ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОНСЕРВНЫХ ЗАВОДОВ

664.8/075
8

ОНАХТ 664.8(075)
Технологическое обор
348024

ПЕРЕОБЛІК
20 12 р.

ОТ АВТОРОВ

Учебное пособие «Технологическое оборудование консервных заводов» написано в соответствии с утвержденной программой курса, читаемого в Одесском технологическом институте пищевой и холодильной промышленности.

Авторы стремились возможно полнее отразить задачи, вытекающ из решений XIX съезда КПСС, пятой сессии Верховного Совета ССС и сентябрьского Пленума ЦК КПСС для пищевой промышленности в частности, по улучшению существующего технологического оборуд вания консервных заводов и внедрению нового.

В книге описываются конструкции машин и аппаратов и излагают технологические, тепловые и некоторые конструктивные расчеты.

По основным машинам и аппаратам приведен также материал эк плуатационного характера и излагаются основные требования техни безопасности и охраны труда и материалы по составлению тепловы балансов.

Оборудование консервных заводов рассматривается не в порядк технологических процессов производства различных видов консервов, по принципу построения курса «Процессы и аппараты пищевых прои водств».

Такое расположение материала авторы считают более целесообраз ным, исходя из различия технологических схем переработки сырья дл разных видов консервов.

В соответствии с назначением технологического оборудования кон сервных заводов материал учебника разделен на три части.

В первой части рассматривается механическое оборудование, вклю чая транспортные устройства.

Во второй части приведены описание и расчеты тепловых и диффу зионных аппаратов.

В третьей части рассматриваются машины для производства жестя ной и стеклянной тары.

Оборудование консервных заводов включает большое количество машин-автоматов и сложных аппаратов различных типов и конструкций. Не имея возможности показать все конструкции машин и аппаратов, выполняющих одни и те же функции, авторы приводят в каждой главе, где это рационально, классификацию машин или аппаратов данной группы.

Первая и третья части книги, а также XVII и XIX главы второй части написаны доцентом М. Я. Дикисом, остальные главы второй части написаны доцентом А. Н. Мальским.

Авторы выражают благодарность спецредактору доктору технических наук профессору А. Я. Соколову, кандидатам технических наук Б. И. Точидловскому, Т. Я. Розенбаум и ст. преподавателю Г. Е. Молдавскому за ценные указания, направленные на улучшение книги.

348024
Одесский технологический

ВВЕДЕНИЕ

Неуклонное повышение материального благосостояния советского народа является постоянной заботой Коммунистической партии и Советского правительства.

Советский народ под руководством Коммунистической партии создал всесторонне развитую тяжелую индустрию, являющуюся могучим фундаментом социалистической экономики. Теперь, при наличии такого фундамента, имеется практическая возможность обеспечить крутой подъем всех отраслей легкой и пищевой промышленности, значительно расширить производство предметов народного потребления.

Большое место в системе промышленности продовольственных товаров занимает консервная промышленность.

В дореволюционной России не было консервной промышленности. Существовавшие мелкие кустарные предприятия изготовляли небольшое количество консервов ограниченного ассортимента. С первых же лет существования советской власти начинается развитие пищевой, в том числе и консервной промышленности.

За годы довоенных пятилеток была создана современная консервная промышленность, которая в 1940 году выпустила фруктовых и овощных консервов в 30 раз больше, чем в 1913 г. Только один консервный завод имени А. И. Микояна в станице Крымской выпускает сейчас в год столько продукции, сколько вся консервная промышленность царской России в 1913 г.

В годы войны консервной промышленности был нанесен большой урон. Однако уже в 1950 году, благодаря успешному выполнению и перевыполнению четвертой пятилетки, восстановленная промышленность выпустила консервов на 30% больше, чем в 1940 году.

XIX съезд Коммунистической партии наметил дальнейший значительный рост консервной промышленности.

Еще более крутой подъем консервной промышленности обеспечивается историческими решениями пятой сессии Верховного Совета СССР и сентябрьского Пленума ЦК КПСС.

Одним из факторов, который обеспечивает решение грандиозных задач, стоящих перед консервной промышленностью, является наличие высокоразвитого отечественного пищевого и, в частности, консервного машиностроения.

Отечественное консервное машиностроение, используя достижения науки и техники, а также опыт новаторов производства, создало оригинальные машины и аппараты, механизирующие и автоматизирующие многочисленные процессы переработки сырья и изготовления консервов.

Наряду с универсальными конструкциями машин, используемых для производства различных видов консервов (наполнители, моечные машины, выпарные аппараты и др.), наши машиностроительные заводы выпускают оригинальные, высокого класса точности машины многоопе-рационные, как, например, томатосоковый агрегат, вакуум-закаточная машина для герметизации жестяных и стеклянных банок и др.

Основные специфические особенности консервного машиностроения вытекают из требований консервного производства.

К таким особенностям относятся:

а) приспособленность машины или аппарата к работе для изготовления различных консервов, учитывая сезонность поступления сырья и стремление увеличить продолжительность выработки консервов;

б) возможность перестановки машины из линии в линию (это нужно учитывать при конструировании станины и привода);

в) коррозиоустойчивость деталей машины или аппарата к агрессивным средам; это приводит к необходимости изготовления деталей, соприкасающихся с продуктами, из коррозиоустойчивых материалов;

г) непрерывность проведения процесса переработки продуктов; непрерывность процесса дает возможность в большей степени сохранить натуральные качества продукта, в особенности такие, как витаминозность, а также значительно повысить выработку консервов.

При изготовлении консервов очень большое значение имеет автоматизация производственных процессов, и особенно автоматизация контроля режима работы машин и аппаратов.

Классификация технологического оборудования консервных заводов

Машины и аппараты консервных заводов классифицируют по различным признакам, что свидетельствует об условности каждой классификации.

Оборудование консервных заводов может быть разделено на три группы:

А. Оборудование для механической обработки продукта — машины.

Б. Оборудование для тепловой и физико-химической обработки продукта — аппараты.

В. Оборудование для производства консервной тары.

К машинам консервного производства отнесены:

транспортные;
моечные;
калибровочные;
резательные и дробильные;
разделяющие сырье на различные по составу части;
перемешивающие;
наполняющие;
закаточные;
этикетировочные.

Каждая из перечисленных групп машин может быть разделена на подгруппы.

К аппаратам консервного производства отнесены:

бланшировательи;
шпарители;
подогреватели;
двутельные котлы;
обжарочные аппараты;
стерилизаторы (автоклавы);
сушилки;
охладители;
морозильные аппараты;
сульфитаторы;
конденсатоотводчики.

Машины для производства консервной тары включают:

дисковые ножницы;
фигурные ножницы;
прессы;
пастокладочные машины;
корпусообразующие машины;
фланцеотгибочные машины;
закаточные машины;
машины для испытания герметичности жестяной тары.

Классификацию технологического оборудования консервных заводов можно производить и по конструктивным признакам. Так, например, в зависимости от геометрической формы машины и характера перемещения обрабатываемого продукта различают машины трех основных видов:

а) машины линейные или конвейерные;

б) машины карусельные;

в) машины барабанные.

В зависимости от способа проведения технологических процессов различают аппараты открытого типа, в которых процесс протекает при атмосферном давлении, и аппараты закрытого типа, в которых процесс может быть проведен при вакууме, либо избыточном давлении.

Аппараты могут быть разделены также на аппараты периодического и непрерывного действия.

Глава I

ТРАНСПОРТНЫЕ УСТРОЙСТВА КОНСЕРВНЫХ ЗАВОДОВ

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЫРЬЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Доставка сырья, топлива, тары и вспомогательных материалов на территорию консервных заводов производится железнодорожным, водным, автогужевым, а иногда и воздушным транспортом.

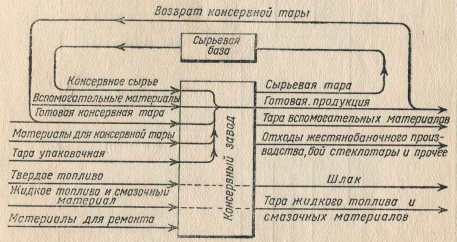


Рис. 1. Схема внешних грузопотоков консервного завода

Общее представление о грузопотоках консервного завода дает схема, приведенная на рис. 1.

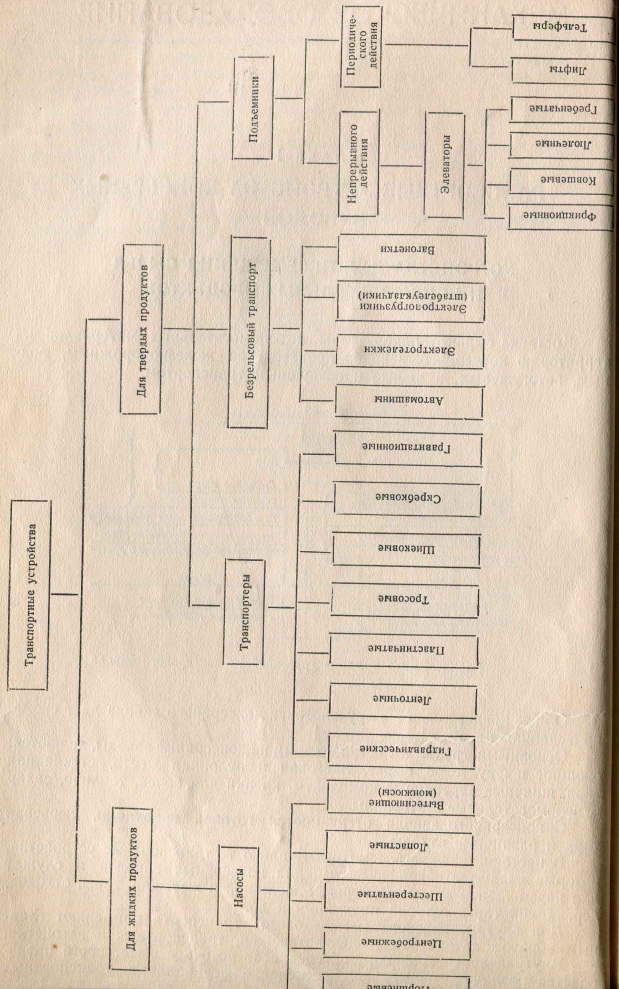
Основными грузами, поступающими на консервные заводы, являются: овощное и фруктовое сырье, листовая и рулонная жесть, стеклянная тара, ящичные деревянные комплекты, клепки для бочек, топливо, сахар и вспомогательные материалы.

С консервного завода отгружаются готовая продукция, сырьевая тара и различные отходы.

В настоящей главе рассмотрены только те транспортные устройства, которые являются специфическими для консервных заводов и служат для перемещения пищевого сырья, стеклянной и жестяной тары, отходов, деревянной тары, готовой продукции и др.

Для внутризаводского (межцехового) транспорта применяют главным образом автомашины, электротележки, транспортеры и вагонетки.

Внутрицеховой транспорт обеспечивает поточность массового производства различных консервов. Применение специальных транспортных



устройств способствует созданию высокопроизводительных специализированных линий по переработке овощного и томатного сырья. К числу таких устройств внутрицехового транспорта можно отнести: гребенчатые транспортеры для стеклотары, тросовые транспортеры и фрикционные элеваторы для жестебанок, элеваторы типа «гусиная шея», гидравлические транспортеры для томатов и др.

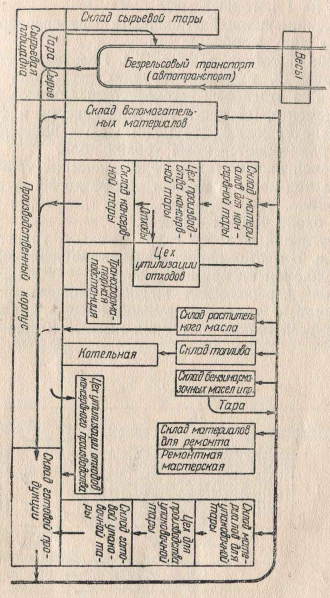


Рис. 2. Схема внутренних грузопотоков консервного завода

Рациональное размещение производственных и складских помещений значительно облегчает организацию грузопотоков на консервных заводах.

На рис. 2 показана примерная схема внутренних грузопотоков консервного завода.

Основные виды транспортных устройств консервных заводов можно классифицировать как указано на стр. 8

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТЕРЫ

На консервных заводах гидравлические транспортеры применяются для перемещения сырья с сырьевой площадки к моечным машинам. Гидравлические транспортеры представляют собой желоба (каналы), расположенные с небольшим уклоном по направлению движения воды с сырьем.

Транспортер должен иметь такой уклон, чтобы скорость перемещения сырья и воды была не меньше 0,5—0,8 *м/сек*. Обычно уклон желоба равен 10—12 *мм* на 1 погонный метр длины его.

При уменьшении уклона и скорости транспортируемый продукт может оседать на дно желоба.

Форма желоба показана на рис. 3, *а*. Изготовляют желоба из кирпича, бетона, дерева и, в редких случаях, из стали. Желоба можно также изготовлять из отдельных шлакобетонных блоков. В состав бетона входит 1 часть цемента, 0,5 части гашеной извести и 5 частей шлака.

Гидравлические транспортеры на сырьевых площадках консервных заводов обычно размещаются ниже уровня пола.

Для нормальной эксплуатации гидравлических транспортеров необходимо, чтобы расход воды составлял от 300 до 500% к весу транспортируемого материала. Так, например, при транспорте томатов расход воды составляет около 400% к их весу.

Радиус закруглений желобов гидравлических транспортеров должен быть не менее 3 *м*. В местах закруглений уклон увеличивают на 2—3 *мм* по сравнению с уклоном на прямых участках.

Во избежание переполнения желоба площадь рабочего сечения желоба, т. е. занятого транспортируемой смесью, должна составлять не более 75% от всей площади сечения желоба гидравлического транспортера.

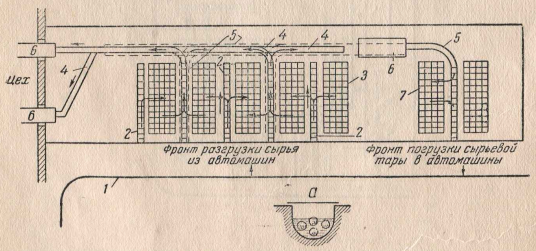


Рис. 3. Гидравлический транспортер

Для соблюдения техники безопасности желоба должны быть перекрыты сверху досками. В месте сопряжения желоба гидравлического транспортера с элеваторной моечной машиной следует установить металлический желоб с отверстиями, через которые отводится большая часть воды в канализацию.

На тех заводах, где количество воды ограничено, можно подавать в гидравлический транспортер теплую воду из барометрического конденсатора.

На рис. 3 изображена сырьевая площадка *1* консервного завода, оборудованная гидравлическим транспортером *4*, к которому сырье из ящиков, уложенных в штабели *3*, подается наклонными роликовыми транспортерами *2*. Освобожденные от сырья ящики укладывают на цепной транспортер *5*, установленный над гидравлическим транспортером. Цепной транспортер подает ящики в моечную машину *6*, откуда они поступают на наклонный роликовый транспортер для укладки в штабели *7*.

Если гидравлический транспортер обслуживает многолинейный цех, то число русел гидравлического транспортера соответственно увеличивают.

Вода в гидравлический транспортер подается насосами или из водопроводной сети.

Расчет гидравлического транспортера

Гидравлический транспортер рассчитывают на основании известных из гидравлики законов движения жидкости, выражаемых следующими двумя формулами:

$$Q = \omega v \ [м^3/сек], \qquad (I—1)$$

$$v = C\sqrt{Ri} \ [м^3/сек], \qquad (I—2)$$

где: Q — секундный объем смеси (продукт + вода);
ω — площадь поперечного сечения потока в $м^2$;
v — скорость движения потока в *м/сек*;
C — коэффициент шероховатости;
R — гидравлический радиус, равный отношению площади залитого сечения желоба (ω) к длине смоченного периметра P

$$R = \frac{\omega}{P};$$

i — уклон желоба в *м/пог. м*.

Секундный объем смеси, транспортируемой гидравлическим транспортером, можно определить по формуле:

$$Q = \frac{W+q}{\gamma} \ [м^3/сек], \qquad (I—3)$$

где: W — секундный расход воды в *кг*;
q — секундный расход продукта в *кг*;
γ — вес 1 $м^3$ смеси в *кг* (ориентировочно $\gamma \approx 1000$ $кг/м^3$).

Формулу (I—3) можно написать в таком виде:

$$Q = \frac{q\left(\frac{W}{q}+1\right)}{1000} \ [м^3/сек]. \qquad (I—3а)$$

Отношение $\frac{W}{q} = m$, показывающее, во сколько раз в смеси больше воды, чем транспортируемого продукта, назовем коэффициентом кратности. После подстановки в формулу (I—3а) коэффициента кратности находим:

$$Q = \frac{q\,(m+1)}{1000} \ [м^3/сек]. \qquad (I—4)$$

Приравним правые части формул (I—1) и (I—4) и решим полученное уравнение относительно скорости v

$$v = \frac{q(m+1)}{1000\omega}\ [м^3/сек]. \qquad (I—5)$$

Из формулы (I—2) для скорости движения жидкости в открытых каналах можно получить важную зависимость между производительностью, коэффициентом кратности, гидравлическим радиусом и уклоном гидравлического транспортера. Для этого следует приравнять правые части формул (I—2) и (I—5) и решить полученное уравнение относительно q

$$q = \frac{1000\omega}{m+1} C\sqrt{Ri}\ [кг/сек]. \qquad (I—6)$$

Коэффициент шероховатости C можно определить по эмпирической формуле:

$$C = \frac{6m(m-1{,}1)}{m+1{,}1}.$$

Подставив значение C в формулу (I—6), находим:

$$q = \frac{1000\omega}{m+1} \cdot \frac{6m(m-1{,}1)}{m+1{,}1}\sqrt{Ri}\ [кг/сек].$$

Пусть

$$K = \frac{1000\omega}{m+1} \cdot \frac{6m(m-1{,}1)}{m+1{,}1}\sqrt{R};$$

тогда

$$q = K\sqrt{i}\ [кг/сек]. \qquad (I—7)$$

Величину K называют модулем расхода. При определенном значении m модуль расхода зависит только от размеров сечения гидравлического транспортера.

Пример. Рассчитать гидравлический транспортер, по которому поступают томаты к четырем моечным машинам томатных линий производительностью по 8 *т/час* каждая.

Примем уклон равным 10 *мм*/пог. *м*, а коэффициент расхода $m = 5$. Сечение рабочей части желоба — полуокружность. Секундное количество томатов, которое должен подать гидравлический транспортер

$$q = \frac{4 \cdot 8000}{3600} = 8{,}9\ кг/сек.$$

Модуль расхода

$$K = \frac{q}{\sqrt{i}} = \frac{8{,}9}{\sqrt{0{,}01}} = 89.$$

Коэффициент шероховатости

$$C = \frac{6 \cdot 5(5-1{,}1)}{5+1{,}1} = 19.$$

Гидравлический радиус рабочего сечения желоба

$$R = \frac{\omega}{P} = \frac{\pi d^2 \cdot 2}{8 \cdot \pi d} = \frac{d}{4},$$

где d — диаметр окружности в *м*.

Для определения размеров желоба гидравлического транспортера воспользуемся способом последовательных приближений. Задавшись диаметром полуокружности рабочего сечения желоба, найдем значения модуля расхода K — наиболее близкого к ранее рассчитанному. Примем значения $d = 0{,}28,\ 0{,}30,\ 0{,}32,\ 0{,}34,\ 0{,}36$ *м*. Результаты расчета сведем в табл. 1.

Таблица 1

d	ω	R	$\sqrt{R}$	K
0,28	0,06	0,070	0,265	60
0,30	0,07	0,075	0,27	73
0,32	0,08	0,080	0,28	85
0,34	0,09	0,085	0,29	100
0,36	0,10	0,090	0,30	114

При $d = 0{,}32$ *м* значение модуля расхода K наиболее близко совпадает с ранее вычисленным. Находим при этом значении K скорость движения смеси по формуле (I—2)

$$v = C\sqrt{Ri} = 19\sqrt{0{,}08 \cdot 0{,}01} = 0{,}53\ м/сек,$$

что допустимо.

ИНСПЕКЦИОННЫЕ ТРАНСПОРТЕРЫ

Транспортеры, по обеим сторонам которых стоят работницы и снимают с движущейся ленты гнилые и битые плоды и овощи, называют

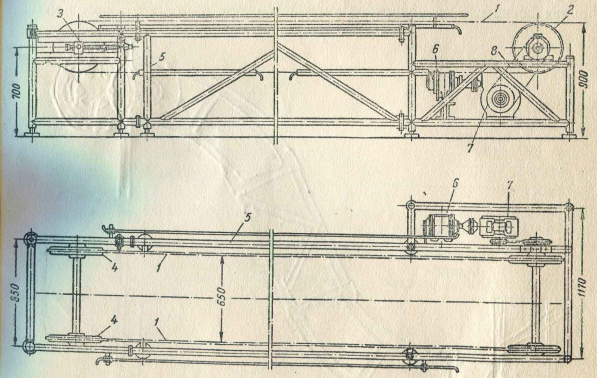


Рис. 4. Инспекционный транспортер

инспекционными транспортерами. Конструктивно они почти ничем не отличаются от обычных ленточных транспортеров. Наибольшее распространение в консервной промышленности получили инспекционные транспортеры с плетеной проволочной сеткой. Сетка крепится к двум цепям, приводимым в движение звездочками, сидящими на приводном валу.

Инспекционный транспортер (рис. 4) состоит из двух цепей *1*, к которым крепится сетка, приводного вала с двумя звездочками *2*, натяжного устройства *3* со звездочками *4* и станины *5*.

Инспекционный транспортер приводится в движение электродвигателем *6* через редуктор *7* и цепную либо ременную передачу *8*.

Скорость ленты инспекционных транспортеров не должна превышать 0,1 *м/сек*. При большей скорости эффективность инспекции снижается.

При расчете производительности инспекционных транспортеров принимают, что сырье лежит на ленте в один слой. Коэффициент заполнения ленты не должен превышать 0,75 для того, чтобы можно было осмотреть сырье.

Производительность инспекционных транспортеров при скорости ленты 0,1 *м/сек* и коэффициенте заполнения 0,75 рассчитывают по формуле:

$$Q = 270Bh\gamma \ [m/час].$$

Здесь: B — ширина ленты в *м*;
h — средняя высота отдельных плодов и овощей в *м*;
γ — насыпной вес в $m/м^3$.

КОВШЕВОЙ НАКЛОННЫЙ ЭЛЕВАТОР

(«гусиная шея»)

Этот элеватор (рис. 5) применяется в поточных линиях консервного производства как транспортное устройство, при помощи которого продукт

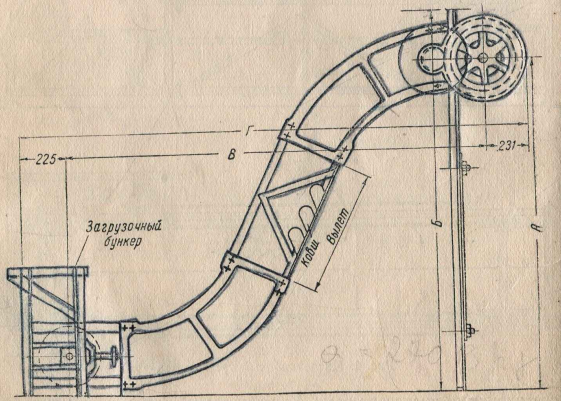


Рис. 5. Элеватор («гусиная шея»)

передается из одной машины в другую при выгрузке и загрузке продукта на разной высоте.

В элеваторах указанного типа имеются горизонтальные участки в местах загрузки и выгрузки продукта.

Несущими элементами в этом элеваторе являются ковши, которые крепятся к тяговым органам. Загрузочный бункер расположен над нижним горизонтальным участком элеватора. Приводная звездочка, нахо-

дящаяся в верхней части элеватора, приводится во вращение электродвигателем через редуктор и пару зубчатых колес. Верхняя и нижняя части элеватора соединены между собой болтами. Для изменения высоты элеватора можно устанавливать между верхней и нижней частями дополнительные элементы, называемые вылетами. Понятно, что в этом случае следует удлинять цепь и укреплять дополнительные ковши.

При установке дополнительных вылетов (см. рис. 5) габариты элеватора изменяются, как это видно из табл. 2.

Таблица 2

Число вылетов	Размеры элеватора в *мм*			
	А	*Б*	*В*	*Г*
1	1515	1800	2235	2691
2	2234	2519	2742	3198
3	2952	3237	3366	3822

Натяжение цепи осуществляется винтовым натяжным устройством, расположенным на валу нижних звездочек.

Производительность элеватора можно определить по формуле:

$$Q = 3{,}6\frac{i}{a}\psi v\gamma \ [m/час], \qquad (I—8)$$

где: i — емкость ковша в *л*;
a — шаг ковшей в *м*;
ψ — коэффициент заполнения ковшей;
v — скорость цепи в *м/сек*;
γ — насыпной вес материала в $m/м^3$.

Для изменения производительности элеватора уменьшают или увеличивают размеры выпускного отверстия загрузочного бункера при помощи заслонки. Производительность элеватора 2—3 *т/час*.

Мощность электродвигателя 0,7 *квт*.

В табл. 3 приведены полученные при испытании данные о мощности для привода элеватора при холостом ходе и под полной нагрузкой.

Таблица 3

Вид нагрузки	Мощность в *квт*
Холостой ход элеватора . . .	0,43
Работа под нагрузкой	0,46

УКЛАДОЧНЫЙ ТРАНСПОРТЕР

При укладке продукта в банки вручную (фаршированные овощи, плоды и др.) применяют укладочные транспортеры (рис. 6).

Транспортер состоит из двух бесконечных цепей *1*, обе ветви которых являются рабочими. Банки поступают из моечной машины по наклон-

ному желобу *2* на верхнюю ветвь транспортера и перемещаются влево. За укладочными столами *3* находятся работницы, которые берут пустые банки, наполняют их продуктом и устанавливают на нижнюю ветвь транспортера; эта ветвь подает банки к приемному диску наполнителя (если это предусмотрено технологическим процессом). Укладочный транспортер приводится в движение от электродвигателя *4* через редуктор *5*, ременную либо цепную передачу *6*.

Станина *7* изготовлена из угловой стали.

Скорость цепей укладочного транспортера определяется по формуле

$$v = \frac{Na}{3600}\ [м/сек],$$

где: v — скорость перемещения цепей в *м/сек*;
N — число банок, подлежащих наполнению за 1 час;
a — расстояние между центрами двух смежных банок в *м*, обычно $a = (1{,}5 \div 2)\,d$,
где d — диаметр банки в *м*.

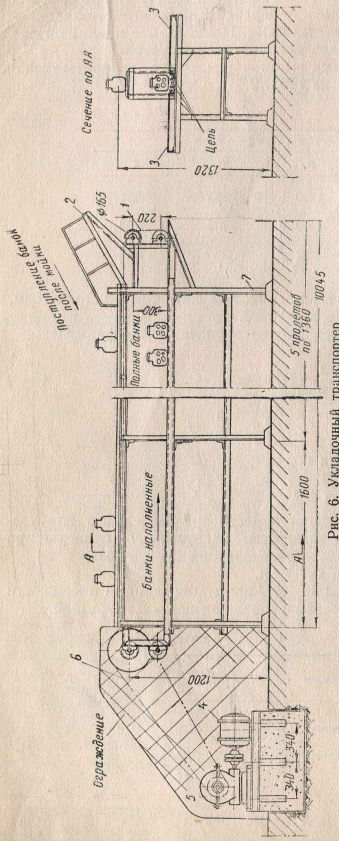


Рис. 6. Укладочный транспортер

ВЫТЕСНЯЮЩИЕ НАСОСЫ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГУСТЫХ ПРОДУКТОВ

Перемещение таких густых и вязких продуктов, как повидло, томат-паста, сульфитированное пюре и другие, успешно осуществляется вытесняющими насосами (монтежю), принцип работы которых поясняется схемой, приведенной на рис. 7. Если вакуум-насосом *3* отсосать из герметично закрытого сосуда *1* воздух и создать в нем давление $P_в$, меньшее атмосферного P_a, то жидкость из открытого сосуда *2*, благодаря перепаду давлений $P_a - P_в$, будет поступать в вышерасположенный сосуд *1*.

Введем такие обозначения:
P_a — атмосферное давление в *кг/м²*;
$P_в$ — давление в сосуде в *кг/м²*;
H — разность уровней жидкости в *м*;
γ — удельный вес жидкости в *кг/м³*;
g — ускорение силы тяжести ($g = 9{,}81$ *м/сек²*);
ΔP — перепад давлений в *кг/м²*

$$\Delta P = P_a - P_в - H\gamma\ [кг/м^2].$$

Скорость истечения жидкости под действием гидростатического напора

$$v = \mu\sqrt{2gH} = \mu\sqrt{2g\frac{\Delta P}{\gamma}}\ [м/сек], \qquad (I-9)$$

где μ — коэффициент расхода.

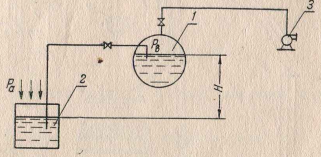


Рис. 7. Схема устройства вытесняющего насоса

Подставляя значение ΔP в формулу (I—9), находим:

$$v = 4{,}43\mu\sqrt{\frac{P_a - P_в}{\gamma} - H}\ [м/сек]. \qquad (I-10)$$

Максимальную теоретическую высоту $H_{макс}$, на которую насос может поднять жидкость, определяем при $\Delta P = 0$, т. е. при

$$P_a - P_в - H_{макс} \cdot \gamma = 0, \text{ откуда } H_{макс} = \frac{P_a - P_в}{\gamma}\ [м].$$

При избыточном давлении в сосуде *1* продукт будет перемещаться значительно быстрее, чем при истечении под воздействием силы тяжести. Для определения необходимого давления, обеспечивающего подачу материала на заданную высоту $H_{зад}$, обычно принимают давление пара или воздуха на 1÷1,5 *кг/см²* больше давления, соответствующего высоте столба жидкости $H_{зад}$, для компенсации потерь в трубопроводах.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ВЫГРУЗКИ СУЛЬФИТИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ

Для выгрузки и транспортировки сульфитированного фруктового пюре применяются насосы, а для нарезанных и цельных плодов — монтежю стационарного и нестационарного типа.

Установка для выгрузки сульфитированной продукции, предложенная А. А. Меркуловым (рис. 8), состоит из герметического сосуда *1*, вакуум-насоса *2*, электродвигателя *3*, сборника *4* для воды и гидравлического фильтра *5*, смонтированных на салазках *11*.

Работа установки протекает в такой последовательности: заборный шланг 7 опускают в резервуар, заполненный сульфитированным продуктом, затем при помощи вакуум-насоса 2 создают вакуум в сосуде 1. По достижении заданного вакуума открывают вентиль 6 и продукт начинает поступать в сосуд 1. После наполнения сосуда, что видно через смотровые стекла 17 и 19, закрывают вентиль 6, останавливают вакуум-насос, нарушают вакуум при помощи вентиля 22 и открывают задвижку 8, благодаря чему продукт вытекает в бочку. Рольганги 9 и 10 облегчают установку пустых и удаление наполненных бочек.

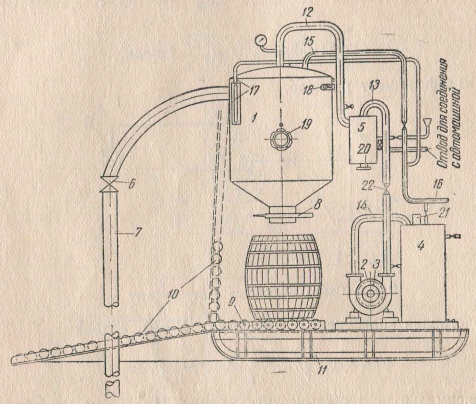


Рис. 8. Установка для выгрузки сульфитированных продуктов из подземных хранилищ

Фильтр 5 заполнен 10%-ным раствором едкой щелочи и служит для предотвращения попадания сернистого газа в вакуум-насос. Уровень раствора в фильтре регулируют краном 20. Трубы 12 и 13 служат для отсасывания воздуха, трубы 15 и 16 — для подвода воды, лампа 18 — для освещения внутренности сосуда. По трубе 14 воздух, поступающий вместе с водой в вакуум-насос, отводится в сборник 4, а затем через выпускное отверстие 21 наружу.

В табл. 4 приведены размеры сборников, изготовляемых заводами МППТ СССР.

Таблица 4

Емкость в *л*	Диаметр корпуса в *мм*	Высота в *мм*	Вес в *кг*	Рабочее давление в *атм*	Материал
500	1160	1152	326	—	—
500	932,6	1249	194,3	—	Алюминий
750	900	1610	340	3	Медь
1000	1022	1700	278,4	2	Алюминий
1000	1110	1900	440	3	—

Расчет диаметра трубопровода

Рассчитаем диаметр трубопровода, соединяющего вакуум-аппарат со сборником томатной пульпы. Примем такие условия. Вакуум-аппарат установлен на 3 *м* выше сборника. Во время заполнения вакуум-аппарата в нем поддерживается разрежение в 360 *мм* рт. ст.

Коэффициент расхода μ принят равным 0,35. Барометрическое давление равно 760 *мм* рт. ст., удельный вес томатной пульпы 1000 *кг/м*³. Вакуум-аппарат, полезная емкость которого равна 1000 *л*, должен быть заполнен продуктом за 2 мин.

Для определения диаметра трубопроводов применяем формулу сплошности движения

$$Q = 3600 \frac{\pi d^2}{4} v \gamma \ [кг/час],$$

откуда

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \gamma v 3600}} \ [м]. \qquad (I—11)$$

По условиям примера часовой расход томатной пульпы

$$Q = \frac{1000 \cdot 60}{2} = 30\,000 \ [кг/час].$$

Скорость перемещения томатной массы (формула I—10):

$$v = 4{,}43 \cdot 0{,}35 \sqrt{\frac{760 \cdot 13{,}6 - 400 \cdot 13{,}6}{1000}} - 3 = 2{,}9 \ [м/сек].$$

Подставляя в формулу (I—11) полученные величины, находим:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 30\,000}{3{,}14 \cdot 2{,}9 \cdot 1000 \cdot 3600}} = 0{,}08 = 80 \ мм.$$

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КОНСЕРВНОЙ ТАРЫ

Для транспортировки жестяной и стеклянной тары из моечных машин к укладочным транспортерам, из жестянобаночных цехов на склад, со склада в производственные цехи и т. д. имеется несколько видов специальных транспортных устройств.

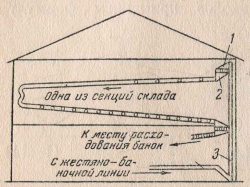
Универсальные транспортные устройства пригодны для перемещения жестяной и стеклянной тары, а специализированные — только для одного вида тары. Транспортеры осуществляют горизонтальное, вертикальное и комбинированное перемещение консервной тары.

ФРИКЦИОННЫЕ ЭЛЕВАТОРЫ ДЛЯ ЖЕСТЯНЫХ КОНСЕРВНЫХ БАНОК

Такие элеваторы применяются в жестянобаночных цехах для перемещения корпусов и банок из одной машины к другой и для подачи готовых банок из жестянобаночного цеха в склад. На рис. 9 приведена

схема механизации подачи банок с первого этажа, где расположен жестянобаночный цех, на второй этаж фрикционным элеватором 3, который подает их на тросовый транспортер. Этот транспортер перемещает банки вдоль склада, находящегося на втором этаже. После этого банки попадают в наклонный желоб 2, из которого их вынимают и укладывают в штабель. По мере надобности банки из штабелей по нижней ветви желоба 2 подаются к укладочным транспортерам производственных цехов.

Фрикционный элеватор (рис. 9, *б*) представляет собой ремень 4, натянутый между верхним ведущим шкивом 1 и нижним натяжным 2. Ремень плотно прижимается к цилиндрической поверхности банок 7, находящихся в желобе 5.



а

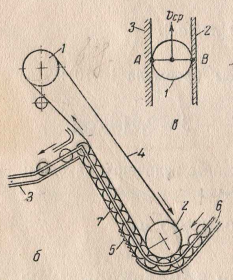


Рис. 9. Фрикционный элеватор

Банки поступают в приемную часть 6 фрикционного элеватора, благодаря трению приводятся ремнем во вращательное и поступательное движение, поднимаются вверх и натяжением ремня выталкиваются в разгрузочный желоб 3.

Фрикционный элеватор обычно расположен вертикально; электродвигатель находится на уровне приводного шкива и соединен с ним при помощи цилиндрических шестерен.

При определении скорости ремня, обеспечивающей заданную производительность, необходимо иметь в виду, что линейная скорость банок в два раза меньше скорости ремня; для объяснения этого рассмотрим движение банки 1, находящейся между ремнем 2, движущимся со скоростью $v_р$, и неподвижной направляющей 3 (рис. 9, *в*).

Предположим что банка движется вокруг неподвижного мгновенного центра в точке *A*. Тогда скорость точки *B* при отсутствии скольжения равна скорости ремня $v_р$, а скорость точки *A* равна нулю.

Скорость перемещения банки $v_б$ будет равна средней скорости точек *A* и *B*

$$v_б = \frac{v_A + v_B}{2} = \frac{0 + v_р}{2} = \frac{v_р}{2} \; [м/сек].$$

Максимальная производительность фрикционного элеватора может быть вычислена по формуле:

$$N_{макс} = 3600 \, \frac{v_р}{2d} \; [шт/час],$$

где: d — диаметр банки в *м*;

$v_р$ — скорость ремня в *м/сек*.

Фактическая производительность обычно ниже. Так как банки перемещаются не непрерывным потоком, то в расчетную формулу нужно вводить не величину d, а среднее расстояние между центрами двух смежных банок, которое практически равно от $2d$ до $3d$.

ГРЕБЕНЧАТЫЙ ТРАНСПОРТЕР ДЛЯ СТЕКЛЯННЫХ БАНОК

Этот транспортер перемещает стеклотару в вертикальном и горизонтальном направлении. На рис. 10 показана схема установки гребенчатого транспортера, передающего стеклобанки со второго этажа, где находится склад стеклотары, на первый этаж, где установлена моечная машина.

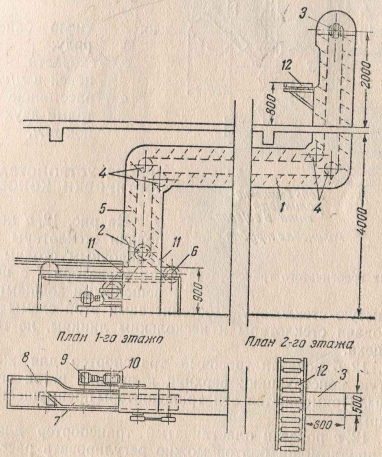


Рис. 10. Гребенчатый транспортер

Рабочее полотно 1 состоит из двух роликовых цепей, к которым крепятся гребенчатые пальцы; на них вручную устанавливают стеклобанки, подаваемые в ящиках по роликовому транспортеру 12. Приводная звездочка 2 находится внизу, а натяжная 3 — наверху. Звездочки 4 изменяют направление движения цепи. Транспортер закрыт снаружи обшивкой 5, которая крепится к стальному каркасу.

На горизонтальный транспортер 7 банки выгружаются автоматически при огибании цепью нижней звездочки 2.

Электродвигатель 9 через червячный редуктор 10 и цепные передачи 11 приводит в движение гребенчатый транспортер и приводной барабан 6 горизонтального транспортера. С горизонтального транспортера банки поступают на стол 8, откуда они передаются по назначению.

Скорость движения цепей гребенчатого транспортера около 0,15 *м/сек*.

На рис. 11 показаны детали и основные размеры гребенчатого транспортера. Две втулочно-роликовые цепи *1* соединены между собой валиками *2* и скобами *3*, к которым под углом 45° приварено по два пальца *4*; на них надевают резиновые трубки, предохраняющие стеклотару от ударов.

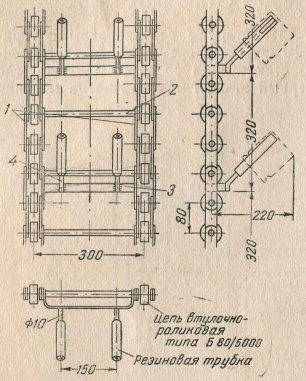


Рис. 11. Детали гребенчатого транспортера

Производительность гребенчатого транспортера рассчитывают по формуле:

$$N = 3600 \frac{v}{a} Z \text{ банок в час,}$$

где: Z — число банок в одном ряду;
v — скорость перемещения цепей в *м/сек*;
a — расстояние между центрами двух смежных банок в *м*.

ДРУГИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ КОНСЕРВНОЙ ТАРЫ

На рис. 12, *а* показана схема подачи стеклотары к нескольким укладочным столам *1* при помощи элеватора *2* с шарнирно подвешенными ковшами; в них укладывают вымытую стеклотару. Достоинствами этой схемы является возможность подачи стеклотары к нескольким линиям, не перегораживая помещение цеха.

На рис. 12, *б* показан тросовый транспортер для жестебанок; он имеет простую конструкцию; верхняя и нижняя ветви его могут быть использованы. Применяются эти транспортеры преимущественно на складах жестетары.

На рис. 12, *в* показан пластинчатый транспортер для стеклобанок и бутылок; при помощи болтов можно регулировать расстояние между боковыми стенками.

Показанная на рис. 12, *г* станция поворота банок под углом 90° приводится в движение звездочкой *1*, сидящей на валу *2*, который вращает звездочку *3* транспортера *4*, звездочку *5* транспортера *6* и диск *7*, передающий банки с одного транспортера на другой. Возможность изменения направления движения транспортеров обеспечивается четырьмя коническими шестернями. На рис. 12, *г* показаны два вида поворотной станции (снизу и сверху). Поворот движения банок под углом 180° показан на рис. 12, *д*.

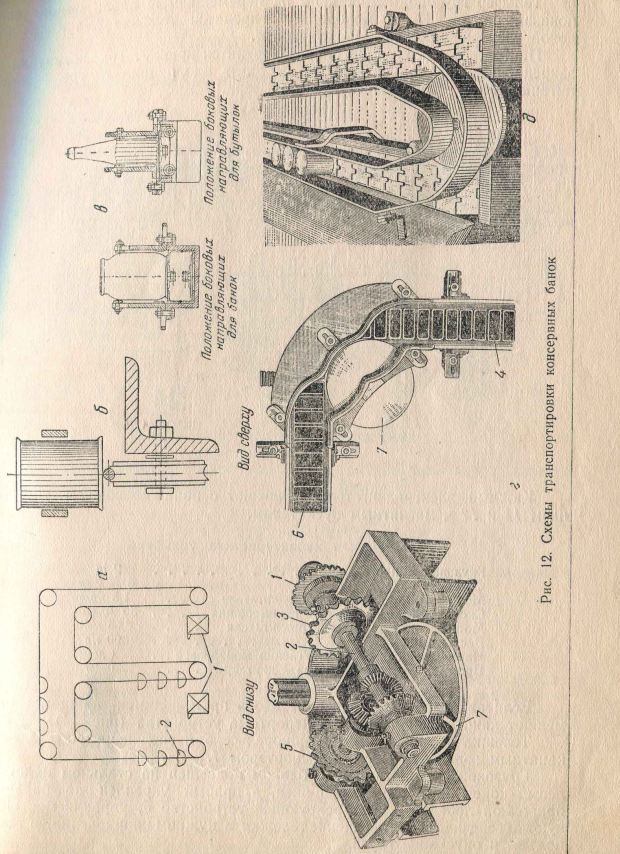


Рис. 12. Схемы транспортировки консервных банок

ПОДВЕСНЫЕ ПУТИ

В консервной промышленности подвесные пути применяются главным образом для перемещения автоклавных сеток с консервами в пределах автоклавного отделения и складов готовой продукции. Обычно подвесной путь выполняется в виде двутавровой балки № 20—30 (моно-

рельса), которая крепится соответствующим образом к строительным конструкциям цеха.

Тельфер грузоподъемностью 2 *т*, перемещаемый вдоль монорельса, показан на рис. 13. К монорельсу *1* крепится тележка *2*, а к ней ходовой электродвигатель *3* и грузовой *4*.

На тросе *5* при помощи блока *6* крепится крюк *7*. Токосниматели *8*, закрепленные на кронштейне *9*, скользят вдоль шин *10* трехфазного питания током электродвигателей тельфера.

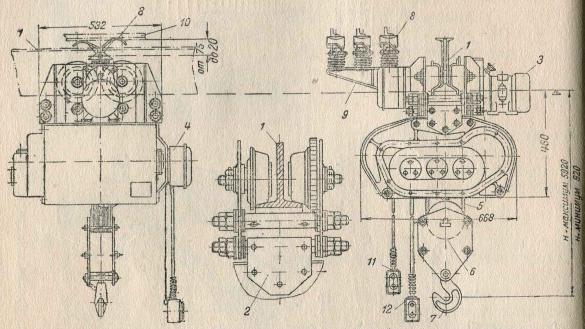


Рис. 13. Электротельфер

Каждый электродвигатель включают с пола кнопочным управлением *11* и *12* к магнитным пускателям.

Техническая характеристика тельфера

Грузоподъемность	2 *т*
Скорость подъема	6 *м/мин*
Мощность грузового электродвигателя	1,5 *квт*
Скорость горизонтального перемещения	30 *м/мин*
Мощность ходового электродвигателя	0,65 *квт*
Вес тельфера	390 *кг*
Наименьший радиус закругления монорельса	2 *м*
Профиль балки монорельса — двутавр №	20—27

Если автоклавы расположены вдоль прямой линии, то иногда применяют канатные подъемно-транспортные устройства (рис. 14).

Тележка *4* укреплена на монорельсе *5* и соединена со стальным канатным горизонтальным транспортером *1*.

Грузовой крюк *7*, вместе с блоком подвешен на стальном канате *2*, левый конец которого неподвижен, а правый укреплен на барабане приводной лебедки *3*. Реверсирующее устройство *6*, управляемое вручную, обеспечивает перемещение тележки в нужном направлении, а также подъем и опускание груза.

Для канатных подъемно-транспортных устройств не требуются троллейные электропровода, что имеет важное значение с точки зрения техники безопасности, так как в автоклавных цехах выделяется много влаги.

Необходимую мощность ходового электродвигателя для работы тельфера и канатных подъемно-транспортных машин можно определить по формуле:

$$N_x = \frac{1}{102\eta}(Q_n + Q_m)\,\mu \cdot v_z\ [квт],$$

где: N_x — мощность электродвигателя для горизонтального перемещения в *квт*;

Q_n — полезный груз в *кг*;

Q_m — вес тельфера с тележкой в *кг*;

μ — коэффициент тяги (отношение усилия, необходимого для перемещения груза на колесах, к весу груза с тележкой); величина μ может быть принята равной 0,01;

v_z — скорость горизонтального перемещения тельфера в *м/сек*;

η — механический коэффициент полезного действия, равный 0,8—0,85.

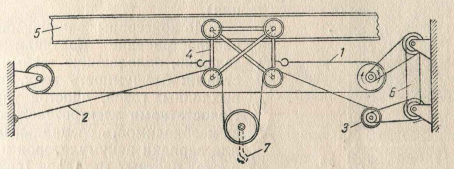


Рис. 14. Канатный транспортер-подъемник

Мощность грузового электродвигателя для вертикального перемещения груза можно рассчитать по такой формуле:

$$N_z = \frac{1}{102\eta}\,Q_n v_n\ [квт],$$

где: N_z — мощность грузового электродвигателя для вертикального подъема груза в *квт*;

v_n — скорость подъема груза в *м/сек*.

ЛЮЛЕЧНЫЙ ЭЛЕВАТОР

Люлечные элеваторы (рис. 15) применяются на консервных заводах как средство междуэтажного транспорта. В большинстве случаев люлечными элеваторами подаются ящики с банками, крышками, иногда с готовой продукцией. Этими элеваторами можно подавать грузы как снизу вверх, так и сверху вниз.

К цепи *1* люльки *2* крепятся шарнирно, что обеспечивает горизонтальное положение люлек во всех положениях цепи даже при огибании верхней пары звездочек *3* и нижней пары *4*. Против столов *5* и *6* каркас *7* элеватора не обтянут проволочной сеткой, чем обеспечивается возможность разгрузки ящиков. Привод люлечного элеватора состоит из электродвигателя *8*, редуктора *9* и цепной передачи *10*.

Мощность электродвигателя рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{QH}{367\eta}\ [квт],$$

где: N — мощность электродвигателя в *квт*;
Q — часовая производительность в *т*;
H — высота подъема груза в *м*;
η — коэффициент полезного действия привода.

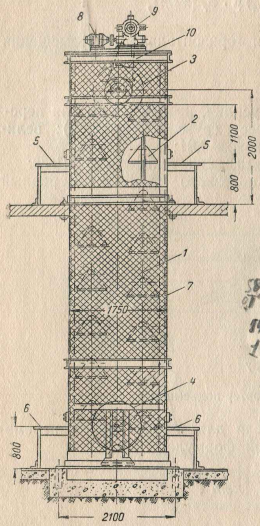


Рис. 15. Люлечный элеватор

Во время работы элеватора запрещается заглядывать в шахту.

К обслуживанию люлечного элеватора допускаются только проинструктированные рабочие.

БЕЗРЕЛЬСОВЫЙ ТРАНСПОРТ

Самоходные тележки, применяемые на консервных заводах, можно разделить на две группы: 1) тележки (аккумуляторные) и 2) автотележки (с двигателем внутреннего сгорания).

На консервных заводах наибольшее распространение получили электротележки, обладающие такими достоинствами: бесшумность хода, отсутствие выхлопных газов, простое управление. Недостатками электротележек являются необходимость специальных станций для зарядки аккумуляторов и большой расход цветных металлов (свинца) для пластин аккумулятора.

На рис. 16 показана электротележка типа ЭК-2 грузоподъемностью 2 *т*. Аккумуляторная батарея расположена в ящике *1* под платформой *2*. Ходовой электродвигатель *3* вращает передние колеса. Водитель находится на площадке *4* и нажимает ногой во время езды на педаль *5*. При поднятой педали электродвигатель отключен от аккумуляторной батареи. Поворот электротележки осуществляется при помощи рычага *6*.

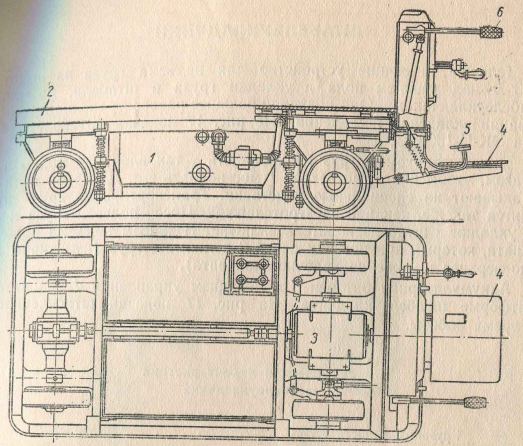


Рис. 16. Электротележка

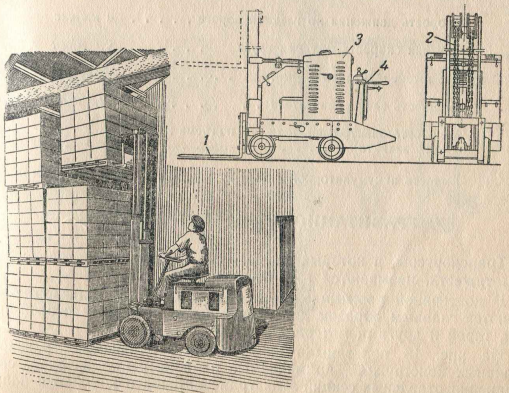


Рис. 17. Штабелеукладчик

Характеристика электротележки ЭК-2

Скорость движения:	
по горизонтальному пути порожняком	9—10 *км/час*
по горизонтальному пути с грузом 2 *т*	4—5 *км/час*
Радиус поворота по наружному краю платформы	3 *м*
Радиус поворота по внутреннему краю платформы	1,6 *м*
Длина платформы	1750 *мм*
Ширина „	1150 „
Общая длина	2720 „
Высота	1310 „
Вес электротележки с аккумулятором	1520 *кг*
Вес аккумулятора	520 „

ШТАБЕЛЕУКЛАДЧИКИ

Тележки, имеющие устройство для подъема груза на высоту до 2—3 *м* над уровнем пола и укладки груза в штабели, называются штабелеукладчиками. Они получили большое распространение при обслуживании складских помещений. На рис. 17 показан штабелеукладчик типа ЭК-П-1500.

