопастей по отношению к днищу составляет 60°. Для стекания пахты предусмотрены щели между стенкой бочки и лопастью.

Концы осевой балки вделаны в днища бочки. Внутри балки проходит стальной стержень, концы которого выходят через днища бочки наружу и закрепляются на металлических пластинах гайками. Круглая балка придает прочность бочке и, кроме того, улучшает обработку масла.

При обработке кусок масла падает с лопастей сначала на балку, на которой он разделяется на две части, а затем на стенку бочки. Так как положение лопастей наклонное, то масло с них сваливается по частям и направляется к средней части бочки. При этом масло хорошо перемешивается вдоль бочки, а также смягчаются удары масла о стенки бочки.

На рис. 73, б показан общий вид маслоизготовителя с кубической бочкой «Кубус». Ось вращения проходит по диагонали.

В бочке нет вальцов или каких-либо лопастей. Сбивание достигается в результате интенсивного перемешивания сливок, стремительно стекающих с плоских стенок бочки в различных направлениях. При обработке масло поднимается плоскостями стенок, затем сползает и сваливается вниз, ударяясь о другие плоскости бочки, при этом оно отжимается и перемешивается.

Число оборотов при сбивании соответствует критическому числу оборотов относительно наиболее удаленной от оси вращения внутренней поверхности бочки (угла). При обработке масла число оборотов бочки в 3 раза меньше, чем при сбивании.

Бочка маслоизготовителя имеет круглый люк со смотровым стеклом. По углам двух противоположных граней бочки имеются широкие краны, которые служат для выпуска пахты, промывной воды, а также для выпуска готового масла. Когда через нижний кран выпускают пахту или воду, то одновременно через один из верхних кранов в бочку поступает воздух.

Во время работы бочку можно орошать снаружи водой из расположенной над ней трубы с мелкими отверстиями. Это позволяет изменять температуру масла в бочке в процессе работы.

Вынимать масло можно через люк или выдавливать в тару. Во втором случае бочку перед выпуском масла орошают теплой водой. Масло подогревается до 20—22° С и становится текучим. Затем в бочку под давлением подают сжатый воздух и масло выдавливается через кран в углу бочки, поступая непосредственно в подготовленную тару. Налитое в тару масло температурой 22° С помещают в холодильную камеру, где оно охлаждается.

Для удаления масла применяют также специальные коловратные насосы.

Управляют маслоизготовителем посредством одного рычага, находящегося с передней стороны коробки приводного механизма. При подъеме рычага тормоз освобождается и включается фрикционная муфта сцепления, при опускании — муфта сцепления выключается, а тормоз включается.

Продолжительность отжимки масла до критического момента, а также обработки на безвальцовом маслоизготовителе несколько больше, чем на вальцовом. Масло, получаемое на безвальцовых маслоизготовителях, по всем показателям (консистенция масла, распределение влаги, распределение соли и пр.), не уступает маслу, полученному на вальцовых маслоизготовителях.

Безвальцовые маслоизготовители имеют следующие преимущества перед вальцовыми: высокая гигиеничность, так как нет вальцов, а следовательно, и сальников; простота конструкции и управления.



## **Эксплуатация маслоизготовителей периодического действия**

Маслоизготовитель к работе готовят не более 15 мин. Сначала проверяют наличие масла в коробке механизма. Затем закрывают смотровые окна и кран и наливают в бочку чистую горячую воду (около 10% емкости). Люки закрывают и бочку вращают 4—5 мин на большой скорости. Горячую воду спускают, наливают холодную чистую воду (температура воды не выше температуры сбивания) и бочку вновь вращают 4—5 мин. После этого спускают воду и заливают сливки.

Наполнив бочку сливками, берут пробу сливок для анализа и проверяют их температуру. Затем закрывают люки, опускают ограждение и включают маслоизготовитель на большую скорость. Сбивание продолжается 30—45 мин. В течение первых 3—5 мин сбивания маслоизготовитель останавливают 1—2 раза для выпуска из бочки газов.

Как только образуется масляное зерно, сбивание заканчивают. Маслоизготовитель останавливают, спускают пахту через краны или для сокращения времени через люк с прикрепленной к нему сеткой. Затем промывают масляное зерно водой. После спуска промывной воды производят послонку и обработку масла на тихом ходу маслоизготовителя.

В процессе обработки маслоизготовитель останавливают для спуска оставшейся промывной воды, взятия пробы масла для определения содержания влаги и внесения недостающего количества воды, устанавливаемого расчетом.

Удалив масло, в бочку наливают холодную воду в количестве  $\frac{1}{10}$  емкости бочки и вращают бочку 2—3 мин. После остановки спускают через кран холодную воду, наливают такое же количество горячей воды и вращают бочку 2—3 мин. Бочку останавливают, меняют воду и вновь вращают 2—3 мин. При вращении бочки с горячей водой надо периодически открывать клапан для выпуска газов.

После спуска последней промывной воды снимают смотровые окна, разбирают спускной кран и протирают маслоизготовитель снаружи тряпкой. В таком виде его оставляют до начала работы. Для более тщательной чистки и дезинфекции следует промывать бочку горячим содовым раствором или раствором хлорной извести.

Бочки из нержавеющей стали тщательно моют горячим содовым раствором и чистой водой.

## **Маслоизготовители непрерывного действия**

В маслоизготовителях непрерывного действия сбивание сливок и обработка масла происходит в непрерывном потоке. Подготовленные к сбиванию сливки поступают в маслоизготовитель непрерывной струей, а из него непрерывно выходят готовое масло и пахта.

Маслоизготовитель непрерывного действия (рис. 74) состоит из двух основных частей: сбивателя и обработника.

Сбиватель представляет собой цилиндр из нержавеющей стали, внутри которого находится быстровращающаяся четырехлопастная мешалка. Цилиндр снабжен рубашкой для охлаждения его водой. Сливки подаются из бачка 1, где поддерживается постоянный уровень их. Приток сливок регулируют диафрагмой 4 с различными отверстиями для прохода сливок. Сливки поступают через отверстие в днище цилиндра и, проходя в цилиндре, сбиваются лопастями мешалки в масляные зерна, которые вместе с пахтой из цилиндра по рукаву 8 направляются в обработник.

Лопасты мешалки (прямоугольные полосы шириной 15 мм) проходят над полированной поверхностью цилиндра на расстоя-

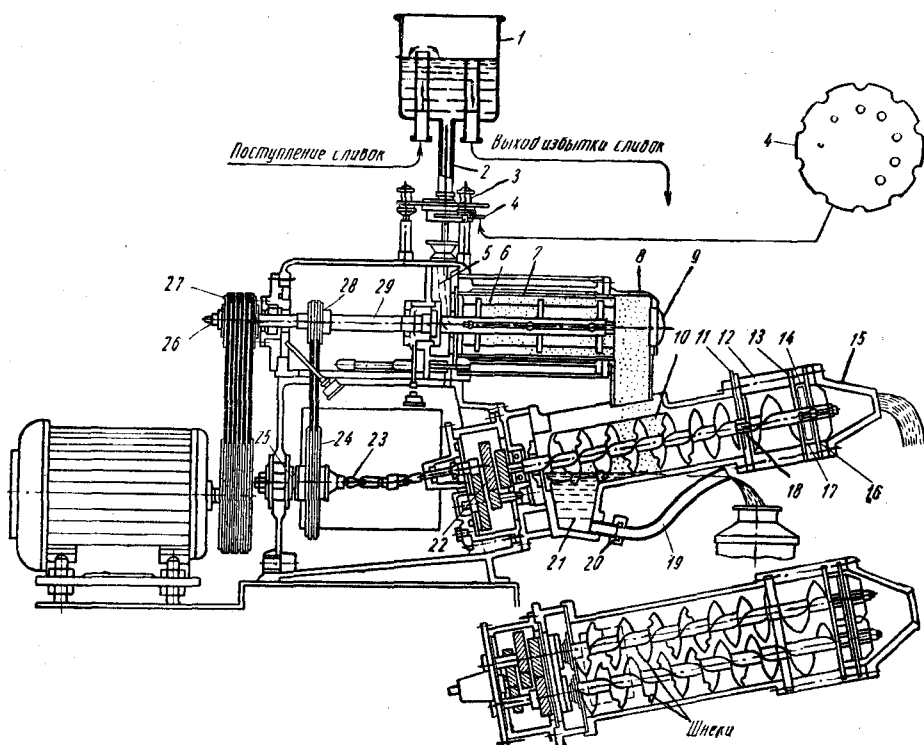


Рис. 74. Маслоизготовитель непрерывного действия:

1 — приемный бачок; 2 — трубка подачи сливок к регулятору; 3 — регулятор подачи сливок; 4 — диафрагма регулятора; 5 — трубка подачи сливок в цилиндр; 6 — мешалка; 7 — цилиндр; 8 — рукав; 9 — смотровой люк; 10 — обработник; 11 — шиберная плита; 12 — камера; 13 и 16 — решетка; 14 — камера перемешивания; 15 — насадка; 17 — лопасть мешалки; 18 — проходное отверстие, регулируемое шибером; 19 — труба для пахты; 20 — соединительная муфта; 21 — отстойник пахты; 22 — механизм обработника; 23 — шарнирное соединение; 24 — клиноременная передача; 25 — подшипник шкива; 26 — гайка; 27 и 28 — шкивы; 29 — полый вал.

нии 2,5 мм со скоростью 23 м/сек. За лопастью создается разрежение, под действием которого частицы сливок отрываются от стенки цилиндра и попадают под удар следующей лопасти, снова падая на стенки.

Мешалка приводится в действие от электродвигателя через клиноременную передачу. Вал мешалки тонким концом вставляется в полый вал 29 и закрепляется снаружи гайкой 26.

Обработчик состоит из двух шнеков, вращающихся в наклонно расположенной шнековой коробке в разные стороны со скоростью 50 об/мин. Через отстойник 21 по изогнутой трубе 19 отводится пахта. Уровень ее поддерживается немного выше отстойника и регулируется поворотом трубы 19.

Масляные зерна с поверхности пахты шнеками подаются к шиберной плите и спрессовываются. Отжимаемая пахта стекает в отстойник. Спрессованное масло выдавливается через окно в шиберной плите 11 в камеру 12, где также имеются два шнека с увеличенным шагом. В шиберной плите предусмотрен шибер, которым можно регулировать величину проходного отверстия.

Из камеры 12 масло проталкивается через решетку 13 в камеру перемешивания 14. Здесь оно перемешивается четырехлопастной мешалкой. Затем проходит через решетку 16 в коническую насадку 15, где еще раз перемешивается лопастной мешалкой и выходит из прямоугольного отверстия наружу. Валы шнеков приводятся в движение от вала мешалки сбивателя через ременную передачу, карданное соединение и передаточный механизм.

Маслоизготовитель легко разбирается, все части доступны для тщательной чистки и мойки. Получаемое масло характеризуется равномерным распределением влаги. Жирность пахты 0,8—1%.

Производительность маслоизготовителей непрерывного действия 200—2000 кг/ч.

#### Техническая характеристика маслоизготовителя непрерывного действия

Производительность, кг/ч . . . . .	400
Число оборотов в минуту электродвигателя . . . . .	1400
мешалки . . . . .	2800
шнеков . . . . .	51
Диаметр сбивального цилиндра, мм . . . . .	160
Диаметр шнеков, мм . . . . .	140
Температура, °С	
поступающих сливок . . . . .	8—13
охлаждающей воды . . . . .	3—5
Габариты, мм	
длина . . . . .	2200
ширина . . . . .	800
высота . . . . .	700

**Потребная мощность.** Во время сбивания сливки в бочке маслоизготовителя периодического действия интенсивно перемешиваются, при этом механическая энергия превращается в тепло и сливки нагреваются на 1,5—3°. Небольшую долю этого нагрева (менее 10%) можно отнести за счет теплопередачи через стенки бочки, так как температура воздуха в цехе обычно выше температуры сливок.

При нормальных условиях работы температура сливок за счет механической энергии повышается на 2,2°; продолжительность сбивания 35 мин; к.п.д. механизма 0,8. Потребную мощность рассчитывают по формуле

$$N = \frac{Gc\Delta t}{1000 \cdot 35 \cdot 60 \cdot 0,8}, \quad (\text{IV—4})$$

где  $N$  — мощность, *квт*;

$G$  — количество сливок, *кг*;

$c$  — теплоемкость сливок;  $c = 3760$  *дж/(кг · град)*;

$\Delta t$  — повышение температуры сливок, *град*;

$$N = \frac{3760 \cdot 2,2G}{1000 \cdot 2100 \cdot 0,8} = 0,0047G.$$

Потребная мощность вальцового маслоизготовителя в процессе работы непостоянна: при сбивании мощность больше, чем при обработке, причем в начале сбивания мощность на 15—20% меньше, чем в конце сбивания. Потребная мощность зависит от количества сливок в бочке и почти не зависит от их жирности. Средняя мощность, необходимая для сбивания, составляет 4 *квт* на 1 *т* сливок, находящихся в маслоизготовителе. Средняя мощность на рабочем шкиве маслоизготовителя составляет 4,7 *квт* на 1 *т* сливок, загружаемых в маслоизготовитель. Максимальная мощность на рабочем шкиве — 5,5 *квт* на 1 *т* сливок.

При обработке масла потребная мощность приблизительно наполовину меньше средней мощности при сбивании. При значительном понижении температуры обрабатываемого масла мощность в процессе обработки сильно возрастает. Обрабатывать масло при низкой температуре нельзя, так как это может привести к поломке вальцов или механизма.

Удельный расход энергии для работы маслоизготовителей периодического и непрерывного действия с учетом к.п.д. маслоизготовителя приведен в табл. 8.

Из табл. 8 видно, что для обработки 1 *т* масла на вальцовом маслоизготовителе требуется на 46% энергии меньше, чем на маслоизготовителе непрерывного действия. Безвальцовые маслоизготовители на 1 *т* масла расходуют примерно столько же энергии, сколько и вальцовые.

Увеличенный расход энергии для работы маслоизготовителя непрерывного действия оправдывается непрерывностью процес-

Таблица 8

Процессы	Расход энергии (в $\text{квт}\cdot\text{ч}^*$ ) в маслоизготовителях	
	периодиче- ского действия при исполь- зовании сливок 35%-ной жирности	непрерывного действия при использовании сливок 45%-ной жирности
Сбивание (в пересчете на 1 т) . . . . .		
сливок . . . . .	3,6	7,0
масла . . . . .	8,8	13,1
Обработка (в пересчете на 1 т) . . . . .		
сливок . . . . .	0,3	0,43
масла . . . . .	0,7	0,8
Все процессы (в пере- счете на 1 т)		
сливок . . . . .	3,9	7,5
масла . . . . .	9,5	13,9

\* 1  $\text{квт}\cdot\text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ .

са, повышением производительности труда, компактностью и гигиеничностью установки, а также тем, что потребная мощность этих маслоизготовителей в процессе работы остается постоянной. У маслоизготовителей периодического действия потребная мощность колеблется от нуля в периоды остановок до максимума в период окончания сбивания.

Равномерность потребления энергии имеет существенное значение для маслозаводов с собственными небольшими теплосиловыми установками.

### ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА МАСЛА

Процесс выработки масла на поточных линиях протекает непрерывно и длится несколько минут. Сущность этого способа<sup>1</sup> заключается в том, что сепарированием молока или обычных сливок получают высокожирные сливки (жирность сливок соответствует содержанию жира в сливочном масле). Высокожирные сливки охлаждаются и перемешиваются в специальном аппарате, где они приобретают структуру сливочного масла. Поточные линии производства масла состоят из следующих основных аппаратов: пастеризатора, сепаратора и маслообразователя.

Поточные линии (рис. 75), выпускаемые в СССР, рассчитаны на переработку сливок жирностью 30—40%, поступающих с се-

<sup>1</sup> Способ предложен В. А. Мелешиним.

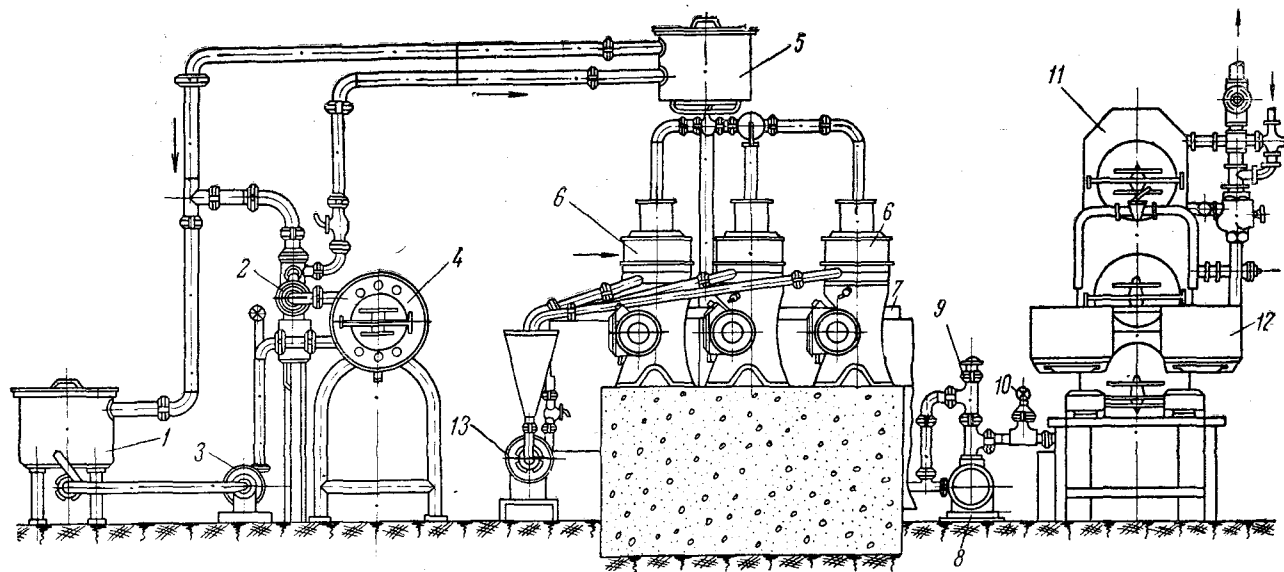


Рис. 75. Схема линии поточного производства сливочного масла;

1 — приемный бак для сливок; 2 — автоматический отводной клапан; 3 — центробежный насос; 4 — трубчатый пастеризатор; 5 — бак для горячих сливок; 6 — сепараторы; 7 — ванны для высокожирных сливок; 8 — насос для высокожирных сливок; 9 — предохранительный клапан; 10 — манометр; 11 — трехцилиндровый маслообразователь; 12 — весы для масла; 13 — насос для пахты.

параторных отделений и получаемых от сепарирования молока на самом заводе.

Из приемного бака 1 сливки жирностью 30—40% насосом 3 подаются в трубчатый пастеризатор 4, где нагреваются до 85—90° С и направляются в бак 5, служащий выдерживателем и буферной емкостью перед сепараторами. Из бака 5 горячие сливки поступают в сепараторы 6, включенные параллельно и работающие поочередно или одновременно. Пахта удаляется на-

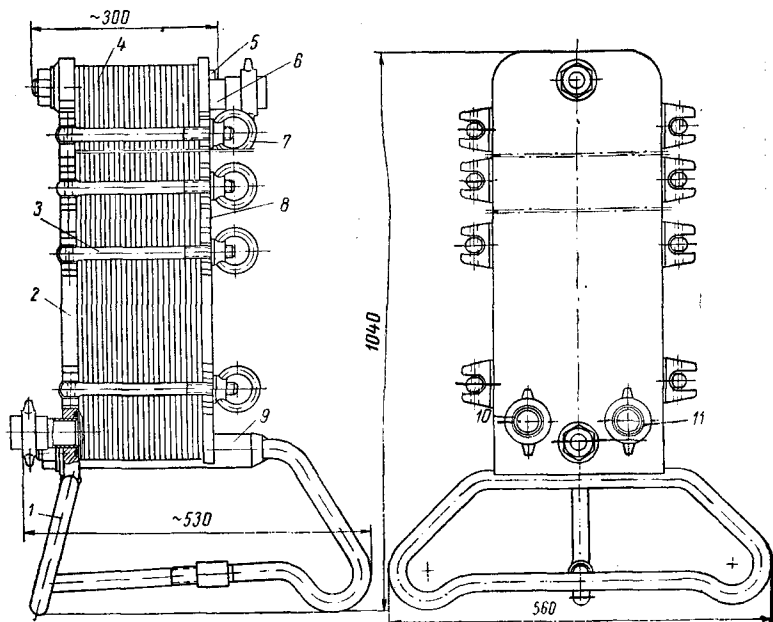


Рис. 76. Пластинчатый регенератор:

1 — подставка; 2 — опорная плита; 3 — откидной болт; 4 — пластины; 5 — верхняя штанга; 6 — штуцер для выхода пахты; 7 — зажимная гайка; 8 — нажимная плита; 9 — нижняя штанга; 10 — штуцер для входа сливок; 11 — штуцер для входа пахты.

сосом 13, а высокожирные сливки поступают в три ванны 7, наполняемые поочередно.

По наполнении ванны проверяют жирность высокожирных сливок и в случае необходимости нормализуют их по жиру. После перемешивания высокожирные сливки насосом 8 подаются в маслообразователь 11, где и заканчивается производственный процесс. Из маслообразователя в подготовленную тару выходит масло при температуре 12—16° С в переохлажденном состоянии.

Комплект оборудования поточных линий для производства сливочного масла приведен в табл. 9.

Оборудование	Поточная линия производительностью, кг/ч				Оборудование	Поточная линия производительностью, кг/ч			
	250—300	400	500—600	800—1000		250—300	400	500—600	800—1000
Количество регенераторов . . . . .	—	—	—	1	Насос для подачи сливок в пастеризатор				
Пастеризатор для сливок марка . . . . .	ОПД-1	ПТ-1	ПТ-2	ПТ-2	марка . . . . .	—	МЦН-10	МЦН-10	МЦН-10
количество . . . . .	1	1	1	1	количество . . . . .	—	1	1	1
Сепаратор для высокожирных сливок марка . . . . .	СМ-1	СМ-1	ОСД-500	СМ-2 или ОСМ-5	Насос для высокожирных сливок марка . . . . .	ОЦН-5	ОЦН-5	МНР-2	Насос-дозатор
количество . . . . .	2	3	3	3 (ОСМ-5-2)	количество . . . . .	1	1	1	1
Маслообразователь марка . . . . .	ДОМ	ТОМ	ТОМ-Л	Пластинчатый	Накопительный бак марка . . . . .	Ем- кость 100 л	ОБЦ-250	ОБС-250	ОБС-250
количество . . . . .	1	1	1	1	количество . . . . .	1	1	1	1
Ванна для высокожирных сливок марка . . . . .	Ем- кость 200 л	ВЖ-300	ВЖ-300	ВЖ-600	Пульт управления количество . . . . .	—	1	1	1
количество . . . . .	3	3	3	3					



Кроме того, все линии укомплектованы насосом для пахты ОЦН-5, приемным баком ОБЦ-250, весами Ш-50, столом, трубопроводами и арматурой.

Пастеризаторы в поточных линиях производства масла применяют паровые с вытеснительным барабаном или одноили двухсекционные трубчатые (ПТ-1 или ПТ-2).

Пластинчатый регенератор (рис. 76) включают в поточную линию для экономии тепла при пастеризации сливок и для охлаждения получаемой при сепарировании пахты.

Регенератор состоит из 19 пластин, смонтированных на трубчатой подставке с вертикальной опорной плитой и откидными болтами, которыми сжимается пакет пластин. Производительность аппарата 2500 л/ч. Сливки перед пастеризацией нагреваются от 10 до 40—45° С за счет охлаждения пахты от 75—80 до 30° С. Экономия тепла при этом составит  $\frac{42 - 10}{85 - 10} \cdot 100 = 42\%$ .

Поверхность теплообмена регенератора 2,52 м<sup>2</sup>. С применением регенератора производительность пастеризатора ПТ-2 повышается до 3000 л/ч.

Сепараторы для высокожирных сливок в поточных линиях применяют производительностью от 300 до 1000 кг/ч марок СМ-1, СМ-2, ОСД-М, ОСД-500, ОСМ-5.

Ванны для высокожирных сливок нужны для накапливания сливок, выходящих из сепараторов, их нормализации и перемешивания. Емкость ванны 300 л (ВЖ-300) и 600 л (ВЖ-600). В рубашку ванны (рис. 77) подводится вода и пар. Ванна имеет рамную мешалку, горизонтальные лопасти которой расположены под углом 45°. Для перемешивания сливок по высоте ванны установлена рамная мешалка, горизонтальные лопасти которой расположены под углом 45°.

Насосы для высокожирных сливок применяют центробежные или ротационные. На нагнетательной линии устанавливается предохранительный клапан для предотвращения повышения давления сливок в маслообразователе выше допустимого (около 1,5 кгс/см<sup>2</sup>).

Для нормальной работы насоса необходима полная герметичность всасывающей линии и сальника насоса. Так как во время работы во всасывающей линии и центральной части насоса создается вакуум, то при малейших неплотностях, через которые может не проходить вода, в насос подсасывается воздух, при этом напор снижается и масло будет содержать повышенное количество воздуха.

От нагнетательного трубопровода предусмотрен отвод для возврата сливок в бак для перемешивания их путем циркуляции, создаваемой насосом. На нагнетательном трубопроводе для контроля давления установлен диафрагмовый манометр.

Всасывающая линия должна быть возможно короче и диаметром не менее 50 мм.

Маслообразователи в поточных линиях применяют двух-, трех- и четырехцилиндровые. Все маслообразователи с одинаковыми по размерам цилиндрами.

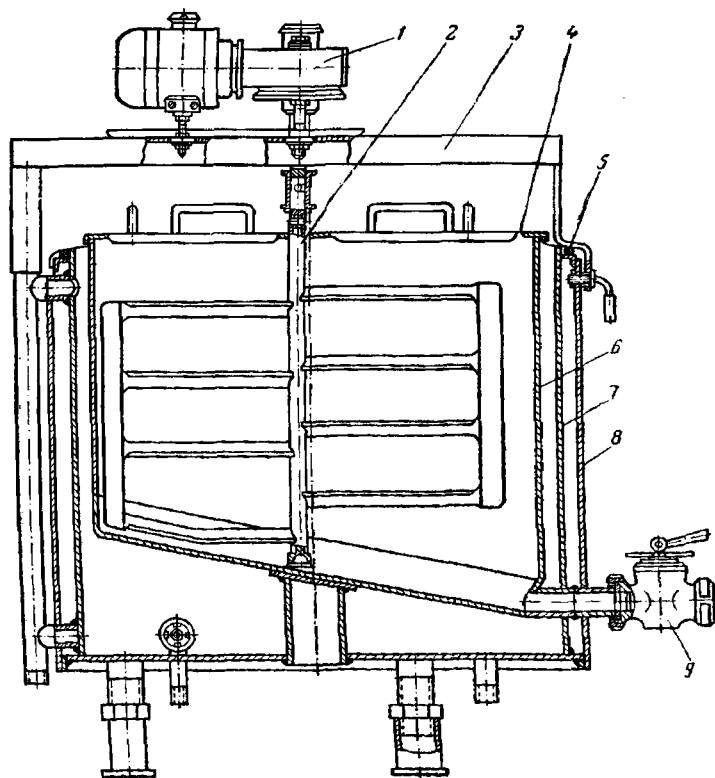


Рис. 77. Ванна для высокожирных сливок:

1 — привод; 2 — вал мешалки; 3 — рама; 4 — крышка; 5 — резиновая прокладка; 6 — корпус ванны; 7 — рубашка; 8 — кожух; 9 — кран.

На рис. 78, а изображен трехцилиндровый маслообразователь. Сливки подаются в нижний цилиндр через отверстие в днище. Затем проходят второй и третий цилиндры, а масло выходит в подготовленный ящик, установленный на весах. После затаривания ящики направляются в камеру.

Поперечный разрез цилиндра схематично показан на рис. 78, б. Корпус цилиндра изготовлен из нержавеющей стали диаметром 315 мм, длиной 700 мм. Цилиндр имеет изолированную снаружи рубашку 5, в которой циркулирует хладагент (рассол или холодная вода). Внутри цилиндра помещается вращающийся барабан-вытеснитель 1 с двумя ножами, снимающими

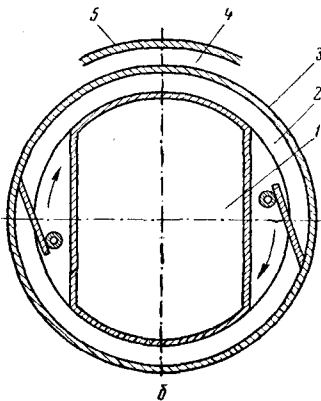
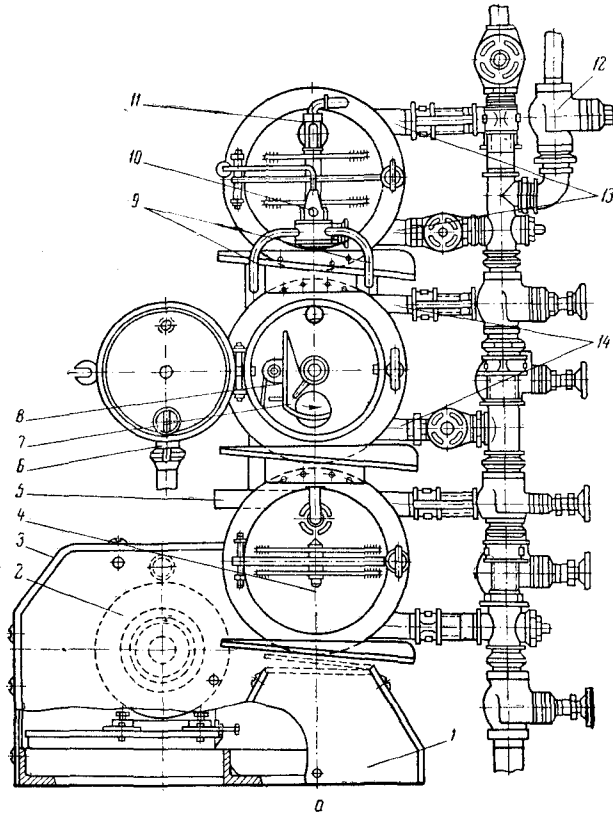


Рис. 78. Трехцилиндровый  
маслообразователь:

*a* — общий вид: 1 — станина; 2 — привод; 3 — кожух; 4 — цилиндр; 5 — входной патрубков для сливок; 6 — переливной патрубков; 7 — вытеснительный барабан; 8 — нож; 9 — сливные патрубков для масла; 10 — трехходовой кран; 11 — пробковый спускной кран; 12 — клапан для пара; 13 — трубопроводы для охлаждающей жидкости; 14 — патрубков; 6 — схема цилиндра в поперечном разрезе: 1 — барабан-вытеснитель; 2 — рабочее пространство; 3 — цилиндр; 4 — кольцевой канал для хладагента; 5 — рубашка.

с холодных стенок цилиндра слой охлажденного продукта и перемешивающими продукт в пространстве между цилиндром и вытеснителем.

Ножи закреплены шарнирно в торцовых стенках вытеснителя и во время работы прижимаются к стенкам цилиндра центробежной силой и обрабатываемым продуктом. Скорость вращения вытеснителей 150 об/мин. Привод вытеснителей осуществляется от электродвигателя через цепную и клиноременную передачи. Расположен он с задней стороны маслообразователя и закрыт кожухом. Приводные валы введены в цилиндры через сальники в задних стенках.

В задних днищах барабанов-вытеснителей расположены глухие втулки, которыми они надеваются на выходящие в цилиндр концы приводных валов. При этом поперечные поводки в валах входят в соответствующие пазы во втулках. В передних днищах вытеснительных барабанов находятся цапфы, входящие во втулки в крышках.

В верхней части крышки верхнего цилиндра предусмотрен кран для выпуска воздуха во время наполнения аппарата высокожирными сливками. Для обогрева цилиндра в случае затвердевания в них масла (при вынужденном перерыве в работе) предусмотрен подвод в рубашки пара или горячей воды.

Техническая характеристика маслообразователей

	Двухцилиндровый	Трехцилиндровый	Четырехцилиндровый
Производительность по маслу, кг/ч .	350	400	800—1000
Размеры цилиндров, мм			
диаметр . . . . .	315	315	315
длина . . . . .	700	700	700
Общая поверхность охлаждения, м <sup>2</sup>	1,4	2,1	2,8
Число оборотов барабана-вытеснителя в минуту . . . . .	150	150	150
Потребляемая мощность, квт . . . . .	1,8	2,5	3,5
Мощность электродвигателя, - квт . . . . .	2,8	4,5	2×2,8
Габариты, мм			
длина . . . . .	1300	1450	1550
ширина . . . . .	650	1350	1100
высота . . . . .	1500	2120	1800
Масса, кг . . . . .	500	675	1100

В маслообразователе осуществляется тепловой и механический процессы обработки высокожирных сливок. Производительность двухцилиндрового маслообразователя по тепловым показателям можно определить по формуле

$$m = \frac{3600F(k_1 R_{ср.1} + k_2 R_{ср.2})}{c_1(t_n - t_n) + c_2(t_n - t_k)}, \quad (IV-5)$$

где  $m$  — производительность, кг/ч;  
 $F$  — поверхность охлаждения одного цилиндра, м<sup>2</sup>;

$k_1$  и  $k_2$  — коэффициенты теплопередачи для первого и второго цилиндра,  $вт/(м^2 \cdot град)$ ;

$c_1$  и  $c_2$  — теплоемкость продукта в первом и втором цилиндрах,  $дж/(кг \cdot град)$ ;

$t_n, t_p, t_k$  — начальная, после первого цилиндра и конечная температура продукта,  $^{\circ}C$ ;

$R_{cp.1}, R_{cp.2}$  — средняя разность температур,  $^{\circ}C$ .

Поверхность охлаждения цилиндра составляет

$$F = \pi DL = 3,14 \cdot 0,315 \cdot 0,7 = 0,7 \text{ м}^2,$$

где  $D$  и  $L$  — диаметр и длина цилиндра,  $м$ .

**Пример.**  $k_1=400 \text{ вт}/(м^2 \cdot град)$ ,  $k_2=200 \text{ вт}/(м^2 \cdot град)$ ,  $t_n=65^{\circ}C$ ,  $t_p=35^{\circ}C$  и  $t_k=15^{\circ}C$ ,  $R_{cp.1}=50^{\circ}C$ ,  $R_{cp.2}=30^{\circ}C$ ,  $c_1=0,7 \text{ ккал}/(кг \cdot град) = 2930 \text{ дж}/(кг \cdot град)$ ,  $c_2$  (с учетом кристаллизации жира)  $= 1,0 \text{ ккал}/(кг \cdot град) = 4200 \text{ дж}/(кг \cdot град)$ . Производительность аппарата

$$m = \frac{3600 \cdot 0,7 (400 \cdot 50 + 200 \cdot 30)}{2930 (65 - 35) + 4200 (35 - 15)} = 380 \text{ кг/ч.}$$

Пластинчатый маслообразователь (рис. 79), сконструированный А. А. Виноградовым, состоит из пакета охлаждаемых и промежуточных пластин и камеры кристаллизации жира. Продуктовые пластины в аппарате чередуются с охлаждаемыми. Внутри охлаждаемых пластин проходят полости,

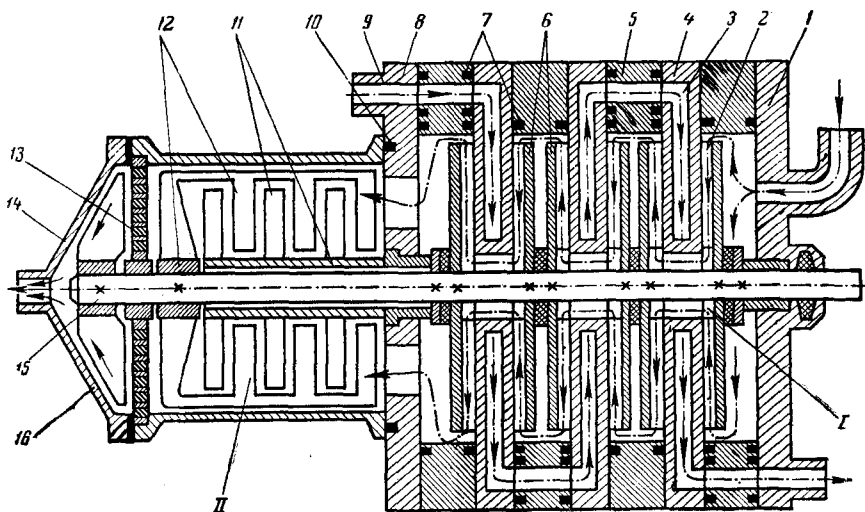


Рис. 79. Схема пластинчатого маслообразователя:

$I$  — теплообменный аппарат;  $II$  — камера кристаллизации;

1 — опорная плита; 2 — центральное отверстие для прохода продукта; 3 — отверстие для входа и выхода охлаждающей жидкости; 4 — охлаждающая пластина; 5 — продуктовая пластина; 6 — диски-турбуляторы; 7 — резиновые кольца; 8 — нажимная плита; 9 — патрубки; 10 — резиновые прокладки; 11 — отражатели; 12 — лопастные мешалки; 13 — дисковая решетка; 14 — крыльчатка-побудитель; 15 — приводной вал; 16 — конусная насадка.

по которым протекает охлаждающая жидкость. В собранном виде каналы охлаждаемых пластин соединяются и охлаждающая жидкость проходит все их последовательно.

Продуктовые пластины имеют вид рамки с широким круглым отверстием и в собранном виде образуют цилиндрические камеры, стенки которых образуют охлаждаемые пластины. В этих камерах помещаются диски-турбулизаторы, закрепленные на приводном валу и вращающиеся со скоростью 150 об/мин. Ребра на дисках перемешивают продукт в процессе охлаждения и очищают рабочие поверхности пластин от слоя охлажденного продукта.

Продукт движется в аппарате последовательно через все продуктовые пластины, перемещаясь в радиальном направлении от периферии к центру и от центра к периферии и переходя из одной пластины в другую через центральные отверстия. Из теплообменной части аппарата продукт направляется в камеру кристаллизатора, где перемешивается лопастной мешалкой, проходит дисковую решетку и затем через насадку выходит из аппарата.

При нормальных условиях эксплуатации пластинчатые маслообразователи обеспечивают получение масла высокого качества. Производительность аппарата зависит от числа пластин, что имеет определенные удобства при комплектовании аппаратов.

#### Техническая характеристика поточных линий

	250—300	400	500—600	800—1000
Производительность, кг/ч	250—300	400	500—600	800—1000
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	30	40	40	50
Расход пара на пастеризацию (без регенерации тепла), кг/ч	176	200	390	480*
Расход холода, тыс. ккал/ч	10,5	21	30	35
Температура, °С				
исходных сливок	10	10	10	10
пастеризации сливок	85—90	85—90	85—90	85—90
масла на выходе	12—16	12—16	12—16	14—15
Мощность электродвигателей, кВт	12,4	22,1	22,1	40
Масса, т	—	3,4	3,6	—

\* С регенерацией тепла.

#### ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ

При эксплуатации поточной линии необходимо руководствоваться технологической инструкцией.

Оборудование, входящее в линию, перед работой тщательно моют. В линии высокожирных сливок (баки, насос, маслообразователь, трубопроводы) не должно быть остатков воды.

После проверки правильности сборки оборудования включают пастеризатор и нагревают в нем воду до 90°С. Воду подают через бак в сепаратор и промывают линию. Вода из сепаратора выходит только через рожок для пахты. Вслед за водой подают в пастеризатор или регенератор сливки, откуда они после пастеризатора также поступают в сепаратор.

При наполнении одного бака высокожирными сливками их поток переключают в другой бак. Определяют содержание влаги в сливках и в случае необходимости нормализуют их.

Нормализованные высокожирные сливки подаются насосом в маслообразователь. При наполнении аппарата сливками кран для выхода масла должен быть закрыт, а кран для выпуска воздуха открыт до тех пор, пока из него не пойдут сливки. Затем воздушный кран закрывают, а кран для масла открывают и включают барабаны-вытеснители.

Установив требуемую температуру выходящего масла, следят за режимом работы пастеризатора, сепаратора и маслообразователя.

При эксплуатации поточных линий особое внимание надо уделять режиму работы маслообразователя, так как от этого зависит консистенция и термоустойчивость получаемого масла. На эти показатели влияет также состав молочного жира, связанного в свою очередь с породой скота, кормами, сезоном года и другими факторами.

## Глава V

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА, ТВОРОГА И КАЗЕИНА-СЫРЦА

#### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА

##### Котлы, ванны и инструменты для обработки сгустка

**Котлы.** Сыродельные котлы (рис. 80) изготовляют из листовой луженой меди толщиной 1—1,5 мм в форме полушара или усеченного конуса со сферическим дном. Верхний край котла 1 имеет отбортовку, за которую его подвешивают в дубовом конусообразном кожухе 2.

На дне кожуха под сферической частью котла помещено кольцо 3 из трубы с отверстиями. К нему подводится пар через вентиль 4. Воду в рубашку заливают через боковой трубопровод с воронкой 5, а выпускают через кран, установленный в нижней части кожуха. Молоко и сырное зерно с сывороткой можно нагревать паром или горячей водой. При водяном обогреве исключается пригорание белка к стенкам котла и заваривание сырного зерна.

Размеры выпускаемых сыродельных котлов приведены в табл. 10 (см. рис. 80).

Таблица 10

Рабочая емкость, л	Размеры, мм			Масса, кг
	D	d	H	
500	1160	1060	890	300
1000	1700	1560	990	420
1500	1890	1790	1000	475

**Ванны.** Сыродельные ванны (рис. 81) делают из луженой листовой меди, луженой или нержавеющей стали и алюминия прямоугольной формы с вертикальными стенками и плоским дном с небольшим уклоном в сторону спускного крана. Иногда делают закругленные углы, что исключает скапливание зерна в них.

Пар для подогрева молока и сырной массы подводится по перфорированным трубам, расположенным под ванной.



Размеры небольших ванн приведены в табл. 11 (см. рис. 81).

Таблица 11

Рабочая емкость, л	Размеры, мм			
	A	B	H	H <sub>1</sub>
500	1250	800	900	600
1000	2000	1000	900	620
2000	3060	1200	900	630

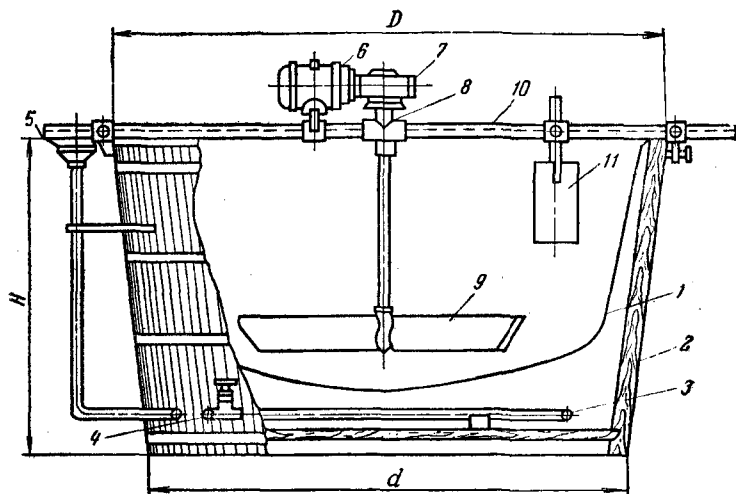


Рис. 80. Сыродельный котел с переносной мешалкой:

1 — внутренний резервуар (котел); 2 — кожух; 3 — кольцо; 4 — вентиль; 5 — воронка; 6 — электродвигатель; 7 — редуктор; 8 — стойка; 9 — лопасти мешалки; 10 — трубчатая рама; 11 — отражатель.

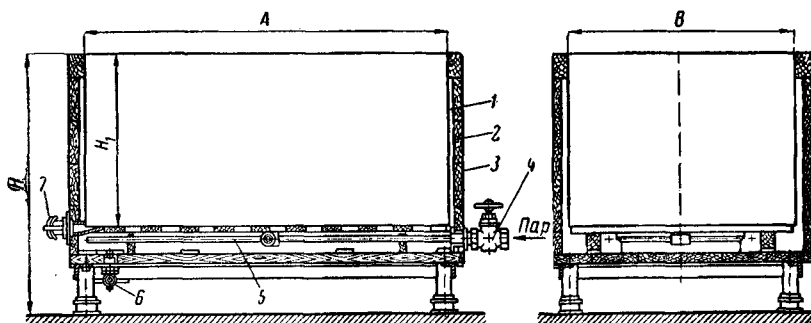


Рис. 81. Сыродельная ванна без мешалки:

1 — внутренний резервуар; 2 — обшивка; 3 — кожух; 4 — вентиль паровой; 5 — паровая труба; 6 — кран слива конденсата; 7 — кран слива сыворотки.

**Инструменты для обработки сгустка в котлах и ваннах.** Сгусток в ваннах разрезают ножами с ленточными лезвиями или с проволочными струнами. В комплект входят два ножа: один с вертикальными лезвиями или струнами, другой с горизонтальными (рис. 82, а, б). Нож состоит из рамы, ручки, режущих лезвий или струн. Толщина лезвий 0,3—0,6 мм, диаметр струн 0,3—0,5 мм.

Постановку зерен и обработку сырной массы производят лирами. Это рама из круглой стали с двумя ручками, на которую натянуты струны диаметром 3—4 мм на расстоянии 15—20 мм.

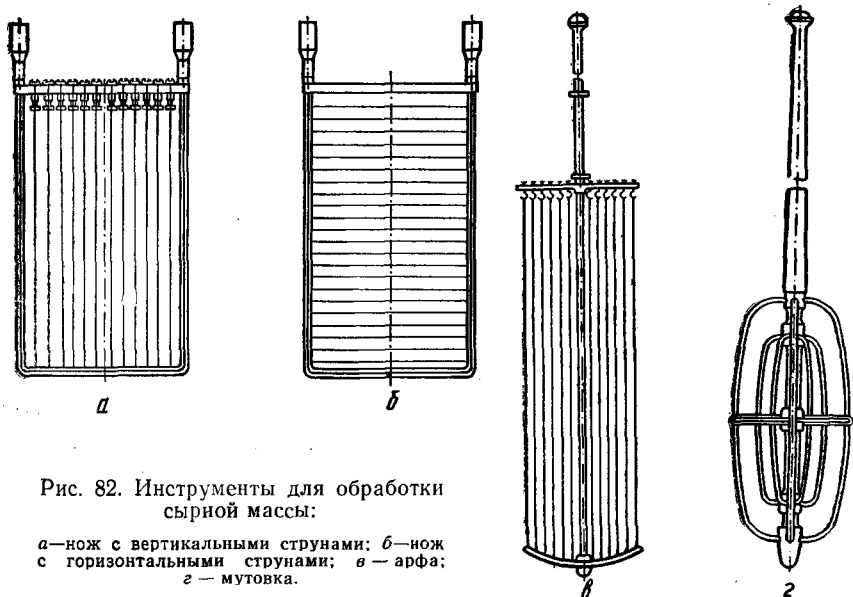


Рис. 82. Инструменты для обработки сырной массы:

а—нож с вертикальными струнами; б—нож с горизонтальными струнами; в—арфа; г—мутовка.

Ножи и лиры с толстыми струнами можно заменять лирами с тонкими струнами. В качестве струн применяют стальную проволоку (рояльную) диаметром 0,5—0,6 мм. Расстояние между струнами 7—8 мм. Для снижения отходов жира и белка в сыровотку раму лиры изготовляют из ромбовидной стали сечением 6×25 мм, а режущую часть ее делают острой. Скорость движения лиры относительно стенок ванны не превышает 2 м/сек.

В котлах со сферическим дном сгусток разрезают арфой (рис. 82, в). Она состоит из ромбовидного стержня сечением 26×14 мм, деревянной рукоятки, двух поперечных планок и деревянного полушара, навинченного на нижний конец стержня. Толщина струн 0,8 мм, расстояние между струнами 25 мм. Деревянный полушар предотвращает трение стержня и нижней планки по дну котла во время постановки зерна. Скорость движения

арфы при постановке зерна относительно стенок котла 1,5—3,0 м/сек.

Для вымешивания сырного зерна в котлах применяют мутówki (рис. 82, *г*), а в прямоугольных ваннах — грабли.

### Котлы и ванны с механическими мешалками

Для облегчения труда и повышения его производительности на заводах устанавливают сыродельные котлы и ванны с механическими мешалками двух типов: одни совершают только вращательное движение, другие — вращательное и возвратно-поступательное.

Мешалки первого типа только вымешивают сырное зерно. Различают мешалки переносные, не имеющие жесткого и постоянного крепления над котлом или ванной, и стационарные.

На небольших электрифицированных заводах при выработке сыра в котлах и ваннах емкостью до 1000 л применяют переносные пропеллерные мешалки.

Переносная пропеллерная мешалка ПСМ-1 (см. рис. 80) состоит из червячного редуктора 7, фланцевого электродвигателя 6, стойки 8 для крепления редуктора, пропеллера 9, трубчатой рамы 10, на которой крепится редуктор с электродвигателем и отражатель 11. Отражатель тормозит круговое движение массы и создает восходящие потоки ее, что способствует более интенсивному перемешиванию. Приводной механизм мешалки ПСМ-1 приведен на рис. 83.

Мешалки, установленные на прямоугольных ваннах, не имеют отражателей. Круговое движение сырной массы тормозится в результате ударов ее о стенки ванны.

#### Техническая характеристика мешалки ПСМ-1

Число оборотов пропеллера в минуту . . . . .	38
Мощность установленного электродвигателя, кВт 0,27	
Габариты, мм	
длина рамы для ванны . . . . .	1300
длина рамы для котлов . . . . .	2000
ширина . . . . .	290
высота . . . . .	845
Масса, кг . . . . .	41

Стационарные мешалки монтируют над котлом на поворотном кронштейне. Приводной механизм таких мешалок отличается от приводного механизма переносной тем, что соединение электродвигателя с редуктором не фланцевое, а через удлиненный вал на муфтах.

Механические мешалки второго типа совершают вращательное и возвратно-поступательное движение вдоль ванны.

Редуктор приводного механизма у этих мешалок ступенчатый, что позволяет менять скорость вращения во время работы

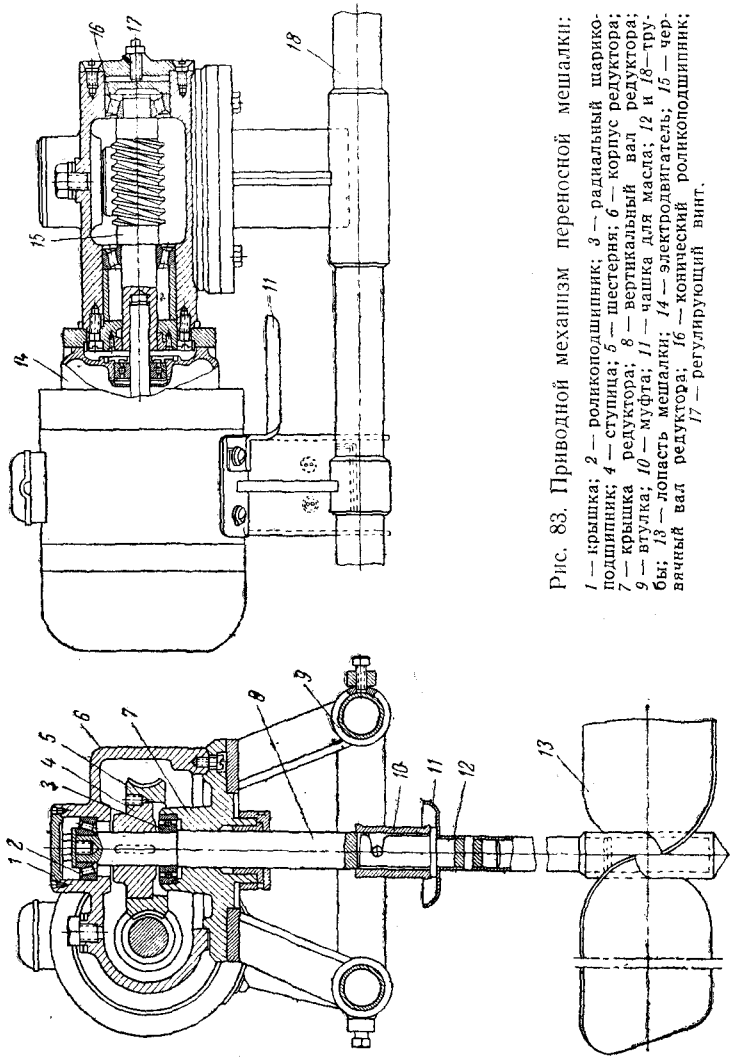


Рис. 83. Приводной механизм переносной мешалки:  
 1 — крышка; 2 — ролик; 3 — ролик; 4 — ступица; 5 — шестерня; 6 — корпус редуктора;  
 7 — крышка редуктора; 8 — вертикальный вал редуктора;  
 9 — крышка; 10 — муфта; 11 — чашка для масла; 12 и 13 — тру-  
 бы; 14 — лопасть мешалки; 15 — электродвигатель; 16 — чер-  
 вячный вал редуктора; 17 — регулирующий винт; 18 — ролик.

мешалок, либо установлен вариатор с плавным переходом от одной скорости к другой.

Ванны последних выпусков оснащены многоскоростным электродвигателем и бесступенчатым вариатором.

На рис. 84, а изображена ванна СВ-2000 с приводным механизмом, имеющим ступенчатый редуктор. Он смонтирован на каретке 3, которая перемещается над ванной по двум параллельно расположенным балкам (швеллерам) 2. Концы балок опираются на вертикальные стойки 1, прикрепленные к корпусу.

Внутренний резервуар ванны выполнен из листовой нержавеющей стали, а наружный или корпус — из углеродистой. Обшивка корпуса деревянная, облицованная тонкой листовой сталью. В пространство между корпусом и ванной (в рубашку) подводится пар и вода. При подогревании молока излишек воды, получаемой от конденсации пара, вытекает через переливной патрубок. Для спуска сыворотки в нижней части ванны сбоку установлен кран 10. Ванну устанавливают на ножках, регулируемых по высоте.

Приводной механизм (рис. 84, б) работает следующим образом. От электродвигателя 31 через коробку скоростей движение передается звездочке 10, от которой через цепную передачу и звездочку 42 вращается вал 40. На концах этого вала закреплены конические шестерни 34. Эти шестерни находятя в зацеплении с шестернями 33 и передают движение вертикальным валам 29 и мотылям 28. С мотылями связаны стержни ножей 27, несущие рабочие инструменты. На верхнем конце вала 29 укреплена звездочка 35.

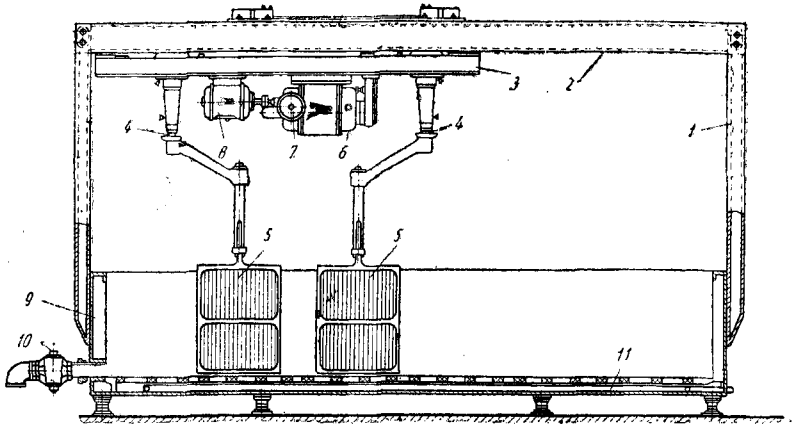
Посредством цепной передачи через звездочки 35 и 38 движение передается звездочке 37, находящейся в зацеплении с рейкой 36. Так как рейка закреплена неподвижно, то при вращении звездочка 37 перекачивается по рейке и тем самым передвигает каретку вдоль ванны.

Звездочка 37 вращается только в одну сторону, и когда она достигает конца рейки, то с помощью пружинного переключателя автоматически перекачивается на другую сторону рейки и заставляет тележку двигаться в обратном направлении.

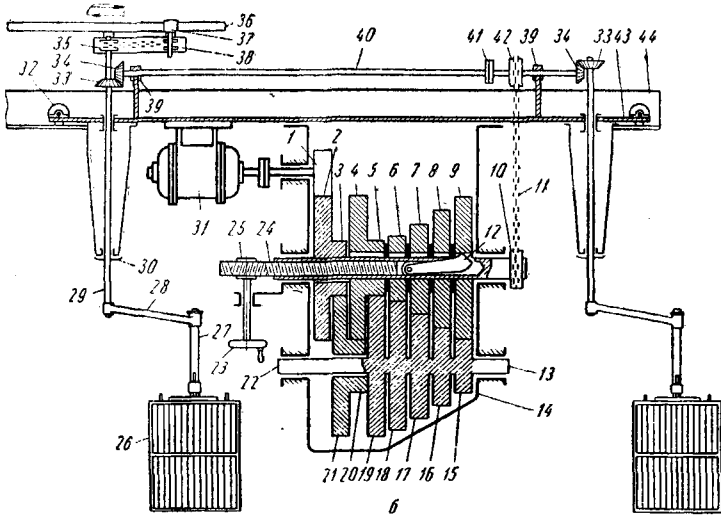
Коробка передач имеет пять скоростей, изменение которых достигается поворотом маховичка 23, связанного через шестерню 25 и винт 24 с шарнирной шпонкой 12. При повороте рычага шпонка передвигается и включает в зацепление в соответствии с требуемой скоростью нужную шестерню.

Скорости вращения мешалки и перемещения каретки приведены в табл. 12.

На рис. 85 показан привод к ванне СВ-2000 с бесступенчатым вариатором, создающий плавное изменение скорости вращения мешалок от 9 до 22 об/мин. Это достигается вращением штурвала 14, изменяющего с помощью муфты 15 и двух тяг диаметры



a



b

Рис. 84. Сыродельная ванна со ступенчатым вариатором:

a — общий вид; 1 — стойка; 2 — балка (швеллер); 3 — передвижная каретка; 4 — колонка вертикального вала; 5 — мешалка; 6 — редуктор; 7 — переключатель скоростей; 8 — электродвигатель; 9 — двустенный резервуар; 10 — кран для слива сыворотки; 11 — секция для подогрева смеси паром;  
 б — кинематическая схема привода: 1—9, 15—21 и 25 — шестерни; 10, 35, 37, 38 и 42 — звездочки; 11 — цепь; 12 — шарнирная шпонка; 13 и 22 — вал промежуточных шестерен; 14 — корпус коробки передач; 23 — маховичок переключения скоростей; 24 — винт шарнирной шпонки; 26 — нож для резки сгустка; 27 — вал ножа; 28 — мотыль; 29 — вертикальный вал; 30 — ловушка масла; 31 — электродвигатель; 32 — ролик; 33 и 34 — конические шестерни; 36 — рейка; 39 — подшипник горизонтального вала; 40 — горизонтальный вал; 41 — фрикционная муфта; 43 — плита стола; 44 — рама подвижного стола.

Таблица 12

Положе- ние пере- ключате- ля скоро- сти	Число оборо- тов мешалки в минуту	Скорость ли- нейного пере- мещения ме- шалки, м/мин	Число оборотов мешалки за два хода каретки вдоль ванны (в одну и другую стороны) в ми- нуту
1	6,5	3,9	4
2	9,04	5,4	4
3	13,62	7,8	4
4	18,36	10,8	4
5	24,87	15,0	4

сцепления раздвижных шкивов 12 и 18. Шкивы состоят из двух конических дисков, при раздвигании которых можно изменять передаточное число клиноременной передачи в отношении 1 : 2,5.

Вращательное движение мешалкам передается от электродвигателя 2 через клиноременную передачу к ведущему валу и далее через систему цепных передач 7, 5 и 3 к вертикальным валам 9 и 19, а от них к лирам 20.

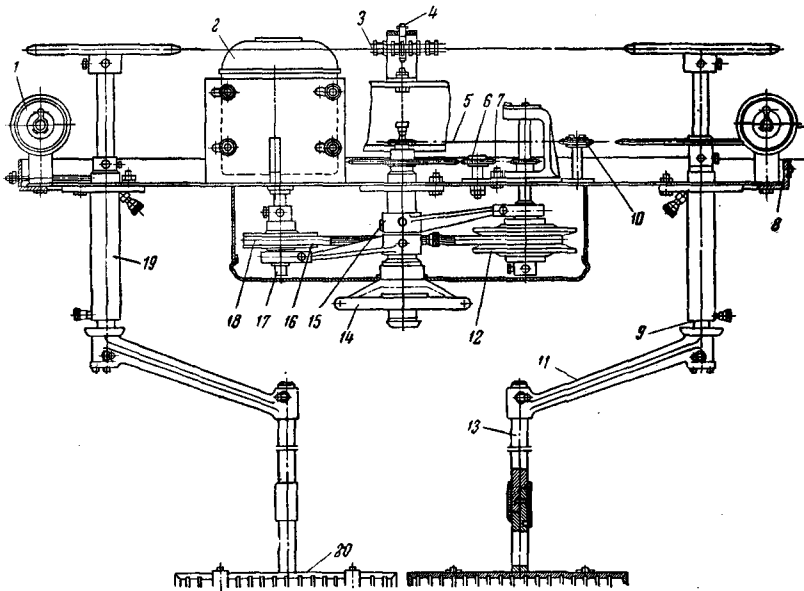


Рис. 85. Привод мешалки к ванне СВ-2000:

1 — катки; 2 — электродвигатель; 3 — роliko-втулочная цепь; 4 — стержень с роликом; 5 и 7 — передача роliko-втулочной цепью; 6 и 10 — натяжные звездочки; 8 — каретка; 9 — вертикальный вал; 11 — рычаг; 12 — ведомый раздвижной конический шкив; 13 — стержень крепления лиры; 14 — штурвал вариатора; 15 — муфта переключения; 16 — клинoвой ремень; 17 — вал раздвижного ведущего конического шкива вариатора; 18 — ведущий раздвижной конический шкив; 19 — колонка вертикального вала; 20 — лиры (ножи).

Возвратно-поступательное движение каретки 8, а следовательно, и мешалок осуществляется с помощью крепления к одному из звеньев цепи 3 стержня 4 с роликом. Ролик заведен в паз неподвижной кулисы, закрепленной к кронштейну над кареткой. Паз кулисы расположен под прямым углом к направлению движения каретки.

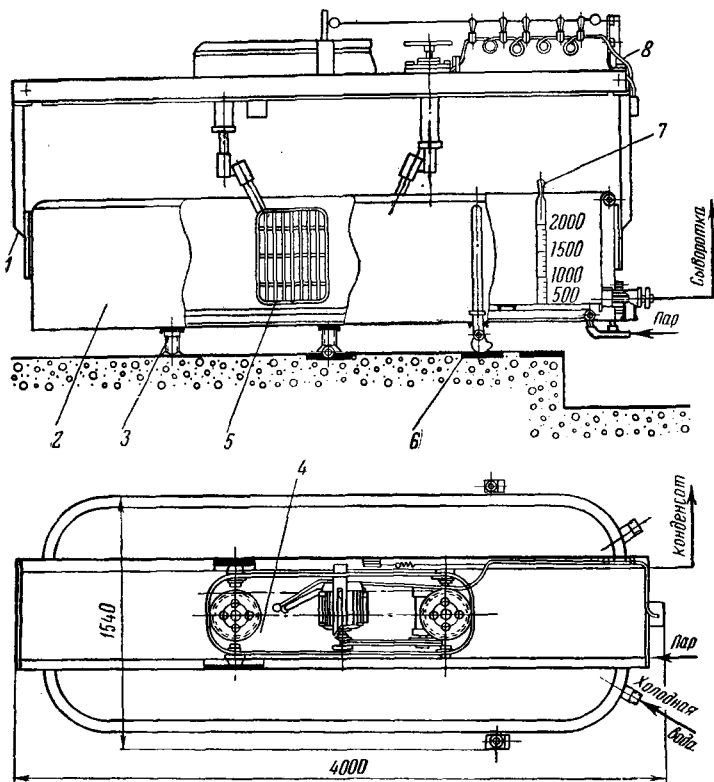


Рис. 86. Сыродельная ванна П-663:

- 1 — торцовые стойки; 2 — двустенный резервуар; 3 — ножка регулируемая;  
4 — каретка; 5 — лира с фартуком; 6 — металлическая подкладка; 7 — линейка  
мерная; 8 — электропроводка

При включении электродвигателя звездочки вращаются, обкатывают цепь 3 с внутренней стороны и тем самым тянут и передвигают каретку вдоль ванны. В крайнем положении каретки стержень 4 скользит по пазу кулисы поперек движения каретки, перемещается на другую сторону звездочки и в результате изменяется направление движения каретки и мешалок. При другом крайнем положении цикл движения стержня повторяется и каретка 8 перемещается в противоположную сторону.



В последние годы разработано три новых типоразмера ванн с мешалками емкостью 2, 3 и 5 тыс. л.

Ванна П-663 (рис. 86) состоит из двустенного резервуара 2, передвижной каретки 4 с приводом и лир 5. Резервуар ванны П-663 сварной металлической конструкции, состоящей из двух ванн — внутренней и наружной. Внутренняя ванна резервуара изготовлена из листовой нержавеющей стали, наружная — из листовой углеродистой стали.

В межстенное пространство резервуара подводится пар для нагревания молока или смеси, а для охлаждения — холодная вода. Пар и вода подключаются к секциям из стальных труб.

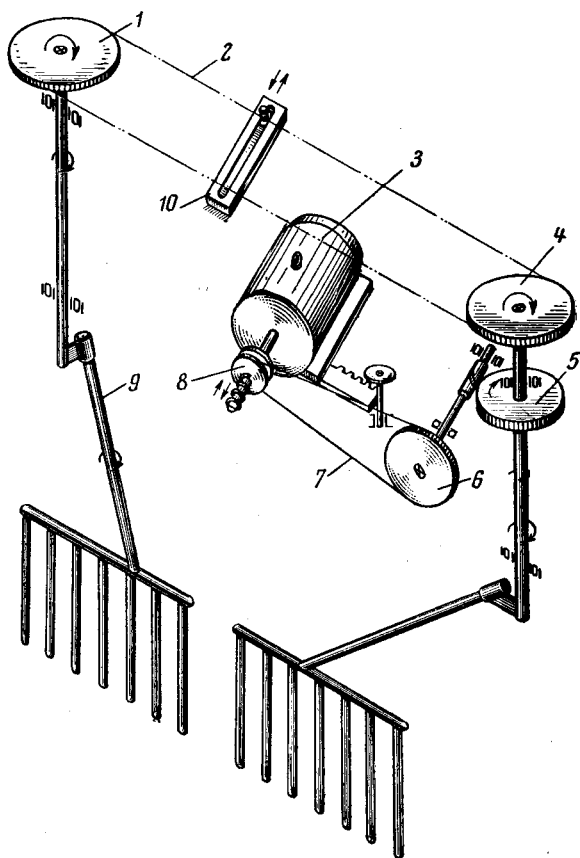


Рис. 87. Кинематическая схема приводного механизма ванны П-663:

1 и 4 — звездочки; 2 — цепь; 3 — электродвигатель; 5 — червячный редуктор; 6 — шкив; 7 — клиновой ремень; 8 — раздвижной шкив; 9 — мешалка; 10 — кулиса.

Паровая секция представляет собой овал из трубы диаметром 1,25", расположенный между днищами наружной и внутренней ванны. Водяная секция размещается в верхней части межстенного пространства резервуара. Диаметр трубы 2".

Для равномерного распределения пара и воды по рабочей поверхности внутренней ванны на трубах секций расположены отверстия диаметром 5 мм. Отверстия размещают равномерно по всей длине секции через 30—50 мм. Струйки пара или воды, вытекающие из отверстий, направлены: пара — под дно ванны, а воды — на стенки.

Для разгрузки ванны от смеси зерна и сыворотки или промывочной воды служит кран клапанного типа. В сторону разгрузочного крана ванну наклоняют с помощью ручного приспособления.

Приводной механизм (рис. 87) состоит из горизонтально расположенного трехскоростного электродвигателя 3, перемещающегося с помощью шестерни и рейки вдоль каретки, бесступенчатого вариатора скорости с клиноременной передачей, червячного редуктора, цепи и кулисы для создания возвратно-поступательного движения.

Ведущий шкив 8 вариатора состоит из двух раздвижных конических дисков, что позволяет ему изменять диаметр сцепления. Расположен он на валу электродвигателя. Ведомый шкив 6 находится на валу редуктора 5. При перемещении электродвигателя по салазкам каретки происходит натяжение или ослабление ремня, конические диски ведущего шкива 8 соответственно раздвигаются или сближаются, изменяя диаметр сцепления, а в результате и передаточное отношение привода.

Применение трехскоростного электродвигателя, бесступенчатого вариатора и червячного редуктора позволяет изменять вращение мешалок в пределах 5—26 об/мин.

Возвратно-поступательное движение каретки и мешалок осуществляется с помощью кулисного устройства.