Транспортируемый груз должен быть установлен над полом таким образом, чтобы вилочный захват *1* мог поднять его. Для этой цели груз укладывают на специальные подставки. Транспортировка груза производится так же, как и в электротележках. После подвоза груза к месту его укладки в штабель водитель включает механизм подъема вилочного захвата, который при помощи цепей *2* поднимает груз (пунктиром показано верхнее положение вилочного захвата).

Аккумуляторная батарея *3* и механизм управления *4* находятся на платформе штабелеукладчика. На рис. 17 показан штабелеукладчик во время работы.

Техническая характеристика штабелеукладчика

Грузоподъемность	1500 *кг*
Длина хобота	1500 *мм*
Высота подъема груза	1500 „
Скорость движения по гладкой дороге	4 *км/час*
Средняя скорость подъема груза	0,1 *м/сек*
Вес штабелеукладчика	3400 *кг*
Мощность электродвигателя	2,8 *квт*
Мощность электродвигателя для подъема вилочного захвата	1 „
Емкость аккумуляторной батареи	500 *ампер-часов*

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ТРАНСПОРТЕРЫ

Транспортеры, в которых материалы перемещаются только за счет силы тяжести, называются гравитационными.

В консервной промышленности гравитационные транспортеры применяются главным образом для перемещения ящиков с готовой продукцией, тарой и другими материалами.

На рис. 18 показаны гравитационные роликовые транспортеры различных конструкций, применяемые на консервных заводах, способы соединения отдельных секций этих транспортеров и изменения направления движения.

Угол наклона роликовых транспортеров выбирается в зависимости от состояния поверхности транспортируемого материала в пределах от 1,5 до 5°.

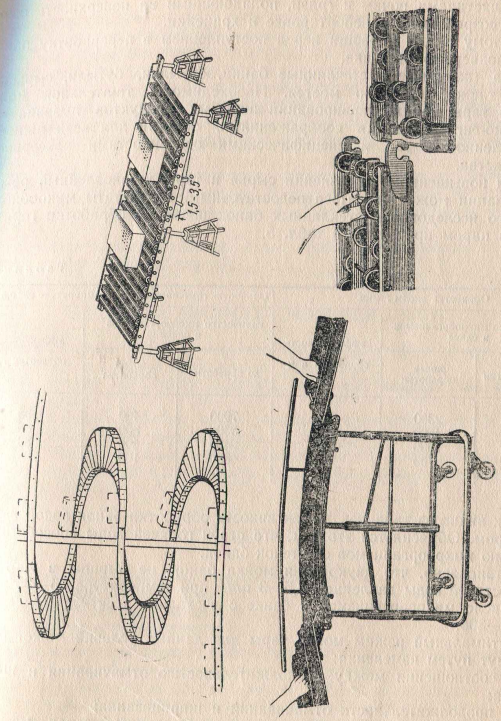


Рис. 18. Гравитационные транспортеры

Глава II

МОЕЧНЫЕ МАШИНЫ

Сырье для консервного производства может быть загрязнено пылью, песком, частицами почвы и грязи, попадающими на поверхность сырья при его созревании, транспортировке и хранении.

Поэтому плоды и овощи перед поступлением в переработку обязательно подвергаются мойке.

Тара (жестяные и стеклянные банки, бутылки, бутыли, сырьевые ящики) также тщательно моется. Необходимость тщательной мойки сырья и тары при консервировании пищевых продуктов вызвана как санитарно-гигиеническими соображениями, общими для всей пищевой промышленности, так и специфическими особенностями консервного производства.

При повышенном загрязнении сырья и тары установленный режим стерилизации может оказаться недостаточным. Результаты микробиологического исследования стеклянных банок после их обработки горячей водой и паром приведены в табл. 5.

Таблица 5

Обработка паром 7 мин.			Обработка горячей водой при температуре 98° 0,5 мин.		
количество микроорганизмов в банке		эффективность обработки в %	количество микроорганизмов в банке		эффективность обработки в %
до обработки	после обработки		до обработки	после обработки	
7600	2300	67	7900	400	95
9200	4500	51	5600	800	86
1500	1000	27	2400	400	83
1100	700	36	800	100	88

Как видно из таблицы, эффективность обработки банок водой выше, чем паром. Объясняется это тем, что струи горячей воды способствуют удалению микроорганизмов со стенок банок.

Установлено, что двукратная мойка банок, не бывших в употреблении, струей воды давлением 2,5—3 *атм* при температуре 65—85° снижает число микроорганизмов в банке с несколько десятков миллионов до 200—300.

Оптимальный режим мойки тары для данных условий может быть достигнут путем изменения:

а) соотношения между продолжительностью отмачивания и шприцевания;

б) продолжительности отмачивания и шприцевания;

в) температуры моющей жидкости в различных зонах моечной машины;

г) состава и концентрации моющей жидкости;

д) давления моющей жидкости в шприцевой части машины, формы и направления струи.

В большинстве случаев сырье моют в два этапа. Сначала сырье погружают в жидкость, что способствует размягчению грязи и нарушению ее связи с наружным слоем сырья.

Продолжительность первого этапа (отмачивание) зависит от физико-химических свойств загрязнений, их связи с сырьем и интенсивности воздействия моющей среды.

Для увеличения интенсивности отмачивания жидкость перемешивают (механически либо пневматически), повышают ее температуру, а в некоторых случаях добавляют щелочь, способствующую ускорению мойки.

При втором этапе удаляют отмокшие частицы и продукт подвергают окончательной интенсивной мойке струями воды (шприцеванию) при помощи струйного душевого устройства (брызгалок). Продолжительность второго этапа мойки устанавливается опытным путем.

Для уменьшения расхода воды мойку осуществляют по такой схеме: чистая вода поступает в душевые устройства, омывает продукт, сливается в ванну моечной машины, где используется для отмачивания, и отсюда непрерывно уходит в канализацию через переливную трубу.

Расход воды на мойку пищевых продуктов зависит от степени их загрязнения и типа моечных машин. В среднем принимают расход воды на мойку 1 *кг* продукта равным 1 *л*, а на мойку тары равным емкости тары.

Классификация применяемых в консервной промышленности моечных машин приведена на стр. 32.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МОЮЩЕЙ СТРУИ

Действие струи моющей жидкости на процесс мойки представляет большой теоретический и практический интерес.

Приведенный по этому вопросу материал основан на работе В. И. Егоровой.

Размывающие свойства струи моющей жидкости увеличиваются с ростом кинетической энергии струи, истекающей из насадки.

На основании опытных данных установлено, что продолжительность отмывания загрязнений с поверхности стекла можно определить в общем виде по формуле:

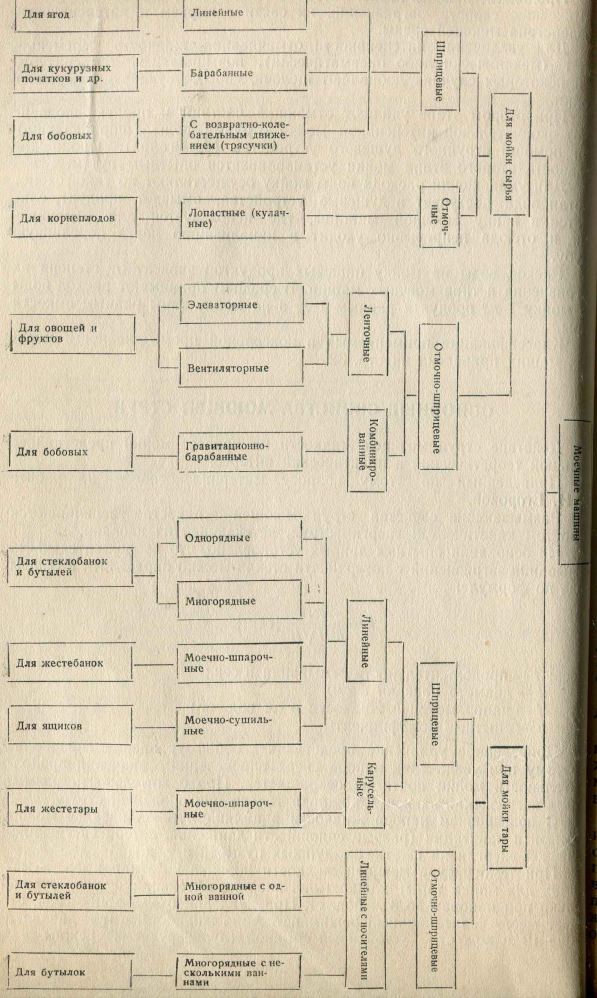
$$t = \frac{K \cdot b}{d^2 H \sqrt{H}} \text{ [сек.]},$$

здесь: t — продолжительность отмывания в сек.;
d — диаметр насадки в *см*;
H — напор моющей жидкости в *см* вод. ст.;
K и b — опытные коэффициенты.

Приведенное уравнение представляет собой уравнение гиперболы. Поэтому при увеличении напора сверх определенного значения продолжительность мойки почти не сокращается. Продолжительность размывания загрязнений зависит от напора только при сплошной струе.

С повышением напора жидкости в цилиндрической насадке может произойти кавитация (разрыв сплошности движения, потеря части кинетической энергии на сжатие воздушных пузырей и т. д.).

При температуре моющей жидкости порядка 60° (например, в машинах для мойки тары) жидкость из насадки вытекает сплошной струей только при напорах до 8 *м* вод. ст. При давлении от 8 до 12 *м* вод. ст. имеет место кавитационный режим истечения жидкости, а при давлении выше 12 *м* вод. ст. — устойчивый срывной (пульсирующий) режим.



Размывающая сила струи неодинакова по ее длине. После выхода из насадки напор уменьшается и струя быстро теряет свою кинетическую энергию. Поэтому напор, диаметр насадки и расстояние от нее до омываемой поверхности должны иметь такую величину, чтобы загрязнения размывались начальным участком струи, который потерял незначительное количество кинетической энергии.

В табл. 6 приведены данные, характеризующие зависимость длины начального участка струи от напора жидкости перед насадкой и от диаметра насадки.

Таблица 6

Тип насадки	Диаметр насадки в *мм*	Длина начального участка струи в *см* при напоре струи в *м* вод. ст.			
		5,0	10,0	15,0	20,0
Конический . .	1,12	33,6	32,8	31,5	30,7
	2,03	52,4	46,9	43,0	40,6
	3,03	71,8	69,7	65,8	61,2
	5,54	136,8	125,2	118,0	104,1

При соприкосновении струи моющей жидкости с омываемой поверхностью жидкость растекается по кругу, диаметр которого может быть определен по формуле:

$$D_{размыва} = K\sqrt{H}\,d\ [см].$$

(Обозначения приведены выше.)

Конические насадки более эффективны, чем цилиндрические.

СХЕМЫ ПОДВОДА И МНОГОКРАТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Качество мойки пищевых продуктов и тары зависит не только от давления струи, ее температуры, химического состава, продолжительности действия на омываемый продукт, но также и от рациональности схемы подвода моющей жидкости.

При любых схемах подвода моющей жидкости продукт перед выходом из моечной машины обязательно ополаскивается чистой водой.

На рис. 19, *а* показана схема подвода моющей жидкости при однократном использовании ее. Подводимая по трубопроводу *1* моющая жидкость поступает в струйный распределитель *2*. Транспортер *3* перемещает продукт *4* под струями моющей жидкости, которая стекает в поддон *5*, а затем отводится в канализацию *6*.

По схеме, приведенной на рис. 19, *б*, моющая жидкость вторично используется в ванне *5*, в которой происходит первый этап мойки — отмачивание приставших к продукту *4* загрязнений. Наклонный транспортер *3* выносит продукт из ванны и подводит его под воздействие воды, поступающей из струйного распределителя *2*, в который вода подается по трубе *1*. В ванне *5* поддерживается постоянный уровень жидкости благодаря переливной трубе, соединенной с канализационным отводом *6*.

Если необходим высокий напор и большое количество моющей жидкости, то может быть использована схема, изображенная на рис. 19, а. По трубопроводу *1* в струйный распределитель *2* подается свежая моющая жидкость (чистая водопроводная вода), которая омывает продукт *4*, перемещаемый транспортером *3*, и стекает в сборник *5*.

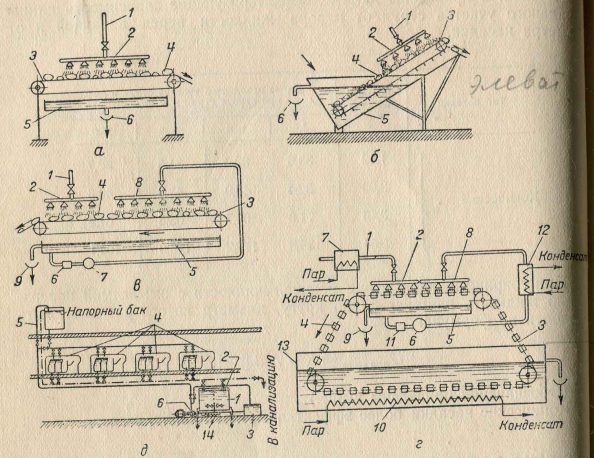


Рис. 19. Схемы подвода моющей жидкости

Насос *7* отсасывает прошедшую через фильтр *6* использованную жидкость и нагнетает ее в струйный распределитель *8*. Таким образом, в первую шприцевую часть моечной машины поступает использованная моющая жидкость, излишек которой стекает в канализацию *9*, а во вторую — свежая моющая жидкость.

Примером многократного использования моющей жидкости служит схема водяной коммуникации банкомоечной машины, приведенная на рис. 19, *г*.

В поддоне *5* собирается отработанная жидкость из двух струйных распределителей *2* и *8*. Из распределителя *2* поступает однократно использованная, а из распределителя *8* — многократно использованная моющая жидкость. Так как свежая моющая жидкость, подаваемая по трубопроводу *1*, непрерывно поступает из распределителя *2* в поддон и то в нем происходит смена жидкости, и, таким образом, продолжительность обращения использованной воды уменьшается.

Рассматриваемая схема отличается от показанной на рис. 19, *в* тем, что вода подогревается в теплообменниках *7* и *12*, а также наличием отмочной ванны *13*, в которой щелочный раствор подогревается паром при помощи змеевика *10*. Стеклобанки в носителях *4* перемещаются транспортером *3* по направлению, указанному стрелкой. Излишек моющей жидкости из поддона *5* стекает в канализацию *9*. Насос *6* нагнетает жидкость из фильтра *11* в теплообменник *12*. На рис. 19, *д* показана схема подготовки и многократного использования щелочного раствора в бутыломоечной машине ГАБ.

На первом этаже установлен бак-отстойник *1*, разделенный поперегородкой. В верхней части бака установлен фильтр *2* для этикеток (при мойке оборотной тары). Раствор каустической соды приготовляют в бачке *3*.

Моечные машины *4* установлены на втором этаже, а напорный бак *5* — на третьем этаже.

Как видно из схемы (рис. 19, *д*), щелочный раствор из двух первых ванн каждой машины может сливаться в сборный бак *1*, пройдя предварительно через фильтр *2*.

Насос *6* перекачивает щелочный раствор из нижних баков в верхний или непосредственно в моечные машины.

Концентрация щелочного раствора для мытья стеклотары, поступающей со стеклозаводов, должна быть не меньше 0,5%, а для тары, бывшей в употреблении (оборотной), — от 0,8 до 1,5%.

Для многократного использования моющей жидкости в так называемых моечно-очистительных машинах для бобовых (см. рис. 21) применяют водоналивное колесо; вода, использованная в ополаскивающем барабане, подается этим колесом в загрузочный лоток. Излишек воды, поступающей в первую часть машины, сливается в канализацию.

Вода вторично используется почти во всех отмочно-шприцевых машинах, а также в некоторых машинах шприцевого типа, как, например, в первой модели моечной машины для стеклобанок инж. Н. П. Буштяна.

МАШИНЫ ДЛЯ МОЙКИ ОВОЩЕЙ И ФРУКТОВ

ВЕНТИЛЯТОРНАЯ МОЕЧНАЯ МАШИНА

Эта машина (рис. 20) называется вентиляторной потому, что вода в отмочной части подвергается турбулизации воздухом, подаваемым вентилятором, что способствует более интенсивному отмоканию грязи без нарушения целости сырья.

Вентиляторная моечная машина принята как типовая в линиях производства овощных и фруктовых консервов.

Машина состоит из ванны *1*, транспортера *2*, душевого устройства *3*, барботера *4* для подачи воздуха, натяжного устройства с приводом *5* и стального каркаса *6*. Вентилятор *7* и электродвигатель *8* смонтированы на каркасе.

Транспортер состоит из двух цепей, между которыми натянута сетка. Благодаря поворотным звездочкам *9* транспортер имеет два горизонтальных и один наклонный участок. Нижний горизонтальный участок транспортера находится ниже уровня воды в ванне и является ее отмочной частью.

Верхний горизонтальный участок может быть использован для инспекции сырья. На наклонном участке транспортера сырье омывается струями воды.

Нагнетаемый вентилятором воздух поступает в трубы *10* барботера, которые расположены под рабочей ветвью транспортера; по этой ветви перемещается отмываемое сырье *11*. Излишек воды из ванны отводится

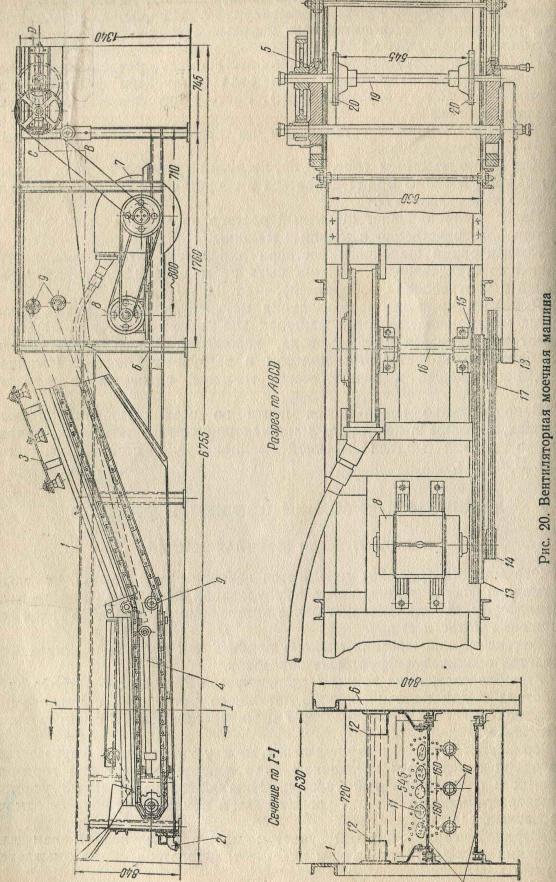


Рис. 20. Вентиляторная моечная машина

в канализацию по двум желобам *12*, в которых задерживаются (периодически удаляемые) всплывающие частицы соломы и другие легкие примеси.

Вентилятор и транспортер приводятся в движение одним электродвигателем *8*, на валу которого надеты два шкива *13* и *14*. Шкив *15* закреплен на валу *16*, а шкивы *17* и *18* соединены между собой и свободно насажены на этот же вал, который служит для них только осью вращения. При помощи ременной и зубчатой передач шкив *18* вращает приводной вал транспортера *19*, на котором насажены две звездочки *20*, приводящие в движение цепи транспортера. Для спуска грязной воды служит отводной патрубок *21*.

Производительность вентиляторной моечной машины можно определить по общей формуле производительности ленточных транспортеров

$$Q = 3600\,Bh\varphi v\gamma\ [кг/час],$$

где: B — ширина ленты в *м*;
h — высота слоя сырья в *м*;
φ — коэффициент заполнения ленты (принимается равным 0,6—0,7);
v — скорость движения ленты (составляет 0,12—0,16 *м/сек*);
γ — насыпной вес в *кг/м*³.

Средние значения насыпного веса овощного сырья приведены в табл. 7.

Таблица 7

Наименование продукта	Насыпной вес в *кг/м*³
Кабачки	450—500
Перец	200—300
Баклажаны	330—430
Томаты	580—630
Лук	490—520
Морковь	560—590

Производительность вентилятора и необходимый напор, под которым воздух должен поступать в систему, можно определить по габаритам зеркала воды и уровню ее в ванне моечной машины.

Вентилятор подает около 1,5 $\frac{м^3/мин}{м^2 \text{ зеркала воды}}$ воздуха.

Напор, под которым воздух должен поступать в воздухопровод, расположенный в воде под лентой транспортера, можно рассчитать по такой формуле:

$$H = \frac{\gamma_1 v^2}{2g}(1 + \Sigma\xi) + \gamma_2 h\ [м].$$

Здесь: γ_1 — удельный вес воздуха в *кг/м*³;
γ_2 — удельный вес жидкости в *кг/м*³;
h — высота слоя жидкости над барботером в *м*;
$\Sigma\xi$ — сумма местных сопротивлений в *м*;
v — скорость воздуха в *м/сек*;
g — ускорение силы тяжести в *м/сек*².

При эксплуатации моечной машины необходимо следить за равномерным натяжением ленты транспортера. Натяжное устройство нахо-

дится снаружи ванны, а вал со звездочками — ниже уровня воды. Поэтому оба винта натяжного устройства снабжены сальниковым уплотнением.

Для предотвращения скатывания сырья на наклонной ветви транспортера к ленте прикреплены невысокие вертикальные металлические перегородки.

Грязь, скапливающаяся на дне ванны вентиляторной моечной машины, удаляется через задвижку, расположенную в нижней части ванны.

В моечную машину сырье загружается элеваторной моечной машиной; можно загружать также вручную.

К числу положительных качеств вентиляторной моечной машины следует отнести хорошее отмывание грязи с сырья, возможность производить инспекцию сырья на верхней горизонтальной ветви транспортера и мойку сырья (ягод) без нарушения его целости.

Недостатками являются значительные габариты и относительно невысокая производительность.

Техническая характеристика

Производительность	до 8 *т/час* (по томатам)
Мощность электродвигателя	3 *квт*
Число оборотов приводного вала транспортера в мин.	17
Скорость рабочего полотна транспортера	0,18 *м/сек*
Габариты в *мм*:	
длина	6755
ширина	1040
высота	1410,6
Вес	1485 *кг*

МОЕЧНО-ОЧИСТИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Для мойки гороха, фасоли, сои применяют машины, которые одновременно с мойкой отделяют тяжелые и легкие примеси, содержащиеся иногда в большом количестве в бобовых культурах.

Моечная машина (рис. 21) состоит из трех частей: наклонного желоба *1*, в котором осаждаются тяжелые примеси, ванны *2*, где отделяются легкие примеси, и конического ситчатого моечного барабана *3*; в этом барабане бобовые культуры, освобожденные от примесей, отмываются интенсивной струей воды. Для уменьшения расхода воды устанавливают водоналивное колесо *4*, подающее воду из третьей части машины в бункер *9*.

Съемное дно желоба *1* имеет небольшие пороги, задерживающие оседающие тяжелые примеси. Периодически дно желоба вынимают и очищают. В ванне установлено девять вертикальных перегородок *6*, не доходящих до дна, которые служат для задержки всплывающих легких примесей и предупреждения уноса их потоком воды вместе с бобовыми во вращающийся конический барабан *3*.

Над перегородками *6* установлен шнек *7*, перемещающий всплывающие легкие примеси к водосливу. Отделенные от тяжелых и легких примесей бобовые перемещаются по дну ванны *2* и через горловину *8* попадают в третью часть моечной машины *3*, где они подвергаются воздействию воды, вытекающей из сопел *10*. Машина приводится в движение при помощи шкива *5*.

Во время работы машины необходимо:

а) производить равномерную загрузку бобовых и подавать достаточное количество воды;

б) поддерживать уровень воды в ванне на высоте нижней поверхности шнека;

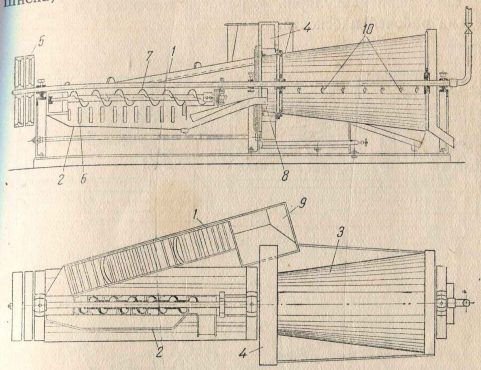


Рис. 21. Моечно-очистительная машина

в) периодически очищать дно желоба от тяжелых примесей.

Техническая характеристика

Производительность	2—3 *т* в час
Габариты в *мм*:	
длина	3925
ширина	1380
высота	1175
Мощность электродвигателя	0,75 *квт*

МОЕЧНЫЕ МАШИНЫ С КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧЕГО ПОЛОТНА (МОЙКИ-ТРЯСУЧКИ)

Достоинством этих машин является то, что продукт со всех сторон подвергается воздействию струй воды.

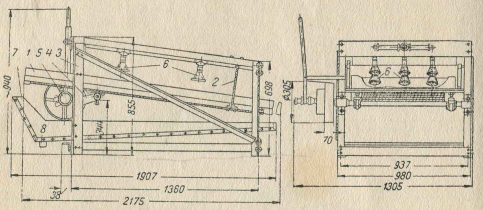
Основной рабочей частью машины (рис. 22) является сито *1*, изготовленное из нержавеющего металла, с круглыми или продольными отверстиями, укрепленное под небольшим углом (6—8°) на четырех подвесках *2*, которые прикреплены к станине *3*. Сито шарнирно соединено с двумя шатунами *4*, получающими движение от коленчатого вала *5*, и делает 600 колебаний в минуту при 300 оборотах приводного вала.

Продукт моется водой, поступающей из душевых сопел *6*. Через сито вода стекает в поддон *7* и через отверстие *8* отводится в канализацию.

Рассмотрим частицу весом *G*, находящуюся на наклонном колеблющемся сите (рис. 22, *а*).

Разложим силу тяжести G на две составляющие, из которых $G \sin \alpha$ действует параллельно рабочей плоскости, а $G \cos \alpha$ прижимает частицы к рабочей плоскости.

Примем, что направление силы инерции P_u совпадает со средним положением шатуна и разложим ее на две составляющие, из которых $P_{u.к.} = P_u \sin \alpha$ перпендикулярна к рабочей плоскости и $P_{u.к.} = P_u \cos \alpha$ параллельна рабочей плоскости.



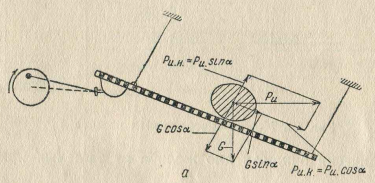


Рис. 22. Моечная машина с качающимся ситом

Для удовлетворительной работы моечной машины продукт должен подбрасываться с рабочей плоскости вверх, чтобы обеспечить воздействие воды на всю поверхность продукта.

Для этого необходимо, чтобы составляющая $P_{u.н.}$ силы инерции, направленная вверх, была бы больше составляющей $G \cos \alpha$ силы тяжести, направленной вниз, т. е. $P_{u.н.} > G \cos \alpha$ или $P_u \sin \alpha > G \cos \alpha$.

ЛОПАСТНАЯ МАШИНА ДЛЯ МОЙКИ КОРНЕПЛОДОВ

Для мойки корнеплодов, на поверхности которых имеются остатки почвы и другие загрязнения, применяют лопастные моечные машины. В этих машинах, благодаря скученному расположению корнеплодов, перемещаемых лопастями, происходит трение корнеплодов друг относительно друга и о стенки ванны и лопасти. Это интенсифицирует процесс мойки и обеспечивает отмывание корнеплодов от грязи и отделение легких и тяжелых примесей.

Лопастная моечная машина (рис. 23) состоит из ванны *1*, изготовленной из листовой стали, ложного дырчатого дна *2*, вала *3* с лопастями *4*, загрузочного бункера *5*, разгрузочного желоба *6* и привода *7*, смонтированного на станине *8*.

Лопасти насажены на вал таким образом, что через крайние точки лопастей можно провести винтовую линию.

Падающие через отверстия в днище твердые частицы (камни, песок) поступают в пространство между дном и корпусом ванны, откуда периодически выводятся через люки *9* и задвижку *10*.

На рис. 23, *а* показан в плане узел выгрузки корнеплодов из моечной машины. Последняя лопасть *1*, захватывая корнеплоды, перемещает их вдоль задней торцевой стенки ванны *2* и через отверстие в стенке ванны корнеплоды выпадают в желоб *3*.

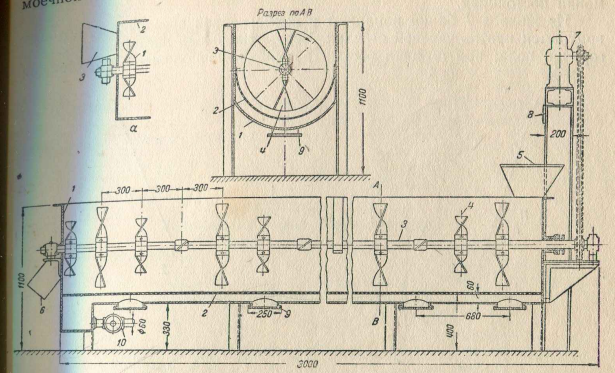


Рис. 23. Лопастная моечная машина

Производительность лопастной моечной машины 2—3 *т/час*.

МАШИНЫ ДЛЯ МОЙКИ КОНСЕРВНОЙ ТАРЫ

Мойка жестяной, стеклянной и деревянной тары является обязательной, так как она обеспечивает необходимые санитарно-гигиенические условия производства консервов.

В настоящее время мойку производят двукратно или троекратно щелочными растворами, поступающими под давлением при высоких температурах. Это обеспечивает хорошее качество мойки. Обычно моечные машины для тары конструируются многоручьевыми, т. е. в один носитель укладывают несколько банок или бутылок (до 12 шт.).

Качество мойки зависит от расхода моющей жидкости. Выше были приведены схемы многократного использования моющей жидкости, обеспечивающие интенсивную подачу ее при сравнительно низком удельном расходе свежей жидкости.

МОЕЧНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ЖЕСТЯНОЙ ТАРЫ

Карусельная моечная машина

На рис. 24 показана моечная машина для мойки жестяных банок перед их наполнением.

Из склада жестетары, находящегося на втором этаже, банки поступают в машину по наклонному желобу *1*, проходят через машину и вы-

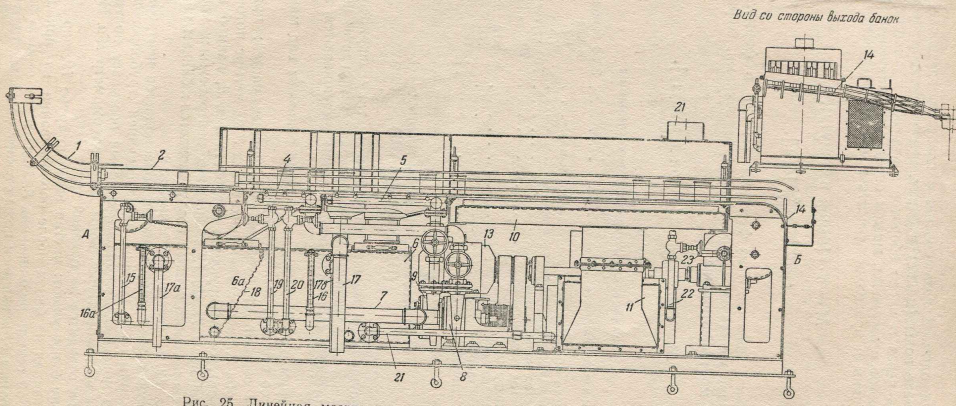


Рис. 25. Линейная моечно-сушильная машина для жестебанок НИИПРОДМАШ

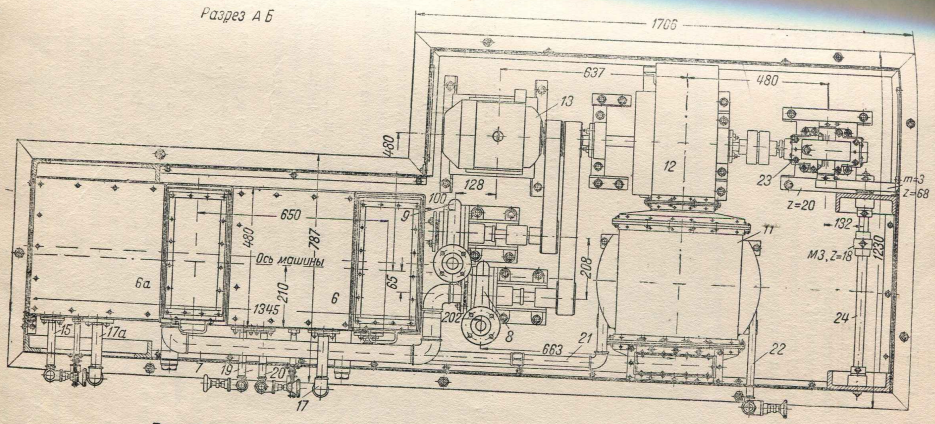


Рис. 26. Линейная моечно-сушильная машина для жестебанок НИИПРОДМАШ (вид сверху)

в сушильную часть машины *10*. Здесь они подвергаются воздействию потоков теплого воздуха, подаваемого вентилятором *19* из калорифера *11*.

Воздух в калорифере нагревается паром, который подается по трубе *22*; конденсат отводится в ванну *6* по трубе *21*.

Машина приводится в движение электродвигателем *13*, который соединен ременными передачами с двумя насосами *8* и *9* и жесткой передачей с вентилятором *12*. Транспортер приводится в движение через промежуточный вал *24* при помощи червячного редуктора *23*. По выходе банок из машины они скатываются в наклонный желоб *14*, в конце которого обычно установлен наполнитель.

Техническая характеристика

Производительность . . .	3500 банок/час
Мощность электродвигателя	2,8 *квт*
Число оборотов насосов .	1600 в мин.
Вентилятор № 3	
Габариты в *мм*:	
длина	3062
ширина	1230
высота	1082

МОЕЧНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ СТЕКЛОТАРЫ

Машина системы Н. П. Буштяна

До 1952 г. машины системы Н. П. Буштяна для мойки стеклобанок изготовляли шприцевого типа. В этих машинах хорошо отмывались стеклобанки, поступавшие со стеклотарных заводов.

Мойка же оборотной тары (поступившей от потребителей консервов) осуществлялась в этой машине неудовлетворительно.

В 1952 г. была построена и пущена в эксплуатацию новая модель машины, в которой стеклобанки подвергаются замочке в щелочном растворе, шприцеванию и ополаскиванию. Эта машина удовлетворительно моет как новую, так и оборотную стеклотару.

Машина (рис. 27) состоит из стальной ванны *1*, наполняемой щелочным раствором, транспортера *2* с носителями *3*, шприцевых систем *4*, ванны *5*, фильтра *6*, насоса *7* с электродвигателем *8*, смесителя *9* и двух вспомогательных транспортеров *10* и *11* для подачи немытых и удаления вымытых банок.

Электродвигатель *12* при помощи червячного редуктора *13* и цепной передачи *14* приводит в движение цепи транспортера, к которым крепятся носители.

Работа машины происходит следующим образом: стеклобанки, поступающие по транспортеру *10* на мойку, укладываются работницей по две штуки в каждый носитель дном вверх. Пройдя горизонтальный участок, транспортер вместе с носителем и банками погружается в щелочной раствор и перемещается вправо. Затем транспортер огибает приводные звездочки и движется влево. При этом щелочной раствор сливается обратно в ванну *1*. Затем носители с банками вводятся в зону первого шприцевания, где они подвергаются многократному воздействию воды, вытекающей из 54 сопел. Сливающаяся из банок в 1-й и 2-й зонах шприцевания вода поступает в фильтр, откуда насосом вновь подается в первую секцию шприцевания.

Затем банки поступают во вторую зону шприцевания, где они ополаскиваются горячей водой, поступающей из смесителя через 17 сопел

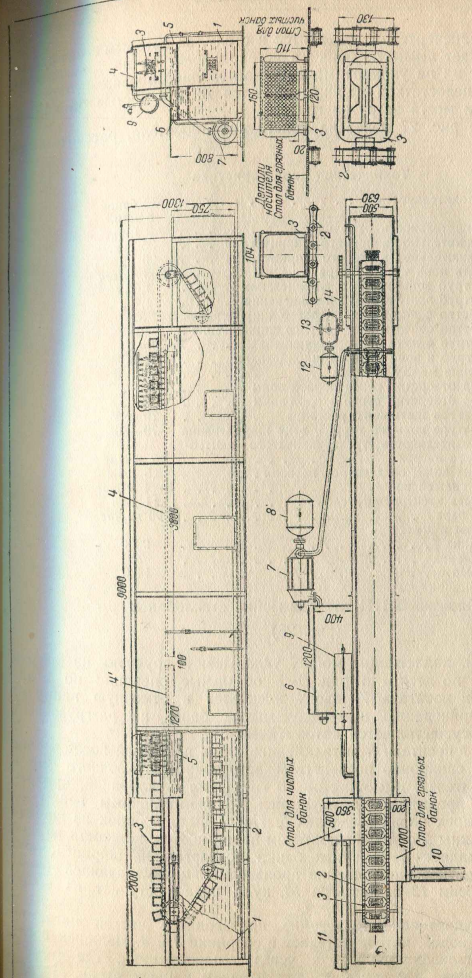


Рис. 27. Моечная машина для стеклобанок системы Н. П. Буштяна

Далее банки транспортером подводятся к столу, за которым стоит работница; она снимает вымытые банки и устанавливает их на транспортер, который подает их на укладочный транспортер либо в наполнитель.

Одним из недостатков машины является то, что чистые банки выгружают вблизи места загрузки грязных.

На том же рис. 27 показана конструкция носителя, рассчитанного на две банки.

Техническая характеристика

Производительность	30 банок в мин.
Продолжительность отмочки	2 мин.
Продолжительность первого шприцевания	35 сек.
Продолжительность второго шприцевания	25 „
Скорость цепи транспортера	0,05 *м/сек*
Длина труб зоны первого шприцевания	1,8 *м*
Длина труб зоны второго шприцевания	1,2 „
Количество сопел в зоне первого шприцевания	54
Количество сопел в зоне второго шприцевания	17
Число труб в зоне первого шприцевания	4
Число труб в зоне второго шприцевания	4
Расстояние между соплами	70 *мм*
Диаметр отверстий сопел первой зоны	6 „
Диаметр отверстий сопел второй зоны	4 „
Температура щелочного раствора	70—80°
Температура воды во второй зоне шприцевания	70—80°
Производительность трехступенчатого центробежного насоса	45 *м³/час*
Давление воды, создаваемое насосом	3,5 *атм*
Расход свежей воды	3—4 *м³/час*
Мощность электродвигателей	11 *квт*
Расход пара	300 *кг/час*
Габариты в *мм*:	
длина	9000
ширина	750
высота	1400

Машина ВНИИКП для мойки стеклобанок

(рис. 28)

Стеклобанки, подлежащие мойке, укладывают вручную на загрузочный стол *11*, по десять в ряд. Все остальные операции по вталкиванию банок в носители *7*, вводу носителей в отмочную ванну *9*, двукратному шприцеванию и выводу мытых банок на разгрузочный транспортер *2* осуществляются автоматически.

Ввод банок в носители и выталкивание их из носителей после мойки осуществляются синхронно посредством загрузочно-выгрузочного механизма *1*. 58 носителей, имеющих по 10 гнезд для стеклобанок, прикреплены к двум прерывисто движущимся ролико-втулочным цепям *5*, надетым на четырех парах звездочек *6*. После выхода банок из щелочной отмочной ванны *9* они транспортером поднимаются, жидкость из них вытекает и попадает в ванну, а банки подвергаются шприцеванию. Первое восьмикратное шприцевание производится циркулирующей водой, подаваемой насосом *12* из фильтра *13*, куда вода поступает из сборников *3* и *4*.

Второе трехкратное шприцевание производится чистой нагретой в подогревателе водой, которая стекает в сборники *3* и *4*. Излишек воды сливается в канализацию, проходя через теплообменник, где отдает часть тепла свежей воде перед ее поступлением в нагреватель. Давление воды, подаваемой для шприцевания, 3 *атм*.

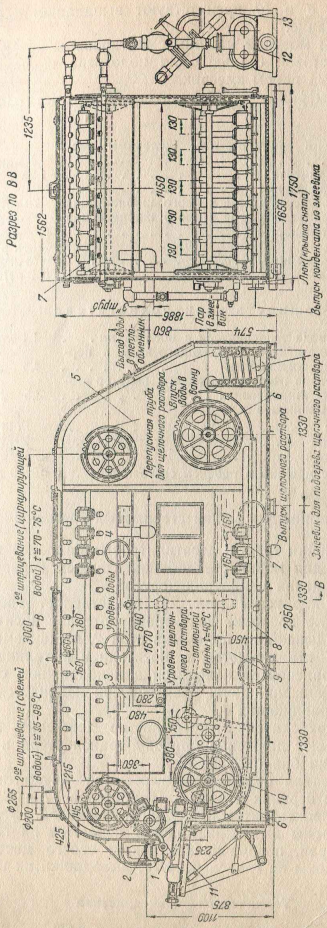


Рис. 28. Моечная машина для стеклобанок ВНИИКП

Направляющие *8* и *10* препятствуют выпаданию банок из носителей в отмочной ванне.

Отдельные узлы моечной машины смонтированы на общем каркасе, который обшит листовой сталью. Для подогрева щелочного раствора служит обогреваемый паром змеевик.

Приведем примерный эксплуатационный режим работы моечной машины:

Отмывание в ванне 3%-ным щелочным раствором	4 мин.
Первое шприцевание	1,25 „
Второе шприцевание	0,6 „
Температура воды в зоне первого шприцевания	70—75°
Температура воды в зоне второго шприцевания	95—98°
Производительность	1650—3300 банок в час
Расход свежей воды	6,75 *м³/час*
Расход пара	600 *кг/час*

Мощность электродвигателей:

а) для привода транспортера с носителями	1,1 *квт*
б) для привода насоса, подающего воду в первую зону шприцевания	4,5 „
в) для привода насоса, подающего воду во вторую зону шприцевания	3,5 „
Габариты машины в *мм*:	
длина	5748
ширина	2913
высота	1986
Общий вес машины в рабочем состоянии	5560 *кг*

Машины для мойки стеклянных баллонов

Машина для мойки трех- и десятилитровых баллонов (рис. 29) отличается от машины для мойки стеклобанок главным образом размерами и способом перемещения цепи транспортера.

Нижняя часть корпуса *1* (рис. 29) представляет собой отмочную ванну, через которую проходит цепь транспортера с носителями баллонов. Баллоны укладывают на приемный стол *2*. Механизмом загрузки и выгрузки баллоны вталкиваются в носители и выталкиваются из них в период, когда транспортер находится в неподвижном состоянии.

Направление движения цепи транспортера изменяется при помощи металлических направляющих *4*.

Транспортер приводится в прерывистое движение толкателем *5*. Валы *6* и *7* передают движение приводу транспортера и механизму загрузки и выгрузки баллонов.

После отмачивания баллоны подвергаются двукратному шприцеванию при помощи верхних и нижних барботеров *11* и *12*, причем первое шприцевание производится циркулирующей водой, а второе — чистой.

Вымытые баллоны выталкивателем *8* подаются на гофрированную площадку *9*, которая, поворачиваясь вокруг своего центра вращения на 77°, ставит баллоны на транспортер *10*, выводящий их из машины.

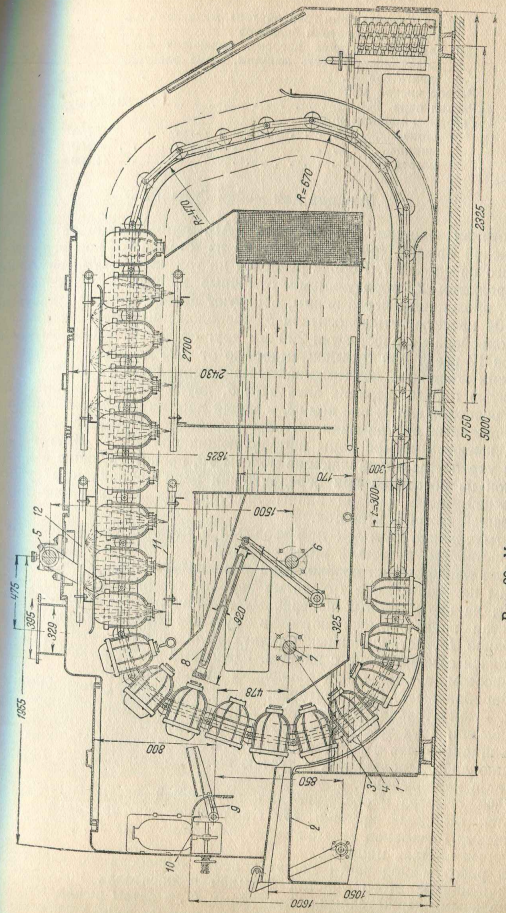


Рис. 29. Моечная машина для стеклобаллонов

Техническая характеристика

Производительность в час:

трехлитровых баллонов	800
десятилитровых	400

Мощность электродвигателей:

а) для привода цепи транспортера, механизма загрузки и выгрузки баллонов	2 *квт*
б) для привода двух насосов, подающих воду в шприцевую часть машины, — два электродвигателя	по 4,2 *квт*
Расход чистой воды	6 *м³/час*
Расход пара	50–60 *кг/час*
Габариты машины в *мм*:	
длина	5750
ширина	2600
высота	2700

Машина для мойки бутылок

Моечная машина для бутылок ГАБ, авторы которой удостоены Сталинской премии (рис. 30), состоит из стального корпуса, установленного на опорах *1*. Корпус разделен на три части двумя внутренними перегородками *2*, образующими отмочные ванны *3*. Две бесконечные цепи *4*, проходящие через ванны, образуют цепной конвейер, несущий на себе 104 кассеты-бутылоносители *5*, расположенные по всей длине цепного конвейера на расстоянии 200 *мм* друг от друга. В каждом носителе имеется 12 гнезд для бутылок емкостью от 0,25 до 0,5 *л*.

Цепи конвейера поддерживаются и направляются во время движения пятью парами верхних звездочек *6*, двумя парами нижних звездочек *7*, расположенных вне ванны, и тремя парами направляющих колес *8*, расположенных внутри ванн. Чтобы обеспечить правильное движение цепей, имеются четыре пары направляющих роликов *9*. Внутри каждой ванны укреплены направляющие полосы *10*, препятствующие выпаданию бутылок из носителей при передвижении цепи на наклонных участках. В нижней части каждой ванны имеется люк *11* для очистки ванн от осевшей грязи и этикеток.

Отмачивание бутылок производится в первых двух ваннах щелочным раствором, в третьей ванне — водой.

Для поддержания необходимой температуры жидкости в ваннах размещены нагревательные трубчатые паровые секции *12*, которые смонтированы на вертикальных поперечных стенках ванн. Щелочный раствор и чистая вода впрыскиваются в бутылки при помощи шприцевых барабанов *13*, установленных на двух валах верхних звездочек и вращающихся одновременно с валами. Щелочный раствор подается в барабан насосом, а вода — под давлением водопроводной сети.

Барабан имеет семь секторов; в каждом секторе укреплено 12 форсунок. Окончательное внутреннее шприцевание бутылок производится при помощи двух труб, расположенных перед выходом бутылок. Вода после шприцевания стекает в отсек *14* и удаляется из машины в канализацию либо переливается в третью водяную ванну и уже после этого стекает в канализацию.

Для осмотра и обслуживания внутренней части машины сверху имеются откидные крышки *15*. Наблюдение за правильной работой шприцевых барабанов ведется через смотровые окна *16*, расположенные в боковых стенках машины.

В разгрузочной части машины цепи конвейера получают наклон в 45°; в начале этого участка бутылки в носителях поддерживаются специальными держателями — прутиками *17*, а затем выпадают на деревянные колодки *19*, которые выносят бутылки на горизонтальный транспортер разгрузочного стола *18*. Периодическое движение рамок, несущих колодки, и транспортера осуществляется от общего привода *20*.

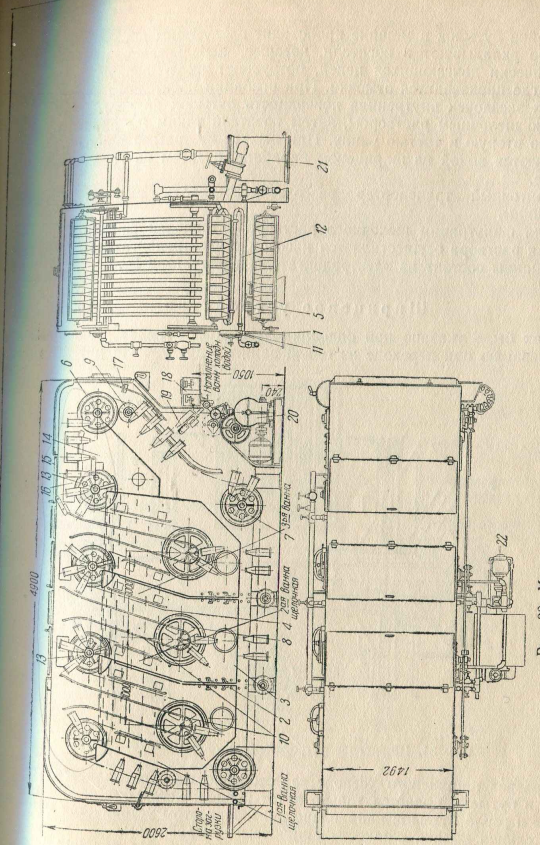


Рис. 30. Моечная машина ГАБ для бутылок

Мойка бутылок в машине происходит следующим образом: бутылки вручную вкладывают в носители, которые, передвигаясь при помощи периодически двигающихся цепей, погружают их в первую щелочную ванну, где производится отмочка. При огибании носителями второй пары верхних звездочек внутренняя поверхность бутылок подвергается шприцеванию щелочным раствором, затем носители таким же образом попадают во вторую и третью ванну. При выходе из третьей ванны бутылки шприцуются водой на шприцевом барабане, а затем на горизонтальном участке.

Ленточный транспортер разгрузочного стола выносит бутылки из машины.

Для фильтрации щелочного раствора установлен фильтр *21*. Циркуляция раствора осуществляется насосом с электродвигателем *22*. Привод машины состоит из электродвигателя и редуктора *20*.

Шприцевое устройство

Как было указано при описании машины, бутылки подвергаются шприцеванию при переходе из одной ванны в другую. На рис. 31 показан разрез шприцевого устройства; особенностью его является то, что вода в бутылки подается только в тот период, когда они огибают звездочки и горло бутылок направлено вниз. При этом устраняется непроизводительная подача жидкости шприцевым устройством.

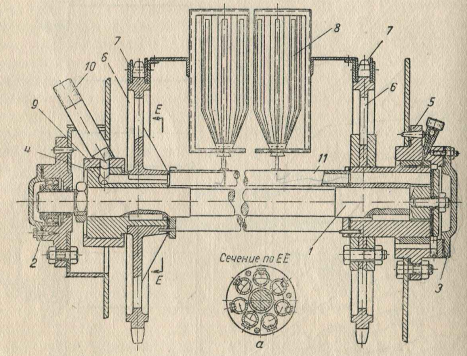


Рис. 31. Шприцевое устройство моечной машины ГАБ

Вал *1* вращается в двух подшипниках *2* и *3*. На вал при помощи шпонок насажены две бронзовые втулки *4* и *5* с семью каналами в каждой. На втулки насажены две звездочки *6*, которые приводятся в движение цепями *7*. К цепям крепятся носители *8*. В бронзовой втулке *4* просверлено семь каналов, сообщающихся последовательно при вращении втулки с каналом в неподвижном кольце *9*. Это кольцо состоит из двух стальных хомутов, стянутых болтами.

К отверстию в кольце *9* присоединен патрубок *10*, который соединен с насосом, подающим жидкость в шприцевое устройство.

К каждому из семи горизонтальных каналов втулок *4* и *5* присоединены трубы *11* с отверстиями для сопел, из которых вода подается в горло бутылок только тогда, когда вертикальные каналы во втулке *4* совпадают с отверстием в кольце *9* (см. разрез втулки *4*, рис. 31, *а*).

Для нормальной работы шприцевого устройства оси носителей должны совпадать с осями форсунок; кроме того, нужно, чтобы насос равномерно подавал жидкость и чтобы хорошо были пригнаны поверхности втулки *4* и кольца *9*.

Мойку бутылок на консервных заводах можно рекомендовать производить по такому режиму. Температура 3%-ного щелочного раствора в первой ванне 45°. Этим же раствором под давлением 2,5—3 *атм* производят шприцевание бутылок при переходе их из первой во вторую ванну, где температура щелочного раствора должна быть равна 60°. При переходе бутылок из второй ванны в третью они подвергаются шприцеванию водой из третьей ванны, температура которой должна быть равна 70—75°. Температура воды при последнем шприцевании 85—90° при давлении 2,5—3 *атм*.

Техническая характеристика

Количество носителей	104
Количество носителей, одновременно находящихся в жидкости в каждой ванне	14
Длина одной цепи	20,4 *м*

Число рядов форсунок для внутреннего шприцевания:

а) щелочью три ряда	36 форсунок
б) чистой водой четыре ряда	48 форсунок
Давление жидкости, применяемой для шприцевания	2,5—3 *атм*
Емкость каждой ванны	2 *м*³

	Первая скорость—5000 бутылок/час	Вторая скорость—2500 бутылок/час
Продолжительность одного рабочего цикла	8,56 сек.	17,12 сек.
Продолжительность покоя цепей носителей (68,5%)	5,86 „	11,72 „
Продолжительность движения цепей носителей (31,5%)	2,7 „	5,4 „
Продолжительность пребывания бутылок в жидкости для отмочки:		
а) в каждой ванне	2 мин.	4 мин.
б) в трех ваннах	6 „	12 „
Общая продолжительность внутреннего шприцевания:		
а) щелочью	17,58 сек.	35,16 сек.
б) водой	23,44 „	46,88 „
в) всего	41,02 „	82,04 „
Продолжительность прохождения носителями всего пути в машине за цикл	14,5 мин.	29 мин.
Продолжительность прохождения носителем пути от загрузки до выгрузки бутылок	10,7 „	21,4 „
Продолжительность покоя разгрузочного транспортера за рабочий цикл	1,9 сек.	3,8 сек.
Продолжительность движения разгрузочного транспортера за цикл	6,66 „	13,32 „
Вес машины в рабочем состоянии	5000 *кг*	

Потребная мощность электродвигателей:

а) для привода транспортера	1,2 *квт*
б) для привода насоса, подающего щелочный раствор	3,2 „
в) для привода насоса, подающего воду	3,2 „

Габариты машины в *мм*:

длина	4900
ширина	1500
высота	2600

МАШИНА ДЛЯ МОЙКИ ДЕРЕВЯННЫХ ЯЩИКОВ

Овощи поступают с сырьевой базы в деревянных ящиках; после разгрузки их подвергают мойке и обработке паром.

На рис. 32 показана моечная машина, в которой ящики устанавливают на транспортер; он состоит из двух цепей, соединенных между собой стержнями из круглой стали и образующих рабочее полотно. По рабочим полотном помещены водяные и паровые трубы, из которых сначала вода, а затем пар подаются в уложенные на транспортер донышком вверх ящики.

Над рабочей зоной машины установлен металлический короб с вытяжной трубой.

Производительность машины определяется по формуле:

$$M = 3600\frac{v}{a}\ [\text{ящиков/час}],$$

где: v — скорость ленты в *м/сек*;

a — расстояние между центрами смежных ящиков в *м*.

Техническая характеристика

Производительность	1000 ящиков в час.
Потребная мощность	1,5 *квт*
Число оборотов приводного шкива	35 в мин.
Вес машины	866 *кг*
Расход воды	5 *м³/час*
Расход пара	250 *кг/час*
Габариты в *мм*:	
длина	8620
ширина	1262
высота	1205

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ МОЕЧНЫХ МАШИН

Сравнение технологических показателей работы машин для мойки стеклотары дает возможность судить о преимуществах и недостатках разных моечных машин.

К числу основных показателей, характеризующих работу моечных машин, В. Г. Свирида рекомендует относить:

1. Число носителей z, подводимых к месту загрузки либо выгрузки в одну минуту

$$z = \frac{N}{R \cdot 60}\ [\text{шт.}],$$

где: N — часовая производительность моечной машины в шт.;

R — число гнезд в одном носителе.

2. Длительность t цикла в сек., т. е. продолжительность покоя и перемещения носителей, или иначе продолжительность между началом движения или началом покоя двух смежных носителей:

$$t = \frac{60}{z} = \frac{60 \cdot R \cdot 60}{N} = 3600\frac{R}{N}\ [\text{сек.}].$$

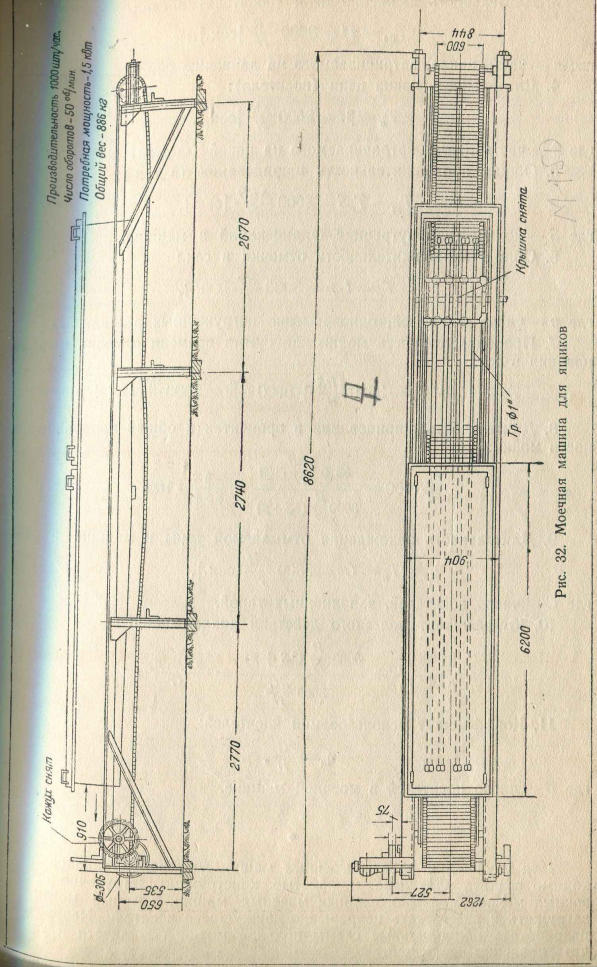


Рис. 32. Моечная машина для ящиков

3. Длительность движения цепи (носителя) в сек.:

$$T_{дв} = \alpha t = 3600 \frac{\alpha R}{N} \text{ [сек.]},$$

где α — часть цикла, затрачиваемого на движение цепи (носителя).

4. Длительность покоя цепи (носителя):

$$T_п = \beta t = 3600 \frac{\beta R}{N} \text{ [сек.]},$$

где β — часть цикла, затрачиваемого на покой (выстой) носителя.

5. Общая продолжительность шприцевания (в сек.):

$$T_ш = T_п S = 3600 \frac{\beta RS}{N} \text{ [сек.]},$$

где S — количество внутренних шприцеваний в машине.

6. Общая продолжительность отмочки в сек.:

$$T_о = t \cdot p = 3600 \frac{Rp}{N} \text{ [сек.]},$$

где p — число носителей, одновременно погруженных в жидкость.

7. Продолжительность мойки как сумма времени отмочки и шприцевания в сек.:

$$T_м = T_ш + T_о = 3600 \frac{\beta RS}{N} + 3600 \frac{Rp}{N} = 3600 \frac{R}{N} (\beta S + p).$$

8. Длительность шприцевания в процентах к общей продолжительности мойки:

$$\frac{T_ш}{T_м} \cdot 100 = \frac{3600 \frac{\beta RS}{N} \cdot 100}{3600 \frac{R}{N} (\beta S + p)} = \frac{\beta S}{\beta S + p} \cdot 100.$$

9. Длительность нахождения отмываемой тары в машине в сек.:

$$T_н = Ct = 3600 \frac{RC}{N} \text{ [сек.]},$$

где C — число носителей, заполненных тарой.

10. Коэффициент полезного действия цикла мойки:

$$\eta_ц = \frac{T_м}{T_н} = \frac{3600 \frac{R}{N} (\beta S + p)}{3600 \frac{RC}{N}} = \frac{\beta S + p}{C}.$$

11. Коэффициент использования носителей:

$$\eta_и = \frac{C}{B},$$

где B — число носителей в моечной машине.

* *
*

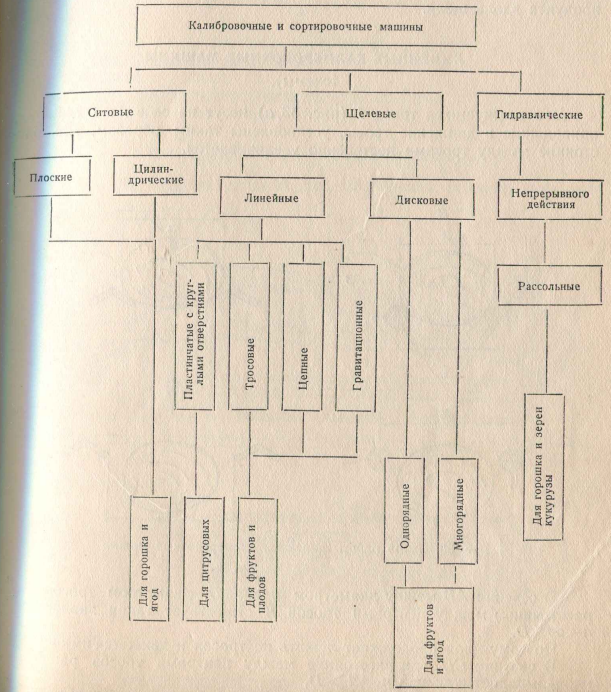
Для улучшения работы моечных машин консервных заводов необходимо создать надежные и простые конструкции загрузочно-разгрузочных механизмов многорядных моечных машин, которые могли бы загружать и разгружать непрерывно движущиеся носители. Необходимо разработать рациональные схемы подвода моющей жидкости и увеличить давление последней.

Глава III

КАЛИБРОВОЧНЫЕ И СОРТИРОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

Калибровочные и сортировочные машины предназначены для разделения плодов и овощей на одинаковые по размерам, форме и удельному весу, что улучшает качество и внешний вид консервов.

Для калибровки и сортировки продуктов, поступающих на консервные заводы, применяется несколько типов машин, как это видно из приведенной классификации.



Наибольшее распространение получили три типа калибровочных машин: а) линейные, в которых калибруемый продукт перемещается вдоль постепенно расширяющейся щели; б) барабанные, в которых про-

дукт перемещается внутри вращающегося барабана с отверстиями, диаметр которых постепенно увеличивается по направлению движения продукта; в) дисковые, в которых продукт перемещается вдоль дугообразной щели.

Из бункера на рабочие поверхности (щели) продукт нужно подавать таким образом, чтобы он располагался в один слой. Перемещение продукта вдоль щели (обычно калибровочные машины имеют много щелей) осуществляется за счет силы тяжести (для продуктов сферической формы) или транспортерами.

В гравитационных калибровочных машинах возможно заклинивание калибруемого продукта в наклонной щели. Поэтому более совершенными являются калибровочные машины с принудительным движением продукта вдоль щели.

ЛИНЕЙНЫЕ КАЛИБРОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

(схемы)

Два движущихся троса *1* (рис. 33, *а*) несут на себе плод *2*. Блоки, приводящие в движение тросы, установлены таким образом, что расстояние между тросами постепенно увеличивается.

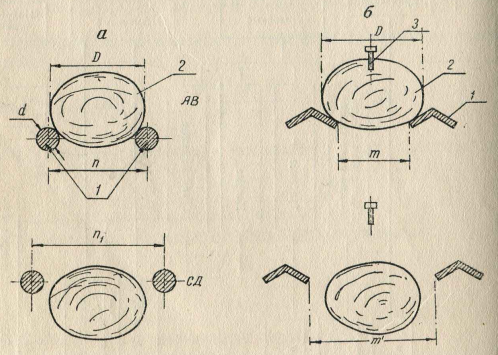


Рис. 33. Схема работы линейных калибровочных машин

В сечении *AB* между диаметром плода *D*, диаметром тросов *d* и расстоянием между центрами тросов *n* существует такая зависимость: $n-d<D$.

Поэтому плод продолжает лежать на тросах и движется ими вперед.

В сечении *CD*, где расстояние между центрами тросов равно n_1, плод выпадает, так как $n_1-d>D$.

Чем больше размер плода, тем дальше он будет перемещен тросами перед падением в соответствующий бункер. Следовательно, в каждый бункер, подставленный под тросовый транспортер, будут падать плоды, размеры которых практически одинаковы.

В построенных по такому принципу калибровочных машинах имеется несколько пар тросов, натянутых на приводные барабаны.

На рис. 33, *б* показана схема калибровочной машины с неподвижными расходящимися планками *1*, вдоль которых плоды *2* перемещаются пальцами транспортера *3*. В том сечении, где $m>D$, плод падает в бункер.

Более совершенными являются калибровочные машины, у которых постепенно расширяющаяся щель изогнута по дуге окружности, а продукт перемещается вдоль этой щели при помощи вращающегося диска.

Производительность калибровочных машин с прямолинейным принудительным движением плодов определяют по формуле:

$$Q=0{,}0036\frac{v}{d}gz\varphi\ [m/час], \qquad (III-1)$$

где: v — скорость троса или цепи транспортера в *м/сек*;
d — средний диаметр плода в *м*;
g — средний вес плода в *г*;
z — число калибровочных потоков в машине;
φ — коэффициент заполнения щели $\approx 0{,}6 \div 0{,}7$.

БАРАБАННАЯ КАЛИБРОВОЧНАЯ МАШИНА

На рис. 34 показана машина для калибровки зеленого горошка по размерам.

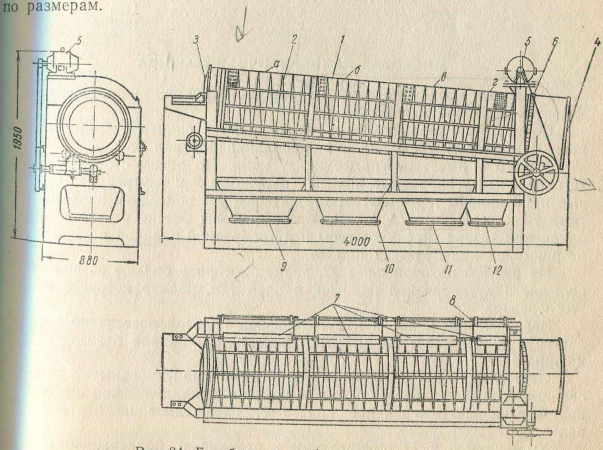


Рис. 34. Барабанная калибровочная машина

Стальной цилиндрический каркас барабана *1* обтянут четырьмя металлическими ситами с отверстиями диаметром в *мм*:

$а=4$	$в=7$
$б=5$	$г=8$

Барабан установлен под углом 8—10° в сторону разгрузки, хотя наличие шнекового витка обеспечивает перемещение продукта и при горизонтальном положении барабана.

На внутренней поверхности барабана *1* укреплен шнековый виток *2*, перемещающий продукт от места загрузки *3* к месту выгрузки *4*. Барабан приводится во вращение электродвигателем *5* через ременную и две зубчатые передачи.

Большая цилиндрическая шестерня *6* укреплена на ободе барабана, который опирается на четыре опорных ролика.

Горошек, застрявший в отверстиях сита, подается в барабан четырьмя деревянными валиками *7*, прижатыми пружиной *8* к наружной поверхности барабана. Из первой секции в бункер *9* падают горошинки размерами менее 4 *мм*, в бункеры *10* и *11* — более крупные, а в бункер *12* — самые крупные.

Под затворами бункеров устанавливают тару, из которой периодически выгружают откалиброванный по размерам горох.

Техническая характеристика

Производительность	1000 *кг/час*
Число оборотов барабана	10—15 в мин.
Мощность электродвигателя	0,75 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	4000
ширина	1100
высота	1950

ДИСКОВАЯ КАЛИБРОВОЧНАЯ МАШИНА

Дисковая калибровочная машина конструкции инж. Киладзе и Животок показана на рис. 35.

Колесо *8* из дюралюминия прикреплено к спицам *7*, которые приварены к втулке, насаженной на вращающийся вал *5*.

Колесо *8* имеет отогнутые книзу края. По обеим сторонам колеса установлены дугообразные полосы (наружные *9* и внутренние *10*), которые прикреплены к изогнутым держателям *13*; последние крепятся болтами *14* к угольнику *11* таким образом, чтобы обеспечить возможность изменения зазора между колесом и дугообразной планкой в зависимости от размеров калибруемых плодов.

На рис. 35 показан плод *12*, размер которого больше зазора между колесом и дугообразной полосой, и плод *12а*, размер которого меньше этого зазора.

Зазор между колесом и дугообразной полосой постепенно увеличивается с таким расчетом, чтобы мелкие плоды падали в зазор раньше крупных.

Отдельные узлы калибровочной машины смонтированы на чугунной станине *1*. Электродвигатель *2* при помощи цилиндрической шестерни *3* вращает червяк и червячное колесо *4*, насаженное на вертикальный вал *5*.

Угольники *6* и *11* прикреплены к станине и поддерживают неподвижные детали калибровочной машины.

Производительность калибровочной машины можно определить по формуле, которая была приведена для линейных калибровочных машин.

Вместо линейной скорости v в формуле (III—1) следует подставить половину окружной скорости диска, так как скорость перемещения

(качения) плодов вдоль щели в два раза меньше окружной скорости диска. Для дисковой калибровочной машины с двумя щелями, показан-

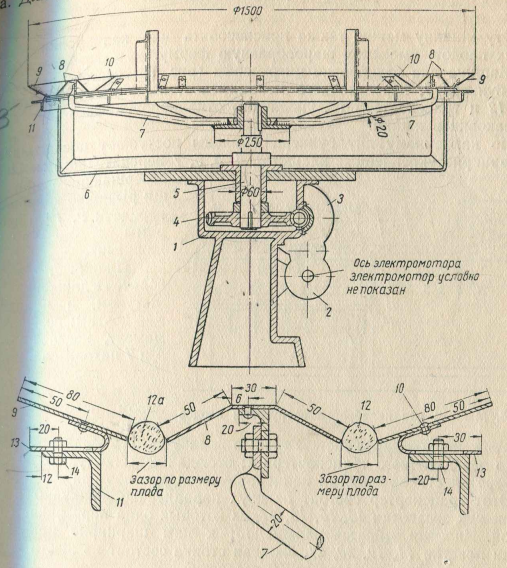


Рис. 35. Дисковая калибровочная машина

ной на рис. 35, расчетная формула производительности приобретает такой вид:

$$Q = 0{,}0036 \cdot \frac{\pi D_{cp} n \cdot 2}{2 \cdot 60 \cdot d_{cp}} g_{cp} \varphi \approx 0{,}0002 \frac{D_{cp}}{d_{cp}} n g_{cp} \varphi \ [m/час], \quad \text{(III—2)}$$

где: D_{cp} — средний диаметр колеса в *м*;
d_{cp} — средний размер плода в *м*;
n — число оборотов колеса в мин.;
g_{cp} — средний вес плода в *г*;
φ — коэффициент заполнения щели ($\varphi \approx 0{,}7 \div 0{,}8$).

Машина удовлетворительно калибрует плоды белой черешни, ткемали и сливы на три-четыре размера.

Часовая производительность дисковой калибровочной машины составляет при калибровке:

сливы	1000 *кг*
ткемали	1000 „
черешни	500 „

МАШИНА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ЦИТРУСОВЫХ СИСТЕМЫ ИНЖ. В. П. АЛЕКСАНДРОВА

Эту машину можно также приспособить для калибровки яблок, других плодов, имеющих шарообразную форму.

Машина для калибровки цитрусовых (рис. 36) состоит из загрузочного бункера *1*, передаточного механизма *2*, калибровочного транспортера *12* и транспортера *13*, уводящего откалиброванные плоды к месту их упаковки в ящики.

По наклонному дну бункера *1* плоды поступают последовательно на шарнирно укрепленные планки *3, 4, 5, 6, 7* передаточного механизма, совершающего при помощи рычажно-кривошипной передачи *9, 10* и боковой рамы *8* колебательные движения.

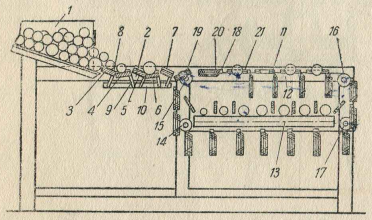


Рис. 36. Машина для калибровки цитрусовых плодов

Планки *3, 5* и *7* приводятся в движение одним шатуном, а планки *4* и *6* — другим; поэтому в тот момент, когда планки *3, 5* и *7* находятся в крайнем правом положении, планки *4* и *6* будут в крайнем левом положении. Этим достигается волнообразное движение, обеспечивающее точную подачу по одному плоду в крайнее гнездо передаточного транспортера *2*; отсюда плоды поступают по одному в отверстия стопок пластин калибровочного транспортера *12*.

Этот транспортер состоит из двух параллельно движущихся цепей, огибающих звездочки *14, 15, 16, 17*, из которых одна пара является приводной. На цепи имеются пальцы *18*; к ним шарнирно прикреплены стопки пластин *11, 19, 20, 21*. Каждая стопка состоит из шести пластин, в каждой пластине имеется по 10 отверстий.

Верхняя пластина стопки имеет самый большой диаметр отверстия, лежащая под ней пластина имеет меньший диаметр отверстия и т. д. Когда все пластины сложены в стопку (см. рис. 36, стопка *20*), то получается канал конической формы. Каждая пластина стопки опирается на две боковые направляющие и при движении скользит по ним.

Направляющие нижней пластины самые короткие, поэтому первое принимает вертикальное положение нижняя пластина. Вслед за первой вертикальное положение принимают вторая, третья и т. д., вплоть до самой верхней пластины, как это показано вблизи звездочки *16*.

Во время работы машины плоды, попадающие в конические каналы, образуемые стопками пластин, задерживаются той пластиной, диаметр отверстия которой меньше диаметра плода. Плод будет лежать на этой пластине до тех пор, пока последняя занимает горизонтальное положение.

Как видно из рисунка, плоды, имеющие самый малый диаметр, проходящие через отверстия нижней пластины, сразу выпадают из стопки, более крупные плоды выпадают из конического канала стопки тогда, когда задерживающие их пластины принимают вертикальное положение.

Производительность машины около 200 тыс. плодов за 8 часов. Машина заменяет ручной труд 20 человек.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОРТИРОВАТЕЛИ

Эти аппараты сортируют зеленый горошек, кукурузу и другие культуры в зависимости от их удельного веса, обусловленного степенью зрелости.

Удельный вес этих культур увеличивается с повышением степени зрелости.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СОРТИРОВАТЕЛЬ ДЛЯ ЗЕЛЕНОГО ГОРОШКА

Гидравлический сортировать, конструкция которого разработана ВНИИКП, предназначен для отделения зеленого горошка консервной зрелости от перезрелого гороха, непригодного для консервирования.

Разделение горошка основано на разности удельных весов. Горошек консервной зрелости имеет меньший удельный вес и всплывает в рассоле соответствующей концентрации, а перезрелый горошек погружается в рассол.

Гидравлический сортировать (рис. 37) состоит из загрузочного бункера *1*, куда поступает горошек с инспекционного транспортера, стального бака *2* конической формы, соединенного трубой *4* с баком *3* для рассола.

Рассол подается в бак *2* насосом *11* по трубе *5*, которая заканчивается барботером; отверстия в нем просверлены с одной стороны для направления рассола к разгрузочному лотку *17*.

Всплывающий горошек вместе с рассолом поступает по лотку *17* в цилиндрический дырчатый барабан *7* с отверстиями, диаметр которых меньше минимального диаметра отдельных горошинок.

Некондиционный — перезрелый горошек, опустив-

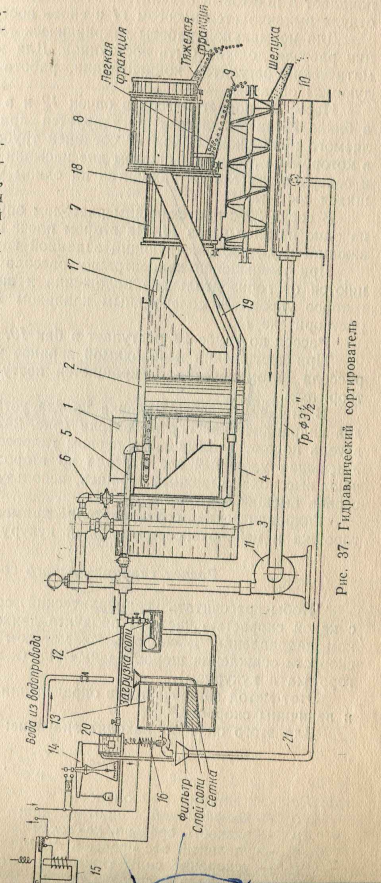


Рис. 37. Гидравлический сортировать

шийся на дно бака *2*, выводится по трубе *18* в дырчатый барабан *8*. Перемещение горошка осуществляется за счет инжектирующего действия струи рассола, подаваемого по трубе *19* насосом *11*.

Стекающий из барабанов *7* и *8* рассол вместе с оболочкой горошка попадает в шнековый отделитель *9*. Очищенный рассол стекает в ванну *10*, откуда выкачивается насосом *11* и вновь поступает в систему и т. д.

Для нормальной работы гидравлического сортирователя концентрация рассола должна быть постоянной. Для этой цели установлен автоматический регулятор концентрации, работа которого происходит следующим образом.

Насос *11* подает рассол в бачок *12* и в сосуд *20*. Уровень рассола в бачке *12* автоматически регулируется при помощи клапана, управляемого поплавком. Бачок *12* соединен трубой с солерастворителем *13*, в котором на ложном дырчатом дне насыпан слой соли. Рассол в бачке *12* и солерастворителе *13* находится на одном уровне по закону сообщающихся сосудов.

В сосуд *20* с протекающим рассолом опущен поплавок, навешенный на одно из плеч весов *14*. На втором плече весов укреплен уравновешивающий груз, соответствующий заданной концентрации рассола.

При уменьшении концентрации рассола коромысла весов *14* отклоняются от горизонтального положения и замыкают контакты реле *15*, которое управляет соленоидным клапаном *16*, установленным на солерастворителе *13*.

Рассол по трубе *21* поступает в бак *10*.

При достижении необходимой заранее установленной концентрации рассола автоматически прекращается поступление рассола из солерастворителя.

В линиях зеленого горошка иногда устанавливают последовательно два гидравлических сортирователя (рис. 242). Во второй гидросортировать подают всплывшие в первом гидросортирователе зерна горошка. Уменьшая удельный вес рассола во втором гидросортирователе, получают высококачественный горошек, используемый для изготовления консервов высших сортов.

Гидравлические сортировати применяются в линиях зеленого горошка и цельноконсервированной кукурузы.

Расчет гидравлического сортирователя

Чтобы рассчитать гидравлический сортировать, нужно знать, с какой скоростью частицы продукта движутся в рассоле в вертикальном направлении. Воспользуемся методом Лященко для определения скорости осаждения шарообразных тел (к которым можно отнести зерна горошка и кукурузы).

Этот метод заключается в определении критерия Рейнольдса, а затем и величины скорости.

Для этого сначала находят значение:

$$Re^2\psi = \frac{G\gamma_{ср}}{\mu^2 g}, \qquad \text{(III—3)}$$

где: Re — критерий Рейнольдса;
ψ — коэффициент сопротивления;
μ — вязкость среды в $кг \cdot сек/м^2$;
$\gamma_{ср}$ — удельный вес среды в $кг/м^3$;
g — ускорение силы тяжести в $м/сек^2$;
G — вес тела в среде в $кг$.

Согласно закону Архимеда, для частиц шарообразной формы:

$$G = \frac{\pi d^3}{6}(\gamma_{пр} - \gamma_{ср}), \qquad \text{(III—4)}$$

где: d — диаметр частицы в $м$;
$\gamma_{пр}$ — удельный вес частицы в $кг/м^3$.

Определив величину $Re^2\,\psi$, находят соответствующее ей значение Re из табл. 8.

Таблица 8

Re	ψ	$Re^2\,\psi$	$\frac{Re}{\psi}$
100	0,39	3 900	256,4
200	0,28	11 200	714,3
300	0,26	23 400	1154
400	0,23	33 800	1739
500	0,221	55 250	2252
600	0,212	76 320	2830
700	0,200	98 000	3500
800	0,193	123 520	4145
1000	0,182	182 000	5494
2000	0,162	648 000	12 350

Скорость осаждения v_o находят из формулы:

$$v_o = \frac{Re\,\mu g}{d \cdot \gamma_{ср}} \; [м/сек]. \qquad \text{(III—5)}$$

Зная скорость осаждения и глубину H первоначального погружения продукта в рассол, можно определить продолжительность его всплывания t:

$$t = \frac{H}{v_o}.$$

Глубина H погружения продукта в рассол зависит от высоты падения и удельных весов продукта и рассола.

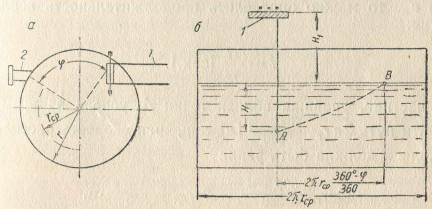


Рис. 38. Схема к расчету гидравлического сортирователя

Пусть продукт, отдельные частицы которого имеют объем V $м^3$ и удельный вес $\gamma_{пр}$, падает с транспортера *1* в рассол; высота падения равна H_1 $м$ (рис. 38). Кинетическая энергия K частицы продукта, падающей с высоты H_1 $м$ в рассол, равна произведению веса продукта на высоту падения или, обозначив вес через произведение $V\gamma_{пр}$, можно написать

$$K = V\gamma_{пр}H_1 \; [кгм]. \qquad \text{(III—6)}$$

После погружения частицы в рассол на нее начинает действовать Архимедова сила снизу вверх, равная

$$V(\gamma_{ср} - \gamma_{пр})\ [кг]. \qquad (III—7)$$

Вследствие этого частица продукта будет опускаться в рассоле с замедленной скоростью; эта скорость станет равной нулю тогда, когда работа Архимедовой силы на пути H будет равна запасу кинетической энергии, которую частица приобрела при падении в рассол с высоты H_1. Математически это можно выразить так:

$$V\gamma_{пр}H_1 = V(\gamma_{ср} - \gamma_{пр})H, \qquad (III—8)$$

откуда

$$H = \frac{\gamma_{пр}}{\gamma_{ср} - \gamma_{пр}} \cdot H_1.$$

При определении глубины погружения частицы не были учтены сопротивления трения частицы о жидкость; поэтому действительная глубина погружения будет меньше вычисленной, что следует учесть поправочным коэффициентом.

Таким образом, окончательно:

$$H = A\frac{\gamma_{пр}}{\gamma_{ср} - \gamma_{пр}} \cdot H_1\ [м]. \qquad (III—9)$$

Скорость движения рассола в гидравлическом сортирователе можно определить следующим образом (см. рис. 38).

Поступающее по транспортеру *1* сырье погружается в рассол и через кольцевой зазор со средним радиусом $r_{ср}$ направляется к месту выгрузки *2*.

Частица, погрузившаяся на глубину H, всплывает по линии AB. Для наглядности на рис. 38 гидросортировать разрезан по образующей и развернут.

Если известна глубина падения частицы продукта H и скорость всплывания v_o, то можно определить продолжительность всплывания t из отношения:

$$t = \frac{H}{v_o}\ [сек.].$$

Чтобы частица, упавшая вблизи точки A, успела за время всплывания t пройти путь $2\pi r_{ср}\frac{360^\circ - \varphi}{360^\circ}$ $[м]$, линейная скорость рассола в средней части кольца должна быть равна

$$v_A = \frac{2\pi r_{ср}\frac{360 - \varphi}{360}}{t} = \frac{2\pi r_{ср}\frac{360 - \varphi}{360}}{H} \cdot v_o,$$

откуда

$$\frac{v_A}{v_o} = \frac{2\pi r_{ср}\frac{360 - \varphi}{360}}{H} = \frac{2\pi r_{ср}\frac{360 - \varphi}{360}}{A\gamma_{пр}H_1}(\gamma_{ср} - \gamma_{пр}).$$

Пример. Определить скорость всплывания зеленого горошка, уд. вес которого равен 1,02, в рассоле с уд. весом 1,07. Средний диаметр горошинок 5 *мм*. Температура рассола 20°.

Из формулы (III—3) и (III—4) находим величину

$$Re^2\psi = \frac{\frac{\pi d^3}{6}(\gamma_{пр} - \gamma_{ср})\gamma_{ср}}{\mu^2 g},$$

$$Re^2\psi = \frac{\frac{\pi \cdot 0{,}005^3}{6}(1070 - 1020)\ 1070}{(1{,}262 \cdot 10^{-4})^2\ 9{,}81} = 25\,500.$$

Из табл. 8 находим величину $Re \approx 300$. Скорость всплывания горошка

$$v_o = \frac{300 \cdot 1{,}262 \cdot 10^{-4} \cdot 9{,}81}{0{,}005 \cdot 1070} = 0{,}0073\ м/сек.$$

Глава IV

МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ (РЕЗКИ И ДРОБИЛКИ)

Корнеплоды, баклажаны, кабачки и мясо разрезаются на части резательными машинами. Томаты, яблоки и другие плоды, из которых готовят пюре либо сок, предварительно измельчают в дробилках.

Классификация различных конструкций резательных и дробильных машин, используемых на предприятиях консервной промышленности, приведена на стр. 70.

РАСХОД ЭНЕРГИИ НА РАЗРЕЗАНИЕ И ДРОБЛЕНИЕ

Чтобы вычислить работу, затрачиваемую на разрезание продукта, необходимо опытным путем определить усилие P, которое должно быть приложено к кромке режущего инструмента (ножа) длиной 1 *см*, для разрезания продукта. Если это усилие известно для различных продуктов, то удельную работу разрезания w *кгм/см²* определяют как произведение усилия P на путь l.

Из этого определения находим, что

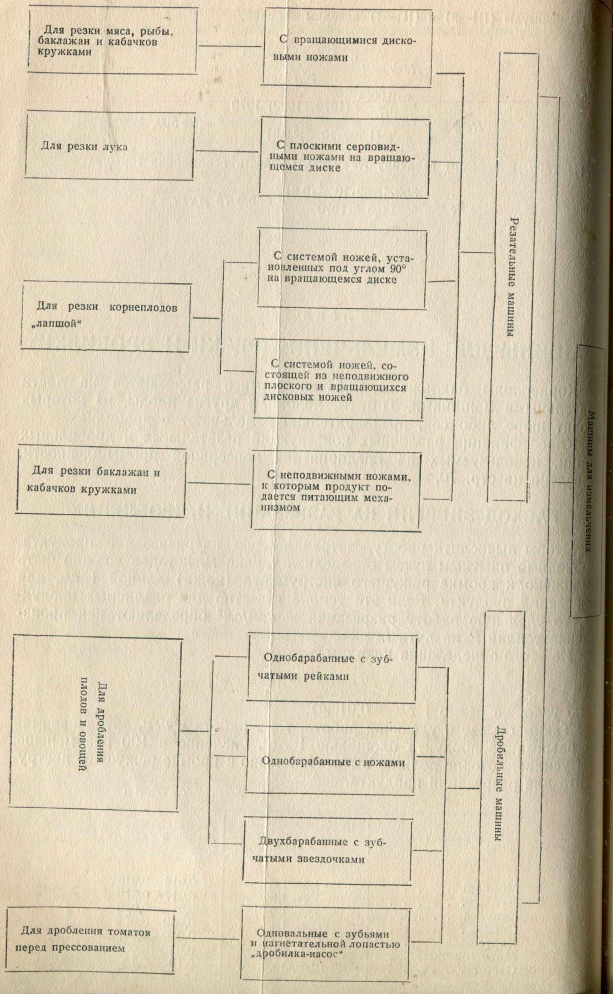
$$w = Pl = 0{,}01P\ [кгм/см^2]$$

(l по условию равно 1 *см* = 0,01 *м*).

Таким образом, удельная работа, т. е. работа в *кгм*, затрачиваемая на разрезание продукта площадью 1 *см²*, численно в 100 раз меньше, чем усилие, которое должно быть приложено к кромке режущего инструмента для разрезания продукта.

Таблица 9

Наименование продукта	Необходимое усилие для разрезания в *кг/см*	Удельная работа разрезания w в *кгсм/см²*
Морковь	1,4—1,6	0,014—0,016
Лук	1,7—1,8	0,017—0,018
Капуста	1,0—1,2	0,01 —0,012
Свекла	0,9—1,1	0,009—0,011
Картофель	0,6—0,7	0,006—0,007
Мясо (парное)	5,0—8,0	0,05 —0,08
Сало	10,0—15,0	0,10 —0,15



В табл. 9 приведены данные об удельной работе и усилиях, которые должны быть приложены для разрезания некоторых пищевых продуктов.

Практический интерес для расчета мощности привода резательных машин имеет величина $\frac{w}{\eta}$, где η — к. п. д. режущего инструмента, учитывающий затрату сил на трение боковой поверхности ножей о продукт. Величина $\eta = 0{,}35—0{,}40$.

Мощность электродвигателя для привода резательной машины определяют по формуле:

$$N = \frac{\frac{w}{\eta} Q f_y}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_n} \ [квт], \qquad (IV—1)$$

где: w — удельная работа разрезания в $кгм/см^2$;
Q — часовая производительность машины в $кг$;
f_y — удельная поверхность резания в $см^2/кг$;
η — к. п. д. режущего инструмента ($\eta = 0{,}35 \div 0{,}40$);
η_n — к. п. д. привода, равный $\sim 0{,}75 \div 0{,}8$.

Величину f_y можно определить из следующих соображений. Кубический метр продукта весит γ $кг$ (γ — насыпной вес продукта). При разрезании куба по вертикали с ребром, равным 100 $см$, число разрезов составит $\left(\frac{100}{a} - 1\right)$, где a — расстояние между разрезами в $см$. При разрезании такого же куба по горизонтали число разрезов будет $\left(\frac{100}{b} - 1\right)$, где b — расстояние между разрезами в $см$.

Таким образом, общая площадь разрезов 1 $м^3$ составит

$$f = \left[\left(\frac{100}{a} - 1\right) + \left(\frac{100}{b} - 1\right)\right] 100 \cdot 100 \ [см^2/м^3].$$

В консервной промышленности корнеплоды разрезаются на лапшинки, поперечное сечение которых имеет форму квадрата ($0{,}7 \times 0{,}7$ $см$ или $0{,}8 \times 0{,}8$ $см$); поэтому $a = b$. Относя найденное значение площади разреза к 1 $кг$ путем деления f на удельный вес продукта $\gamma_{пр}$ и учитывая коэффициентом α действительное использование режущего инструмента ($\alpha = 0{,}7 \div 0{,}75$), находим удельную поверхность разреза в $см^2/кг$

$$f_y = 2 \cdot 10^4 \left(\frac{100}{a} - 1\right) \cdot \frac{1}{\gamma_{пр}} \alpha \ [см^2/кг]. \qquad (IV—2)$$

Мощность электродвигателя можно также определить, исходя из площади F $см^2$, разрезаемой в 1 сек.

$$N = \frac{\frac{w}{\eta} F}{102 \cdot \eta_n} \ [квт]. \qquad (IV—3)$$

Величина F зависит от габаритов режущего инструмента, размеров бункера машины, числа оборотов приводного вала и числа ножей.

Такие продукты, как томаты, содержащие 95% влаги, подвергаются дроблению главным образом путем разрыва зубьями, вращающимися с различными окружными скоростями в противоположных направлениях.

На основании данных эксплуатации дробилок можно принимать удельный расход энергии на дробление томатов $A = 70—80$ $кгм/кг$, на дробление яблок $A = 125—150$ $кгм/кг$.

РЕЗАТЕЛЬНАЯ МАШИНА С НОЖАМИ, УКРЕПЛЕННЫМИ НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ ДИСКЕ

На резательных машинах с ножами, укрепленными в горизонтальной и вертикальной плоскости на вращающемся диске, получают «овощную лапшу» длиной 30—40 *мм*; поперечное сечение такой «лапши» обычно равно 7×7 *мм*.

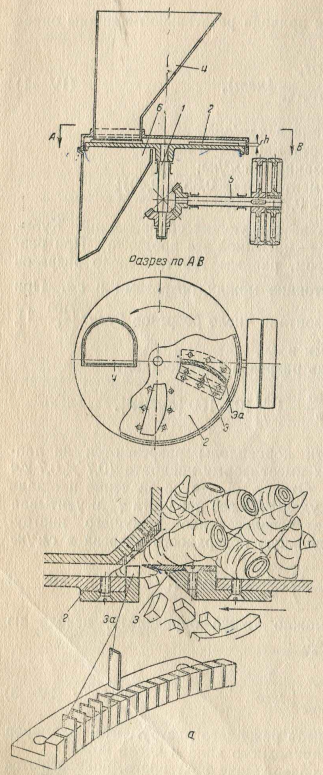


Рис. 39. Дисковая машина для резки корнеплодов

Машина с горизонтальным диском (рис. 39) представляет собой вертикальный вал *1*, на котором насажен диск *2*; к нему крепятся два горизонтальных ножа *3* и гребенка с вертикальными ножами *3а*.

Нижний край неподвижного бункера *4* находится на расстоянии h от диска. При вращении диска ножи *3* и *3а* проходят под бункером, срезают слой продукта, лежащий на диске. Срезанный продукт через отверстие в диске падает в бункер *6*. Для изменения толщины срезаемого слоя нужно изменить высоту установки ножей. Изменяя расстояние между вертикальными ножами *3а*, можно регулировать ширину нарезаемого продукта (лапшинки). Приводной горизонтальный вал *5* вращает вертикальный вал *1*.

Крепление и форма ножей показаны на рис. 39, *а*.

Число оборотов диска с закрепленными на нем ножами рассчитывают, исходя из продолжительности падения разрезаемого продукта с высоты h, где h — расстояние между диском и нижним краем бункера.

Как известно, путь свободно падающего тела в безвоздушном пространстве равен

$$h = \frac{gt^2}{2} \; [м],$$

где: h — путь в *м*;
t — время падения в сек.

Решая это уравнение относительно t, получаем

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \; [сек].$$

Промежуток времени t' между подходом ножей к бункеру дисковой корнерезки составляет при числе ножей z, числе оборотов диска n в мин.:

$$t' = \frac{60}{nz} \; [сек].$$

Для нормальной работы необходимо, чтобы

$$t' \geqslant t$$

или

$$\frac{60}{nz} \geqslant \sqrt{\frac{2h}{g}},$$

откуда

$$n \leqslant \frac{60}{z}\sqrt{\frac{g}{2h}} \; [об/мин.].$$

На практике число оборотов диска выбирают меньше критического (до 100 об/мин.) не только вследствие трения между частицами продукта, но и вследствие возможности его заклинивания.

Производительность машины можно определить по формуле:

$$Q = 60nzh\gamma\frac{\pi D^2}{4}\varphi\alpha \; [кг/час], \qquad (IV-4)$$

где: Q — часовая производительность в *кг*;
n — число оборотов диска в мин.;
z — число горизонтальных ножей, укрепленных на диске;
h — высота срезаемого слоя в *м*;
γ — насыпной вес в *кг/м*^{3};
D — диаметр диска в *м*;
φ — отношение площади нижнего сечения бункера к площади диска,
α — коэффициент использования режущей способности ножей.

Если принять $\varphi = 0{,}2$ и $\alpha = 0{,}8$, то формула для определения производительности машины будет иметь вид:

$$Q = 7{,}5\; D^2nzh\gamma \; [кг/час]. \qquad (IV-5)$$

Подставив в формулу (IV—1) значение Q из формулы (IV—5), принимая, что $h = a$, и учтя, что a при выводе формулы (IV—2) взято в *см*, а h — в *м*, находим необходимую мощность электродвигателя

$$N = 0{,}004D^2nzw\frac{1}{\eta\eta_n}(100 - a) \; [квт].$$

Пример. Определить производительность дисковой резательной машины и необходимую мощность электродвигателя для этой машины при резке моркови.

Условие:

$$D = 600 \; мм, \; n = 100 \; об/мин., \; z = 1, \; h = 7 \; мм.$$

Производительность машины:

$$Q = 7{,}5\; D^2nzh\gamma = 7{,}5 \cdot 0{,}6^2 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 0{,}007 \cdot 560 = 1000 \; кг/час.$$

Мощность электродвигателя при $\eta = 0{,}35$, $\eta_n = 0{,}8$

$$N = 0{,}004 \cdot 0{,}6^2 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 0{,}015\,\frac{1}{0{,}35 \cdot 0{,}8}\,(100 - 0{,}7) \approx 0{,}9 \; квт.$$

Примечание. Значение w и γ для моркови взяты из табл. 7 и 9.

Пример. Определить производительность дисковой резательной машины и необходимую мощность электродвигателя для условий предыдущего примера при разрезании лука.

Лук разрезают на ломтики только в горизонтальной плоскости. Получаемая при разрезании площадь и работа разрезания уменьшаются примерно вдвое.

Производительность дисковой резательной машины:

$$Q = 7{,}5 \cdot D^2 nzh\gamma = 7{,}5 \cdot 0{,}6^2 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 0{,}007 \cdot 500 = 940 \ кг/час$$

(500 — насыпной вес лука, см. табл. 7),

$$N = \frac{1}{2} \cdot 0{,}004 \cdot D^2 nzw \frac{1}{\eta_1 \eta_n} (100 - a) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0{,}004 \cdot 0{,}6^2 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 0{,}018 \frac{1}{0{,}35 \cdot 0{,}75} (100 - 0{,}7) = 0{,}5 \ квт,$$

(w — взято из табл. 9).

ШИНКОВОЧНАЯ МАШИНА

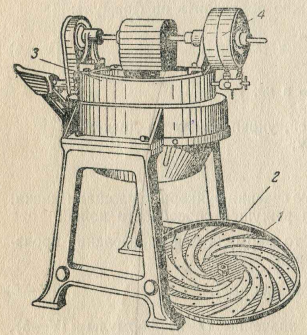


Рис. 40. Машина для резки лука и капусты

Шинковочная машина (рис. 40) применяется для резки лука и капусты. Эта машина представляет собой диск *1* со спиралеобразно расположенными ножами. Число ножей составляет в некоторых машинах до 20.

В диске под ножами имеются отверстия, через которые нарезанный продукт падает в сборник. Вовлекаемый во вращение продукт задерживается перегородкой, установленной в корпусе *3* над диском. Расстояние от нижней кромки этой перегородки до диска достаточно для прохождения ножей.

На приводном горизонтальном валу насажены коническая шестерня, рабочий и холостой шкивы *4*. Машина проста и надежна в эксплуатации.

Техническая характеристика

Производительность	0,5 *т/час*
Диаметр диска	520 *мм*
Число оборотов диска	75—100 в мин.
Число ножей	до 20
Мощность электродвигателя	0,75 *квт*

РЕЗАТЕЛЬНАЯ МАШИНА С ДИСКОВЫМИ НОЖАМИ

На консервных заводах дисковыми ножами разрезают баклажаны, кабачки, мясо, рыбу.

Дисковая резательная машина состоит из вала с дисковыми ножами и питателя, подающего продукт к рабочим органам машины.

Питающим устройством может служить транспортер с ячейками, барабан с ковшами, вал с укрепленными на нем звездочками, в выемки которых укладывают продукт.

Дисковая резательная машина, показанная на рис. 41, используется на консервных заводах для разрезания мяса и овощей. Дисковые ножи насажены на вал *4* таким образом, что они не могут перемещаться вдоль него. В вырезы питателя *2* продукт поступает из загрузочного бункера *3*.

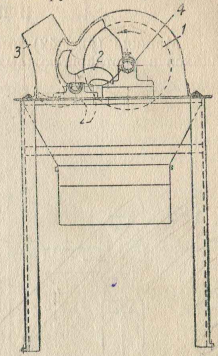


Рис. 41. Резательная машина с дисковыми ножами

Ширина зазоров в питателе для прохода дискового ножа обычно на 3—5 *мм* больше толщины ножа.

Продукт, подаваемый питателем к вращающимся дисковым ножам, разрезается ими и падает вниз в подставленную тару.

Производительность машины можно вычислить по формуле:

$$Q = 60 \ nzg \ [кг/час], \qquad (IV—6)$$

где: n — число оборотов питателя в мин.;
z — число вырезов в питателе;
g — средний вес продукта в одном вырезе в *кг*.

Мощность электродвигателя для привода резательной машины с дисковыми ножами можно определить по эмпирической формуле:

$$N = K \frac{\frac{w}{\eta} hvz\alpha}{102\eta_1} \ [квт], \qquad (IV—7)$$

где: w — удельная работа на разрезание в $кгм/см^2$;
h — средняя толщина разрезаемого продукта в *см*;
v — скорость подачи продукта в *см/сек*;
z — число дисковых ножей;
α — степень использования режущей способности дисковых ножей;
η — коэффициент, учитывающий потери на трение ножей о продукт;
η_1 — к. п. д. передачи;
K — коэффициент, учитывающий затрату энергии на работу питателя, подающего продукт к дисковым ножам ($K = 1{,}1—1{,}15$).

Техническая характеристика резательных машин с дисковыми ножами

Показатели	Размерность	Область применения для резки		
		баклажан	мяса	рыбы
Производительность	*кг/час*	1500	2000	36—60 рыб в мин. (около 7 *т* в час)
Потребная мощность электродвигателя	*квт*	0,75	1,1	0,75—1,3 1,0 —1,8
Число ножей	шт.	9—12	8—10	6—11
Диаметр ножей	*мм*	240	250	350
Число оборотов ножей	об/мин.	250	250	300
Габариты:				
длина	*мм*	1250	700	2500
ширина	"	550	550	1430
высота	"	950	860	2700

КОМБИНИРОВАННАЯ РЕЗАТЕЛЬНАЯ МАШИНА С ДИСКОВЫМИ И ПЛОСКИМИ НОЖАМИ

Машина (рис. 42) имеет два горизонтальных вала *1* и *2*, вращающихся в противоположных направлениях. Вал *1* вращает барабан

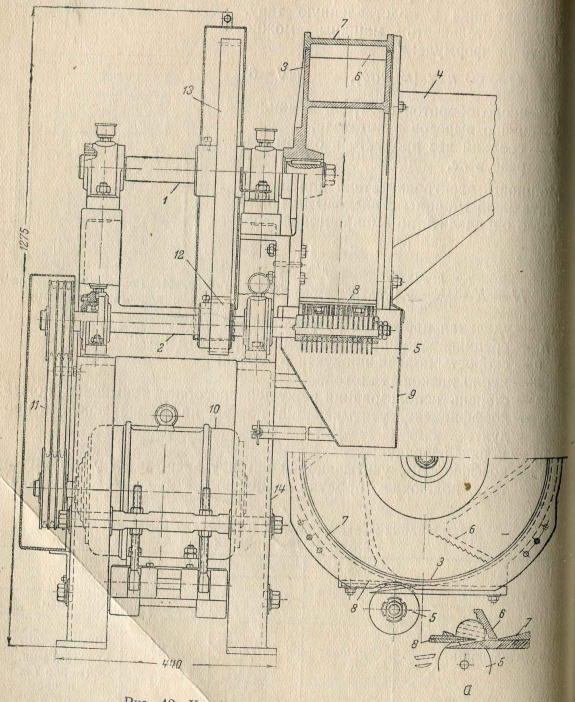


Рис. 42. Комбинированная резательная машина

во внутреннюю полость которого по желобу *4* поступает сырье. Вал приводит во вращение дисковые ножи *5*; число оборотов их в пять раз больше числа оборотов барабана *3* и равно около 1000 об/мин.

Поступившее в барабан сырье под действием центробежной силы инерции отбрасывается лопастью *6* к неподвижному цилиндрическому корпусу *7* и подводится под воздействие дисковых ножей *5* и неподвижного плоского ножа *8*. Форма лопасти (рис. 42, *а*) обеспечивает заклинивание продукта во время резки. Таким образом, сырье разрезается в двух плоскостях и по желобу *9* выводится из машины.

Валы *1* и *2* приводятся во вращение электродвигателем *10* при помощи клиновых ремней *11* и цилиндрических шестерен *12* и *13* (с передаточным числом 1 : 5).