#### Техническая характеристика ванны П-663

Емкость, л	
полная	2333
рабочая	2000
Давление греющего пара, кгс/см <sup>2</sup>	1,8
Потребная мощность, квт	0,4—1,1
Внутренние размеры ванны, мм	
длина	3310
ширина	1204
высота	612
Габариты, мм	
длина	4000
ширина	1376
высота	1850
Масса, кг	1250

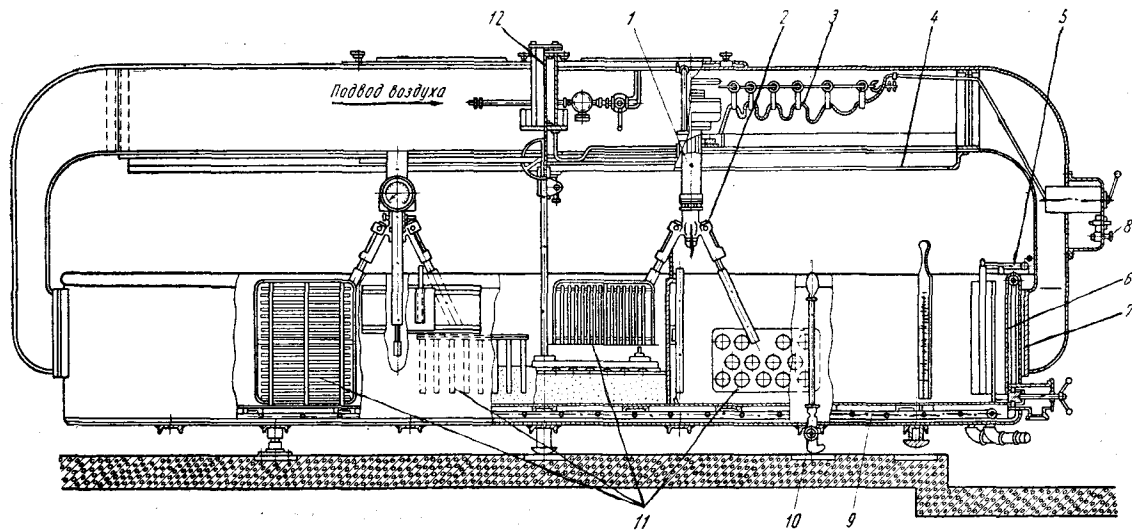


Рис. 88. Сыродельная ванна емкостью 3000 л:

- 1 — колонка вертикального вала; 2 — соединительная головка вертикального вала с мешалкой;  
 3 — электрокабель; 4 — поддон; 5 — перфорированная трубка; 6 — внутренняя ванна; 7 — наружная ванна;  
 8 — щит управления; 9 — паровая секция; 10 — опорная балка; 11 — ножи и мешалки;  
 12 — пневмоцилиндр для прессования пласта.

Ванна П-663 может быть укомплектована устройством для прессования сырного пласта. В него входят прессовальные диски и щиты, штанги и пневматические прессцилиндры, а также средства регулирования и распределения сжатого воздуха.

На рис. 88 показана сыродельная ванна емкостью 3000 л. От ванны П-663 она отличается в основном размерами, мощностью электродвигателя и конструкцией моста для передвижной тележки и привода. Ванна емкостью 5000 л отличается от ванны П-663 габаритами и девятискоростным вариатором с электромагнитными муфтами.

### Сыроизготовители

Сыроизготовитель СПД-2 (конструктор Д. Ф. Шахов) периодического действия (рис. 89) состоит из сырного котла, приводного механизма, комплекта ножей с мешалкой и формовочного аппарата.

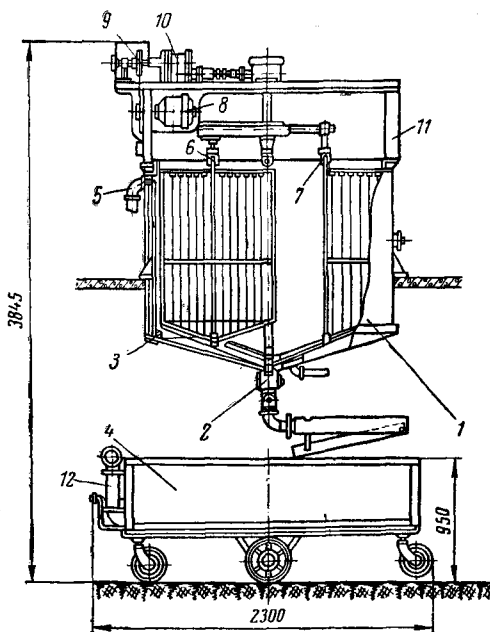


Рис. 89. Сыроизготовитель СПД-2 с приемной тележкой:

1 — сырный котел; 2 — спускной кран; 3 — паровое кольцо; 4 — формовочный аппарат; 5 — патрубок для слива; 6 и 7 — ножи; 8 — электродвигатель; 9 — вариатор скорости; 10 — ступенчатый редуктор; 11 — стойка; 12 — сливная труба.

Сырный котел 1 представляет собой двустенный цилиндрический резервуар с двустенным конусным дном, в который вмонтирован кран 2 для выпуска смеси сыворотки и сырного зерна. В межстенном пространстве котла размещается кольцо 3, изготовленное из трубы с мелкими отверстиями.

К кольцу подведен пар, который через отверстия в трубе равномерно распределяется по поверхности котла. Холодная вода проходит через специальный патрубок. Излишки воды и конденсата удаляются из межстенного пространства через па-

трубок 5. Сыворотку (до 50% от общего количества ее в котле) сливают через специальный кран.

Сгусток разрезается двумя лирообразными ножами. Планетарный нож 6 совершает движение вокруг собственной оси и оси вертикального вала редуктора, нож 7 — только вокруг оси вала редуктора. Вращательное движение ножа 7 направлено против потока, создаваемого планетарным ножом 6.

Сырное зерно вымешивают съемной пропеллерной мешалкой. Ножи и мешалка вращаются от трехскоростного электродвигателя 8 через вариатор скорости 9 и редуктор 10. Сочетание действий трехскоростного электродвигателя и вариатора позволяет получать требуемую скорость вращения мешалки и ножей.

Привод смонтирован над котлом на двух стойках 11, укрепленных на бортах.

Котлы устанавливают в междуэтажном перекрытии или на антресолях с расчетом, чтобы под сливной кран можно было подкатывать формовочный аппарат 4 для приемки смеси из котла, осаждения зерна, подпрессовки и образования пласта, а также для деления готового пласта на равные по величине бруски сыра.

Формовочный аппарат 4 представляет собой передвижную четырехугольную ванну на колесах. Внутренний резервуар его изготовлен из нержавеющей стали и заключен в деревянный кожух. Для слива сыворотки на торцевой стенке формовочного аппарата установлен патрубок, к которому присоединена труба 12. Ее можно поворачивать вокруг оси патрубка и устанавливать открытым концом на разной высоте, поддерживая требуемый по технологическим условиям уровень сыворотки в формующем аппарате.

Для отделения зерна от сыворотки ванну формующего аппарата перегораживают перед патрубком для слива сыворотки щитом с отверстиями. Осевшее зерно подпрессовывают металлическими толстыми пластинами и переносным пружинно-винтовым прессом.

#### Техническая характеристика сыроизготовителя СПД-2

Емкость котла, л	
полная . . . . .	2200
рабочая . . . . .	2000
Полная емкость формующей ванны, л	1150
Электродвигатель	
тип . . . . .	АО 41-6/4/2
мощность, квт . . . . .	0,6; 0,75; 1,0
число оборотов в минуту . . . . .	940; 1440; 2880
Габариты, мм	
длина . . . . .	2312
ширина . . . . .	1935
высота . . . . .	3534
Масса, кг . . . . .	833

Сыроизготовитель СПД-5 конструкции ЦКБ Мясомолмаша (рис. 90) отличается от сыроизготовителя СПД-2 герметической крышкой 2, нижним расположением привода 7, конструкцией рабочих инструментов и эжектором 10. Эжектор создает разрежение в котле и поддерживает постоянное давление перед выпускным краном, что необходимо для равномерной разгрузки сыроизготовителя.

Стенки котла изготовлены из нержавеющей стали. В межстенное пространство подводится вода и пар. Крышку 2 поднимают и опускают с помощью ручного масляного насоса.

Привод 7 состоит из электродвигателя и бесступенчатого гидравлического вариатора скоростей. Он размещается на плите, прикрепленной к опорам котла. Движение от электродвигателя через редуктор передается вертикальному валу 4, который проходит по трубе из нержавеющей стали, расположенной в центре котла. На верхнем конце вала находится головка 1 для крепления рабочих инструментов.

Управление всеми вентилями, краном для отбора сыворотки, вакуумом и вариатором скорости осуществляется с площадки для обслуживания 14.

#### Техническая характеристика сыроизготовителя СПД-5

Емкость котла, л	
полная . . . . .	5500
рабочая . . . . .	5000
Электродвигатель	
мощность, квт . . . . .	1,7
число оборотов в минуту . . . . .	930
Габариты, мм	
длина . . . . .	5310
ширина . . . . .	3300
высота с закрытой крышкой . . . . .	3315
высота с поднятой крышкой . . . . .	3400
Масса, кг . . . . .	2230

Применение сыроизготовителей повышает производительность труда и увеличивает пропускную способность сыродельного цеха. Для установки сыроизготовителей требуется в 2 раза меньшая площадь, чем для размещения ванн такой же производительности.

#### Линии поточного производства сыра

На базе сыроизготовителей периодического действия ВНИИМСом и проф. Д. А. Граниковым разработаны линии поточного производства сыра.

В линию (рис. 91) входит следующее основное технологическое оборудование: насосы, молокоочистители, сепараторы, тан-

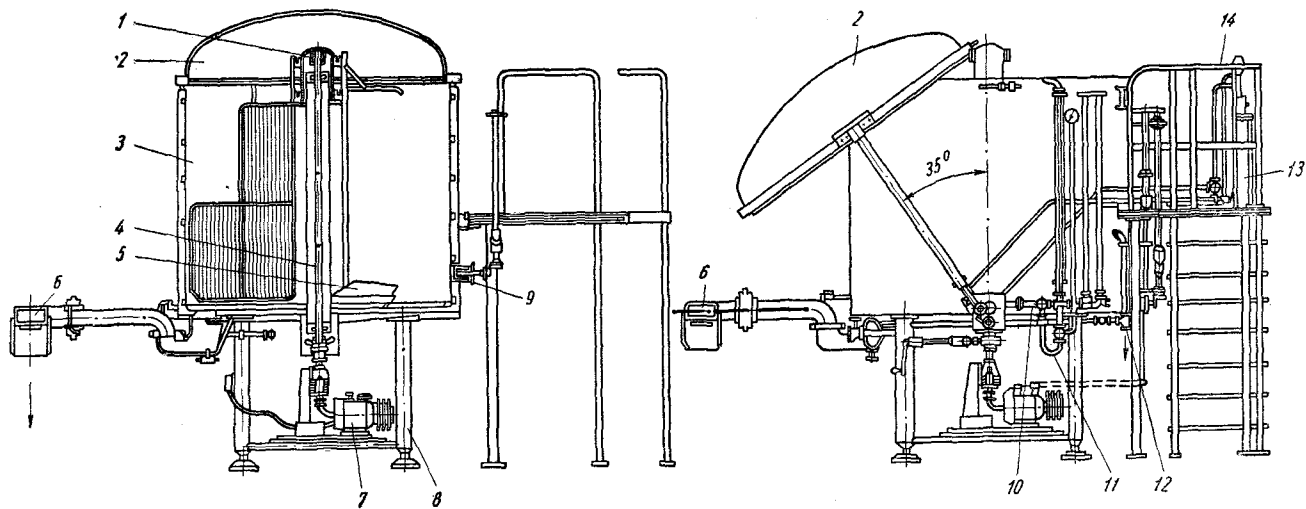


Рис. 90. Сыроизготовитель СПД-5:

1 — головка для крепления рабочих органов; 2 — крышка котла; 3 — котел; 4 — приводной вертикальный вал; 5 — мешалка; 6 — распределительные устройства для выпуска сырной массы; 7 — привод; 8 — стойка; 9 — кран для отбора сыворотки; 10 — эжектор; 11 — трубопровод; 12 — патрубок для спуска воды и конденсата; 13 — ручной насос; 14 — площадка с лестницей для обслуживания.

ки для резервирования молока, охладители и пастеризаторы, сыроизготовители СПД-2 с формующими аппаратами, прессы и оборудование по уходу за сыром при созревании.

Производственная мощность линии с тремя сыроизготовителями 16—25 т молока в смену или примерно 1,5—2,3 т сыра. Съем продукции с 1 м<sup>2</sup> в смену равен 34—63 кг.

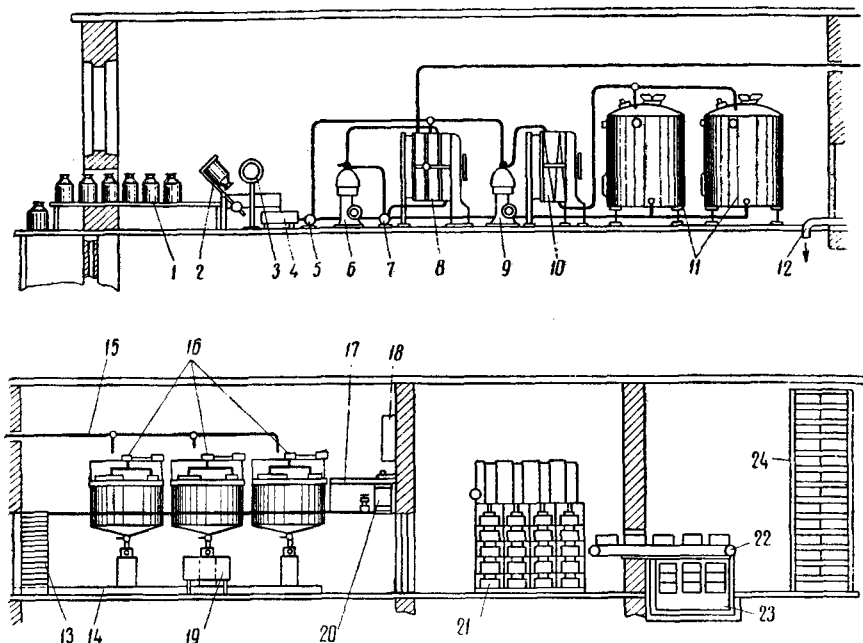


Рис. 91. Линия ВНИИМСа поточного производства сыра:

1 — рольганг; 2 — опрокидыватель фляг; 3 — весы; 4 — приемная ванна; 5 — центробежный насос; 6 — сепаратор-нормализатор; 7 — центробежный насос высокого давления; 8 — пластинчатый пастеризатор; 9 — сепаратор-очиститель; 10 — пластинчатый охладитель; 11 — танки; 12 и 14 — сток сыворотки; 13 — площадка для сыроизготовителей; 15 — молокопровод; 16 — сыроизготовители; 17 — заквасочник; 18 — дозатор растворов; 19 — передвижная формовочная ванна; 20 — стол мастера; 21 — пневматический сырный пресс; 22 — ленточный транспортер; 23 — посолочный бассейн; 24 — стеллаж для обсушки сыра.

Проф. Д. А. Граников предложил два типа поточных линий для производства сыра унифицированной цилиндрической формы. Диаметры цилиндров 80, 130 и 160 мм. Длина сыра диаметром 80 мм — 250 мм, для других — 500 мм.

Первая линия (рис. 92) комплектуется сыроизготовителями, вторая — ваннами с мешалками. В линиях второго типа для перемещения сырной массы из ванны в формующий аппарат применяют специальный насос или ванну поднимают над полом цеха для создания самотека при опорожнении.



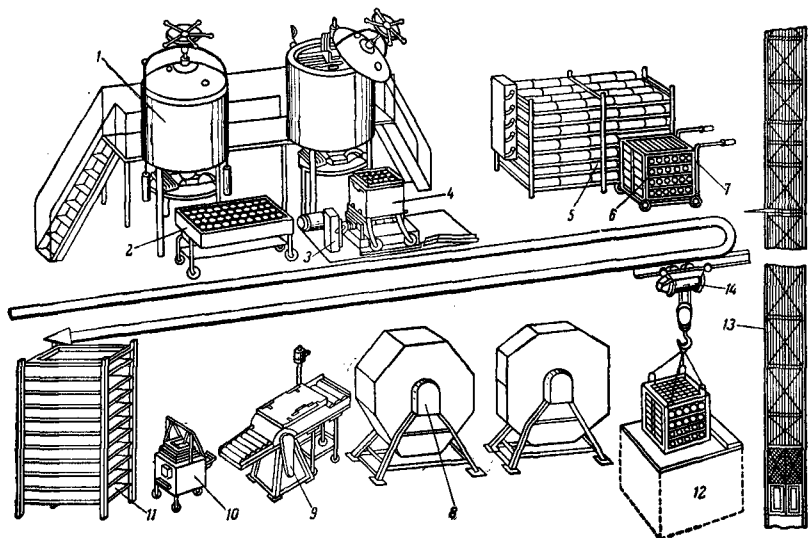


Рис. 92. Схема поточной линии производства сыра унифицированной формы по методу проф. Д. А. Граникова:

1 — сыроизготовитель; 2 — поворотнo-передвижной стол; 3 — вибратор; 4 — тележка формовочная; 5 — горизонтальный пресс; 6 — контейнер; 7 — тележка для перевозки контейнеров; 8 — поворотный стеллаж для сыра; 9 — сыромочная машина; 10 — парафинер; 11 — стеллаж для хранения сыра; 12 — соляный бассейн; 13 — лифт грузовой; 14 — тельфер.

### Расчеты сыродельных ванн, котлов и сыроизготовителей

**Емкость ванн и котлов.** Емкость ванн прямоугольной формы с наклонным дном определяют по формуле

$$V = ab \frac{h_1 + h_2}{2}, \quad (V-1)$$

где  $V$  — емкость ванны,  $m^3$ ;  
 $a$  и  $b$  — внутренняя длина и ширина ванны,  $m$ ;  
 $h_1$  и  $h_2$  — наименьшая и наибольшая глубина ванны,  $m$ .

Для котла в форме полушара (глубина равна половине диаметра шара) емкость

$$V = \frac{\pi d^3}{12}, \quad (V-2)$$

где  $d$  — внутренний диаметр котла,  $m$ .

Емкость котла с прямыми боковыми стенками и полушаровым дном

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h + \frac{\pi d^3}{12}, \quad (V-3)$$

где  $h$  — высота цилиндрической части котла,  $m$ ;  
 $d$  — диаметр сферической части котла,  $m$ .

Емкость сферической части котла, составляющей менее полушеры, находят по формуле

$$V = \frac{1}{6} \pi h (3R^2 + h^2), \quad (V-4)$$

где  $R$  — радиус сферы,  $m$ ;  
 $h$  — высота котла,  $m$ .

**Продолжительность нагревания молока или смеси.** Этот показатель определяют по следующей формуле:

$$\tau = \frac{Mc(t_1 - t_2)}{Fk\Delta t_{\text{ср}}},$$

где  $\tau$  — продолжительность нагревания, *сек*;  
 $M$  — количество молока или смеси, *кг*;  
 $c$  — теплоемкость молока или смеси, *дж/(кг·град)*;  
 $t_1$  и  $t_2$  — начальная и конечная температура молока или смеси, *°C*;  
 $F$  — греющая поверхность котла или ванны, *м<sup>2</sup>*;  
 $k$  — коэффициент теплопередачи, *вт/(м<sup>2</sup>·град)* ( $k = 350 \div 580$ );  
 $\Delta t_{\text{ср}}$  — средняя логарифмическая разность температур между температурами греющей среды и молока или смеси, *град*.

Поверхность нагрева  $F$  сферического днища, имеющего форму менее полусферы,

$$F = \pi(R^2 - h^2). \quad (V-5)$$

**Расход пара.** Количество пара, необходимого для нагревания молока и смеси зерна с сывороткой, рассчитывают по формуле

$$D_{\text{п}} = \frac{Q}{(i - ct) \eta},$$

где  $D_{\text{п}}$  — расход пара, *кг*;  
 $Q$  — количество тепла, необходимого для нагревания содержимого ванны, *дж*;  
 $i$  — теплосодержание пара, *дж/кг*;  
 $c$  — теплоемкость конденсата, *дж/(кг·град)*;  
 $\eta$  — коэффициент, учитывающий потери тепла через стенки и испарение с открытой поверхности (при хорошей изоляции  $\eta = 0,8 \div 0,85$ , при отсутствии изоляции  $\eta = 0,5 \div 0,75$ ).

**Потребная мощность.** Мощность, потребляемую мешалками для сыродельных ванн и котлов, можно рассчитывать по формулам, рекомендованным Н. И. Селивановым.

Для лопастной мешалки в пусковой период

$$N = 0,052\rho hzn^3 (R_n^4 - R_b^4), \quad (V-6)$$

где  $N$  — потребляемая мощность, *квт*;  
 $\rho$  — плотность молока или смеси сырного зерна с сы-  
 вороткой, *кг/м<sup>3</sup>*;  
 $h$  — высота погружения лопастей, *м*;  
 $z$  — число лопастей мешалки;  
 $n$  — число оборотов мешалки в секунду;  
 $R_n$  и  $R_b$  — наружный и внутренний радиусы лопастей, *м*.

Для лопастей в виде ножа, лиры или решетки

$$N = 0,0988\rho hzn^3 \left[ \left( \frac{R_n + R_b}{2} + t\delta \right)^4 + \left( \frac{R_n + R_b}{2} \right)^4 \right], \quad (V-7)$$

где  $t$  — число проволок или лезвий;  
 $\delta$  — толщина проволок или лезвий, *м*.

При расчете мощности, потребляемой мешалкой, совершаю-  
 щей возвратно-поступательное движение, надо учитывать мощ-  
 ность, необходимую для передвижения каретки вдоль ванны, ко-  
 торую можно определить по формуле

$$N = \frac{(P + gM\mu)v}{1000\eta}, \quad (V-8)$$

где  $N$  — мощность, *квт*;  
 $P$  — нагрузка на проволоки или лезвия, *н* (в среднем  
 $P = 1,96$  *н/м*);  
 $\mu$  — коэффициент трения ( $\mu = 0,05$ );  
 $M$  — масса каретки и механизма, *кг*;  
 $v$  — скорость движения каретки, *м/сек* ( $v = 0,065 \div 0,25$ );  
 $\eta$  — механический к. п. д. мешалки ( $\eta = 0,7$ );  
 $g$  — ускорение силы тяжести, *м/сек<sup>2</sup>*.

При подборе электродвигателя следует учитывать пусковой  
 момент и сопротивление осевшего зерна после остановки мешал-  
 ки, поэтому расчетную мощность необходимо увеличить на 50%.

**Производительность за смену и длительность заполнения ем-  
 кости.** Производительность ванн, котлов и сыроизготовителей  
 в смену определяют по формуле

$$G_{см} = \frac{V\tau_{см}}{\tau_{ц}}, \quad (V-9)$$

где  $G_{см}$  — производительность ванн, котлов и сыроизготовите-  
 лей в смену, *кг*;  
 $V$  — рабочая емкость ванны или сыроизготовителя, *кг*;  
 $\tau_{см}$  — продолжительность смены, *ч*;  
 $\tau_{ц}$  — продолжительность технологического цикла в зави-  
 симости от типа и емкости ванны или сыроизготови-  
 теля и вида вырабатываемого сыра, *мин* (при усло-

вии, что сыр формируют вне сыроизготовителя  $\tau_{\text{ц}} = 100 \div 250$ ).

Длительность заполнения емкости

$$\tau_{\text{зап}} = \frac{60V}{G_{\text{п}}}, \quad (V-10)$$

где  $\tau_{\text{зап}}$  — длительность заполнения, мин;

$G_{\text{п}}$  — часовая производительность пастеризатора, кг/ч.

### Прессы

Для прессования и отделения сыворотки из сырной массы применяют рычажные, пружинно-винтовые и пневматические прессы.

Рычажные прессы выпускают с постоянной и переменной величиной груза. На прессах с постоянной величиной груза давление на сыр изменяют, передвигая груз по рычагу, а на прессах с переменной величиной груза, — изменяя количество гирь на подвеске.

Мелкие сыры прессуют на однорычажных прессах (рис. 93), которые монтируют на стене или на специальной раме. Положение груза на рычаге (рис. 93, а) устанавливают, исходя из равенства моментов сил, по формуле

$$L = \frac{P_{\text{п}} l}{G}, \quad (V-11)$$

где  $L$  — длина большого плеча рычага, м;

$l$  — длина малого плеча рычага, м;

$P_{\text{п}}$  — сила прессования, кгс;

$G$  — сила груза, кгс.

Крупные сыры (советский) прессуют на двухрычажных трехъярусных прессах (рис. 93, б). Он состоит из платформы 8, со стойками 7, связанными сверху перекладинами 4 (траверсами). На перекладинах смонтированы рычаги 2 и 3. На рычаг 3 подвешен груз 1, состоящий из набора дисков (гирь). Столы 6 передвижные. Они перемещаются по направляющим стойкам 7 под давлением груза 1 и при вращении винта 5. Левый конец рычага 3 соединен шарниром с перекладной 4, а правый конец — через серьгу с рычагом 2. Правый конец рычага 2 соединен шарниром с перекладной 4 и с серьгой рычага 3.

На платформу 8 и столы 6 ставят формы с массой. Затем, вращая штурвал винта, опускают верхние столы до упора и подвешивают груз 1. Под действием груза рычаг 2 тянет за серьгу правый конец рычага 3, который давит на гайку винта 5. Винт 5 передает давление через подвижные платформы 1 на сыр в формах.

По мере прессования масса делает усадку и груз опускается. Для подъема груза и рычагов в первоначальное положение служит штурвал винта 5.

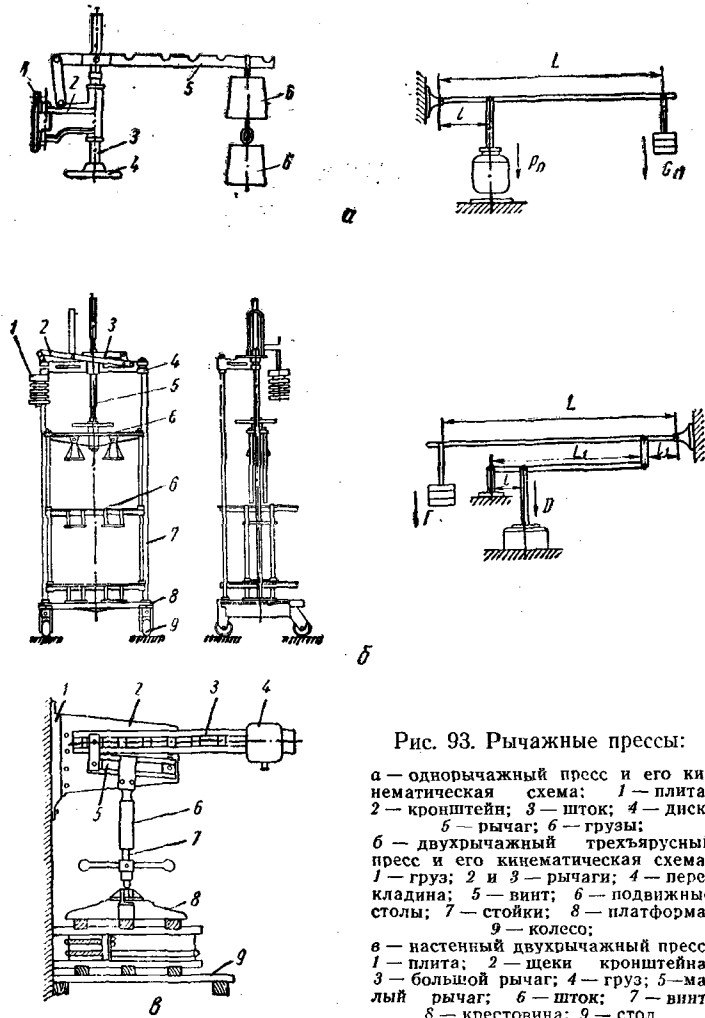


Рис. 93. Рычажные прессы:

- а — однорычажный пресс и его кинематическая схема: 1 — плита; 2 — кронштейн; 3 — шток; 4 — диск; 5 — рычаг; 6 — грузы;
- б — двухрычажный трехъярусный пресс и его кинематическая схема: 1 — груз; 2 и 3 — рычаги; 4 — переключадина; 5 — винт; 6 — подвижные столы; 7 — стойки; 8 — платформа; 9 — колесо;
- в — настенный двухрычажный пресс: 1 — плита; 2 — щеки кронштейна; 3 — большой рычаг; 4 — груз; 5 — малый рычаг; 6 — шток; 7 — винт; 8 — крестовина; 9 — стол.

На этих прессах также прессуют творог и казеин.

Силу груза для двухрычажных прессов рассчитывают по формуле

$$G = \frac{Dl_1}{LL_1}, \quad (V-12)$$

где  $G$  — сила груза, кгс;  
 $D$  — требуемое давление на сыр, кгс;  
 $l, l_1$  — длина малых плеч рычагов, м;  
 $L, L_1$  — длина больших плеч рычагов, м.

Для прессования швейцарского сыра применяют настенный двухрычажный пресс или пружинно-винтовой конструкции ВНИИМСа.

Настенный двухрычажный пресс (рис. 93, в) состоит из кронштейна, изготовленного из плиты 1 и двух щек 2, между которыми расположен большой рычаг 3 с грузом 4. Большой рычаг 3 соединен шарнирной тягой с малым рычагом 5. К рычагу 5 прикреплен на подвеске шток 6, в который ввинчивается винт 7. Винт 7 упирается в крестовину 8. Через нее нагрузка передается на сыр. Груз имеет постоянную массу. Месторасположения груза определяют по формуле (см. рис. 93, б).

$$L = \frac{Dl_1}{L_1G}$$

Пружинно-винтовой пресс для швейцарского сыра (рис. 94, а) состоит из стальных труб, вставленных одна в другую, пружинно-нажимного механизма, винта, гайки и нажимной плиты. Давление на сыр устанавливают по положению движка на шкале пружинного механизма.

Пресс монтируют на раме или на стенном кронштейне. При этом его подвешивают за шарнир, состоящий из двух угольников и пальца.

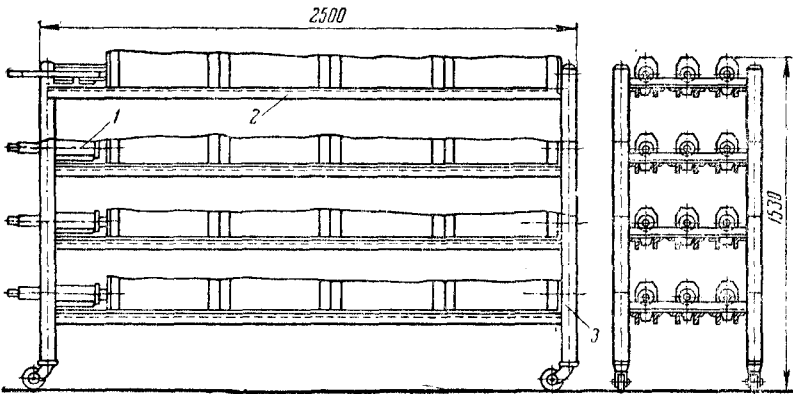
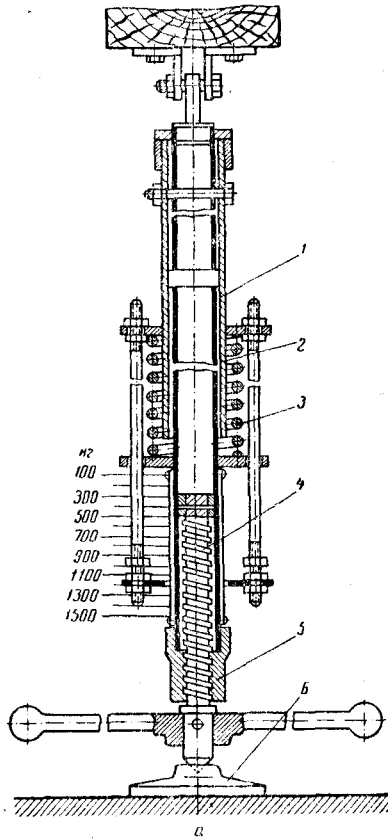
Сыры цилиндрической формы (ярославский, московский и пр.) прессуют на горизонтальных пружинно-винтовых многоярусных прессах (рис. 94, б).

Ярусы пресса изготовляют из уголковой стали 35×35 мм. Из пары уголков получается лоток (ручей). Три пары уголков (лотков), скрепленные на концах поперечными уголками, образуют ярус. На одном конце лотка приварен пружинно-винтовой нажимной механизм, на другом — упорная плита. Между упорной плитой и нажимным механизмом в каждый лоток (ручей) укладывают по несколько форм с сыром.

Ярусы соединены между собой по углам четырьмя трубами, образующими ножки пресса. Для передвижения ножки имеют ролики.

Пружинно-винтовой механизм состоит из стакана, винта, гайки с фланцем и пружины, которая упирается во фланец гайки и в дно стакана. На конце винта закреплена нажимная плита.

Пружинно-винтовые прессы просты в изготовлении и эксплуатации, мало занимают площади. Недостаток пружинно-винтовых прессов в том, что при прессовании сыра по мере уплотнения головки пружина расслабляется и давление снижается. Для



6

Рис. 94. Пружинно-винтовые прессы:

- a* — для швейцарского сыра: 1 и 2 — стальные трубы; 3 — пружина; 4 — винт;  
 5 — гайка; 6 — нажимная плита;  
*б* — для ярославского сыра: 1 — нажимной пружинный механизм; 2 — лоток;  
 3 — упорная плита.

восстановления необходимого давления пружины требуется периодически подвинчивать винт.

Более совершенными являются пневматические прессы (рис. 95, а и б). По конструкции пресс напоминает двоянный

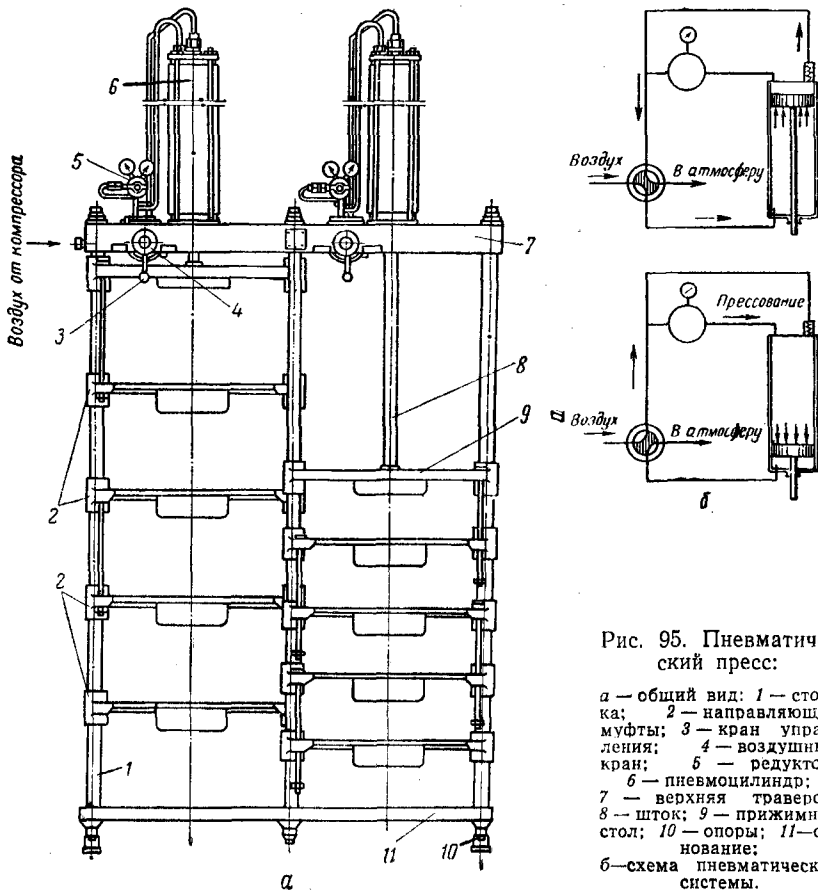


Рис. 95. Пневматический пресс:

а — общий вид: 1 — стойка; 2 — направляющие муфты; 3 — кран управления; 4 — воздушный кран; 5 — редуктор; 6 — пневмоцилиндр; 7 — верхняя траверса; 8 — шток; 9 — прижимной стол; 10 — опоры; 11 — основание; б — схема пневматической системы.

трехъярусный двухрычажный пресс, у которого рычажный нажимной механизм заменен пневматическим. Нажимной механизм состоит из цилиндра, крана управления и регулировки давления, воздушного редуктора, воздушного компрессора и воздухопроводов.

Давление на поршень в цилиндре создается сжатым воздухом, поступающим от компрессора через редуктор и кран управления. Поршень цилиндра передает давление через шток на прижимы и далее через столы на нижележащие головки сыра.



Поршень цилиндра двустороннего действия: при движении его вниз у вертикальных прессов создается давление, а при движении вверх — распрессовка. Направление движения поршня и давление регулируют краном управления.

Пневматическими нажимными механизмами оснащаются как вертикальные, так и горизонтальные прессы.

Давление пневматических прессов определяют по формуле

$$P = p \frac{\pi d^2}{4}, \quad (V-13)$$

где  $P$  — сила прессования,  $n$ ;  
 $p$  — давление воздуха в цилиндре,  $n/m^2$ ;  
 $d$  — диаметр цилиндра,  $m$ .

#### Техническая характеристика прессов

Тип прессов	Рычажные		Пружинно-винтовые		Пневматические П-580
	однорычажный для голландского сыра	двухрычажный трехъярусный	вертикальный для швейцарского сыра	горизонтальный трехъярусный	
Единовременная загрузка, шт.	2	6	1	36	10—20
Масса груза, кг	19	28	—	—	—
Максимальное давление штока или винта, кгс	120	72—400	1690	200	610
Габариты, мм					
длина	850	1100	140	2500	1270
ширина	180	565	580	620	442
высота	625	1850	1780	1200	2735
Масса, кг	30	280	29	180	472

#### Оборудование для посолки сыра

Бассейны для посолки сыра рассолом изготавливают из дерева, кирпича, бетона и железобетона.

Внутренние и наружные стенки кирпичных, бетонных и железобетонных бассейнов штукатурят цементным раствором, затем покрывают чистым цементом или облицовывают метлахскими либо фаянсовыми плитками. Для водонепроницаемости бассейнов к раствору цемента добавляют жидкое стекло или церезит. Под бетонные, железобетонные и кирпичные бассейны необходимо делать фундаменты.

Бассейны (рис. 96) делят на отсеки. Размеры бассейнов определяются размерами головок сыра и количеством сыра, вырабатываемого заводом. При проектировании бассейнов и укладке сыра необходимо соблюдать между головками зазор 1—2 см. Глубину бассейна принимают 0,8—1,2 м.

Для рационального использования площадей посолочных помещений применяют этажеры 8, состоящие из шести и более полок. Глубина бассейнов должна быть такой, чтобы этажеры и верхние головки сыра погружались в рассол. Для загрузки и разгрузки бассейна этажерами применяют тельферы 9 и тали. Их монтируют на монорельсе 10, закрепленном под потолком над бассейном.

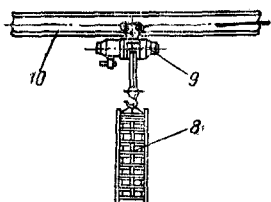
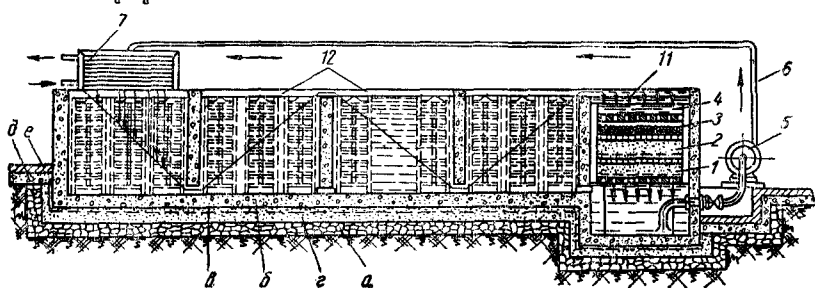


Рис. 96. Солильный бетонный бассейн:

1 и 2 — ящики с солью; 3 — ящик с мелом; 4 — ящик с фильтрующей тканью; 5 — насос; 6 — трубопровод; 7 — охладитель; 8 — этажеры; 9 — тельфер; 10 — монорельс; 11 — концентратор-нормализатор; 12 — отсеки.

а — грунт; б — бетонная стенка; в — толь (два слоя); г — слой шлака; д — подготовка; е — цементный пол.



Для поддержания во время посолки постоянной концентрации, кислотности и температуры рассола на немеханизированных заводах добавляют непосредственно в рассол соль и лед, а при повышении кислотности периодически меняют рассол. На механизированных заводах делают бассейны с концентраторами-нормализаторами и с устройствами для циркуляции и охлаждения рассола.

Концентратор-нормализатор устанавливают в последнем отсеке бассейна. Для этого в нем делают перегородку и в образовавшемся кармане углубление для сбора рассола (прямок). В соответствии с размерами кармана на опоры, размещенные в углах его, укладывают три или четыре деревянных ящика с решетчатым дном из деревянных планок. На дно первого и второго ящиков помещают в два-три слоя серпянку, а затем насыпают соль слоем толщиной 10—12 см и устанавливают ящики в карман один на другой.

Для нормализации рассола по кислотности его пропускают через слой мела. С этой целью на дно третьего ящика кладут серпянку и затем куски мела слоем толщиной 6—8 см. Сверху по слою мела или в специальном четвертом ящике высотой 5—8 см

размещают в несколько слоев серпянку либо фильтрующую ткань.

Центробежный насос 5 забирает рассол из приемка последнего отсека, подает его по трубопроводу 6 на охладитель 7, и рассол стекает в первый отсек. Затем рассол через нижнее отверстие в перегородке поступает во второй отсек, переливается через вторую перегородку, которая расположена ниже первой, и попадает в третий отсек и таким образом проходит до концентратора-нормализатора. Здесь рассол сначала проходит через фильтрующую ткань, затем ящик с мелом, где нейтрализуется, и далее через два слоя соли поступает в приемок.

### Стеллажи для созревания сыра

Для созревания сыра применяют стационарные и передвижные стеллажи шириной около 1 м, длиной 3—4 м, с расстоянием между полками 200—300 мм. Изготавливают их из дерева и металла, размещают в подвалах рядами с проходами.

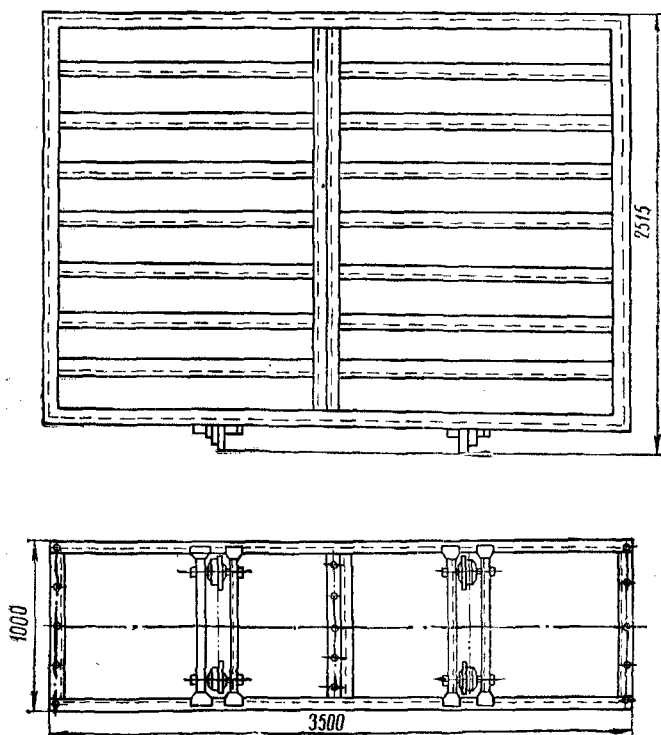


Рис. 97. Передвижной напольный стеллаж.

Проходы делают между отдельными стеллажами (рабочие) и между рядами (главные). Ширина рабочих проходов 0,8—1,1 м, главных в 1,2—1,5 раза шире. Проходы при стационарных стеллажах занимают около 70% площади подвала, следовательно, полезный коэффициент использования площади подвала не превышает 0,3.

Инж. Н. Ф. Яременко предложил передвижные напольные стеллажи, которые при созревании сыра сдвигают, а при уходе за сыром последовательно раздвигают для создания одного рабочего прохода. Это сокращает площадь проходов и увеличивает полезный коэффициент использования подвала от 0,3 до 0,53.

Передвижной напольный стеллаж (рис. 97) представляет собой металлическую сварную конструкцию, состоящую из тележки и каркаса с полками. Тележка состоит из рамы на четырех колесах, каркаса из вертикальных стоек и горизонтальных связей, служащих основанием для полок.

Стеллажи передвигают по рельсам, заделанным в пол подвала. Для уменьшения усилий, затрачиваемых на передвижение, оси колес тележки вращаются в шарикоподшипниках.

Передвижные подвесные стеллажи с устройством для перемещения передвигают по монорельсу, смонтированному под потолком сырохранилища или подвала.

Применяют также контейнеры и стеллажи этажерного типа. При их эксплуатации используют вилочный автопогрузчик.

### Машины для мойки сыров

Для мойки брусковых сыров применяют однощеточную машину (рис. 98, а). Она состоит из ванны 1 и цилиндрической, вращающейся вокруг своей оси, щетки. Щетка вращается от электродвигателя 5, установленного на выносной площадке. По обе стороны щетки подвешены столы 3, на которые кладут сыры во время мойки.

Ванну 1 заполняют водой. Нижняя часть щетки находится в воде. По дну ванны проложена труба с мелкими отверстиями, к которой подключается пар для подогревания воды. Для освобождения от загрязненной воды в дно ванны вмонтирован спускной клапан 6.

Перед мойкой сыров подогревают воду, включают электродвигатель и на вращающуюся щетку, смоченную водой, по столу 3 подают брусок сыра.

Более универсальной машиной для мойки брусковых, цилиндрических и круглых сыров является двухщеточная машина конструкции Кустова и Шапошникова (рис. 98, б). Она состоит из двух вращающихся цилиндрических щеток 3 и 5, металлической ванны 2 из листовой стали, в которой размещены щетки, и приводного механизма 8 и 10.

Щетки 3 и 5 набирают из шнуровой резины толщиной 2—3 мм, круглого или прямоугольного сечения.

Щетки вращаются в одном направлении, при этом передняя щетка 3 захватывает воду и забрасывает на заднюю щетку 5.

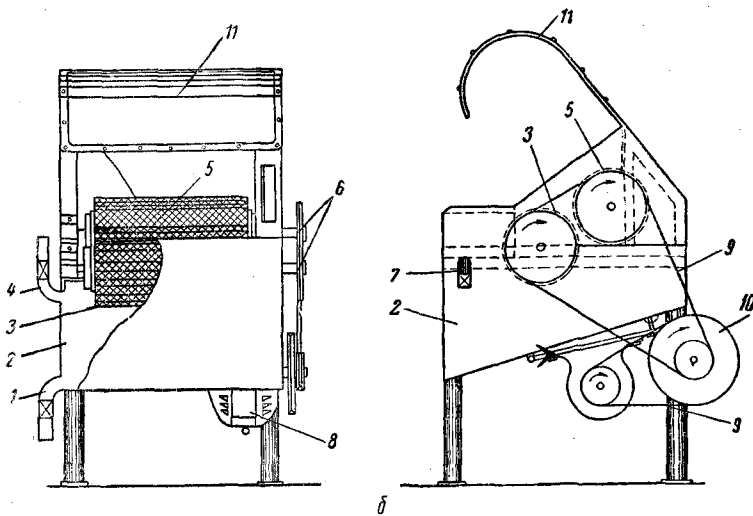
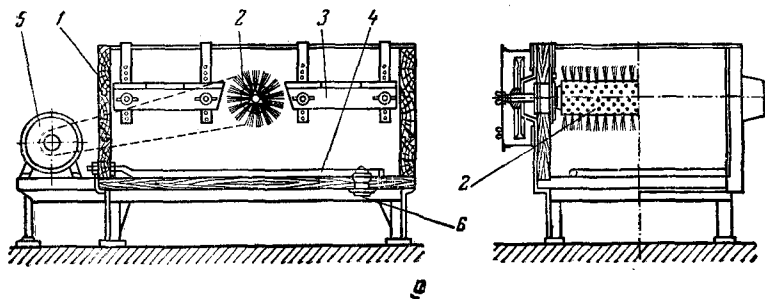


Рис. 98. Сыромоечные машины:

**а** — однощеточная машина: 1 — ванна; 2 — щетка; 3 — столы; 4 — паровая труба; 5 — электродвигатель; 6 — спускной клапан;  
**б** — конструкции Кустова и Шапошникова: 1 — спускной кран; 2 — ванна; 3 и 5 — щетки; 4 — труба для отвода воды и пара; 6 — шкивы; 7 — переливная труба; 8 — электродвигатель; 9 — клиновые ремни; 10 — контрпривод; 11 — щиток.

Сыр, расположенный между щетками, при обильном орошении водой интенсивно протирается щетками и омывается.

Производительность машины зависит от вида сыра. По данным опытного завода ВНИИМСа машина моет в смену 770 головок ярославского сыра, 520 костромского и 650 московского.

**Техническая характеристика  
щеточных машин**

	Однощеточ- ная	Конструкция Кустова и Шапош- никова
Мощность электродвига- теля, квт . . . . .	0,75	0,6
Число оборотов щетки в минуту . . . . .	360	180
Габариты, мм		
длина . . . . .	1595	800
ширина . . . . .	992	900
высота . . . . .	780	1300
Масса, кг . . . . .	209	208

**Парафинеры для сыров**

Сыры парафинируют в котлах и небольших ваннах с огневым и электрическим обогревом. Температура смеси для парафинирования (60% парафина, 40% петролатума) 140—150° С. При ог-

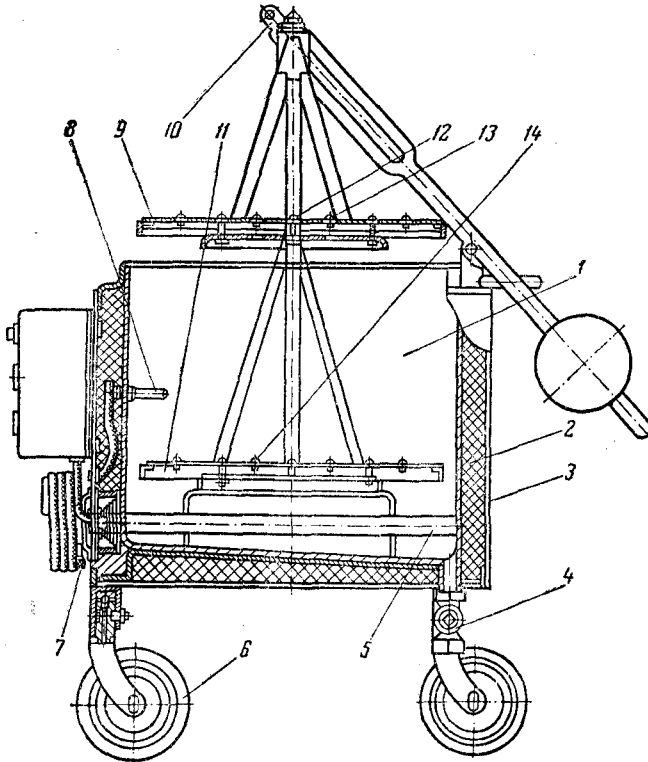


Рис. 99. Передвижной электропарафинер:

1 — корпус ванны; 2 — изоляционный слой; 3 — наружный кожух; 4 — поворотная втулка; 5 — электронагреватель; 6 — колесо; 7 — гибкий шланг; 8 — терморегулятор; 9 — верхний держатель; 10 — рычаг подъемного механизма; 11 — нижний держатель; 12 — стойка; 13 — бобышки верхнего держателя; 14 — бобышки нижнего держателя.

невом обогреве котел или ванну вмазывают в обычный очаг, в котором сжигают топливо.

Электрические парафинеры изготовляют с ручными и механизированными устройствами для погружения сыра в ванну.

Передвижной электропарафинер с ручным подъемным механизмом приведен на рис. 99. Он представляет собой ванну 1, изолированную слоем асбеста и облицованную листовой сталью. На дне ванны расположены нагревательные элементы 5 и нижний держатель головок сыра. Головки сыра погружают и поднимают рычажным механизмом, к концу рычага 10 которого прикреплен верхний держатель головок 9. Заданная температура поддерживается терморегулятором 8. Электродвигатели к источнику питания электроэнергией подключаются посредством гибкого шланга 7.

При парафинировании головки сыра укладываются на бобышки 13 верхнего держателя 9 и погружаются несколько ниже нижнего держателя 11. Планки с бобышками верхнего держателя смещены относительно планок нижнего держателя, поэтому при погружении они проходят между нижними и головки сыра перемещаются на бобышки 14. На бобышках 14 сыр находится 2—3 сек и при подъеме держателя 9 подхватывается бобышкой 13 и извлекается из парафина.

#### Техническая характеристика парафинера

Рабочая емкость ванны, кг смеси . . .	600
Производительность, головок в час . . .	100—120
Число нагревательных элементов . . .	6
Мощность каждого элемента, вт . . .	80
Габариты, мм	
длина . . . . .	1020
ширина . . . . .	730
высота . . . . .	1350
Масса, кг . . . . .	143

#### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАВЛЕННЫХ СЫРОВ

При производстве плавленого сыра для отмопки и мойки сыров (сырья) используют машину конструкции Бобылева, Снесаря и других производительностью 600—1200 кг в смену. Она представляет собой полуцилиндрическую ванну, оснащенную продольным валом с лопастями.

Сыр моется в результате трения блоков сыра один о другой при перелопачивании их лопастями мешалки и движении по ванне, заполненной водой температурой 40—60° С.

Сыр-сырье, освобожденный от парафинового покрытия, загружают в ванну. Лопасты постепенно перемещают его по ванне, где сыр отмачивается и моется 20—40 мин. Затем блоки сыра подхватываются разгрузочными лопатками, извлекаются из ванны

и поступают на транспортер. Здесь сыр в основном вручную очищают от корки и удаляют загрязнения из трещин и углублений.

Для резки сыра применяют дисковые, гильотинные и барабанные машины.

Дисковая сырорезка состоит из металлического корпуса, в котором вращаются навстречу один другому два параллельных вала с режущими дисками. Число дисков на каждом валу одинаковое, расстояние между дисками 40 мм. В собранном виде

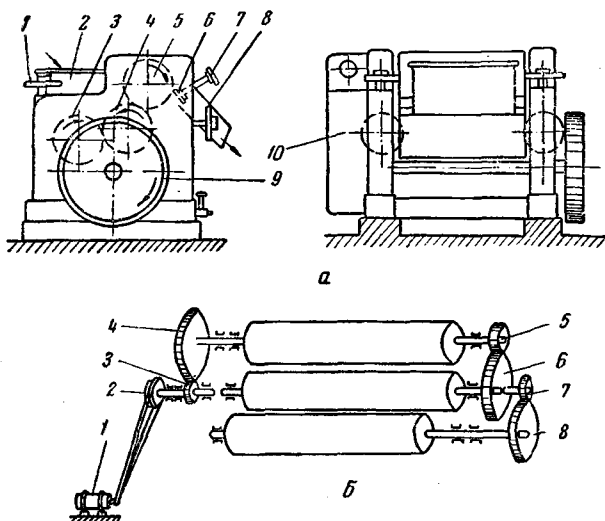


Рис. 100. Вальцовка для измельчения сыра:

- а — общий вид: 1 и 8 — регулирующие винты; 2 — загрузочный бункер; 3, 4 и 5 — вальцы; 6 — ножи; 7 — нажимные винты; 9 — приводной шкив; 10 — цилиндрический редуктор;  
 б — кинематическая схема: 1 — электродвигатель; 2 — приводной шкив; 3, 4, 5, 6, 7 и 8 — шестерни.

диски противоположных валов попарно сближены и краями перекрывают друг друга на 20 мм. Пара противоположных дисков образует режущий инструмент типа роликовых ножниц. Края дисков одного вала остро заточены, другого — с мелкими зубцами.

Головки сыра закладывают в загрузочный бункер, откуда они попадают на ножи, где разрезаются на куски толщиной, равной расстоянию между дисками.

Машина барабанного типа конструкции Циганка представляет собой пустотелый барабан, в котором вращается вал с двумя ножами, изогнутыми по спирали. Над барабаном расположен бункер, из которого сыр подается на ножи. Ножи приводятся во вращение от электродвигателя посредством ременной передачи.



Сырорезка гильотинного типа конструкции Шапошникова и Кустова состоит из стола, вертикальной рамы, в которой ходит нож, приводного механизма и транспортера. Стол и рама сварной конструкции. Нож приводится в движение шатунным механизмом от электродвигателя через червячный редуктор. Сыр под нож подается пульсирующим транспортером.

Из сырорезки любого типа куски сыра падают на транспортер, расположенный под ней, и поступают на мелкое измельчение в волчок, представляющий собой приводную мясорубку с одним или двумя шнеками. Шнеки вращаются от электромотора через редуктор.

Производительность волчка определяют по формуле

$$G = 0,785 (d_n^2 - d_v^2) S \rho n \eta \cdot 60, \quad (V-14)$$

где  $G$  — производительность машины,  $кг/ч$ ;  
 $d_n$  и  $d_v$  — наружный и внутренний диаметры шнека,  $м$ ;  
 $S$  — шаг витка шнека,  $м$ ;  
 $\rho$  — плотность размельченного сыра,  $кг/м^3$ ;  
 $n$  — число оборотов шнека в минуту;  
 $\eta$  — коэффициент проскальзывания ( $\eta = 0,75$ ).

#### Техническая характеристика волчков

	В-98	В-150	В-220
Производительность, $кг/ч$	500	1250	2100
Диаметр решетки, $мм$	98	150	220
Число оборотов шнека в минуту	250	146	195
Мощность электродвигателя, $квт$	2,2	5,5	15,2
Габариты, $мм$			
длина	710	1080	1535
ширина	544	650	940
высота	945	1102	1300
Масса, $кг$	310	390	682

После размельчения на волчке сыр поступает для более тонкого измельчения на вальцовку.

Вальцовка (рис. 100, а) состоит из чугунной станины, трех гранитных шлифованных вальцов 3, 4 и 5, привода и электродвигателя. Гранитные вальцы вращаются с разной скоростью, поэтому сырная масса не только прокатывается, но и растирается между ними. Растиертая сырная масса прилипает тонким слоем к вальцу, вращающемуся с большей скоростью. Валец, вращающийся с меньшей скоростью, остается чистым.

Обычно у вальцовок первый или нижний валец вращается со скоростью 25—42, средний 55—95 и верхний 130—212  $об/мин$ .

Из бункера 2 сыр поступает на первую пару вальцов, растирается между ними и налипает тонким слоем на второй валец.

Далее сыр проходит между вторым и третьим вальцами, еще раз разминается, растирается и переносится на третий валец. С третьего вальца растертая сырная масса снимается ножом 6, который плотно прижимается по всей длине вальца нажимными винтами 7.

Кинематическая схема вальцовки приведена на рис. 100, б.

**Техническая характеристика  
вальцовки**

Производительность, кг/ч . . . . .	600
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	13
<b>Размер вальцов, мм</b>	
диаметр . . . . .	300
длина . . . . .	1020
<b>Габариты, мм</b>	
длина . . . . .	1150
ширина . . . . .	2360
высота . . . . .	1350
Масса, кг . . . . .	2900

Производительность вальцовки можно определить по формуле

$$G = \pi d n l \delta \rho \cdot 60,$$

где  $G$  — производительность вальцовки, кг/ч;  
 $d$  — диаметр верхнего вальца, м;  
 $n$  — число оборотов вальца в минуту;  
 $l$  — рабочая длина вальцов, м;  
 $\delta$  — величина зазора между вальцами, мм ( $\delta = 0,1 \div 0,3$ );  
 $\rho$  — плотность сыра, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho = 1080 \div 1090$ ).

После измельчения к сыру добавляют компоненты. Перед плавлением смесь перемешивают в специальных машинах.

Сыр плавят в специальных аппаратах (рис. 101), состоящих из массивной чугушной станины, на которой смонтировано два котла из нержавеющей стали, крышка, приводной механизм, мешалка якорного типа и щит с пусковыми приборами.

Котлы заключены в стальной кожух или в паровую рубашку. К рубашке прикреплены полые цапфы, на которых котел крепится в станине и поворачивается при разгрузке и чистке. Некоторые котлы разгружают через шиберный кран, прикрепленный к нижней части дна.

Верхняя часть станины имеет поворачивающийся вылет (хобот или кронштейн), на конце которого закреплены крышка и мешалка. В центре крышки через подшипник и сальниковое уплотнение проходит вертикальный вал. Верхний конец вала соединен с редуктором привода, а к нижнему концу прикреплена якорная мешалка.

Котлы работают поочередно, поэтому к двум котлам имеется одна крышка. Если в одном котле сыр плавится, то в другой загружают или выгружают из него. При повороте вылета крышку устанавливают над котлом и плотно (герметически) закрывают ею котел. Уплотнения котла с крышкой достигают либо перемещением крышки, либо перемещением котла.

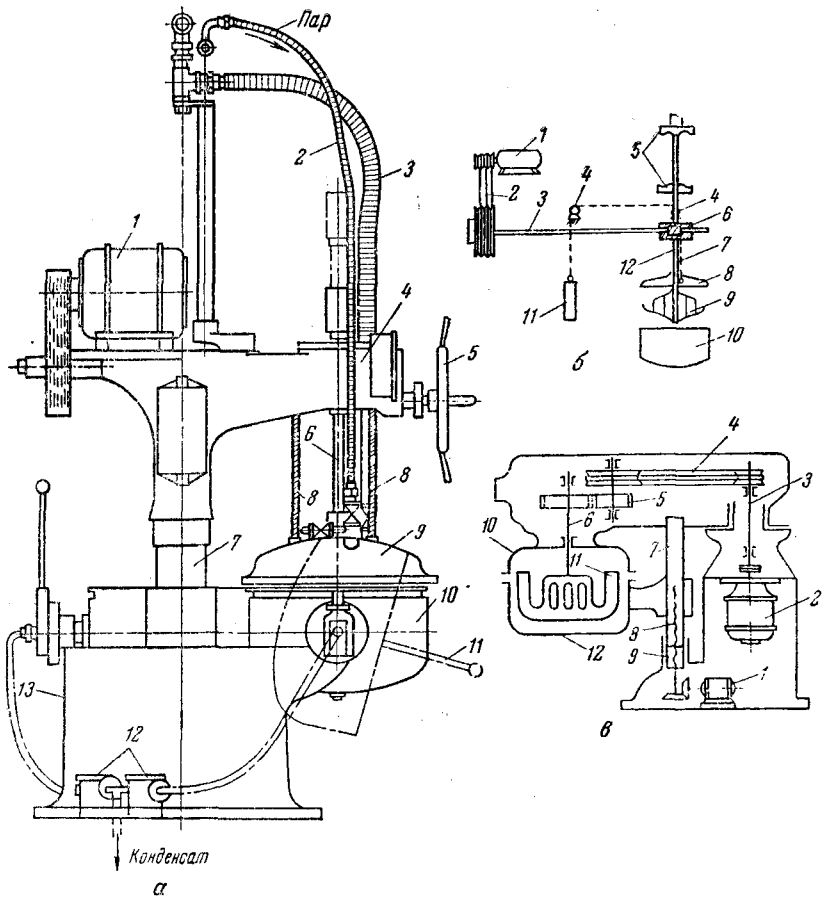


Рис. 101. Котлы для плавления сыра:

- а* — общий вид котла «Кюстнер» с подъемной крышкой: 1 — электродвигатель; 2 — паропровод; 3 — вакуум-подводка; 4 — кронштейн (вылет); 5 — штурвал; 6 — вал мешалки; 7 — стойка; 8 — рейки; 9 — крышка котла; 10 — котел; 11 — рычаг; 12 — конденсатоотводчики; 13 — станна;
- б* — кинематическая схема привода котла с подъемной крышкой: 1 — электродвигатель; 2 — клиновые ремни; 3 — горизонтальный вал; 4 — блок; 5 — муфта сцепления; 6 — червячный редуктор; 7 — цепь; 8 — крышка; 9 — мешалка; 10 — котел; 11 — противовес; 12 — вертикальный вал;
- в* — схема аппарата с подъемными котлами. 1 — электродвигатель подъемного механизма; 2 — электродвигатель мешалки; 3 — вертикальный вал привода; 4 — клиновые ремни; 5 — шестерни; 6 — вал мешалки; 7 — стойка; 8 — винт подъемного механизма; 9 — гайка винта; 10 — крышка; 11 — мешалка; 12 — котел.

На рис. 101, *а* показан аппарат с вертикальным перемещением крышки. Крышку поднимают вручную посредством штурвала 5. На валу 6 расположены шестерни, находящиеся в зацеплении с вертикальными рейками 8. При повороте штурвала 5 рейки 8 и крышка 9 поднимаются.

Для облегчения подъема крышки через блок 4 (рис. 101, *б*) на цепи 7 подвешен противовес 11. Движение от электродвигателя 1 передается через клиноременную передачу горизонтальному валу 3 и через червячный редуктор 6 на вал 12 мешалки.

Схематический разрез аппарата с устройством для вертикального перемещения котлов изображен на рис. 101, *в*. Привод таких аппаратов имеет два электродвигателя. Один вращает мешалку 11, другой поднимает котел 12.

Электродвигатель мешалки 2 расположен вертикально и соединен непосредственно с вертикальным валом 3, передающим движение через клиноременную и зубчатую передачу на вал 6 мешалки. Электродвигатель 1 подъемного механизма через зубчатую коническую передачу приводит в движение винт 8, который вращается в гайке 9, закрепленной в стойке 7, и перемещает ее вместе с котлами в вертикальном направлении.

Электродвигатели и пусковая аппаратура смонтированы в станине. Кнопочное управление вынесено на щит, закрепленный на передней части вылета. Электродвигатели имеют блокировку и одновременно не работают.

Пар подается в рубашку котла через полую цапфу, а при непосредственном обогреве массы — через крышку котла. Конденсат из рубашки выводится через вторую цапфу к конденсационному горшку. При непосредственном обогреве массы паром конденсат смешивается с массой.

Для удаления излишней влаги и неприятных запахов в некоторых котлах типа ОКС сыр плавят под вакуумом. Такие аппараты оснащаются вакуум-насосом. Контрольно-измерительные приборы (термометры, мановакуумметры) и арматуру для подвода пара монтируют на крышке.

Сыр плавят при температуре 75—80° С, интенсивно перемешивая в течение 12—15 мин.

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВОРОГА

### Творогоизготовитель ВНИМИ

Для получения и прессования сгустка в одном аппарате во ВНИМИ разработан творогоизготовитель, состоящий из двух ванн (рис. 102). Ванны расположены одна над другой так, что верхняя может входить в нижнюю. Нижняя ванна заключена в рубашку, в которую подводится вода.

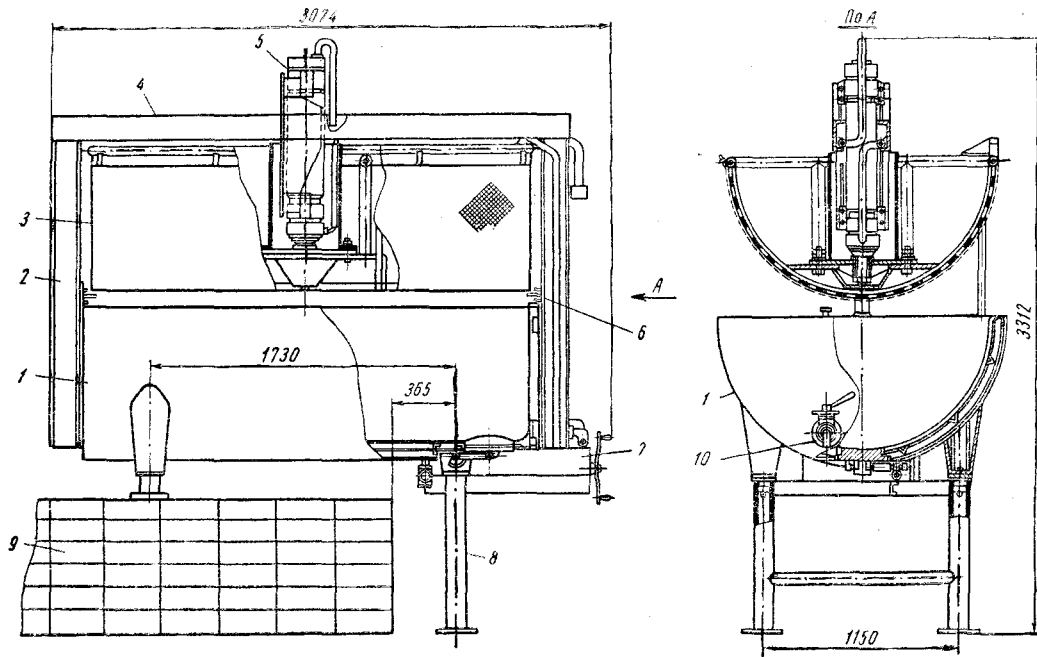


Рис. 102. Творогоизготовитель ВНИМИ:

1 — ванна нижняя для заквашивания; 2 — вертикальная стойка; 3 — прессующая ванна; 4 — балка для крепления гидроцилиндра; 5 — гидроцилиндр; 6 — откидной упор; 7 — люк для разгрузки; 8 — стойка; 9 — фундамент; 10 — кран для спуска сыворокки.

Верхняя прессующая ванна представляет собой одностенную конструкцию, изготовляемую из листовой нержавеющей перфорированной стали или из алюминия. Для подъема и опускания верхней ванны творогоизготовитель оснащен гидравлическим приводом.

Молоко сквашивается в нижней ванне, верхняя при этом находится в поднятом положении. После образования сгусток разрезают и опускают верхнюю прессующую ванну. Она входит в нижнюю и давит на сгусток. Для снижения потерь белковых веществ и предотвращения прилипания на наружные стенки верхней ванны помещают ткань из лавсана.

Сыворотка проходит через ткань и перфорированные стенки, собирается внутри верхней ванны, откуда и удаляется насосом. Творог прессуют до требуемой влажности.

При применении творогоизготовителя требуется меньше площади в цехе, чем при обычном способе, улучшается качество продукта, повышается производительность труда и снижается себестоимость творога.

#### Техническая характеристика творогоизготовителя ВНИМИ

Количество ванн для сквашивания . . . . .	2
Ход прессующей ванны, мм . . . . .	800
Скорость движения прессующей ванны, мм/мин	
опускания . . . . .	0—4
подъема . . . . .	До 250
Габариты, мм	
длина . . . . .	6020
ширина . . . . .	3074
высота . . . . .	3312
Масса, кг . . . . .	3610

#### Многосекционный творогоизготовитель

Многосекционный творогоизготовитель (рис. 103) состоит из цилиндрического корпуса, рамы-станины и привода с вариатором скорости.

Корпус творогоизготовителя заключен в металлические кольца 7 и разделен внутри винтообразными перегородками 6 на отдельные секции. Емкость одной секции 500 л. Кольцами корпус опирается на четыре катка (ролика), из которых два приводятся во вращение через вариатор от электродвигателя. Скорость вращения корпуса от 1 до 2 оборотов в час.

Молоко, частично сквашенное, поступает по трубопроводу 3 в приемник 4 творогоизготовителя и с помощью винтообразных перегородок медленно продвигается по аппарату. При этом завершается процесс сквашивания и образования сгустка. Сгусток разрезается в четвертой секции устройствами с горизонталь-

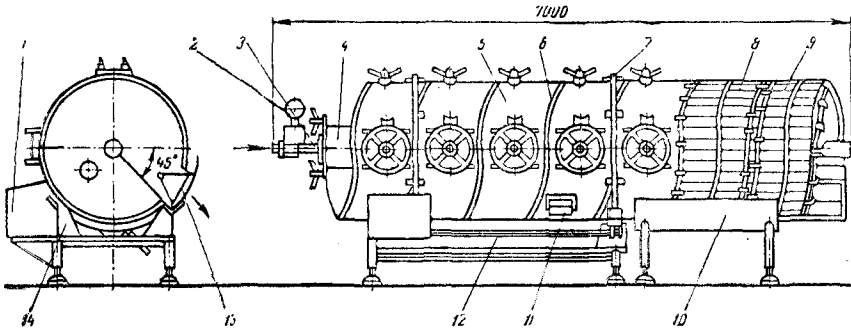


Рис. 103. Многосекционный творогоизготовитель:

1 — привод; 2 — автоматический дозатор; 3 — трубопровод; 4 — приемник молока с поплавковым клапаном; 5 — многосекционный барабан; 6 — винтовая перегородка; 7 — металлические кольца; 8 — съемная сетка; 9 — щиток решетчатый; 10 — поддон; 11 — режущее устройство; 12 — несущая рама; 13 — лоток; 14 — ролики с кронштейном.

ными и вертикальными струнами. Сыворотка отделяется в двух последних секциях и собирается в специальный поддон. Готовый продукт удаляется через люк в конце аппарата.

### Охладитель Локтюхова

Отпрессованный творог охлаждают на охладителе Локтюхова (рис. 104). Он состоит из станины 1, цилиндрического барабана 4, внутри которого циркулирует хладагент, верхнего прижимного валика 7, накатывающего массу тонким слоем на ох-

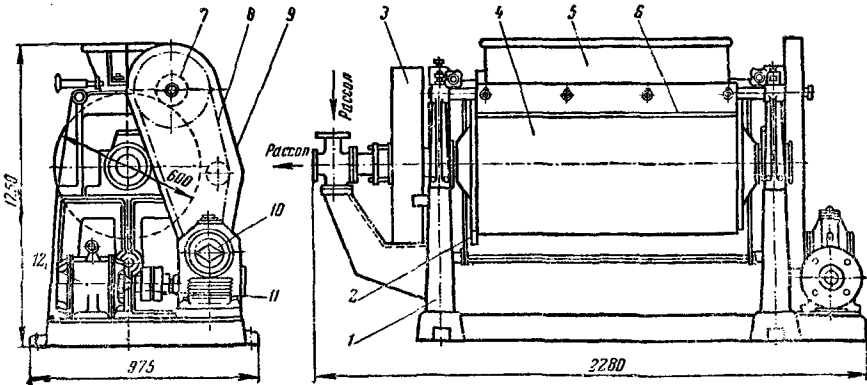


Рис. 104. Охладитель Локтюхова:

1 — станина; 2 — шток; 3 — кожух; 4 — цилиндрический барабан; 5 — загрузочный бункер; 6 — нож; 7 — прижимной валик; 8 — целная передача; 9 — предохранительный кожух цепи; 10 — редуктор; 11 — муфта; 12 — электродвигатель.

лаждающий барабан, загрузочного бункера 5, ножа 6, электродвигателя 12 и редуктора 10.

Творожная масса, захватываемая из бункера вращающимся барабаном и валиком, покрывает охлаждающий барабан слоем толщиной 2—3 мм. Масса охлаждается за неполный оборот барабана, затем снимается ножом и падает в приемную ванну.

Хладагент подводится в барабан через полые цапфы. В местах соединения цапф с неподвижным трубопроводом установлены сальники.

Творог охлаждается за 1,5—2 мин с 35 до 10—8° С, причем в процессе охлаждения не нарастает его кислотность.

#### Техническая характеристика охладителя Локтюхова

Производительность при охлаждении от 30 до 8° С, кг/ч	500
Число оборотов барабана в минуту	2—3,6
Поверхность охлаждения, м <sup>2</sup>	1,8
Мощность электродвигателя, кВт	1,7

#### Габариты, мм

длина	2280
ширина	975
высота	1250
Масса, кг	1251

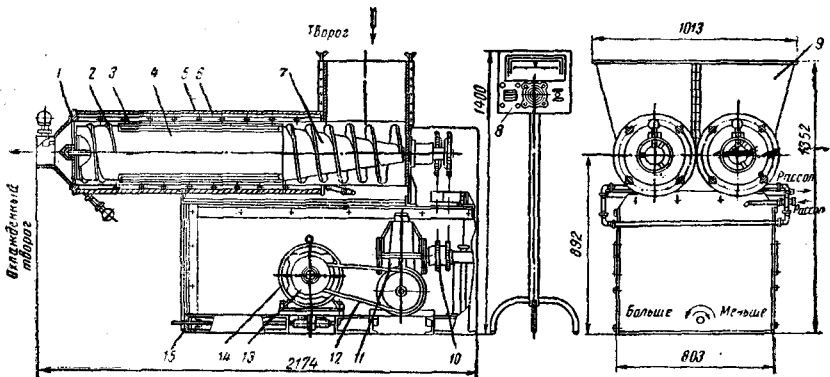


Рис. 105. Двухцилиндровый охладитель ОТД:

- 1 — крышка; 2 — разгрузочные вилки шнека; 3 — ножи; 4 — вытеснительный барабан; 5 — защитный кожух; 6 — рассольная рубашка; 7 — приемная шнековая часть барабана; 8 — пульт; 9 — приемный бункер; 10 — цепные передачи; 11 — червячный редуктор; 12 — клиноремная передача; 13 — вариатор; 14 — электродвигатель; 15 — станина.

### Закрытые охладители для творога

У охладителя Локтюхова барабан открытый, поэтому продукт контактирует с воздухом и может обсеменяться микроорга-



низмами. Этого недостатка лишены закрытые охладители: одноцилиндровый марки ОТВ-500 и двухцилиндровый ОТД (рис. 105).

Охладитель ОТД состоит из бункера 9, двух закрытых цилиндров, двух вытеснительных барабанов 4, станины 15, привода 10, 11, 12 и 13 и пульта с приборами пуска и контроля 8.

Барабаны-вытеснители представляют собой шнеки, которые при вращении захватывают творожную массу из бункера и продвигают ее по кольцевому пространству тонким слоем между вытеснителем и цилиндром вдоль охлаждающей поверхности. Охлажденный творог выдавливается через отверстие в крышке 1.

Охладитель ОТВ-500 отличается в основном от охладителя ОТД тем, что имеет не два, а один барабан-вытеснитель.

#### Техническая характеристика охладителей

	ОТД	ОТВ-500
Производительность, кг/ч . . . . .	600—650	500
Поверхность охлаждения, м <sup>2</sup> . . . . .	2,5	1,25
Число оборотов вытеснительного барабана в минуту . . . . .	8—13	9,5—18,2
Электродвигатель		
тип . . . . .	АО51-6	АО42-6
мощность, кВт . . . . .	2,8	1,7
число оборотов в минуту . . . . .	950	930
Габариты, мм		
длина . . . . .	2174	1778
ширина . . . . .	1013	770
высота . . . . .	1400	1904
Масса, кг . . . . .	870	487

#### Месильная машина

При производстве сырковой массы творог и наполнители перемешивают на месильной машине (рис. 106). Она состоит из станины, ванны, двух z-образных лопастей, вращающихся в разные стороны, и привода.

Ванна изготавливается из листовой луженой или нержавеющей стали, лопасти — из бронзы или ковкого чугуна. Части, изготовленные из черного и цветного металла и имеющие контакт с продуктом, покрыты оловом.

Вращательное движение лопастям передается от электродвигателя через червячный редуктор и пару цилиндрических шестерен. Для разгрузки ванну поворачивают за рукоятку вокруг оси одной лопасти на 120—150°. Разгружают ванну при вращении лопастей. Ко дну ванны прикреплена цепь, к которой через блок подвешен противовес, что облегчает поворачивание ванны.

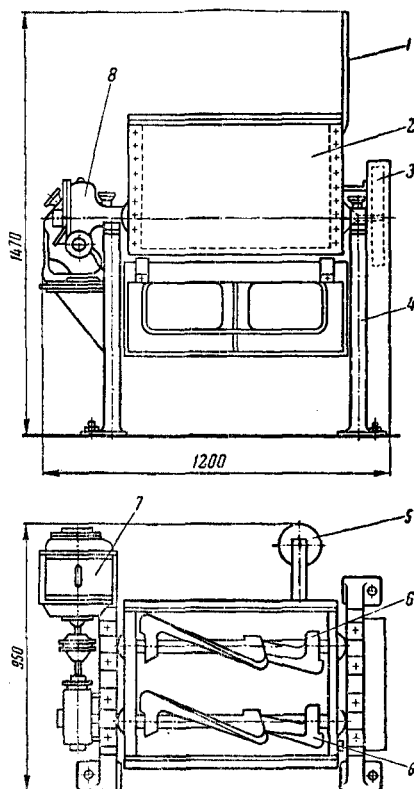


Рис. 106. Месильная машина:

1 — ручка; 2 — ванна; 3 — цилиндрические шестерни; 4 — станина; 5 — противовес; 6 — лопасти; 7 — электродвигатель; 8 — редуктор.

#### Техническая характеристика месильной машины

Рабочая емкость ванны, $m^3$ . . . . .	0,1
Мощность электродвигателя, $kвт$ . . . . .	2,0
Число оборотов электродвигателя в минуту	1430
Габариты, $мм$	
длина . . . . .	1200
ширина . . . . .	950
высота . . . . .	1123
Масса, $кг$ . . . . .	450

#### Установка для производства творога

На установке для производства творога отдельным способом сквашивают обезжиренное молоко, прессуют сгусток и охлаждают его.

**В установку (рис. 107) входит два творогоизготовителя ВНИМИ, описанные на стр. 241. Обезжиренный творог из ванны 1 выгружают в тележку 11, которую специальным подъемником 12 поднимают к приемному бункеру охладителя ОТВ-500 13. Охладитель ОТВ-500 предназначен для непрерывного охлаждения творога. Он состоит из рабочего цилиндра с вытеснительным барабаном, бункера со шнековым питателем, привода, станины.**

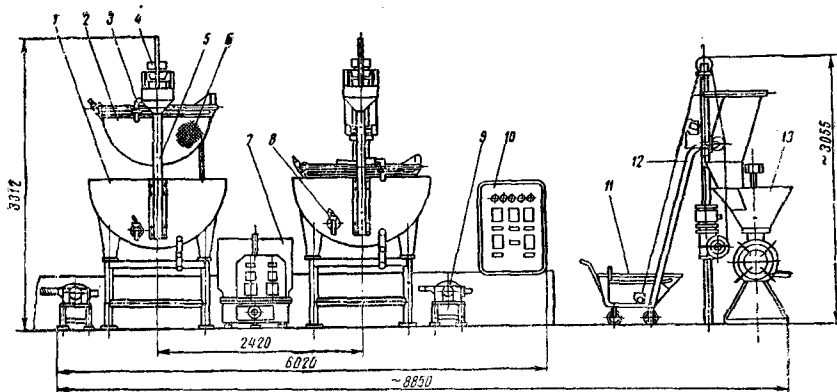


Рис. 107. Творогоизготовитель емкостью 4000 л с комплектующим оборудованием:

1 — ванна для сквашивания; 2 — прессующая ванна; 3 — патрубок для отбора сыворотки; 4 — гидроцилиндр; 5 — траверса; 6 — фильтрующая ткань; 7 — гидравлический привод; 8 — кран для слива сыворотки; 9 — самовсасывающий насос; 10 — электрощит; 11 — тележка; 12 — подъемник тележек; 13 — охладитель.

Обезжиренный творог температурой 8—10°С выводится из охладителя через насадку и направляется в месильную машину, где смешивается со сливками.

### **Поточная механизированная линия производства творога**

Весь технологический процесс производства творога на поточной механизированной линии (рис. 108) осуществляется в закрытом потоке. В линию входит современное прогрессивное оборудование.

Молоко проходит через уравнильный бак 3 и насосом подается в регенеративную секцию пластинчатого пастеризатора 5. Далее поступает в сепаратор-очиститель 6, затем опять в пастеризатор и сепаратор-сливкоотделитель 7. Пропастеризованное, обезжиренное молоко и закваска поступают в танки для сквашивания 12, снабженные специальными мешалками для перемешивания сгустка.

В охладителе для сливок ДОМ-2 охлаждаются сливки. Металлические ножи в нем заменены ножами из полимерного материала. Затем сливки поступают в танк 10.

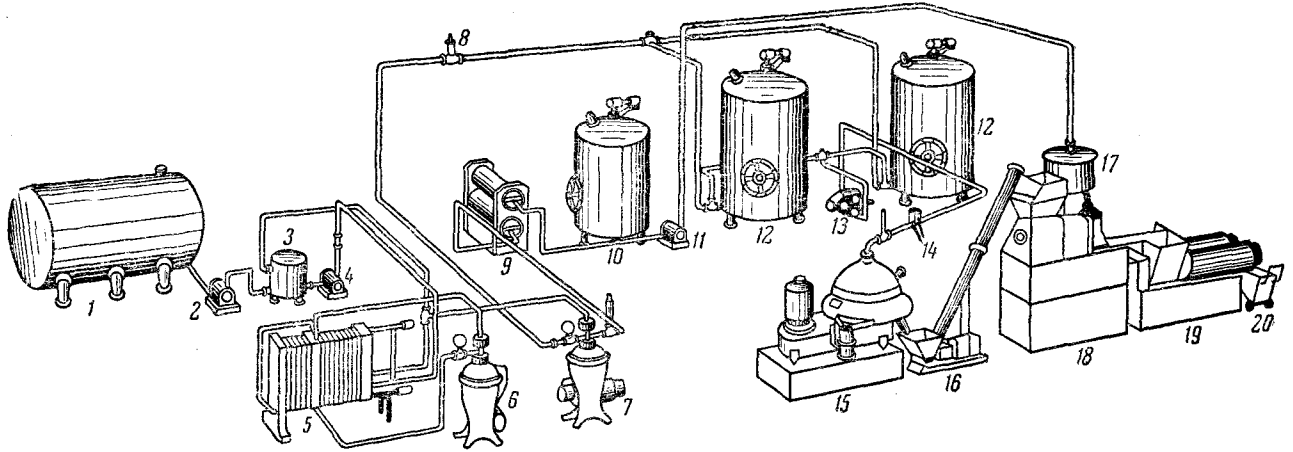


Рис. 108. Схема поточной механизированной линии производства творога  
раздельным способом:

1 — молокохранительный танк; 2, 4 и 11 — насос; 3 — уравнильный бак; 5 — пластинчатый пастеризатор; 6 — сепаратор-очиститель; 7 — сепаратор сливоотделитель; 8 — смеситель; 9 — охладитель ДОМ-2; 10 — танк; 12 — танк для сквашивания молока; 13 — мембранный насос; 14 — сетчатый фильтр; 15 — сепаратор для творога; 16 — шнековый подъемник; 17 — бак для сливок; 18 — смеситель; 19 — охладитель ОТД; 20 — тележка для творога.

Сгусток мембранным насосом двойного действия 13 через двойной сетчатый фильтр 14 подается в сепаратор для творога 15.

Двойной сетчатый фильтр 14 имеет два цилиндра, внутри которых установлены металлические сетчатые фильтры. Проходя через фильтр, творожный сгусток фильтруется и одновременно измельчается. По мере закупорки одного фильтра его выключают и снимают для промывки, а включают другой.

Сепаратор для творога 15 имеет барабан, состоящий из корпуса, крышки, накидной гайки, тарелкодержателя и набора тарелок. По периферии барабана расположены отверстия, в которые ввинчены сопла с отверстиями определенного диаметра.

Сверху барабан закрыт кожухом, образующим вместе с его наружными стенками кольцевое пространство для приема творога.

Под ним установлен круговой желоб с разгрузочным лотком. Творог в процессе работы из желоба выгружается лопатками автоматически.

В сепараторе сыворотка как наиболее легкая отходит к оси вращения барабана и выводится наружу в отдельный приемник. Белковые вещества отбрасываются на периферию, проходят через сопла, попадают в желоб и лопатками сбрасываются в бункер шнекового подъемника 16.

Подъемник 16 подает обезжиренный творог в смеситель 18. Сюда же из бака 17 попадают сливки.

Дозатор-смеситель состоит из дозатора для сливок поршневого типа и дозатора для обезжиренного творога секторного типа, камеры смешивания и конусной насадки.

Из дозатора-смесителя творог поступает в охладитель для творога ОТД, а затем тележкой подается на расфасовку.

#### Техническая характеристика линии

Производительность при выработке полужирного творога, кг/ч . . . . .	650
Температура творога после охлаждения, °С не выше . . . . .	10
Мощность оборудования, кВт:	
установленная . . . . .	82
потребляемая . . . . .	55
Производственная площадь (по габаритам оборудования), м <sup>2</sup> . . . . .	180

#### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАЗЕИНА-СЫРЦА

Для производства казеина-сырца пользуются оборудованием, применяемым при изготовлении творога и сыра.

Для нагревания и дробления сгустка, а также для постановки зерна применяют пароструйные насосы-эжекторы. Установка

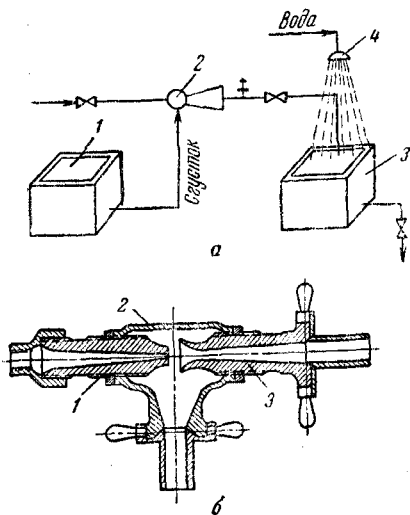


Рис. 109. Установка для производства казеина эжекторным способом:

*a* — схема установки; 1 — ванна для сквашивания обрат; 2 — пароструйный насос; 3 — приемная ванна; 4 — душ;  
*b* — пароструйный насос: 1 — сопло; 2 — камера всасывания; 3 — диффузор.

для выработки казеина эжекторным способом показана на рис. 109.

Работу пароструйного насоса (рис. 109, б) регулируют изменением расстояния между соплом 1 и диффузором 3, соединенных на резьбе.

Острый пар подается по паропроводу к соплу 1 пароструйного насоса (см. рис. 109, б). В нем пар приобретает большую скорость (около 400 м/сек), с которой поступает в диффузор 3. В результате в камере 2 создается разрежение и в нее засасывается сгусток из обезжиренного молока. При этом сгусток раздробляется на мелкие хлопья и нагревается до требуемой температуры (55—60° С). В диффузоре 3 скорость движения

массы снижается и преобразуется в давление.

Под этим давлением сгусток выбрасывается в ванну 3 (рис. 109, а) на матерчатый фильтр. Отфильтрованный казеин промывается водой, поступающей из душа 4.

Расход пара на отпаривание казеина определяют по формуле

$$D = \frac{Gc_c (t_k - t_n)}{(i - c_k t_k) \eta},$$

где  $D$  — расход пара, кг;

$G$  — количество сгустка, кг;

$c_c$  — теплоемкость сгустка, дж/(кг · град);

$t_n$  — начальная температура сгустка, град;

$t_k$  — конечная температура сгустка, град;

$\eta$  — коэффициент, учитывающий потери ( $\eta = 0,98 \div 0,99$ );

$i$  — теплосодержание пара, дж/кг;

$c_k$  — теплоемкость конденсата, дж/(кг · град).

Для обезвоживания казеина-сырца применяют сырные прессы или центрифуги. Сушилки для казеина описаны в главе VII.

# Глава VI

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СГУЩЕННОГО МОЛОКА И ДРУГИХ СГУЩЕННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

### ВЫПАРНЫЕ УСТАНОВКИ

При производстве сгущенного молока необходимо удалить из натурального молока выпариванием до 70% воды. Для этого применяют выпарные аппараты различных типов.

Жидкость в выпарных аппаратах испаряется при определенной температуре, зависящей от давления. Необходимое для выпаривания тепло передается жидкости от греющего пара через металлические стенки теплообменной части аппарата.

Температура и давление греющего пара, поступающего из парового котла или паровой машины (отработавшего), выше, чем испаряемой жидкости. Поэтому пар, вступая в теплообмен с испаряемой жидкостью, конденсируется на теплопередающей стенке аппарата, отдавая скрытую теплоту парообразования. Таким образом, в выпарных аппаратах, с одной стороны, теплопередающей стенки конденсируется греющий пар, а с другой — испаряется вода из сгущаемой жидкости.

Так как теплота парообразования греющего пара и пара, получаемого из испаряемой жидкости, приблизительно равны, то и расход греющего пара примерно равен количеству испаряемой влаги.

### Классификация выпарных аппаратов

Простейшие выпарные аппараты работают при атмосферном давлении. Они относятся к устаревшим типам и в последнее время их не выпускают. Более совершенные и широко распространенные вакуум-аппараты, в которых выпаривание происходит под вакуумом.

Вакуум-аппараты бывают периодического и непрерывного действия. Они работают без использования и с использованием вторичного пара<sup>1</sup>. В зависимости от способа применения вторичного пара различают вакуум-аппараты многокорпусные и комп-

---

<sup>1</sup> Вторичный пар — пар, получаемый из выпариваемой жидкости.

рессионные, а также комбинированные, в которых применен тот и другой способ.

В многокорпусных вакуум-аппаратах вторичный пар, полученный в одном корпусе, используется непосредственно в парообразователе другого корпуса с более низкой температурой кипения продукта, а в компрессионных — в том же парообразователе, в котором он получен. При этом предварительным сжатием в пароструйных или механических компрессорах повышают его давление и температуру.

В комбинированных вакуум-аппаратах часть вторичного пара, получаемого в первом корпусе, применяется в нем же после сжатия в пароструйном компрессоре, а оставшаяся часть — направляется во второй корпус, работающий при пониженном давлении.

По схеме движения сгущаемого продукта вакуум-аппараты подразделяются на циркуляционные, в которых продукт многократно проходит парообразователь, и прямоточные, в которых выпаривание осуществляется за один проход аппарата без циркуляции. Объем и время пребывания сгущаемого продукта в этих аппаратах меньше, чем в циркуляционных.

В вакуум-аппаратах воду из молока выпаривают в разреженном пространстве при температурах 45—70° С. Поэтому аппарат должен быть герметически закрытым и из него удален воздух настолько, чтобы величина вакуума соответствовала требуемой температуре кипения.

Чтобы удалить из разреженного пространства образующийся при выпаривании молока вторичный пар, его конденсируют и образовавшийся конденсат удаляют насосами или конденсатоотводчиками.

В процессе работы в вакуум-аппарат через неплотности в соединениях отдельных частей, а также с молоком попадает некоторое количество воздуха. Его непрерывно удаляют с помощью насоса, чтобы поддерживать постоянное разрежение. Следовательно, каждый вакуум-аппарат должен иметь парообразователь (калоризатор); пароотделитель (сепаратор), где вторичный пар отделяется от капель жидкости; конденсатор для конденсации вторичного пара; конденсатоотводчик или насос для удаления конденсата и вакуум-насос для удаления воздуха.

Температура кипения зависит от величины разрежения в аппарате, которое выражают величиной абсолютного давления или вакуума.

Температура кипения молока, как и других растворов, выше температуры кипения воды при одинаковом давлении. Эта разница температур кипения воды и раствора зависит от физико-химических свойств раствора, его концентрации, давления и называется температурной депрессией.



Теплопередающая поверхность в выпарных аппаратах во время работы затоплена молоком, поэтому кипение происходит под давлением, превышающим давление в паровом пространстве аппарата на величину, соответствующую столбу смеси жидкости и пара над теплопередающей поверхностью и гидравлическому сопротивлению движению кипящей жидкости от этой поверхности в паровое пространство.

В современных выпарных аппаратах парообразователи устраивают в виде вертикальных или наклонных обогреваемых паром трубок либо пластин, в которых проходит сгущаемое молоко. Дополнительное давление, создаваемое смесью жидкости и пара, изменяется по высоте поверхности нагрева, имея наибольшее значение внизу. Так как вследствие этого давление жидкости в трубках или пластинах будет несколько выше давления в паровом пространстве, то и температура кипения жидкости будет несколько выше температуры пара в паровом пространстве. Эта разница температур называется гидростатической депрессией.

Из-за недостатка исчерпывающих данных для определения температурной и гидростатической депрессии в процессе выпаривания молока при расчетах вакуум-аппаратов принимают температуру кипения молока равной температуре насыщенного пара при данном давлении в паровом пространстве, полагая, что допускаемая неточность учитывается коэффициентом теплопередачи, определяемым по опытным данным.

### **Вакуум-аппараты, работающие без использования вторичного пара**

В вакуум-аппаратах, работающих без использования вторичного пара (рис. 110), весь вторичный пар конденсируется в конденсаторе. Парообразователь 1 сделан в виде вертикального стального цилиндра, в котором находятся трубки 23 нагревателя. Концы трубок ввальцованы в трубные решетки 3 и 20. С торцовых сторон парообразователя имеются крышки на резиновых прокладках.

Трубные решетки разделяют цилиндр парообразователя на три части. В нижнюю часть (между нижней крышкой и трубной решеткой 20) подводится молоко. В средней части молоко кипит и вместе с паром выбрасывается из трубок в верхнюю часть, откуда отводится по широкой трубе в пароотделитель 5.

Здесь пар отделяется от молока и отводится по широкой трубе через брызгоуловитель 4 в мокровоздушный вакуум-насос 22, откачивающий смесь конденсата вторичного пара с водой и воздухом (конденсатор находится в самом насосе).

Молоко из пароотделителя по трубе 12 возвращается в парообразователь, где снова проходит трубки 23 нагревателя и вы-

брасывается в пароотделитель. Так молоко циркулирует в течение всей работы аппарата.

Температура кипения молока в вакуум-аппарате  $60^{\circ}\text{C}$ . Температура греющего пара, поступающего в парообразователь,  $110^{\circ}\text{C}$ , давление  $0,5\text{ бар}$ . Разность температур греющего пара и кипящего молока  $50^{\circ}$ .

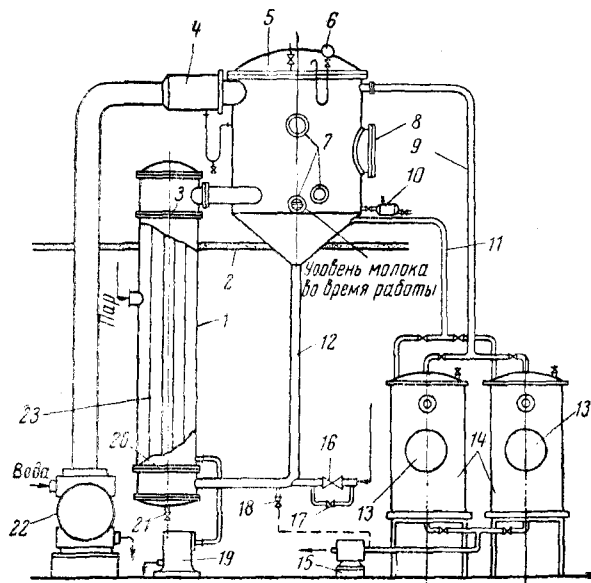


Рис. 110. Вакуум-аппарат с выносным парообразователем:

1 — парообразователь; 2 — площадка для обслуживания; 3 и 20 — верхняя и нижняя трубные решетки; 4 — брызгоуловитель; 5 — пароотделитель; 6 — вакуумметр; 7 — осветительное и смотровое окна; 8 и 13 — люки; 9 — труба для выравнивания давления; 10 — кран для отбора проб; 11 — труба для сгущенного молока; 12 — циркуляционная труба; 14 — баки для сгущенного молока; 15 — насос; 16 и 17 — краны для впуска молока; 18 — кран для выпуска сгущенного молока; 19 — конденсатоотводчик; 21 — сливной кран; 22 — жикровоздушный вакуум-насос; 23 — трубки нагревателя.

При нормальных условиях работы в аппарате находится такое количество молока, которое при спокойном состоянии заполнило бы трубки парообразователя на  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  высоты. Во время работы в трубках находится смесь жидкости и пара, которая не только полностью заполняет трубки, но и выбрасывается из них с большой скоростью под давлением жидкости, поступающей в нижнюю часть парообразователя.

Постоянный уровень молока в аппарате поддерживается с помощью малого крана 17. Большим краном 16 пользуются при

первоначальном наполнении аппарата. Конденсат греющего пара отводится из нагревателя через конденсатоотводчик 19.

Вакуум-аппарат может работать периодически или непрерывно. Для непрерывной работы предусмотрены два бака 14, которые поочередно наполняются и опорожняются. В процессе работы сгущенное молоко поступает непрерывно то в один, то в другой бак. Баки опорожняются насосом 15.

У некоторых аппаратов подобного типа готовый продукт непрерывно откачивается поршневым или ротационным вакуум-насосом непосредственно из корпуса во время работы (без промежуточных баков).

При сгущении молока отдельными порциями (периодическая работа) в процессе выпаривания концентрация сухих веществ и вязкость молока постепенно повышаются и ухудшается теплопередача (снижается коэффициент теплопередачи).

При непрерывной работе находящийся в аппарате сгущаемый продукт в процессе выпаривания должен иметь конечную концентрацию. Следовательно, аппарат должен работать при пониженной теплопередаче, но это в значительной мере компенсируется тем, что не требуется остановка для разгрузки и наполнения. Кроме того, создается поточность производственного процесса.

Недостатки вакуум-аппаратов, работающих без использования вторичного пара, следующие: продолжительное сгущение, обусловленное небольшой поверхностью нагрева относительно рабочего объема аппарата; образование пригара молока на трубках парообразователя вследствие сравнительно высокой температуры пара; возможность заброса молока в конденсатор.

Кроме того, подавая в аппарат пар из парового котла, мы в то же время выбрасываем из аппарата такое же количество пара, содержащего почти столько же тепла. Этот пар не только не используется, но его конденсируют, расходуя на каждый килограмм пара 15—20 л воды.

### **Вакуум-аппараты, работающие с использованием вторичного пара**

Чтобы использовать вторичный пар для выпаривания молока, надо повысить его температуру и давление или понизить температуру выпаривания. Оба эти приема применяются в вакуум-аппаратах, работающих с использованием вторичного пара.

### **Многокорпусные вакуум-аппараты**

В многокорпусных вакуум-аппаратах несколько корпусов выпаривания. В каждом последующем корпусе температура выпаривания ниже, чем в предыдущем, поэтому вторичный пар из

предыдущего корпуса используется как греющий в последующем корпусе.

На рис. 111 изображен двухкорпусный вакуум-аппарат. Вторичный пар из пароделителя первого корпуса поступает в паробразователь второго корпуса, где используется как греющий. Вторичный пар из второго корпуса отводится в конденсатор.

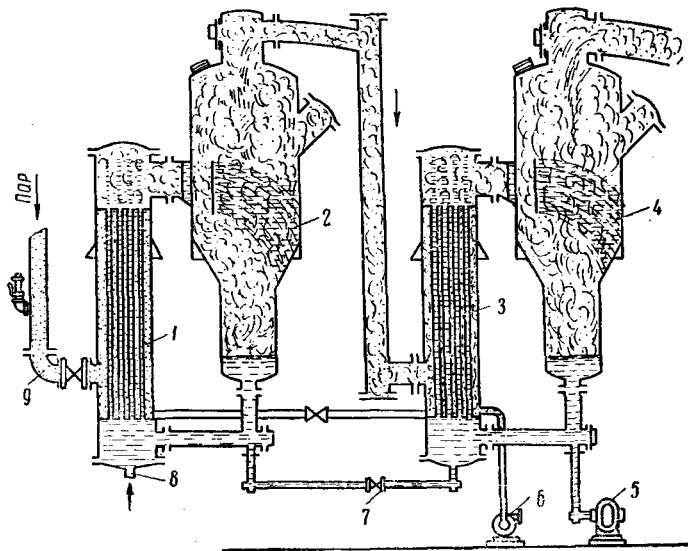


Рис. 111. Двухкорпусный вакуум-аппарат:

- 1 — паробразователь первого корпуса; 2 — пароделитель первого корпуса;
- 3 — паробразователь второго корпуса; 4 — пароделитель второго корпуса;
- 5 — насос для сгущенного молока; 6 — вакуум-насос для конденсата;
- 7 — дросселирующий кран; 8 — патрубок для входа молока; 9 — паропровод.

Молоко, частично сгущенное в первом корпусе, переходит во второй корпус, где сгущается окончательно. Так как температура и давление во втором корпусе ниже, чем в первом, то давление молока при переходе из первого во второй корпус дросселируется краном 7.

Давление греющего пара в первом корпусе выше атмосферного, и конденсат из него может отводиться через конденсационный горшок или направляться во второй корпус через дросселирующий вентиль. Конденсат из паробразователя второго корпуса стводится вакуум-насосом 6.

При такой схеме для выпаривания 1 кг влаги в первом корпусе требуется примерно 1 кг пара из парового котла. Образующийся при этом 1 кг вторичного пара поступает во второй корпус, где испаряет еще 1 кг влаги из молока, а сам пар конденса-

руется. Таким образом, 1 кг пара, поступающий из парового котла, испаряет 2 кг пара из молока, т. е. на 1 кг испаренной влаги расходуется 0,5 кг пара из котла, что вдвое меньше, чем в однокорпусных вакуум-аппаратах.

Вакуум-аппараты могут быть трех- и четырехкорпусные. В них расход пара на 1 кг испаренной влаги в 3—4 раза меньше, чем в однокорпусных вакуум-аппаратах, однако количество корпусов определяется температурами выпарки в первом и последнем корпусах. Температуру выпаривания молока не рекомендуется поднимать выше 70° С. Этим пределом и ограничивается температура выпаривания в первом корпусе.

Нижний предел температуры кипения практически принимается не менее 35° С, так как при более низких температурах требуется очень мощный вакуум-насос, поэтому для выпаривания молока четырехкорпусные вакуум-аппараты не применяют. Сыворотку можно выпаривать и в четырехкорпусных вакуум-аппаратах, так как температура выпаривания может достигать 90° С.

Недостатками многокорпусных вакуум-аппаратов являются громоздкость, большая металлоемкость и сложность обслуживания.

### **Однокорпусные вакуум-аппараты с пароструйным компрессором**

В однокорпусном вакуум-аппарате с пароструйным компрессором вторичный пар частично используется в качестве греющего. Предварительно он проходит пароструйный компрессор, где температура и давление его повышаются.

Вакуум-аппарат с пароструйным компрессором (рис. 112) состоит из выносного трубчатого парообразователя (калоризатора), пароотделителя, конденсатора, плунжерных вакуум-насосов для сгущенного молока и для конденсата, одноступенчатого и двухступенчатого пароструйных вакуум-насосов для воздуха (эжекторов), пароструйного компрессора (инжектора) и двух подогревателей молока.

Парообразователь 9 представляет собой стальной цилиндр с вертикальными кипятыльными трубками, концы которых развальцованы в трубных решетках. Над верхней трубной решеткой имеется сборник. Смесь вторичного пара и молока, выбрасываемая в этот сборник из кипятыльных трубок, направляется по широкой трубе в пароотделитель 15.

В сборнике находится поперечная перегородка 12 с окном для направления потоков смеси. В пространство под нижней трубной решеткой, образованное сферической нижней крышкой парообразователя, поступает молоко. Отсюда оно направляется в кипятыльные трубки. Это пространство разделено поперечной пере-

городкой 8, отделяющей вновь поступающее молоко от молока, прошедшего кипятыльные трубки.

Кроме кипятыльных трубок, в парообразователе имеются две широкие трубки, называемые возвратными, или циркуляционными, по которым жидкость движется сверху вниз, тогда как в кипятыльных трубках движение жидкости снизу вверх.

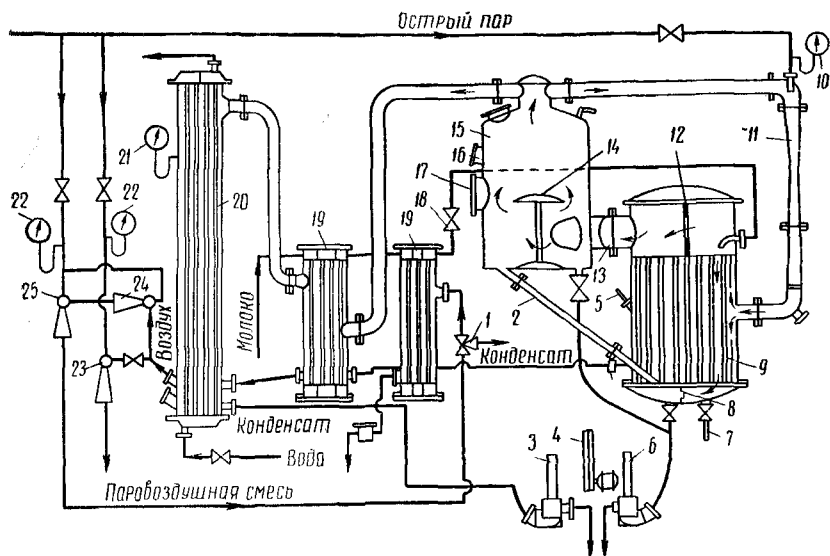


Рис. 112. Однокорпусный вакуум-аппарат с пароструйным компрессором:

- 1 — трехходовой кран; 2 — возвратная труба; 3 — насос для конденсата; 4 — привод; 5 — термометр; 6 — насос для продукта; 7 — пробник; 8 и 12 — перегородки; 9 — трубчатый парообразователь; 10 и 22 — манометры; 11 — компрессор; 13 — патрубок; 14 — зонтоотражатель; 15 — пароотделитель; 16 — смотровое окно; 17 — люк; 18 — кран для молока; 19 — подогреватель; 20 — конденсатор; 21 — вакуумметр; 23 — пусковой насос; 24 и 25 — двухступенчатые насосы.

Пароотделитель представляет собой закрытый цилиндр, внутри которого находится зонтоотражатель 14, укрепленный на стойке.

Вторичный пар из парообразователя вместе с частью молока поступает в пароотделитель 15 по широкой трубе 13, вделанной в стенку пароотделителя по направлению касательной, поэтому смесь вторичного пара и молока, поступающая с большой скоростью, приобретает в пароотделителе вращательное движение. Центробежной силой частицы молока отбрасываются к стенкам и стекают на дно.

Поворотным шибером в трубе можно изменять проходное сечение и, следовательно, скорость движения смеси пара и молока так, чтобы жидкость хорошо отделялась без пенообразования.

При интенсивном вращательном движении пара и молока в пароотделителе давление в центральной части его значительно снижается и вращающаяся жидкость поднимается со дна, но, ударяясь о зонт-отражатель 14, сбрасывается вновь на дно.

Дно пароотделителя вогнуто внутрь. Молоко стекает к периферии дна, где оно быстро вращается и попадает в находящуюся здесь возвратную трубу 2, по которой стекает обратно в парообразователь.

Вверху пароотделитель заканчивается паросборником, откуда вторичный пар по двум широким трубам отводится в пароструйный компрессор, конденсатор и подогреватель молока. Конденсаторы у таких аппаратов обычно поверхностные, в которых охлаждающая вода проходит по трубам, а вторичный пар конденсируется на поверхности труб, не смешиваясь с водой.

Воздух из аппарата удаляется двумя пароструйными вакуум-насосами (эжекторами). Один из них (23) одноступенчатый называется пусковым, так как его включают перед впуском молока, а другой — двухступенчатый (сдвоенный), непрерывно отсасывающий воздух из аппарата в процессе работы.

В аппарат входят два последовательно включенных трубчатых подогревателя 19 для молока. Один обогревается вторичным паром и может быть использован в том случае, когда температура поступающего молока ниже температуры кипения в вакуум-аппарате, а другой — паром, поступающим из двухступенчатого пароструйного вакуум-насоса в смеси с воздухом. Из этого подогревателя конденсат вместе с воздухом отводится по открытой трубе.

Для повышения температуры подогрева молока во второй подогреватель можно добавлять острый пар.

При обычных условиях работы этого аппарата температура выпаривания не выше  $60^{\circ}\text{C}$ , абсолютное давление не более  $0,2 \text{ кгс/см}^2$ . В межтрубном пространстве парообразователя также поддерживается вакуум, температура греющего пара не выше  $75^{\circ}\text{C}$ , давление не более  $0,4 \text{ кгс/см}^2$ . Разность температур греющего пара и молока не более  $15^{\circ}$ . Ввиду сравнительно незначительного температурного перепада греющая поверхность большая. Коэффициент теплопередачи от 1200 до  $2200 \text{ вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$ . Аппарат может работать без чистки 10—12 ч.

Греющий пар, поступающий из пароструйного компрессора, заполняет межтрубное пространство парообразователя и конденсируется на стенках трубок. Конденсат стекает на нижнюю трубную решетку и затем уходит по трубе непосредственно в конденсатор или через подогреватель молока. Так как давление в межтрубном пространстве нагревателя должно поддерживаться в пределах  $0,35—0,40 \text{ кгс/см}^2$ , а давление в конденсаторе и подогревателе молока — не выше  $0,2 \text{ кгс/см}^2$ , то для снижения давления во фланцевом соединении трубы, по которой отводится

конденсат, устанавливая шайбу с небольшим отверстием для прохода конденсата.

Из-за небольшого диаметра кипяtilьных трубок греющая поверхность их на единицу объема находящегося в них молока значительно выше, чем поверхность нагрева возвратных трубок.

Поэтому в кипяtilьных трубках образуется больше пузырьков пара, вследствие чего удельный вес находящейся в них смеси жидкости и пара меньше, чем в возвратных трубках. Благодаря этому смесь движется вверх под напором жидкости, находящейся в возвратных трубках.

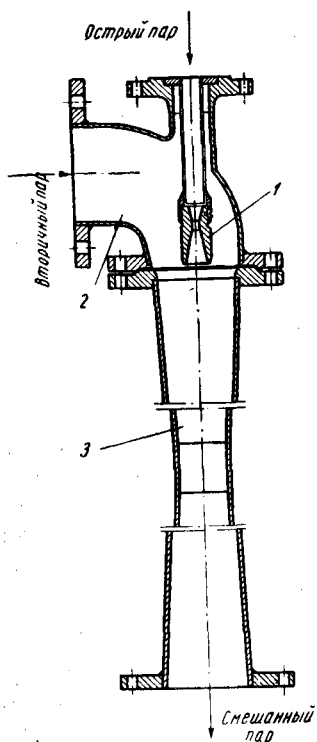


Рис. 113. Пароструйный компрессор (термокомпрессор):

1 — сопло; 2 — камера всасывания; 3 — диффузор.

Пароструйный компрессор (термокомпрессор) (рис. 113) представляет собой пароструйный насос (инжектор), в котором вторичный пар давлением  $0,2 \text{ кгс/см}^2$  и температурой  $60^\circ \text{C}$  сжимается острым паром давлением  $5\text{--}10 \text{ кгс/см}^2$  и температурой  $151\text{--}175^\circ \text{C}$ . Давление смеси вторичного и острого пара, получаемой после сжатия,  $0,4 \text{ кгс/см}^2$ , температура —  $75^\circ \text{C}$ . Такая смесь поступает в парообразователь для обогрева кипяtilьных трубок.

Проходя сопло 1 компрессора, пар расширяется, его давление падает, а скорость возрастает. При выходе из сопла пар со скоростью  $1000 \text{ м/сек}$  направляется в диффузор 3, увлекая из камеры всасывания вторичный пар. В диффузоре скорость пара снижается, а давление возрастает.

Экономичность работы вакуум-аппарата зависит от работы пароструйного компрессора и характеризуется следующими показателями:

удельным расходом острого (рабочего) пара

$$d_o = \frac{D_o}{D_n}, \quad (\text{VI—1})$$

где  $d_o$  — удельный расход острого пара,  $\text{кг пара/кг испаренной влаги}$ ;

$D_o$  — количество острого пара,  $\text{кг}$ ;

$D_n$  — количество испаренной влаги,  $\text{кг}$ ;



коэффициентом всасывания или коэффициентом инжекции

$$u = \frac{D_B}{D_o}, \quad (\text{VI—2})$$

где  $u$  — коэффициент инжекции, кг/кг;

$D_B$  — количество вторичного пара, поступившего в пароструйный компрессор, кг.

Связь между этими двумя показателями выражается формулой

$$d_o = \frac{D_o + D_B}{D_n(1 + u)}.$$

Так как  $D_o + D_B = D$  — общему количеству пара, поступившему в парообразователь и потраченному на испарение влаги, то

$$d_o = \frac{D}{D_n(1 + u)}. \quad (\text{VI—3})$$

Тепловой баланс нагревателя можно представить уравнением

$$Dr_1 \eta = D_n r,$$

где  $r_1$  — теплота парообразования греющего пара, находящегося в межтрубном пространстве парообразователя;

$r$  — теплота парообразования вторичного пара;

$\eta$  — к. п. д. парообразователя ( $\eta = 0,97$ ).

Из приведенного уравнения

$$\frac{D}{D_n} = \frac{r}{r_1 \eta}.$$

Для обычных условий работы вакуум-аппарата, когда испарение происходит при  $60^\circ \text{C}$  и давлении  $0,2 \text{ кгс/см}^2$ , температуре греющего пара  $75^\circ \text{C}$  и давлении  $0,39 \text{ кгс/см}^2$

$$\frac{D}{D_n} = \frac{563}{554 \cdot 0,97} = 1,05.$$

При колебаниях температуры испарения от  $50$  до  $70^\circ \text{C}$  и температуре греющего пара от  $60$  до  $80^\circ \text{C}$  это отношение почти не изменяется (при одинаковом значении к. п. д. нагревателя), поэтому можно считать, что общее количество греющего пара приблизительно равно количеству испаренной из молока влаги.

$$d_o = \frac{1,05}{1 + u} \approx \frac{1}{1 + u} \text{ кг пара/кг испаренной влаги.} \quad (\text{VI—4})$$

**Пример.** Определить удельный расход острого пара, когда в пароструйном компрессоре на  $1 \text{ кг}$  вторичного расходуется  $1 \text{ кг}$  острого пара.

Коэффициент инжекции по формуле (VI—2)

$$u = \frac{1}{1} = 1,$$

а удельный расход острого пара по формуле (VI—4)

$$d_0 = \frac{1,05}{1 + 1} = 0,525 \text{ кг пара/кг испаренной влаги.}$$

Размеры сопла и диффузора пароструйного компрессора устанавливаются в зависимости от давления острого пара и других данных. Чем выше давление острого пара, тем меньше удельный расход его на 1 кг испаренной влаги. Например, острого пара давлением  $p_{изб} = 9 \text{ кгс/см}^2$  расходуется примерно на 15% меньше, чем пара давлением  $p_{изб} = 4 \text{ кгс/см}^2$ .

Для хорошей работы пароструйного компрессора необходимо, чтобы сопло было прочно закреплено и геометрическая ось его точно совпадала с осью диффузора.

В процессе работы количество острого пара регулируют вентилем на паропроводе. В зависимости от положения вентиля давление пара перед соплом может изменяться.

С повышением давления количество пара, проходящего через сопло, увеличится и поднимется давление, а также температура пара, поступающего в нагреватель. Интенсивность выпарки возрастет. С уменьшением количества острого пара интенсивность выпарки снизится.

При сильном уменьшении притока острого пара скорость его может оказаться настолько малой, что он не только не будет захватывать вторичный пар и проталкивать его через диффузор, а наоборот, часть острого пара, рассеиваясь в камере сжатия, поступит не в диффузор, а в трубу вторичного пара и по ней в парораспределитель. При этом давление в пространстве, занятом молоком и греющим паром, выравняется, работа аппарата немедленно нарушится, кипение и циркуляция молока прекратятся. Следовательно, вентиль на линии острого пара, поступающего в пароструйный компрессор, как при пуске аппарата, так и во время его работы должен быть достаточно открыт.

#### Техническая характеристика однокорпусных вакуум-аппаратов с пароструйными компрессорами

Производительность по испаренной влаге, кг/ч	300	500	1000	1500	2000	4000
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	12	25,4	50	66,4	90	170
Давление пара $p_{абс}$ , кгс/см <sup>2</sup>						
острого . . . . .	6	5—6	6	9	9	9
греющего . . . . .	0,4	0,4	0,4	0,4—0,5	0,5	0,5
Удельный расход острого пара, кг пара/кг испаренной влаги . . . . .	0,6	0,6—0,7	0,67	0,5—0,6	0,5	0,5
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	1,5	1,5	1,5	—	2,0	2,5
Габариты, мм						
длина . . . . .	2800	2500	3400	600	7000	7500
ширина . . . . .	2800	1800	2800	4800	5400	6000
высота . . . . .	3800	400	4900	6500	6500	7000

## Двух- и трехкорпусные вакуум-аппараты с пароструйным компрессором

Этот вакуум-аппарат представляет собой комбинированную конструкцию, в которой пароструйный компрессор совмещен с двухкорпусным вакуум-аппаратом. Он более экономичен по расходу пара по сравнению с ранее рассмотренными вакуум-аппаратами.

От рассмотренного двухкорпусного вакуум-аппарата он отличается только тем, что первый корпус его снабжен пароструйным компрессором. Он работает как однокорпусный вакуум-аппарат с пароструйным компрессором, т. е. примерно половина вторичного пара, получаемого в первом корпусе, поступает в компрессор, где сжимается острым паром, и смешанный пар используется в парообразователе этого корпуса. Оставшийся вторичный пар из первого корпуса направляется в парообразователь второго корпуса, где и используется в качестве греющего.

В этом вакуум-аппарате на испарение 2 кг влаги в первом корпусе расходуется 1 кг острого пара. Из получаемых при этом 2 кг вторичного пара 1 кг используется в пароструйном компрессоре, а 1 кг поступает в парообразователь второго корпуса, где он идет для испарения 1 кг влаги из молока. При этом 1 кг вторичного пара конденсируется в конденсаторе.

Таким образом, в данном аппарате на испарение 3 кг влаги из молока расходуется 1 кг острого пара. В конденсаторе конденсируется только 1 кг вторичного пара при температуре около 45° С. Следовательно, расход острого пара в данном вакуум-аппарате может составлять около  $\frac{1}{3}$  кг на 1 кг испаренной влаги, а расход воды — около 15 кг на 1 кг испаренной влаги.

Двухкорпусный вакуум-аппарат с пароструйным компрессором у первого корпуса приведен на рис. 114.

Молоко насосом 2 подается в два трубчатых подогревателя 3 и 4, где нагревается до температуры пастеризации. Отсюда оно направляется в танк 24 для выдерживания, который является промежуточной емкостью для бесперебойной работы вакуум-аппарата.

Затем горячее молоко поступает в линию, находящуюся под вакуумом, где происходит самоиспарение влаги и понижение температуры молока до температуры испарения в первом корпусе. Для отделения образующегося при этом пара предусмотрена камера 23. После этого молоко поступает в парообразователь первого корпуса, где и выпаривается.

Вторичный пар из камеры 23 и пароотделителя первого корпуса поступает в парообразователь второго корпуса как греющий, где конденсируется. Конденсат удаляется через конденсатоотводчик 11. Вторичный пар из пароотделителя второго кор-

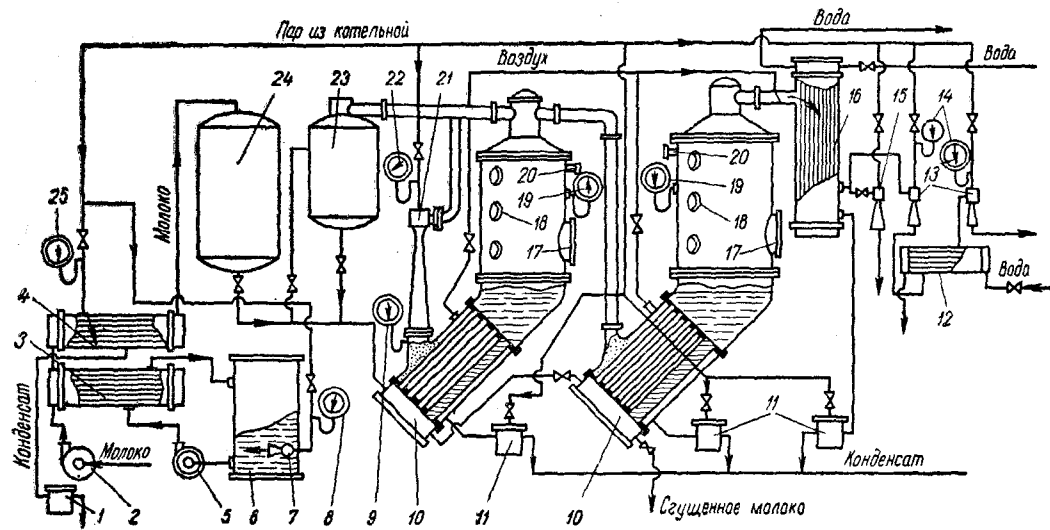


Рис. 114. Двухкорпусный вакуум-аппарат с пароструйным компрессором:

1 — конденсатоотводчик; 2 — насос для молока; 3 и 4 — подогреватели; 5 — насос для горячей воды; 6 — бойлер; 7 — пароструйный нагреватель; 8, 14, 22 и 25 — манометры; 9 и 19 — вакуумметры; 10 — парообразователи; 11 — конденсатоотводчики; 12 — промежуточный охладитель-конденсатор; 13 — рабочие двухступенчатые пароструйные насосы; 15 — пусковой пароструйный насос; 16 — конденсатор; 17 — люк; 18 — смотровое окно; 20 — воздушный кран; 21 — пароструйный компрессор; 23 — камера для самонагрева; 24 — танк для выдерживания.

пуca направляется в конденсатор 16. В каждом пароотделителе находятся ловушки для улавливания капель молока.

Часть вторичного пара из первого корпуса и камеры 23 поступает в пароструйный компрессор 21, где сжимается острым паром и направляется в парообразователь первого корпуса. Сгущаемое молоко из первого корпуса переходит во второй, из которого отводится готовый продукт. При создании вакуума воздух из системы удаляется пусковым пароструйным вакуум-насосом 15 и двухступенчатым пароструйным вакуум-насосом 13, а во время работы — двухступенчатым насосом 13.

Давление пара в рубашке нагревателя первого корпуса  $p_{абс} \approx 1 \text{ кгс/см}^2$ . Температура кипения в первом корпусе примерно  $65^\circ \text{C}$ . Давление вторичного пара во втором корпусе  $p_{абс} = 0,1 \div 0,12 \text{ кгс/см}^2$ , температура кипения около  $50^\circ \text{C}$ .

Давление острого пара, подаваемого в пароструйный компрессор и пароструйные насосы,  $p_{абс} = 9-10 \text{ кгс/см}^2$ . Удельный расход острого пара около  $0,40 \text{ кг пара/кг}$  испаренной влаги. Парообразователь 10 наклонный, состоит из кипяtilьных трубок диаметром 38 мм и нескольких возвратных циркуляционных трубок диаметром около 100 мм.

**Техническая характеристика  
двухкорпусного вакуум-аппарата с пароструйным компрессором**

Типовая производительность по испаренной влаге, кг/ч . . . . .	2000	4000	6000	8000
При сгущении цельного молока				
5:1 . . . . .	2500	5000	7500	10 000
4:1 . . . . .	2667	5333	8000	10 667
2,5:1 . . . . .	3667	7333	8700	14 667
Расход пара при давлении $9 \text{ кгс/см}^2$ на подогрев, испарение и вакуумирование, кг/ч . . . . .	850	1600	2400	3200
Расход охлаждающей воды при $15^\circ \text{C}$ , $\text{м}^3/\text{ч}$ . . . . .	13	27	40	53
Температура кипения, $^\circ \text{C}$				
в первом корпусе . . . . .	65	65	65	65
во втором корпусе . . . . .	50	50	50	50
Потребная мощность, квт . . . . .	4,0	5,0	5,5	6,0
Габариты, мм				
длина . . . . .	7500	7500	8000	9500
ширина . . . . .	4700	5300	5900	6500
высота . . . . .	4700	5200	5600	6000
Масса, кг . . . . .	9000	12 000	16 000	22 000

В вакуум-аппаратах последних конструкций применяют трубчатые прямоточные пленочные парообразователи (рис. 115). Мо-

локо стекает по внутренним стенкам обогреваемых труб тонким кипящим слоем и вместе с образовавшимся паром выходит из трубок в пароотделитель.

Движение молока в тонком слое под действием силы тяжести и попутного движения пара создает условия для интенсивного выпаривания влаги. Гидростатической депрессии в таком парообразователе практически нет.

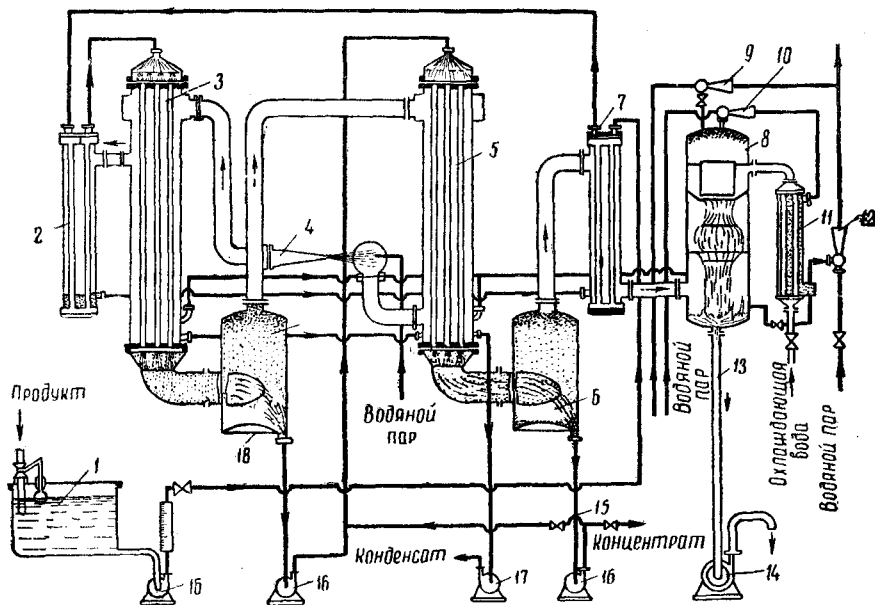


Рис. 115. Вакуум-аппарат с прямоточными пленочными парообразователями:

1 — балансирующий бачок; 2 — второй подогреватель; 3 — парообразователь первого корпуса; 4 — пароструйный компрессор; 5 — парообразователь второго корпуса; 6 — пароотделитель второго корпуса; 7 — первый подогреватель; 8 — конденсатор; 9, 10 и 12 — пароструйные вакуум-насосы; 11 — промежуточный конденсатор; 13 — барометрическая труба; 14 и 17 — насосы для конденсата; 15 — кран возврата недосушенного молока; 16 — насосы для продукта; 18 — пароотделитель первого корпуса.

В каждом парообразователе сгущаемое молоко совершает только один проход, достигая на выходе из второго парообразователя требуемой концентрации. В пароотделителе смесь вторичного пара и сгущенного молока приобретает вращательное движение и возникающая центробежная сила отбрасывает сгущенное молоко к стенкам, по которым оно стекает к выходному патрубку. Пар отводится через широкую трубу в центре крышки.

Малый объем кипящего молока и отсутствие интенсивного смешивания пара с жидкостью позволяют получить вторичный пар свободным от капель продукта. Его можно использовать

после конденсации для питания паровых котлов и других нужд производства.

Исходное молоко из балансирующей бачка 1 насосом 16 подается в трубчатый подогреватель 7, где подогревается вторичным паром из парообразователя 5 второго корпуса с 4 до 40° С. Затем направляется во второй подогреватель 2, где температура его повышается до 75° С греющим паром, поступающим из парового пространства парообразователя 3 первого корпуса.

Нагретое до 75° С молоко проходит по трубкам парообразователя 3 тонким слоем сверху вниз и вместе с вторичным паром выбрасывается в пароотделитель 18. Частично сгущенное молоко насосом 16 подается во второй корпус, где концентрация сухих веществ доводится до требуемой нормы и сгущенный продукт удаляется насосом.

Вторичный пар из пароотделителя 18 первого корпуса поступает в парообразователь 5 второго корпуса. Здесь часть его конденсируется (примерно половина), а оставшаяся часть сжимается в пароструйном компрессоре 4 острым паром и направляется в парообразователь 3 первого корпуса. Конденсат из первого и второго парообразователя удаляется вакуум-насосом 17.

Вторичный пар из второго корпуса частично конденсируется в первом подогревателе молока 7, а остальная (основная) его часть конденсируется в конденсаторе 8 с промежуточным конденсатором 11. Воздух из системы удаляется пароструйными насосами 9, 10 и 12. Насос 9 — пусковой, работает во время пуска установки. Насосы 10 и 12, включенные последовательно, образуют двухступенчатый пароструйный насос с промежуточным конденсатором 11.

**Техническая характеристика  
двухкорпусных вакуум-выпарных установок пленочного типа**

Производительность кг/ч	1200	1800	2400	3000	3600	4200
Расход пара, кг/ч . . . . .	400	600	800	1000	1200	1400
Расход воды при 15° С, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	6	9	12	15	18	21
Потребная мощность, квт . . . . .	4	5	5	6	6	7
<b>Габариты, мм</b>						
длина . . . . .	2700	2800	3000	3300	3500	3700
ширина . . . . .	2300	3000	3100	3200	3200	3400
высота . . . . .	8000	8000	8000	8500	8500	8500

Такие вакуум-аппараты непрерывного действия бывают не только двух-, но и трехкорпусные. Они успешно работают при автоматическом регулировании, обеспечивающим постоянное давление греющего пара, подачу и удаление определенного количества продукта, поддержание постоянного разрежения, количества и температуры воды и т. д. Их применяют для сгущения

ния обезжиренного молока, цельного молока и сыворотки, до концентрации сухих веществ соответственно 48, 50 и 55%.

**Техническая характеристика  
трехкорпусных вакуум-выпарных установок пленочного типа**

Производительность, кг/ч . . . . .	2400	3000	3600	4200	4800	5600	6400	7200	8000
Расход пара, кг/ч . . . . .	630	790	950	1100	1270	1480	1700	1900	2120
Расход воды при 15° С, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	9,3	12,0	14,5	17	19	22,8	25,5	29	32
Потребная мощность, квт . . . . .	5	6	7	8	8	8	9	9	10
<b>Габариты, мм</b>									
длина . . . . .	3800	4000	4200	4500	4700	5100	5200	5400	5600
ширина . . . . .	3000	3100	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700
высота . . . . .	8000	8000	8000	8500	8500	8500	9000	9000	9000

**Вакуум-аппараты с пластинчатым  
парообразователем**

К прямоточным современным вакуум-выпарным аппаратам относятся также вакуум-аппараты с пластинчатым парообразователем двух- и трехкорпусные с пароструйным компрессором и без него.

В пластинчатом парообразователе выпариваемая жидкость проходит между пластинами, обогреваемыми паром. Пар конденсируется и конденсат удаляется насосом, а сгущаемая жидкость испаряется и образующийся вторичный пар из пластинчатого парообразователя поступает в паротделитель и затем используется в пароструйном компрессоре или в последующем корпусе или конденсируется в конденсаторе.

Эти аппараты имеют примерно такие же теплотехнические показатели, как и аппараты пленочного типа, но, благодаря более компактным испарителям с небольшим рабочим объемом, имеют небольшую высоту (до 3,5 м) и более удобны в обслуживании и безразборной мойке.

На рис. 116 приведена схема трехкорпусной вакуум-выпарной установки с пластинчатыми парообразователями и пароструйным компрессором.

Молоко из балансировочного бака 1, где поплавковый регулятор поддерживает постоянный уровень молока и тем предотвращает попадание воздуха в аппарат, самовсасывающим насосом 2 подается в трубчатый подогреватель 14, где подогревается вторичным паром от третьего корпуса установки. Затем последовательно проходит такие же подогреватели, имеющиеся у второго и первого корпусов установки, и поступает в четвертый подогреватель 3, обогреваемый паром, сжатым в пароструйном компрессоре и имеющим температуру на 12—14° выше температуры кипения молока в первом корпусе.



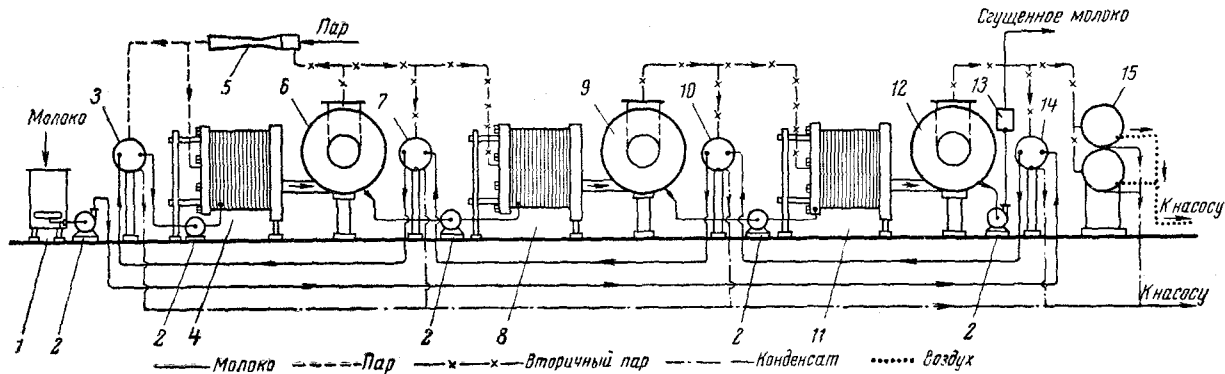


Рис. 116. Схема трехкорпусной вакуум-выпарной установки с пластинчатыми парообразователями и пароструйным компрессором:

1 — балансировочный бак; 2 — насос; 3 — подогреватель IV; 4 — парообразователь I корпуса; 5 — пароструйный компрессор; 6 — пароотделитель I корпуса; 7 — подогреватель III; 8 — парообразователь II корпуса; 9 — пароотделитель II корпуса; 10 — подогреватель II; 11 — парообразователь III корпуса; 12 — пароотделитель III корпуса; 13 — автоматический показатель концентрации; 14 — подогреватель I; 15 — конденсатор.

При температуре поступающего молока 10° С оно нагревается в первом подогревателе до 14° С, во втором до 40° С, в третьем до 53° С и в четвертом до 70° С и при такой температуре поступает в пластинчатый парообразователь первого корпуса.

Температура выпаривания в первом корпусе 70° С, во втором 58° С и в третьем 45° С. Температура греющего пара соответственно 84, 70 и 58° С.

При выпаривании обезжиренного молока концентрация сухих веществ в нем повышается после первого корпуса до 14,5—15,5% после второго до 22,5—23,5% и после третьего до 40—42%. Возможно повышение концентрации до 50%.

Концентрация сухих веществ в готовом сгущенном молоке, выходящем из пароделителя третьего корпуса, контролируется специальным автоматическим прибором 14, записывающим показания на ленте. Степень концентрации регулируется притоком молока, поступающего в установку, с помощью счетчика молока.

Установка имеет панель управления с мнемосхемой и световой сигнализацией.

Все части установки, соприкасающиеся с молоком, выполнены из нержавеющей стали. Безразборная мойка всей установки щелочными и кислотными растворами занимает 1,5—2 ч после восьмичасовой непрерывной работы.

**Техническая характеристика  
вакуум-выпарной трехкорпусной установки  
с пластинчатым парообразователем  
и пароструйным компрессором**

Производительность по испаренной влаге, кг/ч . . . . .	8000
Количество пластин в парообразователях	
первого корпуса . . . . .	101
второго корпуса . . . . .	93
третьего корпуса . . . . .	113
Общая поверхность теплопередачи, м <sup>2</sup> . . . . .	215
Габариты пластины, мм . . . . .	1700×850
Поверхность теплообмена пластины, м <sup>2</sup> . . . . .	0,7
Расстояние между пластинами для прохода молока, мм	
. . . . .	9
Расход острого пара при давлении 8 кгс/см <sup>2</sup> , кг/ч . . . . .	2400
Расход охлаждающей циркулирующей воды для конденсатора при температуре 28° С и давлении 4 кгс/см <sup>2</sup> , м <sup>3</sup> /ч . . . . .	100
Расход охлаждающей воды для вакуум-насоса, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	2,1
Мощность электродвигателей, включая и градирню, квт	
установленная . . . . .	50
фактическая . . . . .	43
Габариты, мм	
длина . . . . .	9000
ширина . . . . .	6000
высота . . . . .	3000
Масса, кг . . . . .	~18000

## Вакуум-аппараты с механической компрессией вторичного пара

В однокорпусном вакуум-аппарате с пароструйным компрессором вторичный пар для повышения давления от 0,2 до 0,4 бар смешивается с острым паром, поступающим из парового котла, поэтому вторичный пар не может быть полностью использован как греющий и часть его (примерно половина) конденсируется в конденсаторе.

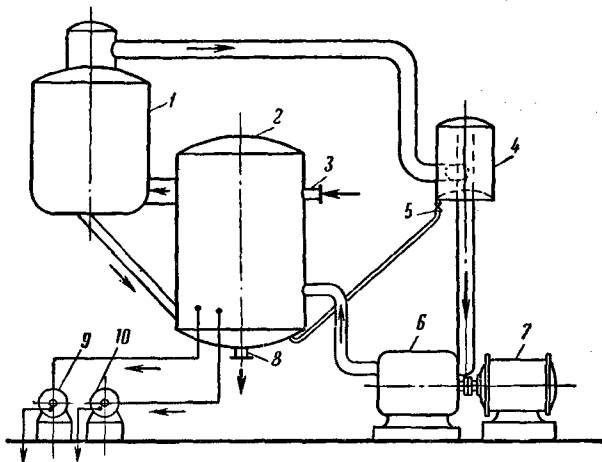


Рис. 117. Вакуум-аппарат с турбокомпрессором для сжатия вторичного пара:

1 — паропотделитель; 2 — парообразователь; 3 — патрубок для ввода молока; 4 — каплеотделитель; 5 — кран для спуска жидкости; 6 — турбокомпрессор; 7 — электродвигатель; 8 — патрубок для выпуска сгущенного молока; 9 — вакуум-насос для конденсата; 10 — вакуум-насос для воздуха.