Все детали машины смонтированы на чугунной станине *14*.

Чтобы изменить высоту среза продукта, нужно изменить положение плоского ножа, который для этой цели крепится к станине болтами таким образом, что нож можно перемещать в горизонтальной плоскости. При эксплуатации машины необходимо следить за состоянием режущих кромок ножей и своевременно их затачивать. Тупые ножи дают рваную стружку и повышенный выход мелочи (брака).

Эта машина рекомендована Главконсервом к установке в типовых овощных линиях консервного производства для резки кореньев взамен ранее применявшихся машин.

Производительность многодисковой корнерезки может быть определена по формуле:

$$Q = 60n\pi Dhb\gamma\alpha \quad [m/час],$$

где: n — число оборотов барабана в мин.;
D — диаметр кожуха, в котором находится барабан, в *м*;
h — высота среза продукта горизонтальным ножом в *м*;
b — ширина лопасти барабана в *м*;
γ — насыпной вес в $m/м^3$;
α — коэффициент использования режущего инструмента ($\alpha = 0{,}3—0{,}4$).

Пример 1. Определить часовую производительность многодисковой корнерезки, показанной на рис. 42, при разрезании моркови на части размером в поперечном сечении 7×7 *мм*.

2. Определить мощность электродвигателя для такой корнерезки:

$n = 100$ об/мин.; $D = 0{,}5$ *м*; $h = 0{,}007$ *м*;
$b = 0{,}155$ *м*; $\gamma = 0{,}6$ $m/м^3$; $\alpha = 0{,}60$.

Производительность $Q = 60 \cdot n\pi Dhb\gamma\alpha = 60 \cdot 100 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}007 \cdot 0{,}155 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}6 = 3{,}3$ $m/час$.

Находим величину f_y для 1 *кг* моркови [см. формулу (IV—2)]:

$$f_y = 2 \cdot 10^4 \left(\frac{100}{0{,}7} - 1\right) \frac{1}{600} \cdot 0{,}6 = 2850 \ см^2/кг.$$

Подставляя найденное значение в формулу (IV — 1), получаем:

$$N = \frac{\frac{0{,}018}{0{,}35} \cdot 3300 \cdot 2850}{3600 \cdot 102 \cdot 0{,}8} = 1{,}6 \ квт.$$

МАШИНА ДЛЯ РЕЗКИ БАКЛАЖАН КРУЖКАМИ

Разработанная Краснодарским филиалом ВНИИКП машина для резки баклажан (рис. 43) состоит из четырех частей: элеватора, ячейкового транспортера, режущего устройства и приводного механизма.

Баклажаны, поступающие из моечной машины в ванну *1*, наполненную водой, захватываются ковшами наклонного элеватора *2* и подаются в ячейковый транспортер *3*. Чтобы баклажаны располагались в ячейках этого транспортера горизонтально, над ним установлена заслонка *4* из брезента, резины или сукна, которая заставляет сырье принимать горизонтальное положение. С транспортера баклажаны поступают в режущее устройство с неподвижными плоскими ножами

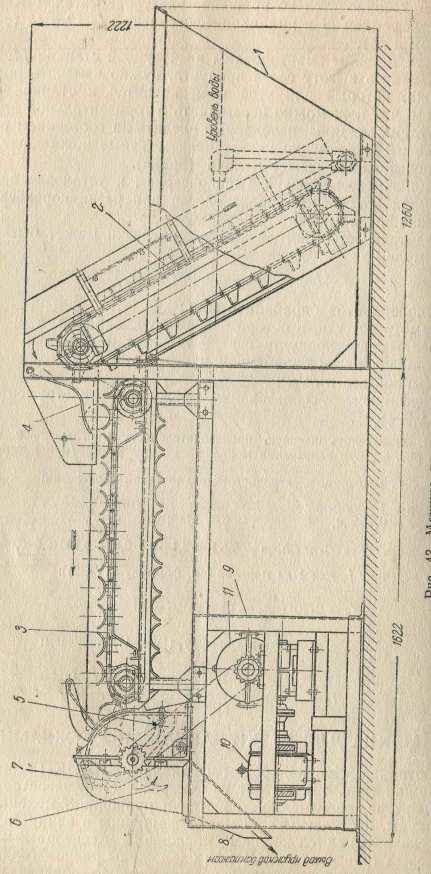


Рис. 43. Машина для резки овощей кружками

Резательное устройство состоит из 19 неподвижных ножей *7*, неподвижной гребенки *5*, в которую падают баклажаны с транспортера, и вращающейся звездочки *6*, которой баклажаны подаются к ножам *7*. Каждый нож расположен в зазоре звездочки, равном 5 *мм*. Толщина нарезаемых ломтей баклажан 15, 30 и 45 *мм*. Изменение толщины достигается удалением одного или двух ножей. Нарезанные на ломти баклажаны удаляются по лотку *8* из машины.

Станина *9* изготовлена из угловой стали. Электродвигатель *10* через червячный редуктор *11* и цепные передачи приводит в движение вал звездочек *6*, ячейковый транспортер *3* и элеватор *2*.

Техническая характеристика

Производительность	2000 *кг/час*
Мощность электродвигателя	0,5 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	2932
ширина	518
высота	1222

МАШИНА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА

(волчок)

Для приготовления мясных и рыбных паштетов применяют резательные машины с вращающимся ножом и шнековым питателем; питатель подает продукт к ножу, установленному в конце шнекового питателя вплотную к решетке с круглыми отверстиями. Для приготовления овощной икры применяют такие же машины, но без режущего инструмента.

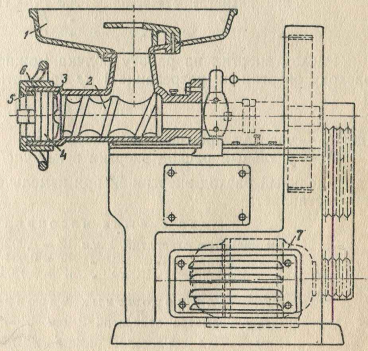


Рис. 44. Волчок

Продукт загружают в приемную часть *1* (рис. 44), где он захватывается вращающимся червячным питателем и перемещается им к ножу.

Шаг червяка *2* постепенно уменьшается, благодаря чему давление на продукт увеличивается. Червяк заканчивается четырехгранным выступом, на который насажен нож *3*, плотно прилегающий к неподвижной решетке. Нож, изготовленный из инструментальной стали, обычно имеет четыре лезвия, которые должны быть остро заточены.

Решетка *4* представляет собой диск толщиной 10—12 *мм* с круглыми отверстиями диаметром 3—5 *мм*, через которые проходит измельченный продукт под воздействием давления, создаваемого шнековым питателем. Упорное кольцо *5* и прижимная гайка *6* фиксируют положение решетки, не допуская ее продольного перемещения. Червячный питатель *2* приводится во вращение электродвигателем *7* посредством клиновых ремней

и зубчатых передач. Производительность машины определяют по ре-
щей способности ножа. При этом исходят из двух предположений:

1. Нож плотно прилегает к решетке.
2. Резание происходит только по площади живого сечения решет-

Для определения режущей способности F может быть рекоменд-
вана следующая формула:

$$F = 60n\frac{\pi D^2}{4}\varphi z \ [см^2/час],$$

где: D — диаметр решетки в *см*;
n — число оборотов ножа в мин.;
φ — отношение площади отверстий в решетке ко всей ее площа-
(среднее значение $\varphi = 0{,}3$—$0{,}4$);
z — общее количество лезвий (обычно $z = 4$);

Производительность машины можно определить по такой формул

$$Q = \frac{\alpha F}{F_1} \ [кг/час],$$

где: F_1 — площадь в $см^2$, разрезаемая при измельчении 1 *кг* продукт
α — коэффициент использования режущей способности ножа.

Значения F и F_1 в основном зависят от вида перерабатываемо
продукта и диаметра отверстий в решетке. Так, например, по опытны
данным, удельная поверхность разрезания для мясопродуктов сост
вляет:

при диаметре отверстий	2	*мм*	$F_1 = 11\,000$—$12\,000$	$см^2/кг$
" " "	3	"	$F_1 = 6000$— 7000	"
" " "	25	"	$F_1 = 700$— 100	"

Расход энергии на работу волчка можно определить по удельно
расходу энергии на разрезание 1 *кг* продукта:

$$N = QW \ [квт\text{-}час],$$

где: Q — часовая производительность в *кг*;
W — удельный расход энергии в *квт-час/кг*.

Удельный расход энергии W при измельчении мясопродуктов в вол
ках составляет:

для свежих мясопродуктов:

при диаметре отверстий	3	*мм*	$W = 0{,}0025$—$0{,}0030$	*квт-час/кг*
" " "	2	"	$W = 0{,}004$—$0{,}0055$	"
" " "	25	"	$W = 0{,}0004$	"

для мороженых мясопродуктов:

при диаметре отверстий	2	*мм*	$W = 0{,}019$	*квт-час/кг*
" " "	3	"	$W = 0{,}010$	"

Техническая характеристика волчков

	Тип Д-98	Тип Д-150
Производительность в *кг/час*	500	1200
Диаметр решетки в *мм*	98	150
Число оборотов в мин.	200	158
Мощность электродвигателя в *квт*	2,2	5,5
Габариты в *мм*:		
длина	710	1080
ширина	544	650
высота	945	1102

ДРОБИЛКИ

Дробилки, установленные на консервных заводах, измельчают продукты, содержащие большое количество влаги.

Определение расхода энергии на дробление расчетным путем представляет значительные трудности. На основании данных по эксплуатации дробильных установок можно принять, что удельный расход энергии для дробления томатов $A = 80$ *кгм/кг*, а для дробления яблок $A = 150$ *кгм/кг*.

Производительность двухбарабанной дробилки можно с известным приближением определить, исходя из объема ленты материала, проходящего в час через щель между двумя барабанами

$$Q = 60\pi Dnab\gamma\alpha \ [т/час], \qquad (IV-8)$$

где: D — диаметр барабанов в *м*;
n — число оборотов барабанов в мин. (если барабаны вращаются с различным числом оборотов, то принимают меньшее число оборотов барабана);
a — ширина щели в *м*;
b — длина щели (длина барабанов) в *м*;
γ — насыпной вес в $т/м^3$;
α — опытный коэффициент.

Производительность однобарабанных дробилок, включая и ножевые, можно рассчитать по формуле:

$$Q = 60\alpha\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)n\gamma \ [т/час],$$

где d — диаметр барабана в *м*;

$$D = d + 2h,$$

где: h — высота зубьев или ножей в *м*;
n — число оборотов барабана в мин.;
γ — насыпной вес в $т/м^3$;
α — коэффициент использования производительности дробилки.

ДВУХБАРАБАННАЯ ДРОБИЛКА

На рис. 45 изображен поперечный разрез двухбарабанной дробилки. Каждый барабан состоит из вала, на котором насажены бронзовые звездочки *1* с серповидными зубьями. В двухбарабанных дробилках, установленных на консервных заводах, число звездочек равно девяти, толщина их 10—12 *мм*, расстояние между звездочками регулируется втулками. Каждая звездочка одного барабана находится между двумя звездочками другого (за исключением крайних).

Под валами барабанов находится чугунная решетка *2*, через отверстия которой зубья звездочки проходят свободно. Оба барабана вра-

щаются в противоположные стороны и с различным числом оборотов, чем обеспечивается совместное воздействие разрывающих и дробящих усилий на продукт.

Продукт поступает через бункер *3* на вращающиеся звездочки и раздробляется и падает на решетку *2*. Если степень измельчения достаточна, то дробленый продукт проходит через решетку и выводится из машины. Если же степень измельчения недостаточна, продукт задерживается на решетке и вновь подвергается ударному воздействию рабочих зубьев звездочек.

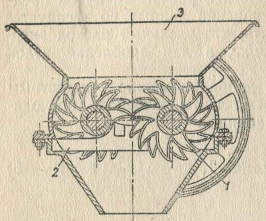


Рис. 45. Двухбарабанная дробилка

При эксплуатации дробилки необходимо следить, чтобы в нее не попадали гвозди, камни и другие посторонние предметы. Во избежание поломки машины, в случае попадания твердых посторонних предметов, приводной шкив соединен с валом при помощи шпильки, которая срезается при перегрузке дробилки. Дробилку следует пускать до поступления в нее продукта.

Техническая характеристика

Производительность	8—10 *т/час*
Число оборотов приводного вала	250—300 в мин.
Мощность электродвигателя	2 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	1050
ширина	590
высота	485

НОЖЕВАЯ БЫСТРОХОДНАЯ ДРОБИЛКА

Однобарабанная ножевая дробилка (рис. 46) предназначена для измельчения плодов и овощей.

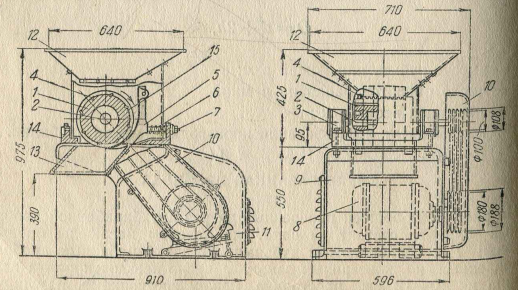


Рис. 46. Ножевая быстроходная дробилка

Бронзовый барабан *1* имеет вдоль образующей восемь прорезей для установки стальных гребенчатых ножей *4*, которые закрепляют на бара-

банс кольцами *15*. Длина каждого ножа — 220 *мм*, толщина — 5 *мм*. Барабан укреплен на горизонтальном валу *2*, лежащем в подшипниках *3*. Вдоль барабана на пружинных амортизаторах *6* установлены четыре бронзовые прижимные колодки *5*, которые перемещаются при помощи регулирующего устройства *7*. Зазор между ножами и прижимными колодками зависит от необходимой степени измельчения и вида сырья.

Дробилка приводится во вращение индивидуальным электродвигателем *8*, установленным на станине *9*. Натяжение ремней производится перемещением электродвигателя, осуществляемым винтовым натяжным устройством *11*. Сырье загружается в бункер *12* и выгружается из отверстия *13*. Дробилка установлена на чугунной плите *14*, которая крепится к станине *9* болтами. Ременная передача защищена кожухом *10*.

Если в дробилку попадает постороннее твердое тело, прижимная колодка *5* отклоняется от барабана и предохраняет машину от поломки.

Зазор между прижимными колодками и остриями ножей может быть отрегулирован в пределах от 0,5 до 20 *мм*. Для этой цели на колодку кладут соответствующего размера шаблон и поворачивают гайки, перемещающие при помощи пружин колодки, которые передвигаются относительно барабана, приближаясь и отдаляясь от него. Одновременно нужно медленно вручную повернуть барабан и проследить, приходят ли ножи в соприкосновение с шаблоном, положенным на колодку, или нет. Когда нужный зазор достигнут, регулирование считается законченным.

Таким же путем с помощью шаблонов регулируют высоту установки лезвия ножа над поверхностью барабана.

После окончания работы дробилки выключают электродвигатель, снимают после остановки барабана верхний бункер и машину тщательно промывают. Во избежание нарушения балансировки барабана, что при большом числе оборотов может привести к нарушению нормальной эксплуатации и даже поломке машины, нужно вынутые для заточки ножи вставлять в свои же пазы.

Статическое и динамическое уравновешивание вращающихся деталей, в данном случае барабана дробилки с закрепленными ножами, преследует цель совмещения оси вращения с главной центральной осью инерции.

Статическое уравновешивание, или иначе балансировка, производится путем установки вала барабана на две параллельные призмы. При этом предоставленный самому себе барабан будет катиться по призмам до тех пор, пока его центр тяжести не займет наиболее низкого положения. После этого на торцевой поверхности барабана проводят через его центр вертикальную линию, добавляют с противоположной стороны (наверху) груз, статический момент которого равен статическому моменту балансируемой детали относительно оси вращения. Динамическая неуравновешенность проявляется при вращении барабана, поэтому для динамическая балансировка производится при вращении балансируемой детали.

Для динамической балансировки применяются специальные машины двух типов:

а) с упруго подвешенной люлькой, на которой устанавливают балансируемое тело;

б) с подшипниками для балансируемой детали, упруго соединенными со станиной машины.

При вращении динамически неуравновешенного тела пара сил инерции вызывает колебания, по которым могут быть определены величина и плоскость действия неуравновешенной пары сил инерции

Согласно правилам безопасной эксплуатации рубильник электродви-гателя можно включать только в том случае, когда верхний бункер установлен на свое место. Снимать верхний бункер для осмотра ма-шины разрешается только при выключенном моторе и неподвижном барабане.

Техническая характеристика

Производительность	до 8 *т/час*
Число оборотов вала барабана	2550 в мин.
Окружная скорость при установке режущего лезвия ножей над барабаном на 5 *мм*	29 *м/сек.*
Диаметр барабана	208 *мм*
Длина режущей части ножа	220 „
Мощность электродвигателя	4,5 *квт*
Вес машины	420 *кг*
Габариты в *мм*:	
длина	1000
ширина	710
высота	975

ДРОБИЛКА-НАСОС

Дробилка-насос применяется для обработки продуктов, в которых содержится большое количество жидкости, например для дробления томатов.

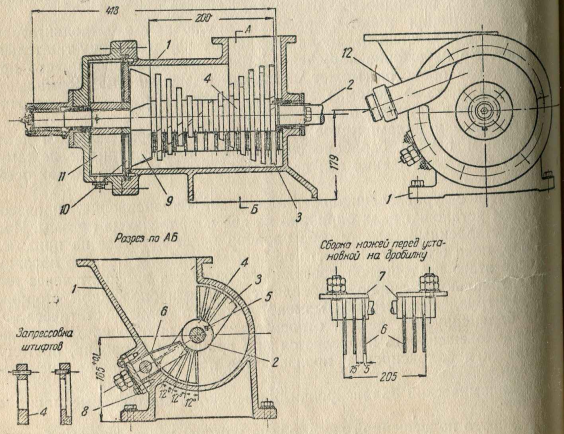


Рис. 47. Дробилка-насос

Дробилка-насос (рис. 47) Одесского машиностроительного завода имени М. И. Калинина состоит из чугунного корпуса *1*, в котором находится приводной вал *2*; на него насажены двенадцать ножей *3* таким образом, что они образуют винтовую линию. Расстояние между ножами

фиксируется дистанционными втулками *4*, снабженными запрессованными штифтами *5*, обеспечивающими невозможность поворота ножей относительно вала.

Между вращающимися ножами *3* установлены 13 неподвижных ножей *6*, расстояние между которыми фиксируется дистанционными прямоугольными планками *7*. Все ножи *6* в собранном виде крепятся на станине машины при помощи шпилек *8*. Дробленый продукт перемещается вдоль дробилки ножами, подводится к лопасти *9*, которая укреплена на валу *2* и подает продукт через решетку *10* ко второй лопасти *11*. Размеры отверстий решетки *10* выбраны с таким расчетом, чтобы получить требуемую степень измельчения продукта. Вращающаяся лопасть *11* нагнетает дробленый продукт в трубопровод *12*. Зазор между вращающимися ножами *3* и неподвижными *6* равен 2,5 *мм*.

Корпус дробилки изготовлен из алюминия, ножи и втулки — из нержавеющей стали, лопасти насоса — из бронзы.

Техническая характеристика

Производительность	800 *кг/час*
Число оборотов приводного вала	400 об/мин.
Габариты в *мм*:	
длина	550
ширина	360
высота	310

* * *

Машины для измельчения пищевых продуктов консервного производства непрерывно совершенствуются. Резательные машины, в которые продукт загружался периодически, уступили место непрерывно действующим резательным и дробильным машинам.

Дробление продуктов, подлежащих в дальнейшем прессованию, производится в дробилках, барабаны которых находятся под напряжением электрического тока, что способствует разрушению клеток плодовой ткани и увеличению выхода сока.

Значительно увеличена скорость рабочих органов. Так, например, окружная скорость режущей кромки ножей плодовой дробилки составляет 30 *м/сек.*

Недостатком резательных машин, в которых установлены неподвижные ножи, является «рваный» разрез продукта, получающийся в результате того, что при ударе движущегося продукта о неподвижный нож происходит сначала вминание ножей в продукт, а затем разрезание.

Для уменьшения отходов (мелко нарезанный продукт) при разрезании корнеплодов нужно создать такие питающие устройства, которые обеспечивали бы подачу корнеплодов к режущим поверхностям в определенном положении.

Во вновь проектируемых резательных машинах необходимо обеспечить:

а) индивидуальный привод с вариатором числа оборотов;
б) несложную перестройку работы машины на другой размер стружки;
в) безопасность обслуживания;
г) высокую производительность;
д) подачу нарезанного продукта на последующие операции.

Кроме того, необходимо, чтобы рабочие детали были изготовлены из высококачественного металла.

Глава V

МАШИНЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫРЬЯ НА РАЗЛИЧНЫЕ ПО СОСТАВУ ЧАСТИ

Сырье, поступающее на консервные заводы, не является однородным по вкусовым и питательным свойствам. Назначение машин и аппаратов, рассматриваемых в настоящей главе, заключается в разделении пищевого сырья обычно на две части: одна (консервируемая) часть подвергается дальнейшей переработке, а вторая (неконсервируемая) является отходом; эта часть может служить исходным сырьем для производства побочных пищевых продуктов.

Так, например, в протирочных машинах томатная пульпа отделяется от кожуры и семян, в прессах сок отделяется от мезги, в лущильных машинах горошек — от стручков и т. д. Разделение продукта осуществляется различными способами. В некоторых машинах оно основано на механическом разделении ножами, в других используется центробежная сила, в третьих — фильтрация и т. д. На стр. 88 приведена классификация машин и аппаратов для разделения сырья.

ПРОТИРОЧНЫЕ МАШИНЫ

Для отделения кожуры, семян, грубой клетчатки и других малоценных частей плодов и овощей пищевые продукты протираются протирочными машинами.

Работа этих машин основана на перемещении продукта вращающимися бичами вдоль ситчатого цилиндра. Продукт, находящийся под воздействием центробежной силы инерции в зазоре между бичами и ситчатым цилиндром, протирается, жидкая часть продукта проходит через отверстия в цилиндрическом сите, а твердая часть продукта (отходы) остается внутри и непрерывно выводится из машины.

При изготовлении некоторых видов консервов, как, например, «икра баклажанная», обжаренные баклажаны пропускают через протирочную машину для получения однородного протертого продукта, степень измельчения которого зависит от диаметра отверстий в сите.

Протирочная машина (рис. 48) состоит из раскрывающегося неподвижного цилиндрического сита *1* с отверстиями диаметром 1,2—1,5 *мм* и вала *2*, опирающегося на два подшипника *3*.

Для предохранения вала от окисления на него надевают медную трубу. На вал *2* насажены шнек *4*, перемещающий продукт к дробящей лопасти *5*, и два бича *8*. Поступающий в машину из бункера *7* продукт дробится, продавливается через решетку *6*, захватывается бичами и приводится ими во вращательное движение.

Под действием центробежной силы инерции продукт прижимается к внутренней поверхности ситчатого цилиндра, мякоть протирается, продавливается наружу и собирается в расположенный в нижней части машины сборник *9*. Отходы, т. е. та часть продукта, которая не может пройти через отверстия в сите (в случае переработки томатов, — кожура и семена), перемещаются бичами вдоль барабана и выводятся из машины через отверстие.

Продольное перемещение продукта и отходов внутри машины осуществляется бичами *8*, установленными под небольшим углом (1,5—2,0°)

по отношению к оси приводного вала. Величина этого угла, называемого углом сдвига или опережения, регулируется в зависимости от влажности отходов. Чем больше угол опережения, тем быстрее продукт перемещается вдоль барабана машины, тем меньше продолжительность пребывания продукта в машине, а следовательно, и меньше продолжительность воздействия центробежной силы инерции на продукт.

Кроме угла опережения, регулируется также величина зазора между внутренней поверхностью барабана и наружной кромкой бичей при помощи болтов, которыми бичи соединены с держателями, сидящими на валу *2*. Величина этого зазора должна быть в пределах 3—5 *мм*. Значения величин угла опережения и зазора регулируют при эксплуатации в зависимости от влажности отходов. Если отходы содержат

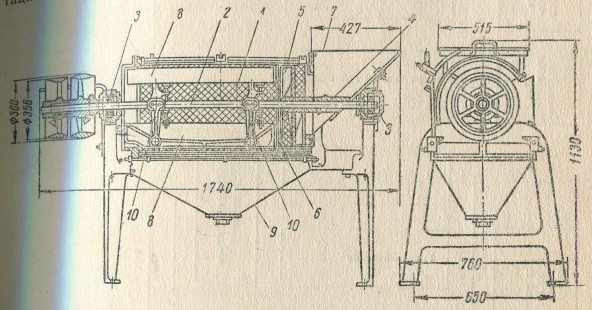


Рис. 48. Протирочная машина

много сока, угол опережения и зазор необходимо уменьшить; если отходы излишне сухие и рваные, то угол опережения и зазор нужно увеличить.

Площадь отверстий (живое сечение) в ситах протирочных машин составляет около 50%. Сита изготовляют из листовой нержавеющей стали или меди.

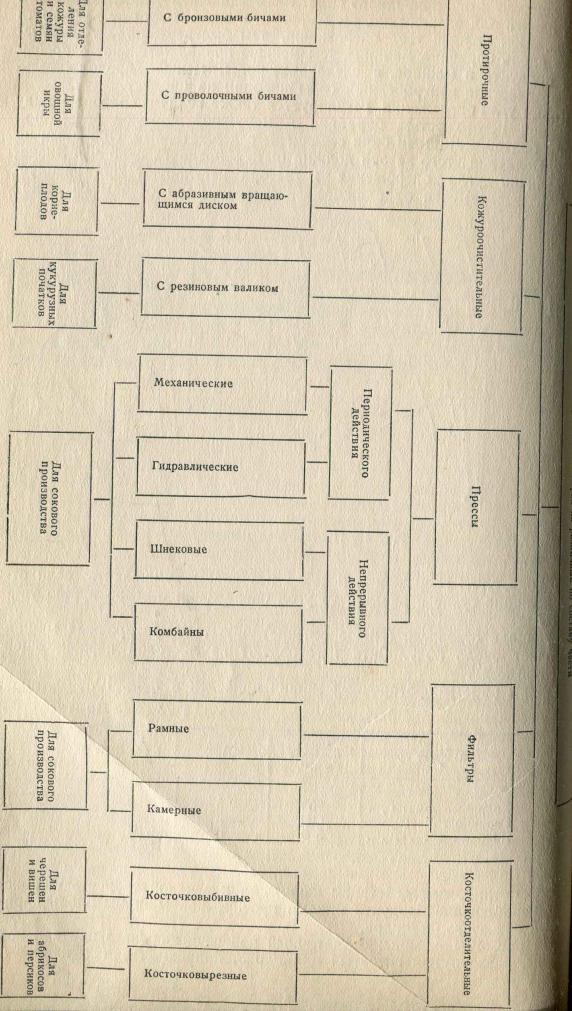
Режим работы протирочных машин приведен в табл. 10.

Таблица 10

Продукт	Число оборотов в мин.	Зазор в *мм*	Угол опережения в °
Холодные томаты . .	700	5	2
Горячие томаты . .	600	3	1,5
Яблоки	500	6	2

Рассмотрим, под действием каких сил и с какой скоростью происходит перемещение продукта бичами протирочной машины вдоль обращающей ситчатого цилиндра.

На рис. 49 показаны: схематичный поперечный разрез протирочной машины, развернутый ситчатый цилиндр *3*, приводной вал *2* и бич *1*.



Обозначим угол опережения бича через α. Скорость v' перемещения частицы продукта вдоль бича, если допустить, что трение отсутствует, будет равна

$$v' = v \operatorname{tg}\alpha = \frac{\pi D n}{60} \operatorname{tg}\alpha \ [м/сек], \qquad (V-1)$$

где: v — окружная скорость движения частицы под воздействием вращающихся бичей в *м/сек*;
D — диаметр ситчатого цилиндра в *м*;
n — число оборотов бичей в мин.

Продолжительность пребывания продукта в протирочной машине t можно определить по формуле:

$$t = \frac{L}{v'} = \frac{60\,L}{\pi D n \operatorname{tg}\alpha} \ [сек.], \qquad (V-2)$$

где L — длина бича в *м*.

Из этой формулы следует, что с увеличением угла опережения и числа оборотов время пребывания продукта в машине уменьшается, а с увеличением длины бича — увеличивается.

Движение продукта в машине происходит (приближенно) по винтовой линии. При каждом обороте бичей продукт перемещается вперед на величину $\pi D \operatorname{tg}\alpha$ равную шагу S винтовой линии.

Общий путь L' частицы продукта в протирочной машине, движущейся по винтовой линии, равен сумме $\frac{L}{S}$ длин окружностей цилиндра диаметром D. Следовательно,

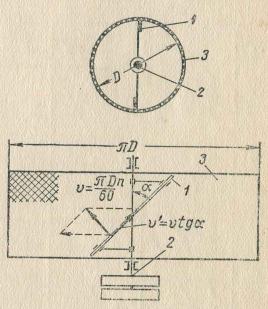


Рис. 49. Схема к расчету протирочной машины

$$L' = \frac{L}{S}\pi D = \frac{L\pi D}{\pi D \operatorname{tg}\alpha} = \frac{L}{\operatorname{tg}\alpha} \ [м]. \qquad (V-3)$$

Из этой зависимости следует, что длина пути, пройденного частицами, не зависит от диаметра цилиндра протирочной машины, а зависит только от его длины и угла опережения бичей.

При перемещении продукта с большой скоростью по винтовой линии при помощи бича продукт прижимается к внутренней поверхности ситчатого цилиндра центробежной силой инерции, величина которой в 100—150 раз больше веса частицы продукта.

Благодаря такому перемещению происходит протирание, при котором жидкая часть продукта проходит через отверстия ситчатого цилиндра, а кожура и семена остаются внутри и выводятся бичом из машины.

Установим зависимость между величиной зазора, углом опережения, длиной бича и радиусом ситчатого цилиндра.

Величина зазора изменяется по длине бича; в сечении *II—II* зазор имеет (рис. 50) наибольшую величину, а по краям бича в сечениях *I—I* и *III—III* — наименьшую. В соответствии с рис. 50 можно написать:

$$K \cdot \frac{L}{2} \sin\alpha = (R - h) \operatorname{tg}\beta, \qquad (V-4)$$

где: R — радиус ситчатого цилиндра;

h — зазор в сечении *II—II*;

β — угол между вертикальным диаметром и линией, проходящей через центр сечения бича;

K — отношение $\frac{S}{L/2}$, где S — расстояние от сечения *II—II* до сечения, в котором определяется зазор h'. Величина $K=0$ в сечении *II—II*, $K=1$ — в сечениях *I—I* и *III—III*. Из рис. 50 можно записать:

$$\frac{R-h}{R-h'}=\cos\beta, \qquad (V-$$

где h' — зазор в любом сечении цилиндра машины.

На основании формулы (V—5) величина

$$h'=\frac{R(\cos\beta-1)+h}{\cos\beta}.$$

Выразив угол β через угол опережения α, находим окончательно

$$h'=\frac{2R-\sqrt{KL^2\sin^2\alpha+4(R-h)^2}}{2}\ [м]. \qquad (V-$$

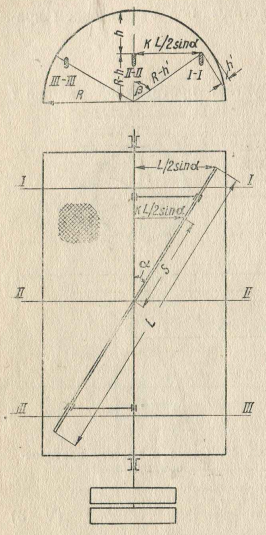


Рис. 50. Схема к расчету величин зазора протирочных машин

Эта формула связывает величину зазора с основными величинами, характеризующими протирочную машину.

После протирания продукта в протирочной машине через сито с отверстиями диаметром 1,2—1,5 *мм* в продукте остаются грубые волокна, частицы протертой кожицы и др. Поэтому некоторые продукты, например томаты, пропускают вторично через протирочную машину с отверстиями в сите диаметром 0,8 *мм*.

Протирание томатов можно производить в сдвоенном протирочном агрегате, разработанном ВНИИКОП (рис. 51).

Продукт поступает в протирочную машину *1*, в которой сито имеет отверстия диаметром 1,5—1,8 *мм*. Протертый продукт по трубе *11* направляется во вторую протирочную машину *2*; сито в этой машине имеет отверстия диаметром 0,8 *мм*. Как первая, так и вторая протирочные машины установлены на общей станине *6*.

Электродвигатель *3* муфтой связан с валом машины *2*, на котором насажен шкив *5* для клиноременной передачи *7*. Шкив *5* приводит во вращение вал *13* протирочной машины *1*. Вал *13* соединен со втулкой шкива *8* предохранительным бронзовым разводным шплинтом диаметром 5 *мм*; при перегрузке машины вследствие попадания посторонних предметов этот шплинт срезается. Валы *12* и *13* установлены в подшипниках *10*.

Щиток *9* закрывает вращающиеся шкивы и ремни. Из агрегата продукт по трубе *14* поступает на дальнейшую обработку.

Для выделения семян из протираемого продукта отдельно от кожуры пользуются тремя протирочными машинами, расположенными последовательно (одна под другой). Размер отверстий в сите верхней протирочной машины 6—8 *мм*, второй протирочной машины 1,5 *мм* и третьей — 0,8 *мм*.

При протирании продукта через отверстия верхнего сита проходят пульпа и семена, а кожура остается внутри барабана и бичами выводится из машины.

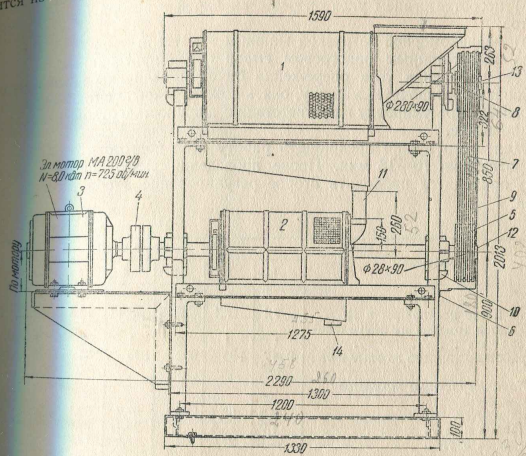


Рис. 51. Сдвоенная протирочная машина

Во второй протирочной машине отделяются семена от мякоти, в третьей происходит окончательное протирание. Таким образом, из второй протирочной машины получают семена с небольшим количеством кожуры (5—8%).

Техническая характеристика протирочных машин

	Сдвоенная модель	Большая модель	Малая модель
Часовая производительность в *т* . . .	10	8	1
Число оборотов приводного вала в мин.	725	500—700	500—700
Мощность электродвигателя в *квт* . .	8	7,5	1
Габариты в *мм*:			
длина	2290	1700	1480
ширина	950	760	550
высота	2013	1126	700

Примечание. Если в протирочной машине протирают косточковые плоды, то взамен обычных бичей устанавливают проволочные.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОТИРОЧНЫХ МАШИН

В табл. 11 приведены опытные данные о количестве томатных отход-
дов, получаемых при протирании продуктов в протирочной машине. Для
опытов было использовано одинаковое сырье.

Из таблицы видно, что отходы составляют от 4,1 до 10,8%.

Такая большая разница между величиной отходов может быть
объяснена следующими причинами:

а) несоответствием угла опережения бичей и зазора данному сорту
томатов;

б) неравномерной загрузкой машины томатами;

в) недостаточным подогревом сырья перед протиранием.

Для изменения угла опережения бичей и величины зазора нужно
остановить протирочную машину, снять кожух, открыть ситчатый барабан
и произвести регулировку в соответствии с влажностью отходов, как было
указано выше.

Для этого нужно прекращать работу всей подготовительной линии
на протяжении 10—15 мин. После проведения указанной регулировки
часто приходится проводить второе регулирование в обратном направ-
лении.

Таблица

Показатели	Номер опыта						
	1	2	3	4	5	6	7
Отходы после протирания в %	7,1	4,1	9,18	5,42	10,5	4,72	10,8
Число слоев томатов на ленте шпарителя	1	1	2	1	1	2	1
Переработано томатов за опыт в *кг*	904	885	902	830	834	1702	896
Характеристика томатов							
Зрелых в %	98,3	63,4	98,1	57,7	59,15	—	90
Недозрелых в %	1,7	15,6	1,9	23,7	28,60	—	6
Перезрелых в %	—	21,0	—	18,6	12,25	—	—

Поэтому в большинстве случаев протирочные машины работают б
регулировки, что вызывает значительные потери сока.

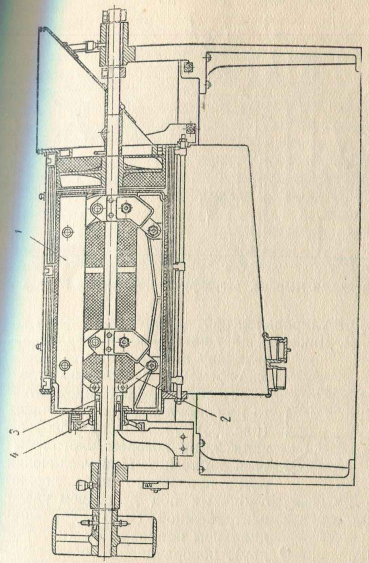
В последнее время предложены машины, в которых можно на ход
регулировать величину зазора, угол опережения и число оборотов при
водного вала.

На рис. 52 показана протирочная машина, в которой можно на ход
регулировать только величину зазора. Конструкция регулятора разрабо
тана ВНИИКП (автор инж. Грейбер В. М.).

Бичи *1* соединены рычагами *2* с муфтой *3*, которая вращается вмест
с валом и бичами.

Маховичком *4* можно передвигать вращающуюся муфту вдо
вала, что вызывает перемещение бичей, обеспечивающее изменение вел
чины зазора.

Механизм для регулирования величины зазора (рис. 52, *а*) состо
из муфты *1* с двумя отверстиями для соединения с бичами, которы
приводят муфту *1* во вращение, полой втулки *2* с наружной резьбо
и маховичка *3*; в него ввинчена втулка *2*. При вращении маховичка
втулка перемещается вправо либо влево, а вместе с ней перемещается
и муфта *1*, соединенная с втулкой *2* при помощи шариковых подшип
ков *4*.



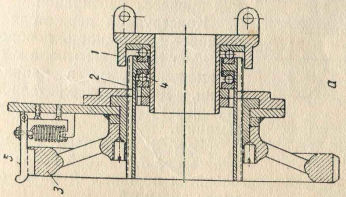


Рис. 52. Протирочная машина, регулируемая изменением зазора

Положение маховичка *3* фиксируется рычагом *5*, который входит в пазы, имеющиеся на внешней поверхности маховичка.

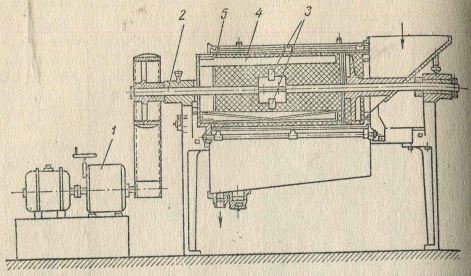


Рис. 53. Протирочная машина, регулируемая изменением числа оборотов

Вторая схема регулирования протирочной машины на ходу (рис. 53), предложенная М. Я. Дикисом, дает возможность регулировать не только величину зазора, но, что особенно важно, одновременно и величину угла опережения.

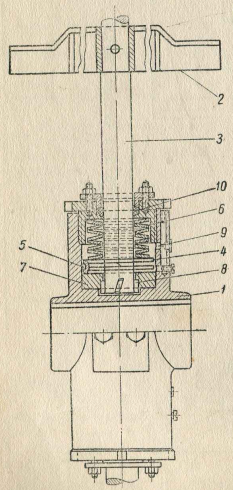


Рис. 54. Держатель бича

Если в отходах содержится много сока, то при помощи вариатора числа оборотов (рис. 53) увеличивают скорость вращения вала *2*, на котором укреплены два держателя *3* бичей *4*. При увеличении числа оборотов приводного вала держатели вместе с бичами под действием увеличивающейся центробежной силы перемещаются в радиальном направлении (к ситчатому цилиндру), поворачиваясь одновременно относительно приводного вала. При этом изменяются (уменьшаются) угол опережения и зазор между бичом и ситчатым цилиндром, и обеспечивается необходимая интенсификация процесса протирания.

Конструкция держателя (рис. 54) обеспечивает возможность поворота бичей относительно приводного вала с одновременным перемещением их в радиальном направлении. Корпус держателя при помощи ступицы укреплен на валу протирочной машины.

Бич *2* закреплен на цилиндрическом держателе *3*, нижний конец которого закрывается поршнем *4*; на него надето поршневое кольцо *5*.

Под действием центробежной силы держатель *3* вместе с бичом *2* стремится переместиться в радиальном направлении. Этому перемещению противодействует пружина *6*; величина силы противодействия пружины должна быть такой, чтобы при нормальном числе оборотов бич находился на определенном расстоянии от ситчатого цилиндра.

При увеличении числа оборотов вала центробежная сила возрастает и распрямляет кольца пластинчатой пружины *6*. При этом бич перемещается, удаляясь от вала. Одновременно с перемещением в радиальном направлении держатель вместе с бичом поворачивается вокруг своей оси благодаря небольшому наклону четырех пазов втулки *7*, запрессованной в корпусе держателя *1*.

В эти пазы входят четыре выступа *8* держателя, чем и обеспечивается его поворот при радиальном перемещении. Для предотвращения возможных резких перемещений бичей, над поршнем и под ним находится несжимаемая жидкость — масло, которое перетекает при радиальных перемещениях бича из одной полости в другую через дроссель *9*.

Наличие сальникового уплотнения *10* создает необходимую плотность масляной системы.

Радиальное перемещение бича ограничивается упором в диске *7* и величиной максимального сжатия пружины *6*.

Угол наклона пазов во втулке *7* должен быть выбран с учетом нового числа оборотов n_1 вала машины и расчетного угла опережения α_1 по формуле:

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{n}{n_1}\operatorname{tg}\alpha.$$

Предлагаемый способ регулирования протирочных машин на ходу требует незначительных переделок конструкции существующих протирочных машин.

Расчет производительности протирочных машин и мощности для их привода

Производительность протирочных машин зависит от диаметра и длины барабана, числа оборотов бичей, угла опережения, а также от сопротивлений, возникающих при перемещении продукта через отверстие ситчатого барабана.

М. Я. Дикисом предложена приближенная формула для определения производительности протирочных машин:

$$Q = 0{,}07\,\frac{DL^2n\varphi}{\operatorname{tg}\alpha}\ [кг/час],$$

где: D — диаметр барабана протирочной машины в *м*;
L — длина бича в *м*;
n — число оборотов бичей в мин.;
α — угол опережения бичей в градусах;
φ — живое сечение ситчатого барабана в %.

Пример. Определить производительность протирочной машины; диаметр сита равен 400 *мм*, длина его 800 *мм*, число оборотов бичей равно 750 в мин., угол опережения бичей $\alpha = 2°$, живое сечение $\varphi = 25\%$.

Подставляя указанные значения в формулу для определения производительности, находим:

$$Q = 0{,}07\,\frac{DL^2n\varphi}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{0{,}07\cdot 0{,}4\cdot 0{,}8^2\cdot 750\cdot 25}{0{,}034} = 10\,000\ кг/час.$$

Мощность электродвигателя можно рассчитать, исходя из практических данных об удельном расходе энергии на протирание.

В общем виде формула для определения мощности электродвигателя имеет такой вид:

$$N = \frac{QW}{102 \cdot 3600 \cdot \eta} \quad [квт],$$

где: Q — часовая производительность в *кг*;
W — удельный расход энергии на протирание в *кгм/кг*;
η — коэффициент полезного действия привода.

Удельный расход энергии зависит от вида сырья, его температуры, площади живого сечения ситчатого барабана машины и числа оборотов бичей.

Для приближенных расчетов можно принять среднее значение $W = 300{,}0 - 350{,}0$ *кгм/кг*.

МАШИНА ДЛЯ СНЯТИЯ КОЖУРЫ С КОРНЕПЛОДОВ

Поверхность корнеплодов (морковь, картофель и др.) покрыта кожурой; она может быть удалена путем воздействия на нее абразивного материала. Обрабатываемый продукт подвергается одновременно воздействию воды, которая уносит с собой разрушенные частицы кожуры.

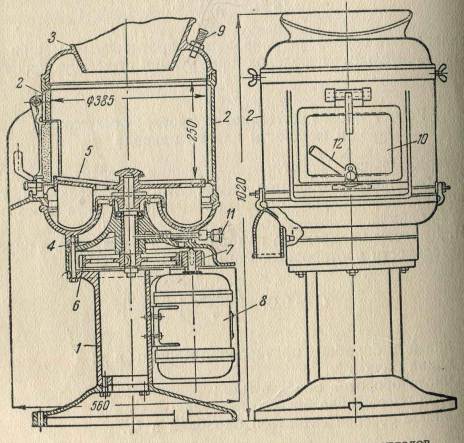


Рис. 55. Машина для удаления кожуры с корнеплодов

Машина для очистки корнеплодов от кожуры (рис. 55) состоит из чугунной станины *1* и рабочего цилиндра *2*, внутренняя поверхность которого покрыта абразивной массой. Таким же составом покрыт вращающийся диск *5*, закрепленный на валу *4*. Вал при помощи шестерен *6* связан с электродвигателем *8*, установленным на станине машины.

Машину загружают продуктом сверху через загрузочный бункер, а разгружают ее через люк *10* под действием центробежной силы. Вода внутрь цилиндра подается через сопла *9*. Загрузка и разгрузка машины производятся при включенном электродвигателе.

Попадая на волнообразную поверхность диска, продукт отбрасывается им к боковым стенкам, покрытым абразивной массой. Снятая кожура удаляется вместе с водой сначала в кольцевой поддон, а затем выводится в канализацию. Во время работы люк *10* закрывают при помощи рукоятки *12*. Вал смазывают при помощи масленки *11*.

Перед выгрузкой продукта подача воды прекращается. Производительность машины, имеющей размеры, указанные на рис. 55, составляет ≈ 300 *кг/час*.

Для машин, цилиндры которых имеют другие размеры, производительность можно определить следующим образом.

Обозначим:
D — внутренний диаметр цилиндра машины в *м*;
H — высота цилиндра в *м*;
γ — насыпной вес продукта в *кг/м*^{3};
φ — коэффициент заполнения цилиндра ($\varphi = 0{,}5$—$0{,}65$);
$t_ц$ — продолжительность цикла в мин.

Тогда производительность можно определить по такой формуле:

$$Q = \frac{60}{t_ц} \varphi \gamma \frac{\pi D^2}{4} H \quad [кг/час].$$

Средняя продолжительность цикла, включая загрузку и разгрузку, равна 3 мин.

Если принять $\varphi = 0{,}65$, то формула, по которой можно с достаточной для практических целей точностью определить производительность машины, приобретает такой вид:

$$Q = 10 D^2 H \gamma \quad [кг/час].$$

Мощность электродвигателя для привода машины подсчитывается по формуле:

$$N = \frac{Mn}{1.36 \cdot 71620 \eta} \quad [квт], \qquad (V-7)$$

где: M — вращающий момент на валу диска в *кг • см*;
n — число оборотов диска в мин.;
η — коэффициент полезного действия ($\eta = 0{,}75$—$0{,}8$).

Вращающий момент на валу диска определяется по формуле:

$$M = fGr \quad [кгсм], \qquad (V-8)$$

где: f — коэффициент трения продукта о стенки цилиндра, равный 1,1—1,35;
r — радиус приложения силы трения о диск и боковые стенки, равный 0,4 D (D — диаметр диска в *см*);
G — вес продукта, находящегося в цилиндре, в *кг*.

$$G = \varphi \frac{\pi D^2}{4} H \gamma,$$

где все обозначения были приведены выше.

Вращающийся диск и стенки цилиндра машины покрывают абразивным материалом, в состав которого входит:

а) кремний дробленый (величина зерен от 1,5 до 5 *мм*) 60%
б) магнезит, размолотый до порошкообразного состояния 20%
в) соляная кислота крепостью 65% 20%

Раздробленный кремний пропускают через сита с отверстиями диаметром 3—5 *мм*. Магнезит обжигают в печах в течение 6—8 час. и оставляют в закрытой печи на 40—50 час. Обожженный магнезит размалывают до порошкообразного состояния.

В стальной сосуд наливают соляную кислоту крепостью 65%, добавляют обожженный магнезит и тщательно перемешивают до прекращения кипения кислоты. Полученная таким образом хлорная магнезия имеет жидкую консистенцию и голубоватый цвет.

В другом сосуде смешивают кремний с обожженным магнезитом, лопаткой делают в центре воронку и наливают в нее хлорную магнезию. При этом все время тщательно перемешивают все компоненты. Когда масса примет однородный серый цвет, а консистенция будет такой, при которой масса свободно падает с лопатки небольшими кусочками, перемешивание прекращают.

До нанесения абразивной массы на диск его очищают от следов старого слоя и удаляют ржавчину. После этого кистью наносят на диск тонкий слой хлорной магнезии, затем накладывают приготовленную абразивную массу и разравнивают ее деревянной гладилкой. Поверхность диска не должна быть плоской. Наличие выступов и впадин на диске улучшает механическое воздействие быстро вращающегося диска на обрабатываемый продукт. После накладки абразивной массы ее сушат при температуре воздуха 16—18° 48 час., а при температуре 20—25° 24 часа. Высушенное абразивное покрытие должно иметь белый цвет и при легком постукивании покрытия молотком не должны образовываться трещины.

Прочность абразивной массы характеризуется напряжением сопротивления разрыву, которое должно быть не меньше 20 *кг/см*^{2}.

Пример. Определить производительность машины для очистки кожуры картофеля и потребную мощность двигателя. Размеры машины приведены на рис. 55, число оборотов диска $n = 350$ в мин.

Производительность:

$$Q = 10 \cdot 0{,}385^2 \cdot 0{,}250 \cdot 650 = 250 \ кг/час.$$

На основании формул (V—7) и (V—8) мощность электродвигателя для привода машины:

$$N = \frac{f\varphi \frac{\pi D^2}{4} H\gamma rn}{1{,}36 \cdot 71620\eta} = \frac{1{,}1 \cdot 0{,}65 \frac{3{,}14 \cdot 0{,}385^2}{4} 0{,}25 \cdot 650 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}385 \cdot 350}{1{,}36 \cdot 71620 \cdot 0{,}85} = 0{,}9 \ квт.$$

ПРЕССЫ

Прессованием называется такой процесс механической обработки продукта, при котором его подвергают внешнему давлению.

Величина давления, создаваемого прессами для получения овощных и фруктовых соков, составляет от 8 до 12 *кг/см*^{2}. Об эффективности прессования судят по скорости выделения сока, величине остатка его в прессуемом продукте, удельному расходу энергии и др.

В консервной промышленности применяют прессы периодического и непрерывного действия. В прессах периодического действия давление создается механическим, гидравлическим или комбинированным способом. В непрерывно действующих прессах для создания давления служит винтовая (шнековая) поверхность с постепенно уменьшающимся шагом либо увеличивающимся диаметром.

ПРЕССЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Винтовой пресс с гидравлической головкой

Показанный на рис. 56 винтовой пресс с гидравлической головкой дает возможность создать большее давление на прессуемый материал, чем в винтовых механических прессах, а также облегчает условия труда. Деревянная корзина *13*, стянутая стальными обручами, установлена на чугунном поддоне *14*.

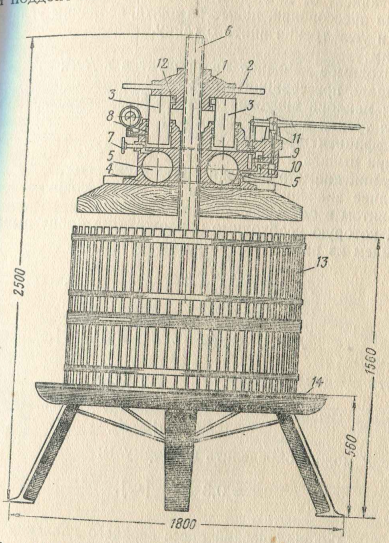


Рис. 56. Винтовой пресс с гидравлической головкой

После заполнения корзины прессуемым продуктом навинчивают при помощи рукояток *2* гайку *1* на винт *6*. При этом все детали гидравлической головки, находящиеся ниже гайки *1*, перемещаются вниз, не вращаясь вокруг винта. Это достигается благодаря тому, что поршни *3* своими выступами *12* входят в круговой паз гайки *1*.