Сжатие вторичного пара можно осуществить также поршневым компрессором. Но объем пара настолько велик, что требуется компрессор практически неприемлемых размеров.

При температуре  $60^{\circ}\text{C}$  и давлении  $0,2 \text{ кгс/см}^2$  удельный объем вторичного пара  $7,7 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Чтобы этот пар поступал в компрессор, давление в компрессоре должно быть ниже, например  $0,15 \text{ кгс/см}^2$ . При этом давлении удельный объем пара в компрессоре будет равен  $10 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Если производительность вакуум-аппарата  $1000 \text{ кг}$  испаренной влаги/ч, то объем вторичного пара составит  $10\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Поршневой компрессор двойного действия с числом оборотов приводного вала 400 в минуту должен иметь объем цилиндра около 200 л.

Для перекачивания большого объема пара при незначительном повышении его давления целесообразно применять турбо-

компрессор, работающий от электродвигателя. В вакуум-аппарате с турбокомпрессором (рис. 117) вторичный пар из пароделивателя 1 направляется сначала в каплеотделитель 4, а затем в турбокомпрессор 6.

Сжатый вторичный пар поступает из турбокомпрессора в межтрубное пространство парообразователя 2. Воздух и конденсат из парообразователя отводятся вакуум-насосами 9 и 10.

Работу, затрачиваемую на сжатие 1 кг пара, можно определить по формуле

$$L = (p_1 - p_0) V_{\text{ср}}, \quad (\text{VI—5})$$

где  $L$  — работа, затрачиваемая на сжатие 1 кг пара, дж;

$p_1$  — давление пара после сжатия, н/м<sup>2</sup>;

$p_0$  — давление пара до сжатия, н/м<sup>2</sup>;

$V_{\text{ср}}$  — средний объем пара в процессе сжатия, м<sup>3</sup>/кг.

**Пример.** Вторичный пар до сжатия имеет следующие параметры:  $t_0 = 60^\circ \text{C}$ ,  $p_0 = 0,2031 \text{ кгс/см}^2 = 2031 \text{ кгс/м}^2$  и  $V_0 = 7,687 \text{ м}^3/\text{кг}$ , а после сжатия:  $t_1 = 70^\circ \text{C}$ ,  $p_1 = 3177 \text{ кгс/см}^2 = 3177 \text{ кгс/м}^2$  и  $V_1 = 5,052 \text{ м}^3/\text{кг}$  ( $1 \text{ кгс/м}^2 = 9,807 \text{ н/м}^2$ ).

Для сжатия 1 кг пара потребуется затратить работу [см. формулу (VI—5)]

$$L = 9,807 (3177 - 2031) \frac{7,687 + 5,052}{2} = 71000 \text{ дж.}$$

Сжатый пар, конденсируясь в парообразователе, полностью отдает свою скрытую теплоту парообразования, равную 557 ккал/кг ( $557 \cdot 4,187 \text{ кдж/кг}$ ).

Таким образом, затратив работу на сжатие 1 кг пара, равноценную (эквивалентную) 71 кдж тепла, мы получим для выпаривания 2332 кдж тепла, т. е. в 32,8 раза больше, чем затрачено. В действительности с учетом к. п. д. турбокомпрессора экономичность его работы меньше.

Потребную мощность для электродвигателя турбокомпрессора вычисляют по следующей приближенной формуле:

$$N = \frac{W r_0 (t_1 - t_0)}{(273 + t_1) \eta} \text{ кВт.} \quad (\text{VI—6})$$

где  $N$  — мощность, кВт;

$W$  — количество испаренной влаги, кг/сек;

$r_0$  — теплота парообразования при  $t_0$ , кдж/кг;

$t_1$  — температура греющего пара, °C;

$t_0$  — температура вторичного пара, °C;

$\eta$  — к. п. д. установки ( $\eta = 0,4 \div 0,5$ );

$$\eta = \eta_i \eta_m \eta_s,$$

здесь  $\eta_i$  — индикаторный к. п. д. турбокомпрессора ( $\eta_i = 0,6 \div 0,7$ );

$\eta_m$  — механический к. п. д. турбокомпрессора ( $\eta_m = 0,6 \div 0,8$ );

$\eta_s$  — к. п. д. электродвигателя ( $\eta_s = 0,9 \div 0,95$ ).

Из формулы (VI—6) видно, что расход электроэнергии зависит от разности температур греющего пара  $t_1$  и вторичного пара, получаемого в аппарате,  $t_0$ . Чем меньше эта разность, тем ниже

расход электроэнергии, но тем больше должна быть поверхность нагрева у парообразователя при одинаковой производительности.

**Пример.** Определить потребную мощность турбокомпрессора для вакуум-аппарата производительностью 1000 кг испаренной влаги/ч при температуре испарения 60° С, температуре греющего пара  $t_1=75^\circ\text{С}$  и к. п. д. установки  $\eta=0,4$ .

По формуле (VI—6) найдем

$$N = \frac{1000 \cdot 563 \cdot 4,187 (75 - 60)}{3600 (273 + 75) 0,4} = 71 \text{ квт.}$$

Следовательно, для вакуум-аппарата с турбокомпрессором требуется электродвигатель сравнительно большой мощности.

Для испарения 1000 кг воды в час в вакуум-аппарате с пароструйным компрессором требуется 500 кг острого пара (при коэффициенте инжекции  $u=1$ ).

Для работы вакуум-аппарата с турбокомпрессией не требуется пара, холодной воды и конденсатора. Чтобы определить экономическую эффективность применения турбокомпрессионной выпарной установки, надо сопоставить стоимость потребной электроэнергии со стоимостью пара и воды для конкретных условий.

Пар, необходимый для пуска аппарата, можно получить за счет самоиспарения влаги из молока, поступающего в аппарат с температурой выше температуры кипения.

Вакуум-аппараты с механической компрессией вторичного пара целесообразно применять в районах, обеспеченных дешевой электроэнергией и ограниченных топливными ресурсами и водоснабжением.

### Вакуум-аппараты с холодильной компрессионной машиной

Сущность работы вакуум-аппарата с холодильной компрессионной машиной состоит в том, что тепло, отдаваемое вторичным паром в конденсаторе, поглощается кипящим аммиаком и переносится в парообразователь. Здесь парообразный аммиак, сжатый в компрессоре, конденсируется, отдавая скрытую теплоту парообразования кипящему молоку.

Следовательно, конденсатор вакуум-аппарата служит испарителем для холодильной машины, а парообразователь — конденсатором. Компрессорная установка служит тепловым насосом.

Из схемы на рис. 118 можно уяснить работу такой установки. Поступающий в компрессор 10 пар аммиака сжимается до 16 кгс/см<sup>2</sup> и при температуре 40° С направляется в межтрубное пространство парообразователя 7. Конденсируясь на трубках парообразователя, аммиак отдает теплоту парообразования кипящему в трубках молоку. Температура кипения молока 25° С, давление 0,033 кгс/см<sup>2</sup>.

Сконденсированный жидкий аммиак в переохладителе 9 охлаждается до  $35^{\circ}\text{C}$  и проходит через дросселирующий вентиль 11, где его давление снижается до 4,8 бар и температура — до  $2^{\circ}\text{C}$ . Затем жидкий аммиак через пароотделитель 6 поступает в трубки поверхностного конденсатора (конденсатора вакуум-аппарата) 5, где испаряется, отбирая тепло от конденсирующего-

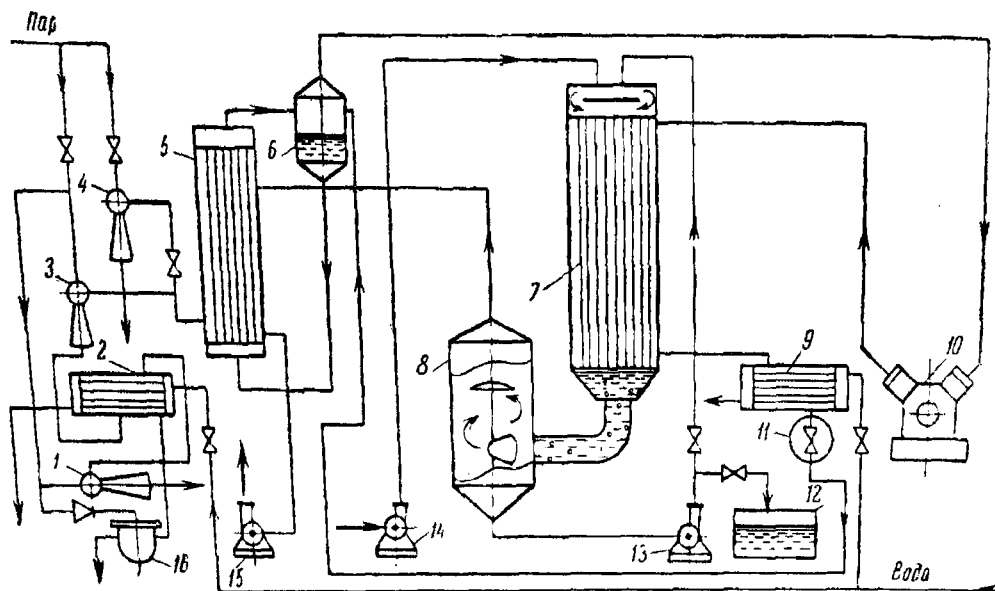


Рис. 118. Вакуум-аппарат с холодильной компрессионной машиной:

1, 3 и 4 — пароструйные насосы; 2 — промежуточный охладитель; 5 — конденсатор вакуум-аппарата (испаритель холодильной машины); 6 — пароотделитель; 7 — парообразователь; 8 — пароотделитель; 9 — переохладитель; 10 — компрессор; 11 — дросселирующий вентиль; 12 — емкость для готового продукта; 13 — вакуум-насос для продукта; 14 — насос для молока; 15 — насос для конденсата; 16 — конденсатоотводчик.

ся на трубках вторичного пара. Пар аммиака при давлении  $4,8 \text{ кгс/см}^2$  и температуре  $2^{\circ}\text{C}$  через пароотделитель 6 направляют в компрессор.

В такой установке так же, как и в установке с механическим компрессором вторичного пара не требуется водяного пара для парообразователя и охлаждающей воды для конденсатора. Для создания вакуума, обеспечивающего кипение молока при  $25^{\circ}\text{C}$ , применяют пароструйные насосы с промежуточным охлаждением.

#### ОБОРУДОВАНИЕ, ВХОДЯЩЕЕ В ВАКУУМ-ВЫПАРНЫЕ УСТАНОВКИ

##### Конденсаторы

Вторичный пар конденсируется в конденсаторах смешения, в которых пар смешивается с холодной водой, или поверхностных, где пар конденсируется на стенках труб, в которых циркулирует холодная вода.

На рис. 119, *a* изображен противоточный конденсатор смешения с барометрической трубой. Холодная вода стекает каскадом вниз по полкам 6 смесительной камеры, а вторичный пар поступает через патрубок 5 и, устремляясь вверх, конденсируется в воде. Смесь конденсата и воды стекает в барометрическую трубу 2, нижний конец которой опущен в бассейн с водой под атмосферным давлением. Уровень воды поддерживается постоян-

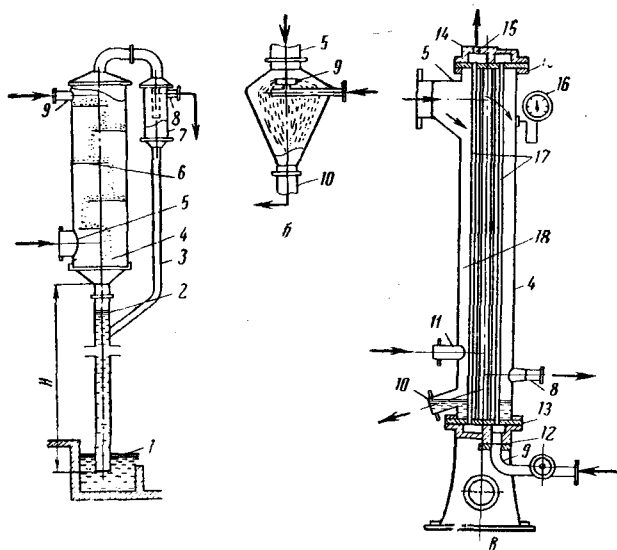


Рис. 119. Конденсаторы:

*a* — противоточный барометрический конденсатор смешения; *б* — прямоточный конденсатор смешения; *в* — поверхностный конденсатор; 1 — бассейн; 2 — барометрическая труба; 3 — возвратная труба; 4 — корпус конденсатора; 5 — патрубок для входа пара; 6 — полки; 7 — ловушка; 8 — патрубок для выхода воздуха к вакуум-нагосу; 9 — патрубок для входа воды; 10 — патрубок для выхода смеси конденсата и воды; 11 — патрубок для входа конденсата из нагревателя; 12 — нижняя крышка; 13 — трубная решетка; 14 — верхняя крышка; 15 — патрубок для выхода воды; 16 — вакуумметр; 17 — трубки; 18 — вертикальная перегородка.

ным. Избыток ее отводится из бассейна. Высота трубы ( $H$ ) равна

$$H = 10,33 - h_k + h_d,$$

где  $h_k$  — давление в конденсаторе, *м вод. ст.*;

$h_d$  — добавочная высота на неравномерность барометрического давления, *м* ( $h_d = 0,6 \div 0,7$ ).

Общая высота такого конденсатора более 10 м, что затрудняет его размещение в помещении. Для снижения высоты барометрической трубы применяют центробежные насосы.

Несконденсировавшиеся газы из верхней части смесительной камеры отводятся через ловушку 7 в суховоздушный вакуум-насос. Ловушка предназначена для отделения мелких капель воды, попадание которых в насос недопустимо.

На рис. 119, б показан прямоточный конденсатор смешения, в смесительной камере которого помещен разбрызгиватель холодной воды. Вторичный пар поступает через патрубок 5, смешивается с водой и конденсируется. Конденсат вместе с водой прямотоком движется вниз в мокровоздушный насос, захватывая с собой и несконденсировавшийся газ.

На рис. 119, в приведен поверхностный конденсатор. Корпус 4 его представляет собой стальную трубу большого диаметра с трубками 17 для холодной воды.

Вторичный пар поступает через патрубок 5 и конденсируется на поверхности трубок. Конденсат стекает вниз и откачивается поршневым насосом через патрубок 10. Через патрубок 11 в конденсатор идет конденсат из парообразователя, где давление немного выше, поэтому конденсат здесь самоиспаряется. Чтобы выделяющийся при этом пар не попал в патрубок 8, через который отводится воздух и несконденсировавшиеся газы в пароструйный вакуум-насос, предусмотрена вертикальная перегородка 18, направляющая пар в верхнюю часть конденсатора.

Перегородки в крышках конденсатора разделяют трубки на три пучка, которые вода проходит последовательно.

Так как вода не смешивается с конденсатом, который иногда содержит некоторое количество молока, то ее можно использовать в производстве как для технологических нужд, так и для питания парового котла.

С целью экономии воды можно устанавливать градирню, где выходящая из конденсатора теплая вода охлаждается в результате частичного самоиспарения и возвращается в конденсатор. В этом случае расход свежей воды, добавляемой к циркулирующей, будет минимальным и незначительно превышать количество испаренной влаги.

В поверхностных конденсаторах не вносится с водой воздух в разреженное пространство, благодаря чему уменьшается потребляемая мощность суховоздушного насоса. Поверхностные конденсаторы более металлоемки и сложнее по устройству, чем конденсаторы смешения.

Температура воды, выходящей из конденсаторов, ниже температуры вторичного пара при противоточных конденсаторах на 1—3°, при прямоточных — на 5—6°, при поверхностных — на 10—15°.

Расход воды на конденсацию определяют по следующим формулам:

для конденсаторов смешения



$$G_B = \frac{D (i_p - t'_2 c_B)}{(t'_2 - t_1) c_B}, \quad (\text{VI-7})$$

для поверхностных конденсаторов

$$G_B = \frac{D (i_p - t_K c_B)}{(t_2 - t_1) c_B}, \quad (\text{VI-8})$$

где  $G_B$  — расход воды, кг;

$i_p$  — теплосодержание вторичного пара, кДж/кг;

$t_1$  — начальная температура охлаждающей воды, °С;

$t_2$  — конечная температура смеси воды и конденсата, °С;

$t'_2$  — конечная температура охлаждающей воды, °С;

$t_K$  — конечная температура конденсата, °С;

$D$  — количество вторичного пара, кг;

$c_B$  — теплоемкость воды и конденсата, кДж/(кг·град) ( $c_B = 4,19$ ).

Температура вторичного пара в конденсаторе на 1,5—2° ниже, чем в пароотделителе.

### Конденсатоотводчики

Конденсат из нагревателя вакуум-установок отводят конденсатоотводчики. При нормальной работе конденсатоотводчика в нагревателях вакуум-аппаратов не должен скапливаться конденсат и в то же время через конденсатоотводчик не должен прорываться пролетный пар.

На рис. 120, а приведен конденсатоотводчик для отвода конденсата из нагревателей, работающих на паре давлением выше атмосферного. В чугунном цилиндрическом корпусе 13 находится плавающий стакан 2. В центре дна стакана закреплен стержень 12, на конце которого имеется шлифованный конус (клапан).

Внутри крышки проходит канал 6, сообщающийся с выходным патрубком 4. Выходное отверстие 11 в центре крышки закрывается снизу конусом стержня 12, а сверху — обратным клапаном 7. Кроме того, на крышке расположены отражатель 10, трубка 3, в которой движется стержень 12, и вентиль 9.

Когда в горшок поступает конденсат, стакан 2 всплывает и стержень закрывает отверстие 11. При увеличении количества конденсата уровень его в горшке поднимается. Достигнув верхнего края стакана, конденсат будет переливаться в стакан 2. При некотором наполнении конденсатом стакан тонет, опускаясь на дно горшка, открывая при этом отверстие 11. Конденсат из стакана под давлением находящегося над ним пара устремляется по трубке 3 в канал 6.

С уменьшением количества конденсата в стакане до определенного уровня, но не ниже края трубки 3, стакан вновь всплывает и закрывает отверстие 11.

В начале работы, когда в паропроводе много конденсата, конденсатоотводчик необходимо продуть. Для этого открывают вентиль 9, благодаря чему конденсат проходит из входного патрубка в выходной, минуя отверстие 11 и трубку 3. Когда через вентиль 9 начнет проходить пар, его закрывают. Такую продув-

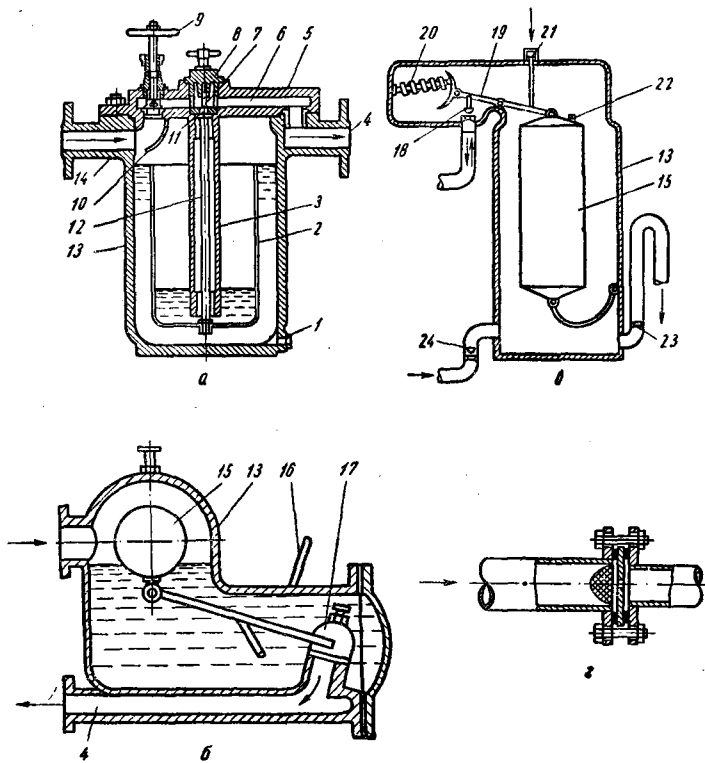


Рис. 120. Конденсатоотводчики:

а и б — для нагревателей, работающих при давлении выше атмосферного; в — для нагревателей, работающих под вакуумом; 2 — подпорная шайба; 1 и 22 — пробки; 2 — стакан; 3 — трубка; 4 — выходной патрубок; 5 — крышка; 6 — канал; 7 — обратный клапан; 8 — винтовая пробка; 9 — вентиль; 10 — отражатель; 11 — выходное отверстие; 12 — стержень; 13 — корпус; 14 — входной патрубок; 15 — закрытый поплавок; 16 и 19 — рычаги; 17 — золотник; 18, 21, 23 и 24 — клапаны; 20 — пружина.

ку следует производить периодически в процессе работы, чтобы удалить несконденсировавшиеся газы.

Обратный клапан 7 предусмотрен на случай, когда в общей конденсационной линии может быть подпор конденсата от параллельно работающих аппаратов.

Конденсатоотводчики устанавливают строго горизонтально и ниже нагревателей, из которых отводится конденсат. Размеры

их должны соответствовать количеству отводимого конденсата.

При монтаже конденсатоотводчиков устанавливают обводную трубу, что позволяет отключать их, не прерывая работы. В этом случае выход конденсата регулируют вентилем на обводной трубе.

Другой конденсатоотводчик подобного типа, но с закрытым поплавком, изображен на рис. 120, б. Поплавок 15 шарнирно соединен с рычагом золотника 17. Когда уровень конденсата и поплавок 15 опустятся, отверстие для выхода закрывается золотником 17. По мере поступления конденсата поплавок 15 поднимается и золотник открывает отверстие для прохода конденсата. В начале работы поплавки поднимают рычагом 16 для свободного выхода скопившегося конденсата.

Конденсат из нагревателей, находящихся под вакуумом, отводится конденсатоотводчиками, действующими автоматически (рис. 120, в). Когда корпус 13 не заполнен конденсатом, поплавок 15 находится в нижнем положении. При этом клапан 18 остается открытым и конденсатоотводчик сообщается с вакуум-аппаратом.

В конденсатоотводчике создается такой же вакуум, как и в паровом пространстве нагревателя вакуум-аппарата. В этом случае конденсат самотеком поступает в конденсатоотводчик, приподнимая клапан 24. Клапаны 23 и 21 в это время закрыты под давлением наружного воздуха.

По мере наполнения корпуса 13 конденсатом поплавок 15 всплывает, поднимает правый конец рычага 19, закрывая клапан 18 и открывая клапан 21. Через клапан 21 в конденсатоотводчик поступает воздух, давление в нем повышается, клапан 24 закрывается.

Когда давление в конденсатоотводчике выравняется с атмосферным, конденсат приподнимает клапан 23 и выходит в отводную трубу. При этом поплавок опустится, клапан 18 и 24 откроются, а клапаны 23 и 21 закроются и цикл повторяется.

Пружина 20 ускоряет движение системы в момент закрывания и открывания клапанов. Плавуемость поплавка регулируют дробью или песком, засыпаемыми в него через отверстие, которое закрывается пробкой 22.

В рассмотренном конденсатоотводчике конденсат может выдавливаться острым паром, подаваемым через клапан 21.

На рис. 120, г изображена фланцевая подпорная шайба. Она представляет собой стальной диск толщиной 5—6 мм с отверстием диаметром 3—5 мм в центре. Размер отверстия подбирают таким, чтобы через него проходил весь конденсат при определенной разности давлений с двух сторон шайбы. Принцип действия шайбы заключается в том, что при одинаковом перепаде давления через отверстие шайбы проходит в 35—45 раз больше воды, чем пара (по массе).

Фланцевую шайбу устанавливают во фланцевом соединении между болтами. Для предотвращения засорения отверстия шайбы предусмотрена сетка. В трубе за шайбой делают отводной патрубок с вентилем для контроля работы шайбы. Если при проверке обнаружится, что с конденсатором проходит пар, то диаметр отверстия шайбы надо уменьшить.

Диаметр отверстия в шайбе определяется по формуле

$$d = \sqrt{\frac{G_{ш}}{2,84\varphi \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho}}}}, \quad (\text{VI—9})$$

где  $d$  — диаметр отверстия, мм;

$G_{ш}$  — пропускная способность шайбы, кг/ч;

$\varphi$  — коэффициент расхода ( $\varphi = 0,8 \div 0,9$ );

$\Delta p$  — разность давлений перед шайбой и после нее, н/м<sup>2</sup>;

$\rho$  — плотность конденсата, кг/м<sup>3</sup>.

**Пример.** Определить диаметр отверстия в шайбе для отвода 1000 кг конденсата в час из нагревателя, работающего под давлением 1,5 кгс/см<sup>2</sup> ( $1,5 \cdot 10^5$  н/м<sup>2</sup>). Диаметр находим по формуле (VI—9)

$$d = \sqrt{\frac{1000}{2,84 \cdot 0,8 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^5}{1000}}}} = 5,1 \text{ мм.}$$

### Вакуум-насосы

Сгущенный продукт и конденсат, а также смеси конденсата, воды и воздуха удаляют из вакуум-аппаратов плунжерными, поршневыми (мокроевоздушными и сухоевоздушными), ротационными, водокольцевыми и пароструйными вакуум-насосами.

Плунжерным вакуум-насосом (рис. 121, а) откачивают сгущенный продукт из вакуум-аппарата, а также конденсат из поверхностных конденсаторов. Насос имеет кривошипно-шатунный механизм с приводом от электродвигателя.

Плунжер 1 насоса входит в цилиндр через сальник 2. Над сальником предусмотрена чугунная чаша 3, которая всегда должна быть заполнена водой для создания дополнительного гидравлического затвора, исключающего возможность подсоса наружного воздуха. Полость цилиндра насоса соединена с нагнетательной камерой.

На выходе жидкости из нагнетательной камеры расположен тарельчатый клапан 5, открывающийся при нагнетании жидкости. У входа в нагнетательную линию помещен воздушный колпак 6. Через окна в средней части цилиндра в насос из всасывающей линии поступает жидкость. Клапанов на всасывающей линии нет.

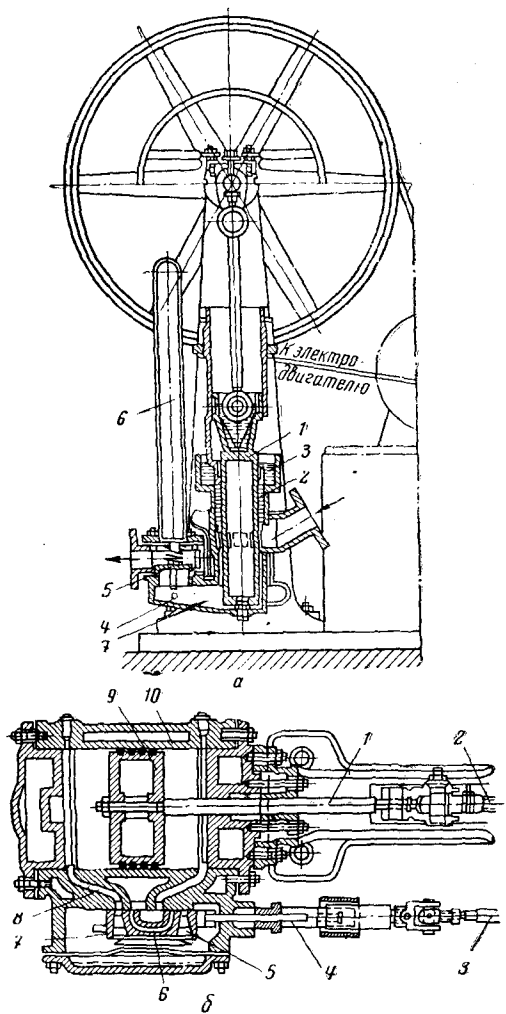


Рис. 121. Вакуум-насосы:

а — плунжерный: 1 — плунжер; 2 — сальник; 3 — чугунная чаша для воды; 4 — эксцентрик; 5 — тарельчатый клапан; 6 — воздушный колпак; 7 — камера нагнетания; б — поршневой суховоздушный двойного действия с золотниковым воздушораспределением: 1 — шток; 2 — шатун; 3 — шатун золотника; 4 — шток золотника; 5 и 6 — клапаны; 7 и 8 — канал; 9 — поршень; 10 — цилиндр.

При подъеме плунжера из нижней мертвой точки под ним создается разрежение, увеличивающееся по мере движения плунжера. Когда плунжер достигнет всасывающих окон, разрежение в цилиндре станет больше, чем в вакуум-аппарате (конденсаторе), и поэтому при дальнейшем подъеме плунжера через открывшиеся окна в цилиндр будет поступать жидкость, заполняя его рабочий объем.

При обратном ходе плунжера — сверху вниз — всасывающие окна перекрываются. Плунжер давит на жидкость, которая приподнимает нагнетательный клапан и выталкивается в нагнетательную линию.

Когда плунжерный насос откачивает жидкость из разреженного пространства, он работает спокойно, без гидравлических ударов. Если этот насос включить для откачивания жидкости из вакуум-аппарата при снятии вакуума, то во всасывающей линии возникнут сильные гидравлические удары, в результате которых могут разрушиться соединения в линии.

Это объясняется тем, что при движении плунжера снизу вверх к моменту открывания всасывающих окон создается слишком большой перепад давления (давление во всасывающей линии близко к атмосферному, а в цилиндре насоса ниже  $0,2 \text{ кгс/см}^2$ ). Жидкость из всасывающей линии устремляется в насос с большой скоростью, а при перекрытии окон поршнем резко останавливается. Остановки сопровождаются гидравлическими ударами.

Чтобы избежать гидравлических ударов, по окончании сгущения из аппарата откачивают сгущенное молоко, а затем нарушают вакуум. При создании вакуума, когда еще в вакуум-аппарате нет жидкости, насос можно включить для откачивания воздуха (в дополнение к пароструйному вакуум-насосу).

Под клапаном насоса помещен валик, один конец которого выведен через сальник наружу и на нем укреплена ручка. На другом конце валика, проходящем под штоком клапана 5, расположен эксцентрик 4.

При повороте ручки валика вверх эксцентрик 4, действуя на шток, приподнимает клапан 5 и находящаяся в трубе и насосе жидкость выходит через спускной кран, расположенный в нижней части корпуса насоса. При пуске и работе насоса эксцентрик должен быть опущен (ручка валика опущена). В случае возможности замерзания насоса надо оставлять его с приподнятым клапаном и открытым спускным краном.

Мокровоздушным вакуум-насосом удаляют смесь воды, конденсата и воздуха из прямоточных конденсаторов смешения, которые часто устраивают в самом насосе. Он представляет собой поршневой насос двойного действия (рис. 121, б). Число оборотов приводного вала насоса 120—160 в минуту. Количество воздуха, которое нужно откачать насосом перед пуском собранного аппарата, можно определить по формуле

$$G_{\text{возд}} = \frac{252V}{273 + t_{\text{в}}}, \quad (\text{VI—10})$$

где  $G_{\text{возд}}$  — масса воздуха в вакуум-аппарате, кг;  
 $V$  — полный объем установки,  $\text{м}^3$ ;  
 $t_{\text{в}}$  — температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

Количество воздуха и неконденсирующихся газов, которое нужно удалить в процессе работы, зависит от герметичности установки и не может быть определено расчетом. Обычно считают, что массовое количество воздуха составляет 1—1,2% от количества выпаренной влаги, т. е.  $G_{\text{возд}} = (0,01 \div 0,012) W$ . По количеству отсасываемого воздуха можно определить его объем.

Объем 1 кг воздуха

$$V_{\text{в}} = \frac{288(273 + t)}{p_{\text{к}} - p_{\text{п}}}, \quad (\text{VI—11})$$

где  $V_{\text{в}}$  — объем 1 кг воздуха,  $\text{м}^3$ ;  
 $t$  — температура воздуха, поступающего в насос,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $p_{\text{к}}$  — общее давление в конденсаторе,  $\text{н}/\text{м}^2$ ;  
 $p_{\text{п}}$  — парциальное давление пара, находящегося в смеси с воздухом, равное давлению насыщенного пара при температуре воздуха  $t$ ,  $\text{н}/\text{м}^2$ ;

288 — газовая постоянная для воздуха,  $\text{дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ .

Парциальное давление (упругость) водяного пара для разных температур при 100%-ном насыщении воздуха паром дано в приложении 4.

Полный объем смеси, удаляемой мокровоздушным насосом за час, состоит из суммы объемов воздуха, воды и конденсата. Его можно выразить уравнением

$$V_{\text{возд}} + V_{\text{вод}} + V_{\text{к}} = \frac{288(273 + t_{\text{возд}})G_{\text{возд}}}{p_{\text{к}} - p_{\text{п}}} + \frac{G_{\text{вод}} + G_{\text{к}}}{1000}, \quad (\text{VI—12})$$

где  $V_{\text{возд}}$ ,  $V_{\text{вод}}$ ,  $V_{\text{к}}$  — объем воздуха, воды и конденсата,  $\text{м}^3$ ;  
 $G_{\text{возд}}$ ,  $G_{\text{вод}}$ ,  $G_{\text{к}}$  — количество воздуха, воды и конденсата, откачиваемых в рабочий период,  $\text{кг}/\text{ч}$ ;  
 $t_{\text{возд}}$  — температура воздуха, равная температуре смеси, поступающей в насос,  $^{\circ}\text{C}$ .

Часовая производительность мокровоздушного вакуум-насоса ввиду неравномерности испарения при прерывной работе вакуум-аппарата должна быть в 2 раза больше полного часового объема смеси.

Мощность, потребляемую мокровоздушным насосом, определяют по формуле

$$N = 1,4 \frac{p_{\text{возд}} V_{\text{возд}} \ln \frac{p_{\text{а}} - p_{\text{возд}}}{p_{\text{возд}}} + (G_{\text{вод}} + G_{\text{к}}) H}{36 \cdot 10^6 \eta_{\text{м}}}, \quad (\text{VI—13})$$

где  $N$  — мощность, потребляемая насосом, *квт*;  
 $p_{\text{возд}}$  — давление воздуха в конденсаторе, *н/м<sup>2</sup>*;  
 $V_{\text{возд}}$  — объем откачиваемого воздуха, *м<sup>3</sup>/ч*;  
 $p_a$  — барометрическое давление, *н/м<sup>2</sup>*;  
 $\eta_m$  — к. п. д. насоса ( $\eta_m = 0,6—0,7$ );  
 $H$  — полная высота всасывания и нагнетания, *м вод. ст.*;

$$H = 10,33 - h_k + h_n,$$

здесь  $h_k$  — давление в конденсаторе, *м вод. ст.*;

$h_n$  — высота нагнетания, *м вод. ст.*

Суховоздушными вакуум-насосами (см. рис. 121, б) откачивают паровоздушную смесь из поверхностных конденсаторов и противоточных конденсаторов смешения. По устройству насос сходен с паровой машиной, но действие его обратное: получаемая механическая энергия расходуется на сжатие паровоздушной смеси.

В отличие от воздушных компрессоров в золотнике вакуум-насоса предусмотрен канал 7, через который мертвое пространство в конце сжатия сообщается со всасывающей стороной цилиндра и давление в нем снижается. Благодаря этому при обратном ходе поршня 9 сжатая в мертвом пространстве смесь, уменьшающая объем всасывания, не расширяется. Коэффициент всасывания таких насосов около 0,9. Цилиндр 10 насоса охлаждают водой для снижения температуры воздуха и потребной мощности.

Пароструйные вакуум-насосы (эжекторы) применяют для удаления из вакуум-аппаратов воздуха и газов. По устройству и принципу действия они аналогичны пароструйным компрессорам и отличаются от них только меньшей производительностью, меньшими размерами и более высокой степенью сжатия.

Преимущество пароструйных вакуум-насосов перед другими насосами в простоте устройства, отсутствии движущихся частей и малых габаритах.

Различают одноступенчатые и многоступенчатые пароструйные вакуум-насосы. Многоступенчатые представляют собой систему последовательно включенных одноступенчатых насосов.

Разрежение, создаваемое пароструйным насосом, зависит от давления острого (рабочего) пара. Эта зависимость приведена ниже.

Давление пара, <i>кгс/см<sup>2</sup></i>	2,4	4,8	7,2	9,6	12
Разрежение, <i>мм рт. ст.</i>	400	600	650	670	680

В двухступенчатых насосах (рис. 122, а) паровоздушная смесь, частично сжатая в первой ступени, поступает во вторую, где вновь сжимается также острым паром. Для уменьшения количества смеси и повышения эффективности работы насосов применяют промежуточное охлаждение для конденсации пара между ступенями его. Такой насос приведен на рис. 122, б.



Расход пара на двухступенчатый пароструйный насос без промежуточного охлаждения составляет около 7% от количества выпаренной влаги. Температура паровоздушной смеси, выходящей из насоса, выше 100°С, поэтому смесь можно использовать для нагревания молока.

Так как диаметры сопел пароструйных вакуум-насосов сравнительно малы и могут засориться (частицами окалины, ржав-

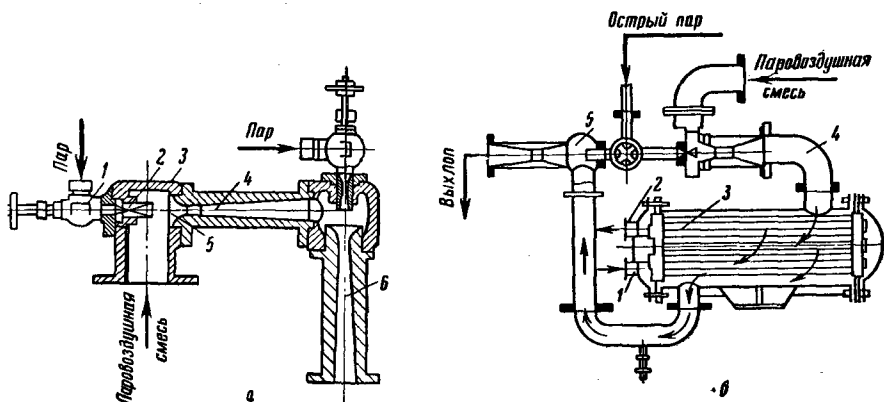


Рис. 122. Пароструйные вакуум-насосы:

- а — двухступенчатый без промежуточного охлаждения: 1 — вентиль; 2 — сопло; 3 — камера всасывания; 4 — диффузор; 5 — первая ступень; 6 — вторая ступень;  
 б — двухступенчатый с промежуточным охлаждением: 1 и 2 — патрубки для входа и выхода воды; 3 — трубчатый конденсатор; 4 — первая ступень; 5 — вторая ступень.

чины), то перед соплами устанавливают сетки для очистки пара. При засорении сеток эффективность работы насоса снижается.

В процессе эксплуатации пароструйных вакуум-насосов необходимо следить за чистотой сеток и поддерживать постоянное давление пара перед подачей его в насос.

### ПУСК, РАБОТА И ОСТАНОВКА ВАКУУМ-АППАРАТОВ

При сборке вакуум-аппарата перед работой закрывают все люки, краны, вентили, подключают трубопровод для молока, обращая при этом особое внимание на герметичность соединения. Проверяют, есть ли вода для конденсатора, пар, смазочное масло в насосах, и после этого включают вакуум-насос для создания вакуума. Если требуемый вакуум устойчив, включают рабочий (двухступенчатый) пароструйный насос, отключив пусковой (у аппаратов с пароструйными насосами).

Убедившись в нормальной работе вакуум-насосов и герметичности аппарата, подают в конденсатор воду, а в аппарат — молоко. Молоко поступает из пастеризатора и поэтому температура

его выше температуры кипения. Если аппаратчик уверен в нормальной работе вакуум-насоса и герметичности аппарата, то он может подавать молоко одновременно с созданием вакуума. Когда молоко заполнит аппарат, подают пар. При этом поступление молока уменьшают настолько, чтобы его количество в аппарате оставалось постоянным.

Через смотровые окна следят за движением молока, добиваясь максимальной скорости, регулируя подачу молока в аппарат и приток воды в конденсатор.

Устанавливают такой постоянный режим работы, при котором количество поступающего в аппарат молока было бы равно количеству испаряемой влаги. Для этого необходимо обеспечить постоянный приток воды в конденсатор.

Если прекратить поступление воды в конденсатор при подаче пара в пароструйный компрессор, то вторичный пар перестанет конденсироваться, кипение и циркуляция молока прекратятся. Давление в аппарате будет повышаться, стремясь выравняться с давлением острого пара. Так как вакуум-аппарат не сможет выдержать такого давления, авария произойдет раньше, чем установится равновесие давления. Поэтому во время работы вакуум-аппарата нельзя прекращать подачу воды в конденсатор.

Смесь в аппарате должна циркулировать интенсивно (в аппаратах, работающих с циркуляцией), потому что при замедленной циркуляции образуется пена и часть ее вместе с паром уходит в конденсатор и пароструйный компрессор. В связи с пенообразованием нередко трудно установить режим выпарки. На усиление пенообразования влияет повышенная кислотность молока (особенно обезжиренного). Если пена в пароделикателе поднимется, надо открыть воздушный краник и сбить пену.

В процессе работы вакуум-аппарата необходимо следить:

- за температурой и давлением в вакуум-аппарате;
- давлением греющего пара в нагревателе;
- температурой воды (смеси), выходящей из конденсатора;
- за тем, чтобы молоко не попадало в конденсат;
- за уровнем молока в аппарате;
- за работой вакуум-насосов;
- за степенью сгущения молока.

Существенную помощь в обслуживании вакуум-аппаратов оказывают приборы автоматического управления.

При непрерывной работе вакуум-аппарата концентрация сухих веществ в сгущаемой смеси должна поддерживаться равной требуемой в готовом продукте (при применении вакуум-кристаллизаторов немного ниже). При таком режиме работы необходимо постоянно следить за концентрацией сухих веществ в сгущаемом продукте. Вакуум-насос должен непрерывно откачивать готовый продукт из аппарата.

Когда сгущают молоко с сахаром в вакуум-аппаратах периодического действия, сироп вводят в аппарат в конце сгущения с таким расчетом, чтобы перемешивание его с молоком длилось около 5 мин.

При остановке вакуум-аппарата прекращают подачу молока, пара, воды, выключают вакуум-насос для конденсата и воздуха. Сгущенный продукт удаляют вакуум-насосом, не нарушая вакуума в аппарате, или обычным насосом, предварительно открыв воздушный краник для впуска воздуха.

Чтобы уменьшить пригар на греющих поверхностях, некоторые аппаратчики впускают в паровую рубашку парообразователя холодную воду для конденсации оставшегося пара и быстрого охлаждения парообразователя.

По окончании работы (после выпуска продукта последней варки) вакуум-аппарат немедленно ополаскивают чистой теплой водой, циркулирующей в парообразователе и пароотделителе. Ополоски спускают и выпаривают в последующем цикле работы. Затем промывают аппарат моющим раствором, разбирают и чистят, если требуется, ершами и скребками, не повреждая поверхности стенок. После чистки и ополаскивания горячей водой аппарат собирают.

Каждый вакуум-аппарат должен иметь паспорт, руководство или инструкцию с установочными чертежами, которыми руководствуются при установке и эксплуатации аппаратов.

## РАСЧЕТЫ ВАКУУМ-АППАРАТОВ

**Производительность вакуум-аппарата.** Разница между количеством молока, поступившего на сгущение и сгущенного за определенный промежуток времени, составляет количество испаренной влаги, т. е. производительность вакуум-аппарата ( $кг$  испаренной влаги).

**Расход острого пара.** В аппаратах без пароструйных компрессоров расход острого пара определяют по количеству конденсата, выходящего из парообразователя, в аппаратах с пароструйными компрессорами и с поверхностными конденсаторами — вычитая из количества конденсата, получаемого в конденсаторе за определенный промежуток, количество испаренной влаги за то же время.

Разделив расход острого пара на количество испаренной влаги, получают удельный расход на  $1 кг$  испаренной влаги.

Расход греющего пара можно рассчитать по формуле

$$D = \frac{Wr_m - Mc(t_0 - t_k)}{(i - c_{кон} t_{кон}) \eta_T}, \quad (VI-14)$$

где  $D$  — расход греющего пара,  $кг/ч$ ;

$W$  — количество испаренной влаги,  $кг/ч$ ;

- $r_m$  — теплота парообразования при температуре кипения в вакуум-аппарате,  $\text{дж/кг}$ ;  
 $M$  — количество молока, поступившего в аппарат,  $\text{кг/ч}$ ;  
 $c$  — теплоемкость молока,  $\text{дж/(кг} \cdot \text{град)}$ ;  
 $t_0$  — температура поступающего молока,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $t_k$  — температура кипения молока в аппарате,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $i$  — теплосодержание греющего пара,  $\text{дж/кг}$ ;  
 $C_{\text{кон}}$  — теплоемкость конденсата,  $\text{дж/(кг} \cdot \text{град)}$ ;  
 $\eta_{\text{г}}$  — коэффициент, учитывающий потери тепла ( $\eta_{\text{г}} = 0,97 + 0,98$ );  
 $t_{\text{кон}}$  — температура конденсата,  $^{\circ}\text{C}$ .

Температура конденсата обычно на  $1,5\text{--}2^{\circ}$  ниже температуры греющего пара.

Количество влаги, подлежащей испарению, зависит от количества сгущаемого продукта и содержания сухих веществ в нем до и после сгущения, т. е.

$$W = M \left( 1 - \frac{C_0}{C_1} \right), \quad (\text{VI-15})$$

где  $W$  — количество испаренной влаги,  $\text{кг}$ ;

$M$  — количество молока,  $\text{кг}$ ;

$C_0$  — содержание сухих веществ в молоке, %;

$C_1$  — содержание сухих веществ в сгущенном продукте, %.

**Пример.** Определить расход греющего пара для вакуум-аппарата производительностью  $1000 \text{ кг}$  испаренной влаги в час. Содержание сухих веществ в молоке до сгущения  $13\%$ , после сгущения  $40\%$ . Температура молока, поступающего в аппарат,  $80^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $55^{\circ}\text{C}$ , температура греющего пара  $75^{\circ}\text{C}$ , степень сухости пара  $x=1$ , теплоемкость молока  $c=0,92 \cdot 4187 \text{ дж/(кг} \cdot \text{град)}$ , к. п. д. аппарата  $0,97$ . Температура конденсата принята равной температуре конденсации. Теплосодержание конденсата составляет  $75 \cdot 4187 \text{ дж/кг}$ .

Из уравнения (VI-15) находим потребное количество молока

$$M = \frac{W}{1 - \frac{C_0}{C_1}} = \frac{1000}{1 - \frac{13}{40}} = 1480 \text{ кг/ч.}$$

По таблицам водяного пара (см. приложение 3) теплота парообразования  $r$  при  $55^{\circ}\text{C}$  —  $565 \text{ ккал/кг} = 565 \cdot 4187 \text{ дж/кг}$ , а при  $75^{\circ}\text{C}$  —  $629 \text{ ккал/кг} = 629 \cdot 4187 \text{ дж/кг}$ .

Расход пара определяем по формуле (VI-14)

$$D = \left[ \frac{1000 \cdot 565 - 1480 \cdot 0,92 (80 - 55)}{(629 - 75) 0,97} \right] \frac{4187}{4187} = 1000 \text{ кг/ч.}$$

Средний коэффициент теплопередачи находят по формуле

$$k = \frac{Wr_m - Mc(t_0 - t_k)}{F(t_{\text{п}} - t_k)\tau}, \quad (\text{VI-16})$$

где  $k$  — коэффициент теплопередачи,  $\text{вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$ ;

$F$  — поверхность нагрева аппарата,  $\text{м}^2$ ;

$\tau$  — время, в течение которого выпарено  $W$  кг влаги, сек;  
 $t_n$  — температура пара, °С;  
 $M$  — количество поступившего в аппарат молока за время  $\tau$ , кг.

**Пример.** Если за 2 ч 15 мин работы аппарата поверхностью нагрева 40 м<sup>2</sup> выпарено 2500 кг влаги из 3700 кг молока, поступающего в аппарат с температурой 50°С, при температуре выпаривания 60°С и температуре греющего пара 75°С, то коэффициент теплопередачи будет равен по формуле (VI—16)

$$k = \frac{2500 \cdot 569 \cdot 4187 - 3700 \cdot 0,92 \cdot 4187 (50 - 60)}{40 (75 - 60) 2,25 \cdot 3600} =$$

$$= 962 \cdot 1,16 = 1100 \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}).$$

### АППАРАТЫ ДЛЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ОХЛАЖДЕНИЯ СГУЩЕННОГО МОЛОКА

Сгущенное молоко охлаждают в кристаллизаторах-охладителях. Их изготовляют в виде ванн или баков различной формы, снабженных мешалками. Емкость кристаллизаторов-охладителей соответствует рабочей емкости вакуум-аппарата. Продукт охлаждается от стенок ванны или мешалки либо в результате самоиспарения влаги, содержащейся в продукте.

На рис. 123 изображен вертикальный кристаллизатор-охладитель цилиндрической формы с коническим дном. В рубашке его циркулирует холодная вода. На лопастной мешалке  $b$  расположены скребки  $7$ , прилегающие к стенкам и днищу ванны. Они снимают слой охлажденного продукта. Внутренние лопасти мешалки совершают сложное движение, обеспечивающее хорошее перемешивание продукта.

Коэффициент теплопередачи 100—150 вт/(м<sup>2</sup>·град) при емкости ванны 900 л, потребляемая мощность 0,4 квт, число оборотов мешалки 10—20 в минуту.

Выпускают также вакуум-кристаллизаторы-охладители в виде горизонтального закрытого цилиндра, в котором вращается трубчатая мешалка, охлаждаемая проходящей внутри труб водой. Продукт охлаждается в результате теплопередачи и самоиспарения влаги.

Такой кристаллизатор-охладитель снабжен пароструйными вакуум-насосами. Давление в охладителе 0,12—0,15 кгс/см<sup>2</sup>. Сгущенное молоко, поступающее в кристаллизатор, содержит 71,5—72% сухих веществ. В результате самоиспарения концентрация сухих веществ увеличивается на 1,5—2%. Емкость кристаллизатора-охладителя 6,5 м<sup>3</sup>, число оборотов мешалки 13—16 в минуту, потребляемая мощность 5,8 квт, расход острого пара на пароструйные вакуум-насосы 60 кг/ч при давлении 10—12 кгс/см<sup>2</sup>, коэффициент теплопередачи 170—190 вт/(м<sup>2</sup>·град).

На рис. 124 приведен вертикальный двухкорпусный вакуум-

кристаллизатор-охладитель. Он состоит из двух одинаковых вертикальных испарителей 4 и 17, работающих по принципу самоиспарения, и пароструйного вакуум-насоса, состоящего из четырех ступеней 8, 10, 12, 14, с барометрическими конденсаторами 9, 11, 13. Пароструйный вакуум-насос 16 — пусковой, и его при-

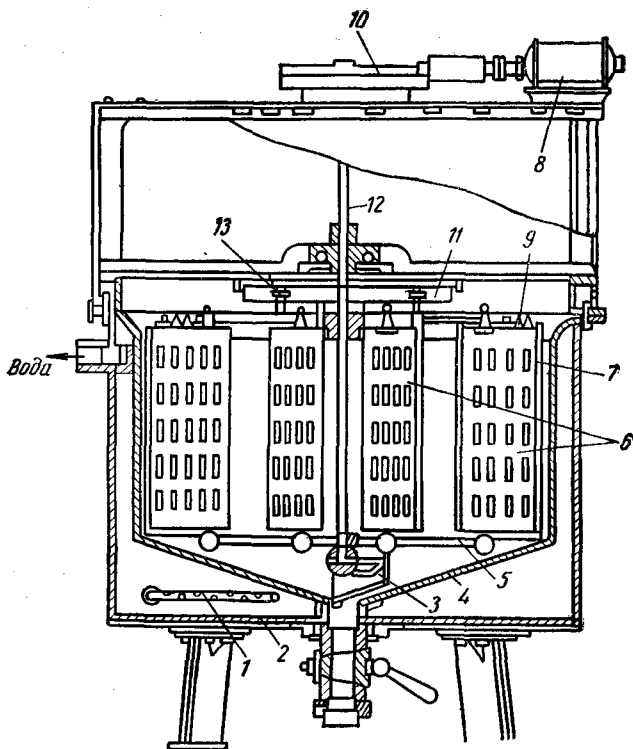


Рис. 123. Открытый вертикальный кристаллизатор-охладитель:

1 — паропровод; 2 — кожух ванны; 3 — нижние лопасти; 4 — ванна; 5 — нижняя штанга; 6 — лопастные мешалки; 7 — скребки; 8 — электродвигатель; 9 — пружины; 10 — редуктор; 11 — направляющая роликов; 12 — вал мешалки; 13 — ролики.

меняют только для предварительного создания вакуума в испарителе.

Испарители 4 и 17 наполняются и опорожняются поочередно. Пароструйный вакуум-насос создает в испарителе более глубокий вакуум, чем в вакуум-аппарате; давление снижается до  $0,02 \text{ кгс/см}^2$ . Температура кипения, соответствующая этому давлению,  $18^\circ \text{C}$ . Благодаря этому сгущенное молоко, поступающее в испаритель при температуре  $55\text{--}60^\circ \text{C}$ , охлаждается, отдавая

часть тепла на самоиспарение влаги. При этом концентрация сухих веществ в продукте повышается.

Во время работы пароструйного вакуум-насоса в испарителе поддерживается давление  $0,02 \text{ кгс/см}^2$ , в конденсаторе 9— $0,048 \text{ кгс/см}^2$ , в конденсаторе 11— $0,13 \text{ кгс/см}^2$ , в конденсаторе 13— $0,4 \text{ кгс/см}^2$ .

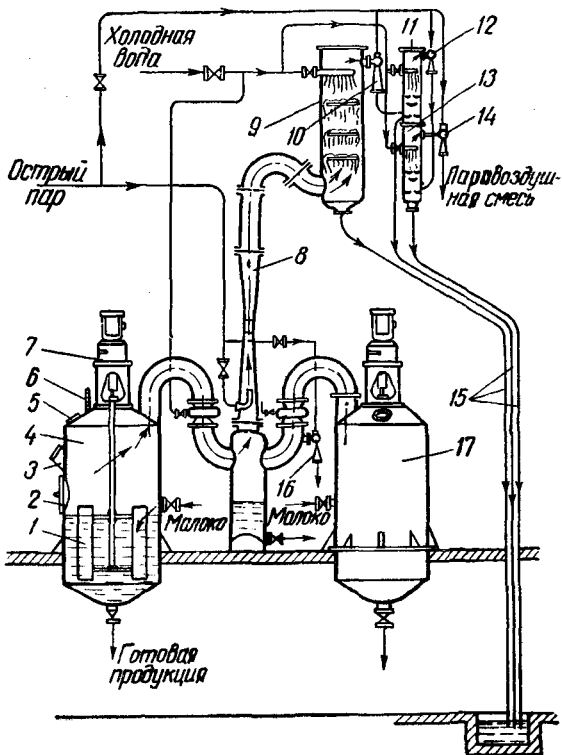


Рис. 124. Вертикальный вакуум-кристаллизатор-охладитель:

1 — мешалка; 2 — люк; 3 — смотровое окно; 4 и 17 — испарители; 5 — осветительное окно; 6 — термометр; 7 — редуктор; 8 — пароструйный насос первой ступени; 9 — конденсатор первой ступени; 10 — насос второй ступени; 11 — конденсатор второй ступени; 12 — насос третьей ступени; 13 — конденсатор третьей ступени; 14 — насос четвертой ступени; 15 — барометрические трубы; 16 — пусковой пароструйный вакуум-насос.

В конденсаторах пар конденсируется холодной водой и отводится через барометрическую трубу. Воздух проходит последовательно все ступени пароструйного насоса и выбрасывается наружу.

В начале работы в испарителе пусковым насосом 16 создают предварительное разрежение и подают сгущенное молоко. Затем

пусковой насос отключают, дополнительный вакуум создается в результате конденсации вторичного пара. После этого включают пароструйный насос, который понижает давление в испарителе до  $0,02 \text{ кгс/см}^2$ . Температура продукта снижается до  $18^\circ \text{C}$ .

Испарители заполняют молоком не более чем до уровня мешалки. Рабочая емкость их  $1,4 \text{ м}^3$ . Единовременная загрузка  $1820 \text{ кг}$ . Мощность электродвигателя мешалки  $3,9 \text{ квт}$ . Скорость вращения мешалки  $27 \text{ об/мин}$ . Давление рабочего пара, поступающего в пароструйные насосы,  $8 \text{ кгс/см}^2$ . Концентрация сухих веществ в молоке  $70\text{—}70,5\%$ . В процессе охлаждения в вакуум-охладителе-кристаллизаторе испаряется  $4,5\text{—}5\%$  влаги.

### НЕПРЕРЫВНЫЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА СГУЩЕННОГО МОЛОКА С САХАРОМ

Технологическая схема непрерывного процесса производства сгущенного молока с сахаром показана на рис. 125.

Охлажденное молоко из молокохранильных танков *1* подается насосом *2* в один из двух работающих поочередно трубчатых пастеризаторов *3*. Здесь оно нагревается до  $87\text{—}90^\circ \text{C}$  и поступает в бак-дозатор *10*, выдающий необходимое количество молока. Избыток молока из бака-дозатора по переливной трубке возвращается в насос *2*.

Из бака-дозатора молоко непрерывно поступает в смешительный танк *11*, куда непрерывно подается определенное количество сахарного сиропа постоянной концентрации.

Сахарный сироп готовят в секционном растворителе непрерывного действия *8*. В первую секцию его из дозатора *7* поступает горячая вода, а из дозатора *6* — сахар, предварительно очищенный от механических примесей в просеивателе *4*.

В растворителе смесь воды и сахара подогревается паром и перемешивается мешалкой. При этом она последовательно проходит все секции его. Из последней секции растворителя готовый сироп непрерывно плунжерным насосом-дозатором *9* подается в требуемом количестве в смешительный танк *11*, где разбрызгивается с помощью насадки для лучшего смешивания с молоком.

Смесь молока и сахарного сиропа из смешительного танка непрерывно засасывается в первый корпус вакуум-аппарата *14*, проходя через фильтр *13*. Затем сгущенное молоко поступает во второй корпус, где выпаривается до конечной концентрации сухих веществ ( $69\text{—}69,5\%$ ).

Так как концентрация выпариваемой смеси во втором корпусе высокая, то ротационным насосом *17* осуществляется принудительная циркуляция смеси. Для повышения интенсивности выпаривания во втором корпусе в циркуляционной линии установлен дополнительный трубчатый подогреватель *18*.



Вакуум-аппарат имеет поверхностный конденсатор 15 и пароструйный вакуум-насос. Конденсат удаляется через конденсатоотводчик 16.

Так как во втором корпусе поддерживается конечная концентрация сухих веществ (69—69,5%), то часть сгущенного молока из дополнительного подогревателя 18 непрерывно поступает в вертикальный вакуум-охладитель 19, куда вносят заправку. Здесь оно быстро охлаждается до 18—20° С. При этом в резуль-

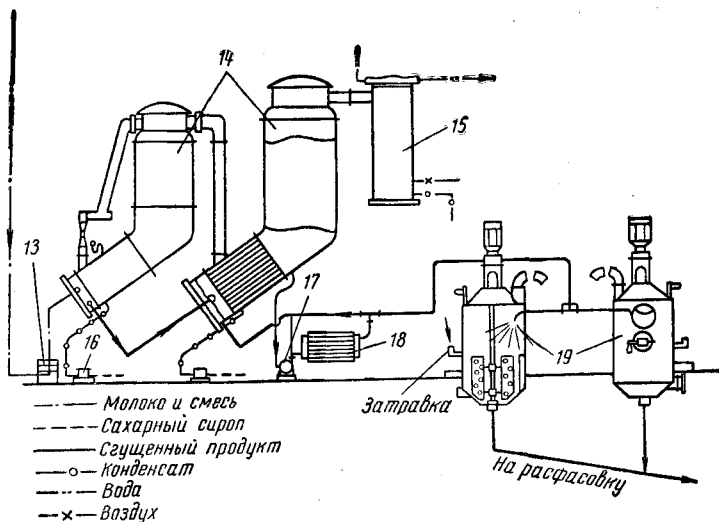
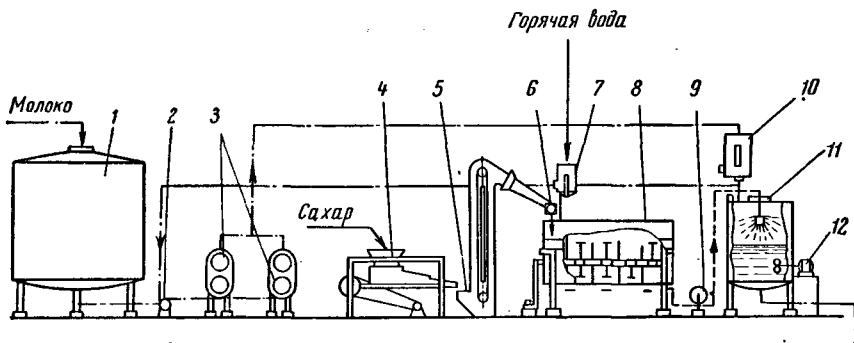


Рис. 125. Схема непрерывного процесса производства сгущенного молока с сахаром:

1 — молокохранильный танк; 2 — насос; 3 — трубчатые пастеризаторы; 4 — просеиватель сахара; 5 — норья; 6 — дозатор сахара; 7 — дозатор горячей воды; 8 — секционный растворитель; 9 — насос-дозатор; 10 — бак-дозатор молока; 11 — смесительный танк; 12 — электродвигатель мешалки; 13 — фильтр; 14 — вакуум-аппараты; 15 — конденсатор; 16 — конденсатоотводчик; 17 — ротационный насос; 18 — подогреватель; 19 — вакуум-охладители.

тате самоиспарения дополнительно выпаривается часть влаги и содержание сухих веществ повышается до требуемой стандартной нормы. Из вакуум-охладителя готовый продукт поступает на расфасовку.

Работа аппаратов, входящих в производственную линию, автоматически контролируется и регулируется. Сгущенное молоко с сахаром расфасовывают в жестяные банки, в которых его стерилизуют.

### СТЕРИЛИЗАТОРЫ ДЛЯ СГУЩЕННОГО МОЛОКА

Сгущенное молоко, расфасованное в жестяные банки, стерилизуют при  $115-120^{\circ}\text{C}$  в стерилизаторах периодического и непрерывного действия.

Стерилизаторы периодического действия изготовляют в виде толстостенных стальных цилиндров с приваренным дном и торцевой крышкой, прижимаемой к фланцу цилиндрического кор-

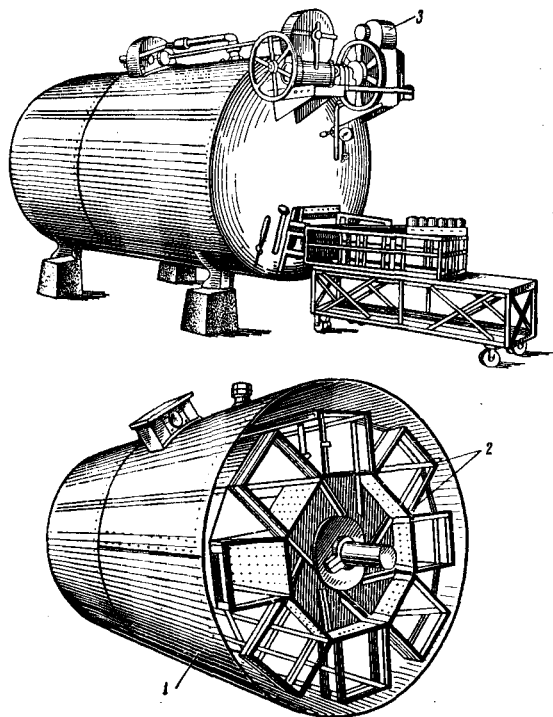


Рис. 126. Стерилизатор периодического действия с вращающимся каркасом:

1 — корпус; 2 — вращающийся каркас; 3 — электродвигатель.

пуса винтовыми зажимами. Обогреваются они паром. Банки с продуктом подают в стерилизатор на тележке.

В более совершенных стерилизаторах периодического действия (рис. 126) внутри корпуса расположен вращающийся каркас 2, в который загружают банки, поступающие через люк в крышке стерилизатора.

Каркас 2 вращается от электродвигателя 3 со скоростью 6—10 об/мин, что улучшает теплопередачу от пара к продукту. Во время работы стерилизатор на  $\frac{1}{4}$  объема заполнен горячей водой. При подаче пара для удаления воздуха открывают воздушный вентиль. При 115—118°С стерилизация длится 15—20 мин. Избыточное давление пара 1,4—1,6 кгс/см<sup>2</sup>.

По окончании стерилизации пар выключают, подают сжатый воздух давлением 1,3—1,4 кгс/см<sup>2</sup>, затем пускают холодную воду, поддерживая давление сжатым воздухом. При уменьшении температуры до 90°С постепенно снижают давление. Сгущенное молоко охлаждается в стерилизаторе 15 мин до 20°С.

Стерилизаторы непрерывного действия выпускают различных конструкций. Один из таких стерилизаторов состоит из двух подогревателей, стерилизатора и охладителя, выполненных в виде цилиндров. Банки в цилиндрах перемещаются по вращающейся спиральной теке и автоматически переходят из одного цилиндра в другой.

В подогревателях молоко в банках нагревается до 95—97,5°С за 20—25 мин. В стерилизаторе температура его повышается до 117°С и выдерживается около 20 мин. В охладителе молоко охлаждается до 20—25°С за 20—30 мин.

Расход тепла на стерилизацию рассчитывают по формуле

$$Q = \frac{G_{\text{пр}} c_{\text{пр}} (t_{\text{с}} - t_{\text{н}}) + G_{\text{т}} c_{\text{т}} (t_{\text{с}} - t_{\text{ц}})}{\eta_{\text{п}}}, \quad (\text{VI-17})$$

где  $Q$  — расход тепла, кдж;

$G_{\text{пр}}$  — масса продукта, кг;

$c_{\text{пр}}$  — теплоемкость продукта, кдж/(кг·град) ( $c_{\text{пр}} \approx 2,5$ );

$t_{\text{с}}$  — температура стерилизации, °С;

$t_{\text{н}}$  — начальная температура продукта, °С;

$G_{\text{т}}$  — масса тары (банок и корзин), кг;

$c_{\text{т}}$  — теплоемкость тары, кдж/(кг·град) ( $c_{\text{т}} = 0,5$ );

$t_{\text{ц}}$  — температура воздуха в цехе, °С;

$\eta_{\text{п}}$  — коэффициент, учитывающий потери тепла ( $\eta_{\text{п}} = 0,8 + 0,9$ ).

## Глава VII

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУШКИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

### СУШИЛКИ

Сухое молоко может долго храниться в неохлаждаемых помещениях. В процессе сушки из молока удаляется почти вся влага. Полученный продукт в 8 раз легче натурального молока при одинаковой питательной ценности.

Распространены два способа сушки: контактный, при котором высушиваемый продукт соприкасается с нагретой поверхностью, и воздушный, когда влага из распыленного продукта поглощается проходящим воздухом.

Молоко контактным способом сушат на вальцовых сушилках. Высушиваемый жидкий или сгущенный продукт наносится тонким слоем на горячую поверхность вращающегося вальца. Образующийся при испарении влаги пар поглощается окружающим воздухом и вместе с ним отводится наружу. Высушенный продукт снимается с вальцов ножами в приемный желоб и транспортирующим устройством отводится к сборнику.

Воздушным способом молоко сушат в камерах (башнях). Нагретый воздух, проходя через камеру, сообщает распыленным частицам молока тепло, поглощает и уносит образующийся пар.

Сушилки для молока и молочных продуктов классифицируют следующим образом: вальцовые (контактные), распылительные с форсуночным и дисковым (центробежным) распылением продукта, шкафные (камерные) и барабанные.

#### Вальцовые (контактные) сушилки

На вальцовых сушилках сушат предварительно сгущенное или жидкое обезжиренное молоко. Для сушки цельного молока их применяют реже, так как они не обеспечивают достаточно высокого качества продукта.

Вальцовые (контактные) сушилки экономичны по расходу пара (1,2—1,3 кг на 1 кг испаренной влаги). Компактность их, простота устройства и обслуживания по сравнению с воздушными распылительными сушилками также являются преимуществом.

Недостаток вальцовых сушилок — пониженная растворимость готового продукта — в последних конструкциях лучших фирм почти устранен.

На рис. 127 схематично изображена двухвальцовая сушилка. На чугунной станине параллельно между собой и строго горизонтально расположены два полых вальца 6, изготовленные из чугуна. Наружная цилиндрическая поверхность вальцов, на которую наносится высушиваемое молоко, шлифованная.

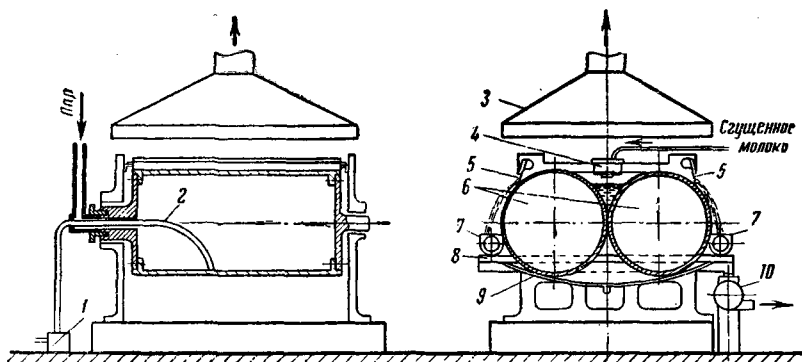


Рис. 127. Двухвальцовая сушилка:

1 — конденсатоотводчик; 2 — трубка для отвода конденсата; 3 — зонт; 4 — распределительный желоб; 5 — ножи; 6 — вальцы; 7 — шнеки; 8 — поперечный шнек; 9 — поддон; 10 — мельница.

Вальцы вращаются со скоростью 10—25 об/мин. Привод осуществляется от электродвигателя через редуктор.