После достижения возможного при данных размерах рукояток давления на прессуемый продукт начинают создавать дополнительное давление при помощи гидравлического насоса. Он состоит из плунжера *11* и клапанов *9* и *10*. Масло отсасывается из сосуда *5*, имеющего в разрезе форму круга, и нагнетается под поршни *3*. Для уплотнения поршней в цилиндре служат манжеты *8*. Так как поршни упираются своей верхней торцевой частью в гайку, то перемещаться вниз будет корпус головки *4* с прессующей плитой.

Вентиль 7 служит для спуска масла из верхней части обратно в сборник 5. Манометр 8 показывает давление масла, создаваемое насосом на поршни.

По окончании прессования гайку 1 вращают в противоположную сторону, поднимая головку вверх.

Производительность винтового пресса определяется по формулам для периодически работающих аппаратов.

Усилие P, которое необходимо приложить к рукоятке гайки винтового пресса, зависит от давления, которое создается на прессуемый продукт, площади прессования, диаметра винта, величины угла наклона винтовой линии и угла трения винта о гайку.

Обозначим:

p — необходимое давление на продукт в *кг/см²*;
F — площадь прессования в *см²*;
α — угол наклона винтовой линии в °;
ρ — угол трения винта о гайку в °;
μ — коэффициент трения;
l — длина рычага в *см*;
d — средний диаметр нарезки винта в *см*;
d_o — среднее значение диаметра в месте соприкосновения гайки с винтом в *см*.

Силу P, которую необходимо приложить на конце рычага для прессования, найдем из равенства моментов:

$$Pl = \frac{pF \operatorname{tg}\alpha\,(\alpha+\rho)\,d}{2} + \frac{pd_oF\mu}{2},$$

откуда

$$P = \frac{pF}{2l}\left(\operatorname{tg}(\alpha+\rho)\,d + d_o\mu\right) \quad [кг].$$

Если принять средние значения:

$$\alpha = 3{,}5°,\quad \mu = 0{,}25,\quad \rho = 1{,}3°,\quad d = d_o,$$

то значение P можно определить из формулы:

$$P \approx 0{,}3\,\frac{pFd}{l} \quad [кг].$$

Гидравлический пресс верхнего давления

В гидравлическом трехкорзиночном прессе верхнего давления завода имени Орджоникидзе (рис. 57) прессующее устройство перемещается по окружности, а корзины закреплены неподвижно.

Для устройства такого пресса одну из колонн устанавливают в центре круга и она может поворачиваться вокруг своей геометрической оси, вторую колонну в нижней части снабжают тележкой, перемещающейся по замкнутому рельсу, изогнутому по окружности.

Когда геометрические оси прессующей плиты и корзины совпадают, тележку закрепляют зажимным устройством к рельсу, и начинают прессование. По окончании прессования продукта в корзине пресс перемещают ко второй и т. д.

Такая конструкция пресса дает возможность повысить коэффициент использования пресса во времени и увеличить производительность по сравнению с прессами, в которых перемещают корзины (двухкорзиночные прессы).

На рис. 58 показано расположение основных механизмов пресса в начале прессования.

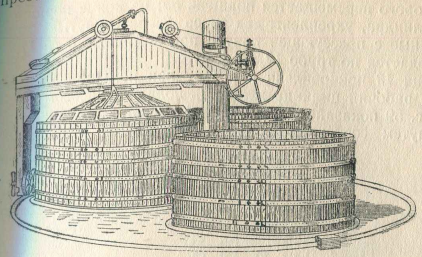


Рис. 57. Трехкорзиночный гидравлический пресс (общий вид)

Прессующая плита 1 находится над корзиной 2. Плунжер 3 под воздействием жидкости (подаваемой насосом 4 из сборника 5 в рабочий цилиндр 6) опускается, давит на плиту 1 и заставляет ее опускаться. Электродвигатель 7 насоса вращает коленчатый вал 4.

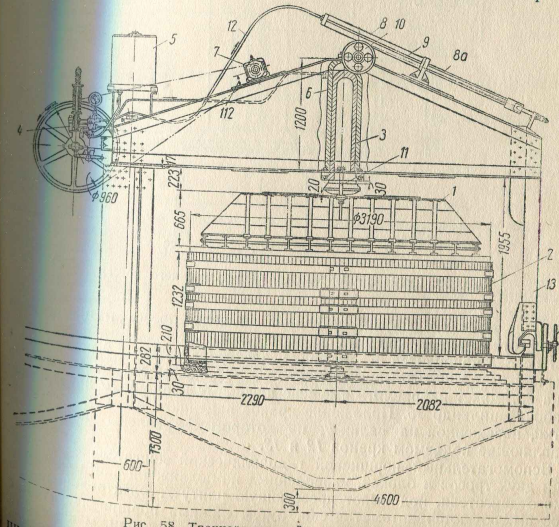


Рис. 58. Трехкорзиночный пресс (вид спереди)

Прессующая плита поднимается после окончания прессования всп
могательным гидравлическим двигателем; он состоит из цилиндра
внутри которого перемещается поршень *8а*; на конце поршня, выступа
щем из цилиндра, укреплены два троса *9*, перекинутые через блок
и соединенные с прессующей плитой при помощи серьги *11*. Вода в ци
линдр *8* подается по трубе *12* насосом *4*.

Колонна *13* прикреплена к рельсу при помощи зажимного устро
ства *14*. В рабочий цилиндр жидкость подается насосом *4*.

На рис. 59 показана схема гидравлической коммуникации, обеспеч
вающая путем соответствующего переключения кранов *12*, *13* и

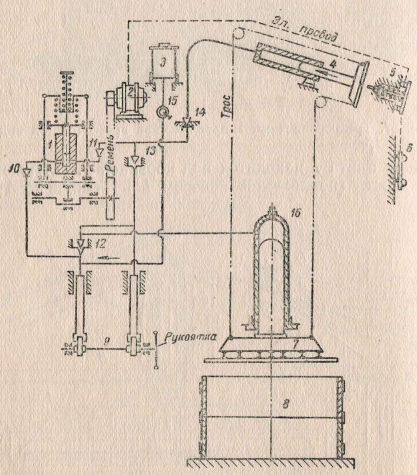


Рис. 59. Схема трубопроводов трехкорзиночного пресса

подъем и опускание плунжера гидравлического пресса и прессующей
плиты *7* относительно корзины.

Насос *1* приводится в движение электродвигателем *2* посредством
ременной передачи. Вода из сборника *3*, в зависимости от положения
крана *12*, может направляться к всасывающему клапану *10* насоса ли
в рабочий цилиндр *16*. Положение кранов изменяют путем поворота ру
коятки, насаженной на валик *9*, на котором закреплены два кулака,
управляющие подъемом кранов *12* и *13*.

Вспомогательный поршневой гидравлический двигатель *4* при по
мощи двух тросов и блоков, укрепленных на подвижной части гидравли
ческого двигателя, поднимает прессующую плиту *7*. Электродвигатель
насос выключаются автоматически, путем нажима поршня двигателя
на кнопку магнитного пускателя *5*, что происходит при максимальн
допустимом верхнем положении плунжера в рабочем цилиндре пресс
Включают электродвигатель рубильником *6*. Краном *15* управля
вручную.

В работе пресса различают три периода:

I — опускание плунжера с прессующей плитой под действием силы тяжести;

II — прессование;

III — подъем прессующей плиты.

Во время I периода электродвигатель выключен, насос не работает, краны *12*, *13* и *14* открыты и жидкость перетекает из цилиндра двигателя *4* в рабочий цилиндр.

При II периоде электродвигатель включен, краны *12* и *14* закрыты и жидкость из сосуда *3* через всасывающий клапан *10*, нагнетательный клапан *11* и промежуточный кран *13* поступает в рабочий цилиндр *16*, создавая необходимое давление на прессуемый продукт.

При III периоде электродвигатель и насос продолжают работать, кран *13* закрыт, жидкость из сосуда *3* нагнетается в двигатель *4*, а из рабочего цилиндра жидкость через кран *12* поступает во всасывающий клапан *10*.

В табл. 12 даны положения кранов при эксплуатации пресса.

Таблица 12

Период работы	Кран *12*	Кран *13*	Кран *14*	Электродвигатель
Опускание плиты . .	Открыт	Открыт	Открыт	Выключен
Прессование . . .	Закрыт	„	Закрыт	Включен
Подъем плиты . . .	Открыт	Закрыт	Открыт	„

Насос гидравлического пресса снабжен автоматическим пружинным регулятором давления подаваемой жидкости.

Как видно из рис. 59, коленчатый вал насоса при помощи шатуна приводит в возвратно-поступательное движение две вертикальные тяги. Движение плунжеру передается через пружину (наружную), которая начинает сжиматься только при достижении давления в цилиндре, равного 60 *атм*. При этом максимальный ход плунжера, равный 40 *мм*, соответственно уменьшается, что приводит к уменьшению количества подаваемой в рабочий цилиндр жидкости. Следовательно, с увеличением сопротивления продукта прессованию, скорость опускания прессующей плиты снижается. Это необходимо для обеспечения вытекания сока из прессуемого продукта.

При постепенном увеличении давления прессования пружина все больше и больше сжимается и, наконец, при давлении жидкости в гидравлической системе, равном 200 *атм*, перемещение плунжера совершенно прекращается, а работа насоса сводится только к сжатию пружины.

Внутренняя пружина меньшего диаметра служит для подъема плунжера при ходе шатуна вверх.

Техническая характеристика

Диаметр рабочего плунжера	325 *мм*
Площадь	827 *см²*
Ход	800 *мм*
Число корзин	3
Диаметр корзин	3200 *мм*
Высота корзины	1130 „
Вместимость корзины	9,345 *м³*
Диаметр плунжера насоса	24 *мм*
Площадь плунжера насоса	4,42 *см²*
Ход плунжера насоса максимальный	40 *мм*

Мощность электродвигателя	1,5 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	9400
ширина	9400
высота	3900
Вес	18 000 *кг*

Большое значение для нормальной работы гидравлических прессов имеет предотвращение протекания жидкости между стенками цилиндра и стенками плунжера. Для этой цели применяют уплотнительные устройства сальникового либо манжетного типа. Материалом для уплотнительного устройства служит обычно кожа.

На рис. 60 показаны основные конструкции уплотнительных устройств гидравлических прессов.

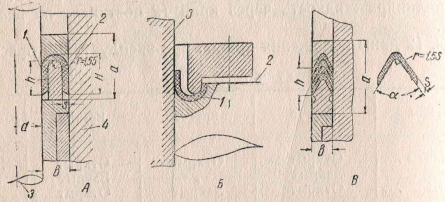


Рис. 60. Уплотняющие манжеты гидравлических прессов

Неподвижная кожаная манжета U-образной формы показана на рис. 60, *А*. В открытой части манжеты *1* находится металлическое кольцо *2*. Жидкость, находящаяся между манжетой и кольцом, своим давлением прижимает манжету к стенкам плунжера *3* и цилиндра *4*, этим обеспечивается необходимое уплотнение, препятствующее проходу жидкости.

Таблица 13

Диаметр плунжера *d* в *мм*	*в*	*H*	*S*	*h*	*a*
		Для U-образных манжет			
⩽89	10	14—16	3—3,5	10	22
90—254	15	22—25	4—5	14	35
255—459	20	32—34	5—6	24	48
460—710	22	41—44	5—7	34	64
710	25	48—51	5—7	40	71

		Для V-образных манжет под углом 60°			
		Число манжет			
⩽89	10	3	3—4	20	50
90—254	15	4	4—5	27	55
255—459	20	4	5—5,5	33	68
460—710	22	5	5—7	50	97
710	25	6	5—7	60	105

На рис. 60, *Б* показана манжета *1*, закрепленная на верхней торцевой поверхности плунжера *2* и вместе с ним перемещающаяся относительно цилиндра *3*.

На том же рис. 60, *В* показаны V-образные кожаные манжеты с углами раствора 60, 90, 120°.

Поддерживающие кольца снабжены канавками или отверстиями для прохода воды к манжетам.

В табл. 13 приведены размеры U-образных и V-образных манжет.

Производительность гидравлического пресса (по сырью) определяется из уравнения:

$$Q = \varphi \frac{\pi D^2}{4} H \gamma \frac{480}{t_ц} \quad [т/смену],$$

где: Q — сменная производительность пресса в *т*;
D — внутренний диаметр корзины в *м*;
H — высота корзины в *м*;
γ — объемный вес продукта в $т/м^3$;
$t_ц$ — продолжительность цикла в мин.;
φ — коэффициент заполнения корзины ($\varphi = 0{,}8—0{,}85$).

* * *

Кроме описанного гидравлического пресса с верхним давлением, выпускают гидравлические прессы с нижним давлением, в которых рабочий цилиндр и плунжер установлены под корзиной с прессуемым продуктом, а прессующая плита укреплена неподвижно. При подаче жидкости в цилиндр гидравлического пресса плунжер поднимает тележку, на которой установлена корзина, и подводит ее под прессующую плиту.

В остальном работа гидравлических прессов с верхним и нижним давлением мало различается.

РЕЖИМ ПРЕССОВАНИЯ

Давление на продукт при прессовании меняется. В первой стадии прессования давление растет медленно, так как объем прессуемого продукта уменьшается за счет заполнения пустот между отдельными частицами продукта. После заполнения этих пустот давление растет быстрее.

На рис. 61 приведена зависимость между основными показателями процесса прессования вишен в гидравлическом прессе, по данным Б. Л. Флауменбаума. На оси абсцисс для всех трех кривых *А*, *Б*, *В* нанесено время в мин., на оси ординат для кривой *А* нанесен выход вишневого сока в процентах к весу продукта, загруженного в корзину гидравлического пресса.

Для кривой *Б* на оси ординат отложено давление жидкости в цилиндре гидравлического пресса в $кг/см^2$, а для кривой *В* — скорость вытекания сока в %/мин.

Первые 36 мин. вишневый сок вытекает самотеком. Резкое повышение скорости вытекания сока в этом периоде объясняется тем, что в корзину добавляют дополнительное сырье; при этом наряду с увеличением скорости, благодаря стеканию сока из добавленного сырья, увеличивается давление на нижележащие слои.

После окончания загрузки корзины сырьем скорость вытекания вишневого сока самотеком снижается, и вытекание почти прекращается.

На тридцать седьмой минуте от начала производственного цик (загрузка корзины продуктом, стекание сока самотеком) пускают нас подающий рабочую жидкость в цилиндр гидравлического пресса. Ск рость вытекания сока резко возрастает и достигает 29,3% в мин. (кр вая B).

Давление на прессуемый материал возрастает (пунктирная кр вая $Б$), однако скорость вытекания сока уменьшается, давая еще д пики, а затем непрерывно уменьшается, несмотря на увеличение давлен

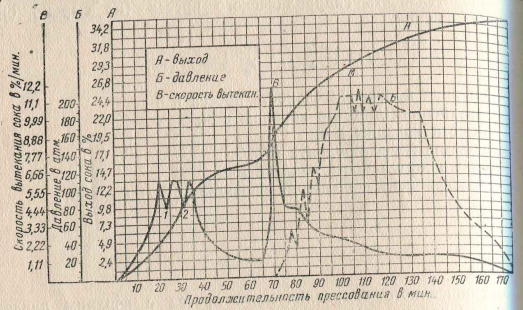


Рис. 61. График прессования вишен

Такое кажущееся противоречие (давление возрастает, а скорост вытекания уменьшается) объясняется тем, что к началу прессовани около 40% вишневого сока (20,5% из 52,6%) вытекло самотеком, а ч рез 25 мин. после начала прессования (точка M на кривой A) количест отжатого сока составило 80% от всего полученного за время прессовани и поэтому уменьшение скорости вытекания сока является закономерны

Для других прессуемых продуктов, из которых сок самотеком пол не вытекает, как, например, яблоки, прессование носит иной характ

Расчет усилий, действующих в гидравлическом прессе

Введем такие обозначения:

f — площадь плунжера в $см^2$;
F — площадь прессования в $см^2$;
$P_{ж}$ — давление жидкости в $кг/см^2$;
P — давление на прессуемый материал в $кг/см^2$.

При отсутствии трения и гидравлических сопротивлений усилие, дей ствующее на плунжер гидравлического пресса, передавалось бы по ностью на прессуемый материал. В этом случае можно было бы написа

$$fP_{ж} = FP \text{ или } \frac{f}{F} = \frac{P}{P_{ж}}.$$

Подставляя вместо f выражение $\frac{\pi d_п^2}{4}$, где $d_п$ — диаметр плунже в $см$, а v — скорость его подъема в $м/сек$, получим теоретическую мо ность для прессования в $квт$:

$$N = \frac{P_{ж}\pi d_п^2 v}{102 \cdot 4} = 0{,}0077 P_{ж} d_п^2 v.$$

В гидравлических прессах имеют место потери энергии. Подсчитать их можно с достаточной для практических целей точностью, если учи тывать:

а) потери на трение в устройстве, уплотняющем плунжер;
б) потери на трение в направляющих колоннах пресса.

Сила трения в уплотняющем устройстве пресса может быть выра жена уравнением

$$R = \mu \pi d_п P_{ж} h \ [кг],$$

где: μ — коэффициент трения для уплотняющей набивки ($\mu = 0{,}2$ для мягкой набивки и $\mu = 0{,}1$ для кожи);
$d_п$ — диаметр плунжера в $см$;
h — высота уплотняющей набивки в $см$;
$P_{ж}$ — давление жидкости в $кг/см^2$.

При применении мягкой набивки в расчет вводят только 15% всей высоты набивки.

Расчет прочных размеров цилиндра и плунжера гидравлического пресса

Толщину стальных стенок рабочего цилиндра пресса можно определить по формуле:

$$\frac{D_н}{D_в} = \sqrt{\frac{K_p + 0{,}4P}{K_p - 1{,}3P}},$$

где: $D_н$ — наружный диаметр цилиндра в $см$;
$D_в$ — внутренний диаметр цилиндра в $см$;
K_p — допускаемое напряжение материала на разрыв в $кг/см^2$;
P — давление внутри цилиндра в $кг/см^2$.

Радиус сферического дна цилиндра должен быть равен внутреннему диаметру $D_в$ цилиндра, а радиусы перехода от сферы к цилиндру должны быть равны $0{,}2\ D_в$.

Толщину цилиндрической стенки стального пустотелого кованого плунжера можно определить по эмпирической формуле С. Конюхова

$$S = \sqrt{0{,}62R} \ [см],$$

где R — внешний радиус плунжера в $см$.

ПРЕССЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Рабочим органом большинства прессов непрерывного действия является винт-шнек с уменьшающимся шагом либо с увеличивающимся диаметром. При перемещении продукта таким винтом создается необходимое давление на продукт, благодаря чему из него выделяется сок.

При применении пресса непрерывного действия можно лучше организовать технологический процесс.

Пресс непрерывного действия для получения сока из дробленого, предварительно подогретого сырья изображен на рис. 62. Наибольшее применение в консервной промышленности эти прессы получили для отжима томатного сока.

Рабочим органом пресса является винт *1* с шагом, постепенно умень-
шающимся по направлению к выходу отходов. Благодаря такому устрой-
ству объем продукта, подаваемого винтом (шнеком), постепенно умень-
шается, что влечет за собой выделение и продавливание сока через
ситчатый цилиндр *2*, состоящий из двух частей, соединенных между
собой болтами.

Сырье загружают в бункер *3*, сок стекает в небольшой сборник
с коническим дном, а отходы удаляются через кольцевой зазор *5*, обра-
зованный расточенным на конус кольцом *6* и конической частью *7* рабо-
чего вала.

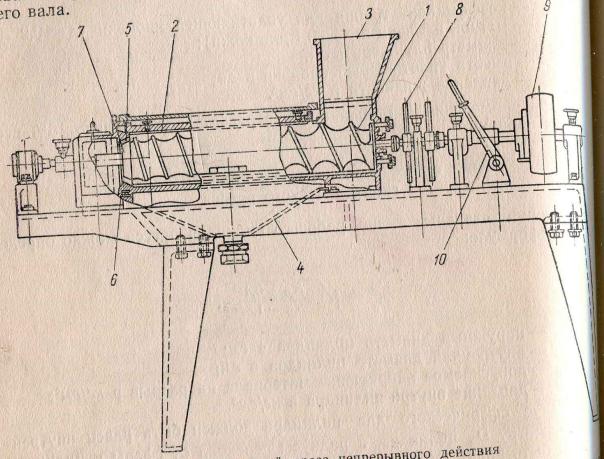


Рис. 62. Шнековый пресс непрерывного действия

Величина зазора *5* регулируется перемещением вала вдоль его о
при помощи регулирующего устройства *8*. Изменяя величину зазора
можно изменять выход сока. Если уменьшить зазор, выход сока уве
чивается, но качество его ухудшается, так как вместе с соком через с
чатый цилиндр *2* будут проходить вещества, обусловливающие помут
ние сока.

При пуске пресса зазор должен быть максимальным, после чего
понемногу уменьшают до нормального. Шкив *9* снабжен фрикцион
муфтой, включаемой рукояткой *10*.

Все части, соприкасающиеся с продуктом, изготовлены из нержав
щей стали. После остановки пресса необходимо прочистить сито шет
и промыть машину горячей водой.

Техническая характеристика

Производительность	до 5 *т/час*
Число оборотов приводного шкива	200—245 в мин.
Потребная мощность двигателя	до 3 *квт*
Габариты в *мм*:	
	1980
	480

ТОМАТОСОКОВЫЕ КОМБАЙНЫ

Томатосокозые комбайны созданы впервые в СССР.

Томатосоковым комбайном завода имени М. И. Калинина в Одессе
осуществляются следующие операции:

1) дробление томатов;
2) подача дробленых томатов в первый подогреватель;
3) подогрев до 60—70°;
4) прессование;
5) протирание оставшегося после прессования продукта;
6) подача сока в подогреватель;
7) подогрев сока до 70—80° перед расфасовкой;
8) подача подогретого сока на расфасовку;
9) отвод пульпы из протирочной машины (на переработку в томат-
пасту либо соус).

Томатосоковые комбайны имеют следующие достоинства:

1) уменьшаются производственные площади и длина сокопроводов;
2) вместо 4—5 требуется только 1 электродвигатель;
3) снижается расход металла;
4) облегчается обслуживание и регулирование оборудования.

ТОМАТОСОКОВЫЙ КОМБАЙН КТС-30

Томатосоковый комбайн КТС-30 состоит из дробящей, подогреваю-
щей и прессующей частей, соединенных между собой трубопроводами, по
которым перерабатываемый продукт перемещается насосами лопастного
типа.

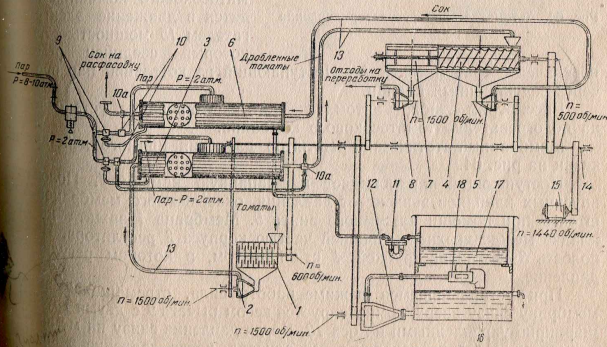


Рис. 63. Схема томатосокового комбайна КТС-30

С инспекционного транспортера (рис. 63) томаты поступают в бункер
дробилки *1*; раздробленные томаты нагнетаются насосом *2* по трубопро-
воду *13* в первую секцию трубчатого подогревателя *3* (конструкция этого
подогревателя описана в гл. XI).

Подогретая до 60° дробленая томатная масса тем же насосом *2* на-
правляется в шнековый пресс *4* непрерывного действия. Отжатый сок
насосом *5* нагнетается во вторую секцию *6* подогревателя и после подо-
грева поступает на расфасовку.

Выход сока, полученного после прессования, составляет 65—70% к весу сырья. Остаток продукта (пульпа, семена, кожура) перемещается винтом пресса в протирочную машину 7, где пульпа отделяется от кожуры и семян и насосом 8 подается на дальнейшую переработку в томат-пасту. Греющий пар подается в трубчатые подогреватели через автоматически регулируемые клапаны 9, поддерживающие определенное давление пара в греющих камерах. Температура сока автоматически регулируется терморегуляторами 10 с термобаллонами 10а.

Вакуум в греющих полостях подогревателей 3 и 6 создается за счет конденсации пара, а также благодаря автоматическому регулированию поступления пара в количестве, обеспечивающем подогрев определенного количества продукта до заданной температуры.

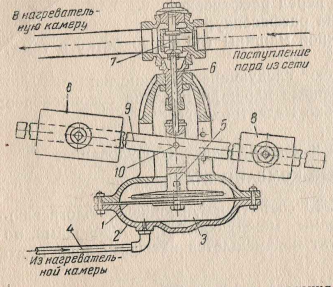


Рис. 64. Автоматический регулятор давления

Для отвода конденсата из парового пространства подогревателя, в котором поддерживается давление ниже атмосферного, служат: конденсатоотводчик 11, вакуум-бачок 17, бак 16, насос 12 и эжектор 18. Все части комбайна, соприкасающиеся с продуктом, изготовлены из нержавеющей стали.

Отдельные механизмы томатосокового комбайна приводятся в движение электродвигателем 15 мощностью 7,4 кет, который соединен ременной передачей с трансмиссией 14. Поступающий из котельной пар проходит через редукционный клапан.

Рассмотрим приборы автоматического регулирования, установленные на подогревателях томатосокового комбайна.

Мембранный статический регулятор давления прямого действия показан на рис. 64.

Поступающий пар попадает в клапанную камеру 7. Положение впускных клапанов зависит от давления, оказываемого мембраной 1 на шток 6 при помощи нажимного винта 5. Мембрана 1 зажата на прокладке между верхней и нижней частью корпуса 2 регулятора. Нижняя полость 3 соединена трубкой 4 с аппаратом, в котором регулируется давление.

При установившемся режиме работы сила, стремящаяся выгнуть мембрану снизу вверх, компенсируется весом рычага 9 с двумя грузами, шарнирно укрепленными на оси 10. Когда давление снизу на мембрану повысится, а это происходит в тех случаях, когда давление в аппарате становится больше установленного, мембрана выгибается вверх, поднимает рычаг 9 с грузами 8 и шток 6 с клапанами. При этом поступление пара в аппарат прекращается.

При понижении давления пара в аппарате работа автоматического регулятора происходит в обратной последовательности.

Для установки регулятора на заданное давление необходимо переместить груз 8 вдоль рычага.

После регулятора давления на паропроводе установлены автоматические регуляторы температуры дробленых томатов и сока. Разрез терморегулятора приведен на рис. 65. Принцип действия этого регулятора основан на том, что давление паров жидкости, находящейся в термопатроне 2, увеличивается, если термопатрон нагревают. Термопатрон соединен капиллярной трубкой 3 с герметичной камерой, внутри которой находится гофрированный медный пустотелый цилиндр 4 (сильфон). При повышении температуры среды давление на верхнюю крышку сильфона увеличивается, он сжимается, верхняя крышка опускается вместе со штоком 8, на нижнем конце которого находится двойной золотник-клапан 1, перекрывающий либо уменьшающий проходное сечение, через которое пар поступает в нагревательную камеру.

При этом пружина 5 сжимается. Когда же температура среды снижается, сжатая пружина 5 распрямляется, шток 8 вместе с золотником 1 поднимаются, увеличивая проходное сечение для пара.

При изменении степени натяжения пружины 5 при помощи гайки 7 изменяется температура регулируемой среды.

Для уменьшения трения штока в сальнике и увеличения его герметичности регулятор снабжен масленкой 6.

Смазка, консистенция которой при температуре 14—16° соответствует консистенции вазелина, по соединительной трубке подается при помощи нажимного винта в специально предназначенную для этой цели полость в сальнике.

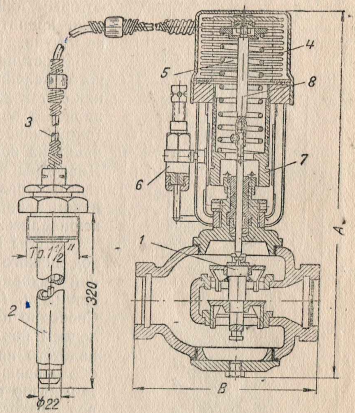


Рис. 65. Автоматический регулятор температуры

Автоматический регулятор температуры типа РПД (регулятор прямого действия) завода Тизприбор выпускается для трех диапазонов температур:

1	от 20	до 70°
2	„ 70	„ 120°
3	„ 70	„ 150°

Регулятор можно настроить на любую температуру в пределах каждого диапазона.

Для настройки на соответствующую температуру применяют сменные пружины. Тонкая регулировка производится при помощи гайки 7. Для перемещения золотника из одного крайнего положения в другое необходимо изменить температуру не более чем на 10°.

Размеры регулятора в *мм*:

Для клапана	Ø1″	$A = 326$, $B = 140$
„ „	Ø1½″	$A = 345$, $B = 170$
„ „	Ø2″	$A = 345$, $B = 185$

Для уменьшения давления греющего пара с 8—10 до 2 *атм* на паропроводе перед томатосоковым комбайном установлен редукционный клапан, автоматически поддерживающий заданное давление пара.

На рис. 66 показан разрез редукционного клапана. В табл. 14 приведены основные размеры редукционных клапанов в зависимости от диаметра клапана (условного прохода).

Редукционный клапан состоит из чугунного корпуса *1*, чугунной верхней крышки *2*, цилиндра *3*, поршня *4*, бронзового кольца *5* и золотника стальной штанги *7*, тяг *8*, верхнего шпинделя *9*, нижнего шпинделя и пружины *11*. Верхняя траверса *12*, нижняя *13* и неподвижный мостик *14*, которым нижняя часть редукционного клапана крепится к корпусу *1*, изготовлены из чугуна.

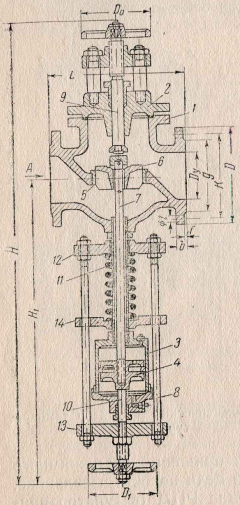


Рис. 66. Редукционный клапан

Поступающий по стрелке *А* пар высокого давления не в состоянии поднять золотник *6*, так как одновременно с поступлением пара под золотник пар поступает по каналу (окружающему штангу *7*) в цилиндр *3* и давит на воду, находящуюся над поршнем *4*. Диаметры золотника и поршня подобраны таким образом, чтобы усилия, создаваемые паром в направлении вверх и вниз, уравновешивались.

Чтобы пар начал поступать в паропровод низкого давления, нужно повернуть нижний маховик по часовой стрелке. При этом шпиндель *10* поднимает поршень и штангу. Свободно надетый на штангу золотник давлением пара поднимается вверх до упора, надетого на верхний конец штанги. Через образовавшийся между золотником и седлом зазор пар начнет поступать в паропровод низкого давления, создавая при этом определенное давление на штангу и золотник сверху вниз.

Чем выше давление пара на стороне низкого давления, тем с бо́льшим усилием штанга стремится опуститься, надавливая на поршень, нижний шпиндель и нижнюю траверсу *13*.

При опускании траверсы *13* она при помощи тяг *8* и верхней траверсы *12* сжимает пружину *11*. Этот момент является основным в работе редукционного клапана.

Золотник находится под воздействием двух сил: сверху вниз под давлением пара и снизу вверх под действием сжатой пружины.

При повышении давления пара со стороны низкого давления преодолевается натяжение пружины, клапан прикрывается и поэтому давление пара снижается.

Обратное явление имеет место при падении давления на стороне низкого давления. Поршень снабжен резиновым уплотняющим кольцом, так как весь поршень находится под водой, то резиновое кольцо предохранено от воздействия пара.

Редукционный клапан устанавливают вертикально — поршнем вниз, пар высокого давления поступает под золотник.

На линии до редукционного клапана имеется запорное устройство (вентиль). Верхний шпиндель *9* должен быть во время работы поднят. В случае отказа. Камера над поршнем заполняется предварительно водой через

отверстие в верхней части цилиндра. Через другое отверстие в дне цилиндра ввинчивается трубка, которая служит для отвода воды и воздуха из этой полости. Этим устраняется возможное противодавление в полости под поршнем.

Таблица 14

Условный проход D_y в *мм*	Основные габаритные и присоединительные размеры в *мм*											Число отверстий Z	Вес в *кг*
	L	D	K	g	f	b	$\varnothing l$	H	H_1	D_0	D_1		
25	135	115	85	68	2	16	14	410	280	65	65	4	7,5
50	200	165	125	102	3	20	18	620	445	100	100	4	30,0
80	260	200	160	138	3	22	18	990	625	240	150	6	60,0
100	300	220	180	158	3	24	18	1070	680	270	150	8	80,0

Техническая характеристика томатосокового комбайна КТС-30

Производительность	30 *л* сока в мин.
Поверхность нагрева каждой секции подогревателя	2,8 $м^2$
Количество трубок в каждой секции подогревателя	12
Диаметр трубок	38/33 *мм*
Длина трубок	2 *м*
Температура нагрева сока	95°
Скорость движения дробленых томатов по трубам	0,9 *м/сек*
Скорость движения сока по трубам	0,58 *м/сек*
Продолжительность нагрева дробленых томатов	27,6 сек.
Продолжительность нагрева сока	42,5 сек.
Давление пара после редуктора	2 *атм*
Расход пара (расчетный)	400 *кг/час*
Габариты в *мм*:	
длина	2500
ширина	2050
высота	2380
Вес	2500 *кг*

ТОМАТОСОКОВЫЙ КОМБАЙН КТС-10

Томатосоковый комбайн КТС-10 предназначен для работы на небольших плодоовощных заводах.

В отличие от томатосокового комбайна КТС-30 комбайн КТС-10 имеет только один подогреватель; дробилка является одновременно насосом, отсутствует протирочная машина. Кроме того, этот комбайн снабжен разливочной машиной, механизирующей расфасовку томатного сока.

На стальном, имеющем форму стола, каркасе *1* (рис. 67) смонтированы дробилка-насос *2*, вакуум-подогреватель *3*, пресс непрерывного действия (экстрактор) *4*, сборник *5* для сока, пропеллерный насос *6*, электродвигатель *7* и вакуум-сборник *8* для конденсата.

Томаты из вентиляторной моечной машины или с инспекционного транспортера поступают в приемный бункер, установленный над дробилкой-насосом.

После дробления томаты по трубопроводу *10* подаются в многоходовой трубчатый вакуум-подогреватель, который разделен на две части. По трубкам одной части движется дробленый продукт, по трубкам второй части — сок. Таким образом, вакуум-подогреватель комбайна КТС-10

выполняет ту же работу, что две секции вакуум-подогревателя, описанного на стр. 109. Подогретые дробленые томаты поступают по трубопроводу *11* в приемную часть пресса непрерывного действия, конструкция и описание работы которого приведены на стр. 107 и 108.

Отжатый сок поступает в сборник *5*, откуда насосом *6* по трубе *12* он нагнетается во вторую (соковую) часть вакуум-подогревателя *3*. Пройдя по трубам вакуум-подогревателя, сок нагревается до заданной температуры, величину которой показывает термометр *13*, установленный на трубопроводе *14*, по которому сок подается в разливочную машину.

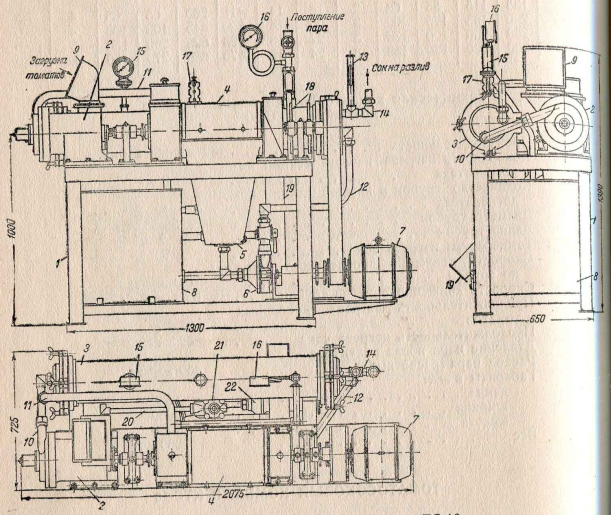


Рис. 67. Томатосоковый комбайн КТС-10

Вакуумметр *15*, манометр *16* и предохранительный клапан *17* обеспечивают контроль режима работы вакуум-подогревателя.

Для регулирования степени отжатия сока имеется регулировочное устройство *18*; при помощи этого устройства изменяется величина зазора, через который удаляются отходы, выводимые из машины по желобу *19*.

Устройство для отвода конденсата из вакуум-подогревателя, обеспечивающее создание разрежения в паровой греющей части вакуум-подогревателя, показано на рис. 68.

Конденсат отводится из вакуум-подогревателя *1* по трубопроводу *2* в конденсатоотводчик *3*.

Отводной патрубок конденсатоотводчика присоединен к вакуум-баку *4*, который соединен с водяным эжектором *5*; в этот эжектор насос *6* нагнетает воду из бака *7*. Крышка вакуум-бака *4* орошается холодной водой, чем улучшаются условия для конденсации пара, а следовательно, и для создания вакуума во всей системе, предшествующей вакуум-бачку. Стекающая с крышки бака *4* вода, а также конденсат вместе с водой, подаваемой насосом, собираются в открытом баке *7* и через отверстие *8* сливаются в канализацию.

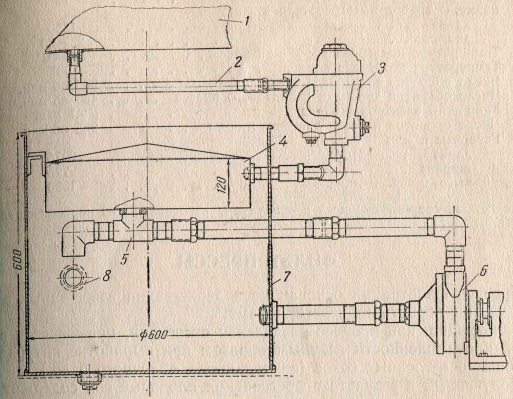


Рис. 68. Схема отвода конденсата из подогревателя томатосокового комбайна КТС-10

Пуск томатосокового комбайна

Перед пуском комбайна необходимо промыть его горячей водой, смазать трущиеся части, проверить уровень воды в вакуум-сборнике, проверить, нет ли в машине посторонних предметов, создать максимальный зазор для выхода отходов из пресса непрерывного действия (экстрактора).

Пуск агрегата осуществляется следующим образом: включают электродвигатель и по достижении вакуума в греющей камере подогревателя 150 *мм* рт. ст. (через 5—6 мин.) открывают паровой вентиль для впуска пара. После прогрева конденсационного горшка начинают подачу томатов в дробилку. Томаты следует подавать непрерывно и равномерно.

Когда дробленые и подогретые томаты заполнят весь объем винтового пресса, нужно постепенно уменьшать кольцевой зазор между винтом и корпусом пресса до получения отходов нормальной влажности.

Отжатый сок из расположенного под винтовым прессом сборника следует забирать равномерно в соответствии с его поступлением. Для этой цели нужно отрегулировать производительность насоса краном, расположенным между сборником и насосом.

Необходимо следить, чтобы давление поступающего в подогреватель сока не превышало 2 *атм*.

Опыт эксплуатации описанных томатосоковых комбайнов на заводах Укрглавконсерва дал положительные результаты.

Техническая характеристика

Производительность	10 *л/м*
Поверхность нагрева первой секции подогревателя	0,55 *м²*
Поверхность нагрева второй секции подогревателя	1,1 *м²*
Количество трубок подогревателя	12
Размеры трубок подогревателя в *мм*:	
длина	1350
диаметр	25—33
Температура подогрева дробленой массы	50—60°
Температура подогрева сока	90°
Число оборотов электродвигателя	965 об/мин.
Число оборотов дробилки и винтового пресса	400 об/мин.
Мощность электродвигателя	2,7 *квт*
Число оборотов насосов для сока и воды	965 об/мин.
Габариты в *мм*:	
длина	2075
ширина	725
высота	1390

Все детали, соприкасающиеся с продуктом, изготовлены из нержавеющей стали и бронзы.

ФИЛЬТРПРЕССЫ

Процесс фильтрации основан на задерживании взвешенных в жидкости частиц пористыми перегородками.

Фильтрация, как процесс разделения суспензии, применяется в консервной промышленности главным образом при выработке натуральных фруктовых осветленных соков (виноградного, яблочного и др.).

Полученный в результате прессования плодовый сок содержит взвешенные частицы мякоти различной величины и представляет собой стойкую коллоидную систему. Для отделения частиц мякоти, находящихся в соке, его фильтруют через пористые перегородки, которые задерживают взвешенные в соке частицы и свободно пропускают сок (фильтрат). Для фильтрующих перегородок применяют хлопчатобумажную ткань либо сукно, металлические ткани из некорродирующих металлов, пластины из прессованного асбеста и др.

Для преодоления гидравлического сопротивления, которое оказывают потоку жидкости фильтрующая перегородка и слой осадка, необходим перепад давлений. Этот перепад давлений создается насосом, подающим суспензию под давлением, либо наличием разрежения с одной стороны фильтрующей перегородки. Фильтры, работающие под разрежением, носят название вакуум-фильтров.

В процессе фильтрации толщина слоя осадка и гидравлические сопротивления фильтра увеличиваются, поэтому фильтрацию ведут двумя способами: 1) при постоянном давлении с уменьшающейся скоростью фильтрации; 2) при постоянной скорости фильтрации с постепенно повышающимся давлением.

Скорость движения фильтрата через поры осадка и фильтрующую перегородку носит ламинарный характер и, подчиняясь закону движения жидкости по капиллярам, может быть выражена уравнением:

$$v = \frac{\pi d^4 P}{128 \mu \alpha h} \ [м^3/сек], \qquad (V-9)$$

где: d — диаметр капилляра в *м*;
P — разность давлений на концах капилляра в $кг/м^2$;
μ — вязкость фильтрата в $\frac{кг \cdot сек}{м^2}$;

α — поправочный коэффициент, учитывающий криволинейность капилляров;
h — толщина осадка в *м*.

Производительность фильтра за τ сек., имеющего площадь F $м^2$ с числом пор n на 1 $м^2$ поверхности фильтра, будет равна:

$$V = \frac{\pi d^4 P F n \tau}{128 \mu \alpha h} \ [м^3]. \qquad (V-10)$$

Скорость фильтрации (объем фильтрата в $м^3$, проходящего через 1 $м^2$ фильтрующей поверхности в секунду) будет равна:

$$C = \frac{V}{F\tau} = \frac{\pi d^4 P n}{128 \mu \alpha h} \left[\frac{м^3}{м^2 \cdot сек}\right]. \qquad (V-11)$$

Обозначим $\frac{128\alpha}{\pi d^4 n}$ через r, где r — удельное сопротивление осадка $\frac{1}{м^2}$.

Подставив r вместо его значения в формулу (V—11), находим

$$C = \frac{P}{r \mu h} \left[\frac{м^3}{м^2 \cdot сек}\right].$$

Принимаем, что фильтрация проводится при постоянном давлении; при этих условиях производительность фильтра для суспензий со сжимаемым осадком может быть с достаточной точностью определена из уравнения:

$$V = F\sqrt{K(\tau + \tau_1)} - V_1 \ [м^3], \qquad (V-12)$$

где: V — производительность фильтра в $м^3$ за время τ;
F — поверхность фильтрующей перегородки в $м^2$;
K — константа фильтрации;

$$K = \frac{2P_o}{\mu r x}, \qquad (V-13)$$

здесь: P_o — уменьшение давления фильтрата в $\frac{кг}{м^2}$;
μ — вязкость фильтрата в $\frac{кг \cdot сек}{м^2}$;
x — объем осадка в $м^3$, отлагающегося на фильтрующей перегородке при прохождении 1 $м^3$ фильтрата;
τ — время фильтрации в сек.;
V_1 — объем фильтрата в $м^3$, при прохождении которого на фильтрующей перегородке отлагается осадок, сопротивление которого равно сопротивлению фильтрующей перегородки;
τ_1 — время фильтрации объема жидкости V_1 в сек.

Для виноградного сока опытным путем при оптимальном давлении жидкости, равном 1,5 $кг/см^2$, найдены такие значения величин K, V_1, τ_1:

$$K = 1{,}3 \cdot 10^{-6} \ [м^2/сек], \quad V_1 = 2{,}53 \cdot 10^{-3} \ [м^3], \ \tau_1 = 5 \text{ сек.}$$

КАМЕРНЫЙ ФИЛЬТРПРЕСС

Для фильтрации вина и соков применяют камерные фильтрпрессы. Общий вид такого фильтрпресса в собранном виде приведен на рис. 69. Фильтр смонтирован на передвижной станине и состоит из чугунных

ных плит. Между двумя смежными плитами помещена фильтрующая перегородка (асбест или другой фильтрующий материал).

В каждой плите имеются два прилива (рис. 70), в центре которых расположены отверстия. Когда пластины собраны и плотно сжаты винтовым устройством (см. рис. 69), то приливы пластин образуют четыре канала. По каналам четных пластин течет нефильтрованный сок, по каналам нечетных пластин течет профильтрованный сок (или, наоборот, в зависимости от конструкции фильтра).

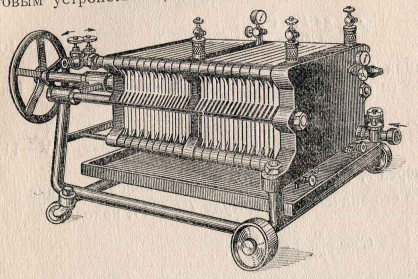


Рис. 69. Камерный фильтрпресс (общий вид)

Поступающий на фильтрацию сок заполняет объем между пластиной и фильтрующей перегородкой (рис. 70); под давлением, создаваемым насосом, сок проходит через фильтрующую перегородку и направляется в канал для фильтрованного сока, откуда поступает в сборник.

По мере накопления осадка на фильтрующей перегородке ее сопротивление возрастает. Поэтому через определенные промежутки времени необходимо производить перезарядку фильтров. Для этого прекращают подачу сока, винт, сжимающий пластины, отводят, а пластины раздвигают.

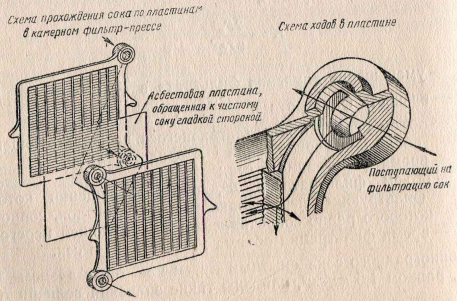


Рис. 70. Схема движения жидкости в камерном фильтрпрессе

В табл. 15 приведена техническая характеристика камерных фильтров.

Практический интерес представляет вопрос об оптимальной продолжительности работы фильтрпресса между перезарядками, во время которых прекращают фильтрацию, удаляют осадок и заменяют фильтрую-

Таблица 15

Размер пластин в см	Число пластин в шт.	Средняя часовая производительность в л/час	Габариты в мм: длина	ширина	высота	Вес в кг
60 × 60	20	1500—1900	2600	1000	1360	1060
60 × 60	40	3100—3900	2600	1000	1360	1180
60 × 60	80	6300—7900	3200	1060	1360	1500
60 × 60	150	11900—14900	4600	1000	1360	2115
60 × 60	10	450—550	1350	600	—	198
40 × 40	30	1400—1700	1450	600	1800	262
40 × 40	50	2400—2900	1600	600	—	335

Чем больше перезарядок фильтрпресса производят в течение смены (за 8 час.), тем меньше продолжительность фильтрации. С другой стороны, как мы увидим из приведенного ниже примера, с увеличением времени работы пресса без перезарядки уменьшается его производительность благодаря увеличению толщины слоя осадка.

Оптимальный режим работы фильтрпресса, при котором производительность его будет максимальной, можно определить по формуле А. Ф. Фан-Юнга

$$t_{ф} = t_{п} + \sqrt{4t_{п} \cdot \frac{V_1^2}{K}} \text{ [мин.]}, \qquad (V—14)$$

где: $t_{ф}$ — оптимальная продолжительность фильтрации между перезарядками в мин.;

$t_{п}$ — продолжительность перезарядки в мин.;

K и V_1 — параметры процесса, физический смысл которых был приведен для формулы (V—12).

При фильтрации виноградного сока средние значения $t_{п} = 60$ мин., $t_{ф} = 70—80$ мин. Удельная производительность 1 $м^2$ фильтрующей поверхности составляет около $125 \frac{л}{м^2 \cdot час}$.

ОСВЕТЛЕНИЕ СОКОВ ПРИ ПОМОЩИ ГЛИН

При обработке сока в фильтрпрессах он не освобождается полностью от коллоидов и остается мутным. Согласно ГОСТ 656-41 высшие сорта натуральных соков из винограда, яблок, вишен, черешен должны быть прозрачными, без осадка. Для получения прозрачных соков нужно разрушить коллоидную систему, после чего становится возможным разделить сок на жидкую и твердую фазы.

Для разделения соков на жидкую и твердую фазы мог бы быть использован метод отстаивания. Однако продолжительность отстаивания очень велика. Так, например, время осаждения частицы диаметром $2 \cdot 10^{-3}$ *см* составляет 2,29 мин., частицы диаметром $2 \cdot 10^{-4}$ *см* — 8,2 часа, частицы диаметром $2 \cdot 10^{-5}$ *см* — 16 дней, а время осаждения частицы диаметром $10^{-6} \div 10^{-7}$ *см* измеряется месяцами.

Практически осаждение коллоидных частиц невозможно благодаря взаимному их притяжению. На практике соки осветляют чаще всего путем «оклейки» таннином и желатином. Осветление «оклейкой» продолжается 6—10 час., и для его осуществления требуются большие производственные площади.

Работами Одесского технологического института пищевой и холодильной промышленности установлено, что можно одновременно проводить осветление и фильтрацию. Для этого нужно фильтрующую пере-

городку (фильтровальное полотно либо сукно) покрыть тонким слое специально обработанной глины.

Пример. Рассчитать весовую производительность камерного фильтрпресса з первый и второй часы фильтрации виноградного сока. Число рам 60, размер одно рамы — 0,6 × 0,6 *м*; давление, создаваемое насосом, 0,5 *атм*, уд. вес сока $\gamma = 1085$ *кг/м* Константы фильтрации:

$$K = 1{,}3 \cdot 10^{-6} \ м^2/сек,$$

$$V_1 = 2{,}53 \cdot 10^{-3} \ м^3,$$

$$\tau_1 = 5 \text{ сек}.$$

Общая поверхность фильтрации

$$F = 60 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}6 = 21{,}6 \ м^2.$$

Выход сока за первый час при (формула V—12)

$$V' = 21{,}6 \sqrt{1{,}3 \cdot 10^{-6}(3600 + 5)} - 2{,}53 \cdot 10^{-3} = 1{,}47 \ м^3.$$

Вес полученного сока:

$$G_1 = V'\gamma = 1{,}47 \cdot 1085 = 1600 \ кг/час.$$

Выход сока за первый и второй час:

$$V'' = 21{,}6 \sqrt{1{,}3 \cdot 10^{-6}(7200 + 5)} - 2{,}53 \cdot 10^{-3} = 2{,}16 \ м^3.$$

Вес полученного сока за первый и второй час:

$$G_1 + G_2 = 2{,}16 \cdot 1085 = 2350 \ кг.$$

Выход сока за второй час:

$$G_2 = 2350 - 1600 = 750 \ кг,$$

т. е. производительность фильтра в течение второго часа уменьшилась более чем в два раза.

МАШИНЫ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ЗЕЛЕНОГО ГОРОШКА ОТ СТРУЧКОВ И СТЕБЛЕЙ

ЛУЩИЛЬНАЯ МАШИНА

Поступающий на консервные заводы зеленый горошек в стручках правляется в лущильные машины, в которых стручки разрушаются ра чими органами, а горох, освобожденный от оболочки, выводится машины.

Лущильную машину (рис. 71) обычно устанавливают на сырье площадке консервного завода. Стручки с зеленым горошком подаю в приемный бункер элеватором. Из бункера сырье поступает в шнеко транспортер *1*, который перемещает его в барабан *2*, обтянутый метал ческой сеткой; размеры отверстий в сетке постепенно увеличиваются места поступления к месту выхода сырья.

Барабан *2* состоит из семи секций с размерами отверстий (в *м* 10, 11, 12, 13, 14 и 15.

Благодаря различным размерам отверстий в барабане одновреме с лущением можно разделять горошек по размерам.

На внутренней поверхности барабана *2* укреплены деревянные планки, которые поднимают стручки вверх и перемещают их вдоль барабана.

Так как наружный барабан *2* делает всего 10 оборотов в минуту, то центробежная сила инерции, действующая на стручки, ничтожна; поэтому, поднявшись вверх, стручки под действием силы тяжести падают и попадают под ударное воздействие деревянных планок внутреннего барабана *3*, который делает 80 либо 160 оборотов в минуту.

Подвергаясь, таким образом, многочисленным ударам, стручки разрушаются, а горох через отверстия сетки барабана *2* попадает на наклонный транспортер *4*, ширина которого равна ширине барабана *2* (около 4 *м*). Назначение транспортера *4* заключается в отделении гороха от мелких частиц стручков, прошедших вместе с горохом через отверстия в сетке барабана *2*.

Так как горошинки имеют шарообразную форму, то они скатываются по наклонному транспортеру и попадают в сборник *6*, а плоские частицы стручков выносятся транспортером *4* вверх, где снимаются скребковым щеточным транспортером *5*, который перемещается в направлении, перпендикулярном движению транспортера *4*.

В конце барабана *2*, на его внутренней поверхности, укреплены шнековые витки *10* для вывода стручков из машины к лотку *11*. Все механизмы машины приводятся в движение электродвигателем *7* через вариатор числа оборотов *8*. Вращение барабана *2* производится двумя парами опорных роликов *9*.

Число оборотов внутреннего барабана *3* изменяют при помощи вариатора числа оборотов *8*.

Чем суше горошек и чем меньше степень его зрелости, тем меньше должно быть число оборотов лопастей барабана *3*.

При определении оптимального числа оборотов лопастей следует помнить, что с увеличением числа оборотов производительность увеличивается, но одновременно увеличивается количество битых горошинок. При увеличении производительности машины сверх нормальной часть стручков не разрушается.

По окончании работы лущильной машины ее необходимо тщательно очистить и промыть, так как оставшиеся горошинки быстро загнивают, чем нарушаются санитарные нормы эксплуатации машины.

Техническая характеристика

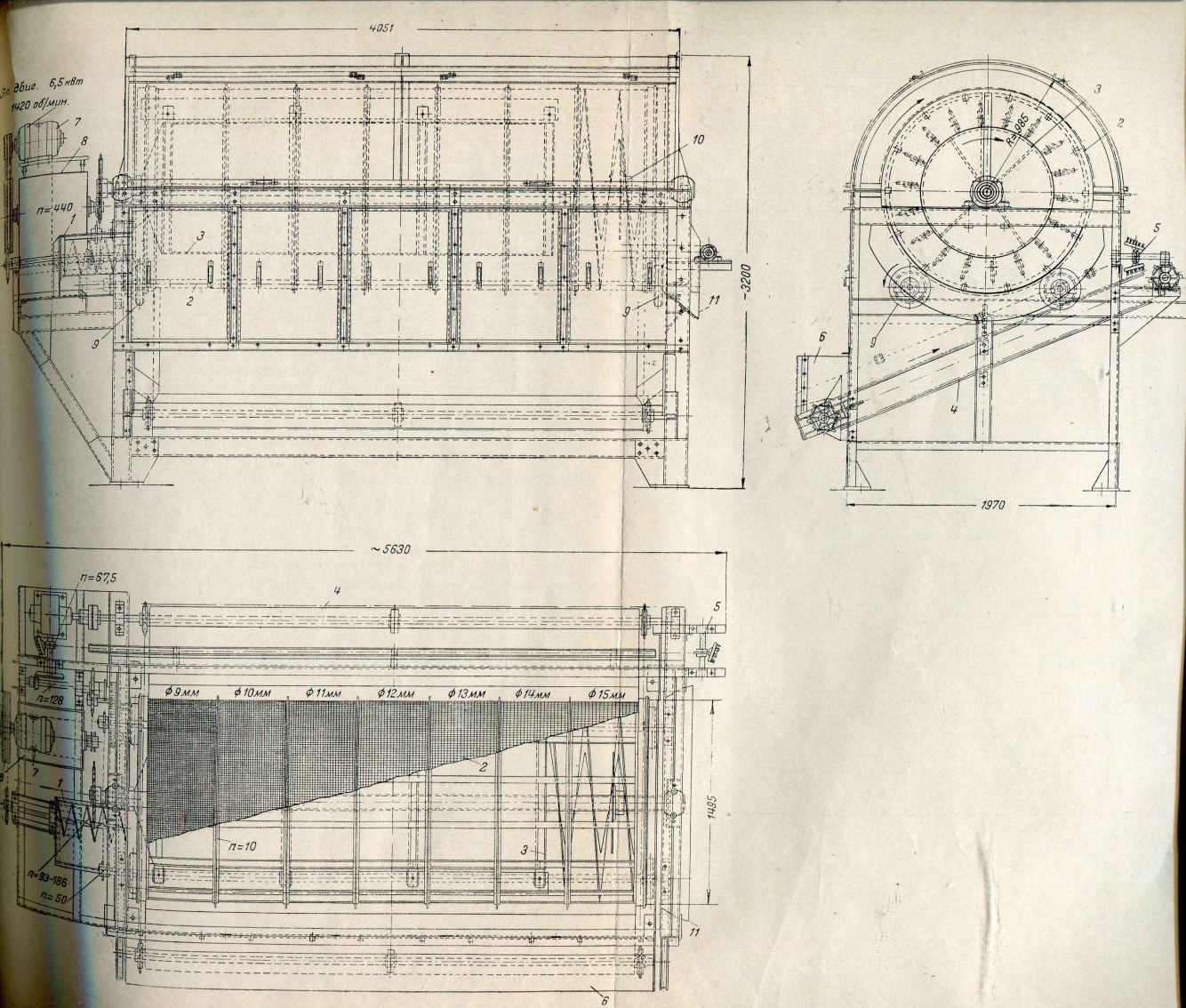
Производительность	3 *т/час*
Мощность электродвигателя	6,5 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	5630
ширина	1970
высота	3200

ГОРОХОМОЛОТИЛКА

Горохомолотилка отличается от лущильной машины значительно бо́льшими габаритами и предназначена для отделения зеленого горошка от стеблей и стручков.

Горохомолотильные машины создают условия для механизации трудоемких работ, связанных с отделением горошка от стеблей и стручков, и в отдельных случаях могут работать в полевых условиях.

Общий вид горохомолотилки приведен на рис. 72.



4051
Эл. двиг. 6,5 квт
1420 об/мин.
7
8
n=440
1
3
2
9
10
11
~3200
R=985
5
6
4
1970
~5630
n=67,5
4
5
n=128
Ф9мм
Ф10мм
Ф11мм
Ф12мм
Ф13мм
Ф14мм
Ф15мм
2
7
1
n=10
3
1495
n=93-186
n=50
11
6

Элеватор *1* подает сырье в многогранный вращающийся барабан *2*. На внутренней поверхности этого барабана укреплены деревянные планки. Сырье поднимается вверх, падает и подвергается ударам лопастей, укрепленных на вращающемся шестигранном барабане *3*. Число оборотов наружного барабана *2* составляет 17,3 об/мин., внутреннего *3* — 108—216 об/мин., что соответствует окружной скорости барабана *2* — 1,5 *м/сек* и барабана *3* — от 5 до 10 *м/сек*.

Вылущенный горох через отверстия в барабане *2* падает на транспортер *4*, из которого он отводится на последующую переработку, а стручки и зеленая часть поступают на транспортеры *6, 7, 8* и выводятся из машины. Вентилятор *9* нагнетает воздух на ленту транспортера *4* для удаления приставших частиц стручков, прошедших вместе с горохом через отверстия в барабане *2*. Вариаторы *10* и *11* при помощи цепных передач и горизонтальных валов приводят в движение все механизмы горохомолотилки. Вращение барабана *2* осуществляется при помощи четырех принудительно вращающихся роликов *5*. Для этого на концах барабанов *2* укреплены цилиндрические бандажи.

При эксплуатации горохомолотилки следует руководствоваться теми же соображениями, которые приведены для лущильной машины.

Техническая характеристика

Производительность	5 *т/час*
Мощность электродвигателей:	
для вращения барабанов	11 *квт*
для привода транспортеров	3,5 „
для привода вентилятора	1 „
Скорость транспортера *4*	0,8 *м/сек*
Скорость транспортера *8*	0,43 „
Габариты в *мм*:	
длина	13900
ширина	1900
высота	4056

МАШИНЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ КОСТОЧЕК ИЗ КОСТОЧКОВЫХ ПЛОДОВ

КОСТОЧКОВЫБИВНАЯ МАШИНА

Машина для удаления косточек из вишен и черешен показана на рис. 73.

Косточковыбивная машина состоит из бункера *1*, в который засыпают плоды, барабана *2*, имеющего 1000 отверстий *3* (25 по окружности и 40 по длине барабана), вала *5* с двумя кулаками *6*, траверсы *7*, на которой укреплены 40 пуансонов *8*, направляющих *9*, осуществляющих одновременно прижим, фиксацию и снятие плодов с пуансона, когда он вместе с плодом поднимается вверх. Барабан *2* приводится в периодическое вращение мальтийским механизмом *4*.

Работа косточковыбивной машины происходит следующим образом: из бункера *1* плоды поступают в отверстия барабана *2* (по одному в каждое). При вращении по часовой стрелке барабан периодически останавливается таким образом, чтобы его отверстия находились точно против пуансонов.

После остановки барабана траверсы *7* с пуансонами *8* опускаются вниз, и каждый пуансон, встречая плод, входит внутрь последнего, доходит до косточки и при дальнейшем движении выбивает косточку из плода. Косточки попадают в неподвижный желоб *10*, находящийся внутри барабана, и шнековым транспортером *11* выводятся из машины.

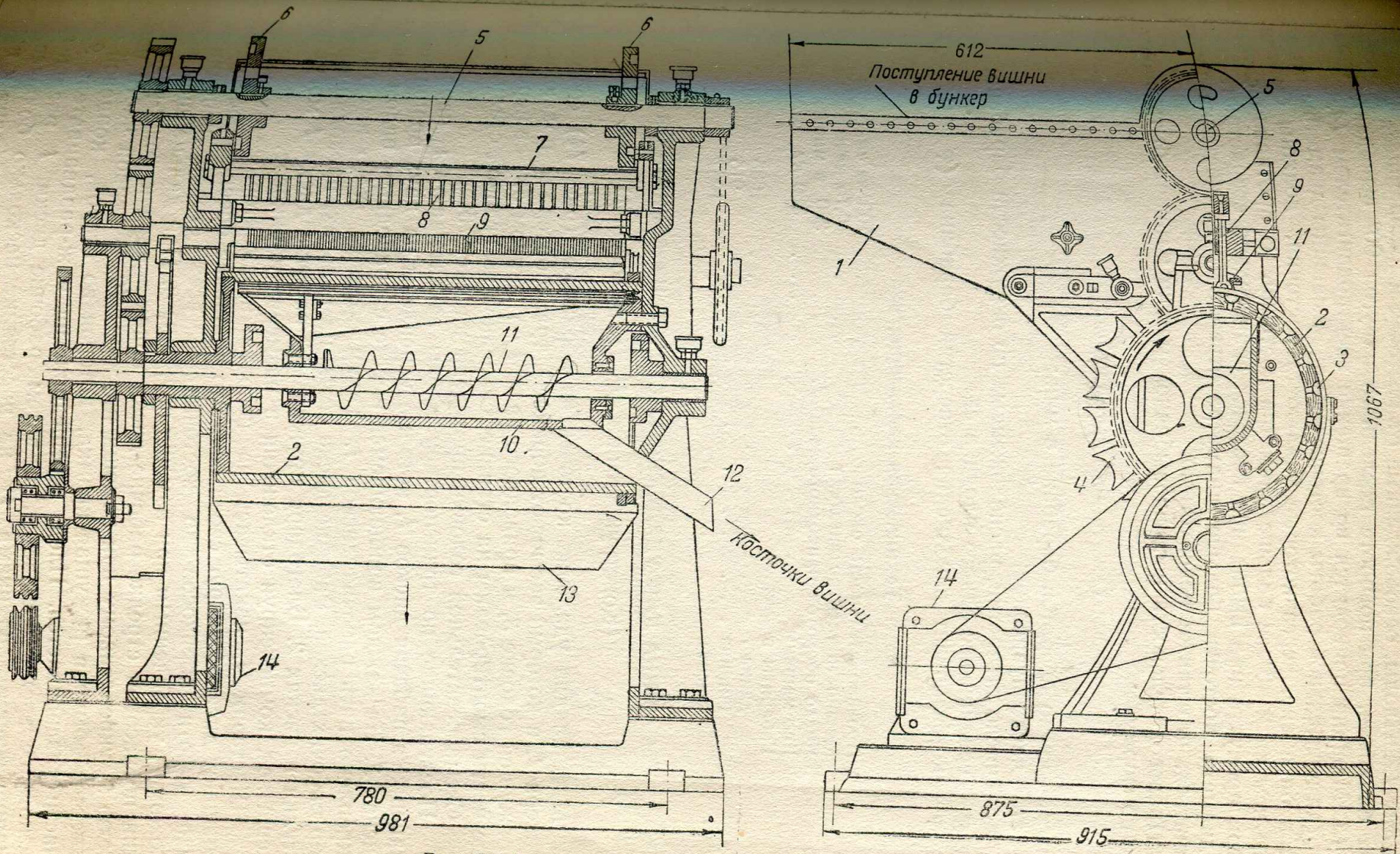


Рис. 73. Машина для выбивания косточек из плодов

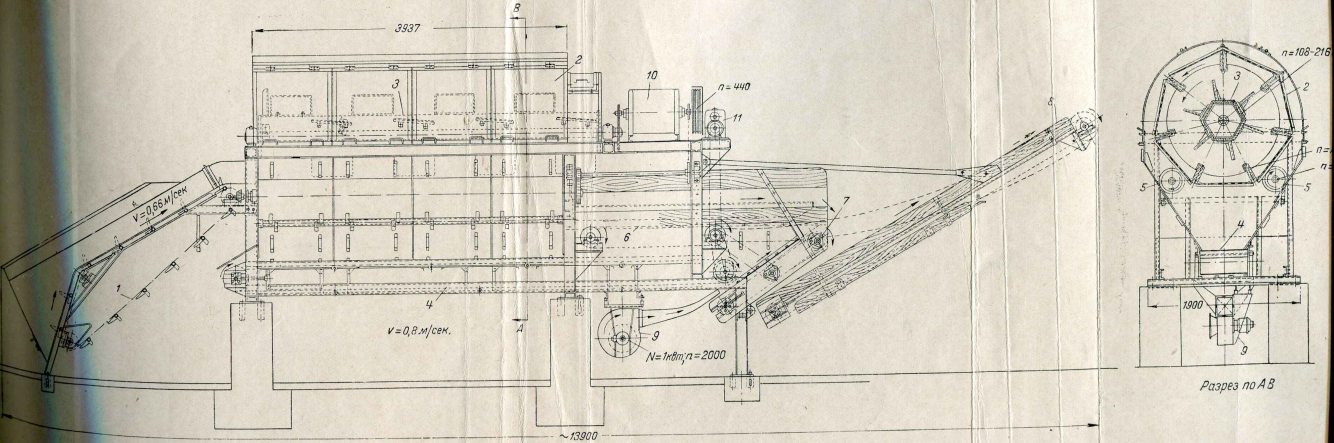


Рис. 72. Горохомолотильная машина

по лотку *12*. Плоды, освобожденные от косточек и находящиеся в отверстиях барабана, при повороте последнего на угол 90° выпадают в лоток *13*. Машина приводится во вращение электродвигателем *14*.

Для нормальной работы косточковыбивной машины диаметры отверстий в барабане, через которые удаляются косточки, должны быть не более чем на 2—3 *мм* больше диаметра косточки. В противном случае потери продукта при выбивании косточек значительно возрастают. Если же диаметр косточек больше диаметра отверстия, то косточки будут крошиться, что также недопустимо.

Производительность косточковыбивной машины может быть определена по формуле:

$$Q = 0{,}06 n z_1 z_2 g \varphi \ [кг/час],$$

где: n — число оборотов барабана в мин.;
z_1 — число пуансонов;
z_2 — число отверстий, расположенных по окружности барабана;
g — средний вес одного плода в $г$;
φ — коэффициент заполнения отверстий барабана ($\varphi = 0{,}7—0{,}8$).

Техническая характеристика

Производительность около	700 *кг/час*
Мощность электродвигателя	0,75 *квт*
Число оборотов приводного вала	360 в мин.
Вес машины	380 *кг*
Габариты в *мм*:	
длина	1085
ширина	915
высота	1067

МАШИНА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ КОСТОЧЕК ИЗ АБРИКОСОВ

(Конструкция инж. *Д. П. Белоусова*)

Машина для удаления косточек из абрикосов (рис. 74) состоит из бункера *1*, в который засыпают абрикосы, транспортера *2*, подающего их к режущей головке *3*, и приводного вала *4* со шкивом *5*. Все перечисленные части смонтированы на станине, сваренной из угловой стали.

Схема резательной головки приведена на рис. 75.

Поступающие по транспортеру плоды захватываются парой сближающихся рабочих дисков *1*, которые укреплены на двух вращающихся дисках *2*. На каждом вращающемся вместе с приводным валом диске укреплено пять рабочих дисков *1*. Таким образом, всего имеется пять пар рабочих дисков. Рабочие диски сидят на пальцах, проходящих через втулки в дисках *2*. Благодаря пружинам *3* рабочие диски *1* могут перемещаться, компенсируя отклонения в размерах абрикосов.

Шестерни *4*, накатываясь на неподвижные секторные шестерни *5*, вращают диски *1* вокруг своей оси. Это вращение обеспечивает разрезание мякоти абрикосов до косточки со всех сторон неподвижным ножом *7*, укрепленным при помощи пружины *8*. При дальнейшем вращении по часовой стрелке рабочие диски подают плод к ножу-раздваивателю *9*, укрепленному при помощи пружины *10*. В первой части ножа имеется обычная режущая кромка, которая во второй, концевой части раздваивается. Плод, перешедший на нож-раздваиватель *9*, некоторое время вращается, а затем рабочие диски *1* раздвигаются направляющими планками *12* на расстояние несколько большее, ширина раздвоенной части ножа. Вслед затем плод подходит к нажимному пружинному устройству *11*, где косточка отделяется от полови-

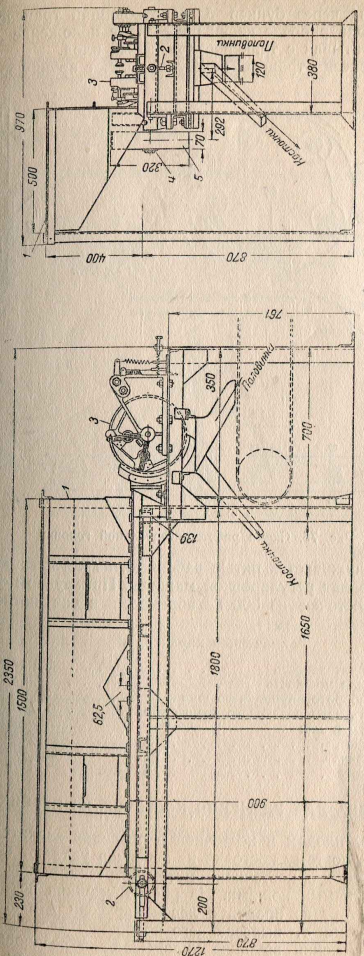
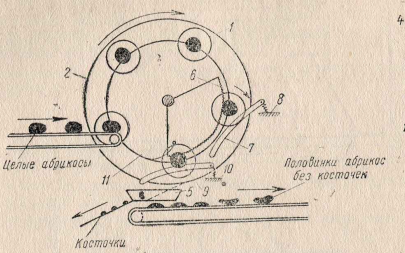


Рис. 74. Машина для вырезания косточек из абрикосов

плодов, падающих через бункер *5* на отводящий транспортер. Освобожденные от плода рабочие диски приходят в положение *А*, где вновь сближаются, захватывая с транспортера новый плод.

Абрикосы в гнезда транспортера укладывают вручную.



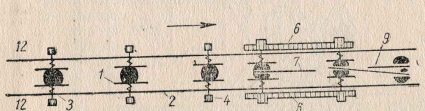


Рис. 75. Схема работы резательной головки

Машина обслуживается пятью рабочими, из которых четыре подают абрикосы, один занят регулировкой машины. При ручном обслуживании для удаления косточек из 500 *кг* абрикосов в час потребовалось бы 30 рабочих.

Техническая характеристика

Производительность	500 *кг/час*
Потребная мощность	0,5 *квт*
Число оборотов приводного шкива	32 в мин.
Скорость цепи подающего транспортера	0,17 *м/сек*
Габариты в *мм*:	
длина	2350
ширина	970
высота	1270

МАШИНА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ КОСТОЧЕК ИЗ ПЕРСИКОВ

Связь между плодом и косточкой в персиках значительно прочнее, чем в абрикосах, поэтому косточки из персиков удаляют после расщепления плода вместе с косточкой, путем вырезания каждой половинки косточки специальными ножами. На рис. 76 машина показана в плане.

Машина состоит из правой и левой карусели *1* и *2*, маятниковой пилы *3* и механизма *4*, вырезающего половинки косточек при помощи двух ножей *5*. Персики вручную укладывают в резиновые присосы карусели *1*. До укладки плода присос соединяют с вакуум-насосом.

Карусели приводятся в движение мальтийским механизмом, обеспечивающим их остановку во время резки и загрузки персиков. Когда уложенные в присосы карусели плоды подходят к маятниковой пиле, они оказываются плотно зажатыми между присосами правой и левой карусели.

После разрезания мякоти и косточки маятниковой пилой вдоль бороздки обе разрезанные половинки, удерживаемые присосами, подаются к ножам механизма *4*, которыми половинки косточек вырезаются из плода. После этого вакуум нарушается, и плод выпадает в подставленную тару либо на отводящий транспортер.

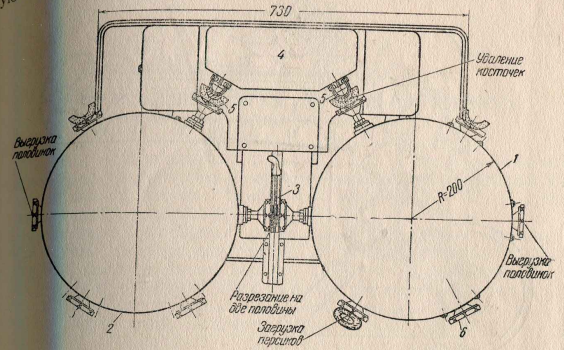


Рис. 76. Машина для вырезания косточек из персиков

Плоды можно укладывать одновременно в присосы правой и левой карусели, пропуская один присос. В этом случае рекомендуется окрасить присосы в два цвета: присосы, работающие попарно на обеих каруселях, окрашиваются одним цветом, при этом каждый рабочий должен подавать персики в вакуум-присосы определенного цвета. Конструкция машины предложена Г. Г. Рева и М. О. Файнманым.

Техническая характеристика

Производительность	30, 46, 60 шт/мин.
Потребная мощность	2,2 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	585
ширина	980
высота	900

МАШИНА ДЛЯ СНЯТИЯ ЛИСТЬЕВ И НИТЕЙ С КУКУРУЗНЫХ ПОЧАТКОВ

На рис. 77 изображена машина, в которой початок кукурузы освобождается от лиственного покрова и нитей с одновременным обрезанием плодоножки. По два початка кукурузы плодоножками наружу укладывают вручную на транспортер. Транспортер *1* состоит из двух цепей, к которым прикреплены ведущие планки *2*. Расстояние между всеми планками одинаково. Неподвижные ножи *3*, установленные с двух сторон транспортера, состоят из пары лезвий, расположенных под углом 35—45°, образующих зев навстречу движущимся початкам.

Для точного направления початков к ножам и фиксации плодоножек во время резки в машине имеются специальный башмак *4*, цепной транспортер и пальцевый регулятор *5*. После срезания плодоножки початок поступает во вторую часть машины, где с него снимается лиственная оболочка. Эта часть машины состоит из желобчатого барабана *6* и резиновых валиков *7*. Барабан расположен под транспортером *1* и в него поступают падающие сверху початки.

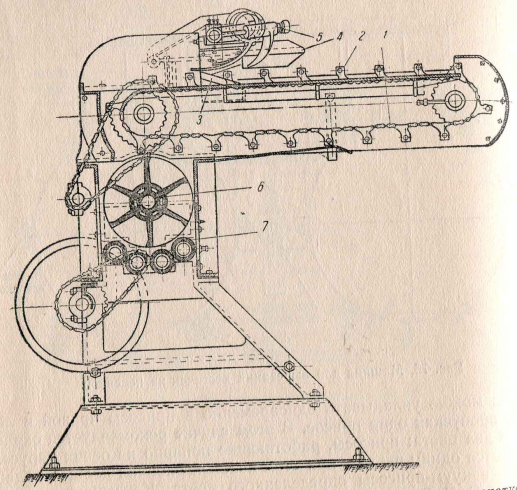


Рис. 77. Машина для снятия листьев и нитей с кукурузных початков

На поверхности барабана параллельно его оси имеется шесть желобков глубиной около 200 *мм*, разделенных на две части, куда попадает по одному початку. При вращении барабана початки подаются им на первую пару резиновых валиков, которые имеют шероховатую поверхность с нанесенной на ней неглубокой винтовой канавкой. Валики каждой пары вращаются в противоположных направлениях.

Когда початок попадает на валики, он подвергается интенсивному трению, благодаря чему лиственная оболочка снимается и выводится транспортером в сборник отходов. Освобожденный от листьев початок направляется желобчатым барабаном *6* на вторую пару резиновых валиков, где происходит окончательная очистка початка и удаление шелковистых нитей.

Прерывистое движение желобчатого барабана создается мальтийским механизмом.

В момент снятия лиственного покрова барабан неподвижен. Период покоя барабана около 4 сек.

Для лучшего удаления лиственного покрова и предупреждения загрязнения початки смачивают водой из специальных водяных сопел. Чтобы легче было снимать лиственный покров, початки подвергают после срезания плодоножки воздействию металлических зубьев, нарушающих целость листьев. Для нормальной работы необходима своевременная точка ножей и чистка резиновых валиков.

Техническая характеристика

Производительность	2,4 *т/час*
Мощность электродвигателя	2.25 *квт*
Число оборотов приводного шкива	350 в мин.
Расход воды	0,1 *м³/час*
Габариты в *мм*:	
длина	1170
ширина	1500
высота	1195

МАШИНА ДЛЯ СНЯТИЯ ЗЕРЕН С КУКУРУЗНЫХ ПОЧАТКОВ

Рабочим органом машины, срезающим зерна с кукурузных початков, является вращающийся диск, на котором шарнирно укреплены шесть фигурных ножей; режущая кромка этих ножей отогнута в ту сторону, откуда поступает початок.

Ножи на вращающемся диске закреплены таким образом, что лезвия ножей образуют окружность, в которую транспортер вводит кукурузный початок узким концом. По мере продвижения початка и увеличения его диаметра ножи початком раздвигаются, срезая с него зерна. После прохода початка ножи при помощи пружины снова сходятся, образуя своими рабочими поверхностями правильную окружность.

Ножи должны быть так установлены, чтобы они срезали зерно на $^2/_3$ его высоты.

Остаток зерна вместе с початком может быть использован для силосования. Рабочую (режущую) поверхность ножей нужно через каждые 6—7 час. работы затачивать.

Машина для срезания зерен с последующим выдавливанием из початка остатка зерен работает следующим образом:

цепным транспортером початки подаются в загрузочную часть машины, где их укладывают вручную узкой частью вперед на приемные питательные валики. Эти валики подают кукурузные початки в рабочую часть машины (к вращающимся ножам), описание которой приведено выше.

При изготовлении консервов из цельных зерен устанавливают только один диск с ножами, образующими окружность.

При изготовлении консервов из дробленых зерен (в виде кашицы) вслед за ножами, срезающими зерна, устанавливают второй диск с тупыми ножами, назначением которых является выдавливание остатков зерна из початков.

Машины для удаления из кукурузных початков зерен в дробленом виде отличаются от машин, в которых зерна срезаются в целом виде, главным образом наличием второго диска с тупыми ножами, поэтому возможно создать универсальную машину.

В этих машинах получение кукурузных зерен в целом либо дробленом виде зависело бы от того, установлены ли тупые ножи вслед за острыми или нет.

Срезанные зерна падают в сборник, а початки коническими роликами удаляются из машины и попадают на скребковый транспортер.

Техническая характеристика

Производительность	1000 *кг/час*
Мощность электродвигателя	1,5 *квт*
Число оборотов приводного шкива машины	650 об/мин.
Габариты в *мм*:	
длина	1500
ширина	800
высота	1200
Вес	230 *кг*

Глава VI

МАШИНЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

В консервной промышленности перемешивание преследует две основные цели:

а) интенсифицирование конвективного теплообмена при тепловых процессах;

б) равномерное распределение продуктов, составляющих смесь.

Интенсивность тепловых процессов в варочных и нагревательных аппаратах в значительной степени зависит от конвективных токов в нагреваемой или выпариваемой жидкости. По мере уваривания продуктов в выпарных аппаратах естественная конвенция уменьшается, поэтому приходится прибегать к искусственной конвенции — перемешиванию.

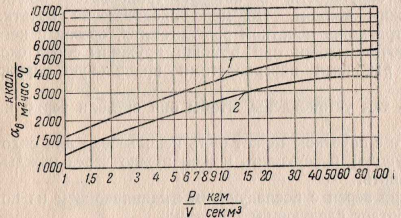


Рис. 78. Зависимость между интенсивностью перемешивания и теплообменом

На рис. 78 показана зависимость между коэффициентом теплоотдачи $\alpha_в$ от стенки к воде и величиной энергии, потребляемой на единицу перемешиваемого объема $\frac{P}{V}$.

Кривая *1* получена для теплового аппарата с змеевиками, кривая *2* — для двутельных аппаратов.

Для определения эффективности применения мешалок в тех случаях, когда перемешивается не вода, а иная жидкость, находят коэффициент теплоотдачи $\alpha_ж$ по такой формуле [27]:

$$\alpha_ж = \alpha_в \left(\frac{\lambda_ж}{\lambda_в}\right)^{0,67} \left(\frac{C_ж}{C_в}\right)^{0,33} \left(\frac{\gamma_ж}{\gamma_в}\right)^{0,134} \left(\frac{\mu_ж}{\mu_в}\right)^{0,27}, \quad (VI-$$

где: λ — теплопроводность в *ккал/м · час °C*;
C — теплоемкость в *ккал/кг °C*;
γ — удельный вес в *кг/м³*;
μ — вязкость $\frac{кг \cdot сек}{м^2}$.

Эффективность перемешивания при массообмене является результатом переноса вещества из одной среды в другую.

В условиях консервного производства массообмен происходит при переносе твердой фазы в жидкую (растворение соли в томат-пасте, сахара во фруктовом тесте и др.), газообразной фазы — в жидкую (сульфитация) и жидкой фазы — в жидкую (экстракция).

Механизм переноса вещества из одной фазы в другую подобен теплообмену. Образующиеся на границах двух фаз пленки создают основное сопротивление массообмену точно так же, как пленка при теплообмене создает основное термическое сопротивление.

Задачей перемешивания является уменьшение толщины образующихся при массообмене пленок. Как известно, движущей силой процесса при массообмене является разность концентраций вещества в пленках.

При растворении твердых тел в жидкостях при перемешивании расчет ведут по общему уравнению массообмена, имеющему вид:

$$G = KF_{ср}\tau\Delta C_{ср}\ [кг], \quad (VI—2)$$

где: G — количество растворенного вещества в *кг*;
K — коэффициент растворения в $\frac{кг}{м^2 \cdot час} / \frac{кг}{м^3}$;
$F_{ср}$ — средняя поверхность растворяемого тела в $м^2$;
τ — время растворения в час.;
$\Delta C_{ср}$ — средняя разность концентрации растворяемого вещества и раствора в $кг/м^3$.

Для расчета процессов растворения необходимо определить коэффициент растворения K, который на основании экспериментальных работ, после обработки опытных данных в критериях подобия, может быть выражен следующими уравнениями:

а) для четырехлопастной мешалки при

$$Re = 3{,}3 \cdot 10^2 \div 7{,}5 \cdot 10^3,$$

$$\frac{Kd}{D} = 1{,}96 \cdot 10^{-4} \left(\frac{nd^2\rho}{\mu}\right)^{1,4} \left(\frac{\mu}{\rho D}; \right)^{0,5}$$

б) для пропеллерной мешалки при

$$Re = 3{,}3 \cdot 10^2 \div 6{,}7 \cdot 10^5, \quad (VI—3)$$

$$\frac{Kd}{D} = 1{,}22 \cdot 10^{-3} \left(\frac{nd^2\rho}{\mu}\right) \left(\frac{\mu}{\rho D}\right)^{0,5},$$

здесь: K — коэффициент растворения в $\frac{кг}{м^2 \cdot час} / \frac{кг}{м^3}$;
d — диаметр лопасти мешалки в *м*;
D — коэффициент диффузии растворяемого вещества в жидкость в $см^2/сек$;
n — число оборотов мешалки в сек.;
ρ — плотность жидкости в $\frac{кг \cdot сек^2}{м^4}$;
μ — вязкость жидкости в $\frac{кг \cdot сек}{м^2}$.

Чтобы определить эффективность перемешивания, рассмотрим график (рис. 79), на котором приведена зависимость критериев массообмена от величины критерия Рейнольдса для четырехлопастной мешалки (кривая *1*) и пропеллерной мешалки (кривая *2*).

Из сопоставления кривых *1* и *2* видно, что эффективность перемешивания четырехлопастной мешалкой выше, чем пропеллерной, при одном и том же значении критерия Рейнольдса. Так как эффективность перемешивания пропорциональна увеличению коэффициента растворения K, то при увеличении Re повышается коэффициент растворения.

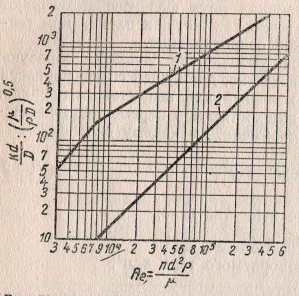


Рис. 79. Зависимость между интенсивностью перемешивания и массообменом

Повышенная эффективность [процесса] перемешивании четырехлопастной мешалкой может быть частично объяснена тем, что ее площадь больше площади пропеллерной, а также тем обстоятельством, что при вращении четырехлопастной мешалки потоки были восходящими, а при вращении пропеллерной — нисходящими.

Когда перемешивание преследует цель создать однородную смесь, большое значение имеет эффективность перемешивания, под которой обычно понимают степень однородности массы, достигаемой при данном количестве подведенной полезной энергии в единицу времени к единице перемешиваемого объема.

Если обозначить через I однородность перемешиваемой смеси, через P энергию, затрачиваемую на перемешивание, и через V перемешиваемый объем жидкости, то

$$I=f\left(\frac{P}{V}\right).$$

РАСХОД ЭНЕРГИИ НА ПЕРЕМЕШИВАНИЕ

Вывод основных уравнений, связывающих расход энергии на перемешивание с размерами лопасти, плотностью и вязкостью перемешиваемого продукта и др., приведен в соответствующих источниках [25, 28, 45].

Рассмотрим основные формулы для определения мощности мешалок, применяемых в консервной промышленности.

Мощность, потребляемая якорной мешалкой при перемешивании жидких продуктов в двутельных котлах, рассчитывается по формуле

$$N=0{,}005\rho n^3\left(d_н^5-d_в^5\right)\ [квт], \qquad (VI—4)$$

где: ρ — плотность перемешиваемой среды в $\frac{кг\cdot сек^2}{м^4}$;

n — число оборотов мешалки в сек.;

$d_н$ — наружный диаметр лопасти (якоря) в *м*;

$d_в$ — внутренний диаметр лопасти (якоря) в *м*.

Мощность, потребляемая мешалками с вертикальными лопастями, можно определить по формуле:

$$N=0{,}038\rho n^3 z\,h\left(d_н^4-d_в^4\right)\ [квт],$$

где: z — число пар вертикальных лопастей;

h — высота лопасти в *м*.

Пример. Требуется определить пусковую мощность якорной мешалки, установленной в двутельном котле, в котором уваривается томатный соус с уд. весом 1016 $кг/м^3$. Наружный диаметр мешалки $d_н=1200$ *мм*, внутренний диаметр $d_в=1100$ *мм*, число оборотов мешалки 40 в мин.

Подставляем эти данные в формулу (VI—4):

$$N=\frac{0{,}005\cdot 1016\cdot 40^3\left(1{,}2^5-1{,}1^5\right)}{9{,}81\cdot 60^3}\approx 0{,}15\ квт.$$

Для определения расхода энергии при перемешивании пропеллерными мешалками можно воспользоваться графиком, изображенным на рис. 80. Он составлен Н. Б. Вишневским, исходя из условий работы пропеллера без кавитации (устойчиво).

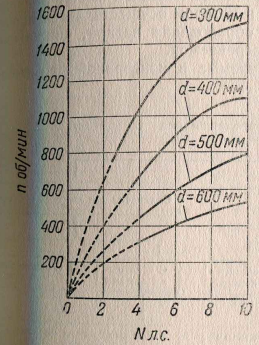


Рис. 80. Расход энергии на перемешивание пропеллерными мешалками

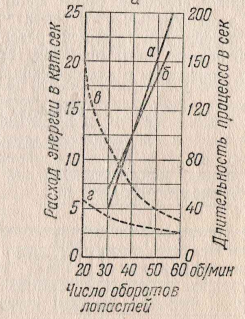


Рис. 81. Зависимость расхода энергии на вымешивание мясного фарша от числа оборотов лопастей

Расчет расхода энергии на перемешивание сыпучих и тестообразных продуктов (фарш и др.) затрудняется тем, что сопротивление перемешиваемого продукта рабочему органу мешалки изменяется, равно как и площадь лопасти, испытывающей лобовое сопротивление. Изменяются также коэффициент трения продукта о рабочий орган и величина поверхности трения.

Поэтому более целесообразно экспериментально определять расход энергии на перемешивание различных продуктов консервного производства.

До настоящего времени в этом направлении сделано очень мало. По данным Пелеева [43], расход энергии для перемешивания одной тонны мясного фарша составляет от 3,9 до 4,6 *квт-ч*.

На рис. 81 показана зависимость расхода энергии на перемешивание мясного фарша от числа оборотов лопастей мешалки в минуту. Здесь линия *а* соответствует расходу энергии без установки волнорезов (перегородок) в сосуде, где производят перемешивание, линия *б* — при наличии таковых.

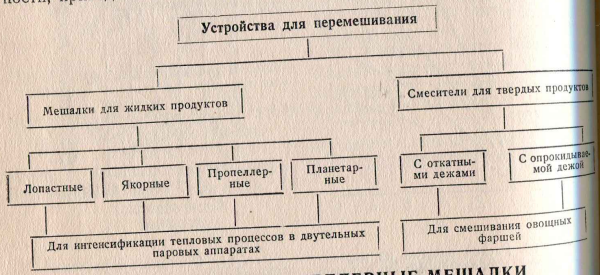
На графике также показана длительность вымешивания при наличии волнорезов (*г*) и при их отсутствии (линия *в*). Из этого графика следует, что с повышением числа оборотов лопасти расход энергии на перемешивание возрастает, но продолжительность перемешивания уменьшается.

Волнорезы препятствуют проворачиванию всего перемешиваемого продукта, при котором эффективность работы мешалок значительно снижается.

Применяемые в консервной промышленности мешалки в большинстве случаев не являются узко специализированными. Так, например, якорные, лопастные, пропеллерные, планетарные и другие мешалки применяются в тепловых аппаратах и машинах.

Особенностью мешалок выпарных тепловых аппаратов является такое расположение лопастей, при котором они вплотную подходят к греющей поверхности аппаратов. Поэтому большинство мешалок имеют наружные очертания, подобные форме аппарата, в котором осуществляется процесс. При этом уменьшается вероятность образования нагара, снижающего теплопередачу от греющей среды к нагреваемой.

Основные виды мешалок, применяемые в консервной промышленности, приведены в классификации.



ЛОПАСТНЫЕ И ПРОПЕЛЛЕРНЫЕ МЕШАЛКИ

ЛОПАСТНЫЕ МЕШАЛКИ

Наиболее простыми являются лопастные мешалки, изображенные на рис. 82. Мешалки типа *1* и *2* имеют по две лопасти, расположенные перпендикулярно к направлению движения, мешалки типа *3* имеют одну лопасть, перпендикулярную к направлению движения, а вторая расположена под углом 45° к первой, мешалки типа *4, 5, 6, 7* — четырехлопастные. Рекомендуемое соотношение между основными размерами лопастных мешалок и сосуда, в котором производится перемешивание, приведено ниже.

Лопастные мешалки обеспечивают удовлетворительную эффективность перемешивания, однако они не всегда обладают достаточной подъемной силой для поддержания во взвешенном состоянии частиц суспензии.

Следует также отметить, что мешалки с лопастями, установленными перпендикулярно их движению, вовлекают во вращательное движение весь перемешиваемый объем жидкости. При этом в центре перемешиваемого объема образуется воронка, глубина которой зависит от числа

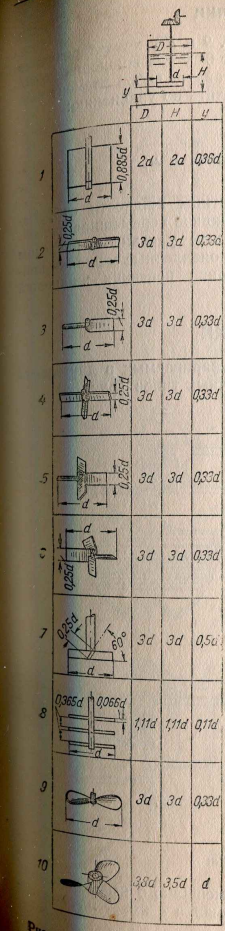


Рис. 82. Лопастные и пропеллерные мешалки

Для борьбы с этими явлениями, значительно снижающими эффективность перемешивания, устанавливают неподвижные отражательные перегородки, создающие сдвиг между перемешиваемыми слоями жидкости.

Чтобы перемешивание было наиболее эффективным, при установке отражательных перегородок нужно соблюдать такие условия.

1. Оптимальная ширина перегородок должна быть:

$$\text{от } \frac{1}{12} \text{ до } \frac{1}{10} \text{ диаметра аппарата.}$$

2. Высота перегородок не должна быть меньше двух диаметров мешалки.

3. Для перемешивания вязких жидкостей, а также при растворении твердых тел в жидкостях нужно перегородку устанавливать под углом.

Влияние отражательных перегородок на расположение перемешиваемой жидкости наглядно показано на рис. 83; в левой половине показано расположение жидкости при перемешивании мешалкой с тремя парами лопастей без отражательной перегородки, а в правой — при наличии отражательной перегородки.

Из сопоставления левой и правой половины (см. рис. 83) видно, что благодаря перегородке уменьшилась глубина воронки и высота подъема жидкости в сосуде.

Вследствие наклона лопастей мешалки происходит осевое движение жидкости, интенсивность которого зависит от числа лопастей и числа оборотов мешалки.

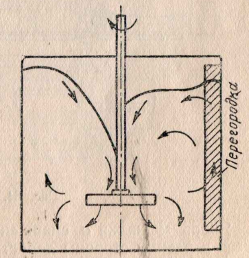


Рис. 83. Влияние отражательных перегородок на характер перемешивания

ПРОПЕЛЛЕРНЫЕ МЕШАЛКИ

Пропеллерные мешалки (см. рис. 82, фиг. *9* и *10*) характеризуются постепенно меняющимся наклоном лопастей от 0° у оси вращения до 90° на конце лопасти. Поверхность лопасти представляет собой элемент винтовой поверхности, шаг которой можно определить по уравнению:

$$h = 2\pi r \operatorname{tg} \varphi \ [м],$$

где: r — радиус окружности, ометаемой лопастью, в *м*;
φ — угол наклона лопасти в °.

При вращении пропеллерной лопасти частицы жидкости отбрасываются во все стороны, чем достигается интенсивное перемешивание.

Пропеллерные мешалки отличаются малым удельным расходом энергии. Они делают от 200 до 1500 об/мин. Пропеллерные мешалки применяются главным образом для перемешивания невязких жидкостей в сосудах, имеющих небольшие диаметры.

ЯКОРНЫЕ МЕШАЛКИ

Для перемешивания жидких продуктов, увариваемых в двутельных котлах, применяются якорные мешалки различных типов (рис. 84).

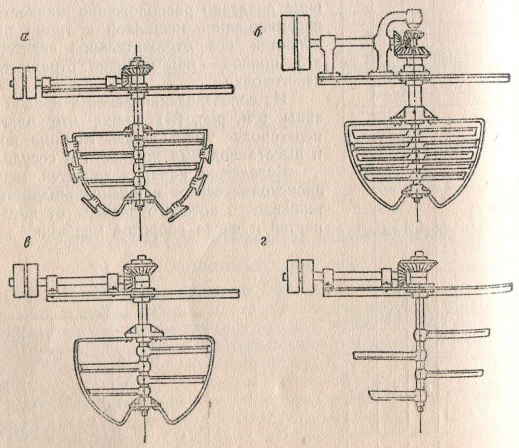


Рис. 84. Якорные мешалки

Якорь мешалки *а* снабжен скребками; мешалка *б* имеет вращающиеся в разные стороны лопасти и якорь, мешалка *в* имеет плоские лопасти и якорь, мешалка *г* — только лопасти.

На рис. 85 показаны три тепловых аппарата с мешалками.

Размещение планетарной мешалки в открытом двутельном аппарате показано на рис. 85, *а*.

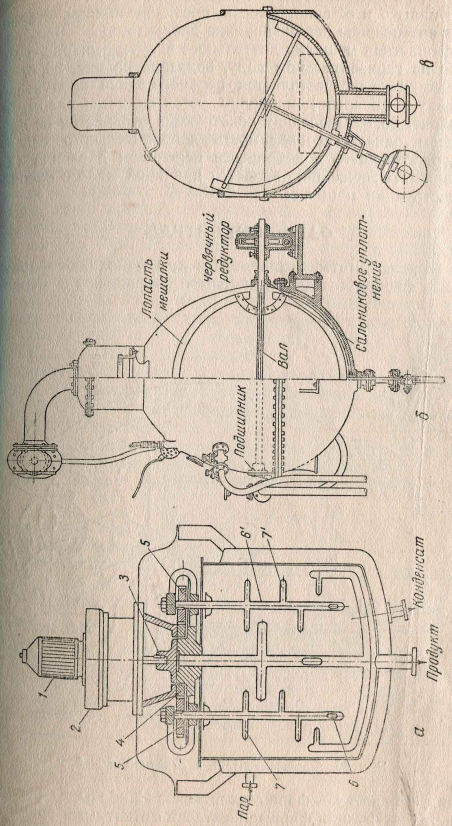


Рис. 85. Мешалки выпарных аппаратов

Электродвигатель *1* через редуктор *2* вращает вертикальный вал *3*, на котором закреплена якорная мешалка.

Вокруг неподвижной шестерни *4* обегают шестерни *5*, надетые на валы *6* и *6′*, на которых закреплены лопасти *7* и *7′*.

Вал *3* и валы *6* и *6′* вращаются в противоположные стороны, что обеспечивает интенсивное перемешивание продукта.

Четырехлопастная мешалка двутельного вакуум-выпарного аппарата, закрепленная на горизонтальном валу, показана на рис. 85, *б*.

Несколько иначе осуществляется перемешивание продукта (уваримого в вакуум-аппарате) наклонно установленным валом, как это показано на рис. 85, *в*. Последняя конструкция отличается от описанных меньшим весом, однако необходимость дополнительного сальникового уплотнения, работающего под большим перепадом давления (давление греющего пара — разрежение), является причиной малого распространения этой конструкции мешалки.

ФАРШЕСМЕСИТЕЛЬ

Овощи (перец, томаты, баклажаны и др.) наполняют фаршем. Для приготовления фарша составные части его смешивают в периодически

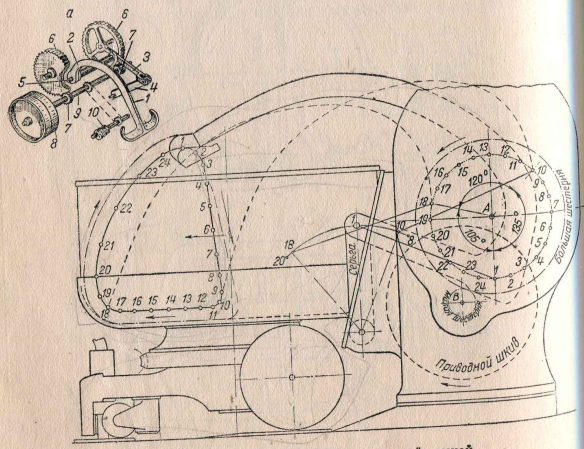


Рис. 86. Фаршесмеситель с откатной дежей

действующих аппаратах — фаршесмесителях. Наибольшее распространение получили конструкции фаршесмесителей с откатными вращающимися дежами и якорем, совершающим движение по замкнутой кривой (рис. 86).

Такие смесители широко применяются в хлебопекарной промышленности.

соединен с серьгой *4*, а средняя полая часть рычага надета на ось *5*, укрепленную на двух шестернях *6*, приводимых во вращение двумя шестернями *7*; эти шестерни вместе с приводным шкивом *8* находятся на валу *9*.

Наличие серьги *4*, нижний конец которой шарнирно соединен с неподвижной опорой, а верхний — с рычагом *3*, обусловливает показанную на рис. 86 траекторию рабочего органа мешалки.

Средняя часть *2* кривоколенного двуплечего рычага *1, 2, 3* при вращении больших шестерен *6* последовательно проходит через точки *1, 2, 3, ... 24*.

В тот момент, когда средняя часть рычага проходит через точку *1*, верхняя его часть занимает соответственно положение, отмеченное цифрой *1*, а второй конец этого рычага, соединенный с серьгой, займет положение, соответствующее цифре *1*. На рис. 86 обозначены три положения рычага, соответствующие точкам *1, 10, 18*.

Рабочий орган, двигаясь вниз от точки *1* до точки *10*, плавно погружается в продукт. Этому перемещению соответствует поворот большой шестерни на угол 135°. После этого рабочий орган перемещается в горизонтальном направлении параллельно дну дежи от точки *10* до точки *18*. Большая шестерня при этом поворачивается на угол 120°. Подъем рабочего органа от точки *18* до точки *1*, на чем заканчивается рабочий цикл, совершается значительно быстрее, так как большая шестерня в это время успевает повернуться на угол, равный только 105°, в то время как путь от точки *18* до точки *1* самый длинный.

Штрихпунктирная линия показывает перемещение крайних точек рабочего органа, из которой видно, что он находится вправо от оси вращения дежи, чем обеспечивается вовлечение в перемешивание всего объема продукта, находящегося в деже.

Дежа приводится во вращение червяком *10*, который сидит на валу, соединенном цепной передачей с приводным валом *9*.

Производительность фаршесмесителя можно определить по формуле:

$$Q = G\frac{60}{t_ц}\ [кг/час],$$

где: G — единовременная загрузка в *кг*;

$t_ц$ — продолжительность цикла перемешивания в мин.

ФАРШЕСМЕСИТЕЛЬ С ОПРОКИДЫВАЕМОЙ ДЕЖЕЙ

Фаршесмеситель с опрокидываемой дежей (рис. 87) по сравнению с фаршесмесителем, в котором дежа вращается, а рабочий орган-мешалка совершает сложное движение, имеет следующие достоинства:

1) рабочие органы совершают вращательное движение;
2) опрокидывание дежи для выгрузки продукта механизировано;
3) создается возможность механизации транспортировки перемешанного продукта;
4) улучшаются условия труда.

Между двумя стойками *1* станины, соединенными стяжками *2* и *3*, укреплена ось *4*. На ней свободно насажены ведущая звездочка *5* и ведомая *6*, на которых надеты цепи *7* и *8*. Один конец цепей прикреплен к днищу дежи *9*, а другой к противовесу *10*.