Пар поступает внутрь вальцов по кольцевому зазору между неподвижной трубкой 2 для отвода конденсата, проходящей в центре цапфы, и вращающейся цапфой. В месте соединения паропровода с цапфой имеется сальниковое уплотнение. Конденсат скапливается в нижней части барабана, куда подходит конец неподвижной трубки 2, и под давлением пара выходит из барабана по этой трубке к конденсатоотводчику 1.

Над сушилкой находится зонт 3, в который поступает пар от высушиваемого продукта. Удаляется пар через трубопровод вытяжным вентилятором.

Перед сушкой вальцы продувают паром для удаления воздуха и прогревают при рабочем давлении пара 2,5—5 кгс/см<sup>2</sup>. Молоко подается в распределительный желоб 4 с мелкими отверстиями. Через желоб 4 оно стекает в пространство между вальцами, ограниченное с торцовых сторон деревянными щитами, плотно подогнанными к вальцам и позволяющими поддерживать постоянный уровень молока в этом пространстве.

Молоко поступает в сушилку обычно горячим, поэтому при соприкосновении с горячими вальцами оно быстро закипает.

Проходя через зазор между вращающимися вальцами (0,2—0,5 мм), молоко остается на поверхности их в виде тонкого слоя, высыхающего и превращающегося в сухую пленку за время поворота вальцов до ножа 5, счищающего пленку (2—2,5 сек).

Высушенная пленка молока снимается с поверхности вальцов ножами 5. Нож представляет собой стальную линейку с заточенной одной стороной, прилегающей к рабочей поверхности вальца.

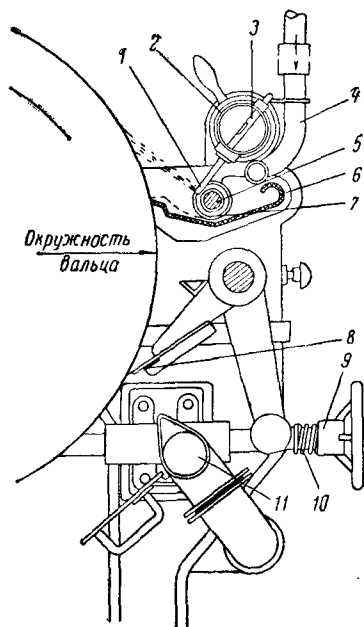


Рис. 128. Схема устройства для подачи молока на вальцы распылением: 1—сопло; 2 и 11—воздуховоды; 3—поперечная трубка; 4—молокопровод; 5—вал; 6—желоб; 7—диск; 8—нож; 9—штурвал прижима ножей; 10—пружина.

В желобе 6 поддерживается постоянный уровень молока. Ряд дисков 7, закрепленных на валу 5, при вращении смачиваются молоком. В трубу-воздуховод 2 подается сжатый воздух, который заполняет поперечные трубки 3 и выходит из этих трубок через имеющиеся на концах их сопла 1. Сопла расположены так, что струи воздуха сдувают с дисков слой молока и наносят его на поверхность вальцов. Верхние концы поперечных трубок закрыты пробками.

Пленка сухого молока снимается с поверхности вальца ножом 8, обдувается воздухом из трубы 11 для охлаждения и падает в шнек для транспортировки к мельнице. Тонкий слой про-

Ножи крепятся болтами к чугунной державке, которая шарнирно укреплена на станине сушилки. Прижимными винтами державку можно поворачивать в шарнирах, а также регулировать силу и равномерность прижатия ножа к вальцу по всей его длине.

Снятая с поверхности вальцов ножом сухая пленка падает в желоб, по которому передается шнеком 7 к нижнему желобу. Отсюда шнеком 8 пленка направляется к мельнице 10, где измельчается в порошок, а затем ссыпается в тару.

У некоторых сушилок имеется вариатор скорости вращения вальцов.

Молоко на поверхность вальцов сушилки может поступать не только стекая из распределительного желоба, но и распылением струи воздуха (рис. 128).

дукта на вальцах обеспечивает быструю сушку. Скорость вальцов увеличена до 30—35 об/мин.

**Техническая характеристика  
вальцовых сушилок с распылительным устройством**

Производительность по испаренной влаге при сушке обезжиренного молока, сгущенного в 3 раза, кг/ч . . . . .	120	250	500
Число оборотов вальцов в минуту . . . . .	11—13	24,5	25,5
Размеры вальцов, мм			
рабочая длина . . . . .	1000	1250	1800
диаметр . . . . .	800	1000	1500
Рабочая поверхность вальцов, м <sup>2</sup> . . . . .	4,4	7,8	16,7
Потребная мощность с учетом вентиляторов, кВт . . . . .	10	18	35
Число оборотов распылительных дисков в минуту . . . . .	142—168	408	390
Расход воздуха на распыление и охлаждение ножей, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	2500	4500	7000
Расход пара, кг/ч . . . . .	172	305	603
Габариты, мм			
длина . . . . .	5500	4800	6000
ширина . . . . .	2550	2750	3900
высота . . . . .	2650	3000	4000

С сокращением продолжительности сушки улучшается качество готового продукта (повышается его растворимость). Ввиду этого заслуживают внимания сушилки, у которых молоко накачивается на вальцы валиком (рис. 129).

Один из валиков 2 смачивается молоком в питательном желобе 1 и смачивает второй валик, который наносит тонкий равномерный слой молока на горячую поверхность вальца сушилки. Такие сушилки выпускают в одновальцовом исполнении. Растворимости получаемого на них сухого молока до 95—98%.

Время пребывания молока на вальцах или продолжительность сушки определяется отношением пути, который проходит частица молока на вальце к окружной скорости вальца, т. е.

$$\tau = \frac{\pi D \varphi \cdot 60}{\pi D n} = \frac{60\varphi}{n},$$

где  $\tau$  — время пребывания молока на вальце, сек;

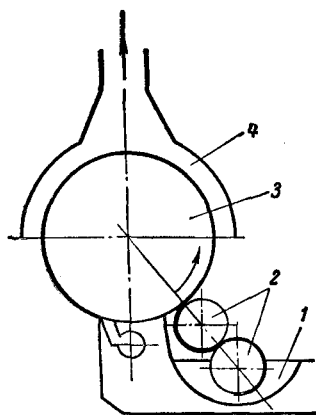


Рис. 129. Схема нанесения молока валиками:

1 — желоб с молоком; 2 — валики для нанесения молока; 3 — валек сушилки; 4 — зонт.

- $D$  — диаметр вальца, м;  
 $n$  — число оборотов вальца в минуту;  
 $\varphi$  — отношение рабочей части окружности вальца к полной ( $\varphi = 0,8 \div 0,85$ ).

### Правила эксплуатации вальцовых сушилок

Так как сухое молоко поглощает влагу из воздуха, то из цеха необходимо постоянно удалять влажный воздух.

Перед работой сушилку моют, смазывают трущиеся части привода, проверяют, нет ли посторонних предметов. Затем продувают вальцы паром для удаления воздуха, тщательно прогревают их и только после этого подают молоко.

При эксплуатации вальцовых сушилок необходимо следить за поверхностью вальцов. В случае царапин и задиrow нож прилегает неплотно, образуется пригар и снижается производительность сушилки.

Пленка продукта должна полностью и равномерно высушиться до снятия ее ножом. Если в процессе работы с вальцов снимается недостаточно сухая пленка (закручивается в трубку), то надо увеличить давление греющего пара, не превышая установленного максимального предела, при котором начинает «парить» предохранительный клапан, или уменьшить число оборотов вальцов. При образовании пересушенной пленки поступают наоборот.

В готовом сухом обезжиренном молоке влаги должно содержаться не более 5%. Причиной замедленной сушки часто является скапливание конденсата в вальцах, поэтому необходимо следить за работой конденсатоотводчиков.

Во время работы сушилки необходимо регулировать подачу молока на вальцы, чтобы получить нормально высушенную пленку, и следить, чтобы ножи плотно прилегали к вальцам.

При эксплуатации сушилки необходимо соблюдать правила техники безопасности.

После работы части, соприкасающиеся с молоком, тщательно моют горячей водой и содовым раствором. Вытертую насухо поверхность вальцов смазывают пищевым жиром. Ножи периодически затачивают на специальных заточных станках или токарных станках при помощи суппортно-шлифовального прибора.

Для увеличения производительности вальцовых сушилок к вальцам подают воздух, подогретый в калорифере до 70—80° С. Калорифер устанавливают в нижней части сушилки. При способе сушки, когда высушиваемая пленка продукта с одной стороны нагревается от горячей поверхности вальца, а с другой — от горячего воздуха, который поглощает и уносит испаренную влагу, значительно ускоряется процесс и улучшается качество продукта, так как чем меньше длится сушка, тем выше растворимость готового продукта.



По расходу пара сушка воздухом менее экономична, чем контактная. Следовательно, при использовании горячего воздуха удельный расход тепла на 1 кг испаренной влаги несколько больше, чем при одной контактной сушке. Для подогрева воздуха можно применять отработавший пар.

### Распылительные сушилки

Распылительные сушилки применяют для сушки цельного и обезжиренного молока. Получаемый молочный порошок хорошо растворяется (98%) и сохраняет первоначальные свойства молока.

Распылительная сушилка (рис. 130) устроена следующим образом. В сушильной башне (камере) 6 цилиндрической формы непрерывно поступающее молоко быстровращающимся диском 18 или форсункой распыляется на мельчайшие капельки. В башню подается горячий воздух (160—180° С), под действием которого мельчайшие частицы молока немедленно высыхают и падают на дно башни, откуда засасываются вместе с воздухом через вращающийся рукав, имеющий снизу продольное отверстие, в трубу 8 пневмотранспортера и следует в циклоны.

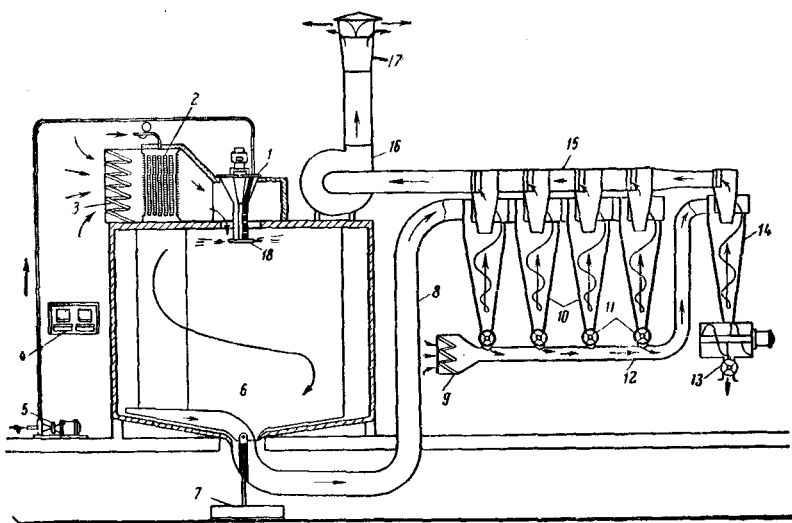


Рис. 130. Схема распылительной сушилки с центробежным (дисковым) распылением:

1 — патрубок для входа молока; 2 — калорифер; 3 — фильтр для воздуха; 4 — щит управления; 5 — насос; 6 — сушильная башня; 7 — привод уборочного механизма; 8 и 12 — пневмотранспортер (воздуховод) для подачи воздуха с сухим молоком в циклоны; 9 — фильтр для воздуха; 10 и 14 — циклоны для отделения сухого молока от воздуха; 11 и 13 — разгрузочные поворотные шиберы; 15 — воздуховод; 16 — вентилятор; 17 — вытяжная труба; 18 — распыливающий диск.

Воздух из циклонов удаляется вентилятором 16, а сухое молоко поступает в воздуховод 12, по которому транспортируется неподогретым воздухом в разгрузочный циклон 14. За время транспортировки по воздуховоду 12 сухое молоко охлаждается. Для лучшего охлаждения применяют охлажденный и предварительно обсушенный воздух. В циклонах порошок отделяется от воздуха. Воздух вентилятором выбрасывается наружу.

Сушильные башни распылительных сушилок обычно вертикальные. Сушилки с горизонтальной прямоугольной сушильной камерой, в которых распыливающие форсунки расположены с торцовой стороны, применяют редко.

Цилиндрические башни сушилок бывают двух видов: с плоским (порошок удаляется из башни с помощью специальных уборочных механизмов) или с коническим дном (порошок перемещается к центральному разгрузочному отверстию под действием силы тяжести).

Верхнее перекрытие у современных башен плоское.

Скорость сушки в большой степени зависит от величины частиц высушиваемого продукта (от величины поверхности испарения) и от скорости движения воздуха. Частицы продукта должны быть мелко раздроблены, а относительная скорость омывающего их воздуха большой.

Размер частиц распыленного молока колеблется от 20 до 100 *мкм*. Если считать, что все частицы сферической формы и одинакового диаметра ( $d$ ), то поверхность такой частицы

$$F = \pi d^2,$$

а объем ее

$$V = \frac{\pi d^3}{6}.$$

Отношение поверхности к объему составляет

$$\frac{F}{V} = \frac{6}{d},$$

откуда

$$F = \frac{6V}{d}$$

**Пример.** Если принять общий объем частиц равным 1 л (0,001  $m^3$ ), а диаметр их 50 *мкм*  $\left(\frac{50}{1000\ 000}\right)$ , то общая поверхность их

$$F = \frac{6 \cdot 1\ 000\ 000}{1000 \cdot 50} = 120\ m^2.$$

При диаметре частиц 25 *мкм* поверхность 1 л распыленного молока равна 240  $m^2$ .

При такой огромной поверхности контакта молока с горячим воздухом влага испаряется очень быстро. Воздух, отдавая тепло

на испарение влаги, быстро охлаждается до 75—90° С. Температура молока в зоне распыления не превышает 60° С. При контакте с горячим воздухом частицы молока нагреваются до 75—90° С.

При сушке воздухом весьма важным фактором является способность воздуха поглощать влагу, поэтому необходимо рассмотреть основные параметры воздуха, характеризующие его как сушильный агент.

Абсолютной влажностью воздуха называется масса водяного пара, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> сухого воздуха.

Относительная влажность воздуха представляет собой отношение количества действительно содержащегося в воздухе водяного пара к максимально возможному количеству его при данных температуре и давлении. Относительная влажность воздуха выражается обычно в процентах и обозначается через  $\phi$ . При полном насыщении воздуха влагой  $\phi=100\%$ , при отсутствии влаги в воздухе  $\phi=0$ .

Чем выше относительная влажность воздуха, тем меньше влаги он способен поглотить и тем меньше пригоден для сушки. Таким образом, относительная влажность воздуха характеризует способность воздуха поглощать влагу. Определяют ее психрометрами и гигрометрами.

Влагосодержанием воздуха называется количество водяных паров в воздухе, приходящееся на 1 кг сухого воздуха. Обозначают его через

$$d = \frac{W \text{ (г воды)}}{L \text{ (кг сухого воздуха)}}.$$

Теплосодержание влажного воздуха выражается уравнением

$$I = t + 0,001 d (2490 + 1,97 t), \quad (\text{VII—1})$$

где  $I$  — теплосодержание воздуха, кдж/кг;  
 $t$  — температура воздуха, °С [теплоемкость сухого воздуха равна 1 кдж/(кг·град)];  
 $d$  — влагосодержание, г/кг сухого воздуха;  
2490 — теплота парообразования при 0° С, кдж/кг;  
1,97 — теплоемкость перегретого пара, кдж/(кг·град).

Нагретый воздух, поступающий в сушилку, отдает часть тепла на испарение влаги из продукта. При этом температура его понижается. Образовавшийся из молока пар, поглотивший часть тепла, внесенного воздухом, остается в воздухе, увлажняя его. Поэтому теплосодержание воздуха, проходящего через сушилку, практически постоянно (без учета потерь).

Следовательно, воздух в распылительной сушилке — источник тепла и поглотитель влаги. Воздух, выходящий из сушилки, еще сравнительно сухой. Например, по выходе из распылительных сушилок его относительная влажность не превышает 18%.

Значит, как сушильный агент воздух используется недостаточно эффективно.

При нагревании в калорифере наружного воздуха температурой  $t_1$  и относительной влажностью  $\varphi_1$  до  $t_2$  его относительная влажность снижается до  $\varphi_2$ . Влагосодержание при этом не изменяется, т. е.  $d = \text{const}$ , а теплосодержание возрастает с  $I_1$  до  $I_2$ .

Когда воздух проходит сушилку, то изменяется его температура, относительная влажность и влагосодержание, а теплосодержание остается постоянным  $I = \text{const}$ . Для определения этих параметров пользуются  $I-d$ -диаграммой для влажного воздуха (рис. 131). Здесь расположены следующие параметры воздуха:

- $d = \text{const}$  — вертикальные линии постоянного влагосодержания;
- $t = \text{const}$  — линии постоянной температуры, расположенные наклонно вверх, слева направо;
- $\varphi = \text{const}$  — линии постоянной относительной влажности в виде пучка кривых, расходящихся вверх;
- $I = \text{const}$  — линии постоянного теплосодержания воздуха, идущие наклонно вниз, слева направо;
- $t_m = \text{const}$  — линии постоянной температуры по мокрому термометру, у которого шарик с ртутью обернут тканью, смоченной водой, пунктирные, идущие наклонно вниз.

Линия  $\varphi = 100\%$  показывает полное насыщение воздуха влагой при данной температуре. Выше этой линии находится область насыщенного влажного воздуха, а ниже — область, в которой водяной пар частично конденсируется из воздуха. При температуре  $99,4^\circ\text{C}$  линии  $\varphi = \text{const}$  имеют резкий перелом и идут вертикально вверх.

На  $I-d$ -диаграмме нанесена также линия парциального давления водяного пара  $p_n$ , которое зависит только от влагосодержания воздуха  $d$ . Значения парциальных давлений пара даны в мм рт. ст. справа.

Для определения состояния влажного воздуха надо знать два параметра, по которым, пользуясь  $I-d$ -диаграммой, можно установить все остальные.

**Пример.** Температура воздуха  $t = 20^\circ\text{C}$  и относительная влажность  $\varphi = 90\%$ . Его состояние будет характеризоваться на диаграмме точкой пересечения линий  $\varphi = 90\%$  и  $t = 20^\circ\text{C}$ . Найдя эту точку, определим другие параметры для данного воздуха: влагосодержание  $d = 13 \text{ г/кг}$ ; теплосодержание  $I = 12,5 \text{ ккал/кг}$  ( $12,5 \cdot 4,187 \text{ кДж/кг}$ ); парциальное давление водяного пара в воздухе (по вертикали вниз до линии «парциальное давление» и по горизонтали вправо)  $p_n \approx 15 \text{ мм рт. ст.} \approx 2000 \text{ н/м}^2$ .

Изменение состояния воздуха при нагреве и прохождении сушилки можно изобразить графически на  $I-d$ -диаграмме.

**Пример.** Температура наружного воздуха, поступающего в калорифер, по показаниям сухого термометра  $t = 15^\circ\text{C}$ , по показаниям мокрого  $t_m = 11^\circ\text{C}$ . На  $I-d$ -диаграмме находим точку пересечения линий  $t = 15^\circ\text{C}$  и  $t_m = 11^\circ\text{C}$  (точ-

ка А). По этой точке определяем остальные параметры воздуха, отметив их индексами 0: влагосодержание  $d_0=6,7$  г/кг; теплосодержание  $I_0=7,7$  ккал/кг ( $7,7 \cdot 4,187$  кдж/кг); относительная влажность  $\phi_0=60\%$ .

При нагревании воздуха в калорифере его влагосодержание остается постоянным и процесс на  $I-d$ -диаграмме изобразится вертикальной прямой  $d_0=\text{const}$ . Если воздух нагревается до  $160^\circ\text{C}$ , то состояние воздуха, выходящего из калорифера и поступающего в сушилку, характеризуется точкой пересечения вертикали, проведенной из точки А до линии  $t=160^\circ\text{C}$  (точка В).

Параметры нагретого воздуха будут следующие (отметим их индексом 1):  $d_1=d_0=6,7$  г/кг;  $I_1=43$  ккал/кг ( $43 \cdot 4,187$  кдж/кг);  $\phi_1 \approx 0$ ;  $t_1=160^\circ\text{C}$ .

Расход тепла на нагрев воздуха составит

$$I_1 - I_0 = 43 - 7,7 = 35,3 \text{ ккал/кг} \quad (35,3 \cdot 4,187 \text{ кдж/кг}).$$

Если тепло, внесенное в сушилку воздухом, расходуется только на испарение влаги (без потерь), то теплосодержание воздуха не изменяется, так как испаряющаяся влага будет поглощаться им же. При этом процесс на  $I-d$ -диаграмме изобразится прямой, параллельной линиям  $I=\text{const}$ .

Если воздух в сушилке увлажняется до  $\phi=18\%$ , то его параметры при выходе из сушилки характеризуются точкой пересечения линии  $\phi=18\%$  и  $I_2=43$  (точка С), в которой  $d_2=40,8$  г/кг;  $t_2=73^\circ\text{C}$ ;  $I_2=I=43$  ккал/кг ( $43 \cdot 4,187$  кдж/кг).

В действительности в сушилке неизбежны потери тепла в окружающую среду вследствие теплопередачи через стенку сушилки, а также на нагрев внутренних устройств сушилки и поступающего в нее продукта (если температура продукта при поступлении в сушилку ниже, чем при выходе).

Допустим для первого приближения, что потери тепла составляют 15% от количества тепла, затраченного на нагревание воздуха в калорифере, тогда потери составят  $0,15 (43-7,7) \approx 5,3$  ккал/кг ( $5,3 \cdot 4,187$  кдж/кг).

Отложив на  $I-d$ -диаграмме эту величину в виде прямой  $SE$ , проведем прямую  $VE$ , которая и будет характеризовать действительный процесс сушки.

Параметры воздуха, уходящего из сушилки, при той же конечной относительной влажности  $\phi=18\%$ , характеризуются точкой S, которой соответствует влагосодержание  $d_3=34,8$  г/кг и температура  $70^\circ\text{C}$ .

Количество влаги, поглощенной воздухом, составит

$$d_3 - d_1 = 34,8 - 6,7 = 28,1 \text{ г/кг.}$$

На испарение 1 кг влаги потребуется воздуха

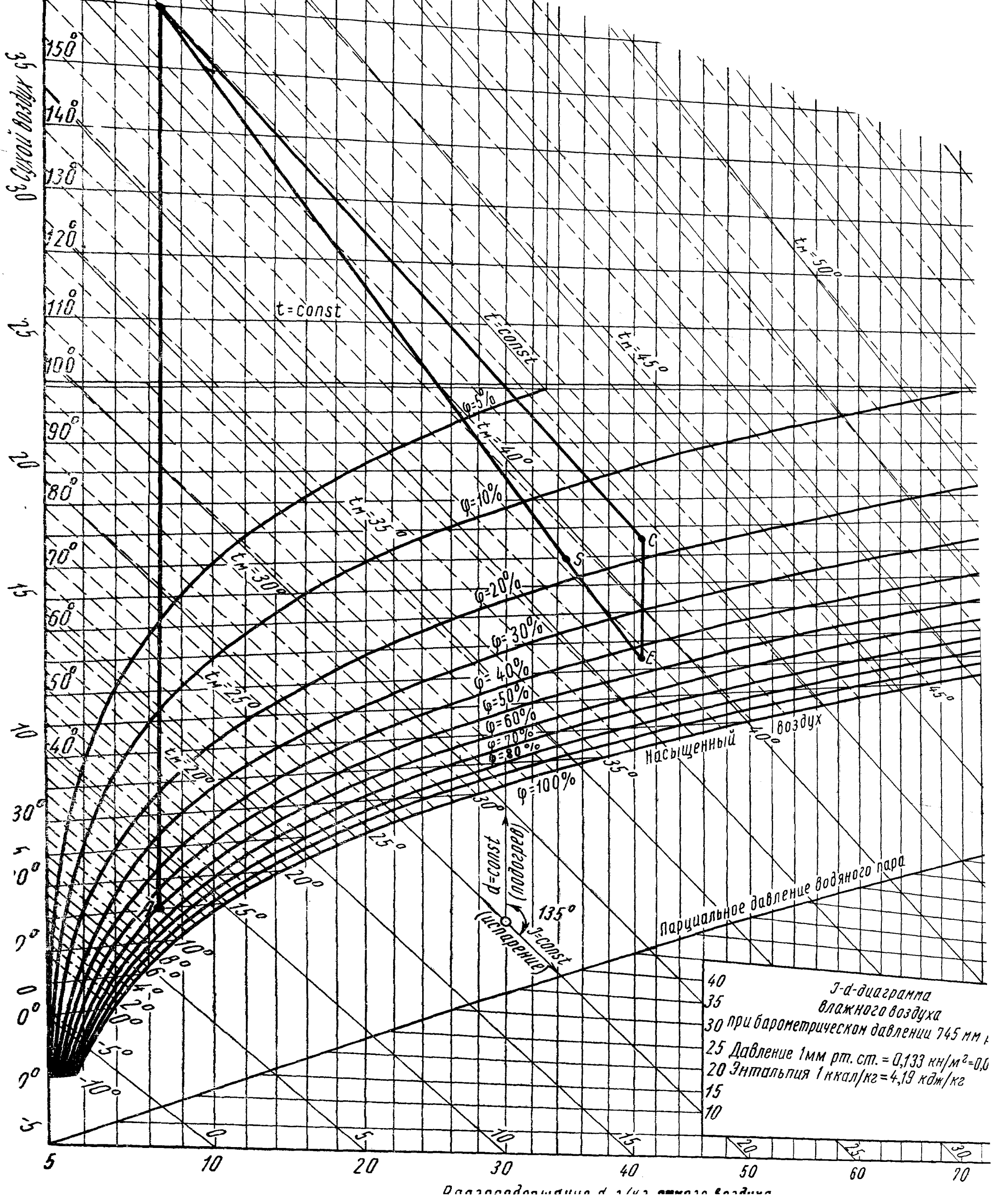
$$L = \frac{1000}{28,1} = 35,5 \text{ кг.}$$

Для нагрева этого воздуха затрачивается тепла

$$Q = L(I_1 - I_0) = 35,5 (43 - 7,7) \approx 1250 \text{ ккал/кг} \\ \text{испаренной влаги} \quad (1250 \cdot 4,187 \text{ кдж/кг}).$$

Теплота испарения воды (парообразования) при температуре уходящего воздуха  $70^\circ\text{C}$  равна  $557$  ккал/кг ( $557 \cdot 4,187$  кдж/кг). Как видно, расход тепла на нагрев воздуха более чем вдвое превышает количество тепла, потребного на испарение влаги.

Для экономии тепла и повышения производительности распылительных сушилок по готовому продукту молоко предварительно сгущают в вакуум-аппаратах до концентрации сухих веществ 40—50%. Сухое молоко содержит влаги около 3%. Чтобы получить сухое молоко с таким малым содержанием влаги, приходится воздух из сушилки выбрасывать с очень малой относительной влажностью (16—18%).



3-d-диаграмма  
 влажного воздуха  
 при барометрическом давлении 745 мм рт.ст.  
 Давление 1 мм рт.ст. = 0,133 кН/м<sup>2</sup> = 0,6  
 Энтальпия 1 ккал/кг = 4,19 кДж/кг

Давление 1 мм рт.ст. = 0,133 кН/м<sup>2</sup> = 0,6  
Энтальпия 1 ккал/кг = 4,19 кДж/кг

Производительность распространенных распылительных сушилок до 1000 кг испаренной влаги в час. Если сгущенное молоко, поступающее на сушку, содержит 48,5% сухих веществ, то производительность сушилки по готовому сухому продукту равна производительности по испаренной влаге.

По способу распыления продукта распылительные сушилки разделяют на форсуночные и дисковые (центробежные).

Распылительные устройства сушилок схематично представлены на рис. 132.

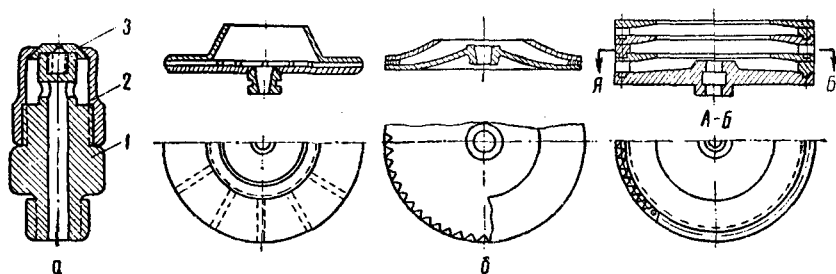


Рис. 132. Распылительные устройства сушилок:

а — форсунка; 1 — штуцер; 2 — колпачковая гайка; 3 — сменное сопло;  
б — распылительные диски.

Устройство форсунки (рис. 132, а) следующее. Осевого канал штуцера 1 заканчивается сверху коронкой, имеющей вид цилиндрической чашечки. В боковых стенках коронки сделаны два узких продольных паза, расположенных диаметрально противоположно и направленных по касательной к окружности.

Нижней нарезкой штуцер 1 ввинчивается в нагнетательную трубу. На верхнюю нарезку навинчивается колпачковая гайка 2, прижимающая при завинчивании сменное сопло 3 к коронке штуцера. В штуцере под коронкой расположены два поперечных круглых отверстия.

Продукт из осевого канала проходит через поперечные отверстия в полость между колпачковой гайкой и штуцером и через продольные пазы поступает в коронку. Здесь он приобретает вращательное движение и выбрасывается через центральное отверстие сопла 3 в сушильную башню. Под действием вращательного движения струи факел распыления приобретает вид конуса.

Отверстие форсунки должно соответствовать производительности сушилки. При эксплуатации отверстия изнашиваются, поэтому сопла форсунки сменные, изготовленные из закаленной стали.

Распылительные диски (рис. 132, б) различны по конструкции. На конец приводного вала их сажают с помощью центральной втулки. Продукт из подводящей трубы вливается в полость диска свободной струей.

## Форсуночные распылительные сушилки

Форсуночные распылительные сушилки (рис. 133) работают следующим образом. Сгущенное молоко поступает из вакуум-аппарата в ванну 1, затем трехплунжерным насосом 3 при давлении 120—130 кгс/см<sup>2</sup> подается в форсунку 10. Выходя из фор-

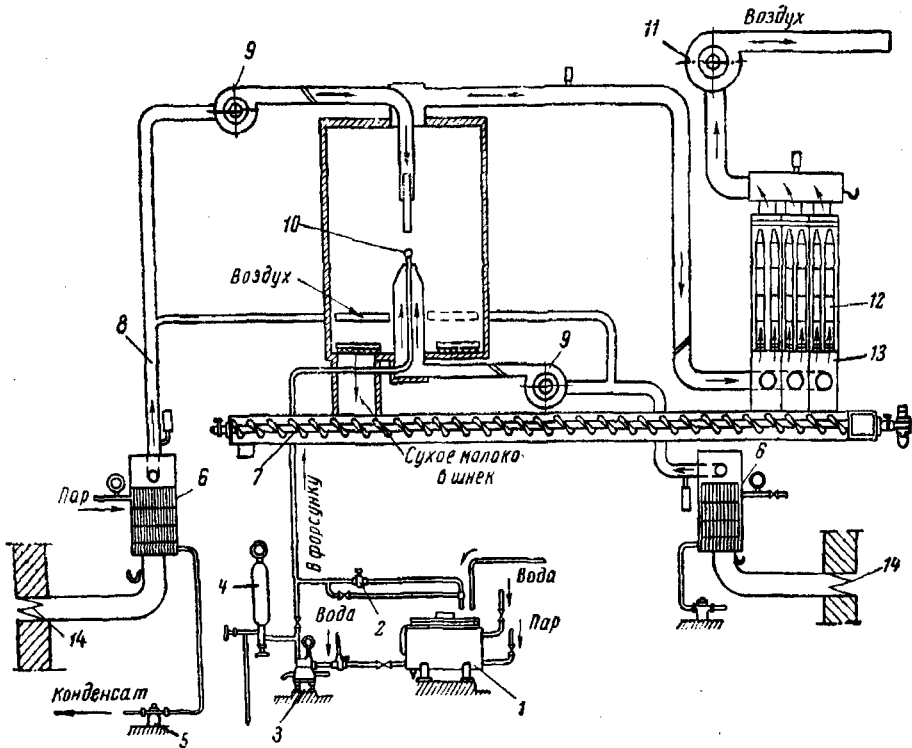


Рис. 133. Форсуночная распылительная сушилка:

1 — ванна для сгущенного молока; 2 — предохранительный клапан; 3 — насос высокого давления; 4 — воздушный баллон; 5 — конденсатотводчик; 6 — калорифер; 7 — шнек; 8 — воздуховод; 9 — пагнетательный вентилятор; 10 — форсунка; 11 — вытяжной вентилятор; 12 — фильтровальные рукава; 13 — фильтркамера; 14 — фильтр для воздуха.

сунки, распыленное молоко сушится горячим воздухом, и сухой порошок падает на дно башни.

Часть порошка уносится из башни воздухом в фильтркамеру 13, где улавливается матерчатыми рукавными фильтрами 12. При периодическом встряхивании рукавов порошок падает в шнековый транспортер. Готовый порошок удаляется со дна башни металлическими щетками, вращающимися вокруг оси башни и сметающими порошок в шахту. Из шахты сухое молоко поступает в шнековый транспортер 7 и отводится к месту упаковки. В шнековый транспортер поступает также порошок из фильтркамеры 13.



Воздух засасывается в башню через фильтры 14, где очищается от пыли. Затем он поступает в паровые калориферы 6, нагревается до 150—170° С и по воздуховодам подводится в сушильную башню в четырех местах (снизу под форсункой, сверху над форсункой и по двум плоским каналам, расположенным напротив друг друга в боковых стенках башни по касательной к ее окружности).

Количество горячего воздуха, подаваемого в сушильную башню, регулируют шиберами.

Воздух, обработавший в сушильной башне, частично охлажденный и увлажненный, удаляется из башни через фильтркамеру 13. В фильтркамере находятся матерчатые рукавные фильтры 12, через которые проходит воздух, оставляя порошок на внутренней поверхности рукавов.

Сушилку обслуживает один человек. Управление сосредоточено на одном пульте.

**Сушильная башня.** Внутренние стены башни изготовлены из листовой нержавеющей стали, покрыты снаружи слоем асбестовой ваты толщиной около 70 мм и обшиты стальными листами.

Башня установлена на кольцевом фундаменте. Под башней расположены нижний нагнетательный вентилятор, привод уборочного механизма и часть шнекового транспортера.

В центре башни помещена воздухораспределительная колонка, через которую подгужает воздух. Внутри колонки проходит трубопровод, подводящий к форсунке молоко. Внизу башни, у основания колонки, расположен механизм, приводящий во вращательное движение держатели щеток, которые сметают готовый порошок с пола башни в шахту шнекового транспортера. Пол башни выложен метлахской плиткой.

В сушильной башне интенсивно движется воздух, непрерывно поступающий из калориферов. Поток горячего воздуха, подаваемый нижним вентилятором, подводится в башню через колонку и выходит из ее верхней горловины.

Через верхний нагнетательный вентилятор горячий воздух поступает в башню по трубе, спускающейся сверху в центре башни, и направляется противоположно нижнему потоку воздуха.

Верхний и нижний потоки воздуха как бы сжимают находящийся между ними факел распыления молока и рассеивают его в горизонтальной плоскости. При этом распыленное молоко интенсивно смешивается с воздухом.

По двум плоским боковым каналам воздух поступает в башню благодаря разрежению в ней, создаваемому главным вытяжным вентилятором. Так как эти каналы расположены по касательной к окружности башни, то выходящий из них воздух приобретает вращательное движение, направленное по спирали

вверх. Это способствует лучшему использованию объема башни, выравниванию температуры и ликвидации мертвых зон.

Отработавший воздух уходит через цилиндрический сборник, расположенный на верхнем перекрытии башни и соединенный воздуховодом с фильтркамерой.

Частицы молока под действием силы тяжести стремятся вниз и, будучи еще влажными, попадают в зону вращательного движения воздуха, поступающего из боковых каналов. Увлеченный потоком воздуха порошок движется в низ башни по удлинённому круговому пути, завершая его в зоне свежего горячего воздуха, где окончательно высыхает и падает на дно.

**Форсунка.** Форсунка снабжена сменными колпачками с распылительными отверстиями разных диаметров, так как размер отверстия в колпачке надо подбирать в зависимости от производительности сушилки, вязкости молока и давления насоса.

**Фильтркамера.** Форма фильтркамеры сушилки прямоугольная. В ней вертикально расположены матерчатые рукавные фильтры. В нижней части ее имеется перекрытие с круглыми отверстиями, через которые в рукавные фильтры поступает подводимый в фильтркамеру отработавший воздух.

При прохождении через рукавные фильтры воздух очищается от частиц молока, которые оседают на внутренней поверхности фильтров, и уходит к вытяжному вентилятору.

Специальный, автоматически действующий механизм периодически встряхивает рукавные фильтры, освобождая их от порошка молока. Для лучшей очистки рукавных фильтров от порошка при встряхивании их воздух подается в обратном направлении (снаружи внутрь рукавов). Направление движения воздуха изменяется автоматически поворотными шиберами, соединенными со встряхивающим механизмом.

Фильтркамера разделена перегородками на три отсека, благодаря чему достигается непрерывность действия установки во время встряхивания и продувания рукавных фильтров. Встряхивают рукавные фильтры поочередно в каждом отсеке.

**Калориферы.** В сушильной установке находятся два калорифера, каждый из которых состоит из четырех секций. Пар под давлением подводится по паропроводу к двум верхним секциям калориферов, включенным параллельно. Затем последовательно проходит две нижние секции, полностью конденсируясь. Конденсат отводится через конденсатоотводчик и направляется в кофельную.

### **Дисковые распылительные сушилки**

Диски распылительных сушилок изготовляют из нержавеющей стали. Они приводятся во вращение от паровой турбины (отработавший пар используют в калориферах) либо от элек-

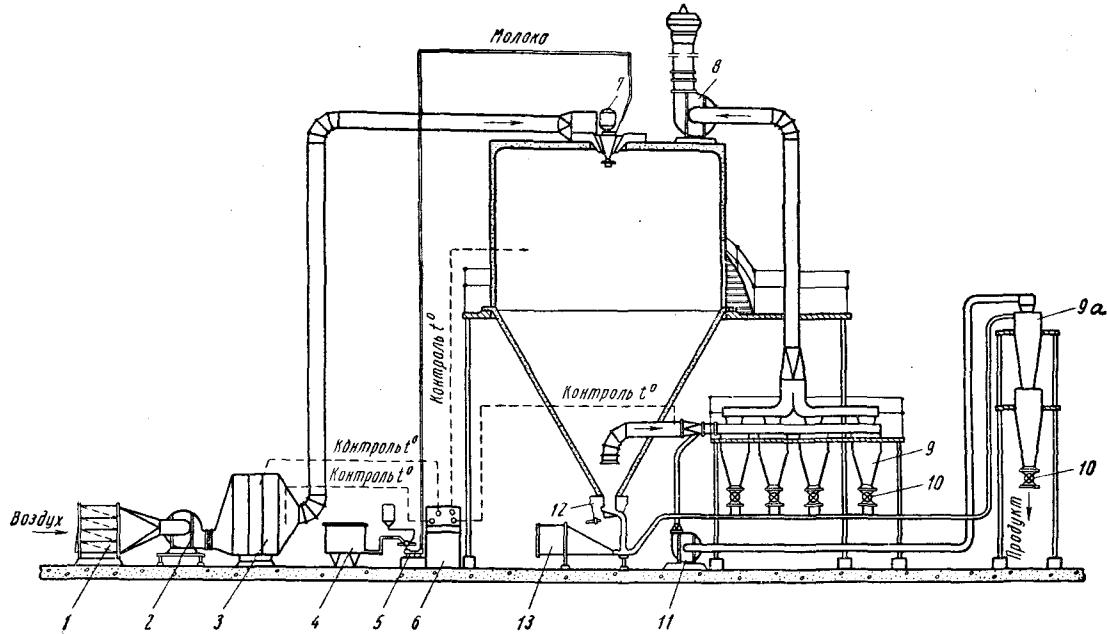


Рис. 134. Распылительная сушилка без уборочного механизма внутри башни:

1 и 13 — фильтры воздуха; 2 — нагнетательный вентилятор; 3 — калорифер; 4 — бак; 5 — насос с регулируемой подачей сгущенного молока в сушилку; 6 — щит управления; 7 — электродвигатель; 8 — вытяжной вентилятор; 9 — циклоны; 9а — разгрузочный циклон; 10 — шлюзы; 11 — вентилятор; 12 — вибратор.

электродвигателя через ременную передачу или редуктор. Скорость вращения дисков 6500—12 000 об/мин.

За последние годы распространение получили сушилки с приводом диска от электродвигателя (рис. 134). Привод размещается на верхнем перекрытии башни.

Сгущенное молоко из бака 4 подается насосом 5 с регулятором производительности в распыливающий диск. Диск вращается от электродвигателя 7 через повышающую скорость передачу.

Воздух проходит фильтр 1, вентилятором 2 подается в паровой калорифер 3 и при температуре 170—200° С поступает по кольцевому каналу над распыливающим диском в башню. Воздух и распыленный продукт движутся в башне сверху вниз (прямотоком). За время движения частицы молока высыхают и падают на коническое дно башни, откуда следуют к разгрузочному устройству.

Воздух из башни, содержащий часть молочного порошка, отводится в батарею циклонов 9, освобождается от порошка и выбрасывается вентилятором 8 наружу. Сухой продукт из циклонов 9 вместе с продуктом из башни поступает на разгрузочный циклон 9а, воздух из которого подается на повторную очистку в батарею циклонов 9.

Автоматически работающие шлюзы 10 выдают продукт из циклонов, исключая возможность подсоса наружного воздуха. Через фильтр 13 поступает воздух из цеха для пневматической транспортировки сухого порошка в разгрузочный циклон 9а.

Быстрорастворимое сухое молоко получают на дисковых сушилках, приведенных на рис. 135.

Сгущенное молоко насосом 1 направляется по трубопроводу в распылительный диск. Подача молока регулируется вариатором скорости насоса. Нагретый в калорифере до 170—180° С воздух поступает в башню над диском через воздухораспределитель 6. Распыленное молоко и воздух движутся в башне сверху вниз (прямотоком).

Сухие частицы молока падают на коническое дно башни и сползают вниз к разгрузочному шлюзу, который автоматически поворачивается, выгружая готовый порошок в воздуховод 17. Дальше порошок с воздухом поступает в батарею параллельно включенных циклонов. Здесь сухое молоко центробежной силой отбрасывается к стенкам и опускается под действием силы тяжести вниз к автоматически работающим шлюзам, а очищенный воздух через центральную трубу уходит в вытяжной вентилятор 7 и выбрасывается наружу.

Молочный порошок из шлюзов 15 ссыпается в воздуховод и вместе с поступающим через фильтр неподогретым воздухом транспортируется в разгрузочный циклон 14, где освобождается от воздуха и ссыпается через шлюз в тару.

Мелкие частицы сухого молока, витая в башне с потоками воздуха, засасываются в центральной части башни в воздуховод 9 и поступают в циклон 10, из которого вновь направляются в башню и поступают в зону распыления сгущенного молока.

Здесь мелкие частицы молока смешиваются с мелкими каплями сгущенного молока. Образовавшиеся более крупные час-

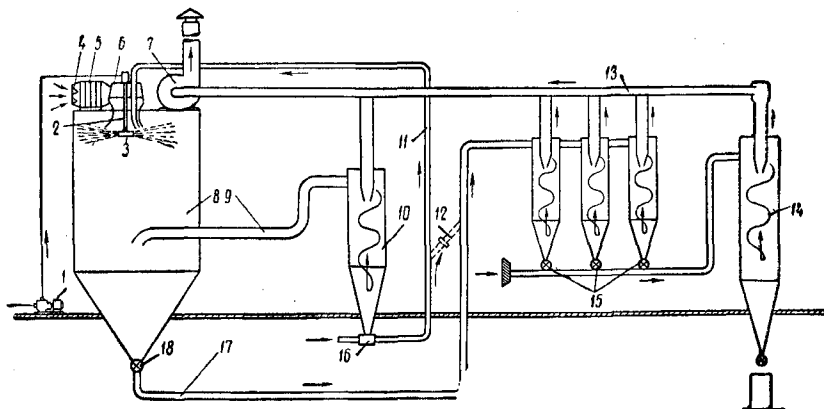


Рис. 135. Распылительная сушилка для получения быстрорастворимого сухого молока:

1 — насос; 2 — приводной вал диска; 3 — распылительный диск; 4 — фильтр; 5 — калорифер; 6 — воздухораспределитель; 7 — вентилятор; 8 — сушильная башня; 9 — воздуховод; 10 — циклон; 11 — возвратный воздуховод; 12 — соединительный патрубок; 13 — воздуховод отработанного воздуха; 14 — разгрузочный циклон; 15 и 18 — шлюзы; 16 — устройство для удаления порошка из циклона воздухом; 17 — воздуховод для транспортировки готового порошка.

гицы молока осаждаются на дно башни и выгружаются в воздуховод 17. Если не требуется получить молоко повышенной растворимости, то воздуховод 11 соединяется с воздуховодом 17 патрубком 12.

### Сушилки для казеина и молочного сахара

При сушке казеина и молочного сахара повышение температуры сушки ограничивается оплавлением поверхности высушиваемых частиц, затрудняющим дальнейшее выделение влаги.

Казеин и молочный сахар высушивают в сушилках периодического и непрерывного действия.

Сушилки периодического действия применяют шкафного типа с огневым (естественная вентиляция) или паровым калорифером (искусственная вентиляция).

Шкаф сушилки разделен на секции, в которых помещаются деревянные рамы (площадью 1 м<sup>2</sup>), обтянутые тканью. Рамы устанавливаются горизонтально одна над другой с промежут-

ками для прохода нагретого воздуха. Во время сушки продукт несколько раз перемешивают.

На рис. 136 приведена сушилка периодического действия шкафного типа с паровым калорифером. Шкаф состоит из двух секций, между которыми проходит воздух температурой 70—75° С из калорифера 9, расположенного сверху. Отработавший воздух уходит через трубу 5 или возвращается по трубе 6 в вентилятор 8 для повторного использования. Такая рециркуляция

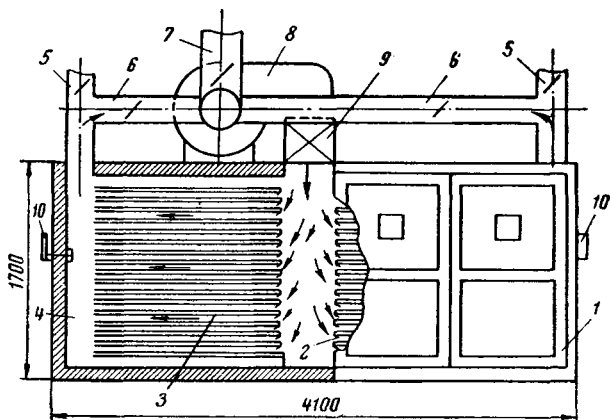


Рис. 136. Сушилка шкафная для казенна с паровым калорифером:

1 — сборник горячего воздуха; 2 — подвесные регулирующие шторы; 3 — сушильные рамы; 4 — сборник отработавшего воздуха; 5 — выбросная труба; 6 — возвратная труба; 7 — заборная труба свежего воздуха; 8 — вентилятор; 9 — паровой калорифер; 10 — психрометр.

сокращает расход пара. Количество воздуха, выбрасываемого наружу и возвращаемого в вентилятор для рециркуляции, регулируют шиберами.

Свежий воздух поступает по трубе 7. Количество его также регулируют шибером. Количественное соотношение свежего и отработавшего воздуха устанавливают в зависимости от влажности уходящего из отсека воздуха, проверяемой психрометром 10.

#### Техническая характеристика шкафной сушилки периодического действия

Производительность, кг испаренной влаги . . .	50
Продолжительность сушки одной закладки, ч . . .	4
Расход пара, кг/кг испаренной влаги	
без рециркуляции воздуха . . . . .	5
с рециркуляцией воздуха . . . . .	4
Габариты, мм	
длина . . . . .	4100
ширина . . . . .	1300
высота . . . . .	1700

К сушилкам непрерывного действия относятся ленточные (рис. 137). В сушильной камере 2 расположено несколько ленточных транспортеров с лентой из металлической сетки.

Высушиваемый казеин подается скребковым транспортером 1 в сушильную камеру на верхнюю ветвь ленточного транспортера 3, где слой его выравнивается. С верхнего транспортера казеин сыпается на транспортер, расположенный ниже, затем еще ниже и так до выхода из сушилки.

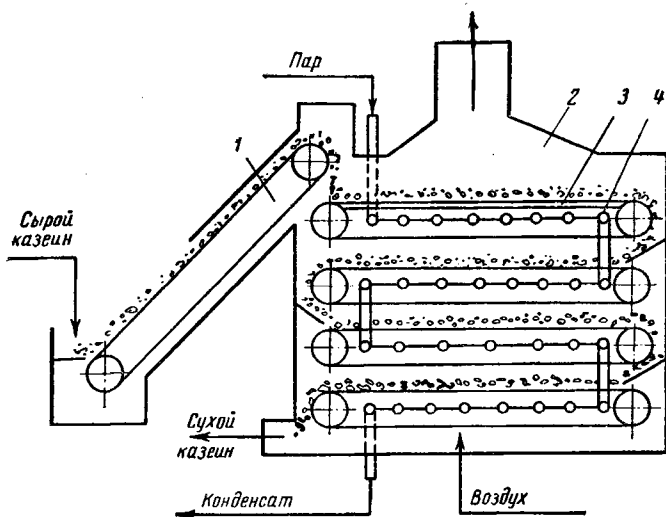


Рис. 137. Схема ленточной сушилки:

1 — подающий транспортер; 2 — сушильная камера; 3 — ленточный транспортер; 4 — промежуточные калориферы.

Воздух поступает снизу и движется вверх, пронизывая слой казеина. Воздух подается в сушильную камеру к нижнему транспортеру нагретым до  $75\text{--}80^\circ\text{C}$ . Проходя камеру 2, воздух подогревается промежуточными калориферами, расположенными между лентами транспортера. Это позволяет полностью использовать влагопоглощаемость воздуха, не выходя за пределы допустимой температуры.

Изменение параметров воздуха, проходящего ленточную сушилку и подогреваемого промежуточными калориферами, схематично (без учета потерь) показано на  $I-d$ -диаграмме (рис. 138). Точка А соответствует состоянию воздуха, поступающего в первый калорифер: температура  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $\varphi_0 = 70\%$ , влагосодержание  $d = 10\text{ г/кг}$ . Состоянию нагретого в первом калорифере воздуха соответствует точка В:  $t_1 = 80^\circ\text{C}$ ,  $I = 25,5\text{ ккал/кг}$ ,  $d = 10\text{ г/кг}$ .

После первого транспортера воздух охлаждается с 80 до 55° С и его параметры характеризует точка С;  $I=25,5$  ккал/кг,  $d=19,8$  г/кг. После подогрева в промежуточном калорифере температура воздуха повышается до 80° С, а теплосодержание — до 37,5 ккал/кг,  $d=19,8$  г/кг. После второго транспортера температура воздуха снижается до 55° С, а его влагосодержание увеличивается до  $d=29$  г/кг и т. д.

Экономичность сушки можно повысить рециркуляцией воздуха, когда часть отработанного воздуха смешивается со свежим.

Сушилki непрерывного действия бывают также барабанные (рис. 139). Стальной цилиндр (барабан) 3 расположен наклонно и вращается со скоростью 2—4 об/мин. На внутренней поверхности его находятся лопасти б, которыми казеин или молочный сахар пересыпаются в барабане.

Измельченный продукт непрерывно поступает в барабан и постепенно продвигается вдоль него. С этой же стороны подается горячий воздух. Отработавший воздух удаляется вентилятором. Интенсивное перемешивание и параллельное движение воздуха и продукта позволяют повы-

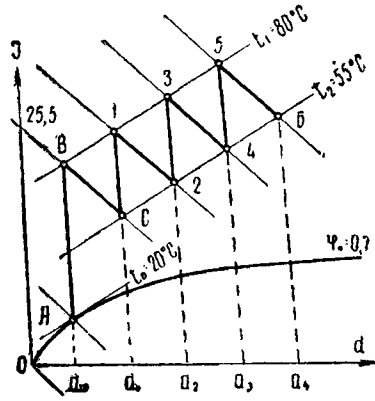


Рис. 138. Схема изменения параметров воздуха в ленточной сушилке в  $I-d$ -диаграмме.

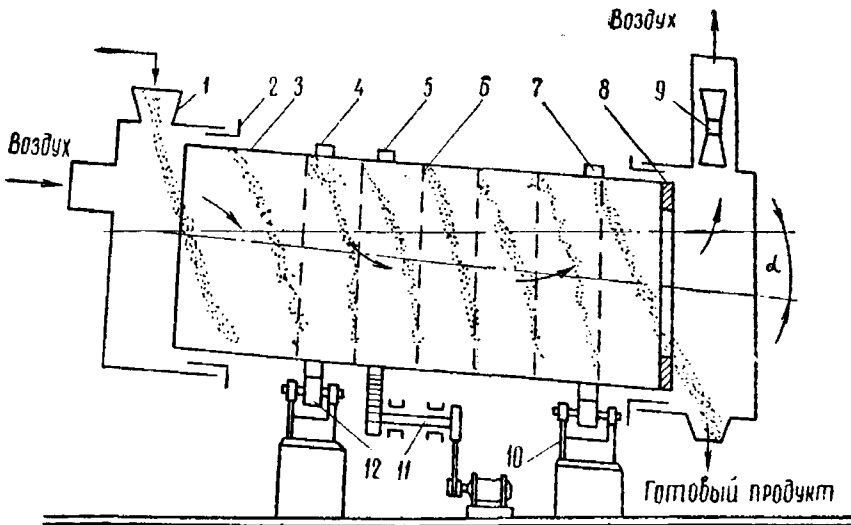


Рис. 139. Барабанная сушилка непрерывного действия:

1 — загрузочный бункер; 2 — уплотняющие кольца; 3 — стальной цилиндр (барабан); 4 и 7 — опорные реборды; 5 — шестерня; 6 — лопасти; 8 — подпорное кольцо; 9 — вентилятор; 10 и 12 — опорные ролики; 11 — приводной механизм.



шать температуру воздуха до 100° С без ущерба для качества продукта. Скорость движения воздуха в барабане около 1,5 м/сек, продолжительность сушки 45—55 мин.

### РАСЧЕТЫ СУШИЛОК

**Материальный баланс сушки.** Масса влажного продукта, загружаемого в сушилку, равна массе получаемого сухого продукта и испаренной влаги, т. е.

$$M_B = M_C + W, \quad (\text{VII—2})$$

где  $M_B$  — масса влажного продукта, кг;

$M_C$  — масса сухого продукта, кг,

$W$  — масса испаряемой влаги, кг.

Количество испаряемой влаги определяется по формулам

$$W = M_B - M_C;$$

$$W = M_B \frac{C_c - C_B}{C_c}; \quad (\text{VII—3})$$

$$W = M_C \frac{C_c - C_B}{C_B}, \quad (\text{VII—4})$$

где  $C_B$  — содержание сухих веществ во влажном продукте, %;  
 $C_c$  — содержание сухих веществ в сухом продукте, %.

Масса исходного (влажного) продукта

$$M_B = W \frac{C_c}{C_c - C_B}.$$

Подставив сюда значение  $W$  из формулы (VII—4), получим

$$M_B = M_C \frac{C_c}{C_B}. \quad (\text{VII—5})$$

Отсюда масса сухого продукта

$$M_C = M_B \frac{C_B}{C_c}.$$

Кроме того, количество сухого продукта можно определить по формуле

$$M_C = W \frac{C_B}{C_c - C_B}.$$

Количество испаряемой влаги, приходящееся на 1 кг массы исходного (влажного) продукта, находят по формуле

$$\frac{W}{M_B} = \frac{C_c - C_B}{C_c}. \quad (\text{VII—6})$$

Масса испаряемой влаги, приходящаяся на 1 кг массы готового сухого продукта, составляет

$$\frac{W}{M_C} = \frac{C_c - C_B}{C_B}. \quad (\text{VII—7})$$

**Расход пара.** На вальцовую сушилку расход пара определяется из уравнения теплового баланса

$$D = \frac{Wi + M_c c_c t_c - M_{cr} c_{cr} t_{cr}}{(i_p - c_k t_k) \eta}, \quad (\text{VII—8})$$

где  $D$  — расход пара, кг;  
 $W$  — масса испаренной влаги, кг;  
 $i$  — теплосодержание вторичного пара, кДж/кг ( $i = 2260$  кДж/кг);  
 $M_c$  — масса сухого молока, кг;  
 $c_c$  — теплоемкость сухого молока, кДж/(кг · град);  
 $t_c$  — температура сухого молока, °С;  
 $M_{cr}$  — масса сгущенного молока, поступающего на сушилку, кг;  
 $c_{cr}$  — теплоемкость сгущенного молока, кДж/(кг · град);  
 $t_{cr}$  — температура сгущенного молока, °С;  
 $i_p$  — теплосодержание греющего пара, кДж/кг;  
 $c_k$  — теплоемкость конденсата, кДж/(кг · град);  
 $t_k$  — температура конденсата, °С;  
 $\eta$  — коэффициент использования тепла ( $\eta \approx 0,85$ ).

**Пример.** Для вальцовой сушилки производительностью 200 кг испаренной влаги в час, работающей на сгущенном обезжиренном молоке концентрацией сухих веществ 35% и температурой  $t_{cr} = 50^\circ \text{C}$ , теплоемкость  $c_{cr} = 3,6$  кДж/(кг · град). Теплоемкость сухого молока  $c_c = 2,1$  кДж/(кг · град), температура  $90^\circ \text{C}$ . Параметры греющего пара следующие: давление  $P_{изб} = 4,9$  кгс/см<sup>2</sup>, теплосодержание  $i_p = 656 \cdot 4,187$  кДж/кг. Теплоемкость конденсата  $4,187$  кДж/(кг · град), температура его  $120^\circ \text{C}$ ,  $\eta = 0,85$ .

Приняв содержание сухих веществ в сухом молоке 95%, находим, что количество сухого продукта

$$M_c = \frac{200 \cdot 35}{95 - 35} = 117 \text{ кг.}$$

Масса сгущенного молока

$$M_{cr} = 117 + 200 = 317 \text{ кг.}$$

Расход пара определяют из формулы (VII—8)

$$D = \frac{200 \cdot 2260 + 117 \cdot 2,1 \cdot 90 - 317 \cdot 3,6 \cdot 50}{(656 \cdot 4,187 - 4,187 \cdot 120) 0,8} = 220 \text{ кг/ч.}$$

**Потребная мощность.** Для вальцовых сушилок потребную мощность определяют по формуле

$$N = \frac{\pi D n P l z (1 + \mu \operatorname{tg} \alpha)}{60 \cdot 1000 \eta_m}, \quad (\text{VII—9})$$

где  $N$  — потребная мощность, кВт;  
 $D$  — диаметр вальца, м;  
 $n$  — число оборотов вальца в минуту;  
 $P$  — сила, потребная для срезания пленки, на 1 м длины ножа, н/м (для сушилок с нанесением молока наливом  $P = 300$ , для сушилок с нанесением молока распылением  $P = 200$ );

$l$  — длина ножа, м;  
 $z$  — число вальцов;  
 $\mu$  — коэффициент трения (для стали по чугуна  $\mu=0,18$ );  
 $\alpha$  — угол наклона ножа к касательной вальца ( $\alpha=30\div 45^\circ$ );  
 $\eta_m$  — механический к.п.д. ( $\eta_m=0,8\div 0,85$ ).

**Пример.** Определить требуемую мощность для двухвальцово́й сушилки с нанесением молока распылением. Диаметр вальца 0,8 м, длина 1 м. Число оборотов вальца 30 в минуту;  $\alpha=40^\circ$ .

Приняв  $\eta_m=0,8$ , найдем по формуле (VII—9)

$$N = \frac{3,14 \cdot 0,8 \cdot 30 \cdot 200 \cdot 1 \cdot 2 (1 + 0,18 \cdot 0,839)}{60 \cdot 1000 \cdot 0,8} = 7 \text{ квт.}$$

**Расход воздуха на сушку.** Для распылительных сушилок расход воздуха определяется из формулы

$$L = \frac{1000W}{d_2 - d_1}, \quad (\text{VII—10})$$

где  $L$  — расход воздуха, кг;  
 $W$  — количество испаренной влаги, кг;  
 $d_1$  и  $d_2$  — влагосодержание воздуха в начале и конце сушки, г/кг сухого воздуха.

**Расход тепла на нагрев воздуха.** Количество тепла, идущее на нагрев воздуха в калорифере

$$Q_{\text{возд}} = L (I_1 - I_0), \quad (\text{VII—11})$$

где  $Q_{\text{возд}}$  — расход тепла на нагрев воздуха, кдж;  
 $L$  — расход воздуха на сушку, кг;  
 $I_0$  и  $I_1$  — теплосодержание воздуха до и после калорифера, кдж/кг.

**Расчет форсунки и диска.** Скорость распыливаемой жидкости, выходящей из форсунки или отверстий диска, должна быть 120—160 м/сек.

Чтобы получить такую скорость, жидкость должна подаваться в форсунку под давлением

$$p = \frac{v^2 \rho}{2 \varphi^2}, \quad (\text{VII—12})$$

где  $p$  — давление, н/м<sup>2</sup>;  
 $v$  — скорость струи, м/сек;  
 $\rho$  — плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\varphi$  — коэффициент истечения ( $\varphi=0,7\div 0,8$ ).

**Пример.** Определить, под каким давлением жидкость должна подаваться в форсунку, если  $v=130$  м/сек,  $\rho=1100$  кг/м<sup>3</sup>,  $\varphi=0,8$ . Давление рассчитываем по формуле (VII—12)

$$p = \frac{130^2 \cdot 1100}{2 \cdot 0,64} = 145 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2.$$

При дисковом распылении, зная скорость распыливаемой жидкости, число оборотов диска находят по формуле:

$$n = \frac{60v}{\pi D},$$

где  $n$  — число оборотов диска в минуту;  
 $D$  — диаметр диска,  $m$ .

**Пример.** При диаметре диска 300  $mm$  и скорости жидкости 130  $m/сек$  число оборотов составит

$$n = \frac{60 \cdot 130}{3,14 \cdot 0,3} \approx 8700 \text{ об/мин.}$$

Диаметр сопла форсунки определяется по объемному количеству и скорости молока, проходящего через форсунку,

$$d = \sqrt{\frac{4M}{\pi v}}, \quad (\text{VII—13})$$

где  $M$  — количество молока,  $m^3/сек$ ;  
 $d$  — диаметр сопла форсунки,  $m$ ;  
 $v$  — скорость молока,  $m/сек$ .

Мощность плунжерного насоса для подачи жидкости в распыливающую форсунку находят по формуле

$$N = \frac{Mp}{3,6 \cdot 10^6 \eta_m},$$

где  $N$  — мощность насоса,  $kвт$ ;  
 $M$  — количество жидкости,  $кг/ч$ ;  
 $p$  — давление жидкости в форсунке,  $n/m^2$ ;  
 $\rho$  — плотность жидкости,  $кг/m^3$ ;  
 $\eta_m$  — механический к.п.д. ( $\eta_m \approx 0,7$ ).

**Объем сушильной башни.** Его находят по следующим формулам:

для башни с плоским дном ( $H = 1 \div 1,2 D$ )

$$V = \frac{\pi D^3}{4} H;$$

для башни с коническим дном ( $H = 0,5 \div 0,9 D$ )

$$V = \frac{\pi D^3}{4} \left( H + \frac{H_k}{3} \right),$$

где  $V$  — объем башни,  $m^3$ ;  
 $H$  — высота цилиндрической части башни,  $m$ ;  
 $H_k$  — высота конической части башни,  $m$  ( $H_k = 0,85 D$ );  
 $D$  — диаметр башни,  $m$ .

Объем сушильной башни зависит от количества испаряемой влаги, температуры поступающего воздуха и других факторов, к которым относятся степень распыления продукта, интенсивность смешивания распыленных частиц с воздухом и т. д.

Приближенно можно считать, что

$$V = \frac{W}{q}, \quad (\text{VII—14})$$

где  $W$  — количество испаряемой влаги, кг/ч;  
 $q$  — напряжение объема сушильной башни по испаренной  
 влаге (паросъем с 1 м<sup>3</sup> башни в час), кг/(м<sup>3</sup> · ч) ( $q =$   
 $= 4 \div 8$ ).

## ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУШИЛОК

### Фильтры

Наружный воздух перед калориферами распылительных сушилок очищают на масляных (кассетных) фильтрах. Они представляют собой плоские металлические кассеты с сетчатыми широкими стенками. Кассеты заполнены металлическими или фарфоровыми кольцами, либо металлическими перфорированными ячеистыми листами.

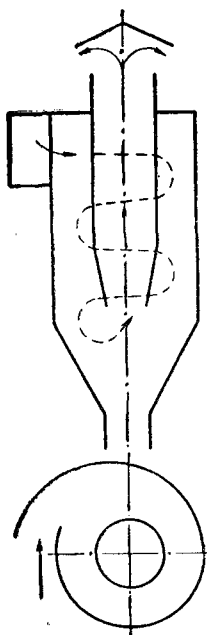
Фильтрующая поверхность смочена липким высоковязким висциновым маслом (смесь машинного масла, глицерина и каустической соды). Когда через фильтр проходит воздух, то пыль оседает на липкой масляной поверхности. Кассеты периодически промывают, чтобы удалить осадок пыли.

Воздух, выходящий из распылительных сушилок, от молочного порошка очищают в матерчатых рукавных фильтрах. Изготавливают их из ворсистой ткани (бумазеи, бязи и т. д.), поэтому на них задерживается до 99% частиц молока, содержащихся в фильтруемом воздухе.

Потребную поверхность фильтров определяют по формуле

$$F = \frac{L}{l}, \quad (\text{VII—15})$$

Рис. 140. Схема циклона.



где  $F$  — поверхность фильтров, м<sup>2</sup>;  
 $L$  — количество воздуха, подлежащего  
 фильтрации, м<sup>3</sup>/ч;  
 $l$  — удельная нагрузка на фильтр,  
 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup> · ч) (для бумазейных и шерстяных фильтров  $l \leq$   
 200).

В последние годы воздух от молочного порошка очищают преимущественно в циклонах (рис. 140).

Воздух из сушилки поступает в верхнее боковое прямоугольное отверстие и движется по спирали в низ циклона. Под действием возникающей при этом центробежной силы частицы молока, как более тяжелые, отбрасываются к стенкам циклона, затем под действием силы тяжести опускаются вниз к разгрузочному отверстию. Очищенный воздух по центральной трубе циклона выходит вверх. Скорость входящего воздуха около 15 м/сек, выходящего (в центральной трубе) — 5 м/сек.

### Калориферы

Воздух нагревают в стальных пластинчатых калориферах с паровым обогревом средней модели КФС или большой модели КФБ.

Пластинчатый калорифер (рис. 141) состоит из двух коллекторов 1, соединенных трубками 2, концы которых вделаны в трубные решетки коллекторов. На трубки плотно надеты и припаяны пластины 3 из листовой стали толщиной около 1 мм.

Количество труб и пластин подбирают так, чтобы площадь живого сечения для прохода воздуха составила примерно 40% площади сечения калорифера. Пластины позволяют создать развитую поверхность теплоотдачи. Воздух проходит между пластинами попеременно труб.

Патрубки коллекторов установлены для подвода пара и отвода конденсата. Патрубок 4 для ввода пара расположен в средней или верхней части коллектора, а патрубок для выхода конденсата — внизу коллектора.

Коллектор состоит из двух частей: трубной решетки в виде толстой стальной пластины с отверстиями, в которые ввальцованы или сварены концы труб, и крышки в виде штампованной или сварной стальной коробки с патрубком. Обе части коллектора соединены по периметру болтами с прокладкой паронита для герметичности соединения или сваркой.

Калориферы подбирают по тепловой нагрузке, руководству-

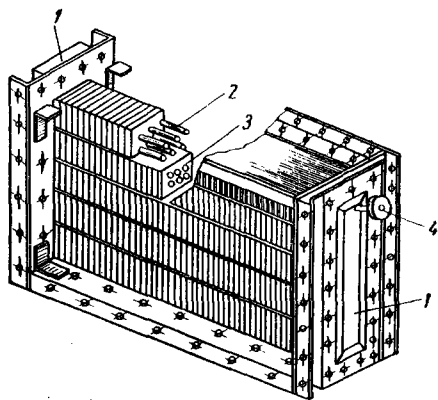


Рис. 141. Пластинчатый калорифер:

1 — коллекторы; 2 — трубки; 3 — пластины;  
4 — патрубок для ввода пара.

ясь справочниками. При подборе определяют требуемую поверхность нагрева калорифера по формуле

$$F = \frac{Q}{3600k(t_n - t_{в.ср})}, \quad (\text{VII—16})$$

где  $F$  — требуемая поверхность нагрева,  $m^2$ ;  
 $Q$  — потребное количество тепла для нагрева воздуха,  $дж/ч$ ;  
 $k$  — коэффициент теплопередачи,  $вт/(m^2 \cdot град)$ ;  
 $t_n$  — температура пара,  $^{\circ}C$ ;  
 $t_{в.ср}$  — средняя температура воздуха в калорифере,  $^{\circ}C$ , которую находят по формуле

$$t_{в.ср} = \frac{t_{в.в} + t_{в.п}}{2},$$

здесь  $t_{в.п}$  и  $t_{в.в}$  — температура воздуха, поступающего в калорифер и выходящего из него,  $^{\circ}C$ .

Количество тепла для нагрева воздуха рассчитывают по формуле

$$Q = Lc(t_{в.в} - t_{в.п}) 1,2,$$

где  $L$  — количество воздуха,  $кг/ч$ ;  
 $c$  — теплоемкость воздуха,  $дж/(кг \cdot град)$  ( $c = 1000$ );  
 $t_{в.п}$  и  $t_{в.в}$  — температура поступающего в калорифер и выходящего из него воздуха,  $^{\circ}C$ ;  
 1,2 — коэффициент запаса.