Дежа *9* установлена между передними стойками *12* станины, которые чугунными кронштейнами *11* связаны с вертикальными стойками *1*. Рабочий механизм мешалки представляет собой две винтовые лопасти *14*, вращающиеся навстречу друг другу с разным числом оборотов; они приводятся

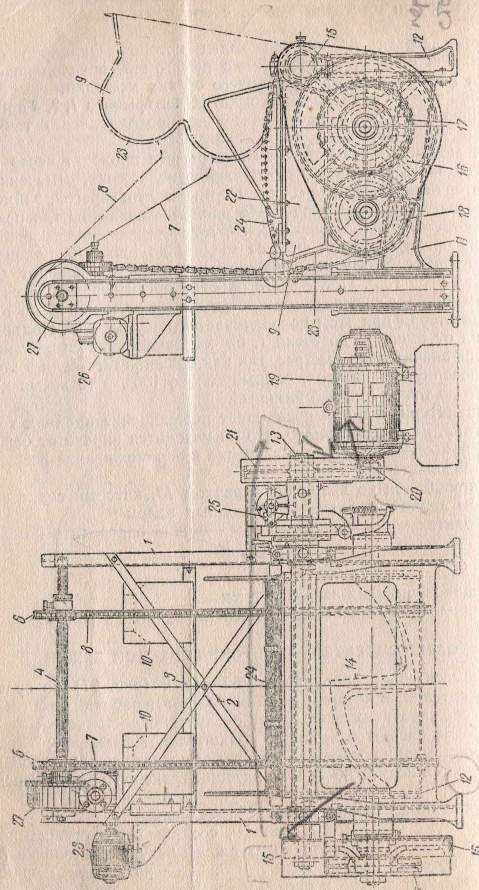


Рис. 87. Фаршесмеситель с опрокидываемой дежей

16, *17*, *18*. Вал *13* в свою очередь приводится во вращение электродвигателем *19* через шестерни *20* и *21*.

Ось поворота дежи *9* является осью приводного вала *13*; поэтому шестерни *20* и *21* остаются в зацеплении и при опрокидывании дежи.

Дежа *9* состоит из двух чугунных боковин *22*, обшивки *23* и крышки *24*, которая так сблокирована с пусковым устройством *25*, что при включенном электродвигателе *19* невозможно поднять крышку. Достигается это благодаря такому устройству: рубильник электродвигателя включают рычагом, на котором насажен кулак; при включенном рубильнике кулак занимает такое положение, при котором невозможен поворот валика, с которым соединена крышка, а следовательно, нельзя до выключения электродвигателя поднять крышку.

Дежа опрокидывается при помощи звездочки *5*, которая приводится во вращение электродвигателем *26* через двухчервячный редуктор *27*.

Электродвигатель *26* выключается автоматически по достижении противовесами предельных положений.

ФАРШЕСМЕСИТЕЛЬ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Недостатком описанных фаршесмесителей является периодичность их работы.

На рис. 88 изображен фаршесмеситель непрерывного действия.

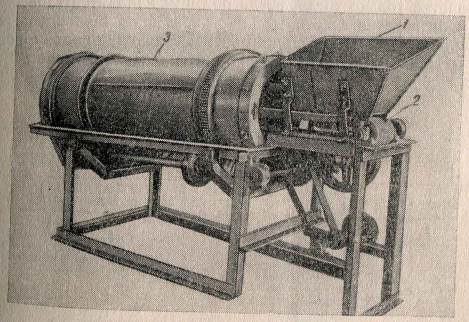


Рис. 88. Фаршесмеситель непрерывного действия

В бункер *1*, разделенный на несколько частей, загружают составные части фарша, которые ленточным транспортером *2* подаются во вращающийся барабан *3*. На внутренней поверхности барабана закреплены под углом к образующей планки, перемещающие продукт вдоль барабана, чем достигается перемешивание всех составных частей смеси.

Регулируя ширину и высоту слоя продукта, подаваемого ленточным транспортером, можно с достаточной для практических целей точностью производить загрузку фаршесмесителя продуктами в нужной для получения фарша пропорции. Показанную на рис. 88 конструкцию следует рассматривать как один из возможных вариантов фаршесмесителей непрерывного действия.

* * *

В консервной промышленности применяются преимущественно тихоходные мешалки; число оборотов рабочих органов составляет 40—60 в мин. При увеличении числа оборотов повышается расход энергии.

Имеются попытки объединить перемешивающий орган с нагревательным. Так, например, известна конструкция подогревателя для дробленых томатов, в котором трубчатый винтовой элемент является греющим и перемешивающим.

Глава VII

МАШИНЫ ДЛЯ НАПОЛНЕНИЯ КОНСЕРВНОЙ ТАРЫ

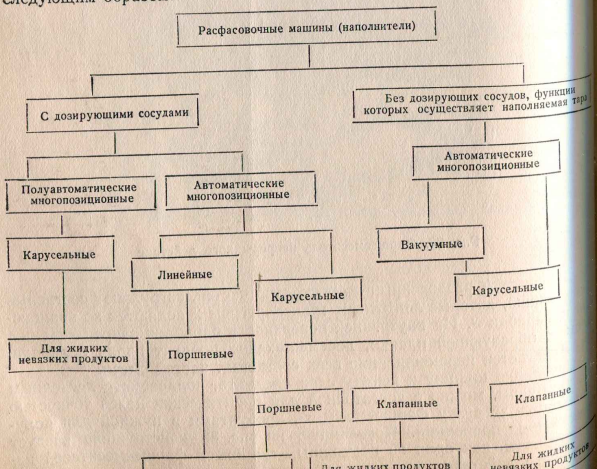
(наполнители)

Наполнение стеклобанок, бутылок, бутылей и жестяных банок пищевыми продуктами является важным процессом консервного производства.

Применение для этой цели машин создает необходимые для пищевого производства санитарно-технические условия и обеспечивает подачу в консервную тару строго определенного количества продукта.

Установленные на консервных заводах наполнители характеризуются высокой производительностью и возможностью в широких пределах регулировать количество подаваемого продукта. Наличие блокировочного механизма в наполнителях обеспечивает подачу продукта из разливочного устройства только тогда, когда под ним находится тара.

Для производства некоторых видов консервов (салобобовых) применяются наполнители, одновременно осуществляющие подачу в одну банку твердого и жидкого продукта. Наполнители можно классифицировать следующим образом:



РАЗЛИВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Наибольшее распространение на консервных заводах получили разливочные устройства двух типов:

а) наполняющие тару до заданного уровня; эти устройства подают различные количества жидкости в зависимости от объема тары;

б) подающие в тару определенный объем продукта.

Вес продукта, подаваемого в тару, зависит от его температуры и удельного веса.

Отклонение объема продукта, подаваемого наполнителем, не должно превышать 1,5%.

РАЗЛИВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАПОЛНЕНИЯ КОНСЕРВНОЙ ТАРЫ ДО ЗАДАННОГО УРОВНЯ

На рис. 89 и 90 показаны разливочные устройства наполнителей для банок и бутылок, применяемые в тех случаях, когда тара должна быть заполнена до определенного уровня.

Такие наполнители устанавливают в тех линиях производства консервов, где в банку подают твердый и жидкий продукт. Так, например, вес фруктов, укладываемых в банки, может незначительно отклоняться от заданного; поэтому для подачи сахарного сиропа обычно применяют наполнители, заполняющие тару до уровня на 10 *мм* ниже верхней кромки банок.

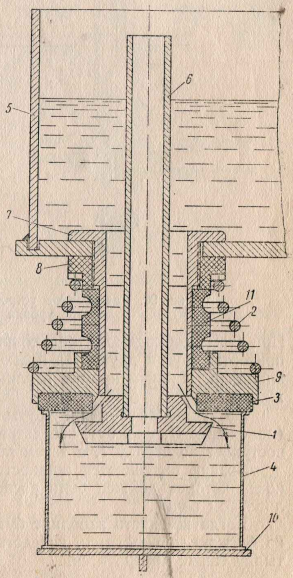


Рис. 89. Разливочное устройство наполнителя до заданного уровня для банок

Разливочное устройство для банок

Разливочное устройство (см. рис. 89) состоит из клапана *1*, к которому пружиной *2* прижимается резиновое седло *3*.

Находящийся над клапаном жидкий продукт не может вытекать из бачка *5* при отсутствии банки.

При наличии банки *4*, поднимаемой нижним патроном *10*, она поднимает резиновое седло *3*, благодаря чему жидкость через образовавшийся кольцевой канал поступает в банку. Количество поступившей жидкости равно разности между незаполненным объемом банки и объемом клапана *1*. Наличие резинового седла *3* не позволяет жидкости выливаться из банки.

Клапан *1* укреплен на нижнем конце трубки *6*, по которой воздух отводится из заполняемой банки. При опускании банки пружина *2* возвращает седло *3* в исходное положение, при котором прекращается подача продукта.

Разливочное устройство крепится к дну бака *5* при помощи ... трубка *7* и гайки *8*. Резиновая втулка *11* уплотняет патрубок. Верхн... патрон *9* служит для укрепления резинового седла *3* и является упор... для пружины *2*. Наполнители выпускаются с шестью или двенадцать... разливочными устройствами и называются шестипатронными или две... надцатипатронными.

Разливочное устройство для бутылок

На рис. 90 показаны два положения разливочного устройства для ... бутылок. Положение *I* соответствует отсутствию, а положение *II* — нали... чию бутылки.

В дне разливочного бака укреплена втулка *1* посредством гайки *2*. Втулка *3* с резиновой насадкой *4* может перемещаться вдоль втулки *1*.

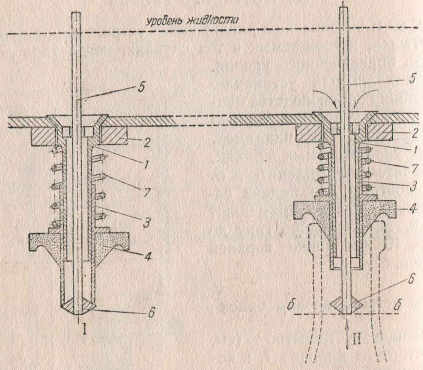


Рис. 90. Разливочное устройство наполнителя до заданного уровня для бутылок

При этом необходимо, чтобы соприкасающиеся поверхности втулок были ... притерты друг к другу. На нижнем конце трубки *5* укреплен фигурный ... клапан *6*. Нижняя кромка втулки *3* плотно прижата к клапану *6* пру... жиной *7*.

Поступившая в машину бутылка своим горлом поднимает насадку ... (положение *II*, рис. 90), вследствие чего жидкость из разливочного бака ... поступает во втулку *1*, а затем по кольцевому каналу в бутылку.

Воздух вытесняется жидкостью из бутылки по трубке *5*, верхний ... конец которой должен быть расположен выше уровня жидкости в раз... ливочном бачке.

Когда жидкость заполнит бутылку до сечения *б—б*, выход воздуха ... из бутылки прекратится, вследствие чего поступление жидкости в бу... тылку также прекратится.

Вакуум-разливочное устройство

В описанных выше конструкциях жидкость поступала в тару под ... гидростатическим давлением благодаря расположению разливочного ... бака над разливочным устройством.

На рис. 91 показана схема вакуум-разливочного устройства для ... наполнения банок.

В корпусе головки *6* имеются два канала. Внутренний канал соединяется золотником *2* с вакуум-насосом. По наружному каналу поступает продукт.

Положение *1* соответствует началу цикла наполнения. Банку *9* устанавливают на нижний патрон *10*. При повороте карусели машины (на чертеже не показано) на угол 21°30′ (положение *2*) нижний патрон начинает подниматься и в положении *3* плотно прижимает горло банки

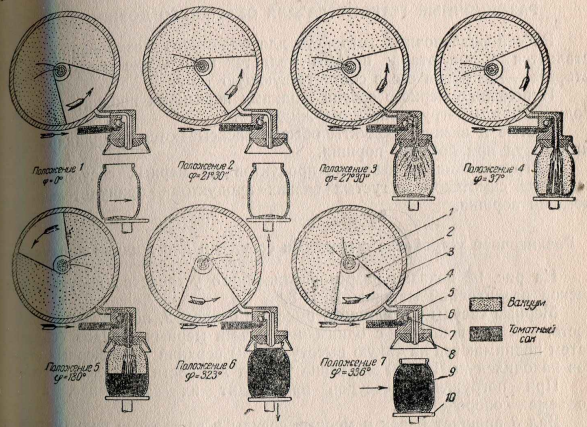


Рис. 91. Вакуум-разливочное устройство (схема)

к резиновому патрону *8*. В это время вращающийся сектор золотника *2* соединяет трубкой *1* внутренний объем банки с вакуум-насосом. В банке начинает создаваться разрежение, воздух из банки по трубке *4* поступает в корпус золотника *3*.

В положении *4*, благодаря вакууму в банке, жидкость, находящаяся в разливочном баке под атмосферным давлением, проходит по трубке *5*, поднимает шаровой клапан *7* и поступает в банку.

В положении *5* отсасывание воздуха и поступление жидкости в банку продолжается.

В положении *6* сектор золотника *2* прерывает связь между банкой и вакуум-насосом, вследствие чего наполнение банки прекращается. В положении *7* заканчивается цикл работы вакуум-разливочного устройства.

Производительность установленных на консервных заводах автоматических вакуум-наполнителей для бутылок составляет до 225 шт. в минуту при 36 разливочных устройствах, расположенных на карусели машины.

Достоинствами вакуум-наполнителей являются:

1) невозможность поступления жидкости при отсутствии тары;

2) автоматическая отбраковка стеклотары с щербленным горл так как в такой таре не может образоваться вакуум;

3) уменьшение аэрации и окисления продукта;

4) возможность быстрой переналадки машины на наполнение та различных размеров.

Недостатком вакуум-наполнителей является относительно сложна конструкция их.

Вакуумными наполнителями наполняют тару фруктовыми и овощ ными соками.

РАЗЛИВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЪЕМНОГО ДОЗИРОВАНИЯ

Работа разливочных устройств для объемного дозирования осуще ствляется в два этапа: первым является наполнение мерного сосуд вторым — разгрузка его в соответствующую тару.

Наполнение мерного сосуда жидкими невязкими продуктами прои водится путем погружения его в жидкость.

Густые и вязкие продукты обычно засасываются в цилиндр — мер ный сосуд при помощи поршня.

Выгрузка жидких невязких продуктов из мерных сосудов осуще ствляется самотеком, а густых вязких продуктов — принудительно пр помощи поршня.

Разливочное устройство с мерными сосудами для жидких продуктов

На рис. 92 показан разрез разливочного устройства полуавтомати ческой разливочной машины БРП-8.

Мерные сосуды *1*, вращаясь вместе с бачком *2*, погружаются в жид кость, как это показано с одним из восьми мерных сосудов (справа), затем поднимаются на такую высоту, чтобы верхний край мерных стака нов находился на 15—20 *мм* выше уровня жидкости (см. левый сосуд).

При погружении сосудов происходит их заполнение, а при подъеме — опорожнение.

Вал *3* вращает бачок и мерные сосуды и заставляет подниматься и опускаться ролики *4*, катящиеся по неподвижному кулаку *5*.

При накатывании роликов *4* на наклонную часть кулака они подни мают толкатели *6* и мерные сосуды *1*, соединяя при этом полую часть оси стаканов с трубкой *7*, по которой жидкость вытекает в бутылку *8*.

Поплавок *9* регулирует уровень жидкости, поступающей по трубке *10*. При высшем положении поплавка (слева) жидкость в бачок *2* не посту пает. Бутылки вручную устанавливают на подставки *11*. При отсутствии бутылки жидкость выливается в поддон, установленный под разливоч ным устройством. Для предотвращения потерь продукта при отсутствии под одним из разливочных устройств бутылки работница останавливает машину.

Разливочное устройство с воздушной отсечкой

Разливочное устройство с воздушной отсечкой (рис. 93) для подачи жидкости в мерные сосуды обеспечивает точное дозирование и возмож ность быстрого изменения количества подаваемой жидкости в тару раз личных размеров.

Разливочный бачок *1* устанавливают на таком уровне, чтобы обес печить необходимый гидростатический напор жидкости, поступающей в мерный сосуд *3* по резиновому шлангу *8* через трехходовой кран *4* (рис. 93, *а*).

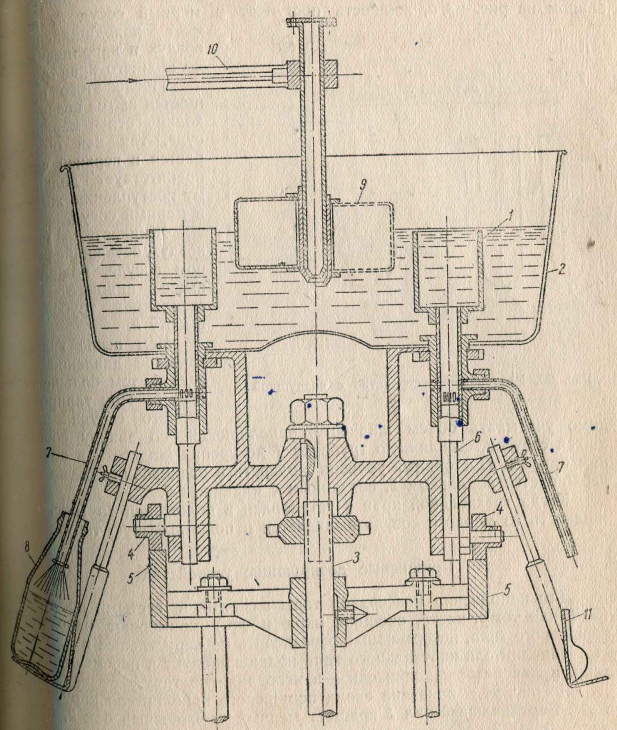


Рис. 92. Разливочное устройство с мерными стаканами

Сосуд *3*, изготовляемый обычно из стекла, герметично закрыт крышкой *5*, в центре которой расположен сальник *6*. Открытая с двух сторон стеклянная трубка *7* проходит через сальник и соединяет мерный сосуд с атмосферной средой.

Когда трехходовой пробковый кран находится в положении, показанном на рис. 93, *а*, жидкость поступает в мерный сосуд *3*, вытесняет находящийся там воздух и наполняет сосуд до нижнего края трубки *7*.

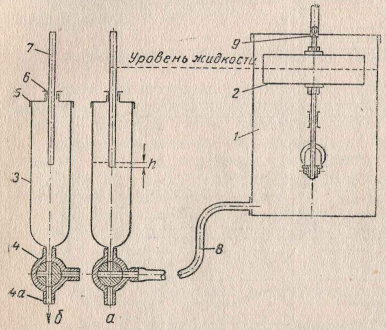


Рис. 93. Разливочное устройство с воздушной отсечкой

После этого прекращается выход воздуха, находящегося в мерном сосуде, так как он собирается в верхней части и препятствует дальнейшему поступлению жидкости в мерный сосуд.

Жидкость, сжимая воздух, оставшийся в мерном сосуде, поднимается выше нижнего уровня стеклянной трубочки на высоту *h*.

Чем выше гидростатическое давление в сосуде *1*, тем больше величина *h*. При тарировании мерного сосуда необходимо учитывать объем жидкости, заполняющей по закону сообщающихся сосудов, стеклянную трубочку *7* до уровня жидкости в разливочном бачке *1*. Постоянный уровень жидкости в разливочном бачке *1* поддерживается поплавком *2*, связанным с клапаном *9*.

Когда трехходовой кран *4* установлен в положении *4а* (рис. 93, *б*), жидкость из мерного сосуда выливается в подставленную тару.

Поршневые дозирующие устройства

Для наполнения консервной тары вязкими и густыми продуктами (30%-ная томат-паста, овощная икра и др.) применяют наполнители поршневого типа, которые можно разделить на карусельные и линейные.

Наполнители карусельного типа подают продукт в перемещающуюся тару, а линейные наполнители — в неподвижную тару.

На рис. 94, *а* показана схема поршневого наполнителя карусельного типа. Вертикальный вал *1* вращает медный разливочный бак *2*, нижняя часть (дно) *3* которого соединена с валом *1*.

Ко дну бака болтами прикреплены шесть медных цилиндров *4*, внутри которых находятся поршни *5*. Вертикальное перемещение поршней производится штоками *6*. На нижних концах штоков укреплены ролики *17*, катящиеся по неподвижному копиру-кулаку *15*, *15а*, *15б* (рис. 94, *б*).

Дно бака накрыто золотником *7*, перекрывающим четыре из шести отверстий цилиндров. Наружный полый вал *8* соединен в верхней части со станиной машины, а в нижней с золотником.

К фланцам каждого цилиндра *4* крепится корпус *9* цилиндрического золотника *10*. Последний имеет выемку, которая в зависимости от положения золотника *10* может либо перекрывать отверстие в фланце цилиндра, соединяя его с боковым отверстием в баке (положение золотника *10* на левой части рис. 94, *а*), либо оставить это отверстие открытым, как показано для золотника *10а*, на правой части того же рисунка.

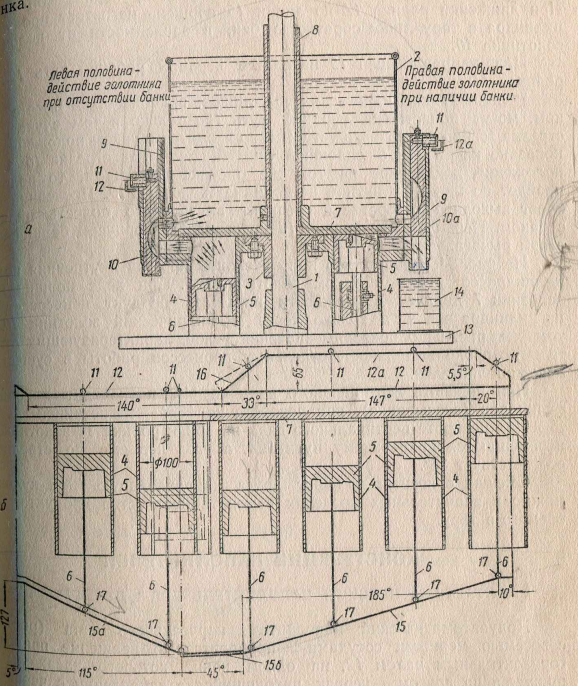


Рис. 94. Поршневое разливочное устройство

В верхней части цилиндрического золотника *10* укреплен ролик *11*, который при вращении бака *2* перемещается по неподвижным направляющим *12* и *12а*.

Когда на столе *13* находится банка *14*, ролик *11* золотника *10а* поднимается и катится по направляющей *12а*. При отсутствии банки ролик *11* золотника *10* катится по направляющей *12*, и продукт, нагнетаемый поршнем *5*, возвращается обратно в бак *2*.

Чтобы понять, какое влияние оказывает банка на положение цилиндрического золотника *10*, рассмотрим развернутую схему шестипатронного поршневого наполнителя карусельного типа (рис. 94, *б*).

Вертикальное перемещение поршней обеспечивается профилем нижнего кулака *15*. При движении ролика *17* по линии *15а* поршень 6 опускается и всасывает продукт из бака в цилиндр *4*. При движении ролика *17* по линии *15б* можно часть жидкости возвратить обратно в бак и тем самым регулировать количество жидкости, подаваемой в тару. При движении ролика *17* по линии *15* поршень нагнетает продукт из цилиндра в тару либо обратно в бак, в зависимости от положения золотника *10*.

Над направляющей *12* находится верхний рабочий путь *12а* для роликов *11*.

Ролики *11* цилиндрических золотников, вращающихся вместе с баком, могут попасть на верхний путь *12а* только в том случае, если стрелка *16* блокировочного устройства находится в таком положении, как показано на рис. 94, *б* сплошной линией. Если же стрелка *16* займет положение, показанное на том же рисунке пунктиром, то ролик *11* пройдет по нижнему пути и не поднимет золотник *10*. Последний перекроет выходное отверстие и соединит внутреннюю полость цилиндра с баком. Перемещение стрелки *16* производится корпусом банки посредством рычага.

На рис. 94, *б* видно, что при опускании поршня внутренняя полость цилиндра соединена с баком золотником *7*. При ходе поршня вверх золотник *7* не дает возможности нагнетать продукт непосредственно из цилиндра в бак, а только через цилиндрический золотник *10*. На том же рис. 94, *б* показаны значения углов, характеризующих относительную продолжительность отдельных процессов работы в существующих наполнителях.

При повороте вертикального вала на 115° происходит наполнение цилиндров (всасывание), при повороте на 185° — нагнетание.

При повороте вертикального вала на 152,5° ролики *11* золотников *10* перемещаются по верхнему пути *12а*, а угол подъема по стрелке *16* соответствует 33°.

Смещая относительно друг друга направляющую *12* и кулак *15*, можно в значительных пределах изменять количество продукта, подаваемого в тару.

КОНСТРУКЦИИ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЙ НАПОЛНИТЕЛЬ БРП-8 ДЛЯ БУТЫЛОК

Полуавтоматический наполнитель карусельного типа (рис. 95) с восемью мерными сосудами *2* приводится во вращение приводным горизонтальным валом *12*, на одном конце которого насажены три шкива, а на другом — червяк, находящийся в зацеплении с червячным колесом, насаженным на вертикальный вал *13*.

При вращении вала *13* ролики *11* катятся по неподвижному кулаку *10*; это обеспечивает вертикальное перемещение хвостовика *14*, верхняя полая часть *3* которого ввинчена в дно мерного сосуда *2* и

При подъеме хвостовика и мерного сосуда происходит совмещение отверстия *4* в полой части *3* хвостовика с отверстием *6* в цилиндре *5*.

Как показано на рис. 95, бутылка *18* при этом наполняется жидкостью.

Во время наполнения бутылок верхний уровень мерного сосуда должен быть на 15—20 *мм* выше постоянного уровня жидкости в баке. Постоянство уровня жидкости обеспечивается поплавком *15*, закрывающим клапан, установленный в нижней части трубки *16*.

Бутылки вручную устанавливают на подставки таким образом, чтобы трубка *7* с отверстием *8* попала внутрь горла бутылки.

При установке пустых бутылок хвостовик *14* находится в нижнем положении, пружина *9* разжата.

Если по какой-либо причине рабочий, обслуживающий машину, не поставил бутылку на подставку *17*, жидкость выльется в поддон *19*.

Продолжительность истечения жидкости из мерного сосуда, или иначе продолжительность опорожнения мерного сосуда, может быть определена на основании таких рассуждений (рис. 96).

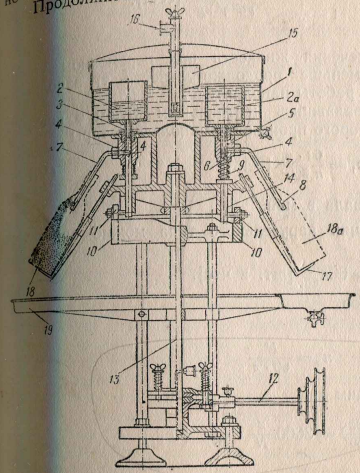


Рис. 95. Наполнитель для бутылок БРП-8

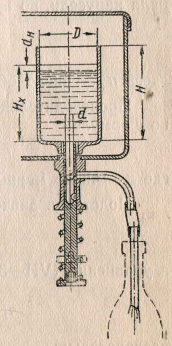


Рис. 96. Схема к расчету продолжительности истечения жидкости

Объем жидкости, вытекающей из мерного сосуда за бесконечно малый отрезок времени $d\tau$, равен:

$$dW = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gH_x}\, d\tau \ [м^3], \qquad \text{(VII—1)}$$

где: μ — коэффициент расхода;
d — диаметр отверстия в дне сосуда;
H_x — высота уровня жидкости;
g — ускорение силы тяжести.

На основании того же рисунка можно записать

$$dW = \frac{\pi D^2}{4} dH,$$

где: D — диаметр сосуда;
dH — изменение уровня.

Приравняв оба выражения, находим

$$d\tau = \frac{D^2 dH}{\mu d^2 \sqrt{2gH_x}} \ [сек.].$$

Интегрируя правую часть равенства в пределах от нуля до H, находим:

$$\tau = \frac{D^2}{\mu d^2\sqrt{2g}}\int_0^H \frac{dH}{\sqrt{H}} = \frac{D^2}{\mu d^2\sqrt{2g}}\int_0^H H^{\frac{1}{2}}\,dH =$$

$$= \frac{D^2}{\mu d^2\sqrt{2g}} \cdot \frac{H^{-\frac{1}{2}+1}}{1-\frac{1}{2}} = \frac{2D^2\sqrt{H}}{\mu d^2\sqrt{2g}} \text{ [сек.]}. \qquad \text{(VII—2)}$$

Продолжительность истечения жидкости при переменном уровне должно быть равно или меньше продолжительности τ_1 заполнения тары, зависящей от режима работы наполнителя.

Можно определить τ_1, задавшись центральным углом φ поворота вала карусели, во время которого происходит наполнение тары

$$\tau_1 = \frac{60 \cdot \varphi}{n_в 360^\circ} \text{ [сек.]}; \qquad \text{(VII—3)}$$

здесь $n_в$ — число оборотов вала в мин.

Производительность машин карусельного типа можно определить по формуле:

$$N = 60 n_в z \text{ [шт. в час]},$$

где z — число мерных сосудов.

Подставив значение

$$n_в = \frac{N}{60 \cdot z}$$

в уравнение (VII—3), находим

$$\tau_1 = \frac{60 \cdot 60 z \varphi}{N \cdot 360^\circ} = 3600\frac{z}{N} \cdot \frac{\varphi}{360^\circ} \text{ [сек.]},$$

следовательно

$$\tau \leqslant \tau_1 \text{ или } \frac{2D^2\sqrt{H}}{\mu d^2\sqrt{2g}} \leqslant 3600\frac{z}{N} \cdot \frac{\varphi}{360^\circ}. \qquad \text{(VII—4)}$$

Пример. Определить продолжительность истечения виноградного сока из мерного сосуда наполнителя БРП-8. Внутренние размеры сосуда в *мм*: диаметр $D = 75$, высота $H = 110$, диаметр отверстия в дне стакана $d = 10$, коэффициент истечения $\mu = 0{,}65$.

Подставляя в формулу (VII—2), заданные значения D, d, H, μ, находим время истечения:

$$\tau = \frac{2 \cdot 0{,}075^2\sqrt{0{,}110}}{0{,}65 \cdot 0{,}01^2\sqrt{2 \cdot 9{,}81}} = 6{,}4 \text{ сек.}$$

Если считать, что бутылка во время ее заполнения вместе с каруселью проходит центральный угол, равный 180°, то число оборотов карусели не должно превышать

$$n_к = \frac{60 \cdot 180^\circ}{6{,}4 \cdot 360^\circ} = 4{,}5 \text{ об/мин.}$$

При таком числе оборотов карусели максимальная часовая производительность наполнителя БРП-8 составит при наличии восьми разливочных устройств

$$N_{макс} = 60 \cdot 4{,}5 \cdot 8 = 2150 \text{ бутылок час,}$$

что почти совпадает с паспортной производительностью, составляющей 2000 бутылок/час.

Техническая характеристика

Производительность	до 2000 бутылок/час
Габариты в *мм*:	
длина	1078
высота	1770
Мощность двигателя	0,5 *кат*
Точность дозировки	± 0,8—1,0%

АВТОМАТИЧЕСКИЙ НАПОЛНИТЕЛЬ ИНЖ. ЖУКОВА

Наполнители системы Жукова изготовляются заводом имени Ярославского и предназначены для розлива в бутылки невязких продуктов (соки, вино и др.).

Наполнитель относится к типу объемных; из мерных сосудов наполнителя жидкость вытекает под воздействием гидростатического давления, величина которого уменьшается от максимальной в начале до нуля к концу истечения.

В отличие от наполнителя БРП-8, в котором жидкость выливалась из мерного сосуда независимо от наличия тары под разливочным устройством, в наполнителе инж. Жукова при отсутствии тары подача жидкости не происходит.

Разрез и план разливочного автомата системы Жукова показаны на рис. 97.

Автомат состоит из вращающегося стола-карусели *4*, приводимого во вращение шкивом *2* при помощи червячного редуктора, корпус *3* которого крепится к станине *1*.

Верхняя часть разливочного автомата при помощи перемещающейся по вертикали гайки *5* соединена с нижней частью. Такое соединение обеспечивает возможность наполнения бутылок различной высоты. Гайка *5* перемещается при помощи пары конических шестерен и вертикального винта.

На карусели *4* укреплены двенадцать пустотелых втулок *10*, через которые проходят штоки *6*, снабженные роликами, катящимися при вращении карусели, по неподвижному кулаку-копиру, что обеспечивает поднятие и опускание штоков.

На верхней части штоков укреплены патроны *29*, на которые устанавливают бутылки *21*. Машина снабжена приемным устройством для бутылок, смонтированным на чугунном кронштейне *8*.

Приемное устройство состоит из стола *9*, звездочки *20*, обеспечивающей равномерное поступление бутылок, звезды *11*, снимающей бутылки с транспортера и устанавливающей их на патроны *29*, направляющей *13* для бутылок, звезды *12*, снимающей наполненные бутылки с патронов карусели и устанавливающей их на транспортер, который является частью механизированной линии и изготовляется отдельно.

Верхняя часть вращающейся карусели состоит из разливочного бачка *15*, поплавка *16*, внутри полой части которого находится клапан, соединенный с трубопроводом, и двенадцати мерных сосудов *14*.

Мерные сосуды могут перемещаться в вертикальном направлении. Подъем их производится горлом бутылок, а опускание — неподвижным кулаком *22* при помощи ролика *23*, направляющей *24* и ползунов *25*.

Верхняя часть мерного сосуда *14* открыта, а к нижней части крепится пробковый кран *26* и направляющий конус *27*.

Чтобы жидкость не выливалась в зазор, между боковой поверхностью мерного сосуда *14* и отверстием в дне бака, имеется сальниковое уплотнение *28*.

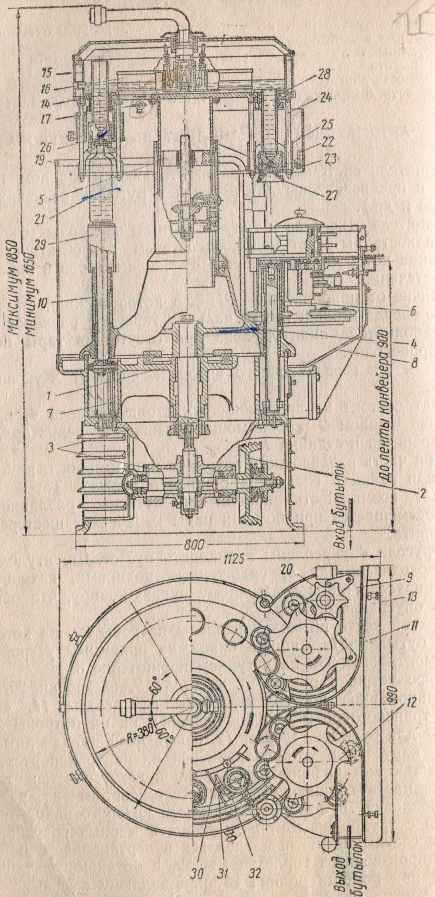


Рис. 97. Автоматический наполнитель системы инж. Жукова

Работа машины

1. Мерный сосуд опускается вниз, его верхний край погружается в жидкость, благодаря чему происходит наполнение сосуда.

2. Поступившая на нижний патрон порожняя бутылка поднимается штоком; далее бутылка своим горлом входит в направляющий конус и поднимает мерный сосуд.

3. Наполненный жидкостью мерный сосуд поднимается вверх. Когда верхний край сосуда поднимется выше уровня жидкости, ручка *30* пробкового крана *26* отклоняется упором *31*, чем обеспечивается поворот пробки в положение «открыто», и жидкость начинает поступать в бутылку (этот момент показан на рис. 97).

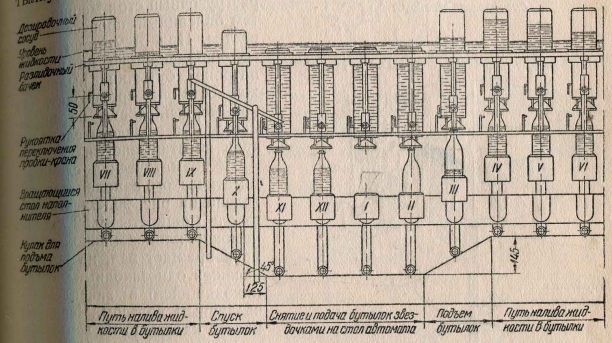


Рис. 98. Развернутая схема работы автоматического наполнителя системы инж. Жукова

4. После наполнения бутылки жидкостью нижний патрон с мерным сосудом опускаются. Пробка крана под воздействием растянутой пружины *32* возвращается в положение «закрыто». Наполненная бутылка снимается с нижнего патрона звездой *12*. Для спуска жидкости из разливочного бачка служит кран *17*. С боков машина закрыта кожухом *19*.

Количество жидкости, подаваемой в бутылку, регулируют полыми вытеснителями, опускаемыми в мерные сосуды. Для точного регулирования служат боковые винты, ввинчиваемые в мерные сосуды.

Для устранения вспенивания жидкости при поступлении ее в бутылку следует струю жидкости направить не на дно бутылки, а на внутреннюю боковую поверхность. При этом жидкость не пенясь стекает по стенкам на дно бутылки.

На рис. 98 приведена развернутая (по диаметру разливочных устройств) схема автоматического наполнителя инж. Жукова, на которой показана последовательность операции по наполнению бутылок. Когда нижний патрон, освобожденный от наполненной бутылки приходит в положение *I*, на него подающей звездой устанавливается пустая бутылка, вместе с которой он приходит в положение *II*.

В это время соответствующий мерный сосуд находится в крайнем нижнем положении, при котором его верхний край опущен ниже уровня жидкости, а сам сосуд заполнен жидкостью.

Затем ролик штока нижнего патрона накатывается на наклонный участок неподвижного кулака, благодаря чему происходит подъем бутылки, как показано в положении *III*.

В положении *IV* бутылка полностью подняла мерный сосуд в его верхнее положение, кран открыт, и жидкость вытекает в бутылку. В положениях *V, VI, VII, VIII, IX* продолжается наполнение.

Затем нижний патрон с бутылкой опускается (положение *X*), а вместе с ними, благодаря верхней направляющей, опускаются и мерные сосуды. В положении *XI* нижний патрон и бутылка полностью опустились, и в положении *XII* бутылка звездой снимается с нижнего патрона и устанавливается на разгрузочный стол машины. Затем описанный процесс повторяется. При отсутствии по какой-либо причине на нижнем патроне бутылки выливание жидкости не происходит, так как мерный сосуд не поднимается, а следовательно, и кран не открывается.

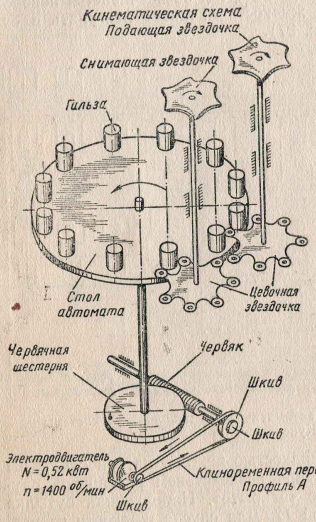


Рис. 99. Кинематическая схема автоматического наполнителя системы инж. Жукова

Кинематическая схема автоматического наполнителя приведена на рис. 99. Электродвигатель мощностью 0,52 *квт* при помощи клиноременной передачи вращает вал, на котором насажен однозаходный червяк, находящийся в зацеплении с червячным колесом. Червячное колесо насажено на вертикальный вал, вращающий верхнюю и нижнюю карусели наполнителя. (Верхняя часть на кинематической схеме не показана.)

При вращении нижней карусели против часовой стрелки гильзы входят в зацепление с двумя цевочными звездочками. Одна из двух цевочных звездочек вращает вертикальный вал, на верхнем конце которого насажена звезда, устанавливающая пустые бутылки на нижний патрон. Вторая цевочная звездочка приводит в движение звезду, которая снимает наполненные бутылки с нижнего патрона.

На вал электродвигателя и приводной вал машины насажено по два шкива, чем обеспечивается возможность работы наполнителя на двух режимах, как это видно из табл. 16.

Техническая характеристика

Давление поступающей жидкости на клапан поплавка	0,2 *атм*
Мощность электродвигателя	0,52 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	1125
ширина	990
высота	1850

Таблица 16

Показатели	Емкость бутылок в *л*	
	0,25	0,5
Диаметр шкива на электродвигателе в *мм*	85	69
Диаметр шкива на валу машины в *мм*	286	278
Число оборотов электродвигателя в мин.	1440	1440
Передаточное число червячной пары	1 : 80	1 : 80
Передаточное число ременной передачи	1 : 3,5	1 : 4,1
Общее передаточное число	1 : 280	1 : 328
Число оборотов карусели в мин.	3,15	4,35
Производительность машины в мин.	62	53
Продолжительность наполнения бутылок в сек.	5,8	7,0

ШЕСТИПАТРОННЫЙ ПОРШНЕВОЙ НАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ ГУСТЫХ ПРОДУКТОВ

На рис. 100 приведен общий вид наполнителя для густых вязких продуктов (томат-паста, икра овощная и др.). Основные детали разливочного устройства этого наполнителя показаны на рис. 94.

На чугунной станине *1* установлен электродвигатель *2* и червячный редуктор *3*, вращающий вертикальный вал *4*. Последний приводит во вращение бак *5* и стол *6*, на котором устанавливают банки *12*. Нижний кулак *7* неподвижно укреплен на станине и снабжен регулирующим устройством *8*, при помощи которого регулируют количество продукта, подаваемого поршнем в тару.

Рычаг *9* находится под воздействием корпуса банки и перемещает стрелку, переводящую ролики цилиндрических золотников с нижнего холостого пути на верхний рабочий путь. После прохода очередного ролика пружина *10* возвращает стрелку в исходное (холостое) положение. Корпус *11* вертикального золотника крепится болтами к фланцам цилиндра и бака.

Техническая характеристика

Производительность	60 банок в мин.
Объем подаваемого в банку продукта	475 и 950 $см^3$
Мощность электродвигателя	1,4 *квт*
Число оборотов электродвигателя	940 в мин.
Число оборотов рабочего стола	10 „ „
Габариты в *мм*:	
длина	1550
ширина	1355
высота	1615
Вес	700 *кг*

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ДВЕНАДЦАТИПАТРОННЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ ЗАВОДА ИМЕНИ КУЙБЫШЕВА

Разливочное устройство этого наполнителя описано на стр. 143 (см. рис. 89). Общий вид наполнителя показан на рис. 101.

Подаваемый по трубопроводу *1* жидкий продукт поступает в разливочный бачок *2*, в дне которого установлены двенадцать разливочных устройств *3*. Стол *4* с двенадцатью нижними патронами *5* приводится во вращение электродвигателем *11* через редуктор *6*, ременную, червячную и зубчатую передачи. Подлежащие наполнению банки подаются пластинчатым транспортером *7* на нижние патроны вращающегося стола машины.

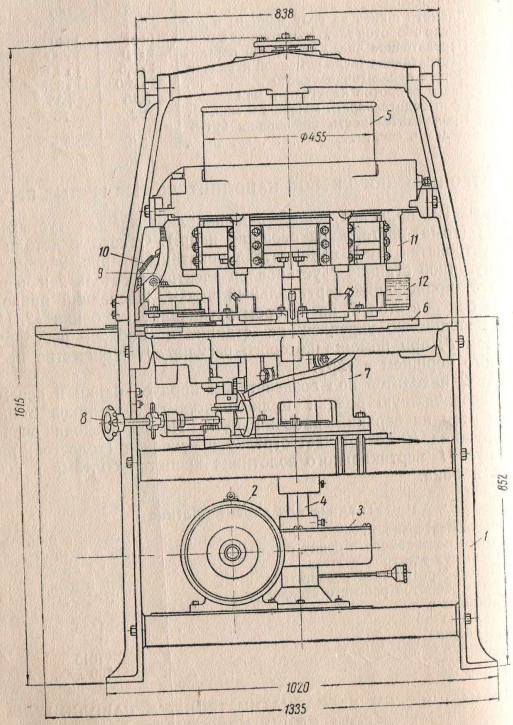


Рис. 100. Поршневой карусельный шестипатронный наполнитель для густых продуктов

Нижние патроны поднимаются благодаря накатыванию роликов штоков *8* на неподвижный кулак *9*. После подъема нижнего патрона *5* вместе с банкой последняя своим фланцем (жестяная) или горлом (стеклянная) поднимает седло клапана разливочного устройства, и жидкость начинает поступать в банку. После поворота карусели на 225°

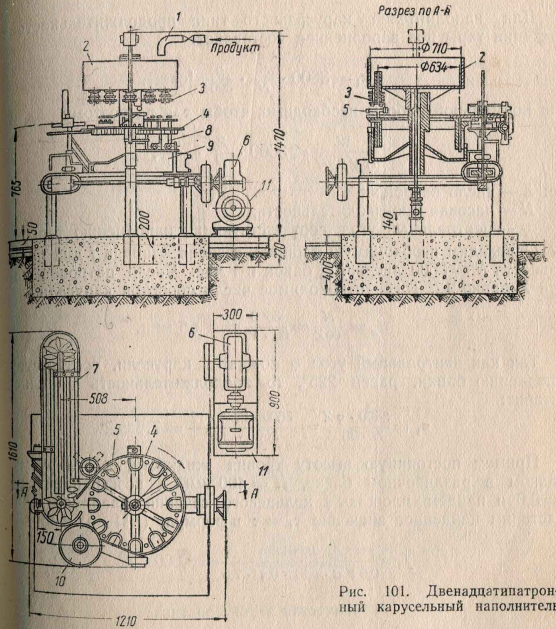


Рис. 101. Двенадцатипатронный карусельный наполнитель

ролик штока нижнего патрона перемещается вниз в соответствии с профилем кулака *9*, банка опускается, седло прижимается к клапану, благодаря чему прекращается выливание жидкости из разливочного бачка *2*.

Наполненная банка снимается звездой с нижнего патрона и устанавливается ею на диск *10*. На этом заканчивается процесс заполнения банки. Уровень жидкости в разливочном бачке должен быть постоянным, что достигается благодаря поплавковому регулятору уровня.

Скорость истечения жидкости при постоянном уровне можно определить по формуле:

$$v = \mu\sqrt{2gH}\ [м/сек],$$

где: g — ускорение силы тяжести в $м/сек^2$;
H — высота напора в $м$;
μ — коэффициент расхода.

Если объем жидкости, подлежащей подаче в тару, обозначим через W (в $м^3$), площадь сечения отверстия, через которое жидкость вытекает, через f (в $м^2$), то продолжительность τ истечения заданного объема будет равна:

$$\tau = \frac{W}{\mu \cdot f\sqrt{2gH}} \text{ [сек.]}. \qquad \text{(VII—5)}$$

Для наполнителей карусельного типа продолжительность τ_1 нахождения тары под заполнением составляет:

$$\tau_1 = 3600 \cdot \frac{Z}{N} \cdot \frac{\varphi}{360^\circ} \text{ [сек.]}.$$

Для нормальной работы необходимо, чтобы $\tau \leqslant \tau_1$, поэтому

$$\frac{W}{\mu f\sqrt{2gH}} \leqslant 3600 \cdot \frac{Z}{N} \cdot \frac{\varphi}{360^\circ},$$

где: Z — число патронов;

N — часовая производительность;

φ — центральный угол, соответствующий наполнению тары.

Определим необходимую площадь сечения клапана f для производительности $N = 3600$ литровых банок в 1 час. Число патронов наполнителя Z равно 12. Тогда необходимое число оборотов карусели

$$n_к = \frac{N}{60Z} = \frac{3600}{60 \cdot 12} = 5 \text{ об/мин}.$$

Так как центральный угол φ поворота карусели, соответствующий наполнению банки, равен 225°, то продолжительность наполнения τ_1 составит:

$$\tau_1 = \frac{3600 \cdot \varphi Z}{N \cdot 360^\circ} = \frac{3600 \cdot 225^\circ \cdot 12}{3600 \cdot 360^\circ} = 7{,}5 \text{ сек}.$$

Примем постоянную высоту уровня жидкости, регулируемую поплавком в разливочном бачке, $H = 400$ *мм*, а коэффициент расхода $\mu = 0{,}6$ и найдем площадь f кольцевого сечения клапана. Для этого подставим найденное значение $\tau_1 = \tau$ в формулу (VII—5) и определим f:

$$f = \frac{0{,}001}{0{,}6\sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}4} \cdot 7{,}5} = 0{,}0008 \ м^2.$$

Техническая характеристика

Производительность	до 120 банок в мин.
Мощность электродвигателя	1 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	1610
ширина	1210
высота	1470
Вес машин	660 *кг*

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ

Наполнители, которые одновременно подают твердые (бобовые) и жидкие (жир, заливы) продукты в консервную тару, называются универсальными. Универсальный наполнитель для жестяных банок (рис. 102) состоит из бункера *1*, в который поступают бобовые (фасоль, горох, соя), ванны *2*, куда подают жир или заливку, объемного дозирующего устройства *3* для бобовых, мерных цилиндров *4*, дозирующих жир

шнекового транспортера *5*, подающего банки на вращающийся стол машины и диска *6*, на который поступают заполненные банки.

Все детали наполнителя смонтированы на чугунной станине *7*. Для регулирования количества подаваемого жира служат вытеснители *8*, вдвигаемые в мерные цилиндры *4*. Для подогрева жира в разливочном бачке *2* установлен змеевик *9*.

На рис. 102, *а* показана схема, поясняющая работу дозирующего устройства для бобовых и жира.

Загруженные в бункер *1* бобовые поступают в одно из шести отверстий вращающегося дозатора *2*. С верхней и нижней стороны дозатор *2*

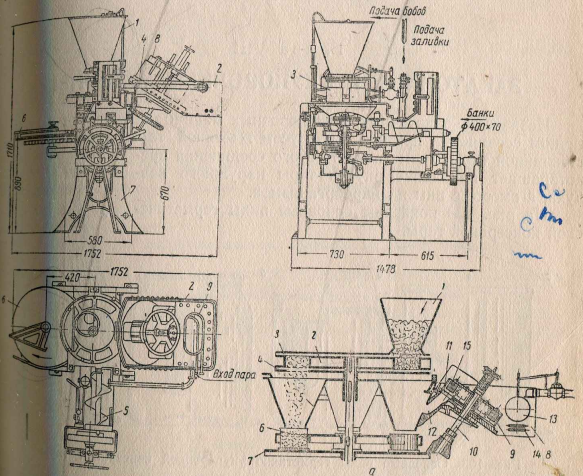


Рис. 102. Универсальный наполнитель

ограничен стенками *3* и *4*. Через отверстие в стенке *3* дозатор загружается, через нижнее отверстие в стенке *4* продукт выгружается в коническую направляющую *5* и поступает в банки *6*, находящиеся на вращающемся столе *7*.

Жир или заливка подаются из разливочного бачка *8* дозатором *9*, конструкция которого почти не отличается от дозатора *2*. При погружении в жидкость мерные сосуды, представляющие собой цилиндры без дна и крышки, заполняются, а при вращении вала *10* поднимаются вверх. При этом нижний край цилиндра перемещается по дну разливочного бачка *8*. Когда каждый цилиндр доходит до отверстия *11* в дне разливочного бачка *8*, жидкость по трубе *12* попадает в отверстие конической направляющей *5* и затем в банку *6*. Поплавковый регулятор *13* служит для поддержания постоянного уровня в разливочном бачке, змеевик *14* — для подогрева жира, застывающего при температурах 14—20°. Количество жира, подаваемого в банку, регулируется вытеснителями *15*; работа их основана на том, что в зависимости от их положе-

ния в дозирующих сосудах они вытесняют из них большее и меньшее количество жира.

Техническая характеристика

Производительность	60—70 банок в мин.
Мощность электродвигателя	1,2 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	1752
ширина	1478
высота	1710

Глава VIII

ЗАКАТОЧНЫЕ И УКУПОРОЧНЫЕ МАШИНЫ

Назначение закаточных и укупорочных машин заключается в герметичном соединении крышек с корпусом жестяной тары либо с горлом стеклянной тары; герметичность этого соединения предотвращает попадание внутрь тары наружного воздуха, а вместе с ним и микроорганизмов.

На рис. 103 показаны основные виды герметической консервной тары.