Приняв для первого приближения определенное среднее значение массовой скорости воздуха в живом сечении калорифера  $v\rho$  [ $кг/(сек \cdot m^2)$ ], по табл. 13 находят коэффициент теплопередачи  $k$ . Затем находят требуемую поверхность нагрева и подбирают по табл. 14 калорифер. После этого проверяют принятое значение массовой скорости

$$v\rho = \frac{L\rho}{3600f}, \quad (\text{VII—17})$$

где  $v\rho$  — массовая скорость;  
 $L$  — часовой расход воздуха,  $кг/ч$ ;  
 $\rho$  — плотность воздуха,  $кг/m^3$ ;  
 $f$  — живое сечение калорифера для прохода воздуха,  $m^2$ .

Таблица 13

Модель калорифера	Темлоноситель	Коэффициент теплопередачи $k$ [в $вт/(m^2 \cdot град)$ ] при массовой скорости воздуха в живом сечении $v\rho$ , $кг/(m^2 \cdot сек)$															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
КФС	Пар	18,2	21,2	23,3	25,4	27,0	28,8	30,0	31,8	32,7	34,1	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0	
КФБ	Пар	15,6	18,3	20,2	22,7	24,6	26,2	27,0	29,3	30,6	31,8	33,0	34,5	35,2	36,4	37,1	

Таблица 14

Номер калорифе- ра КФС и КФБ	Поверхность нагрева калорифера, м <sup>2</sup>		Живое сечение, м <sup>2</sup>			Масса, кг	
	КФС	КФБ	для воздуха	для пара		КФС	КФБ
				КФС	КФБ		
1	7,25	9,3	0,0845	0,0046	0,0061	37,4	46,2
2	9,9	12,7	0,115	0,0046	0,0061	46,0	57,2
3	13,2	16,9	0,154	0,0061	0,0082	59,1	74,0
4	16,7	21,4	0,195	0,0061	0,0082	70,5	88,5
5	20,9	26,8	0,244	0,0076	0,0102	87,4	103,4
6	25,3	32,4	0,295	0,0076	0,0102	101,5	127,3
7	30,4	38,9	0,354	0,0092	0,0122	123,1	154,0
8	35,7	45,7	0,416	0,0092	0,0122	139,7	175,0
9	41,6	53,3	0,486	0,0107	0,0143	160,6	202,0
10	47,8	61,2	0,558	0,0107	0,0143	179,7	226,5
11	54,6	69,9	0,638	0,0122	0,0163	205,6	258,9
12	61,6	79,0	0,720	0,0122	0,0163	227,0	286,2
13	69,3	88,8	0,810	0,0138	0,0184	253,3	319,3
14	77,3	99,0	0,903	0,0138	0,0184	277,7	350,0

**Пример.** Требуется нагреть за 1 ч 4000 кг воздуха от температуры 10 до 90° С. Температура пара 150° С.

Средняя температура воздуха

$$t_{в.ср} = \frac{10 + 90}{2} = 50^\circ \text{С.}$$

Потребное количество тепла для нагрева воздуха

$$Q = 4000 \cdot 1000 (90 - 10) 1,2 = 3840 \cdot 10^5 \text{ дж/ч.}$$

или

$$= \frac{3840}{3600} \cdot 10^5 = 1,07 \cdot 10^5 \text{ вт} \left( \frac{1,07 \cdot 10^5}{1,163} = 92000 \text{ ккал/ч} \right).$$

Задаемся массовой скоростью воздуха, равной 5 кг/(м<sup>2</sup>·сек), тогда для калорифера средней модели КФС по табл. 13  $k=25,4 \text{ вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$  или 21,8 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·град).

Следовательно, по формуле (VII—16)

$$F = \frac{3840 \cdot 10^5}{3600 \cdot 25,4 (150 - 50)} = 42 \text{ м}^2.$$

По табл. 14 принимаем два калорифера КФС-5 (при последовательном включении их) с общей поверхностью нагрева  $F=20,9 \times 2=41,8 \text{ м}^2$ . Живое сечение этих калориферов  $f=0,244 \text{ м}^2$ .

Массовую скорость воздуха проверяем по формуле (VII—17)

$$v\rho = \frac{4000 \cdot 1,1}{3600 \cdot 0,244} = 5 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{сек)},$$

что совпадает с предварительно принятым значением  $v\rho$ .

Сопротивление проходу воздуха в калорифере КФС-5 находят по табл. 15.



Модель калори- фера	Сопrotивление проходу воздуха $H$ (в $\text{н}/\text{м}^2$ ) при массовой скорости воздуха в живом сечении $v$ , $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сек})$															
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
КФС	3,9	8,8	13,7	20,6	28,5	37,3	47,0	57	68,6	81,5	95,0	109	125	141	158	
КФБ	5,9	1,2	18,6	27,5	37,3	49,0	61,0	75,5	91,7	10,6	124,5	143	160	178	200	

Для двух последовательно включенных калориферов сопротивление воздуха составит

$$H = 20,6 \cdot 2 = 41,2 \text{ н}/\text{м}^2 \quad (4,2 \text{ кг}/\text{м}^2).$$

Расход пара находим по формуле

$$D = \frac{Q}{i - ct_k},$$

где  $D$  — расход пара,  $\text{кг}/\text{ч}$ ;  
 $Q$  — потребное количество тепла,  $\text{кдж}/\text{ч}$ ;  
 $i$  — теплосодержание пара,  $\text{кдж}/\text{кг}$ ;  
 $c$  — теплоемкость конденсата,  $\text{кдж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ ;  
 $t_k$  — температура конденсата,  $^\circ\text{C}$ .

Следовательно,

$$D = \frac{3840 \cdot 100}{656 \cdot 4,187 - 4,187 \cdot 100} = 164 \text{ кг}/\text{ч},$$

где 656 — теплосодержание сухого насыщенного пара при температуре  $150^\circ\text{C}$ ,  $\text{ккал}/\text{кг}$ ;

100 — температура конденсата,  $^\circ\text{C}$ ;

4,187 — переводный коэффициент,  $\text{ккал}/\text{кг}$  ( $\text{кдж}/\text{кг}$ ).

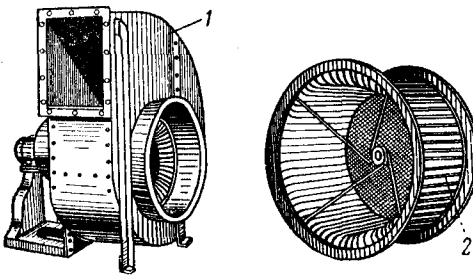


Рис. 142. Центробежный вентилятор:

1 — корпус; 2 — рабочее колесо.

## Вентиляторы

Для сушильных установок применяют центробежные вентиляторы.

Центробежный вентилятор (рис. 142) состоит из стального улиткообразного корпуса 1 с круглым центральным входом и прямоугольным выходом.

В корпусе вращается колесо 2 в виде цилиндра, боковые стенки которого состоят из узких стальных полосок, наклоненных в сторону вращения.

Принцип работы центробежного вентилятора такой же, как и центробежного насоса. Воздух поступает через всасывающий патрубок внутрь быстровращающегося рабочего колеса 2. Проходя между ребрами, он приобретает большую скорость, благодаря чему повышается давление воздуха, выходящего из вентилятора.

По величине создаваемого напора вентиляторы подразделяют на следующие три группы:

Низкого давления до $1 \text{ кн/м}^2$	(100 мм вод. ст.)
Среднего давления от 1 до $3 \text{ кн/м}^2$	(100—300 мм вод. ст.)
Высокого давления от 3 до $15 \text{ кн/м}^2$	(300—1500 мм вод. ст.)

В молочной промышленности применяют главным образом центробежные вентиляторы низкого и среднего давления.

Вентиляторы подбирают по статическому напору. Статический напор, создаваемый вентилятором, должен преодолевать все сопротивления на пути движения воздуха (в калориферах, воздуховодах, фильтрах и т. п.).

Для предотвращения шума во время работы вентилятора его присоединяют к воздуховодам небольшими эластичными рукавами, концы которых плотно соединяются с воздуховодами и патрубками вентилятора. Кроме того, станину вентилятора устанавливают на упругие подкладки.

Чтобы уменьшить производительность вентилятора (без изменения числа оборотов), прикрывают шибер в нагнетательном воздуховоде. Следует иметь в виду, что чем больше прикрыт шибер в нагнетательном воздуховоде, тем меньше потребная мощность.

## Глава VIII

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОРОЖЕНОГО

Составление и обработку смеси для мороженого до фризирования (пастеризация, гомогенизация, охлаждение, выдержка) производят на оборудовании, рассмотренном в предыдущих главах. Например, смесь составляют и пастеризуют в ваннах длительной пастеризации (ВДП), гомогенизируют в гомогенизаторах или эмульсорах, охлаждают в охладителях, а выдерживают в ваннах или танках.

Когда вырабатывают небольшую порцию мороженого, то составляют смесь, пастеризуют и охлаждают ее в заквасочниках.

Остальные операции (фризерование смеси, расфасовку, закалку и упаковку) выполняют на специальном оборудовании.

#### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФРИЗЕРОВАНИЯ СМЕСИ

Фризирование смеси мороженого проводят в мороженицах и фризерах. Они представляют собой металлические охлаждаемые цилиндры с мешалками. Здесь смесь охлаждается до  $-4 \div -6^{\circ}\text{C}$ . При этом замерзает часть воды (от 17 до 62%) и образуется тонкий слой льда на холодной поверхности цилиндра.

Ножи на мешалках, прилегающие к стенкам цилиндра, непрерывно снимают образующийся лед в процессе работы. Мешалками смесь постоянно перемешивается и лед распределяется в обрабатываемой массе в виде мельчайших частиц, размер которых увеличивается при закалке мороженого.

#### Мороженицы

На небольших предприятиях смесь фризуют в мороженицах. Работают они на льдосоляном растворе. Выпускают мороженицы с нижним и верхним приводом.

На рис. 143 изображена мороженица МП-3-62 с нижним приводом от электродвигателя через клиноременную передачу. Конец вертикального приводного вала 10 входит в изолированную ванну с льдосоляной смесью через сальник. Ванна имеет термоизоляцию и трубу с краном 9 для спуска рассола. Рабочий цилиндр легко снимается с приводного вала и извлекает из ванны для мойки. Внутри рабочего цилиндра расположена мешалка 2

с ножами. Во время работы ножи снимают замороженный слой со стенок цилиндра и с помощью мешалки перемешивают его с общей массой.

Перед началом работы в ванну 3 заливают рассол, содержащий 25—29% поваренной соли, и засыпается мелко наколотый лед. По мере таяния льда и снижения концентрации соли часть

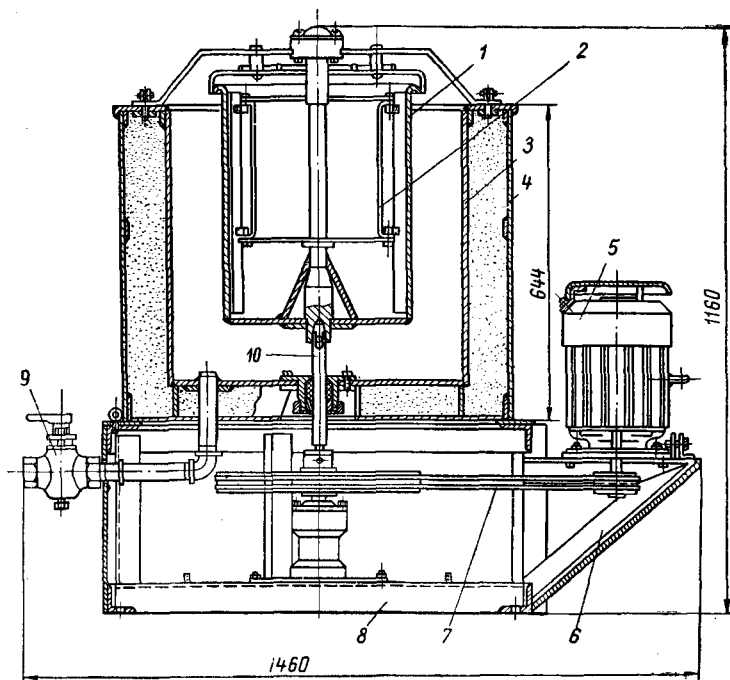


Рис. 143. Мороженица приводная МП-3-62:

1 — рабочий цилиндр; 2 — мешалка с ножами; 3 — холодильная ванна; 4 — защитный кожух; 5 — электродвигатель; 6 — кронштейн; 7 — клиноременная передача; 8 — станина; 9 — сливной кран; 10 — приводной вал.

хладагента удаляют через спускной кран 9, а в ванну добавляют необходимое количество соли и льда.

Взбитое мороженое из рабочего цилиндра перекалывают в гильзу и направляют в холодильную камеру для закалки.

#### Техническая характеристика мороженицы

Емкость рабочего цилиндра, л . . . . .	55
Единовременная загрузка, л . . . . .	20
Продолжительность взбивания, мин . . . . .	23
Часовая производительность, кг . . . . .	40
Число оборотов цилиндра в минуту . . . . .	155
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	1

## Фризеры

Цилиндры фризеров, в которых замораживается и взбивается смесь, закреплены неподвижно и расположены горизонтально. Охлаждение осуществляется либо циркулирующим рассолом, либо непосредственным испарением хладагента в рубашке цилиндра.

Выпускают фризеры периодического действия с рассольным или аммиачным охлаждением и непрерывного действия. Во фризерах периодического действия порция смеси обрабатывается (охлаждается, замораживается и взбивается) 10—20 мин и выгружается самотеком.

Фризеры непрерывного действия более совершенны. Они обеспечивают непрерывность процесса, получение более высококачественного мороженого ввиду лучшего диспергирования воздуха и более мелких кристаллов льда. Применение этих фризеров позволяет осуществить автоматизацию производственного процесса.

### Фризер периодического действия с рассольным охлаждением

Цилиндр фризера периодического действия с рассольным охлаждением марки ОФН-М (рис. 144) изготовлен из луженой внутри стальной трубы. Снаружи он изолирован и покрыт стальным кожухом. В рубашке цилиндра расположено спиральное ребро для направления движения рассола по винтовой линии.

Над цилиндром помещена полуцилиндрическая мерная ванна 5, в которую поступает определенная порция смеси. Наполнение ванны регулируется поплавковым регулятором уровня.

Цилиндр расположен на сварной станине 12, на которой размещен приводной механизм и электродвигатель 14. Приводной механизм состоит из клиноременной цепной и шестеренчатой передач. Он приводит в действие полый вал 7 и расположенный внутри его сплошной вал 8, вращающиеся в разные стороны. Механизм смазывается в результате разбрызгивания масла, находящегося в ванне.

От полого вала через кулачковое соединение вращается ножевая рамка, а от сплошного — мешалка. Передняя цапфа мешалки поддерживается в рабочем положении крестовиной, которую вставляют в цилиндр при сборке аппарата. В крышке цилиндра расположена загрузочная воронка 3 и выпускной кран 1.

Из ванны или танка подготовленная смесь поступает в мерную ванну 5. Когда в ванну поступит определенное количество смеси, подача ее прекратится автоматически действующим поплавковым регулятором уровня. Из мерной ванны порция смеси через кран 4 и воронку 3 поступает в цилиндр. Взбитое мороженое из цилиндра выпускают через кран 1.

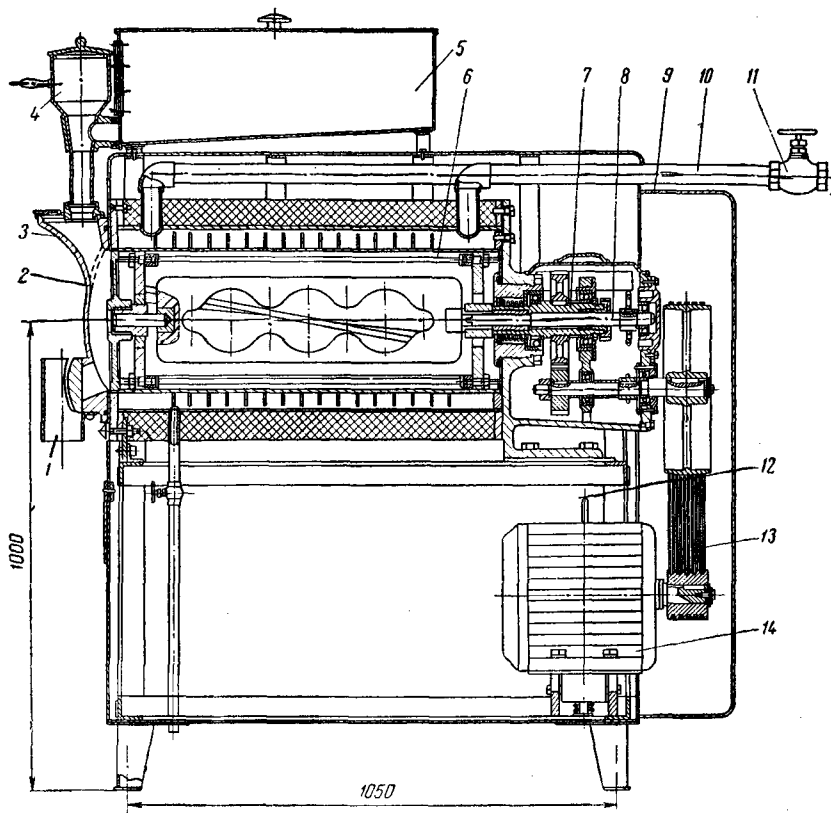


Рис. 144. Фризер ОФН-М периодического действия с рассольным охлаждением:

1 — выпускной кран; 2 — крышка; 3 — загрузочная воронка; 4 — кран; 5 — мерная ванна; 6 — цилиндр; 7 — полый вал; 8 — сплошной вал; 9 — кожух; 10 — рассолопровод; 11 — вентиль; 12 — станина; 13 — клиноременная передача; 14 — электродвигатель.

Фризер устанавливают с небольшим уклоном в сторону выпускного крана. Количество рассола регулируют вентилем на выходе его из рубашки, входной вентиль открыт полностью. Разность температур на входе и выходе рассола 1—1,4°. Температура рассола  $-18 \div -20^\circ \text{C}$ ; количество рассола 8—10 м<sup>3</sup>/ч.

#### Техническая характеристика фризера ОФН-М

Производительность, кг/ч . . . . .	120—200
Габариты цилиндра, мм	
диаметр . . . . .	310
длина . . . . .	800
Поверхность охлаждения, м <sup>2</sup> . . . . .	0,8

Емкость ванны, л . . . . .	48
Рабочее наполнение цилиндров, л . . . . .	20—30
Число оборотов в минуту	
мешалки . . . . .	223
ножевой рамы . . . . .	195
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	4,5
Габариты, мм	
длина . . . . .	1730
ширина . . . . .	725
высота . . . . .	1840
Масса, кг . . . . .	580

### Фризер периодического действия с аммиачным охлаждением

От фризера ОФН-М фризер ОФА-М (рис. 145) отличается системой охлаждения. В рубашке фризера ОФА-М непосредственно испаряется аммиак, а не циркулирует рассол. Спирального

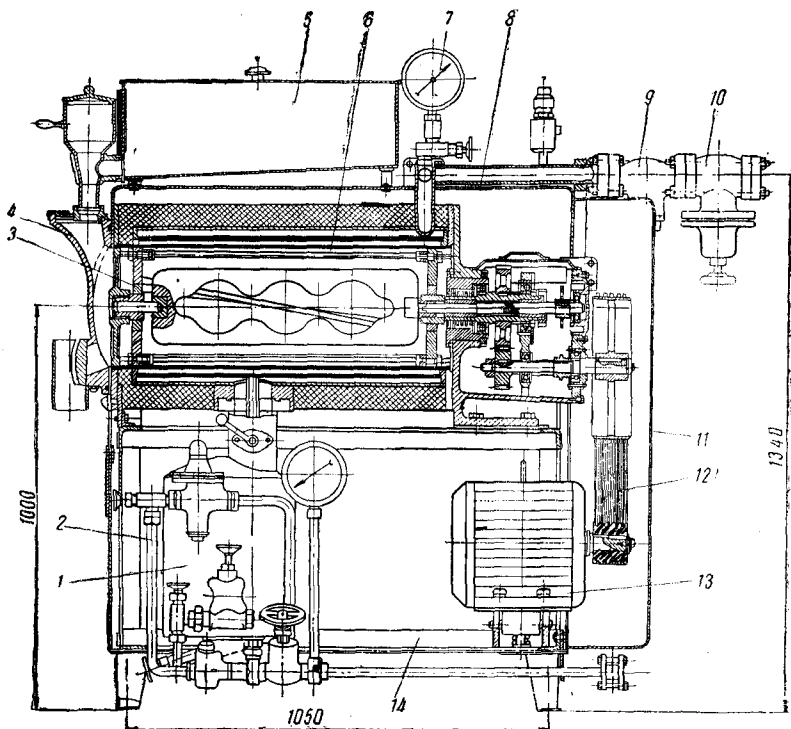


Рис. 145. Фризер ОФА-М периодического действия с аммиачным охлаждением:

- 1 — аккумулятор аммиака; 2 — трубопровод жидкого аммиака; 3 — мешалка; 4 — крышка передняя; 5 — мерная ванна; 6 — цилиндр; 7 — мановакуумметр аммиачный; 8 — крышка; 9 — фильтр газообразного аммиака; 10 — регулятор давления; 11 — кожух; 12 — клиноременная передача; 13 — электродвигатель; 14 — станция.

ребра в этом фризере нет. Рубашка соединена с цилиндром сварными швами, что обеспечивает нужную прочность. Внутренняя поверхность цилиндра хромирована.

Во фризере с непосредственным испарением аммиака смесь обрабатывается интенсивнее, чем во фризере ОФН-М, и мороженое получается лучшей консистенции.

Из холодильной установки жидкий аммиак через запорный вентиль, фильтр и поплавковый регулятор поступает в аккумулятор 1. Из аккумулятора жидкий аммиак поступает в рубашку цилиндра.

Во время работы фризера аммиак в рубашке кипит, получая тепло от обрабатываемой в цилиндре смеси. Парообразный аммиак отводится через фильтр 9 и регулятор давления 10 в компрессор холодильной установки.

Регулятор давления поддерживает постоянное давление аммиака в системе охлаждения, соответствующее температуре испарения аммиака  $-32 \div -28^\circ \text{C}$ .

Фризер ОФА-М работает так же, как и фризер ОФН-М. Вентиль жидкого аммиака открывают после подачи во фризер порции смеси. При пуске и работе фризера следят за давлением аммиака в рубашке. При загрузке последней порции смеси закрывают доступ жидкого аммиака в рубашку.

После выпуска готовой продукции во фризере остается около 5 кг мороженого. Этот остаток смешивается с вновь введенной порцией.

После выхода последней порции мороженого выключают электродвигатель, дают стечь остаткам мороженого из цилиндра. Затем закрывают выпускной кран и цилиндр заполняют чистой холодной водой через приемную воронку. Воду спускают, открывают крышку, вынимают мешалку и разбирают трубопровод для молока. Оборудование тщательно моют теплой водой, горячим раствором кальцинированной или каустической соды и споласкивают чистой водой.

Чтобы избежать чрезмерного повышения давления аммиака в рубашке, необходимо следить за тем, чтобы избыточное давление в рубашке не превышало  $3-4 \text{ кгс/см}^2$ .

#### Техническая характеристика фризера ОФА-М

Производительность, кг/ч . . . . .	200
Габариты цилиндра, мм	
диаметр . . . . .	310
длина . . . . .	800
Поверхность охлаждения, м <sup>2</sup> . . . . .	0,8
Емкость ванны, л . . . . .	42
Рабочее наполнение цилиндров л. . . . .	20—30
Число оборотов в минуту	
мешалки . . . . .	223
пожевой рамы . . . . .	195



Продолжительность рабочего цикла, мин . . . . .	7—8
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	4,5
Габариты, мм	
длина . . . . .	1840
ширина . . . . .	725
высота . . . . .	1780
Масса, кг . . . . .	770

### Фризеры непрерывного действия

Фризеры непрерывного действия работают с подсосом или с нагнетанием воздуха. Охлаждение аммиачное.

Во фризеры, работающие с подсосом воздуха (рис. 146, а), подготовленная смесь подается в приемную ванну. Здесь попла-

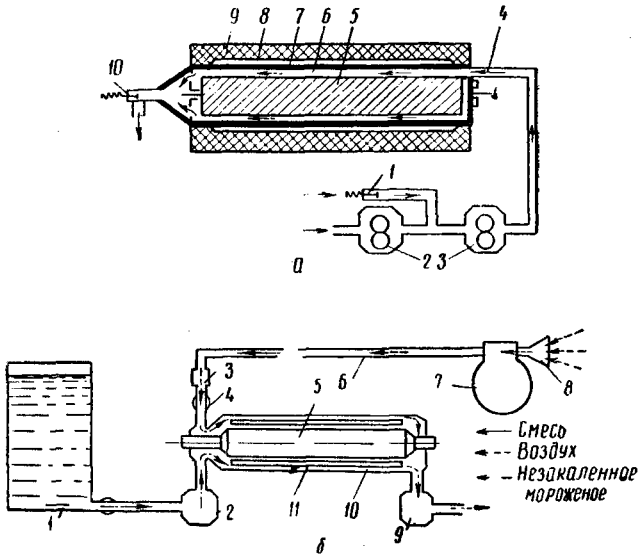


Рис. 146. Схема фризеров непрерывного действия:

*а* — с подсосом воздуха: 1 — клапан, регулирующий подсос воздуха; 2 — насос для смеси; 3 — насос для смеси с воздухом; 4 — трубопровод для смеси с воздухом; 5 — мешалка; 6 — кольцевой рабочий объем; 7 — цилиндр; 8 — рубашка; 9 — изоляция; 10 — клапан, регулирующий давление во фризере;

*б* — с нагнетанием воздуха: 1 — бачок для смеси; 2 — насос для смеси; 3 — регулятор подачи воздуха; 4 — обратный клапан; 5 — мешалка; 6 — воздуховод; 7 — воздушный компрессор; 8 — фильтр воздуха; 9 — насос; 10 и 11 — цилиндры.

ковым регулятором поддерживается постоянный уровень смеси. Из ванны смесь поступает в первый шестеренчатый насос 2.

Затем передается во второй такой же насос 3.

Число оборотов в минуту насоса 3 больше, чем насоса 2, поэтому больше и его производительность. Во второй насос, кроме

смеси мороженого, через регулируемый клапан 1 подсасывается воздух. Смесь с воздухом поступает в цилиндр фризера под давлением 3—4 кгс/см<sup>2</sup>.

Давление на выходе из цилиндра поддерживается автоматически.

Число оборотов насосов, а следовательно, подача смеси и производительности фризеров регулируется вариантом скорости. Температура поступающей смеси 2—6° С, по выходе из цилиндра — 5,5—6° С.

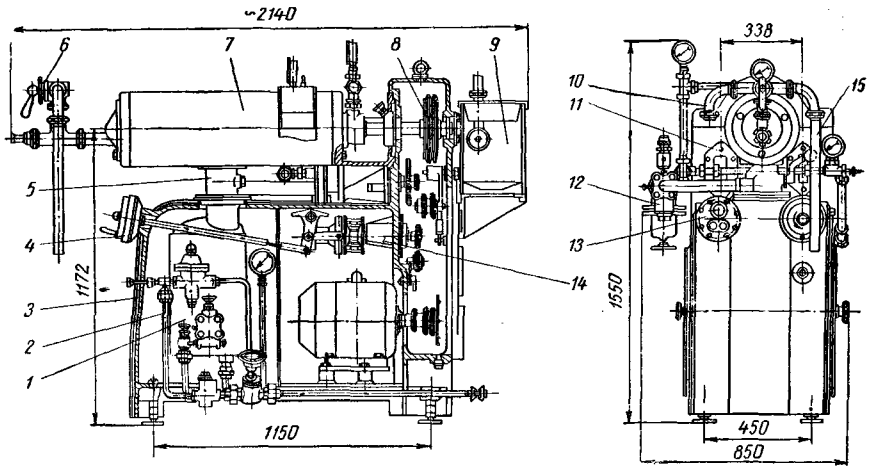


Рис. 147. Фризер ОФИ непрерывного действия:

1 — аккумулятор аммиака; 2 — трубопровод жидкого аммиака; 3 — станина; 4 — маховик управления вариатором; 5 — запорный кран; 6 — кран выпуска мороженого; 7 — цилиндр; 8 — привод мешалки; 9 — присынный бачок для смеси мороженого; 10 — насадка для расфасовки мороженого; 11 — насосная группа; 12 — трубопровод газообразного аммиака; 13 — пульт управления; 14 — ведущий вал вариатора; 15 — насадка для наполнения гильз мороженым.

Мешалка представляет собой закрытый цилиндр, на котором закреплены ножи и сбивальное устройство. Обрабатываемая смесь проходит по кольцевому зазору между стенками цилиндра и мешалки. Скорость вращения ножевых валов 538 об/мин.

Смесь в цилиндре фризера находится под давлением 5 кгс/см<sup>2</sup> регулируемым клапаном. Давление влияет на расширение воздушных пузырьков при выходе смеси из фризера.

У фризеров, работающих с нагнетанием воздуха (рис. 146, б), смесь и воздух подаются в цилиндр раздельно. Смесь из приемного бачка 1 подается насосом 2, а воздух нагнетается воздушным компрессором 7. Взбитое мороженое из фризера удаляется насосом 9. Для очистки воздуха предусмотрен фильтр 8. Общий вид фризера ОФИ непрерывного действия показан на рис. 147.

Рабочий хромированный внутри цилиндр и насосы расположены на чугунной станине, в которой размещен приводной электродвигатель и механизм с вариатором скорости.

Передний подшипник мешалки помещен в крышке цилиндра. В приводе мешалки предусмотрен предохранитель, отключающий механизм при чрезмерном замораживании смеси и повышении потребной мощности.

Аммиачная система охлаждения фризера ОФИ схематично приведена на рис. 148.

Жидкий аммиак из аккумулятора 9, где поплавковый регулятор поддерживает его постоянный уровень, инжектором 10

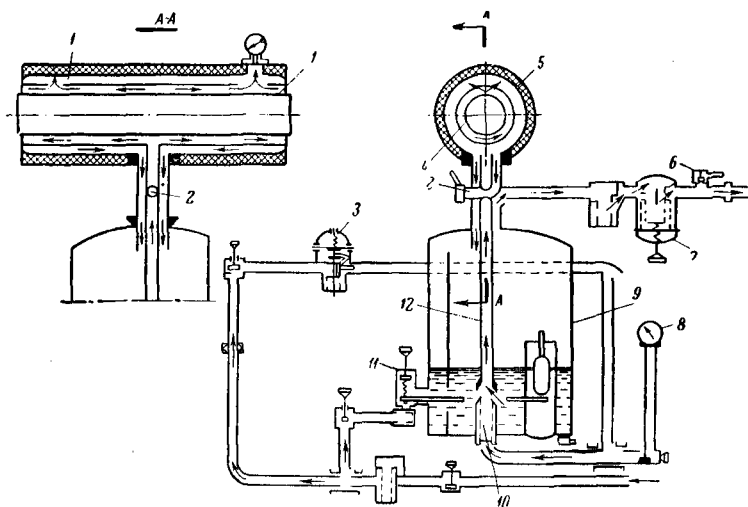


Рис. 148. Схема аммиачной системы охлаждения фризера ОФИ:

1 — переливные окна; 2 — запорный кран жидкого аммиака; 3 — регулятор давления инъекции; 4 — внутренняя труба рубашки; 5 — наружная труба рубашки; 6 — предохранительный клапан; 7 — регулятор давления испарения; 8 — аммиачный манометр; 9 — аккумулятор; 10 — инжектор; 11 — поплавковый регулирующий вентиль; 12 — труба для подачи жидкого аммиака.

подается в рубашку рабочего цилиндра, представляющую собой две концентрично расположенные трубы. Во внутренней трубе, окружающей рабочий цилиндр, происходит кипение аммиака. Образующийся пар через отверстия в верхней части трубы поступает в наружную трубу и возвращается в аккумулятор, откуда через регулятор давления направляется в компрессор. Наружная труба рубашки рабочего цилиндра изолирована и покрыта кожухом из нержавеющей стали.

По окончании работы перекрывают поступление смеси и жидкого аммиака (выход паров аммиака должен быть полностью

открыт). Промывают фризера холодной водой, повышая ее температуру в процессе мойки. Выключив привод и открыв крышку цилиндра, вынимают мешалку.

#### Техническая характеристика фризера ОФИ

Производительность, кг/ч . . . . .	350
Габариты цилиндра, мм	
диаметр . . . . .	105
длина . . . . .	945
Поверхность охлаждения, м <sup>2</sup> . . . . .	0,246
Емкость ванны, л . . . . .	25
Рабочее наполнение цилиндра, л . . . . .	3
Число оборотов в минуту	
мешалки . . . . .	510
насоса первой ступени . . . . .	91—277
насоса второй ступени . . . . .	304—793
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	10
Габариты, мм	
длина . . . . .	2140
ширина . . . . .	850
высота . . . . .	1550
Масса, кг . . . . .	1350

#### Расчеты фризеров

**Взбитость мороженого.** Ее можно определить по формуле

$$S = 100 \left( \frac{\rho_{см}}{\rho_m} - 1 \right), \quad (\text{VIII—1})$$

где  $S$  — взбитость мороженого, %;

$\rho_{см}$  — плотность смеси до фризирования, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_m$  — плотность мороженого, кг/м<sup>3</sup>.

**Расход холода.** Расход холода во фризере складывается из расхода холода на охлаждение 1 кг смеси до температуры замерзания [ $c_{см}(t_{см} - t_3)$ ]; на охлаждение мороженого от температуры замерзания до конечной температуры [ $c_m(t_3 - t_m)$ ] и на замораживание воды 335 G<sub>B</sub>. Холод на компенсацию тепла, выделяющегося в процессе работы мешалок и ножей, равен 3600 N $\eta_m$ . Полный расход холода находят по формуле

$$Q = \frac{G_m [c_{см}(t_{см} - t_3) + c_m(t_3 - t_m) + 335G_B] + 3600N \eta_m}{\eta_T}, \quad (\text{VIII—2})$$

где  $Q$  — расход холода во фризере, кдж/ч;

$G_m$  — масса мороженого, кг/ч;

$c_{см}$  — теплоемкость смеси мороженого, кдж/(кг·град);

$t_{см}$  — температура поступающей смеси, °C;

$t_3$  — температура замерзания смеси, °C;

$c_m$  — теплоемкость мороженого, кдж/(кг·град);

- $t_m$  — температура мороженого, °С;  
 335 — расход холода на замораживание 1 кг воды, Дж/кг;  
 $G_B$  — масса замораживаемой воды в 1 кг мороженого, кг;  
 3600 — тепловой эквивалент работы, кДж/(кВт·ч);  
 $N$  — мощность, потребляемая фризером, кВт;  
 $\eta_m$  — механический к. п. д., учитывающий потери энергии  
 в механизме и сальниках ( $\eta_m = 0,7 \div 0,8$ );  
 $\eta_T$  — коэффициент, учитывающий потери холода ( $\eta_T =$   
 $= 0,85 \div 0,95$ ).

**Производительность.** Производительность фризеров периодического действия определяют по формуле

$$G_M = \frac{60G_{см.ц}}{\tau_{ц}}, \quad (\text{VIII—3})$$

где  $G_M$  — производительность фризера, кг/ч;  
 $G_{см.ц}$  — порция смеси, загружаемая во фризер, кг;  
 $\tau_{ц}$  — время цикла, мин.

Продолжительность цикла складывается из продолжительности наполнения (около 1 мин), продолжительности опорожнения (около 1,5—2 мин) и продолжительности фризирования (4,5—5 мин). Итого весь цикл составляет 7—8 мин.

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАКАЛКИ МОРОЖЕНОГО

### Закалочные бассейны и камеры

Мороженое закалывают (замораживают) после расфасовки в гильзы или формы (эскимо, брикеты).

На небольших предприятиях этот процесс проводят в деревянных или металлических изолированных ящиках (ларях), заполненных льдосоляной смесью. Температура смеси —  $15 \div -18^\circ\text{C}$ .

Гильзы погружают в смесь на 15—20 ч, а затем мороженое направляют в камеру хранения.

Закалывают мороженое также в бассейнах с рассолом (без льда). Рассол охлаждается от батареи непосредственного испарения, действующей от холодильной установки. Батарея расположена непосредственно в бассейне. При этом методе исключается значительный расход соли.

На крупных предприятиях для закалки мороженого устраивают закалочные камеры с батареями непосредственного испарения. Температура воздуха в них поддерживается в пределах  $-20 \div -30^\circ\text{C}$ . Гильзы или формы с мороженым помещают непосредственно на батареи, изготовленные в виде стеллажей, или на решетки.

Продолжительность закалки мороженого зависит от температуры воздуха, скорости его циркуляции и объема порций мороженого.

Так при естественной циркуляции воздуха и замораживании в гильзах продолжительность закалки 20—25 ч, в металлических лотках — 8—9 ч, а при принудительной циркуляции — вдвое быстрее, в стаканчиках и брикетах при естественной циркуляции воздуха — 2,5—6 ч, а при принудительной циркуляции — 0,5—1,1 ч.

### **Скороморозильные аппараты (генераторы)**

Мороженое в мелкой фасовке закаливают в рассольных скороморозильных аппаратах. Они представляют собой изолированные прямоугольные стальные баки с деревянной обшивкой. Рассол охлаждается в испарителе холодильной установки или от батареи непосредственного испарения, расположенной в самом баке.

Формы с мороженым, погруженные в рассол на определенную глубину, по направляющим передвигаются вдоль бака навстречу движению рассола.

У торцевой стороны бака, куда подходят формы с закаленным мороженым, расположена ванна для оттаивания форм рассолом. Рассол подогревается через водяную рубашку до температуры 40—45° С. Формы, поднятые из морозильного бака, погружают в теплый рассол и затем освобождают от мороженого. Освобожденные формы возвращают к месту заливки по расположенному у продольной стенки бака желобу с рассолом.

Формы имеют вид прямоугольных открытых сверху коробок высотой 70 мм, шириной 306 мм и длиной 366 мм. В дне коробки расположены ячейки, в которые заливается мороженое.

Мороженое закаливают в изолированных камерах с конвейером внутри и интенсивной циркуляцией холодного воздуха.

Мороженое в мелкой расфасовке (брикеты, эскимо, мороженое в стаканчиках) движется в камерах по конвейеру, совершая несколько проходов по высоте, и выходит закаленным к автоматически работающему оттаивателю.

В скороморозильных аппаратах ОСС мороженое, расфасованное в вафельные стаканчики, поступающее при температуре  $-4 \div -5^{\circ}\text{C}$ , охлаждается (закаливается) до  $-12^{\circ}\text{C}$  в течение 30—45 мин. Температура воздуха в камере  $-26^{\circ}\text{C}$ . Производительность аппарата 300 кг/ч; расход холода 18200 ккал/ч; скорость движения цепи конвейера в камере 10,5—16 мм/сек; установленная мощность 5,6 квт; масса аппарата 6100 кг.

## Эскимогенераторы карусельного типа

Эскимогенераторы карусельного типа применяют в поточных линиях производства мороженого. По технологической схеме они занимают промежуточное место между фризером и заверточным автоматом.

На рис. 149 приведена схема, позволяющая уяснить устройство и принцип действия эскимогенератора карусельного типа.

В кольцевой закалочной карусели 2 размещены формочки 8 для мороженого в 4 ряда по радиусу. Под каруселью расположена рассольная система охлаждения формочек. В конце кругового пути формочки с закаленным мороженым проходят зону отепленного рассола.

Карусель вращается циклично, останавливаясь после поворота, равного расстоянию между рядами формочек по окружности.

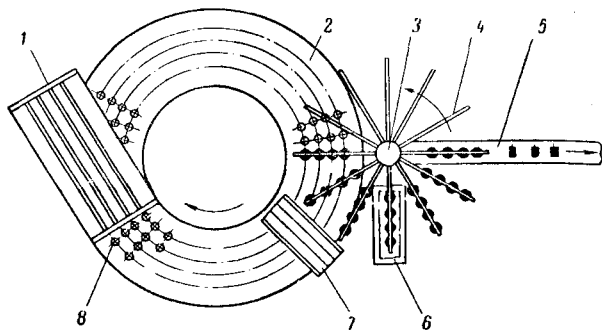


Рис. 149. Схема эскимогенератора карусельного типа:

1 — устройство для вставки палочек; 2 — закалочная карусель; 3 — съёмно-глазирочная карусель; 4 — рычаги; 5 — приёмный желоб; 6 — глазирочное устройство; 7 — дозатор; 8 — формочки для мороженого.

Над каруселью расположены неподвижный дозатор 7, из которого при остановки карусели 2 (в момент совпадения формочек с дозатором) подаются порции мороженого в формочки.

При дальнейшем движении карусели в частично закаленное мороженое автоматическое устройство 1 вставляет палочки. Съёмно-глазирочная карусель 3, вращающаяся синхронно с закалочной каруселью 2, зажимами извлекает мороженое из формочек, переносит его к глазирочному устройству. Здесь мороженое покрывается глазурью в циклично поднимающейся ванночке, и переносится в приёмный желоб 5.

Освобожденные формочки, продолжая движение по кругу, охлаждаются и снова подходят к дозатору 7 и процесс повторяется.

Все механизмы кинематически связаны между собой и работают автоматически. Скорость их регулируется вариатором.

#### Техническая характеристика эскимогенератора ОГЭ

Производительность, штук в ч . . . . .	4000
Масса порции эскимо, г . . . . .	50
Размеры порции эскимо, мм	
сечение . . . . .	25 × 31
длина без палочки . . . . .	80
длина с палочкой . . . . .	100
Расход холода, ккал/ч . . . . .	3000
Температура, °С	
поступающего мороженого . . . . .	—3,5
готового мороженого . . . . .	—14
холодного рассола . . . . .	—40
отепленного рассола . . . . .	35
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	2,8
Габариты, мм	
длина . . . . .	4075
ширина . . . . .	3785
высота . . . . .	1800
Масса, кг	
без холодильной установки . . . . .	4370
с холодильной установкой . . . . .	9870



## Глава IX

### МАШИНЫ ДЛЯ РОЗЛИВА (ДОЗИРОВКИ) И УПАКОВКИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

В цехах розлива, расфасовки и упаковки продукции большая часть машин — высокопроизводительные автоматы. Они обычно соединены в технологические линии, занимающие важное место в техническом оснащении современных молочных предприятий.

Применяемые в молочной промышленности расфасовочно-упаковочные автоматы различны по назначению и конструкции, но в принципе у них много общего. В каждом автомате имеются следующие основные части:

- двигательный механизм, являющийся источником движения;
- приводной механизм, связывающий двигатель с распределительным механизмом;

- распределительный механизм — обычно вал, на котором помещены кулачки, приводящие в действие различные исполнительные механизмы;

- передаточные механизмы — рычаги, тяги, секторы, рейки и т. п., передающие движение от кулачков к исполнительным механизмам;

- механизмы транспортировки и питания, при помощи которых происходит подача продуктов, бутылок, бумаги, бланков, этикеток, доннышек, укупорочной фольги и колпачков;

- исполнительные механизмы, выполняющие рабочие операции технологического процесса: розлив, расфасовку, изготовление колпачков, укупорку, подготовку бланков, изготовление пакетов, завертку и т. п.;

- механизмы блокировки и предохранения, осуществляющие остановку машин при попадании предметов, заедании и заклинивании и т. п., а также останавливающих работу исполнительных механизмов розлива, расфасовки, укупорки при отсутствии тары в соответствующей позиции.

Основным условием нормальной работы автомата является синхронизация действия исполнительных механизмов, т. е. согласованность движений по времени.

В автоматах применяются механические, гидравлические, электрические, пневматические и другие методы, осуществляющие движение и управление.

Наиболее распространены механические устройства с кулачковыми механизмами, позволяющими получить разнообразные перемещения ведомых звеньев. Однако решение некоторых технологических задач только на механической основе часто приводит к значительному усложнению машины.

Пневматические вакуумные и гидравлические устройства дают возможность легко осуществить такие операции, выполнение которых механическим путем сопряжено с большими трудностями. Например, отделение листа бумаги из стопки или перенос бумажных крышек из магазина на место упаковки при помощи вакуум-присосов и т. п.

На общую компоновку машин-автоматов значительно влияет устройство механизмов транспортировки. В молочных автоматах компоновка преимущественно линейная с прямым или изогнутым транспортером и круговая с карусельным транспортером. Иногда в одной машине сочетаются оба вида транспортировки.

### **МАШИНЫ ДЛЯ РОЗЛИВА (ДОЗИРОВКИ) МОЛОКА В БУТЫЛКИ**

Молоко дозируют двумя способами: по объему и по уровню. Дозирование по объему происходит в самой разливочной машине, которая отмеривает порции определенного объема и разливает дозы молока в бутылки.

Когда дозировка по уровню, то машина разливает продукт, не отмеривая его, а просто наполняет бутылки до определенного уровня (например, на 40 мм ниже верха горлышка). Равные дозы получаются из-за одинаковой емкости бутылок.

При дозировании по объему точность отмеривания зависит от конструкции разливочного приспособления. Современные приспособления удовлетворяют существующим требованиям. При розливе по уровню количество жидкости, наливаемой в бутылку, зависит от ее емкости. Этот способ требует изготовления бутылок одинаковой емкости.

Продукты с дозированием по объему разливают при помощи разливочно-дозировочных приспособлений с мерными стаканами. Определенное количество молока периодически заполняет стакан, а затем сливается в бутылки, и стакан опорожняется.

На рис. 150 показано устройство типичного разливочного автомата с подъемными мерными стаканами.

Из резервуара, расположенного выше уровня бака, молоко через трубу 1 поступает во вращающийся приемный бак автомата. На нижнем конце трубы надет поплавок 2, на скобе которого расположен клапан 3, прикрывающий выходное отверстие трубы. При повышении уровня молока в баке поплавок всплывает и клапан уменьшает отверстие для притока молока из трубы. При понижении уровня приток молока увеличивается. Во время работы устанавливается равенство расхода молока из ба-

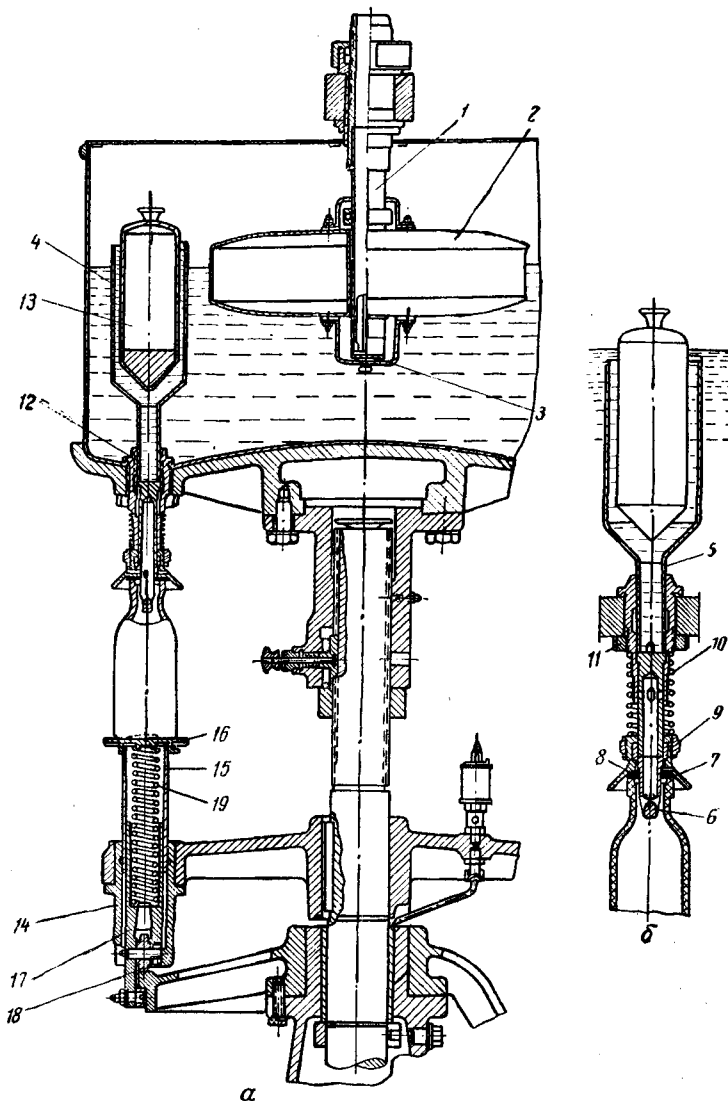


Рис. 150. Разливочный автомат с дозировкой молока по объему:

*а* — дозатор в период наполнения бутылки; *б* — дозатор в период наполнения мерного стакана; 1 — труба; 2 — поплавок; 3 — клапан; 4 — мерный стакан; 5 и 15 — трубки; 6 — сопло; 7 — грибок; 8 — резиновая прокладка; 9 и 11 — гайки; 10 — пружина; 12 — штуцер; 13 — вытеснитель; 14 — направляющая втулка; 16 — площадка; 17 — гильза; 18 — ролик; 19 — пружина плунжера.

ка через дозаторы и притока его через регулятор. Уровень молока в баке будет постоянным.

Чтобы не допустить чрезмерного повышения уровня молока в баке в случае нарушения работы поплавкового регулятора, на боковой стенке вращающегося бака установлена переливная трубка. Через нее избыток молока отводится в расположенный вокруг бака кольцевой поддон.

Из приемного бака молоко поступает в мерные стаканы разливочно-дозировочных аппаратов. Разливочный аппарат состоит из мерного стакана 4 с трубкой 5, на конце которой навинчено сопло 6, грибка 7 с резиновой прокладкой 8, гайки 9, пружины 10 и гайки 11. Трубка стакана скользит внутри штуцера 12.

Для регулирования полезной емкости дозирующего стакана в него помещают вытеснитель 13, опирающийся лапками на края стакана. Если под разливочным аппаратом нет бутылки, то мерный стакан занимает нижнее положение. При этом заплечики трубки 5 опущены на гнездо штуцера 12, отверстия в стенке нижней части трубки изолированы и выход молока перекрыт. При таком положении мерный стакан погружен под уровень молока в приемном баке, что обеспечивает его заполнение.

Чистые бутылки из бутылкомоечной машины поступают по пластинчатому транспортеру, который приводится в движение через систему передач от приводного вала автомата. Бутылки на стол подаются в момент подхода очередной площадки 16.

В момент передачи бутылки на площадку плунжер находится в нижнем положении. При дальнейшем вращении круглого стола ролик плунжера катится по наклонной направляющей вверх и поднимает плунжер с бутылкой в верхнее положение. Бутылка, поднимаясь, достигает грибка разливочно-дозировочного аппарата и, сжимая пружину, поднимает разливочное устройство в крайнее верхнее положение.

Край мерного стакана выступает над уровнем молока в баке, а внутренняя трубка открывает молоку выход из мерного стакана в бутылку. При истечении молока воздух, находящийся в бутылке, вытесняется и уходит через канавки в резиновой прокладке грибка.

Отверстия остаются открытыми в течение всего времени, пока ролик катится по горизонтальной части направляющей. К началу опускания бутылки все молоко, заключенное в полости мерного стакана, должно успеть полностью вытечь. Иначе часть молока останется и бутылки будут выходить из автомата недолитыми.

Устройство поднимающихся плунжеров состоит из направляющей втулки 14, трубки 15, с навинченной сверху площадкой 16, гильзы 17 с опорным роликом 18 в нижней части и пружины 19. При подъеме бутылки в верхнее крайнее положение пружина несколько сжимается. Бутылка достаточно надежно удерживается

во время движения по кругу на площадке 16. Опасность раздавить бутылку исключена.

Количество молока, заключенного в полости мерного стакана, должно точно соответствовать номинальной емкости наполняемой бутылки (0,5 и 1 л). Когда от наполнения бутылок емкостью 0,5 л переходят к наполнению литровых бутылок, из мерных стаканов вынимают вытеснители 13.

Автомат приводится в движение от электродвигателя при помощи клиноременной передачи. Движение через приводной вал автомата посредством червячной передачи передается к вращающемуся столу, а шестеренчатой парой и цепной передачей — к транспортеру.

Недостатки разливочных автоматов с подъемными мерными стаканами следующие:

при вращении бака, если регулировка уровня молока недостаточна точная, возможно заплескивание молока в открытый мерный стакан.

поверхность сопряжения трубки мерного стакана и неподвижного штуцера быстро изнашивается, что нарушает точность розлива.

Производительность разливочной автоматической машины карусельного типа может быть определена по формуле

$$M=60nz,$$

где  $M$ — производительность, бутылок в час;  
 $n$ — число оборотов карусели в минуту;  
 $z$ — число разливочных стаканов.

Число разливочных стаканов в карусельных разливочных машинах зависит от диаметра вращающегося бака и карусели и колеблется в пределах 6—24.

Жидкие продукты с дозированием по уровню разливают на различных машинах, несколько отличающихся одна от другой устройством разливочного приспособления. В последние годы в молочной промышленности широко применяют разливочно-укупорочные машины с дозированием по уровню под вакуумом.

### **РАЗЛИВОЧНО-УКУПОРОЧНЫЕ АВТОМАТЫ ДЛЯ СТЕКЛЯННЫХ БУТЫЛОК**

В современных автоматах процессы розлива в бутылки и укупорка их совмещены. Укупоривают бутылки алюминиевыми колпачками, которые надеваются на горлышко. Края колпачка плотно обжимаются на венчике бутылки.

Колпачки изготавливают из алюминиевой фольги толщиной 0,065 мм. При укупорке алюминиевыми колпачками все горлышко бутылки, включая края, предохраняется от загрязнения. На поверхность колпачка наносят маркировку. Бутылки, содержа-

щие различные молочные продукты укупоривают алюминиевой фольгой, окрашенной в разные цвета.

Укупорка алюминиевыми колпачками предъявляет строгие требования к точности изготовления бутылок, так как заметные отклонения в размерах бутылок вызывают нарушение работы укупорочных машин и увеличивают бой бутылок.

Типичным примером автомата, в котором объединены разливная и укупорочная машины, может служить разливно-укупорочная машина типа «Юдек» (рис. 151).

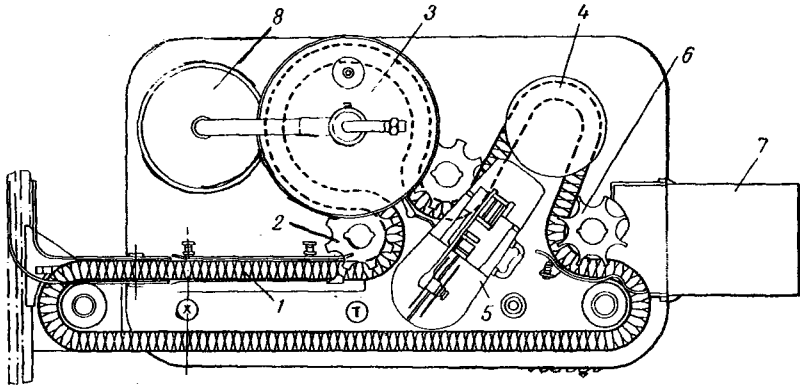


Рис. 151. Схема разливно-укупорочного автомата «Юдек» (вид сверху):

1 — транспортер; 2 — подающая звездочка; 3 — разливное устройство; 4 — укупорочное устройство; 5 — механизм для изготовления колпачков; 6 — звездочка; 7 — стол выдачи; 8 — вакуум-насос.

Чистые бутылки подаются транспортером от бутылкомоечной машины на транспортер 1 и поступают к подающей звездочке 2 разливного устройства 3. Звездочка расставляет бутылки с равными интервалами точно под разливочными патронами, закрепленными на днище вращающегося бака.

При круговом движении бутылок на пластинчатом транспортере разливные патроны опускаются на горлышки. Бутылки наполняются молоком и переходят к укупорочному устройству 4. Здесь бутылки укупориваются алюминиевыми колпачками, которые изготавливаются из алюминиевой ленты механизмом 5. Укупоренные бутылки переставляются звездочкой 6 на стол выдачи 7.

Разливная машина автомата «Юдек» работает под вакуумом, который создается в баке центробежным насосом (экстаером).

Конструкция разливного устройства показана на рис. 152. Разливные патроны 1 установлены на днище закрытого вращающегося бака 2. Воздух из бака отсасывается по трубе 3.

При вращении бака разливочные патроны опускаются вниз под действием пружины 4. При этом горлышко бутылки, стоящей на транспортере 5, отжимает резиновый клапан 6 и начинается заполнение бутылки, находящейся под вакуумом, благодаря отсасыванию из нее воздуха в бак через трубку 7.

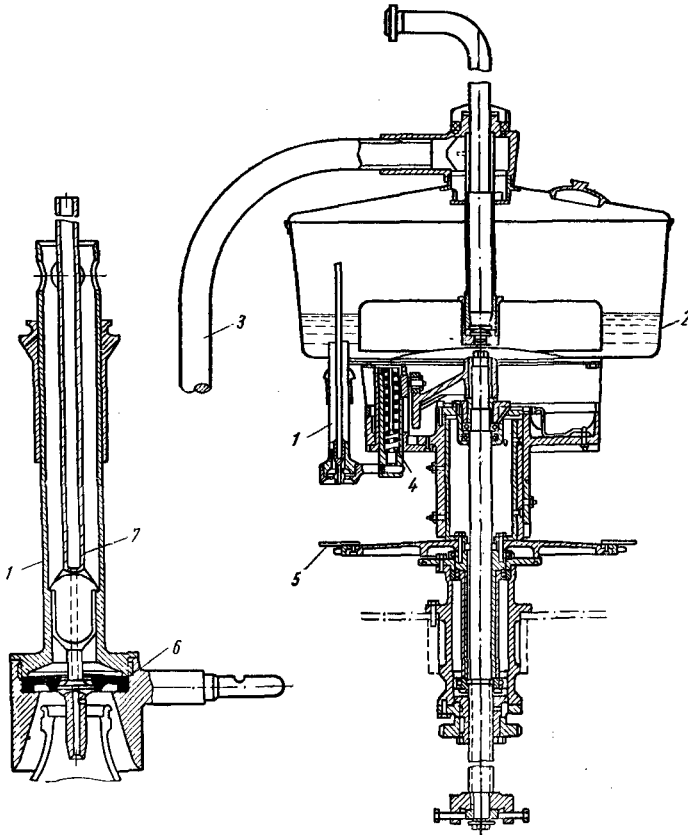


Рис. 152. Разливочное устройство автомата «Юдек»:

1 — разливочный патрон; 2 — бак; 3 — труба для отсоса воздуха; 4 — пружина; 5 — транспортер; 6 — резиновый клапан; 7 — воздушная трубка.

Молоко первоначально заполняет бутылку до самого верха, а воздух выходит через небольшое отверстие в наконечнике воздушной трубки. Затем патрон несколько поднимается, истечение молока прекратится, и атмосферное давление вытеснит избыток молока через воздушную трубку вверх. Уровень молока доходит до нижнего конца воздушной трубки. После этого патрон занимает верхнее положение, и горлышко наполненной бутылки полностью выходит из патрона.

В патронах этого типа бутылки заполняются только после того, как в них будет достигнут вакуум, равный вакууму в верхнем баке с молоком. Это позволяет автоматически отбраковывать бутылки с неисправным горлышком, которые остаются незаполненными. Кроме того, постоянный вакуум в верхнем баке

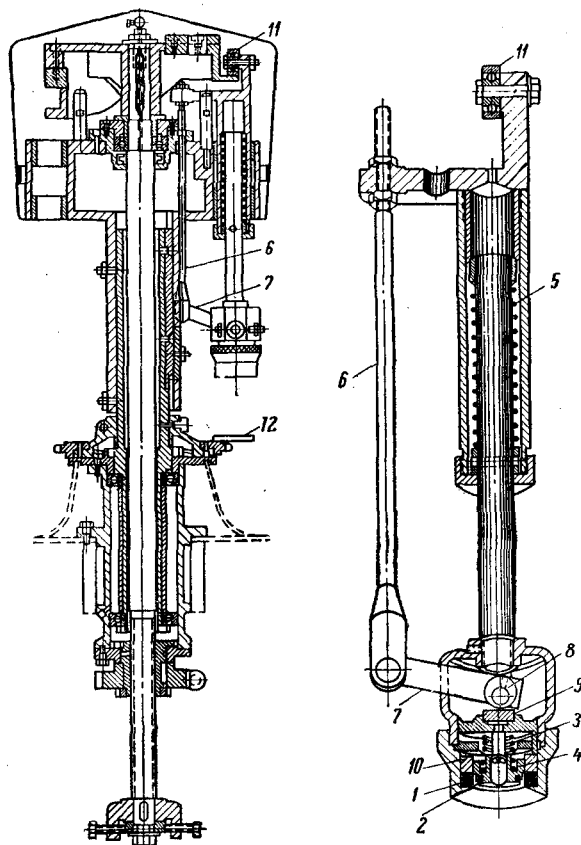


Рис. 153. Укупорочный механизм автомата «Юдек»:

1 — резиновое кольцо; 2 — упорное кольцо; 3 и 5 — пружины;  
4 — выталкиватель; 6 — тяга; 7 — рычаг; 8 — эксцентрик; 9 — диск;  
10 — шайба; 11 — ролик; 12 — пластина транспортера.

предотвращает подтекание молока через неплотности в разливочном устройстве.

Когда бутылка проходит под механизмом для изготовления колпачков, на горлышко опускается алюминиевый колпачок.

Укупорочный механизм показан на рис. 153. Он карусельного типа и содержит несколько укупорочных патронов. Патроны поднимаются и опускаются под действием роликов, катящихся



по круговой направляющей. Когда патрон опускается, то резиновое кольцо 1 надевается на горлышко бутылки с колпачком. Горлышко упирается в другое резиновое кольцо 2 и сжимает пружину 3 выталкивателя 4.

При дальнейшем движении ролика 11 вниз сжимается пружина 5, а тяга 6 нажимает на рычаг 7 и поворачивает эксцентрик 8, который давит на диск 9. Этот диск передает давление на шайбу 10, а она сжимает резиновое кольцо 1.

Кольцо может деформироваться только внутрь. При этом оно плотно охватывает горлышко и обжимает на нем алюминиевый колпачок. Когда ролик 11 идет вверх, тяга поднимается, давление эксцентрика прекращается и резиновое кольцо отпускает горлышко бутылки. Выталкиватель 4 выталкивает кольцо из патрона, предотвращая захваты бутылки за горлышко.

На принципе обжимания колпачка резиновым кольцом, которое под действием окружающих его деталей деформируется внутрь, построены и другие машины для укупорки бутылок алюминиевыми колпачками.

Высота разливных и укупорочных патронов над транспортером регулируется в зависимости от размера бутылок. Разливочное и укупорочное устройства поднимаются от главного электродвигателя или ручным приводом.

Автомат снабжен предохранительными устройствами в виде предельных муфт сцепления, которые пробуксовывают при перегрузке, и выключателями, которые останавливают машину в случае неполадок.

Машина приводится в действие от главного электродвигателя мощностью около 1,5 квт, расположенного в нижней части станины, через редуктор, клиноременную передачу и вариатор скоростей.

Вакуум-насос представляет собой двухступенчатый центробежный вентилятор с индивидуальным электродвигателем мощностью 1,2 квт.

Пресс, изготавливающий алюминиевые колпачки, смонтирован на колонке. В рабочем положении он расположен над бутылками. Для осмотра и ухода его можно повернуть в сторону в более удобное положение. Пресс опускается и поднимается подъемным устройством. Механизм для питания прессы алюминиевой фольгой расположен над прессом, а внизу под корпусом расположен барабан для наматывания вырубленной ленты («обсечки»).

### **МАШИНЫ ДЛЯ ДОЗИРОВКИ И УПАКОВКИ МОЛОКА В БУМАЖНУЮ ТАРУ**

В последние годы многие молочные продукты расфасовывают в бумажные стаканы или пакеты. Для изготовления бумажной тары, дозировки продуктов и укупорки выпускают специальные машины-автоматы.

Молоко и жидкие молочные продукты упаковывают в бумажные пакеты, имеющие форму тетраэдра. Схема изготовления таких пакетов показана на рис. 154.

Бумажная лента, покрытая слоем полиэтилена, поступает из рулона 1 через валок 3 в машину, в которой ее сначала обрабатывают ультрафиолетовыми лучами бактерицидной лампы 2 с целью уничтожения микроорганизмов. Затем лента свертывается в продольном направлении и запаивается. Из ленты непрерывно образуется бумажная труба.

В бумажную трубу введена трубка 4, по которой непрерывно поступает молоко. Бумажная труба, заполненная молоком, перемещается вниз. Две пары нагретых зажимов пережимают трубу в двух взаимноперпендикулярных направлениях и запаивают шов. Из трубы получается цепочка пирамидальных пакетов, заполненных молоком.

Швы под действием горячих губок запаиваются благодаря термопластичному слою полиэтилена на бумаге. Полиэтилен влагонепроницаем и швы не могут расклеиваться.

Готовые пакеты отрезаются от цепочки специальным устройством 7 и автоматически укладываются в ящики.

Разливают молочные продукты в пакеты емкостью 0,5 и 0,25 л на автоматах АП1-Н и АП2-Н (рис. 155) производительностью 3600 и 4300 пакетов в час.

Кроме того, выпускают автоматы, в которых предварительная стерилизация материала пакетов доведена до такой высокой степени, что позволяет разливать и упаковывать стерилизованное молоко в асептических условиях. Схема такого автомата показана на рис. 156.

Упаковочная бумажная лента, покрытая полиэтиленом, подается с рулона 1, помещенного внизу, в ванну химической обработки 2, наполненную перекисью водорода. Затем огибает направляющий ролик 3, находящийся над машиной. Лента проходит через формирующее кольцо 4, свертывается в трубу и нагревателем 5 запаивается продольный шов.

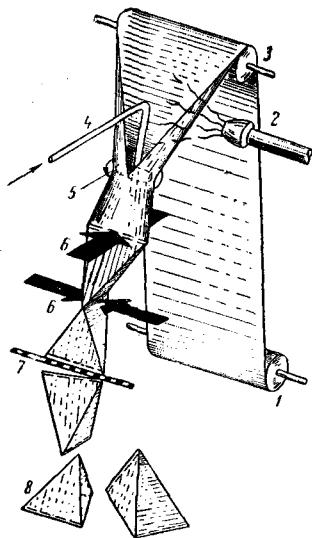


Рис. 154. Схема образования бумажных пакетов из рулонной бумаги и наполнения их молоком:

1 — рулон бумаги со специальным покрытием; 2 — бактерицидная лампа; 3 — валок; 4 — трубка; 5 — устройства для образования бумажной трубы и сварки продольного шва; 6 — устройства для образования поперечных швов; 7 — устройство для отрезки гирлянды из пакетов; 8 — пакет с молоком.

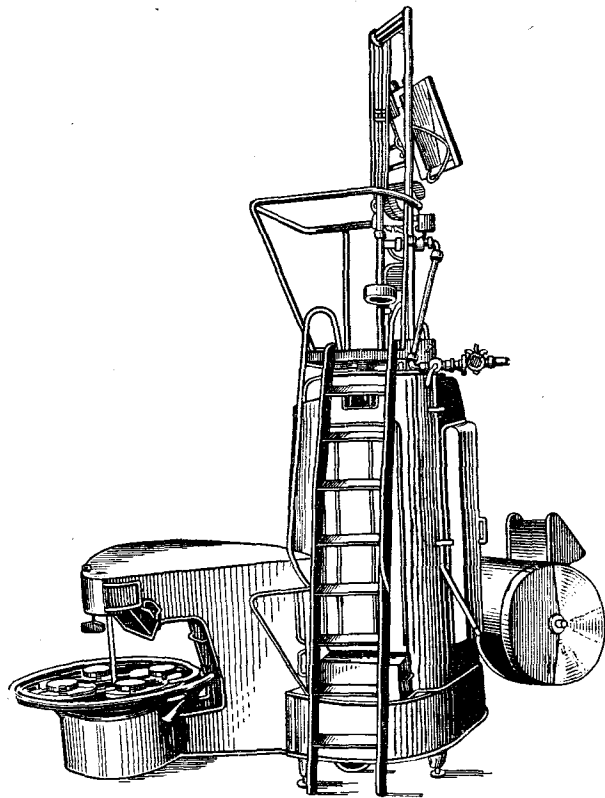


Рис. 155. Автомат АП1-Н.

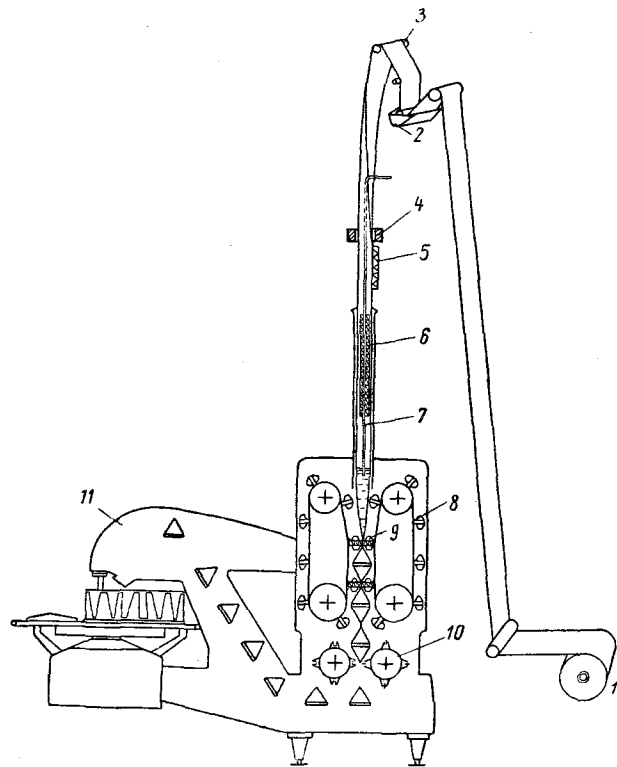


Рис. 156. Автомат «Тетра-Пак» для разлива стерилизованного молока:

1 — рулон бумаги; 2 — ванна химической обработки; 3 — направляющий ролик; 4 — формирующее кольцо; 5 — нагреватель для запаивания продольного шва; 6 — электронагреватель; 7 — трубка подачи молока; 8 — цепной транспортер; 9 — зажим с электронагревателем; 10 — механизм для разрезки гирлянды из пакетов; 11 — укладчик.

Бумажная труба проходит через электронагреватель 6, в котором быстро нагревается до 300—400° С, благодаря чему мгновенно разлагается перекись водорода и достигается надежная стерилизация пакетов.

Ниже зоны стерилизации в бумажную тару по трубке 7 непрерывным потоком поступает стерилизованное и охлажденное молоко. Наполнение производится под уровень, поэтому пенообразование полностью исключается. Внутри станины автомата взаимно перпендикулярно друг к другу расположены две пары вертикальных цепных транспортеров 8, каждый из которых несет по несколько зажимов 9 с смонтированными в них электронагревателями.

При движении сверху вниз противостоящих ветвей каждой пары транспортеров зажимы попарно сходятся, сплющивают заполненную молоком бумажную трубку и свертывают чередующиеся взаимно перпендикулярные поперечные швы. Давление зажимов на шов во время сварки 140—280 кгс/см<sup>2</sup>, температура сварки 140° С.

В нижней части находится механизм 10 для поштучного отрезания пакетов, наполненных молоком. Они подаются в ковши подъемного механизма укладчика 11, который укреплен на основании автомата. Пакеты в специальные корзины шестигранной формы укладываются автоматически.

### **МАШИНЫ ДЛЯ ДОЗИРОВКИ ВЯЗКИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

В машинах для дозировки вязких молочных продуктов применяются поршневые дозаторы. Заполняются они под вакуумом при содействии атмосферного давления, а опорожняются под давлением, достаточным для выталкивания вязкой жидкости из дозатора.

Основные части дозатора — цилиндр и поршень. При ходе всасывания в цилиндре образуется вакуум и продукт под действием атмосферного давления заполняет цилиндр, проходя через всасывающий клапан или через трехходовой кран. При нагнетании поршень давит на жидкость и выталкивает ее через нагнетательный клапан или через кран и через наконечник в банку или стакан.

Поршневые дозаторы обычно приводятся в действие кривошипно-шатунным механизмом. Объем дозируемых порций регулируют, изменяя ход поршня, путем уменьшения или увеличения кривошипа.

Для устранения подтекания продукта при закрытом нагнетательном клапане во время всасывания наконечники снабжают на конце специальными отсекающими.

Конструкции машин для дозировки вязких продуктов различны. Основная компоновка может быть как круговой (с вра-

щающейся каруселью), так и линейной (с пластинчатым транспортером). Число дозаторов зависит от производительности машины.

В карусельных машинах дозирование происходит при движении тары («на ходу»), благодаря тому, что дозаторы перемещаются вместе с тарой. Время наполнения можно регулировать без ущерба для производительности. В линейных машинах дозаторы укреплены неподвижно и тара заполняется только тогда, когда стоит неподвижно.

### Шестипатронная наполнительная машина

Шестипатронная наполнительная машина (рис. 157) приводится в действие от электродвигателя через червячный редуктор и вертикальный вал. С валом соединен бак и карусель, на ко-

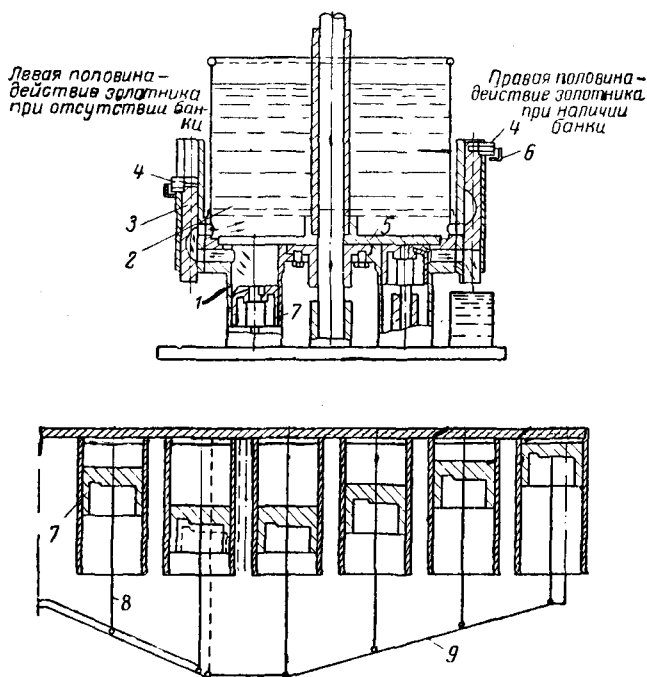


Рис. 157. Схема шестипатронной наполнительной машины для вязких жидкостей:

1 — дозатор; 2 — бак; 3 — золотник дозатора; 4 — ролик; 5 — вращающийся золотник; 6 — направляющая золотника; 7 — поршень дозатора; 8 — шток; 9 — направляющая поршней.

торой находятся банки. На станине укреплена неподвижная направляющая с устройством для регулирования объемов продукта, подаваемых поршнями.

Благодаря движению роликов по направляющей, поршни совершают возвратно-поступательное движение.

Мерные цилиндры 1 укреплены на дне вращающегося бака 2. Внутри цилиндров находятся поршни 7, которые перемещаются штоками 8. На дне бака несколько отверстий, закрыто оно золотником 5, который перекрывает четыре отверстия. Каждый цилиндр имеет фланец с закрепленным на нем золотником дозатора 3. Он может соединять отверстие во фланце или с боковым отверстием в баке, или с наконечником для выхода продукции. Перемещается золотник от ролика 4, который катится по направляющей 6.

При вращении резервуара отверстия золотника 5 поочередно совпадают с отверстиями днища. В это время соответствующие поршни идут вниз и цилиндры заполняются. При движении ролика 4 вверх по направляющей 6 поршень нагнетает продукт из цилиндра в тару. Цилиндры наполняются на протяжении  $115^\circ$ , а опорожняются —  $185^\circ$ . Всасывание происходит одновременно в двух цилиндрах, а нагнетание — в четырех.

Блокировочное устройство машины предотвращает выливание продукта из дозатора в том случае, если под ним нет банки. В таком случае золотник 3 занимает положение, показанное на разливочном устройстве слева, а поршень вытесняет продукт обратно в бак.

Работу золотника 3 можно отрегулировать так, что часть продукта перед вытеснением его в тару будет вытеснена обратно в бак. Следовательно, количество жидкости, подаваемой в тару, можно регулировать в широких пределах.

Производительность машины 3600 банок в час.

### **Машина для дозировки сметаны в бумажные стаканы**

Примером несложной разливочной машины для вязких жидкостей с линейной компоновкой может служить машина системы Васильева для дозировки сметаны в бумажные стаканы. Кинематическая схема машины показана на рис. 158.

Бумажные стаканы стопкой загружают в магазин 1, из которого они захватом 8 по одному снимаются и встают на пластинчатый транспортер 2, совершающий периодическое движение. Стаканы с определенными интервалами перемещаются к поршневному дозатору 3. Дозатор засасывает сметану по трубе 9 и выталкивает ее порциями в стаканы через наконечник 10. Количество сметаны при дозировке регулируют, изменяя длину кривошипа винтом 11.

Заполненные стаканы поступают под обжимную головку 5, которая обжимает края наложенного вручную бумажного кружка. При обжатии края огибаются вокруг кромки стакана и заклеиваются. Над транспортером расположен механизм 12, ко-

торый уточняет положение стаканов на транспортере перед обжимной головкой. Закрытые стаканы передаются с транспортера на вращающийся стол 7.

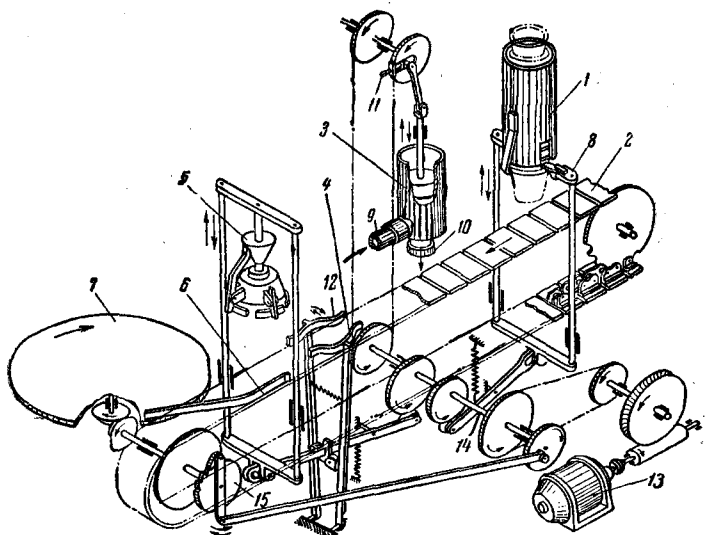


Рис. 158. Кинематическая схема машины для дозирования сметаны:

1 — магазин для стаканчиков; 2 — транспортер; 3 — дозатор; 4 — дистанционный механизм; 5 — обжимная головка; 6 — разгрузочная планка; 7 — приемный стол; 8 — захват; 9 — труба; 10 — наконечник; 11 — регулировочный винт; 12 — дистанционный механизм; 13 — электродвигатель; 14 — распределительный вал; 15 — храповой механизм.

Все механизмы машины работают от одного электродвигателя 13. Движение передается через редуктор и распределительный вал 14. Периодическое перемещение транспортера обусловлено действием храпового механизма 15.

### Автомат для дозирования мороженого

Автомат марки ОДА для дозирования мороженого приведен на рис. 159.

Мороженое поступает в дозатор 5 из фризера непрерывного действия под некоторым давлением. Поршневой дозатор через определенные промежутки времени выталкивает через насадку порции мороженого в проходящие по конвейеру стаканчики.

Подводящий механизм 1 направляет из магазина по одному стаканчику на приемную площадку, с которой они поступают на конвейер 3. Наполненные мороженым стаканчики подходят под укупорочный механизм 7, где закрываются картонными крышками (кружками).

Заполненные и закупоренные стаканчики упаковывают в коробки и направляют в закалочную.

Объем порций мороженого регулируют, изменяя ход поршня с помощью маховичка 9.

Производительность автомата можно изменять с помощью бесступенчатого клиноременного вариатора скорости. Положение направляющих для прохода стаканчиков и высоту стола можно изменять в соответствии с диаметром и высотой стаканчиков.

Мороженое на автомате расфасовывают в стаканчики различной формы и емкости. При переходе на другой вид стаканчиков меняют подающий механизм и некоторые узлы укупорочного механизма.

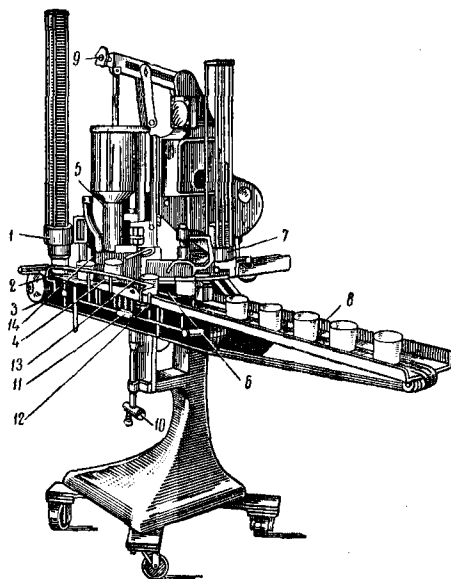


Рис. 159. Автомат для дозирования мороженого:

1 — подающий механизм; 2 — приемная площадка; 3 — конвейер; 4 — наполнительная площадка; 5 — дозатор; 6 — укупорочная площадка; 7 — укупорочный механизм; 8 — приставной столик; 9 — маховичок; 10 — регулировочный винт; 11 — регулировочная гайка; 12 — затяжной барашек; 13 — ограждение; 14 — подъемные лапки.

#### Техническая характеристика автомата ОДА

Производительность, порций в минуту . . . . .	20—70
Диаметр поршня, мм . . . . .	28—67
Ход поршня, мм . . . . .	70
Емкость бункера, л . . . . .	4
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	0,6
Габариты, мм	
длина . . . . .	1950
ширина . . . . .	850
высота . . . . .	1730
Масса, кг . . . . .	320

#### Расфасовочные и заверточные машины для пластичных молочных продуктов

Дозировка пластичных молочных продуктов (плавленого сыра, сырковой массы, творога и масла) из-за малой текучести



требует принудительной напрессовки массы в дозатор и принудительного выталкивания.

Существуют два основных принципа дозировки пластичных продуктов — скоростной и объемный.

При скоростной дозировке поток продукта, выходящий с определенной скоростью из формующей насадки на конвейер, режут через равные промежутки времени. Режущим инструментом обычно служит струна, натянутая на рамке. Применение струны устраняет налипание продукта на нож, мешающее резке и приводящее к неточной дозировке. При таком способе дозировки величина порции зависит от скорости выхода продукта на конвейер и от частоты движений струны. Отрезанные порции движутся по транспортеру с интервалами, зависящими от скорости транспортера и частоты резки.

При объемной дозировке продукт напрессовывают шнеком из бункера в дозатор, представляющий собой камеру с регулируемым объемом. Заполненный дозатор перемещается или поворачивается в положении разгрузки. Весь находящийся в нем продукт выталкивается через специальный кран и заворачивается в пергамент, бумагу или фольгу.

Величина порции зависит от объема дозатора, который можно регулировать. Объемные дозаторы дают достаточную точность дозировки с отклонением от номинального веса в допускаемых пределах.

Современные расфасовочные машины выполняют не только расфасовку продукта, но и завертку его, а также некоторые вспомогательные операции: резку заготовок, изготовление пакетов и т. п.

В автоматах для расфасовки и упаковки продуктов, порции которых не обладают достаточной твердостью и легко деформируются (плавленый сыр, сырковая масса и творог), масса расфасовывается в предварительно изготовленные пуансоном пакеты. Эти пакеты находятся в жестких гнездах карусели, устраняющих возможность разветывания или деформации их. Таким образом, при этом способе порции упаковывают в то время, когда они неподвижны относительно транспортирующего механизма.

В машинах для расфасовки масла, куски которого большей твердости и сравнительно хорошо сохраняют форму, завертка сопровождается передачей еще не завернутых кусков из одного механизма в другой. Причем в процессе завертки сам кусок нередко выполняет функцию пуансона. Пакет из отрезанной заготовки формируется непосредственно на куске при проталкивании его через матрицу.

На рис. 160 приведено расфасовочное устройство автомата для плавленого сыра, производящее дозировку и упаковку сыра в алюминиевую фольгу толщиной 14 мкм. Компоновка автомата круговая. Все операции по изготовлению алюминиевого па-

кета, дозировке в него сыра, формовке и упаковке производится механизмами, расположенными вокруг вращающейся карусели с десятью гнездами. Карусель периодически останавливается, и во время остановки осуществляются отдельные операции.

Процесс начинается с образования пакета из алюминиевой фольги. Лента фольги поступает с рулона, укрепленного на дер-

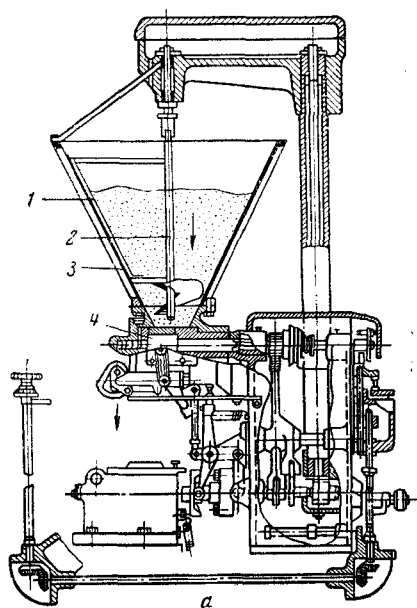
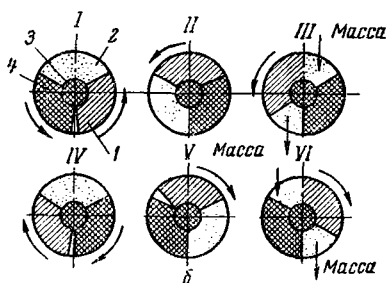


Рис. 160. Автомат для расфасовки и упаковки плавленного сыра:

*а* — устройство для расфасовки: 1 — нож; 2 — шнек; 3 — бункер; 4 — дозатор;  
*б* — схема работы дозатора: 1 — полый цилиндр; 2 — окно; 3 — вал; 4 — сухарь.



жателе. Фольга сматывается с рулона и специальным механизмом с резиновыми прижимами периодически подается под штамп. Затем при помощи вакуум-пресса берется из магазина этикетировочного механизма этикетка, смазывается клеем и накладывается на фольгу. После этого штамп отрезает заготовку, и она передается под пуансон, расположенный над формующим столом.

Пуансон проталкивает заготовку через матрицу, заготовка сгибается по определенным направлениям и образует пакет в форме коробки. Пуансон вталкивает пакет в гнездо карусели. При повороте карусели пакет попадает под контрольный шуп, который выключает механизм дозатора в случае отсутствия пакета в гнезде. Если пакет на месте, дозатор наполняет его определенным количеством сырной массы.

Затем карусель переносит пакет под механизм, вкладывающий в него крышку из фольги. Крышка отрезается от рулона штампом, переносится присасывающей лапкой на пакет и на-

кладывается на массу. Далее загибаются малые и большие борта пакета и опрессовываются бруски. Готовые бруски выталкиваются снизу толкателем и переносятся на ленту транспортера.

Сырная масса загружается в бункер 3 (рис. 160, а). В пространство между двойными стенками бункера пропускают горячую воду, чтобы масса была нагрета. В бункере вращается шнек 2, нагнетающий массу в дозатор 4. Ножом 1, прикрепленным к шнеку и вертикальному валу, стенки бункера непрерывно очищаются.

Рабочий орган дозатора (рис. 160, б) представляет собой полый цилиндр 1, на боковой поверхности которого имеется окно 2. В цилиндре проходит вал 3, на котором укреплен сухарь 4, зажимающий часть окна. При сборке дозатор вкладывают в цилиндрическое гнездо корпуса, соединенного с бункером.

Во время работы дозатор совершает возвратно-вращательное движение. В начальном положении I между цилиндром и сухарем образуется карман, объем которого несколько больше объема дозировки. Карман заполняется массой под действием шнека, затем дозатор поворачивается влево. В положении II сухарь останавливается, а цилиндр, продолжая движение, выжимает массу из кармана, как показывает положение III. Одновременно в верхней части цилиндра образуется второй карман, который заполняется сырной массой. После конечного положения IV дозатор поворачивается в обратную сторону и процесс повторяется подобным же образом.

Из дозатора масса поступает в кран-питатель, который во время наполнения пакета опускается в гнездо формирующего стола. Для отсекаания тянущейся массы на конце крана имеется специальный затвор.

Все механизмы машины смонтированы на чугунной станине и приводятся в действие от электродвигателя мощностью 1,7 квт.

Механизмы автомата работают и регулируются независимо один от другого, что создает удобство при сборке, наладке и обслуживании.

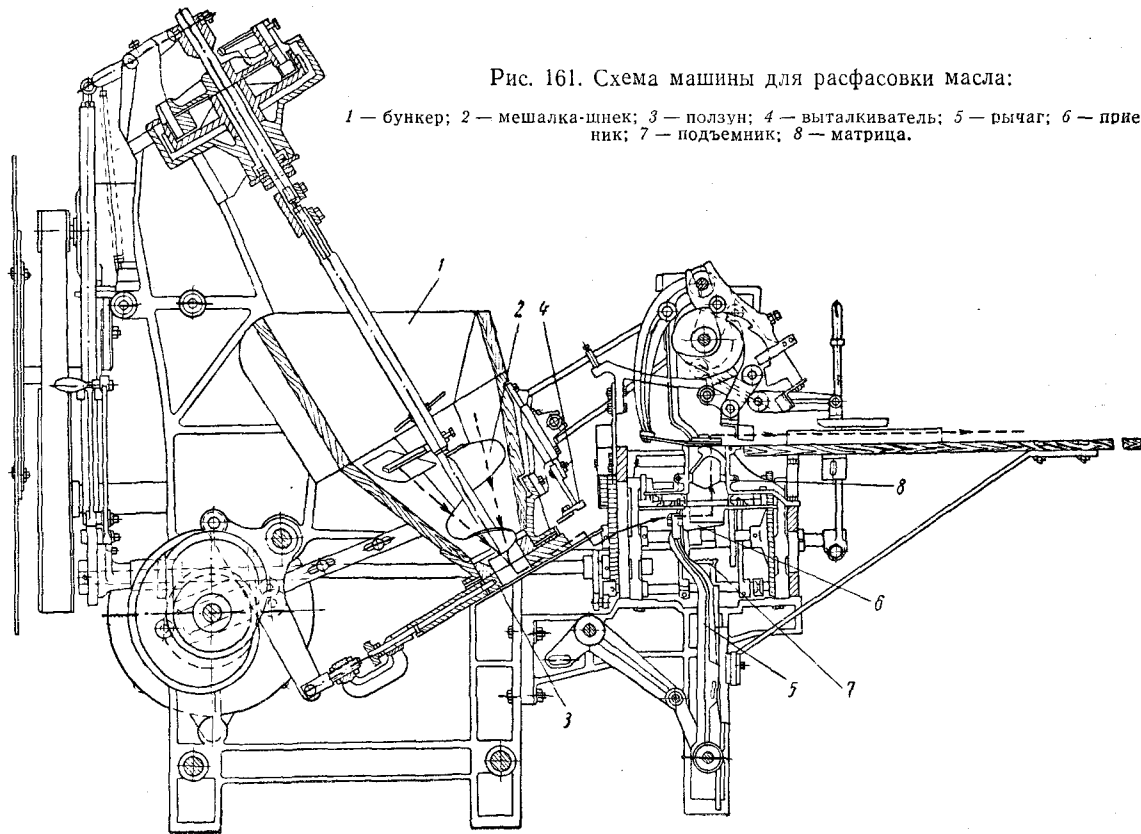
В приводном механизме автомата расположена коробка скоростей, благодаря которой производительность может быть различной: 42, 48 и 60 брусков в минуту.

В расфасовочно-упаковочном автомате имеются блокировочные устройства, выключающие дозатор в случае, если в гнезде нет пакета, и останавливающие автомат при отсутствии крышки из фольги на переносной лапке. Автомат расфасовывает сыр в бруски по 30, 60, 100 и 125 г.

Таково же устройство автомата для расфасовки сырковой массы на порции по 100 г и завертки их в пергамент и автомата для расфасовки творога порциями по 500 г и их завертки в парафинированную бумагу.

Рис. 161. Схема машины для расфасовки масла:

1 — бункер; 2 — мешалка-шнек; 3 — ползун; 4 — выталкиватель; 5 — рычаг; 6 — приемник; 7 — подъемник; 8 — матрица.



На рис. 161 показана схема машины для расфасовки сливочного масла на бруски по 200 и 250 г и заправки их в пергамент.

Масло загружается в деревянный бункер 1, в котором расположена мешалка-шнек 2, продавливающий масло через нижнее отверстие в форму на ползуне 3. При перемещении вправо ползун отсекает объем масла и переносит его под выталкиватель 4. К этому моменту рычаг 5 находится в левом положении и приемник масла 6 расположен под выталкивателем, который, перемещаясь вниз, выталкивает брусок масла на приемник.

Затем рычаг 5 поворачивается вправо и приемник переносит масло в заверточную часть, где брусок располагается под листом пергамента. Подъемник 7 при движении вверх проталкивает брусок вместе с листом пергамента через матрицу 8, причем сам брусок играет роль пуансона, на котором происходит образование пергаментного пакета, обращенного открытой стороной вниз. Затем брусок захватывается грейфером и борта пакета загибаются лапками. Завернутый брусок выталкивается на приемный стол.

Пергаментная лента сматывается с рулона, подвешенного сбоку машины. Листы пергамента отрезаются от ленты ножом и передаются в заверточный механизм. Производительность машины 43 и 50 брусков в минуту.

#### ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕСТЯНЫХ БАНОК ДЛЯ СГУЩЕННОГО МОЛОКА

Банки для сгущенного молока изготовляют из луженой жести толщиной 0,21—0,35 мм. Концы банок (дно и крышка) соединены с корпусом взмок (закаткой) с прокладкой пасты или внахлестку с пропайкой оловянистым припоем. Для сгущенного молока применяют банки, габариты которых приведены в табл. 16.

Таблица 16

Показатели	Банки		
	№ 7	№ 14	с паяными концами
Высота, мм			
наружная . . . . .	84,4	171,8	85
внутренняя . . . . .	77,9	164,8	84
Диаметр внутренний, мм	72,8	151,3	73
Объем, см <sup>3</sup> . . . . .	325	3033	346

Продольный шов корпуса делают взмок, а у кромок корпуса — внахлестку (рис. 162).

Банки изготовляют на автоматических машинах, входящих в поточную производственную линию. Производительность жестянобаночных линий 180—200 банок в минуту.

На рис. 163 изображена схема автоматической жестянобаночной линии.

Лист жести разрезается сдвоенными дисковыми ножницами на бланки-заготовки корпусов. Дисковые ножи насажены на два параллельных вала, расположенные один над другим на таком расстоянии, что режущие окружности ножей перекрываются на

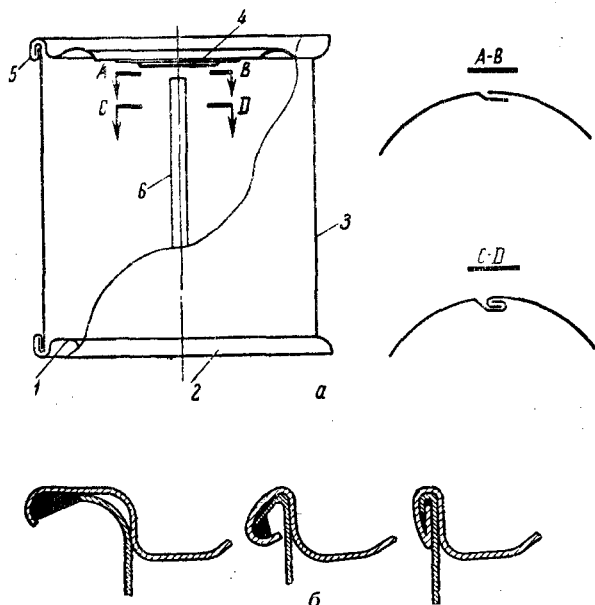


Рис. 162. Жестяная банка с закатанными концами:

*a* — конструкция швов: 1 — доннышко; 2 — поперечный шов; 3 — корпус; 4 — крышка; 5 — поперечный шов; 6 — продольный шов; б — последовательность образования поперечного шва.

0,5—0,6 мм. Расстояние между каждой парой ножей по длине вала соответствует требуемому размеру. При подаче листа ножницы разрезают его на полосы нужной ширины и срезают боковые кромки листа шириной по 3—5 мм. Полученные полосы автоматически подаются в другую пару дисковых ножниц той же машины, где они разрезаются поперек.

Бланки корпусов поступают в корпусообразующую машину, где автоматически производятся следующие операции: обрезка углов для образования у кромок шва внахлестку, загиб кромок, скручивание корпуса и образование продольного шва, пропайка шва, снятие излишков олова и охлаждение шва воздухом. Последовательность образования корпуса схематично изображена на рис. 164.

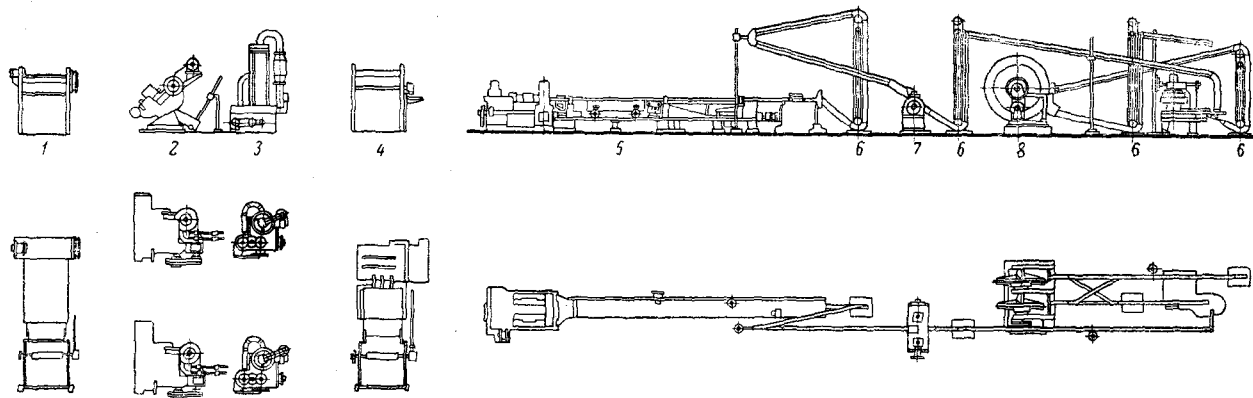


Рис. 163. Линия производства жестяных банок:

1 — фигурные ножницы; 2 — пресс для штамповки доньшек и крышек; 3 — пастонакладочная машина с сушильной печью; 4 — двойные дисковые ножницы; 5 — корпусообразующая машина; 6 — фрикционный подъемник; 7 — отбортовочная машина; 8 — двойной испытательный станок.

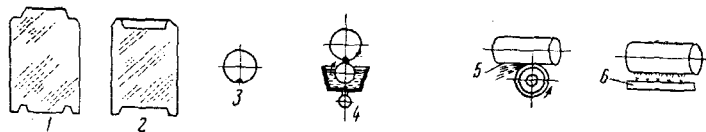


Рис. 164. Схема образования корпуса:

1 — с отсеченными углами и прорезями; 2 — с загнутыми краями; 3 — корпус; 4 — пропайка продольного шва; 5 — очистка шва; 6 — охлаждение воздухом.

Из корпусообразующей машины корпуса передаются фрикционным элеватором во фланцеотгибочную машину для отбортовки фланцев.

Чтобы изготовить концы (дно и крышки), фигурные ножницы разрезают лист жести на полосы. Из этих полос пресс вырубает и штампует концы, которые затем поступают в пастонакладочную машину. Для герметичности швов паста<sup>1</sup> наносится на края концов.

Расплавленная паста выдавливается через сопло с отверстием 0,7—1 мм и наносится на вращающийся конец. Концы затем просушиваются при 30—45°С в течение 20 мин и поступают к закаточной машине, соединяющей днище с корпусом.

В закаточной машине на корпус накладывается днище и закатывается шов. После этого банка поступает в машину для проверки на герметичность, где она закрывается резиновым диском, через отверстие в котором в банке создается вакуум. Негерметичные банки после перекрытия вакуум-линии не удерживаются на диске и падают в течку отбракованных. Герметичные банки передвигаются дальше и отделяются от диска после впуска воздуха через отверстие в диске.

Применяют также машины, в которых герметичность банок проверяют, наполняя их сжатым воздухом. В герметичной банке давление воздуха после отключения воздуховода не должно снижаться, иначе банка автоматически отбраковывается.

Некоторые данные по оборудованию, входящему в жестянобаночную линию, приведены в табл. 17.

Таблица 17

Машины	Производительность, банок в минуту	Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	Мощность электрооборудования, кВт
Дисковые ножницы . . .	720	9,6	4,4
Корпусообразующая машина . . . . .	300	15,1	26,0
Фланцеотгибочная машина . . . . .	350	1,0	1,7
Фигурные ножницы . . .	180	8,4	1,4
Пресс . . . . .	300	4,6	3,8
Пастонакладочная машина одноклапанная . . .	300	2,6	17,7
Закаточная машина . . .	300	2,8	3,8
Машина для проверки герметичности банок . .	300	4,4	3,8

<sup>1</sup> Паста состоит из каучука, растворенного в высокооктановом бензине (8% каучука и 92% бензина). Применяется также водо-аммиачная паста, содержащая 73% латекса, 12% каолина, 3% казеина, 11,6% аммиака и 0,1—0,3% красителя.



Проверенные на герметичность банки с отдельными крышками поступают из жестянобаночных цехов в консервное производство. Сначала банки направляются в моечную машину, где устанавливаются на конвейер открытыми концами вниз в несколько рядов. По мере движения конвейера они обрабатываются следующим образом: обмываются струями горячей воды ( $80-90^{\circ}\text{C}$ ) в течение 38 сек; пропариваются острым паром в течение 22 сек; обсушиваются горячим воздухом ( $120^{\circ}\text{C}$ ) в течение 1 мин.

Производительность моечных машин 2, 3 и 6 тыс. банок в час; расход воды 0,3—0,5 л на банку; расход пара на банку 0,05—0,7 кг при давлении 3 кгс/см<sup>2</sup>.

После проверки на чистоту банки подают к разливочной машине. Применяют разливочные машины полуавтоматического и автоматического действия.

Автоматические разливочные машины различают двух-, шести- и двенадцатипоршневые производительностью соответственно 2, 3 и 7 тыс. банок в час, в которых количество одновременно наполняемых банок соответствует количеству поршней. В машинах предусмотрена блокировка выдачи продукта в случае отсутствия банки. Потребная мощность разливочных машин 1,5—2,5 квт в зависимости от производительности.

Наполненные банки поступают в закаточную машину, где производится накладка и закатка крышек.

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОЙКИ И ЧИСТКИ ТАРЫ

Тару в молочной промышленности моют на специальных бутылко- и банкомоечных, фляго- и ящикомоечных машинах. Принцип их действия основан на химической и механической обработке тары нагретыми моющими растворами, содержащими специальные моющие средства, с последующим ополаскиванием чистой водой.

В качестве моющих средств широко применяют щелочи — кальцинированную или каустическую соду с добавкой других веществ, например тринатрийфосфата или гексаметафосфата натрия (галгона) для предотвращения образования отложений накипи на частях машины.

Комбинирование химического и термического воздействия моющих растворов, которое тем сильнее, чем выше их температура, концентрация щелочи и больше продолжительность действия, дают самые хорошие результаты. Чтобы удалить загрязнения с поверхности бутылок и банок необходимы три моечные операции: предварительное размачивание загрязнений, механическая мойка поверхности стенки и ополаскивание чистой водой.

Механическую мойку бутылок осуществляют щеточными приспособлениями или струей жидкости (рис. 165).

Щеточная мойка дает надежные результаты даже тогда, когда бутылки покрыты засохшим слоем загрязнений. Недостаток этого способа заключается в быстром износе щеток (ершей), а также в том, что после щеточной мойки в бутылке могут остаться волоски щетки, которые не всегда удаляются при ополаскивании. Кроме

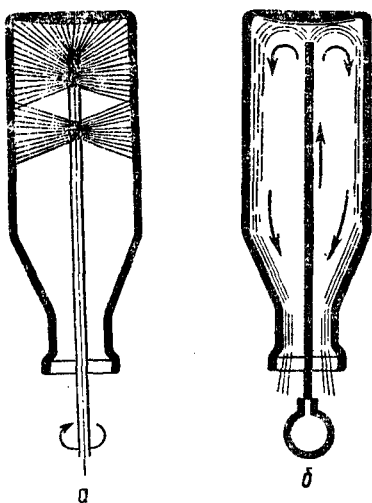


Рис. 165. Схема мойки бутылок:

а — щеточная мойка вращающимся ершом;  
б — бесщеточная мойка струей.

того, щеточная мойка в машинах большой производительности приводит к значительному усложнению конструкции.

При нормальном загрязнении бутылок остатками молока и молочных продуктов вполне удовлетворительная мойка может быть достигнута струей моющего раствора.

Интенсивность мойки струей данного моющего раствора зависит от:

диаметра сопла и количества моющей жидкости, поступающей в бутылку в 1 сек (секундного расхода жидкости);

напора, под которым струя выходит из сопла;

расстояния от сопла до отмываемой поверхности;

формы сопла.

С увеличением диаметра сопла и количества поступающей в бутылку моющей жидкости интенсивность мойки увеличивается.

Однако увеличение расхода жидкости имеет свой предел, который нерационально переходить. Если в бутылку подавать слишком много жидкости, она не будет успевать уходить по стенке и струя поступающей жидкости натолкнется на жидкость, заполняющую сечение горлышка. Энергия струи потеряется и процесс мойки струей будет нарушен.

Предельное количество моющей жидкости, подаваемой в бутылку, зависит от внутреннего диаметра горлышка. По данным Егоровой В. И., его можно определить по следующей эмпирической формуле

$$M_{\text{макс}} = 0,64 D^{1,63}, \quad (X-1)$$

где  $M_{\text{макс}}$  — максимальное количество жидкости, которое можно подавать в бутылку,  $\text{см}^3/\text{сек}$ ;

$D$  — внутренний диаметр горлышка бутылки,  $\text{мм}$  (для стандартной молочной бутылки  $D = 33,5 \text{ мм}$ ).

Действительное количество жидкости, поступающей в бутылку, зависит от диаметра сопла и напора жидкости.

Увеличение напора усиливает механическое действие струи и улучшает мойку, однако и напор нерационально увеличивать чрезмерно. Повышение напора вызывает увеличение расхода электроэнергии на мойку и наступает момент, когда возросший расход электроэнергии уже не оправдывается увеличением интенсивности мойки. С другой стороны, при повышении напора нарушается цельность струи, которая перестает быть сплошной, распыляется и эффективность ее действия ослабевает. В практике обычно применяют напор в пределах 15—30 м вод. ст.

Необходимым условием успешной мойки является совмещение осей бутылки и сопла, т. е. взаимное центрирование сопла и горлышка при шприцевании. Без этого нарушится правильное поступление жидкости в бутылку и стекание из нее в зоне горлышка.

Важную роль в процессе мойки играет общее время внутреннего шприцевания, т. е. суммарное время воздействия струй при многократных остановках бутылок над соплами. Общее время шприцевания зависит от числа шприцеваний и от продолжительности одного шприцевания. В современных машинах для мойки бутылок общее число щелочных и водяных шприцеваний составляет 10—20.

Продолжительность одного шприцевания или время выдержки зависит от конструкции машины и показателей приводного механизма.

Мойка стеклянной и металлической тары имеет свои особенности. Металлическая тара термоустойчива, для нее не опасны резкие перепады температур моющих жидкостей как при нагревании, так и при охлаждении. Для металлической тары не опасно быстрое нагревание до 90—100° С, поэтому при мойке часто применяют стерилизацию паром. Стеклянная тара не отличается термической стойкостью, поэтому в процессе мойки температура моющих жидкостей изменяется от одной секции машины к другой ступенями, чтобы предотвратить растрескивание стеклянных бутылок или банок.

Однако стеклянная тара более устойчива к химическим средствам мойки, чем металлическая.

В устройстве машин для мойки тары под продукты молочной промышленности много общего. Каждая моечная машина в принципе представляет собой тот или другой транспортирующий механизм для переноса тары из одной зоны обработки в другую. Транспортёр заключен в общий кожух, внутри которого по зонам происходят отдельные моечные операции, сопровождающиеся интенсивным орошением бутылки, флаг или банок моющими жидкостями и одновременным нагреванием их в первых секциях и охлаждением в последних.

Экономичность расхода пара в моечных машинах зависит от способа транспортировки тары через рабочие зоны. Это обусловлено тем, что в таких зонах затрачивается тепло на нагревание тары и транспортера. Причем возможны два случая: нагревается тара и транспортер или только тара.

Первый случай имеет место в цепных машинах, где звенья транспортера перемещаются вместе с тарой от начала мойки до конца, а второй — в барабанных, где через все зоны транспортируется только тара, а элементы транспортирующего механизма остаются на месте, каждый в пределах своей температурной зоны.

Анализ затрат тепла в бутылкомоечной машине показывает, что в отношении расхода тепла первый случай менее выгоден, чем второй.

## БУТЫЛКОМОЕЧНЫЕ МАШИНЫ

Бутылкомоющие автоматические машины, применяемые на городских молочных заводах, можно классифицировать следующим образом:

по производительности — малые 1500—2000; средние 3500—4000; и большие 6000—18 000 бутылок в час.

по конструкции — цепные и барабанные;

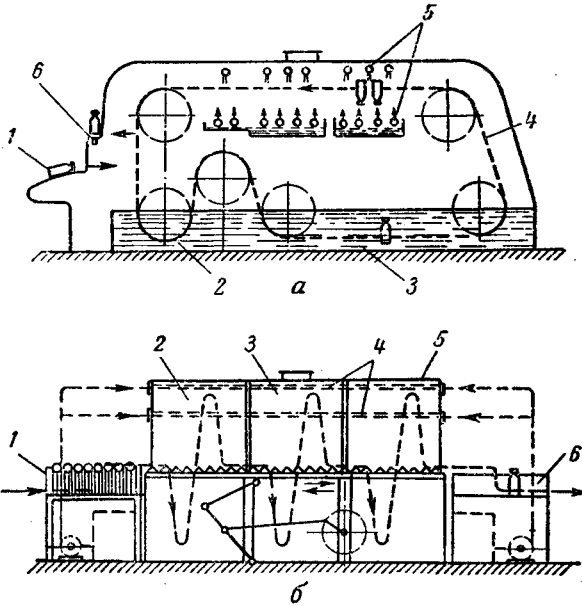


Рис. 166. Схема устройства бутылкомоющих машин:

*a* — цепная машина: 1 — приемный стол; 2 — ванна предварительного отмачивания и нагревания; 3 — ванна окончательного отмачивания; 4 — основной транспортер; 5 — шприцевальные трубки; 6 — поперечный транспортер;

*б* — барабанная машина: 1 — приемный стол; 2 — первый барабан; 3 — второй барабан; 4 — шприцевальные трубки; 5 — третий барабан; 6 — разгрузочный стол.

по принципу работы — бесщеточные (отмочно-шприцевальные) и щеточные (отмочно-шприцевально-щеточные).

Широко распространены в молочной промышленности бесщеточные автоматические машины цепного и барабанного типа (рис. 166). Основным конструктивным различием между ними является способ транспортировки бутылок внутри машины.

В цепной машине основной транспортирующий механизм, который переносит бутылки из ванны в ванну и от одного шприцевального устройства к другому, — цепной бутылочный транспортер. Он состоит из двух замкнутых массивных роликовых цепей,

между которыми установлены групповые носители для бутылок, состоящие из ряда гнезд. Число гнезд в носителе зависит от конструкции и производительности машины и может быть от 6 до 20.

В барабанной машине транспортировку бутылок внутри машины осуществляет вращающийся цилиндрический барабан с гнездами для бутылок.

Процесс работы бутылкомоечных машин следующий.

В цепной машине (рис. 166, а) бутылки поступают на приемный стол 1. Отсюда они автоматически загружаются в гнезда носителей, укрепленных на бесконечных цепях основного транспортера 4 и погружаются в ванну 2 для предварительного отмачивания в щелочном растворе (при 35—40° С). После этого бутылки переходят в ванну 3 для отмачивания при 65—70° С, а по выходе из нее обмываются снаружи струями щелочного раствора. На верхнем участке цепи, двигаясь в обратном направлении, бутылки шприцуют горячей и холодной водой из трубок 5 и чистые разгружаются на поперечный транспортер 6.

В барабанной машине (рис. 166, б) расположены три или четыре барабана, погруженные в ванны с моющими растворами. Грязные бутылки загружаются с приемного стола 1 в свободные гнезда первого барабана в ванну для предварительного отмачивания. По выходе из ванны в верхней части барабана бутылки шприцуются из трубок 4. Затем разгружаются на продольный подвижной стол, который передает их ко второму барабану 3.

После загрузки в гнезда второго барабана бутылки вновь отмачиваются и шприцуются, но уже при более высокой температуре. Затем передаются в третий барабан 5, где отмачиваются в горячей воде и обмываются струями теплой и холодной воды. Чистые бутылки разгружаются на стол 6 и переходят на транспортер.

На молочных заводах СССР применяют цепные бутылкомоечные машины АМА старого выпуска, импортные машины «Юдек» и новые цепные машины серии ОМГ отечественного производства.

### **Бутылкомоечная машина АМА-1**

Бутылкомоечный автомат АМА-1 (рис. 167) предназначен для мойки бутылок емкостью 0,5 л. Производительность его 3500 бутылок в час.

Загрязненные бутылки вручную укладывают горлышком вперед в 10 продольных центрирующих желобов загрузочного стола 1. По обе стороны стола движутся две параллельные замкнутые втулочно-роликовые цепи с шагом около 19 мм, к которым прикреплена подающая планка 2. Планка захватывает уложенные бутылки, проталкивает их по желобам и двигает их в носитель 10, расположенный в этот момент точно против желобов.

Число звеньев цепи загрузочного транспортера машины и

скорость его движения рассчитаны так, что в то время, когда планка делает один оборот, основной транспортер с носителями внутри машины продвинется на один шаг (расстояние между носителями по их осям).

Носитель изготовлен из листовой стали и имеет 10 гнезд. Всего в автомате АМА 86 носителей, составляющих вместе с цепями основной бутылочный транспортер машины.

Транспортер движется периодически (толчками) в результате того, что на ведущем валу колеса вне корпуса машины находит-

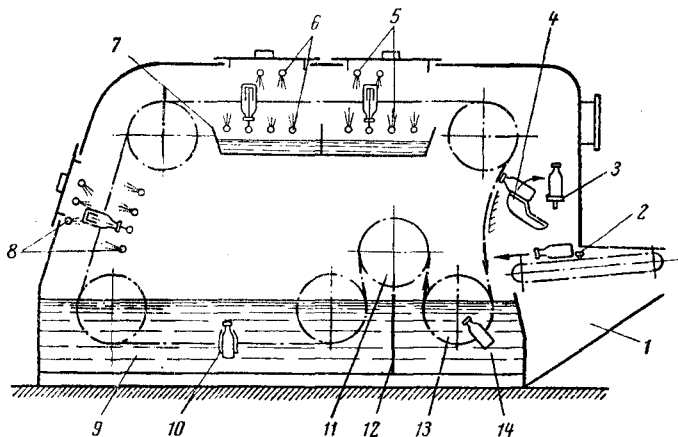


Рис. 167. Схема бутылькомоечной машины АМА-1:

1 — загрузочный стол; 2 — подающая планка; 3 — поперечный транспортер; 4 — разгрузочный механизм; 5 — шприцевальные трубки для горячей воды; 6 — шприцевальные трубки для холодной воды; 7 — поддон; 8 — шприцевальные трубки для щелочного раствора; 9 — ванна для отмачивания; 10 — носитель; 11 — звездочка; 12 — перегородка; 13 — ведущая звездочка; 14 — ванна для предварительного отмачивания.

ся мальтийская звездочка. Основной транспортер переносит загруженные грязные бутылки в первую ванну в передней части машины для отмачивания в нагретом до  $40^{\circ}\text{C}$  щелочном растворе. Огибая ведущую звездочку 13, транспортер выносит бутылки из ванны предварительного отмачивания и, обогнув звездочку 11, переносит их во вторую щелочную ванну 9, где бутылки отмачиваются в щелочном растворе той же концентрации, но нагретом до  $65^{\circ}\text{C}$ .

После этого бутылки поднимаются и переносятся транспортером вверх. У задней стенки машины их шприцуют щелочным горячим раствором при  $65^{\circ}\text{C}$  и при напоре 30 м вод. ст. Щелочное шприцевание производится и снаружи в четырех положениях. Внутреннее шприцевание выполняется четырьмя трубками 8. Диаметр сопел равен 2 мм.

Трубки внутреннего шприцевания соединены быстроразбираемым соединением с маховичком на резьбе. Маховички расположены напротив смотрового люка.

Снаружи бутылки шприцуют щелочным раствором через три трубки. Каждая снабжена двумя рядами сопел. Крепление шприцевых трубок к коллектору такое же, как у трубок внутреннего шприцевания.

После щелочного шприцевания бутылки шприцуют горячей водой под напором *20 м вод. ст.* Системы шприцевания горячей водой и щелочным раствором аналогичны. Горячая вода подается в шприцевые трубки из бака фильтра, в который сливается смешанная вода после горячего и холодного шприцевания водой. По пути к форсункам вода фильтруется еще через сетчатый контрольный фильтр. В баке фильтра вода подогревается двумя пароструйными нагревателями.

Обмытые горячей водой и частично охлажденные бутылки обмывают холодной водой. Устройство для холодного шприцевания такое же, как и для горячего, но холодная вода подается в шприцевальные трубки не насосом, а непосредственно из водопровода. Чтобы не было термического боя бутылок при резком охлаждении, разность температур горячей и холодной воды не должна превышать  $30^{\circ}$ . Поэтому температура горячей воды регулируется в пределах  $40-45^{\circ}\text{C}$ .

Обмытые бутылки направляются к разгрузочному механизму 4. При подходе носителя к позиции выгрузки он принимает наклонное положение, соответствующее выгибу цепи, который определяется формой направляющей дуги. В этот момент запорный механизм носителя открывается и бутылки выпадают в наклонный лоток опрокидывателя. Чтобы гарантировать своевременное выпадение, сделана специальная направляющая, которая нажимает на горлышки бутылок и выталкивает их на  $8-10$  мм из носителя. Соскользнув по лотку опрокидывателя, бутылки доньшком упираются в козырек с наклеенной прорезиненной тканью для смягчения удара.

Лоток после приема бутылок поворачивается в вертикальное положение и передвигает бутылки на поперечный пластинчатый транспортер 13.

Все механизмы машины смонтированы на стальных боковинах корпуса. Корпус представляет собой закрытую камеру, в стенках которой имеется ряд окон и люков для осмотра и чистки машины.

Под шприцевальными трубками расположен поддон для сбора воды, разбрызгиваемой из трубок. Из поддона вода отводится частью в водяной фильтр для очистки и повторного использования, а частью сливается, так как в результате поступления холодной воды образуется избыток ее.

Горячая щелочь из второй щелочной ванны засасывается во



вращающийся дырчатый барабан щелочного фильтра. Отфильтрованный щелочной раствор засасывается центробежным насосом и нагнетается через контрольный фильтр в коллектор шпирцевальных трубок.

Щелочной раствор в первой и второй ваннах подогревается пароструйными нагревателями с подачей пара непосредственно в раствор. Образующийся в результате конденсации пара избыток раствора уходит через переливные трубки.

Машина снабжена контрольными приборами и предохранительными устройствами: дистанционными термометрами, предохранительной муфтой на валу червячного редуктора, предохранительным устройством останова приводного электродвигателя в случае затора бутылок на поперечном транспортере.

#### Техническая характеристика автомата АМА-1

Производительность, бутылок в час . . . . .	3500
Мощность привода машины и насосов, квт . . . . .	10
Габариты, мм	
длина . . . . .	4563
ширина . . . . .	2684
высота . . . . .	2473
Масса загруженной машины, кг . . . . .	8200—8600

#### Бутылкомоечная машина «Юдек»

На рис. 168 показана схема бутылкомоечной машины «Юдек» производительностью 12 000 бутылок в час. Бутылки поступают на загрузочный подвижный стол 16, приводимый в действие от электродвигателя 15. Загрузочным приспособлением 14 бутылки загружаются в носители основного транспортера по 18 шт. в ряд. Чтобы предотвратить бой бутылок, когда они соскальзывают в носители, горлышки их в конце упираются в амортизационные диски 13 с резиновыми ободами.

В машине «Юдек» первая моечная операция представляет собой отмачивание и предварительное подогревание бутылок в баке 20 с теплой водой температурой около 38°С.

При движении носителей через бак № 1 бутылки опираются доньшками на направляющие полосы, изогнутые соответственно изгибу цепи. В этом баке бутылки предварительно отмачиваются и подогреваются теплой водой температурой около 38°С.

Когда носители выходят из бака № 1, вода из бутылок вытекает, носители огибают звездочку и идут в бак № 2, наполненный щелочным раствором температурой 63°С. Здесь происходит одна из основных моечных операций. Вместе с перемещением заполненных щелочным раствором бутылок по задней наклонной ветви транспортера она продолжается около 3 мин. Бутылки освобождаются от раствора, огибая звездочку 10. Причем горячий

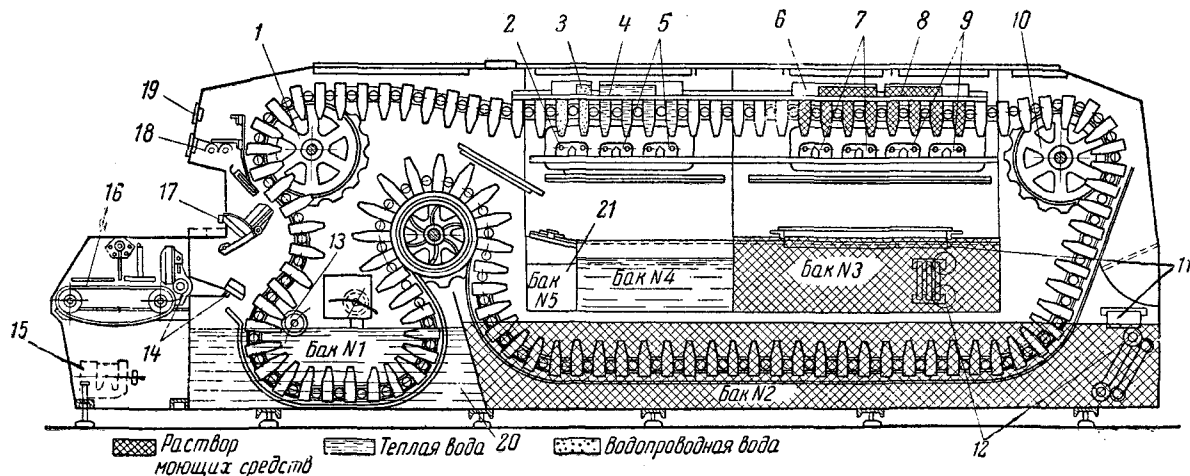


Рис. 168. Схема машины «Юдек»:

1 — ведущая звездочка; 2 — шприцевальные трубки для ополаскивания водопроводной водой; 3 — лоток орошения водопроводной водой; 4 — лоток орошения теплой водой из бака № 4; 5 — шприцевальные трубки для мойки теплой водой из бака № 4; 6 и 8 — лотки орошения горячей щелочью из бака № 3; 7 и 9 — шприцевальные трубки для мойки горячей щелочью из бака № 3; 10 — регулировочная звездочка; 11 — лотки для загрузки соды; 12 — трубчатые паровые нагреватели; 13 — амортизационные диски; 14 — загрузочное приспособление; 15 — электродвигатель подвижного стола; 16 — подвижный стол; 17 — разгрузочное приспособление; 18 — лампы дневного света; 19 — манометры и термометры; 20 — бак для отмачивания и предварительного нагрева; 21 — бак с водой для гидравлического привода.

раствор щелочи сливается обратно в бак № 2, а бутылки направляются на шприцевание и орошение снаружи.

Растворы в баках подогревают трубчатыми паровыми нагревателями 12. Щелочной раствор постепенно уносится из баков на поверхности носителей и бутылок. Загружают щелочь в баки через лотки 11.

На верхней ветви транспортера бутылки в положении горлышком вниз 8 раз шприцуют внутри из шприцевальных трубок 7 и 9, а затем орошают снаружи из лотков 6 и 8 щелочным раствором температурой 49—50° С. Раствор стекает в бак № 3, откуда после фильтрования вновь подается насосом в шприцевальные трубки и лотки.

Бутылки шприцуют 4 раза из трубок 5 циркулирующей теплой водой, чтобы охладить их до 26—27° С и смыть щелочной раствор. Чистые бутылки ополаскивают и окончательно охлаждают свежей водопроводной водой, шприцуя 2 раза из трубок 2.

Вымытые и охлажденные бутылки огибают звездочку 1 и разгружаются из носителей на разгрузочное приспособление 17, которое ставит их на поперечный транспортер.

Основной транспортер машины «Юдек» приводится в движение от гидравлического привода, расположенного на левой стороне машины. Гидравлический привод представляет собой поршневую гидравлическую машину двойного действия, в которую центробежным насосом подается эмульсия масла в воде. Отработанная вода уходит в небольшой бак 21 внутри машины, откуда она снова засасывается насосом и нагнетается в машину.

Шток гидравлической машины связан с храповым механизмом, при помощи которого движение передается на вал звездочки 1, приводящей в движение основной транспортер машины. Движение происходит периодически, продолжительность цикла 5,5 сек (высотой 4 сек и движение 1,5 сек).

Гидравлический привод позволяет легко регулировать скорость транспортера и производительность машины. Для этого достаточно вентилем на трубопроводе, соединяющем центробежный насос с машиной, увеличить или уменьшить подачу жидкости в поршневую машину.

Кроме того, использование гидравлического привода с насосом центробежного типа освобождает от необходимости устанавливать в приводном механизме фрикционное соединение или слабое предохранительное звено для предотвращения аварий, когда в механизм попадают посторонние предметы или заклиниваются бутылки. При внезапной остановке механизма гидравлический привод останавливается, а центробежный насос продолжает безопасно работать.

В конце работы насос останавливают, а для коротких остановок соединяют специальным переключателем в гидравличе-

ской машине нагнетательную сторону насоса с «выхлопной» трубой, отводящей жидкость в бак 21.

Общая продолжительность моечных операций, т. е. полезное время мойки, около 5 мин 10 сек при производительности 12 000 бутылок в час.

Существенная особенность машины «Юдек» заключается в следующем.

В баке № 4 образуется избыток теплой воды, так как сюда стекает отработанная вода из лотка 4 и водопроводная вода из

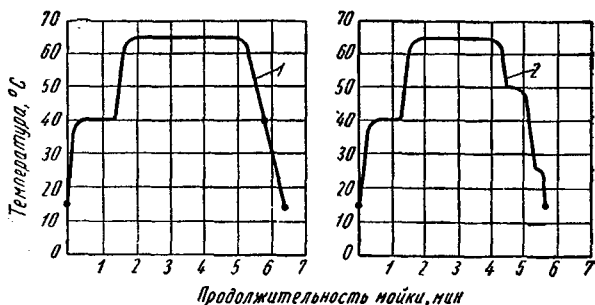


Рис. 169. Графики температур и продолжительности мойки бутылок:

1 — для машины АМА; 2 — для машины «Юдек».

лотка 3. В машине «Юдек» этот избыток воды идет в бак № 1, где отдает часть тепла холодным бутылкам, в отличие от других машин, в которых избыток теплой воды сливается в канализацию и теряется много тепла. В результате регенерации тепло-расход пара в машине «Юдек» уменьшен.

Машины «Юдек» бывают производительностью 6000 и 2000 бутылок в час. Число шприцеваний в них меньше и конструкция несколько проще, чем машины производительностью 12 000 бутылок в час.

#### Техническая характеристика машины «Юдек»

Производительность, бутылок в час	2000	6000	12000
Общая мощность электродвигателей, кВт	2	6	9
Мощность электродвигателя насоса главного привода, кВт	—	2,2	3,7
Расход пара, кг/ч	68	150	272
Расход воды, л/ч	1630	2840	5100
Число гнезд в носителе	6	10	18

Чтобы получить гарантированное качество мойки, загрязненную бутылку подвергают химическому действию нагретых моющих растворов и механическому действию струи определенный промежуток времени, который называется полезным временем

мойки. Это время равно сумме времени отмачивания в воде и растворах и внутреннего шприцевания ими.

Полезное время—один из важнейших показателей, характеризующих процесс мойки в машине. Увеличение полезного времени повышает надежность действия машины. Однако чрезмерное его увеличение неэкономично.

Необходимое время мойки зависит от характера загрязнения, которые могут быть различны. Практика мойки основывается на средних нормах. Обычно полезное время мойки молочных бутылок 5—8 мин.

Интенсивность процесса мойки часто характеризуют температурно-временным графиком, связывающим полезное время мойки с температурным режимом.

На рис. 169 приведен график температур и времени мойки для машины АМА и «Юдек». Линия графика показывает температуру бутылки при обработке ее в разных частях машины.

Подобные графики позволяют при прочих равных условиях (напор жидкостей в соплах, расход моющего раствора на одну бутылку, концентрация раствора) сравнивать различные моечные порции по интенсивности мойки.

### **Бутылкомоечные машины типа ОМГ**

Цепная машина отмочно-шприцевального типа с ритмично-прерывистым движением носителей типа ОМГ-12 показана на рис. 170. Она предназначена для мойки бутылок емкостью 0,25; 0,5 и 1,0 л. Корпус машины сварен из листовой стали (толщиной 8 мм) и разделен внутри на 5 баков, 4 из которых моечные, а пятый содержит запас воды для гидравлического привода.

В баке № 1 бутылки отмачиваются в теплой воде (30—40° С), в баке № 2 — в горячем щелочном растворе (65—70° С). Над баком № 3 шприцуется внутренняя поверхность бутылок и ополаскиваются снаружи бутылки из лотка горячим щелочным раствором (65—70° С), который подают центробежным насосом из бака № 3.

Бак № 4 предназначен для горячей воды, используемой при шприцевании и ополаскивании бутылок после обработки их щелочным раствором. Первый раз этой водой бутылки ополаскивают над отсеком, расположенным в баке № 3. После ополаскивания вода отводится из этого отсека в бак № 1, а вода из лотков и шприцевальных трубок сливается в бак № 4. Температура воды в баке № 4 45—50° С.

Над баком № 4 бутылки орошаются водой температурой 25° С, поступающей из смесителя, где холодная вода смешивается с горячей, подаваемой насосом из бака № 4. Для ополаскивания бутылок снаружи и шприцевания изнутри применяют холодную воду. Вся вода стекает в бак № 4, а ее избыток отводится в бак № 1.

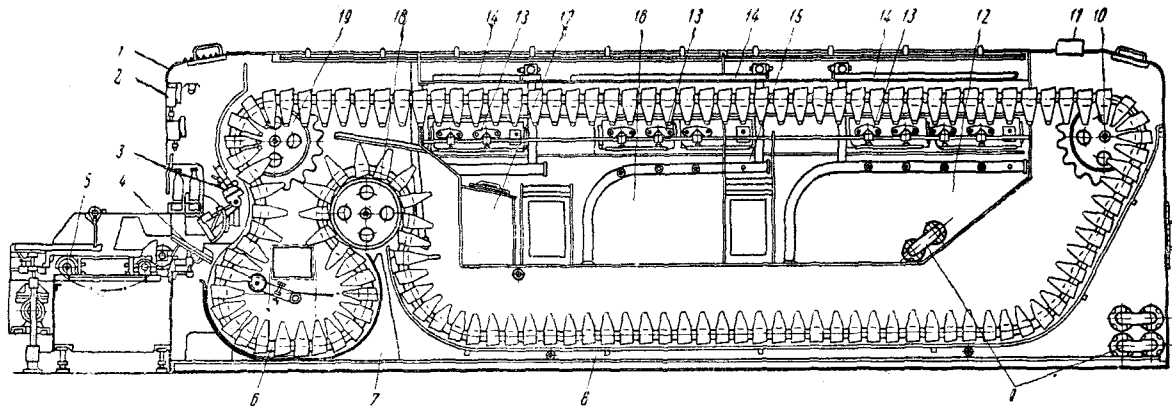


Рис. 170. Схема машины ОМГ-12:

1 — корпус; 2 — контрольные приборы; 3 — механизм разгрузки; 4 — загрузочное устройство; 5 — загрузочный стол; 6 — транспортер носителей бутылок; 7 — бак № 1 для отмачивания бутылок в теплой воде; 8 — бак № 2 для отмачивания бутылок в горячей щелочи; 9 — нагревательные приборы щелочных растворов; 10 — натяжная звездочка; 11 — вытяжная труба; 12 — бак для щелочного раствора на шприцевальные трубки; 13 — шприцевальные трубки для воды и щелочного раствора; 14 — лотки для наружного орошения бутылок; 15 — бак для сбора воды промежуточного ополаскивания бутылок; 16 — бак № 4 для воды; 17 — бак для воды гидропривода; 18 — промежуточная звездочка; 19 — ведущая звездочка.

Буылки в носители загружаются под действием собственно го веса загрузочным устройством со стола 5. В машине 134 носителя и в каждом 20 гнезд для бутылок.

Цепи с носителями, механизмы загрузки и выгрузки приводятся в движение гидравлическим приводом. Давление воды в цилиндре гидропривода  $5 \text{ кг/см}^2$  (в период перемещения цепей).

Мощные растворы и воду подогревают паром давлением 3—4  $\text{кг/см}^2$ . В баках № 2 и № 3 щелочные растворы нагреваются паровыми батареями, а вода в баках № 1 и № 4 — пароструйными нагревателями.

#### Техническая характеристика машин типа ОМГ

	ОМГ-2	ОМГ-6	ОМГ-12
Производительность, бутылок в час . . . . .	2000	6000	12000
Число ходов в минуту, не более . . . . .	4,2	6	11
Число носителей на цепи (шаг 140 мм) . . . . .	90	114	134
Число гнезд в носителе . . . . .	8	16	20
Продолжительность пребывания бутылки в машине, мин. . . . .	20,1	17,6	12,8
Потребная мощность, кВт . . . . .	6,6	13,5	19,6
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	5	6	12
Габариты, мм			
длина . . . . .	4380	7355	8323
ширина . . . . .	2030	2800	3200
высота . . . . .	2365	2445	2370
Масса, кг . . . . .	9460	24000	32000

#### РАСХОД ТЕПЛА, ПАРА, ВОДЫ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В БУТЫЛКОМОЕЧНЫХ МАШИНАХ

Чтобы уяснить характер тепловых затрат в бутылкомоечной машине, рассмотрим типичную схему тепловой обработки бутылок (рис. 171).

Холодные бутылки сначала попадают в ванну, где предварительно отмачиваются и нагреваются до  $40^\circ \text{C}$ . Затем транспортер переносит их в ванну, где опять отмачиваются и нагреваются до  $65^\circ \text{C}$ . После этого бутылки поступают под шприцевание горячим щелочным раствором при температуре  $65^\circ \text{C}$ .

Нагретые до  $65^\circ \text{C}$  бутылки ополаскиваются циркулирующей нагретой до  $40^\circ \text{C}$  водой и охлаждаются до  $40^\circ \text{C}$ . Затем они ополаскиваются свежей водопроводной водой при  $10\text{--}15^\circ \text{C}$  и охлаждаются и выходят из машины.

Холодная отработанная вода стекает в один поддон с горячей, смешивается с ней, непрерывно ее освежает и охлаждает. Без такого смешивания циркулирующая вода быстро нагреется от бутылок до  $65^\circ \text{C}$ . Предварительное охлаждение бутылок нарушится и при внезапном охлаждении их холодной водой будет термический бой.

Из общего поддона смешанная вода сливается в водяной фильтр. Избыток ее, равный расходу свежей водопроводной воды, сливается в канализацию.

Нагревание бутылок и металлических носителей связано с затратой тепла. Это тепло после охлаждения бутылок и носителей отводится из машины охлаждающей отработанной водой, количество которой равно расходу холодной водопроводной воды, поступающей на ополаскивание бутылок.

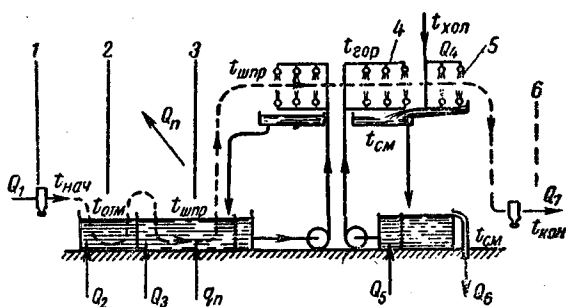


Рис. 171. Схема тепловой обработки бутылок в бутылко-моечной машине:

1 — поступление бутылок; 2 — предварительное нагревание бутылок; 3 — окончательное нагревание бутылок; 4 — промежуточное охлаждение бутылок смешанной водой; 5 — окончательное охлаждение и ополаскивание бутылок водопроводной водой; 6 — выгрузка чистых охлажденных бутылок.

**Расход тепла.** Расход тепла в единицу времени в бутылко-моечной машине без учета потерь определяют по формуле

$$Q = W (t_{см} - t_{хол}) c_{в}, \quad (X-2)$$

где  $Q$  — расход тепла, дж/сек;

$W$  — расход холодной воды, кг/сек;

$t_{см}$  — температура смешанной отработанной воды при сливе в канализацию, °С;

$t_{хол}$  — температура холодной воды, поступающей в машину, °С;

$c_{в}$  — теплоемкость воды, дж/(кг · град).

Потери тепла в окружающую среду около 20%, поэтому с учетом потерь расход тепла

$$Q = 1,2 W (t_{см} - t_{хол}) c_{в}.$$

Температура смешанной отработанной воды ( $t_{см}$ ) зависит от многих факторов. Для работающей машины ее можно установить непосредственным измерением. У цепных машин она обычно равна 30—40°С.



**Расход пара.** Расход пара в секунду можно вычислить по формуле

$$D = \frac{1,2W(t_{см} - t_{хол})c_B}{i - t_K c_B}, \quad (X-3)$$

где  $D$  — расход пара, кг/сек;  
 $i$  — теплосодержание пара, дж/кг;  
 $t_K$  — температура конденсации пара, °С.

**Расход холодной воды.** Расход холодной воды нетрудно определить, непосредственно измеряя количество сливной воды, уходящей из водяного фильтра в единицу времени. Удельный расход свежей воды на бутылку выбирают не только из условий охлаждения, но и условий ополаскивания. По принятым в практике молочной промышленности нормам его принимают равным в зависимости от емкости бутылок.

Емкость бутылки, л . . . . .	0,25	0,5	1,0
Удельный расход свежей воды, кг . . . . .	0,4	0,5	0,7

Превышать указанные нормы расхода воды не рекомендуется, так как почти пропорционально этому увеличению растет расход тепла и пара.

Если контроль работы ополаскивающих шприцевальных трубок отсутствует, то возможен большой перерасход воды. Перерасход воды может быть и при повышении напора в трубках, если за ним не следить. Кроме того, он может быть вызван увеличением диаметра отверстий в трубках при неосторожной чистке. Поэтому состояние шприцевальных и опрыскивающих трубок необходимо систематически проверять, не допуская их засорения и повреждения отверстий в соплах.

**Потребная мощность.** Мощность, потребляемая бутылкомоечной машиной, расходуется главным образом на работу насосных установок и лишь небольшая ее часть идет на приведение в действие основного транспортера с бутылками и на работу вспомогательных механизмов.

Мощность, потребляемая каждой из насосных установок,

$$N = \frac{MH}{102 \eta_n \eta_m}, \quad (X-4)$$

где  $N$  — мощность, кВт;  
 $M$  — количество моющей жидкости, проходящее через форсунки, кг/сек;  
 $H$  — напор, развиваемый насосом, м вод. ст.;  
 $\eta_n$  — к. п. д. насоса ( $\eta_n = 0,5$ );  
 $\eta_m$  — к. п. д. электродвигателя ( $\eta_m = 0,85$ ).

#### ФЛЯГОМОЕЧНЫЕ МАШИНЫ

Флягомоечные машины различны по конструкции, однако принцип их работы одинаков. В каждую машину входит основ-

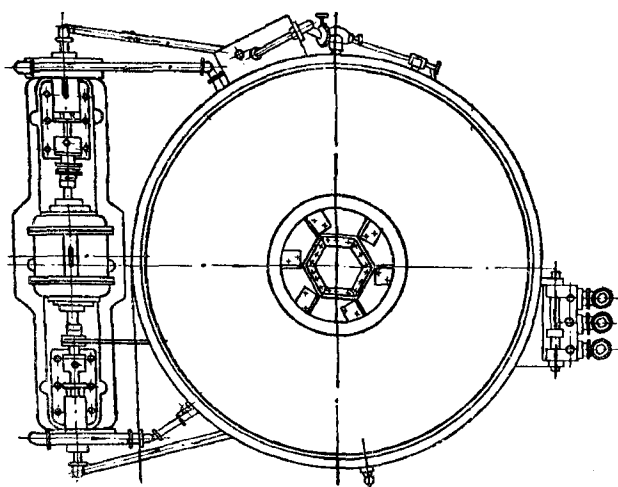
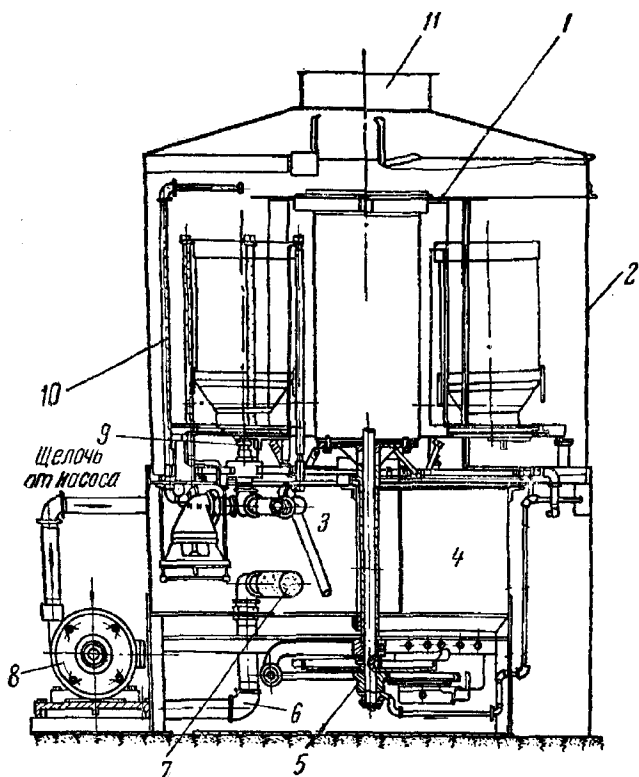


Рис. 172. Карусельная флягомоечная машина:

1 — карусель; 2 — корпус; 3 — бак для щелочного раствора;  
 4 — бак для горячей воды; 5 — червячный редуктор; 6 — труба;  
 7 — фильтр; 8 — электродвигатель; 9 — форсунка; 10 — шприцевальная трубка; 11 — патрубок.

ной транспортер, заключенный в закрытый корпус. Основные системы флягомоечных машин: карусельная и туннельная.

В карусельной машине (рис. 172) основной транспортер представляет собой вращающуюся карусель 1, заключенную в цилиндрический корпус 2. Карусель имеет 6 секторов, разделенных перегородками.

Фляги устанавливаются на карусель горловиной вниз через окно в боковой стенке корпуса. В нижней части машины под каруселью находятся баки 3 и 4 для щелочного раствора и горячей воды. Фляги моются при движении вместе с каруселью. Движение карусели периодическое.

Фляга, установленная в соответствующий сектор, при вращении карусели перемещается в зону ополаскивания холодной водой, чтобы смыть остатки молока, затем — в зону мойки горячим щелочным раствором, нагретым до 80°С. Эта операция основная и наиболее продолжительная — она осуществляется в двух секциях, занимающих  $\frac{1}{3}$  окружности. Далее фляга моется горячей водой (80°С), и в последней позиции ее обрабатывают паром. Вымытую и простерилизованную флягу вынимают вручную через то же окно.

Снаружи фляги моют струями моющих жидкостей из вертикальных трубок с форсунками 9, а внутри — из нижних форсунок 3. Моечные устройства работают только во время выстоя карусели, а во время движения подача жидкостей прекращается благодаря действию системы клапанов, которые открываются и закрываются автоматически через системы тяг и рычагов. Продолжительность выстоя около 17 сек, а полный оборот карусели происходит за 120 сек, что при 6 гнездах карусели дает часовую производительность 180 фляг в час.

Холодная вода для ополаскивания поступает из водопровода и отработанная вода уходит сразу в канализацию. Горячий щелочной раствор подается в форсунки щелочным центробежным насосом под напором 12—20 м вод. ст. Затем раствор стекает в бак 3, проходит через фильтр 7, и по трубе 6 поступает в насос. Щелочной раствор подогревают паром в баке для щелочи.

Горячая вода циркулирует в своей системе подобным же образом благодаря работе центробежного насоса для горячей воды.

Оба насоса и карусель машины приводятся в действие от электродвигателя 8, двусторонний вал которого соединен муфтами с валами насосов. От этого же электродвигателя движение передается клиновым ремнем к червячному редуктору, расположенному под машиной, и через него к карусели. Для осуществления периодического движения червячное колесо снабжено собачкой с зубом, входящим периодически в зацепление с приводным колесом на валу карусели.

В верхней части кожуха машины расположен патрубок 11 для присоединения вентиляционной трубы, через которую из корпуса отсасываются испарения.

Преимущество карусельной машины в ее компактности. Однако у машин этого типа следующие существенные недостатки:

• фляги устанавливает и выгружает в одном и том же месте один рабочий вручную;

• при машине должен быть стол-капельник, чтобы собирать остатки молока после разгрузки фляг;

• могут смешаться чистые и загрязненные фляги.

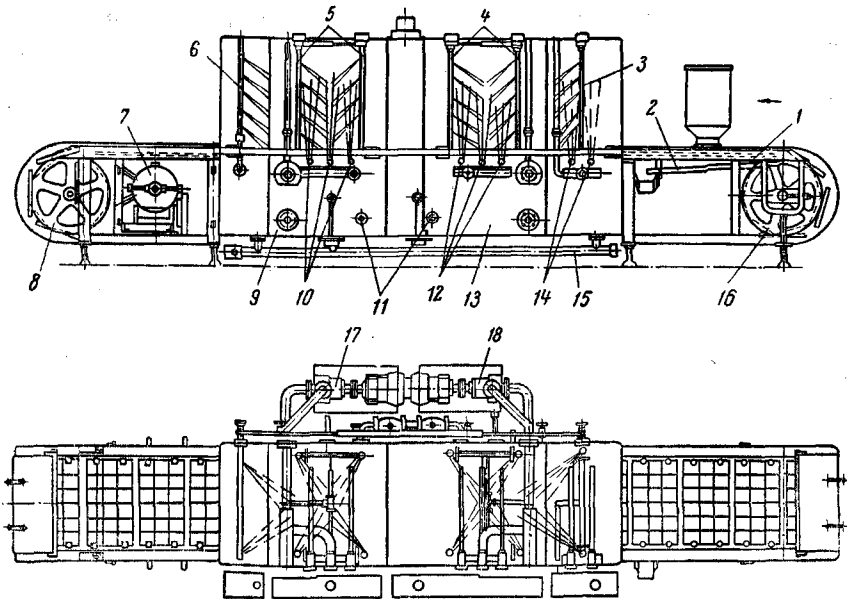


Рис. 173. Туннельная флягомоечная машина:

1 — транспортер; 2 — поддон; 3 — трубка для холодной воды; 4 — трубки для щелочного раствора; 5 — трубки для горячей воды; 6 — трубки для водопроводной воды; 7 — редуктор; 8 — приводная станция; 9 — бак для горячей воды; 10 — форсунки для горячей воды; 11 — трубы для входа пара; 12 — форсунки для щелочного раствора; 13 — бак для щелочного раствора; 14 — форсунки; 15 — труба для спуска воды; 16 — натяжная станция; 17 — насос для горячей воды; 18 — насос для щелочного раствора.

В туннельной машине (рис. 173) фляги через зоны мойки перемещаются прямолинейным транспортером. Машина работает следующим образом.

Фляги в перевернутом положении поступают на транспортер 1, который состоит из приводной и натяжной станции и двух цепей. На звеньях цепей закреплены решетчатые носители для фляг.

Транспортер приводится в действие от электродвигателя через редуктор 7 и приводную станцию 8. Скорость решетки транспортера для машины на 200 фляг в час 0,02 м/сек, для машины на 400 фляг в час 0,04 м/сек.

Первоначально фляга проходит передний открытый участок транспортера, который является капельником. Продолжительность пребывания фляг на этом участке не менее 20 сек. Остатки молока собираются в поддон. Затем фляги входят в туннель и моются.

В процесс мойки входят следующие операции: ополаскивание холодной водой из трубки 3 и форсунок 14, мойку фляг внутри и снаружи горячим щелочным раствором из трубок 4 и форсунок 12 при температуре не ниже 65° С, мойку и стерилизацию горячей водой из трубок 5 и форсунок 10 при температуре не ниже 85° С, ополаскивание водопроводной водой из трубок 6 и нижней форсунки.

В некоторых машинах имеется секция пропаривания, но достаточно эффективна мойка в туннельных машинах и без пропаривания.

Щелочной раствор и горячая вода подаются в шприцевальные трубки и форсунки циркуляционными насосами 17 и 18 под давлением около 1,6 ат. Раствор и воду нагревают острым паром непосредственно в баках. Чтобы компенсировать разбавление щелочного раствора конденсатом и унос щелочи, постепенно добавляют концентрированный раствор. Подача пара регулируется автоматически терморегуляторами прямого действия.

Промежуточные нерабочие зоны между секциями нужны для стекания остатков моющих растворов с фляг и уменьшения взаимного загрязнения или разбавления моющих жидкостей в баках.

Некоторое разбавление щелочного раствора неизбежно, так как непосредственно в щелочь поступает пар. Значительно щелочь может быть разбавлена вследствие того, что много щелочного раствора уносится во впадинах, образованных днищем фляги и нижним обручем. Устраняют это так: в обручах фляг делают отверстия, через которые раствор вытекает. Кроме того, в некоторых машинах есть специальные паровые трубы для обдувания днищ.

Расход воды на одну флягу 10—15 л. Для более экономичного использования воды в некоторых машинах водяная форсунка открывается только тогда, когда над ней проходит гнездо транспортера.

Вымытые фляги перемещаются транспортером из туннеля. По выходе их снимают с транспортера машины вручную или автоматически (есть специальный опрокидыватель, который представляет фляги на другой транспортер).

Важную роль в работе флягомоечной машины играют фильтровальные устройства для щелочного раствора и горячей воды. Без хорошей фильтрации моющих жидкостей, подаваемых в шприцевальные трубки, форсунки быстро засоряются и процесс мойки нарушается.

Когда фляги моют струями моющих растворов из форсунок, то лучше всего отмываются днища и прилегающий к нему край боковой стенки. Внутренняя поверхность конической части обмывается только стекающим раствором.

В некоторых флягомоечных машинах моющее действие усилено введением дополнительной форсуночной головки внутрь фляги. В процессе работы форсуночная головка совершает круговое движение, ритм которого согласован со скоростью перемещения фляги. При круговом движении форсуночная головка входит внутрь фляги, обмывает горловину, конус и верхнюю часть боковой поверхности.

Чтобы увеличить время воздействия струи, головка перемещается при круговом движении и вперед, попутно с флягой, сопровождая ее на протяжении удвоенного радиуса кривошипа, а затем выходит из горловины, возвращается назад и входит в горловину следующей фляги.

Компоновочные варианты туннельных флягомоечных машин различны: с прямолинейными, угловыми и кольцевыми транспортерами.

При работе флягомоечной машины непрерывно затрачивается тепло, что обусловлено необходимостью подогревать моющие жидкости, отдающие большую долю тепла флягам и транспортеру. На нагревание фляг и решетки транспортера расходуется основная часть тепла, затрачиваемого при работе машины. Величина потерь около 20%. С учетом потерь расход тепла определяют по формуле

$$Q = 1,2 M c_c (m_{\phi} + m_p) (t_n - t_{\text{нач}}), \quad (X-5)$$

где  $Q$  — расход тепла, дж;  
 $M$  — производительность машины, фляг в час;  
 $c_c$  — удельная теплоемкость стали, дж/(кг · град);  
 $m_{\phi}$  — масса фляги, кг;  
 $m_p$  — масса решетки, приходящейся на одну флягу, кг  
 $(m_p = 2m_{\phi})$ ;  
 $t_n$  — температура нагревания фляг и решетки, °С;  
 $t_{\text{нач}}$  — начальная температура фляг и решетки, °С.

Расход электроэнергии при работе флягомоечной машины обусловлен работой двух насосных установок и трением в транспортере и приводном механизме.

Мощность, потребная для каждой из насосных установок флягомоечной машины, может быть определена расчетом по методу, изложенному в разделе о бутылкомоечных машинах.

Доля энергии, расходуемая на работу механизмов транспортера, невелика. Машина на 200 фляг в час требует всего 0,7 квт·ч. Общий расход энергии при мойке фляг не более 18,5 квт·ч на 1000 вымытых фляг.

### ЯЩИКОМОЕЧНЫЕ МАШИНЫ

Для мойки ящиков и металлических корзин под бутылки с молоком применяют ящикоомоечные машины (рис. 174), устройство которых подобно устройству флягомоечных.

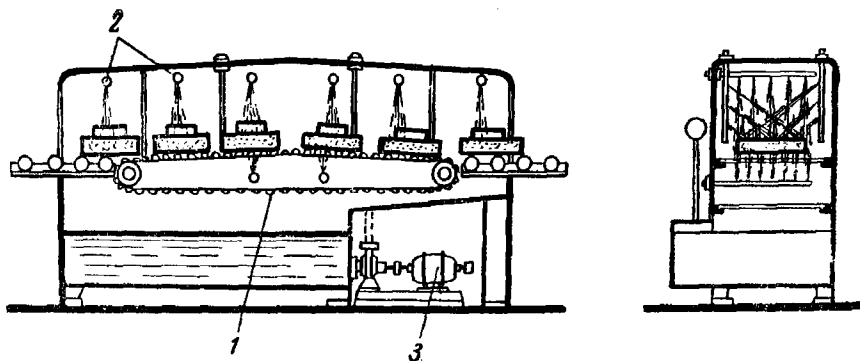


Рис. 174. Схема ящикоомоечной машины:

1 — транспортер; 2 — коллектор; 3 — электродвигатель.

Ящикоомоечная машина состоит из камеры, внутри которой по длине проходит транспортер для ящиков. Под транспортером размещен бак с горячим слабым щелочным раствором. Раствор нагнетается центробежным насосом в шприцевальные трубки под транспортером и над ним.

Струи выбрасываются под напором из форсунок и обмывают ящики на транспортере со всех сторон. При выходе из машины ящики орошают чистой холодной водой для охлаждения и смывания моющего раствора. Моющий раствор в системе циркуляции 2 раза фильтруют, чтобы предохранить форсунки от засорения.

Расход тепла для этих машин может быть рассчитан так же, как для флягомоечных.

## Глава XI

### ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Одним из элементов разработки проекта предприятия является подбор оборудования.

Проекты предприятий молочной промышленности разрабатывают специализированные проектные институты («Гипромолпром» и др.). В этой же главе описывается подбор оборудования к курсовому или дипломному проекту небольшого объекта.

Для подбора оборудования нужны следующие исходные данные: количество поступающего молока и его распределение по видам вырабатываемых продуктов. На основании этих данных производят продуктовый расчет, составляют схему и график технологических процессов, подбирают основное технологическое оборудование.

При продуктовом расчете руководствуются нормами расхода сырья и расчетными формулами, составленными на основании баланса жира и сухого вещества, подсчитывают количество полуфабрикатов и продуктов исходя из количества сырья.

Время поступления сырья в графиках принимают с учетом типа и мощности предприятия, условий сбора сырья и его транспортировки. Оборудование для приемных пунктов и сепараторных отделений рассчитывают исходя из двух- или трехразовой приемки молока в сутки. На маслодельных и сыродельных заводах сырье (молоко и сливки) в период поступления максимального количества принимают 2 раза в сутки, а в период поступления уменьшенного количества — 1 раз в сутки. На крупных молочных комбинатах и молочноконсервных заводах при круглосуточной работе график поступления молока составляют с учетом условий доставки сырья и пропускной способности предприятия.

Если молочные фермы, находящиеся в зоне деятельности завода, охлаждают молоко сразу же после дойки и хранят его при низких температурах до отправки на завод или отделение, то нужно молоко принимать 1 раз в сутки по графику, обеспечивающему бесперебойную работу производственных линий.

При составлении схемы и графика технологических процессов и подборе оборудования стремятся к тому, чтобы обеспечить бесперебойную работу завода или отделения и выполнение всех технологических процессов по принятой схеме, высокую произ-



водительность и лучшие условия труда, хорошее качество и низкую себестоимость продуктов. Отдельные машины и аппараты, подбираемые для производственных линий, должны быть согласованы между собой по производительности.

Рассмотрим для примера сепараторное отделение, которое должно принимать 15 т молока в день жирностью 3,8% (9 т утром и 6 т вечером). Сливки жирностью 35% охлаждают и от-

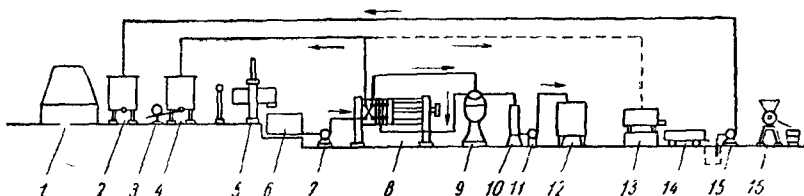


Рис. 175. Схема технологического процесса:

1 — флягомоечная машина; 2 — танк для сыВОротки; 3 — молокосчетчик для обезжиренного молока; 4 — танк для обезжиренного молока; 5 — весы; 6 — приемный бак; 7, 11 и 15 — насосы; 8 — пластинчатый аппарат; 9 — сепаратор; 10 — охладитель; 12 — ванна для сливок с автоматическим охлаждением; 13 — ванна для творога; 14 — пресс-тележка; 16 — творого-охладитель.

правляют на завод для выработки сметаны и других продуктов, а обезжиренное молоко пастеризуют и 45% его перерабатывают на творог, а остальное возвращают сдатчикам.

**Схема технологического процесса.** Примем схему технологических процессов, как показано на рис. 175.

Принятое молоко поступает в секцию регенерации пластинчатого аппарата, где нагревается до температуры 55°С. Затем его сепарируют. Полученные сливки охлаждают и хранят в танке до отправки на завод.

Обезжиренное молоко поступает в секцию пастеризации и регенерации пластинчатого аппарата. Нагревается до 85°С, охлаждается до 34—36°С и выходит из аппарата. Здесь молоко разделяется на два потока: один направляется в ванны для заквашивания на творог, а другой — в секции охлаждения пластинчатого аппарата и поступает в танк для выдачи сдатчикам.

**Продуктивный расчет.** Количество получаемых из молока продуктов или полуфабрикатов рассчитывают на основе баланса жира и сухого вещества. Способы расчета приведены в курсе «Технология молока и молочных продуктов».

Для принятого примера получается следующее количество продуктов и полуфабрикатов (табл. 18).

В периоды поступления минимального количества молока вечерняя приемка может быть исключена или молоко вечерней приемки можно охлаждать до 4—5°С и хранить в танке (который надо для этого предусмотреть) до утра, а утром перерабатывать все молоко.

Операция	Количество, кг		
	утром	вечером	за сутки
Поступление молока . . . . .	9000	6000	15000
Выход сливок жирностью 35% . . . . .	970	640	1610
Выход обезжиренного молока . . . . .	8030	5360	13390
Возвращается сдатчикам обезжиренного молока . . . . .	4430	2960	7390
Перерабатывается на творог обезжиренного молока . . . . .	3600	2400	6000
Выход творога . . . . .	600	400	1000
Выход сыворотки . . . . .	3000	2000	5000

**График технологических процессов.** Возьмем ориентировочно, что тепловая обработка и сепарирование молока будет производиться 2 раза в день: 2 ч утром и 1,5 ч вечером. При этом часовая пропускная способность линии тепловой обработки и сепарирования молока должна быть  $15 : 3,5 = 4,3$  т/ч. Принимаем из имеющегося оборудования пастеризационно-охладительную установку производительностью 5000 л/ч, которая будет работать 1,8 ч (9 : 5) утром и 1,2 ч (6 : 5) вечером.

Если взять ближайшую большую по мощности пастеризационно-охладительную установку, то такой окажется установка на 10 000 л/ч, которая будет загружена 1,5 ч в сутки. Такое использование дорогостоящего оборудования нецелесообразно.

Если принять ближайшую установку меньшую по мощности (3000 л/ч), то она будет работать в утренние часы 3 ч. При непрерывной работе пластинчатой установки потребуются второй сепаратор, так как продолжительность непрерывной работы сепаратора 2 ч. Такой вариант тоже может быть принят, но мы остановимся на первом, учитывая удобства работы и запас мощности на случай увеличения поступления молока.

На творог перерабатывается 6000 л обезжиренного молока, из них утром 3600 л. Примем две ванны для творога, рабочая емкость каждой 2500 л. Запас рабочей емкости 1400 л можно использовать при увеличении производства.

Для приготовления закваски в количестве, равном 5% от перерабатываемого обезжиренного молока, выбираем 3 четырехкамерных заквасочника.

Сливки отвозят на завод в цистерне 1 раз в сутки. Обезжиренное молоко выдают сдатчику по молокосчетчику.

График технологических процессов приведен в табл. 19, а основное оборудование в табл. 20.

При размещении оборудования в цехе необходимо учитывать поточность производственных процессов, безопасность и удобство обслуживания, а также возможность увеличения выпуска продукции, заменяя или добавляя оборудование.

Т а б л и ц а 19

Операции	Часы работы																Количество, т			
	5	6	7	8	9	10	11	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	ут- ром	ве- чером	за сутки
Приемка молока . . . .				5	4										6			9	6	15
Подогрев молока в пла- стинчатом аппарате (с 10 до 55° С) . . . .				5	4										6			9	6	15
Сепарирование молока .				5	4										6			9	6	15
Пастеризация обезжи- ренного молока (с 55 до 85° С) . . . . .				4,5	3,5										5,4			8,0	5,4	13,4
Охлаждение обезжирен- ного молока в секции регенерации (с 85 до 35° С) . . . . .				4,5	3,5										5,4			8,0	5,4	13,4
Охлаждение обезжирен- ного молока в секции охлаждения (с 35 до 10° С) . . . . .				2,4	2										3,0			4,4	3,0	7,4
Выдача обезжиренного молока сдатчикам . .				2,4	2										3,0			4,4	3,0	7,4
Охлаждение и хранение сливок . . . . .				0,97											0,64			0,97	0,64	1,61
Наполнение ванн для творога, сквашивание и опорожнение ванна № 1 . . . . .								2,1												
ванна № 2 . . . . .								1,5							2,4			3,6	2,4	6,0
Прессование творога . .																				
Охлаждение творога . .						0,4							3	0,6				0,6	0,4	1,0
Получение сыворотки . .				2														3	2	5

Таблица 20

Оборудование	Производительность (в л/ч) или емкость (в л)		Тип, марка
	расчетная	паспортная	
Весы для молока. Расчетная грузоподъемность (13 взвешиваний в час при наполнении 80%) $\frac{5000}{13 \cdot 0,8} = 480 \text{ кг}$ . . . . .	480	500	СМИ-500
Приемный бак для молока с ситом-цеделкой. Емкость бака из расчета 12-минутной задержки молока $\frac{5000}{60} \cdot 12 = 1000 \text{ кг}$ . . . . .	1000	1000	—
Насос для молока . . . . .	5000	5000	36 МЦН-10-20
Пластинчатый аппарат с секциями регенерации, пастеризации и охлаждения . . . . .	5000	5000	ОПУ-5
Полузакрытый сепаратор . . . . .	5000	5000	СПМ-5
Ванна для творога с пресстележкой . . . . .	6000:3	2.2500	ВК-2,5
Охладитель для творога . . . . .	1000:3	500	ОТД
Насос для сыворотки. Порция сыворотки из одной ванны откачивается 10 мин $\frac{5000 \cdot 60}{3 \cdot 10} = 10\,000 \text{ л/ч}$ . . . . .	10 000	5000	ОЦН-5
	(при малом давлении 10 000 л/ч)		
Танк для обезжиренного молока (на часовое поступление) $\frac{4400}{2}$		2.2000	ТМAB-2
Танк для сыворотки (на прием из двух ванн) . . . . . $\frac{5000 \cdot 2}{3}$		2.2000	ТМAB-2
Охладитель для сливок . . . . .	1610:3,5	500	—
Охлаждаемые ванны для хранения сливок . . . . .	1610	2.1000	ВДП-1000
Флягомоечная машина (часовая производительность машины при емкости фляг 38 л, среднем наполнении 90% и коэффициенте использования 0,5) $\frac{5000}{38 \cdot 0,9 \cdot 0,5} = 290 \text{ фляг в час}$			
Принимая доставку в цистернах 50% . . . . .	145	180	—
Заквасочники $6000 \cdot 0,05 = 300 \text{ л}$	300	324	—

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ I

#### Плотность, теплоемкость, теплопроводность и вязкость некоторых продуктов и материалов

Коэффициенты пересчета в систему СИ:

теплоемкость  $\text{ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град}) \cdot 4,187 = \text{кдж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ ;

теплопроводность  $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}) \cdot 1,16 = \text{вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$ ;

кинематическая вязкость

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ м}^2/\text{сек},$$

где  $\mu$  — динамическая вязкость,  $\text{н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$ ;

$\rho$  — плотность,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Воздух, вода, продукты и материалы	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	Теплоемкость, $\text{ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град})$	Теплопроводность, $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$	Вязкость		кинематическая $\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{сек}$
				динамическая $\mu$		
				$\text{спз}$	$\text{н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$	
Воздух при температуре, $^{\circ}\text{C}$						Величины предшествующей графы разделить на 1000
20 . . . . .	1,20	0,24	0,02	0,0188		
60 . . . . .	1,06	—	—	0,0208		
Вода при температуре, $^{\circ}\text{C}$						
20 . . . . .	998,2	1,00	0,506	1,0000		1,00
60 . . . . .	983,2	1,00	0,563	0,4676		0,48
20%-ный раствор NaCl при $-5^{\circ}\text{C}$ . . . . .	1160	0,81	0,44	3,5		3,08
Цельное молоко при температуре, $^{\circ}\text{C}$						
5 . . . . .	1033	0,920	0,410	2,96		2,87
10 . . . . .	1032	0,928	0,416	2,47		2,39
15 . . . . .	1031	0,933	0,424	2,10		2,04
20 . . . . .	1029	0,940	0,426	1,79		1,74
30 . . . . .	1025	0,940	0,433	1,33		1,30
40 . . . . .	1021	0,939	0,44	1,04		1,02
50 . . . . .	1016	0,948	0,45	0,85		0,84
60 . . . . .	1011	0,950	0,45	0,71		0,70
70 . . . . .	1006	0,953	0,46	0,62		0,62
80 . . . . .	1000	0,956	0,47	0,57		0,58
90 . . . . .	993	0,920	—	0,52		0,56
100 . . . . .	887	0,920	—	0,48		0,54
Обезжиренное молоко при $20^{\circ}\text{C}$ . . . . .	1036	0,95	0,47	1,70		1,84
Сыворотка при $20^{\circ}\text{C}$ . . . . .	1027	0,97	0,5	1,25		1,22
Сливки 15%-ной жирности при температуре, $^{\circ}\text{C}$						
20 . . . . .	1020	0,92	0,3	5,0		4,98
60 . . . . .	1000	0,90	0,3	1,5		1,50

Воздух, вода, продукты и материалы	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплоем- кость, ккал/ (кг·град)	Теплопро- водность, ккал/ (м·ч·град)	Вязкость		
				динамическая $\mu$		кинемати- ческая $\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{сек}$
				спз	н·сек/м <sup>2</sup>	
Сливки 30%-ной жир- ности при температу- ре, °С						
20 . . . . .	1000	0,88	0,28	9,0		9,0
60 . . . . .	980	0,86	—	3,0		3,30
Сгущенное молоко с са- харом при 60°С . . . .	1300	0,58	0,25	30,0		2,30
Сгущенное обезжирен- ное молоко с сахаром при 60°С . . . . .	1350	0,65	0,30	20		1,49
Сливочное масло . . . .	930	0,58	0,18	—		
Жир молочный при тем- пературе, °С						
15 . . . . .	—	0,47	0,14	—		
40 . . . . .	—	0,50	—	—		
60 . . . . .	—	0,53	—	—		
Сыр жирный . . . . .	1080	0,58	0,30	—		
Творог жирный . . . . .	1060	0,78	0,37	—		
Молоко сухое . . . . .	600	0,50	0,14	—		
Казеин сухой . . . . .	1260	0,42	—	—		
Мороженое . . . . .	600	0,48	—	—		
Сахарный песок . . . . .	1600	0,29	0,5	—		
Соль поваренная . . . .	2500	0,21	—	—		
Медь чистая . . . . .	8930	0,095	332	—		
Латунь . . . . .	8550	0,092	79	—		
Сталь . . . . .	7850	0,115	45	—		
Сталь нержавеющая . . . .	—	—	13	—		
Алюминий . . . . .	2700	0,21	173	—		
Никель . . . . .	8360	0,108	50	—		
Олово . . . . .	7280	0,058	55	—		
Стекло . . . . .	2500	0,23	0,62	—		
Лед . . . . .	900	0,50	2,05	—		
Бетон . . . . .	1900	0,27	1,00	—		
Кирпич сухой . . . . .	1620	0,22	0,42	—		
Дерево (сосна)						
вдоль волокна . . . . .	550	0,65	0,30	—		
поперек волокна . . . .	550	0,65	0,13	—		
Войлок . . . . .	270	—	0,031	—		
Торф сухой (плиты) . . . .	120	—	0,039	—		
Опилки . . . . .	200	—	0,060	—		

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Значения давления и вакуума в различных единицах измерения

Коэффициенты пересчета в систему СИ:

давление (вакуум)  $\text{кгс/см}^2 \cdot 98066 = \text{н/м}^2$ ;  
 $\text{м вод. ст.} \cdot 9807 = \text{н/м}^2$ ;  
 $\text{мм рт. ст.} \cdot 133,3 = \text{н/м}^2$ .

теплота парообразования, теплосодержание  $\text{ккал/кг} \cdot 4,187 = \text{кдж/кг}$ .

Абсолютное давление			Вакуум		Температура кипения воды, °С	Теплота парообразования, ккал/кг	Теплосодержание пара, ккал/кг	Объем 1 кг пара, м³
кгс/см²	м вод. ст.	мм рт. ст.	м вод. ст.	мм рт. ст.				
0,006	0,06	4,4	10,27	755,6	0,0	597,3	597	206,9
0,01	0,1	7,4	10,23	752,6	6,6	591,4	598	131,6
0,05	0,5	36,7	9,83	723,3	32,5	577,5	610	28,7
0,10	1,0	73,6	9,33	686,4	45,4	570,5	616	15,0
0,15	1,5	110,0	8,83	649,7	53,6	566,0	620	10,2
0,20	2,0	147,1	8,33	612,9	59,7	562,7	622	7,8
0,25	2,5	183,8	7,83	576,2	64,6	559,9	624	6,3
0,30	3,0	220,7	7,33	539,3	68,7	557,6	626	5,3
0,35	3,5	257,4	6,83	502,6	72,3	555,6	628	4,6
0,40	4,0	294,2	6,33	465,8	75,4	553,8	629	4,0
0,50	5,0	367,8	5,33	392,2	80,9	550,6	631	3,3
1,00	10,0	735,5	0,33	25,1	99,1	539,9	639	1,7
1,033	10,33	760,0	0,0	0,0	100,0	539,4	639	1,7

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Насыщенный водяной пар

Коэффициенты пересчета в систему СИ:

давление  $\text{кгс/см}^2 \cdot 98066 = \text{н/м}^2$ ;  
 теплосодержание, теплота парообразования  $\text{ккал/кг} \cdot 4,187 = \text{кдж/кг}$ .

Абсолютное давление P кгс/см²	Температура t, °С	Объем V, м³/кг	Плотность ρ, кг/м³	Теплосодержание, ккал/кг		Теплота парообразования r, ккал/кг
				жидкости	пара	
0,010	6,968	131,6	0,00760	6,73	600,2	593,5
0,015	12,737	89,62	0,01116	12,78	602,9	590,1
0,020	17,204	68,25	0,01465	17,25	604,9	587,6
0,025	20,776	55,27	0,01809	20,82	606,4	585,6
0,030	23,772	46,52	0,02150	23,81	607,8	584,0
0,040	28,641	35,46	0,02820	28,67	609,8	581,1
0,050	32,55	28,72	0,03482	32,57	611,5	578,9
0,060	35,82	24,19	0,04134	35,83	612,9	577,1
0,080	41,16	18,45	0,05420	41,16	615,2	574,0
0,10	45,45	14,95	0,06689	45,45	617,0	571,6
0,12	49,06	12,59	0,07943	49,05	618,6	569,5
0,15	53,60	10,20	0,09804	53,59	620,5	566,9
0,20	59,67	7,789	0,1284	59,65	623,1	563,4
0,25	64,56	6,318	0,1583	64,54	625,0	560,5
0,30	68,68	5,324	0,1878	68,66	626,8	558,1
0,40	75,42	4,066	0,2459	75,41	629,5	554,1
0,50	80,86	3,299	0,3031	80,86	631,6	550,7

Абсолютное давление $P$ кгс/см <sup>2</sup>	Темпера- тура $t$ , °C	Объем $V$ , м <sup>3</sup> /кг	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплосодержание, ккал/кг		Теплота парообразо- вания $q$ , ккал/кг
				жидкости	пара	
0,60	85,45	2,782	0,3595	85,47	633,5	548,0
0,70	89,45	2,408	0,4153	89,49	635,1	545,6
0,80	92,99	2,125	0,4706	93,05	636,4	543,3
0,90	96,18	1,903	0,5255	96,26	637,6	541,3
1,0	99,09	1,725	0,5797	99,19	638,8	539,6
1,1	101,76	1,578	0,6337	101,87	639,8	537,9
1,2	104,25	1,455	0,6873	104,38	640,7	536,3
1,3	106,56	1,350	0,7407	106,72	641,6	534,9
1,4	108,74	1,259	0,7943	108,92	642,3	533,4
1,5	110,79	1,181	0,8467	111,99	643,1	531,1
1,6	112,73	1,111	0,9001	112,95	643,8	530,8
1,7	114,57	1,050	0,9524	114,81	644,5	529,7
1,8	116,33	0,9954	1,005	116,60	645,1	528,5
2,0	119,62	0,9018	1,109	119,94	646,3	526,4
2,2	122,65	0,8248	1,212	123,0	647,3	524,3
2,4	125,46	0,7603	1,315	125,9	648,3	522,4
2,6	128,08	0,7055	1,417	128,5	649,2	520,7
2,8	130,55	0,6581	1,520	131,1	650,0	518,9
3,0	132,88	0,6169	1,621	133,4	650,7	517,3
3,2	135,08	0,5807	1,722	135,7	651,4	515,7
3,4	137,18	0,5486	1,823	137,8	652,1	514,3
3,6	139,18	0,5199	1,923	139,9	652,8	512,9
3,8	141,09	0,4942	2,024	141,3	653,3	511,5
4,0	142,92	0,4709	2,124	143,7	653,9	510,2
4,5	147,20	0,4215	2,373	148,1	655,2	507,1
5,0	151,11	0,3817	2,620	152,1	656,3	504,2
6,0	158,08	0,3214	3,111	159,3	658,3	498,9
7,0	164,17	0,2778	3,600	165,7	659,9	494,2
8	169,61	0,2448	4,085	171,4	661,2	489,8
9	174,53	0,2189	4,568	176,5	662,3	485,8
10	179,04	0,1980	5,051	181,3	663,3	482,1
11	183,20	0,1808	5,531	185,7	664,1	478,4
12	187,08	0,1663	6,013	189,8	664,9	475,1
13	190,71	0,1540	6,494	193,6	665,6	472,0
14	194,13	0,1434	6,974	197,3	666,2	468,9
15	197,36	0,1342	7,452	200,7	666,7	465,9
16	200,43	0,1261	7,930	204,0	667,1	463,1
17	203,35	0,1189	8,410	207,2	667,5	460,3
18	206,14	0,1125	8,889	210,2	667,8	457,6
19	208,81	0,1067	9,372	213,1	668,2	455,1
20	211,38	0,1015	9,852	215,9	668,5	452,6
21	213,85	0,09676	10,34	218,6	668,7	450,1
22	216,23	0,09245	10,82	221,2	668,9	447,1
23	218,53	0,08849	11,30	223,8	669,0	445,2
24	220,75	0,08486	11,78	226,2	669,2	443,0
25	222,90	0,08150	12,27	228,6	669,3	440,7
26	224,99	0,07838	12,76	230,9	669,4	438,5
27	227,01	0,07551	13,24	233,2	669,4	436,2
28	228,98	0,07282	13,73	235,4	669,5	434,1
29	230,89	0,07032	14,22	237,5	669,5	432,0



Значения полного давления  $p_1$ , парциального давления влагосодержания  $p_2$  и теплосодержания  $d$  при разных температурах для воздуха, насыщенного водяным паром

Коэффициенты пересчета в систему СИ:

давление  $кгс/см^2 \cdot 9,807 = н/м^2$ ;

теплосодержание  $ккал/кг \cdot 4,187 = кдж/кг$ .

Температура, °С	Полное давление, кгс/м <sup>2</sup>	Парциальное давление, мм рт. ст.	Влагосодержание, г/кг сухого воздуха	Теплосодержание, ккал/кг
-20	10,50	0,772	0,654	-4,42
-18	12,71	0,935	0,792	-3,86
-16	15,33	1,128	0,955	-3,28
-14	18,44	1,357	1,150	-2,68
-12	22,12	1,627	1,379	-2,06
-10	26,46	1,946	1,650	-1,43
- 8	31,56	2,321	1,969	-0,76
- 6	37,54	2,761	2,313	-0,05
- 4	44,54	3,276	2,781	+0,69
- 2	52,74	3,879	3,30	1,48
0	62,26	4,579	3,90	2,32
2	71,98	5,29	4,51	3,08
4	82,95	6,10	5,20	4,06
6	95,35	7,01	5,98	5,01
8	109,38	8,05	6,88	6,04
10	125,20	9,21	7,88	7,13
12	143,01	10,52	9,02	8,30
14	162,97	11,99	10,33	9,56
16	185,37	13,63	11,74	10,9
18	210,42	15,48	13,37	12,4
20	238,40	17,54	15,19	14,0
22	269,56	19,83	17,24	15,7
24	304,23	22,38	19,51	17,6
26	342,74	25,21	22,09	19,6
28	385,43	28,35	24,93	21,9
30	432,67	31,82	28,14	24,3
32	484,87	35,66	31,69	27,0
34	542,45	39,90	35,69	29,9
36	605,87	44,56	40,1	33,2

## Продолжение

Температура, °С	Полное давле- ние, кгс/м <sup>2</sup>	Парциальное давление, мм рт. ст.	Влагодержа- ние, г/кг сухого воздуха	Теплосодержа- ние, ккал/кг
38	675,60	49,69	45,1	36,7
40	725,18	55,32	50,6	40,6
42	836,1	61,50	56,8	45,0
44	928,0	68,26	63,7	49,8
46	1028,5	75,65	71,4	55,0
48	1138,1	83,71	79,9	60,8
50	1257,7	92,51	89,5	67,3
52	1388,0	102,1	100,3	74,6
54	1529,7	112,5	112,3	82,6
56	1683,2	123,8	125,9	91,9
58	1850,1	136,1	141,2	101,7
60	2030,9	149,4	158,5	113,0
62	2226,6	163,8	178,3	126,0
64	2437,9	179,3	200,5	140,6
66	2666,0	196,1	226,0	157,0
68	2911,8	214,2	255,9	176,5
70	3177,1	233,7	289,7	198,4
72	3461,0	254,6	329	224
74	3768,8	277,2	376	255
76	4097,8	301,4	432	290
78	4449,9	327,3	499	333
80	4828	355,1	580	386
82	5233	384,9	683	452
84	5667	416,8	813	535
86	6130	450,9	986	646
88	6622	487,1	1219	795
90	7148	525,8	1559	1014
92	7710	567,0	2092	1355
94	8307	610,9	3050	1970
96	8942	657,6	5250	3380
98	9616	707,3	15600	10010
100	10333	760,0	—	—

## Относительная влажность воздуха (в%) по показанию психрометра типа Августа

Температура сухого тер- мометра, °С	Разность между показаниями сухого и мокрого термометра, град																						
	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
20	99	97	95	94	93	92	91	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	78	77	75	73
19	99	97	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	77	76	74	72
18	99	97	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	77	75	73	71
17	99	97	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	79	78	76	74	72	70
16	99	97	95	94	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	77	75	73	71	69
15	99	96	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	78	76	74	72	70	68
14	99	96	94	93	92	91	90	89	88	86	85	84	83	82	81	80	79	78	76	73	71	68	66
13	99	96	94	93	92	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	79	78	77	75	73	70	67	65
12	99	96	94	93	91	90	89	88	87	86	84	83	82	81	80	79	77	76	74	72	69	66	64
11	99	96	94	93	91	90	89	88	86	85	84	83	82	81	79	78	77	75	73	71	68	65	63
10	99	96	94	92	91	89	88	87	86	85	83	82	81	80	78	77	76	74	72	70	67	64	62
9	99	96	94	92	90	89	88	87	85	84	83	81	80	79	77	76	75	73	71	69	66	63	60
8	99	96	93	92	90	89	88	86	85	84	82	80	79	78	76	75	74	72	70	67	64	62	58
7	99	96	93	92	90	89	87	85	84	83	81	79	78	77	75	74	73	71	69	66	63	60	57
6	98	96	93	91	89	88	86	84	84	82	80	78	77	76	74	73	72	70	67	64	61	58	55
5	98	96	92	91	89	88	86	84	83	81	79	77	76	75	73	71	70	68	66	63	59	56	53
4	98	95	92	90	88	87	85	83	82	80	78	76	75	73	72	70	69	67	64	61	57	54	51
3	98	95	92	90	88	87	85	83	81	79	77	75	74	71	70	69	68	66	62	58	55	52	49
2	98	99	91	89	87	86	84	82	80	78	76	74	73	71	69	67	66	64	60	56	53	50	46
1	98	95	91	89	87	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	64	62	58	54	51	48	44
0	98	94	90	88	86	84	82	80	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	56	52	48	45	41
— 1	98	94	90	88	86	83	81	79	77	75	73	71	69	66	64	62	60	58	54	50	46	42	38
— 2	98	94	90	88	85	82	80	78	76	74	72	70	67	64	62	60	58	56	51	47	43	39	35
— 3	98	94	89	87	84	81	79	77	74	72	70	68	65	62	60	58	56	54	49	45	40	36	32
— 4	98	93	88	85	82	80	78	76	73	70	68	66	63	60	58	56	54	52	47	42	37	32	—
— 5	98	92	87	84	81	79	76	74	71	68	66	64	61	58	56	54	52	50	45	40	35	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Относительная влажность воздуха (в %) для аспирационного психрометра типа Ассмана

Температура сухого термометра, °С	Разность между показаниями сухого и мокрого термометра, град										
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0
—9*	85	71									
—8*	87	73	59	46							
—6*	88	76	64	52	40	29					
—4*	89	78	67	57	46	36					
—2*	90	80	70	61	52	42	33	25			
0	91	82	73	65	56	48	39	31			
2	92	84	76	68	60	52	45	37	22		
4	92	85	78	70	63	56	49	42	29		
6	93	86	79	73	66	60	53	47	35	23	
8	94	87	81	75	69	63	57	51	40	29	18
10	94	88	82	76	71	65	60	54	44	34	24

Температура сухого термометра, °С	Разность между показаниями сухого и мокрого термометра, град										
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	
15	90	80	71	61	52	44	27	12			
20	91	83	74	66	59	51	37	24	12		
24	92	84	77	70	63	57	44	33	22	12	

Температура сухого термометра, °С	Разность между показаниями сухого и мокрого термометра, град										
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
30	87	73	61	50	39	30	21	13	5	7	
35	87	75	64	53	44	35	27	20	13		
40	87	76	66	56	47	39	32				
45	88	77	67	59	51	43	36				
50	89	79	70	61	53	46	40				
55	90	80	64	64	56	49	42				

Температура сухого термометра, °С	Разность между показаниями сухого и мокрого термометра, град										
	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40
60	90	81	73	65	58	42	30	19			
70	91	83	76	69	62	42	35	25	17		
80	92	85	78	71	65	57	40	30	21	15	10
90	92	86	79	73	67	41	43	33	25	19	14
100	93	86	80	74	69	54	46	37	29	22	17

\* Переохлажденная вода у мокрого термометра.

## Средняя логарифмическая

$\Delta t_6$	$\Delta t_m$								
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8
5	1,95	2,49	3,27	3,92	4,49	5,00	5,49	5,94	6,37
6	2,21	2,79	3,64	4,33	4,94	5,49	6,00	6,49	6,95
7	2,46	3,08	3,99	4,72	5,36	5,94	6,49	7,00	7,49
8	2,71	3,37	4,33	5,10	5,78	6,37	6,95	7,49	8,00
9	2,95	3,64	4,65	5,46	6,17	6,81	7,40	7,96	8,49
10	3,18	3,91	4,97	5,81	6,55	7,21	7,83	8,41	8,96
11	3,40	4,17	5,28	6,16	6,92	7,61	8,25	8,85	9,42
12	3,62	4,43	5,58	6,49	7,28	8,00	8,66	9,28	9,87
13	3,84	4,68	5,88	6,82	7,64	8,37	9,05	9,69	10,3
14	4,05	4,93	6,17	7,14	7,98	8,75	9,45	10,1	10,7
15	4,26	5,17	6,45	7,46	8,32	9,10	9,82	10,5	11,1
16	4,47	5,41	6,73	7,77	8,66	9,46	10,2	10,9	11,5
17	4,68	5,65	7,01	8,07	8,99	9,81	10,6	11,3	12,0
18	4,88	5,88	7,28	8,37	9,31	10,2	10,9	11,7	12,3
19	5,09	6,11	7,55	8,67	9,63	10,5	11,3	12,0	12,7
20	5,29	6,34	7,82	8,96	9,94	10,8	11,6	12,4	13,1
21	5,48	6,57	8,08	9,25	10,3	11,2	12,0	12,7	13,5
22	5,68	6,79	8,34	9,54	10,6	11,5	12,3	13,1	13,8
23	5,88	7,02	8,60	9,82	10,9	11,8	12,7	13,5	14,2
24	6,07	7,24	8,86	10,1	11,2	12,1	13,0	13,8	14,6
25	6,26	7,46	9,11	10,4	11,5	12,4	13,3	14,1	14,9
26	6,45	7,67	9,36	10,7	11,8	12,7	13,6	14,5	15,3
27	6,65	7,88	9,61	10,9	12,1	13,1	14,0	14,8	15,6
28	6,83	8,10	9,85	11,2	12,3	13,4	14,3	15,2	16,0
29	7,02	8,32	10,1	11,5	12,6	13,7	14,6	15,5	16,3
30	7,21	8,53	10,3	11,7	12,9	14,0	14,9	15,8	16,6
31	7,39	8,74	10,6	12,0	13,2	14,3	15,2	16,1	17,0
32	7,57	8,95	10,8	12,3	13,5	14,6	15,5	16,5	17,3
33	7,76	9,15	11,1	12,5	13,7	14,9	15,8	16,8	17,6
34	7,94	9,36	11,3	12,8	14,0	15,1	16,1	17,1	18,0
35	8,12	9,56	11,5	13,0	14,3	15,4	16,4	17,4	18,3
36	8,30	9,77	11,8	13,3	14,6	15,7	16,7	17,7	18,6
37	8,48	9,97	12,0	13,5	14,8	16,0	17,0	18,0	18,9
38	8,66	10,2	12,2	13,8	15,1	16,3	17,3	18,3	19,3
39	8,84	10,4	12,5	14,0	15,4	16,6	17,6	18,6	19,6
40	9,02	10,6	12,7	14,3	15,6	16,8	17,9	18,9	19,9
41	9,19	10,8	12,9	14,5	15,9	17,1	18,2	19,2	20,2
42	9,37	11,0	13,1	14,8	16,2	17,4	18,5	19,5	20,5
43	9,54	11,2	13,4	15,0	16,4	17,7	18,8	19,8	20,8
44	9,71	11,4	13,6	15,3	16,7	17,9	19,1	20,1	21,1
45	9,89	11,6	13,8	15,5	16,9	18,2	19,4	20,4	21,4
46	10,1	11,8	14,0	15,8	17,2	18,5	19,6	20,7	21,7
47	10,2	12,0	14,3	16,0	17,5	18,7	19,9	21,0	22,0
48	10,4	12,1	14,5	16,0	17,7	19,0	20,2	21,3	22,3
49	10,6	12,3	14,7	16,5	18,0	19,3	20,5	21,6	22,6
50	10,8	12,5	14,9	16,7	18,2	19,5	20,8	22,3	22,9

разность температур  $\Delta t_{cp}$

$\Delta t_M$								
9	10	11	12	13	14	15	16	17
6,81	7,21	7,61	8,00	8,37	8,75	9,10	9,46	9,81
7,40	7,83	8,25	8,66	9,05	9,45	9,82	10,2	10,6
7,96	8,41	8,85	9,28	9,69	10,1	10,5	10,9	11,3
8,49	8,96	9,42	9,87	10,3	10,7	11,1	11,5	12,0
9,00	9,49	9,97	10,4	10,9	11,3	11,8	12,2	12,6
9,49	10,0	10,5	11,0	11,4	11,9	12,3	12,8	13,2
9,97	10,5	11,0	11,5	12,0	12,4	12,9	13,3	13,8
10,4	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,4	13,9	14,4
10,9	11,4	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	14,9
11,3	11,9	12,4	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5
11,8	12,3	12,9	13,4	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0
12,2	12,8	13,3	13,9	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5
12,6	13,2	13,8	14,4	14,9	15,5	16,0	16,5	17,0
13,0	13,6	14,2	14,8	15,4	15,9	16,5	17,0	17,5
13,4	14,0	14,6	15,2	15,8	16,4	16,9	17,5	18,0
13,8	14,4	15,1	15,7	16,3	16,8	17,7	17,9	18,5
14,2	14,8	15,5	16,1	16,7	17,3	17,8	18,4	18,9
14,5	15,2	15,9	16,5	17,1	17,7	18,3	18,8	19,4
14,9	15,6	16,3	16,9	17,5	18,1	18,7	19,3	19,9
15,3	16,0	16,7	17,3	17,9	18,6	19,2	19,7	20,3
15,7	16,4	17,1	17,7	18,4	19,0	19,6	20,2	20,7
16,0	16,8	17,4	18,1	18,8	19,4	20,0	20,6	21,2
16,4	17,1	17,8	18,5	19,2	19,8	20,4	21,0	21,6
16,8	17,5	18,2	18,9	19,6	20,2	20,8	21,4	22,0
17,1	17,9	18,6	19,3	19,9	20,6	21,2	21,9	22,5
17,4	18,2	18,9	19,6	20,3	21,0	21,6	22,3	22,9
17,8	18,6	19,3	20,0	20,7	21,4	22,0	22,7	23,3
18,1	18,9	19,7	20,4	21,1	21,8	22,4	23,1	23,7
18,5	19,3	20,0	20,8	21,5	22,2	22,8	23,5	24,1
18,8	19,6	20,4	21,1	21,9	22,5	23,2	23,9	24,5
19,1	20,0	20,7	21,5	22,2	22,9	23,6	24,3	24,9
19,5	20,3	21,1	21,9	22,6	23,3	24,0	24,7	25,3
19,8	20,6	21,4	22,2	23,0	23,7	24,4	25,1	25,7
20,1	21,0	21,8	22,6	23,3	24,0	24,7	25,4	26,1
20,5	21,3	22,1	22,9	23,7	24,4	25,1	25,8	26,5
20,8	21,6	22,5	23,3	24,0	24,8	25,5	26,2	26,9
21,1	22,0	22,8	23,6	24,4	25,1	25,9	26,6	27,3
21,4	22,3	23,1	24,0	24,7	25,5	26,2	26,9	27,6
21,7	22,6	23,5	24,3	25,1	25,8	26,6	27,3	28,0
22,1	23,0	23,8	24,7	25,4	26,2	27,0	27,7	28,4
22,4	23,3	24,1	25,0	25,8	26,6	27,3	28,0	28,8
22,7	23,6	24,5	25,3	26,1	26,9	27,7	28,4	29,1
23,0	23,9	24,8	25,6	26,5	27,3	28,0	28,8	29,5
23,3	24,2	25,1	26,0	26,8	27,6	28,4	29,1	29,9
23,6	24,5	25,4	26,3	27,1	27,9	28,7	29,5	30,2
24,3	24,9	25,8	26,6	27,5	28,3	29,1	29,8	30,6

$\Delta t_6$	$\Delta t_M$								
	18	19	20	22	24	26	28	30	32
51	31,7	32,4	33,1	34,5	35,8	37,1	38,4	39,6	40,8
52	32,1	32,8	33,5	34,9	36,2	37,5	38,8	40,0	41,2
53	32,4	33,1	33,9	35,3	36,6	37,9	39,2	40,4	41,6
54	32,8	33,5	34,2	35,6	37,0	38,3	39,6	40,8	42,1
55	33,1	33,9	34,6	36,0	37,4	38,7	40,0	41,2	42,5
56	33,5	34,2	35,0	36,4	37,8	39,1	40,4	41,7	42,9
57	33,8	34,6	35,3	36,8	38,2	39,5	40,8	42,7	43,3
58	34,2	35,0	35,7	37,1	38,5	39,4	41,2	42,5	43,7
59	34,5	35,3	36,1	37,5	38,9	40,3	41,6	42,9	44,1
60	34,9	35,7	36,4	37,9	39,9	40,7	42,0	43,3	44,5
61	35,2	36,0	36,8	38,2	39,7	41,0	42,4	43,7	44,9
62	35,6	36,4	37,1	38,6	40,0	41,4	42,8	44,1	45,4
63	35,9	36,7	37,5	39,0	40,4	41,8	43,2	44,5	45,8
64	36,3	37,1	37,8	39,3	40,8	42,2	43,6	44,9	46,2
65	36,6	37,4	38,2	39,7	41,2	42,6	43,9	45,3	46,6
66	36,9	37,7	38,5	40,1	41,5	42,9	44,3	45,7	47,0
67	37,3	38,1	38,9	40,4	41,9	43,3	44,7	46,1	47,4
68	37,6	38,4	39,2	40,8	42,3	43,7	45,1	46,4	47,8
69	38,0	38,8	39,6	41,1	42,6	44,1	45,5	46,8	48,2
70	38,3	39,1	39,9	41,5	43,0	44,4	45,8	47,2	48,6
71	38,6	39,5	40,3	41,8	43,3	44,8	46,2	47,6	48,9
72	39,0	39,8	40,6	42,2	43,7	45,2	46,6	48,0	49,3
73	39,3	40,1	40,9	42,5	44,1	45,5	47,0	48,4	49,7
74	39,6	40,5	41,3	42,9	44,4	45,9	47,3	48,7	50,1
75	39,9	40,8	41,6	43,2	44,8	46,3	47,7	49,1	50,5
76	40,3	41,1	42,0	43,6	45,1	46,6	48,1	49,5	50,9
77	40,6	41,5	42,3	43,9	45,5	47,0	48,4	49,9	51,3
78	40,9	41,8	42,6	44,3	45,8	47,3	48,8	50,2	51,6
79	41,2	42,1	43,0	44,6	46,2	47,7	49,2	50,6	52,0
80	41,6	42,4	43,3	44,9	46,5	48,1	49,5	51,0	52,4
81	41,9	42,8	43,6	45,3	46,9	48,4	49,9	51,4	52,8
82	42,2	43,1	43,9	45,6	47,2	48,8	50,3	51,7	53,1
83	42,5	43,4	44,3	45,9	47,6	49,1	50,6	52,1	53,5
84	42,8	43,7	44,6	46,3	47,9	49,5	51,0	52,5	53,9
85	43,2	44,1	44,9	46,6	48,2	49,8	51,3	52,8	54,3
86	43,5	44,4	45,3	46,9	48,6	50,2	51,7	53,2	54,6
87	44,1	45,0	45,9	47,6	49,3	50,9	52,4	53,9	55,4
90	44,7	45,7	46,5	48,3	49,9	51,5	53,1	54,6	56,1
92	45,4	46,3	47,2	48,9	50,6	52,2	53,8	55,3	56,8
94	46,0	46,9	47,8	49,6	51,3	52,9	54,5	56,0	57,5
96	46,6	47,5	48,5	50,2	51,9	53,6	55,2	56,7	58,3
98	47,2	48,2	49,1	50,9	52,6	54,3	55,9	57,4	59,0
100	47,8	48,8	49,7	51,5	53,3	54,9	56,9	58,1	59,7
102	48,4	49,4	50,3	52,2	53,9	55,6	57,2	58,8	60,4
104	49,0	50,0	51,0	52,8	54,6	56,3	57,9	59,5	61,1
105	49,3	50,3	51,3	53,1	54,9	56,6	58,3	59,9	61,4

Примечание. Таблицей можно пользоваться при значениях  $\Delta t_6$  и Разделив каждую величину на 2 по таблице находят  $\Delta t_{cp}=52,4$ . Помножив

$\Delta t_M$									
34	36	38	40	42	44	46	48	50	
41,9	43,1	44,2	45,3	46,4	47,4	48,5	49,5	50,5	
42,4	43,5	44,6	45,7	46,8	47,9	48,9	50,0	51,0	
42,8	44,0	45,1	46,2	47,3	48,4	49,4	50,5	51,5	
43,2	44,4	45,5	46,7	47,8	48,8	49,9	50,9	52,0	
43,7	44,8	46,0	47,1	48,2	49,3	50,4	51,4	52,5	
44,1	45,3	46,4	47,6	48,7	49,8	50,8	51,9	52,9	
44,5	45,7	46,9	48,0	49,1	50,2	51,3	52,4	53,4	
44,9	46,1	47,3	48,4	49,6	50,7	51,8	52,8	53,9	
45,4	46,6	47,7	48,9	50,0	51,1	52,2	53,3	54,4	
45,8	47,0	48,2	49,3	50,5	51,6	52,7	53,8	54,9	
46,2	47,4	48,6	49,8	50,9	52,0	53,2	54,2	55,3	
46,6	47,8	49,0	50,2	51,4	52,5	53,6	54,7	55,8	
47,0	48,3	49,5	50,6	51,8	52,9	54,1	55,2	56,3	
47,4	48,7	49,9	51,1	52,2	53,4	54,5	55,6	56,7	
47,8	49,1	50,3	51,5	52,7	53,8	55,0	56,1	57,2	
48,2	49,5	50,7	51,9	53,1	54,3	55,4	56,5	57,6	
48,7	49,9	51,1	52,4	53,5	54,7	55,9	57,0	58,1	
49,1	50,3	51,6	52,8	54,0	55,1	56,3	57,4	58,5	
49,5	50,7	52,0	53,2	54,4	55,6	56,7	57,9	59,0	
49,9	51,1	52,4	53,6	54,8	56,0	57,2	58,3	59,4	
50,3	51,5	52,8	54,0	55,2	56,4	57,2	58,3	59,9	
50,6	51,9	53,2	54,4	55,7	56,9	58,0	59,2	60,3	
51,0	52,3	53,6	54,9	56,1	57,3	58,9	59,6	60,8	
51,4	52,7	54,0	55,3	56,5	57,7	58,9	60,1	61,2	
51,8	53,1	54,4	55,7	56,9	58,1	59,3	60,5	61,0	
52,2	53,5	54,8	56,1	57,3	58,6	59,8	60,9	62,1	
52,6	53,9	55,2	56,5	57,7	59,0	60,2	61,4	62,5	
53,0	54,3	55,9	56,9	58,2	59,4	60,6	61,8	63,0	
53,4	54,7	56,0	57,3	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	
53,8	55,1	56,4	57,7	59,0	60,2	61,4	62,6	63,8	
54,1	55,5	56,8	58,1	59,4	60,6	61,9	63,1	64,3	
54,5	55,9	57,2	58,5	59,8	61,0	62,3	63,5	64,7	
54,9	56,3	57,6	58,9	60,2	61,4	62,7	63,9	65,1	
55,3	56,7	58,0	59,3	60,6	61,9	63,1	64,3	65,5	
55,7	57,0	58,4	59,7	61,0	62,3	63,5	64,8	66,0	
56,0	57,4	58,8	60,1	61,4	62,7	63,9	65,2	66,4	
56,8	58,2	59,5	60,9	62,2	63,5	64,8	66,0	67,2	
57,5	58,9	60,3	61,7	63,0	64,3	65,6	66,8	68,1	
58,3	59,7	61,1	62,4	63,8	65,1	66,4	67,6	68,9	
59,0	60,4	61,8	63,2	64,6	65,9	67,2	68,4	69,7	
59,7	61,2	62,6	64,0	65,3	66,7	68,0	69,2	70,5	
60,5	61,9	63,3	64,7	66,1	67,4	68,8	70,1	71,2	
61,2	62,6	64,1	65,5	66,9	68,2	69,5	70,9	72,1	
61,9	63,4	64,8	66,2	67,6	69,0	70,3	71,6	72,9	
62,6	64,1	65,6	67,0	68,4	69,8	71,1	72,4	73,7	
63,0	64,5	65,9	67,4	68,8	70,1	71,5	72,8	74,1	

$\Delta t_M$ , выходящих за пределы таблицы. Например,  $\Delta t_6 = 140^\circ \text{C}$ ,  $\Delta t_M = 76^\circ \text{C}$ . на 2, получаем  $\Delta t_{\text{ср}} = 104,8^\circ \text{C}$ .



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Системы единицы измерений и размерностей .....	5
<b>Глава I. Оборудование для приемки, хранения и транспортировки мо- лока и молочных продуктов.</b> .....	7
Оборудование для приемки и хранения молока .....	7
Молокомеры .....	7
Весы .....	7
Счетчики-расходомеры .....	10
Ушаты .....	12
Фляги .....	12
Баки .....	13
Танки .....	14
Расчеты резервуаров .....	18
Средства для транспортировки молока и молочных продуктов .....	23
Внезаводской транспорт .....	23
Внутризаводской транспорт .....	32
Расчеты транспортных устройств .....	38
Насосы и трубопроводы для молока и молочных продуктов .....	40
Поршневые насосы .....	40
Расчеты поршневых насосов .....	42
Диафрагменные (мембранные) насосы .....	43
Центробежные насосы .....	44
Расчеты центробежных насосов .....	49
Ротационные насосы .....	52
Эксплуатация насосов .....	54
Другие насосные системы для молока .....	55
Трубопроводы для молока и молочных продуктов .....	55
Расчеты трубопроводов .....	57
Эксплуатация трубопроводов для молока .....	61
<b>Глава II. Оборудование для тепловой обработки молока и молочных продуктов</b> .....	62
Теплопередача в аппаратах для тепловой обработки молока и молоч- ных продуктов .....	62
Установки для охлаждения и хранения молока на фермах .....	70
Охладители для молока и жидких молочных продуктов .....	74
Оборудование для охлаждения во флягах и ваннах .....	75
Оросительные охладители .....	77
Многосекционные оросительные охладители .....	80
Пластинчатые и трубчатые охладители .....	83
Основные расчеты охладителей .....	84
Нагреватели, пастеризаторы и стерилизаторы .....	88
Ванны длительной пастеризации .....	90
Паровые пастеризаторы с вытеснительными барабанами и ме- шалками .....	92
Расчеты паровых пастеризаторов .....	97
Регенераторы тепла .....	99
Трубчатые закрытые пастеризаторы .....	100
Пластинчатые аппараты и пастеризационно-охладительные ус- тановки .....	103
Тепловые расчеты пластинчатых пастеризаторов .....	112
Вакуумные пароконтактные пастеризаторы .....	114

Оборудование для стерилизации молока в бутылках.....	116
Установка для стерилизации молока в потоке.....	118
<b>Глава III. Оборудование для механической обработки молока.....</b>	<b>120</b>
Сепараторы.....	120
Назначение и принцип действия.....	120
Классификация сепараторов.....	121
Сепараторы-сливкоотделители.....	122
Открытые сепараторы.....	124
Полузакрытые сепараторы.....	132
Герметические сепараторы.....	133
Сепараторы - очистители.....	137
Использование сепараторов-сливкоотделителей для нормализации и очистки молока.....	140
Сепараторы-нормализаторы-очистители.....	141
Сепараторы-кларификаторы.....	144
Саморазгружающийся сепаратор.....	145
Расчеты сепараторов.....	148
Эксплуатация сепараторов.....	153
Фильтры.....	155
Цилиндрические фильтры.....	157
Дисковые и пластинчатые фильтры.....	158
Гомогенизаторы.....	159
Эмульсоры.....	166
<b>Глава IV. Оборудование для производства сливочного масла.....</b>	<b>171</b>
Сливкосозревательные ванны.....	171
Заквасочники.....	173
Маслоизготовители.....	174
Вальцовые маслоизготовители.....	175
Маслоизготовители с боковым люком и невынимающимися вальцами.....	175
Маслоизготовители с торцовым люком и выдвигной кареткой с вальцами.....	180
Маслоизготовители с торцовым люком и невынимающимися вальцами.....	182
Безвальцовые маслоизготовители.....	186
Эксплуатация маслоизготовителей периодического действия.....	189
Маслоизготовители непрерывного действия.....	189
Поточные линии производства масла.....	193
Эксплуатация поточной линии.....	202
<b>Глава V. Оборудование для производства сыра, творога и казеина-сырца.....</b>	<b>204</b>
Оборудование для производства сыра.....	204
Котлы, ванны и инструменты для обработки сгустка.....	204
Котлы и ванны с механическими мешалками.....	207
Сыроизготовители.....	216
Линии поточного производства сыра.....	218
Расчеты сыродельных ванн, котлов и сыроизготовителей.....	221
Прессы.....	224
Оборудование для посолки сыра.....	229
Стеллажи для созревания сыра.....	231
Машины для мойки сыров.....	232
Парафинеры для сыров.....	234
Оборудование для изготовления плавленых сыров.....	235
Оборудование для производства творога.....	240
Творогоизготовитель ВНИИ.....	240
Многосекционный творогоизготовитель.....	242
Охладитель Локтюхова.....	243

Закрытые охладители для творога.....	244
Месильная машина.....	245
Установка для производства творога.....	246
Поточная механизированная линия производства творога.....	247
Оборудование для изготовления казеина-сырца.....	249
<b>Глава VI. Оборудование для производства сгущенного молока и других сгущенных молочных продуктов</b> .....	251
Выпарные установки.....	251
Классификация выпарных аппаратов.....	251
Вакуум-аппараты, работающие без использования вторичного пара.....	253
Вакуум-аппараты, работающие с использованием вторичного пара.....	255
Многокорпусные вакуум-аппараты.....	255
Однокорпусные вакуум-аппараты с пароструйным компрессором.....	257
Двух- и трехкорпусные вакуум-аппараты с пароструйным компрессором.....	263
Вакуум-аппараты с пластинчатым парообразователем.....	268
Вакуум-аппараты с механической компрессией вторичного пара.....	271
Вакуум-аппараты с холодильной компресссионной машиной..	273
Оборудование, входящее в вакуум-выпарные установки.....	274
Конденсаторы.....	274
Конденсатоотводчики.....	277
Вакуум-насосы.....	280
Пуск, работа и остановка вакуум-аппаратов.....	285
Расчеты вакуум-аппаратов.....	287
Аппараты для кристаллизации и охлаждения сгущенного молока..	289
Непрерывный процесс производства сгущенного молока с сахаром..	292
Стерилизаторы для сгущенного молока.....	294
<b>Глава VII. Оборудование для сушки молока и молочных продуктов</b> .....	296
Сушилки.....	296
Вальцовые (контактные) сушилки.....	296
Правила эксплуатации вальцовых сушилок.....	300
Распылительные сушилки.....	301
Форсуночные распылительные сушилки.....	307
Дисковые распылительные сушилки.....	309
Сушилки для казеина и молочного сахара.....	312
Расчеты сушилок.....	316
Вспомогательное оборудование для сушилок.....	320
Фильтры.....	320
Калориферы.....	321
Вентиляторы.....	324
<b>Глава VIII. Оборудование для производства мороженого</b> .....	326
Оборудование для фризирования смеси.....	326
Мороженицы.....	326
Фризеры.....	328
Фризер периодического действия с рассольным охлаждением.....	328
Фризер периодического действия с аммиачным охлаждением.....	330
Фризеры непрерывного действия.....	332
Расчеты фризеров.....	335
Оборудование для закалки мороженого.....	336
Закалочные бассейны и камеры.....	336
Скороморозильные аппараты (генераторы).....	337
Эскимогенераторы карусельного типа.....	338

<b>Глава IX. Машины для розлива (дозировки) и упаковки молока и молочных продуктов</b> .....	340
Машины для розлива (дозировки) молока в бутылки .....	341
Разливочно-укупорочные автоматы для стеклянных бутылок .....	344
Машины для дозировки и упаковки молока в бумажную тару .....	348
Машины для дозировки вязких молочных продуктов .....	351
Шестипатронная наполнительная машина .....	352
Машина для дозировки сметаны в бумажные стаканы .....	353
Автомат для дозировки мороженого .....	354
Расфасовочные и заверточные машины для пластичных молочных продуктов .....	355
Линия производства жестяных банок для сгущенного молока .....	360
<b>Глава X. Оборудование для мойки и чистки тары</b> .....	365
Бутылкомоечные машины .....	368
Бутылкомоечная машина АМА-1 .....	369
Бутылкомоечная машина «Юдек» .....	372
Бутылкомоечные машины типа ОМГ .....	376
Расход тепла, пара, воды и электроэнергии в бутылкомоечных машинах .....	378
Флягомоечные машины .....	380
Ящикомоечные машины .....	386
<b>Глава XI. Подбор оборудования</b> .....	387
Приложения .....	392