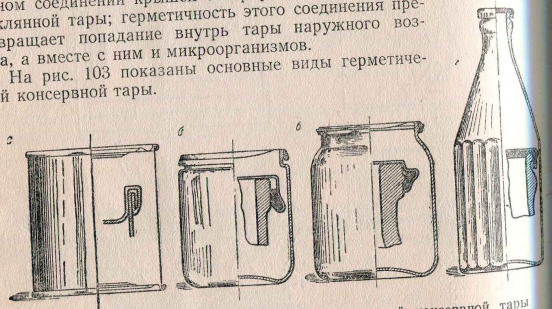


Рис. 103. Основные виды герметично укупоренной консервной тары

На рис. 103, *а* показана жестяная банка, корпус которой соединен с донышком и крышкой двойным закаточным швом. Стеклянные банки, подвергающиеся стерилизации, имеют металлическую крышку с вложенным в нее резиновым кольцом, плотно прилегающим к горлу банки (рис. 103, *б* и *в*).

На рис. 103, *г* показана бутылка, на горле которой обжата рифленая крышка с вложенной в нее пробковой или резиновой прокладкой.

СПОСОБЫ ГЕРМЕТИЗАЦИИ КОНСЕРВНОЙ ТАРЫ

ОБРАЗОВАНИЕ ДВОЙНОГО ЗАКАТОЧНОГО ШВА

Двойным закаточным швом называется прочно-плотное соединение фланца корпуса банки с фланцем крышки, состоящее из пяти слоев жести. Внутри такого шва находится уплотнительная эластичная прокладка. Образование двойного закаточного шва производится закаточными машинами в две операции.

Рабочие органы — закаточные ролики первой операции — производят предварительную подкатку фланца крышки под фланец корпуса

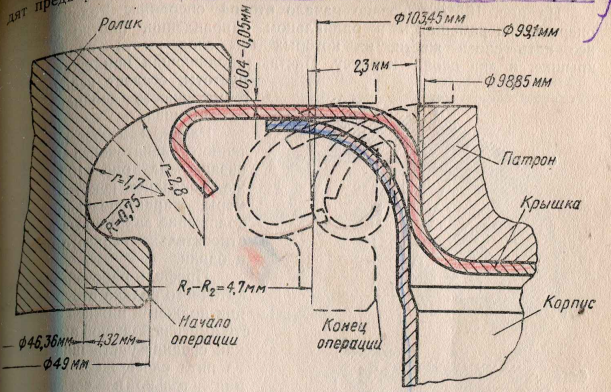


Рис. 104. Последовательность производства первой операции

банки, а закаточные ролики второй операции окончательно оформляют шов, плотно сжимая все пять слоев жести.

Последовательность производства первой операции показана на рис. 104. Закаточный ролик первой операции, переместившись по направ-

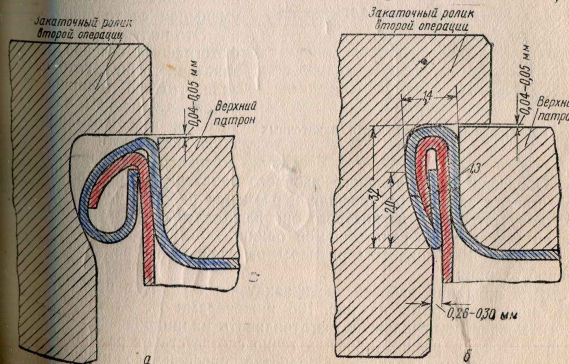


Рис. 105. Последовательность производства второй операции

лению к центру вращающейся банки на 4,7 *мм*, произвел последовательный изгиб фланцев крышки и корпуса, как показано на рисунке пунктиром.

Крышка с корпусом к концу первой операции соединена неплотным швом.

На рис. 105, *а* показано начало второй операции. Ролик второй операции, перемещаясь в радиальном направлении, плотно сжимает все пять слоев жести, из которых три слоя жести принадлежат крышке, а два слоя — корпусу. Паста, заполняющая при сжатии шва пустоты, создает необходимую герметичность двойного закаточного шва.

Размеры и форма законченного закаточного шва показаны на рис. 105, *б*. Там же показаны некоторые размеры, характеризующие расположение закаточных роликов относительно верхнего патрона и банки.

Профиль рабочей части закаточного ролика второй операции должен в нижней своей части иметь небольшой выступ, так как средняя часть шва состоит из пяти слоев жести, а нижняя — только из четырех (см. разрез двойного закаточного шва после второй операции).

Закаточный ролик второй операции не только уплотняет двойной закаточный шов, но производит прокатку жести, уменьшая ее толщину.

Это подтверждается микрофотографией сечения двойного закаточного шва, которая показала, что его толщина становится в среднем на 0,1 *мм* меньше, чем суммарная толщина всех пяти слоев жести до производства шва.

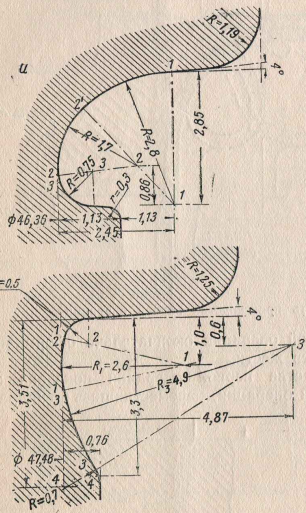


Рис. 106. Профиль рабочей части закаточных роликов

Образование правильного двойного закаточного шва в значительной степени зависит от профиля и размеров рабочей части закаточных роликов, материала, из которого они изготовлены, а также от их положения относительно закатываемой банки.

На рис. 106 показаны размеры рабочей части роликов первой и второй операций.

Для придания рабочей части закаточных роликов профиля в соответствии с размерами на рис. 106 инженерами А. А. Меркуловым и Я. В. Козловым предложено изготавливать цилиндрические профильные резцы. В этих резцах профиль точно соответствует размерам рабочей части закаточных роликов. Обработка профильного цилиндрического резца производится в следующем порядке: сначала обрабатывают торцевые поверхности заготовки, затем высверливают в центре ее отверстие диаметром 12 *мм*, после чего дальнейшие операции производят с заготовкой на оправке.

Рабочая часть цилиндрического резца обрабатывается на токарном станке резцом по увеличенному на 0,05—0,07 *мм* шаблону. После этого окончательная обработка рабочей части цилиндрического резца производится мелко зернистым карборундовым трехгранным бруском.

Закаточные ролики делают из стали марок БСТ-0, Тст-0, Ст-1 и МСт-1. Сталь этих марок хорошо обрабатывается и цементируется, при закалке не деформируется.

Рабочую часть закаточных роликов обрабатывают профильным цилиндрическим резцом с подачей мыльно-водяной эмульсии для получения зеркальной поверхности рабочей части закаточных роликов. При цементировании закаточных роликов рабочие поверхности следует смазывать насыщенным раствором буры, что обеспечивает чистоту поверхности.

Для образования двойного закаточного шва по всему периметру цилиндрической банки банка должна вращаться, а закаточные ролики должны совершать только поступательное движение к центру банки, или нужно, чтобы банка стояла неподвижно, а закаточные ролики вращались вокруг банки и одновременно перемещались к центру банки.

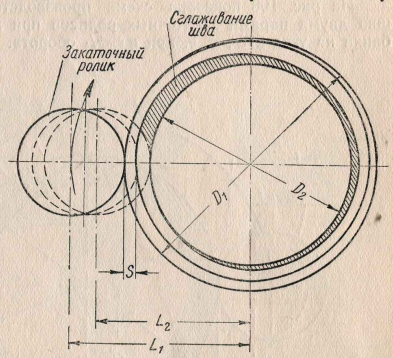


Рис. 107. Схема радиальной подачи одного закаточного ролика

Работу закаточного ролика первой операции при неподвижной банке поясним рис. 107, на котором показано положение банки и закаточного ролика в момент начала деформации фланца крышки.

Обозначим диаметр крышки до начала деформации через D_1, а после окончания первой операции — через D_2. Закаточный ролик, вращаясь вокруг банки, одновременно перемещается и в радиальном направлении при помощи соответствующим образом профилированного кулака. Перемещение закаточного ролика в радиальном направлении за один оборот вокруг банки называют радиальной подачей. Чтобы определить величину радиальной подачи (если предположить, что она происходит равномерно), нужно перемещение $L_1 - L_2$ закаточного ролика по направлению к центру банки разделить на число оборотов n закаточного ролика вокруг банки:

$$S = \frac{L_1 - L_2}{n}. \qquad \text{(VIII—1)}$$

На рис. 107 приведена схема радиальной подачи одного закаточного ролика при $n = 2$. Работа закаточного ролика без радиального перемещения называется сглаживанием или шлифованием двойного закаточного шва.

В большинстве случаев образование двойного закаточного шва производится не одним, а двумя диаметрально установленными закаточными роликами каждой операции. При этом верхний патрон закаточных машин не подвергается одностороннему нажиму.

При наличии двух диаметрально расположенных закаточных роликов каждой операции радиальную подачу можно уменьшить в два раза, а в общем случае ее можно выразить уравнением:

$$S = \frac{L_1 - L_2}{nZ}, \qquad \text{(VIII—2)}$$

где Z — число закаточных роликов.

На рис. 108 показана схема производства двойного закаточного шва двумя парами закаточных роликов при повороте их относительно банки на угол 270°, т. е. при $n = 3/4$ оборота.

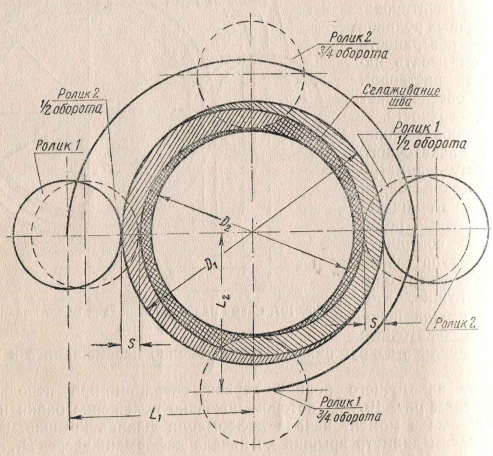


Рис. 108. Схема радиальной подачи двух закаточных роликов

Подставляя указанные значения в формулу для определения радиальной подачи, находим:

$$S = \frac{L_1 - L_2}{nZ} = \frac{L_1 - L_2}{3/4 \cdot 2} = \frac{L_1 - L_2}{1{,}5}.$$

Для профилирования кулаков, управляющих перемещением закаточных роликов к центру банки, необходимо учитывать величину радиальной подачи закаточных роликов.

ГЕРМЕТИЗАЦИЯ СТЕКЛОТАРЫ

Металлическая крышка герметически соединяется с горлом стеклянной банки благодаря плотному прилеганию вложенного в крышку резинового кольца к горлу стеклянной банки и к деформированному венцу крышки. Достигается это тремя способами:

а) обжимом крышки и резинового кольца на горле банки специальными роликами;

б) обкаткой крышки и резинового кольца на горле банки цилиндрическими роликами;

в) плотным насаживанием крышки (с натягом резинового кольца) на горло банки.

В последние годы обжим крышек повсеместно заменяется обкаткой крышек роликами, что можно объяснить двумя причинами:

а) возможностью использования закаточных машин;

б) уменьшением боя при отклонении размеров горла стеклобанки от установленных.

На рис. 109 показана схема укупорки стеклянной банки при помощи обжимного патрона. Как видно из рисунка, поднятая банка *1* с крышкой *2* дошла до верхнего патрона *3*. Обжимной патрон *4* находится в сжатом положении. При опускании верхнего патрона *3* крышка попадает в рабочую часть обжимного патрона, благодаря чему она деформируется, как показано на правой половине рис. 109.

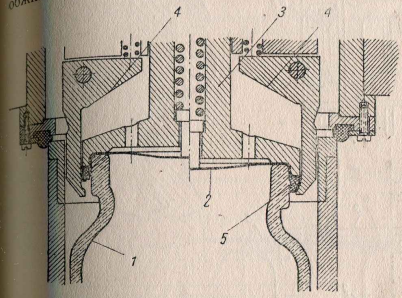


Рис. 109. Укупоривание стеклобанок обжимным патроном

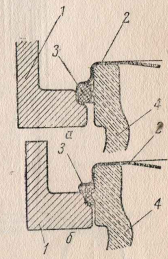


Рис. 110. Укупоривание стеклобанок обкаточными роликами

Резиновое кольцо *5* плотно обжимается вокруг горла банки, чем обеспечивается необходимая герметичность. Венчик на горле банки увеличивает прочность соединения резинового кольца с горлом стеклянной банки.

При сравнительных испытаниях прочности соединения крышки с горлом банки получены такие данные (в *ати*):

Среднее давление, при котором срывается крышка при наличии венчика	1,46
Среднее давление, при котором срывается крышка при отсутствии венчика	1,16
Разность	0,30

Таким образом, прочность укупорки крышки на горле банки, лишенной венчика, меньше на 20,5%.

На рис. 110 изображены обкаточный ролик *1*, деформирующий крышку *2*, и резиновое кольцо *3* на горле стеклобанки *4*.

На рис. 110 показано взаимное расположение обкаточного ролика и банки до укупорки (фиг. *а*) и после укупорки банки (фиг. *б*).

Обкаточный ролик *1* обычно вращается вокруг неподвижной банки *4* и перемещается в радиальном направлении к центру банки. Если обкаточный ролик укреплен в держателе при помощи амортизационного устройства (пружина, резиновая втулка), то при небольшой овальности

горла банки он может отклониться от оси банки и этим предотвратить ее раздавливание, что невозможно при деформации крышки обжимным патроном.

В нормально укупоренной стеклобанке давление сжатой резины на горло стеклобанки составляет около 35—40 *кг/см²*, а нажимное усилие ролика при обкатывании крышки около 35 *кг*.

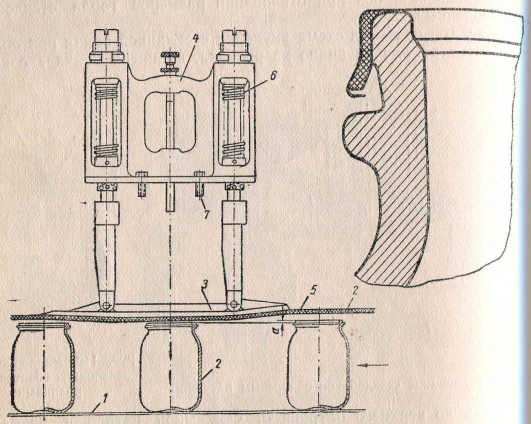


Рис. 111. Укупоривание стеклобанок по способу СКН

Зависимость прочности укупоривания стеклобанок от числа обкатов банки роликами приведена в табл. 17.

Таблица 17

Влияние числа обкатов на прочность укупорки стеклобанок

Число обкатов	3	6	9	12	15
Давление срыва в *атм* . .	1,5	1,6	1,8	1,8	1,8

Из табл. 17 следует, что больше трех обкатов производить нецелесообразно.

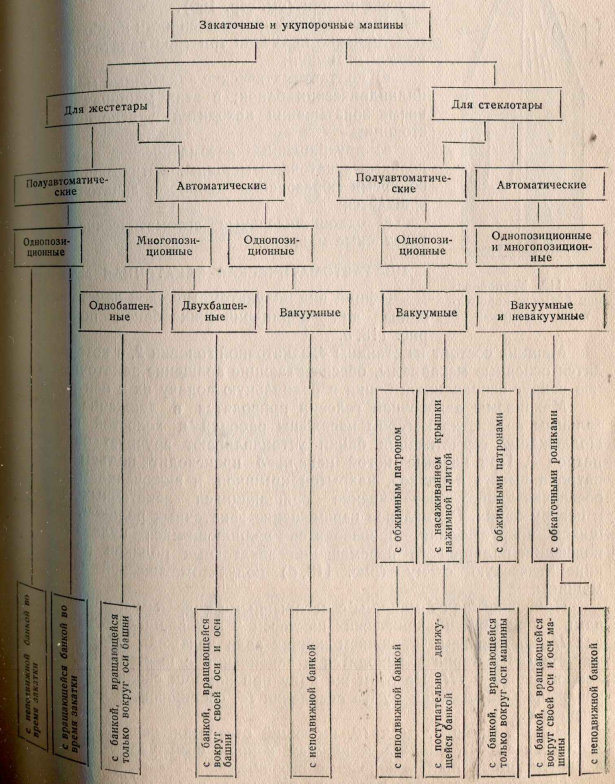
Третий способ укупорки стеклотары показан на рис. 111. Установленная на пластинчатом транспортере *1* накрытая крышкой банка *2* подводится к нажимной плите *3*, которая плотно насаживает крышку с вложенным в нее резиновым кольцом на горло стеклобанки. Корпус нажимной плиты крепится болтами к станине машины.

Нижняя ветвь прорезиненной ленты *5* огибает нажимную плиту и движется в том же направлении и с такой же скоростью, как пластинчатый транспортер.

Нажимная плита соединена с корпусом *4* при помощи двух сжатых

расстоянии, чтобы обеспечить сильный нажим на крышку банки, при котором произошло бы заклинивание резинового кольца, как показано на рис. 111, *а*. При описанном способе укупорки необходимо создать вакуум в банке.

Укупорка узкогорлых бутылок корончатыми жестяными крышками с прокладками из пробки или резины (рис. 112) производится укупорочным патроном *1* с постепенно уменьшающимся диаметром рабочей части. При подъеме бутылки *2* или опускании укупорочного патрона *1* крышка *3* деформируется и фиксируется на горле бутылки.



Торцевая часть горла бутылки должна оставить на пробковой прокладке отпечаток глубиной около $^2/_3$ толщины прокладки. Укупоривание широкогорлых бутылок СКО-58-2 производится так же, как укупоривание банок — обжимом либо обкаткой роликами.

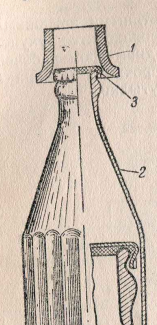


Рис. 112. Укупоривание бутылок корончатыми крышками

КОНСТРУКЦИИ ЗАКАТОЧНЫХ И УКУПОРОЧНЫХ МАШИН

Многочисленные конструкции закаточных и укупорочных машин можно разделить на несколько основных видов и групп, как видно из приведенной классификации (см. стр. 169).

В консервной промышленности наибольшее распространение получили три типа закаточных и укупорочных машин:

а) полуавтоматические закаточные машины для цилиндрических банок; в этих машинах банка во время закатывания находится в неподвижном состоянии;

б) двухбашенные автоматические восьмишпиндельные закаточные машины; в этих машинах банка во время образования двойного закаточного шва вращается;

в) одношпиндельные автоматические вакуум-закаточные машины.

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАКАТОЧНАЯ МАШИНА

Общий вид полуавтоматической закаточной машины для цилиндрических банок показан на рис. 113, *а*.

Машина состоит из станины *4*, закаточной головки *2*, в которой находятся основные механизмы, обеспечивающие вращение закаточных роликов вокруг неподвижной банки и радиальную подачу их к центру банки.

Механизмы закаточной головки приводятся в движение горизонтальным валом, на котором насажены рабочий и холостой шкивы *1*. Подлежащие герметизации банки устанавливают вручную на нижний патрон *3*. При нажиме ногой педали *5* происходит подъем нижнего патрона вместе с банкой, накрытой крышкой, и включение механизма, обеспечивающего перемещение вращающихся закаточных роликов к центру банки. Радиальное перемещение закаточных роликов, вращающихся вокруг банки, производится вращающимися кулаками. Для пояснения радиального перемещения закаточных роликов рассмотрим кинематическую схему (рис. 113, *б*) полуавтоматической закаточной машины.

Приводной вал *I* машины с насаженными холостым и рабочим шкивами *1* при помощи конических шестерен *2* и *3* вращает вертикальный вал *II*. На верхнем и нижнем концах вала насажены цилиндрические шестерни. Шестерня *4* находится в зацеплении с шестерней *5*, закрепленной на валу *III*. На этом же валу при помощи скользящей шпонки насажена фрикционная муфта сцепления *14*, соединяющая вал *III* с шестерней *6*.

Вал *III* вращает диск *10*, имеющий отверстия, через которые проходят оси *13*. На верхнем и нижнем концах осей укреплены рычаги, направленные в противоположные стороны.

На верхних рычагах насажены отжимные ролики *11* и *12*, которые катятся при вращении диска по кулакам первой и второй операций *8* и *9*. На нижних рычагах укреплены закаточные ролики *15* и *16*.

Когда педаль находится в верхнем положении, фрикционная муфта сцепления *14* находится в зацеплении с цилиндрической шестерней *6*. При этом валы *III* и *IV* делают одинаковое число оборотов. Следовательно, диск *10* и кулаки *8* и *9* также вращаются с одинаковой скоростью. Закаточные ролики вращаются вокруг патрона, не перемещаясь в радиальном направлении, так как кулаки *8* и *9* не перемещаются относительно диска *10*.

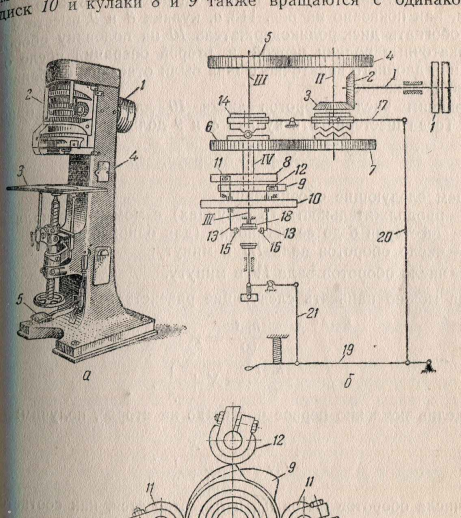


Рис. 113. Полуавтоматическая закаточная машина

При нажиме педали после установки банки на нижний патрон рычаг *19* перемещается вниз, а вместе с ним переместятся вниз тяги *20* и *21*. Рычаг *17* повернется вокруг неподвижной точки и разъединит фрикционное соединение вала *III* с шестерней *6*, соединив вал *II* с шестерней *7*.

При этом шестерня *6* приводится во вращение цилиндрической шестерней *7*. Так как шестерня *7* имеет 40 зубьев, а шестерня *6* только 39 зубьев, то вал *IV* будет вращаться быстрее вала *III*, а следовательно, и кулаки *8* и *9* начнут обгонять диск *10*. При этом отжимные ролики *11*,

12, накатываясь на кулаки, повернут верхние рычаги оси 13, а вместе с ними и нижние рычаги, на которых укреплены закаточные ролики первой и второй операции 15 и 16.

После окончания образования двойного закаточного шва педаль поднимается и закатанная банка снимается с нижнего патрона.

При наличии двух роликов первой операции и двух роликов второй операции, как показано на рис. 113, *в*, кулаки 8 и 9 вместе с валом IV должны обогнать диск-роликодержатель 10 на половину оборота с тем, чтобы закаточные ролики первой и второй операций после окончания образования двойного закаточного шва были отведены от банки в первоначальное положение.

Обозначим число оборотов диска 10 для закатки одной банки через X. Тогда шестерня 6 и кулаки 8 и 9 должны сделать

$$X+\frac{1}{2}\text{ оборота.}$$

Введем следующие обозначения:

t — продолжительность (в секундах) с момента начала вращения шестерни 6 до ее остановки (для одной банки);

n_{III} — число оборотов вала III в минуту;

n_{IV} — число оборотов вала IV в минуту.

Тогда можно написать следующие равенства:

$$\frac{n_{III}t}{60}=X$$

$$\frac{n_{IV}t}{60}=X+\frac{1}{2}.$$

Разделив почленно первое равенство на второе, получим:

$$\frac{n_{III}}{n_{IV}}=\frac{X}{X+\frac{1}{2}}.$$

Но числа оборотов валов n_{III} и n_{IV} относятся, как соответствующие числа зубьев шестерен 6 и 7, поэтому можно написать:

$$\frac{Z_6}{Z_7}=\frac{X}{X+\frac{1}{2}}.$$

Обозначив отношение $\frac{Z_6}{Z_7}$ через i, получаем:

$$\frac{X}{X+\frac{1}{2}}=i,$$

откуда

$$X=\frac{0{,}5\,i}{1-i},$$

т. е. число оборотов диска с закаточными роликами зависит от передаточного числа шестерен 6 и 7.

Для рассматриваемой машины $i=\frac{39}{40}=0{,}975$,

$$X=\frac{0{,}5\cdot 0{,}975}{1-0{,}975}=19{,}5\text{ оборота}$$

Число оборотов кулаков первой и второй операций за тот же период равно 20.

Аналогично описанному производится закатка неподвижной банки и в автоматических закаточных машинах с той лишь разницей, что цилиндрические шестерни, обеспечивающие вращение кулаков и роликодержателей с различным числом оборотов, находятся во время работы машины в зацеплении с соответствующими приводными шестернями.

Производительность полуавтоматических закаточных машин составляет 15—20 банок в минуту и зависит главным образом от квалификации рабочего.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДВУХБАШЕННАЯ ЗАКАТОЧНАЯ МАШИНА

Машина предназначена для соединения жестяных корпусов и банок с донышками и крышками двойным закаточным швом. На многих консервных заводах эта машина используется также для герметизации стеклобанок. Двухбашенная закаточная машина является многопозиционным карусельным автоматом и имеет по четыре закаточных устройства на каждой башне. Каждая банка последовательно проходит под механизмом подачи крышек, поступает на башню первой операции, где закаточные ролики первой операции производят предварительное оформление двойного закаточного шва; затем банка поступает на башню второй операции, где закаточные ролики второй операции производят окончательное оформление двойного закаточного шва, после чего банка выводится звездой из машины.

Продольный разрез двухбашенной закаточной машины по башням и поперечный разрез по механизму подачи крышек приведен на рис. 114.

На массивной, имеющей форму стола, чугунной станине 1 установлены: приемная звезда 2, передаточная звезда 3, механизм подачи крышек с магазином 4, башня первой операции, состоящая из верхней части 5 и нижней 6, передающая звезда-центратор 7, башня второй операции, состоящая из верхней части 8 и нижней 9, и звезда 10, выводящая закатанные банки из машины.

Вертикальный вал 11 башни первой операции приводится во вращение приводным горизонтальным валом 12 при помощи конических и цилиндрических зубчатых колес.

В отверстиях нижних частей башен первой и второй операций установлены перемещающиеся в вертикальном направлении плунжеры 13, соединенные при помощи пружин 14 с нижними шпинделями 15; на верхней части шпинделей 15 укреплены держатели 16 нижних патронов 17. Плунжеры 13 башен первой и второй операций перемещаются в вертикальном направлении благодаря неподвижным кулакам 18, в пазах которых перемещаются ролики 19, соединенные с плунжерами 13.

При подъеме нижних патронов банки плотно прижимаются к верхним патронам 20, укрепленным на шпинделях 21, проходящих через отверстия верхних частей башен 5 и 8. Закаточные ролики 22 первой операции свободно надеты на верхние патроны; поэтому, когда при вращении башни закаточные ролики накатываются на выступающую часть неподвижного кулака 23, они могут перемещаться в радиальном направлении к центру банки.

Так как рабочая поверхность закаточного ролика находится точно против фланцев крышки и корпуса, а банки вместе с верхними патронами вращаются вокруг своей оси, то фланцы крышки и корпуса по всему своему периметру оказываются под воздействием закаточного ролика первой операции.

Верхние патроны приводятся во вращение шестернями *25*, образующими планетарную передачу с неподвижной цилиндрической шестерней *24*.

После окончания работы закаточного ролика первой операции он устанавливается центратором *7* в концентрическое относительно верхнего патрона *20* положение, нижний патрон опускается вместе с банкой. Для отделения банки от верхнего патрона служит выталкиватель *26*, верхний конец которого попадает под воздействие ролика неподвижного кронштейна *27*, заставляющего выталкиватель опуститься. Нижний конец выталкивателя проходит через отверстие в центре верхнего патрона и оказывает давление на крышку банки.

Для регулирования величины нажима первого ролика служит эксцентриковый винт *28*, при вращении которого перемещается верхний шпиндель *21* вместе с верхним патроном и закаточным роликом. Кулак *23* и наружная поверхность закаточного ролика первой операции имеют коническую форму, поэтому при их взаимном перемещении по высоте изменяется величина радиальной подачи закаточного ролика, а следовательно, и величина нажима.

Башня второй операции мало отличается от описанного устройства башни первой операции. Разница состоит лишь в том, что на башне первой операции шестерня *24* установлена неподвижно, шестерня *29* вращается валом *30*, проходящим внутри полого вала *31* башни второй операции. Валы *30* и *31* вращаются в противоположные стороны; поэтому шестерня *29* образует с четырьмя шестернями *32* дифференциально-планетарную передачу, значительно увеличивающую число оборотов верхних патронов башни второй операции по сравнению с числом оборотов башни первой операции.

Роликодержатели второй операции (см. рис. 117) вращаются вместе с башней второй операции, и при накатывании отжимных роликов на выступ неподвижного кулака *33* закаточные ролики второй операции подводятся к вращающимся банкам, зажатым между верхними и нижними патронами башни второй операции.

Нижние шпиндели башни второй операции приводятся во вращение шестернями *35*, образующими с неподвижной шестерней *34* планетарную передачу.

Механизм подачи крышек из магазина *4* состоит из ножа *36*, отталкивающего по одной крышке из стопки, верхнего валика *37* и нижнего валика, соединяемых Г-образной шпонкой *39* только в тех случаях, когда перемещаемая передаточной звездой *3* банка задевает рычажок *40*, освобождая кольцо *41*.

Электродвигатель *42* при помощи клиноременной передачи *43* приводит во вращение свободно сидящий на приводном валу шкив *44*. При оттягивании рукоятки *45* перемещается тяга *46* и втулка *47*, заставляющая отклоняться ролики *48* фрикционной муфты сцепления *49*, что обеспечивается соединение приводного вала *12* со шкивом *44*. Штурвал *50* служит для проворачивания приводного вала машины вручную.

Кинематическая схема

На приводном горизонтальном валу *I* (рис. 115) находятся: приводной шкив, коническая шестерня *1* и штурвал для проворачивания машины вручную.

На вертикальном валу *II* закреплены: коническая шестерня *2* и цилиндрические шестерни *3* и *4*. Шестерня *3* находится в зацеплении с шестерней *5*, вращающей вал *III*, проходящий внутри полого вала *I*.

Шестерня *4* вращает паразитную шестерню *8*, которая в свою очередь вращает шестерни *12* и *9* башен первой и второй операций.

Шестерня *12*, насаженная на вертикальный вал *VIII* башни первой операции, вращает вокруг неподвижной шестерни *20* четыре верхних и нижних патрона. При этом благодаря наличию четырех шестерен *15*, насаженных на верхние шпиндели, патроны, а вместе с ними и банки получают вращательное движение вокруг своей оси и оси башни.

Шестерня *6* башни второй операции приводится во вращение валом *III*. При этом шестерни *7*, вращаемые валом *VI* в сторону, противоположную вращению шестерни *6*, образуют с ней дифференциально-

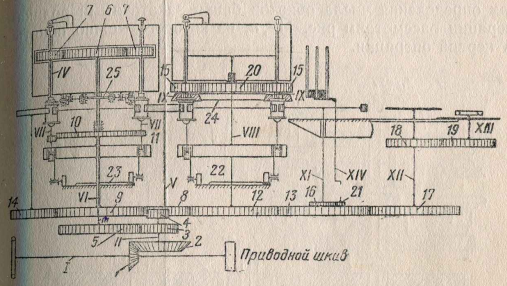


Рис. 115. Кинематическая схема двухбашенной закаточной машины

планетарную передачу. Шестерни *13*, *14*, *17*, *16*, *18* и *19* приводят в движение звезды, перемещающие банки к механизму подачи крышек, башням первой и второй операций и к звезде, выводящей закатанные банки из машины.

Нижние патроны башни второй операции приводятся во вращение при помощи планетарной передачи, состоящей из неподвижной шестерни *10* и четырех шестерен *11*, насаженных на шпиндели нижних патронов. Шестерни *16* и *21* служат для приведения в движение механизма подачи крышек.

Подъем и опускание нижних патронов башен первой и второй операций осуществляются неподвижными кулаками *22* и *23*. Закаточные ролики подводятся к банкам неподвижными кулаками *24* и *25*, соответствующим образом профилированными.

Число обкатов банки роликами первой и второй операций можно рассчитать при помощи рис. 116, на котором приведены числа зубьев шестерен машины.

Число оборотов n_1 верхних патронов башни первой операции, отнесенное к одному обороту башни первой операции, составляет:

$$n_1 = \frac{Z_6}{Z_7} = \frac{56}{28} = 2 \frac{\text{оборота патронов}}{\text{один оборот башни первой операции}}.$$

Для башни второй операции, где верхние патроны вращаются благодаря дифференциально-планетарной передаче, получаем:

$$n_2 = \frac{Z_{13}}{Z_{14}} + \frac{Z_8 Z_4 Z_{11} Z_{13}}{Z_7 Z_3 Z_{12} Z_{14}} = \frac{Z_{18}}{Z_{14}} \left(1 + \frac{Z_8 Z_{11}}{Z_3 Z_{12}}\right).$$

$$n_3 = \frac{57}{27}\left(1 + \frac{84 \cdot 42 \cdot 56}{42 \cdot 21 \cdot 76}\right) = 8{,}333 \frac{\text{оборота патронов}}{\text{один оборот башни второй операции}}.$$

Такое же число оборотов должны делать нижние патроны башни второй операции, так как при разных числах оборотов верхних и нижних патронов на крышках и донышках банок, зажатых между нижними и верхними патронами, нарушался бы слой олова. Действительно, так как шестерня Z_9 неподвижна, то для планетарной передачи находим:

$$n_2 = \frac{Z_9}{Z_{10}} = \frac{100}{12} = 8{,}333 \frac{\text{оборота нижних патронов}}{\text{один оборот башни второй операции}}.$$

Для определения числа обкатов банки закаточными роликами первой операции рассмотрим рис. 117, *а*, из которого можно понять работу ролика первой операции.

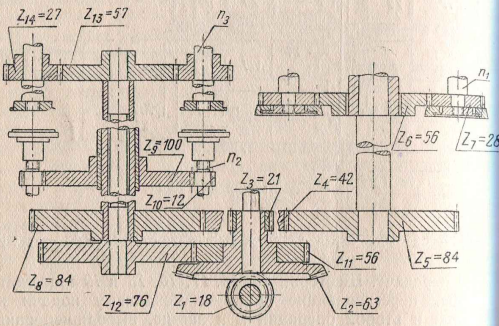


Рис. 116. Схема работы башен первой и второй операций

Неподвижный кулак *1* профилирован таким образом, что рабочая часть его занимает центральный угол, равный 190°, переход с холостого на рабочую часть и обратно по 11°, а нерабочая часть занимает центральный угол, равный 148° [360 — (190° + 2 · 11°) = 148°].

Радиус окружности, которым описана рабочая часть кулака, на 4,75 *мм* больше радиуса окружности, которым описана его нерабочая часть. Поэтому полное перемещение закаточного ролика *2* к центру банки *3* также равно 4,75 *мм*.

На том же рис. 117, *а* показан верхний патрон *7* и два положения закаточного ролика относительно банки: концентричное холостое и эксцентричное рабочее.

Величина нажима закаточного ролика регулируется перемещением кулака *1* вверх либо вниз при помощи болта *5*. На этом же рисунке показана шестерня *6*, вращающая верхний патрон благодаря планетарному сцеплению с шестерней *7* (на рис. 116 эти шестерни обозначены через Z_7 и Z_8).

Число обкатов банки роликами первой операции зависит от профиля кулака первой операции

$$n_{\text{1 обката первой операции}} = n_1 \frac{190^\circ}{360^\circ} = 2 \cdot \frac{190^\circ}{360^\circ} = 1{,}055 \text{ обката}.$$

Для определения числа обкатов на башне второй операции рассмотрим рис. 117, *б*.

Вокруг неподвижного кулака *1* второй операции вращается роликодержатель *2*, укрепленный шарнирно на оси *3*. Цилиндрический отжимной ролик *4* накатывается на рабочую часть кулака и поворачивает роликодержатель вокруг оси *3*; благодаря этому закаточный ролик *5* перемещается к вращающейся банке *6*, зажатой между верхним и нижним патронами.

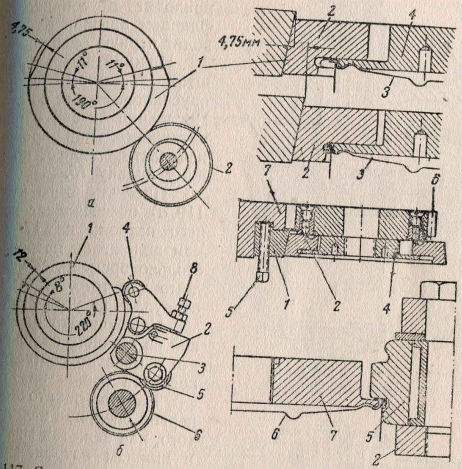


Рис. 117. Схемы подачи закаточных роликов первой и второй операций

На рис. 117, *б* показан только верхний патрон *7*. Наличие в роликодержателе амортизационной пружины, давление которой регулируется винтом *8*, обеспечивает нежесткий нажим ролика второй операции. Рабочая часть кулака второй операции описана радиусом, на 12 *мм* большим, чем холостая его часть.

220° — центральный угол, соответствующий рабочей части кулака, равен углу перехода с холостой на рабочую часть 8°, угол, соответствующий холостой части кулака, — 124°.

Число обкатов для башни второй операции составляет:

$$n_{\text{11 обката второй операции}} = n_3 \frac{220^\circ}{360^\circ} = 8{,}333 \cdot \frac{220^\circ}{360^\circ} = 5{,}092 \text{ обката}.$$

Башня первой операции

Башня первой операции (рис. 118) состоит из верхней части *2* и нижней *3*, вращаемых валом *1*.

Верхний шпиндель *4* проходит через прилив верхней части башни и несет на себе шестерню *5* и верхний патрон *6* с роликом *7* первой

При вращении вала *1* четыре шестерни *5* обегают вокруг неподвижной шестерни *8*, с которой они образуют планетарную передачу. К нижней части шестерни *8* крепится ку-лак *9*, на выступающую часть которого накатывается закаточный ролик *7*.

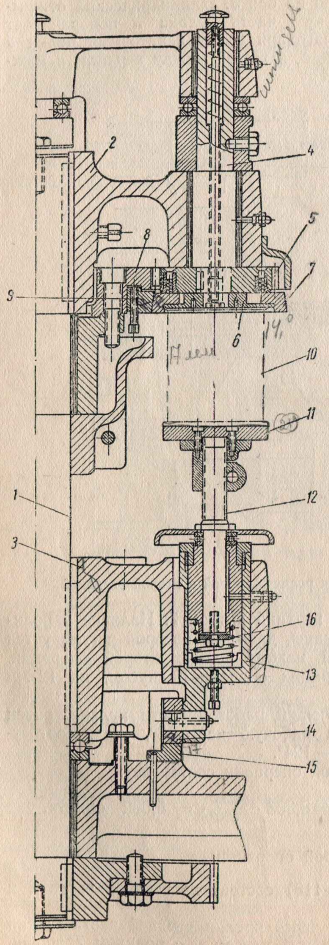


Рис. 118. Разрез по башне первой операции

Перемещаясь к банке *10*, зажатой между верхним патроном и нижним *11*, закаточный ролик приходит в соприкосновение с фланцем крышки банки и производит первую операцию.

Нижний патрон навинчен на шток *12*, который поднимается и опускается вместе со стаканом *13*. Последний связан с роликом *14*, катящимся, при вращении нижней части башни *3*, по неподвижному кулаку *15*.

Профиль этого кулака (рис. 119, *а*) обеспечивает подъем нижнего патрона на 17 *мм*. В таком положении патрон находится столько времени, сколько необходимо для того, чтобы башня повернулась на угол 219°.

Переход патрона вместе с банкой из нижнего положения в верхнее и обратно соответствует углу поворота башни на 17°30′.

Работа закаточного ролика первой операции начинается после того, как зажатая между верхним и нижним патронами банка повернется вместе с башней вокруг ее геометрической оси на угол

$$\alpha_1 = \frac{219^\circ - 190^\circ}{2} = 14{,}5^\circ.$$

Смещение ролика первой операции начинается после того, как банка, зажатая между верхним и нижним патронами, повернется вместе с башней вокруг ее геометрической оси на угол

$$\alpha'_1 = \frac{219^\circ}{2} - \left(\frac{190^\circ}{2} - 11^\circ\right) = 3{,}5^\circ.$$

После подъема нижнего патрона без банки в верхнее положение расстояние между верхним патроном должно быть на 9—9,5 *мм* меньше высоты накатываемой банки.

Во время работы закаточной машины крышка банки упирается в верхний патрон и заставляет остановиться поднимающийся нижний патрон.

Пружина *16* (см рис. 118) обеспечивает возможность продолжения подъема нижнего штока и необходимую степень зажатия банки между верхним и нижним патронами, при котором банка вращается вокруг своей оси, несмотря на тормозящее противодействие закаточного ролика первой операции.

Башня второй операции

Башня второй операции отличается от башни первой операции кинематикой, конструкцией роликодержателей и закаточных роликов.

Рассмотрим рис. 119, *б*, на котором приведены в развернутом виде профили кулаков, управляющих подъемом и опусканием нижних патронов *1* и перемещением закаточного ролика *2*. После подъема нижнего патрона и зажима банки между верхним и нижним патронами роликодержатель второй операции подводит закаточный ролик второй операции к банке и, пока башня повернется вокруг своей оси на угол 110°, производится вторая операция по образованию двойного закаточного шва.

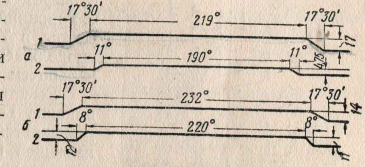


Рис. 119. Развертки кулаков

Нетрудно показать, как и для башни первой операции, что работа роликов второй операции начинается после того, как башня с банкой, зажатой между патронами первой и второй операций, повернется вокруг своей оси на угол

$$\alpha_2 = \frac{232^\circ - 220^\circ}{2} = 6^\circ.$$

Ролик второй операции начинает перемещаться до того, как банка полностью оказывается зажатой между патронами.

$$\alpha'_2 = \frac{232^\circ}{2} - \left(\frac{220^\circ}{2} + 8^\circ\right) = -2^\circ.$$

Здесь знак минус показывает, что перемещение роликов второй операции начинается до зажима банки между верхним и нижним патронами.

Конструкция роликодержателя и закаточного ролика второй операции приведена на рис. 117, *б*.

Механизм для подачи крышек

Крышки стопками укладывают в магазин *2* (рис. 120), снабженный четырьмя стержнями *1*. Плоский нож *3* для подачи крышек закреплен на валу *5* при помощи гайки.

Вал *5* приводится в зацепление с нижним валиком *12*, непрерывно совершающим поворот на угол около 90° по и против часовой стрелки,

только в том случае, если в вырезе звезды, проходящем под магазином, имеется очередная банка.

Валик *12* приводится в движение шатуном *16*, головки которого *17* и *18* соединены с кривошипными пальцами *19* и *20*. В верхней части валика *12* имеется сквозное прямоугольное отверстие, в которое вставлена Г-образная шпонка *13*, закрепленная на шпильке таким образом, что ее верхняя часть может находиться либо внутри валика *12*, либо выходить наружу.

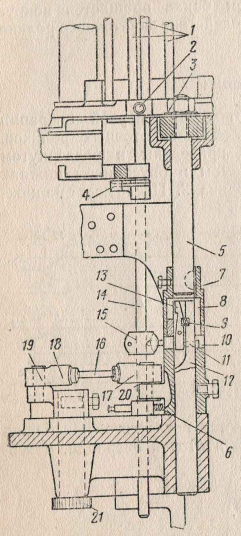


Рис. 120. Механизм подачи крышек

Верхний вал *5* жестко соединен с муфтой *7*, внутри которой находится втулка *8*, имеющая вырез против верхней части Г-образной шпонки.

В положении, показанном на рис. 120, верхняя часть Г-образной шпонки под воздействием пружины *9* стремится войти в вырез втулки *8*. Однако ввиду того, что нижний конец Г-образной шпонки упирается в Т-образную шпонку *11*, первая продолжает оставаться в своем среднем нерабочем положении.

Вместе с валиком *12* движутся обе шпонки. Головка Т-образной шпонки перемещается внутри выемки в кольце *10*, имеющей переменную ширину. Там, где выемка шире, Т-образная шпонка под воздействием пружины *9* и нижнего конца Г-образной шпонки отходит от оси валика *12*. При этом верхняя часть Г-образной шпонки может выйти из отверстия в валике *12*. Однако в этом месте нет выреза во втулке *8* и зацепление с верхним валиком *5* произойти не может.

При обратном движении валика *12* головка Т-образной шпонки попадает в узкую часть выемки кольца *10* и перемещается к оси валика *12*; поэтому Г-образная шпонка не может принять рабочее положение в тот момент, когда она проходит мимо выреза во втулке *8*.

Для зацепления верхнего и нижнего валиков *5* и *12* необходимо, чтобы в положении, показанном на рис. 120, Т-образная шпонка могла отойти от оси валика *12*. Для этого достаточно повернуть кольцо *10* таким образом, чтобы расширенный участок выемки находился против головки Т-образной шпонки.

Перемещению кольца *10* препятствует хомутик *15*, удерживающий кольцо защелкой. При наличии банки в гнезде звезды хомутик *15* отклоняется в сторону валиком *14*, на верхнем конце которого находится рычажок *4*, расположенный на пути перемещения корпуса банки. Кольцо *10* освобождается и вместе с валиком *12* поворачивается в положение, при котором верхний конец Г-образной шпонки выходит за пределы валика *12*, и входит в вырез втулки *8*. При этом происходит сцепление валиков *5* и *12* и рабочий ход ножа механизма подачи крышек. Рычажок *4* после прохода банки возвращается в первоначальное положение благодаря пружине *6*.

Затем описанный цикл работы повторяется.

Механизм подачи крышек приводится в движение шестерней *21* (на кинематической схеме эта шестерня также обозначена цифрой *21*).

Техническая характеристика машины
марка Ч-3МТ

Производительность	до 120 банок в мин.
Размеры герметизируемых банок в *мм*:	
диаметр	от 66 до 108
высота	от 150 до 124
Мощность электродвигателя	2,2 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	1700
ширина	1300
высота	1500
Вес машины	1300 *кг*

Определение максимальной производительности закаточной машины с вращающейся банкой, исходя из недопустимости потери жидкой части консервов

При вращении сосуда с жидкостью поверхность ее принимает форму параболоида вращения. Координаты любой точки параболы определяются из уравнения:

$$y^2 = 2px. \qquad \text{(VIII—3)}$$

При постоянном числе оборотов n величина p может быть найдена из уравнения:

$$p = \frac{30^2}{n^2}. \qquad \text{(VIII—4)}$$

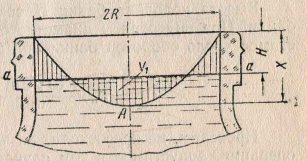


Рис. 121. Схема к определению максимальной производительности закаточной машины

Задавшись расстоянием от уровня жидкости до верхнего края банки, можно определить предельно допустимое число оборотов банки $n_к$, при котором под влиянием центробежной силы жидкость поднимется до верхнего края корпуса банки.

Пусть aa — линия уровня жидкости в неподвижной банке, отстоящая от края корпуса на расстояние H (рис. 121).

При предельно допустимом числе оборотов жидкость поднимается до края корпуса, а точка A опустится на величину $x—H$, где x расстояние от точки A до края корпуса. При этом объем V_1 будет равен заштрихованному объему над линией aa, объем же всей воронки будет равен незаполненному объему при неподвижной банке.

Объем параболоида

$$V_п = \pi \int_0^x y^2 dx = \pi \int_0^x 2px dx = \pi\, px^2.$$

Объем незаполненного пространства неподвижной банки

$$V_н = \pi R^2 H.$$

Приравнивая эти объемы, получим, что

$$px^2 = R^2H$$

или

$$x^2 = \frac{R^2H}{p},$$

но из уравнения (VIII—3) при $y = R$

$$x = \frac{R^2}{2p}.$$

Следовательно:

$$\left(\frac{R^2}{2p}\right)^2 = \frac{R^2H}{p}$$

или

$$p = \frac{R^2}{4H};$$

из формулы (VIII—4) следует, что

$$\frac{R^2}{4H} = \frac{30^2}{n^2};$$

отсюда

$$n = 60\frac{\sqrt{H}}{R}. \qquad \text{(VIII—5)}$$

Высота недолива банки H составляет 8÷10 *мм* от верхнего края банки. При внутреннем диаметре банки $d = 100$ *мм*, максимально допустимое число оборотов банки при закатывании будет равно:

$$n_к = \frac{60\sqrt{0{,}01}}{0{,}050} = 120 \text{ об/мин.}$$

Проверим, не превосходит ли число оборотов банки на башне первой операции, допустимое в том случае, если машина имеет производительность 80 банок в минуту. В этом случае каждая башня должна делать 20 об/мин.; один оборот башни длится 3 сек. За это время патроны первой операции, как это было показано при описании кинематики машины, делают два оборота. Поэтому число оборотов верхних патронов будет:

$$n_{\text{I оп}} = \frac{60}{3} \cdot 2 = 40 \text{ об/мин.},$$

т. е. значительно меньше допустимого.

Иная картина получается при проверке возможной производительности башни второй операции при герметизации стеклобанок.

Число оборотов патронов второй операции составит:

$$n_{\text{II оп}} = \frac{60}{3} \cdot 8{,}333 = 166{,}66 \text{ об/мин.}$$

При внутреннем диаметре горла стеклобанки $d = 72$ *мм*

$$n_к = \frac{60 \cdot \sqrt{0{,}01}}{0{,}036} = 166 \text{ об/мин.}$$

Из приведенного расчета видно, что в тех банках, где недолив равен 10 *мм*, создается опасность потери жидкой части консервов, несмотря на то, что банка накрыта крышкой.

В общем виде максимальная производительность закаточных машин (вращающейся банкой (а также с некоторым приближением и при одновременном вращении банок вокруг оси башни) может быть выражена так:

$$N_{макс} = \frac{120\sqrt{H} \cdot Z}{d \cdot n} \text{ [банок в минуту]}, \qquad \text{(VIII—6)}$$

где: H — недолив в *м*;
d — диаметр банки в *м*;
n — число оборотов верхних патронов при одном обороте башни;
Z — число патронов (шпинделей) на башне.

Г. Е. Молдавский исследовал поведение жидкости в банке под действием центробежной силы, возникающей при перемещении банки вращающимися звездами.

Пусть (см. рис. 122):

$R_{зв}$ — радиус, проходящий через центр окружности выемки звезды;

d — внутренний диаметр банки;

H — высота незаполненного объема банки.

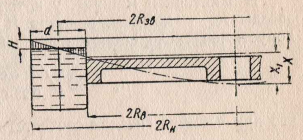


Рис. 122. Схема к определению максимальной производительности закаточной машины

Под действием центробежной силы уровень жидкости в банке сместится подобно уровню в кольцевом сосуде со средним радиусом $R_{зв}$ и расстоянием между стенками, равным d. Пунктирная линия является частью ветви параболы. Поэтому заштрихованный объем V будет равен:

$$V = \pi\int_{x_1}^{x} y^2dx - \pi R_б^2(x - x_1) = \pi H\left(R_н^2 - R_б^2\right),$$

но

$$\int_{x_1}^{x} y^2dx = \int_{x_1}^{x} 2pxdx = p\left(x^2 - x_1^2\right).$$

Таким образом,

$$p\left(x^2 - x_1^2\right) - R_б^2(x - x_1) = H\left(R_н^2 - R_б^2\right).$$

Из уравнения (VIII—3)

$$x = \frac{y^2}{2p};$$

поскольку значению x соответствует $y = R_н$ и значению x_1 соответствует $y = R_б$, то, заменив в уравнении x и x_1 их значениями, получим:

$$p\left[\left(\frac{R_н^2}{2p}\right)^2 - \left(\frac{R_б^2}{2p}\right)^2\right] - R_б^2\left(\frac{R_н^2 - R_б^2}{2p}\right) = H\left(R_н^2 - R_б^2\right)$$

или

$$\frac{R_н^2 - R_б^2}{4p} = H.$$

Откуда

$$p = \frac{R_н^2 - R_б^2}{4H} = \frac{30^2}{n^2}. \qquad \text{(VIII—7)}$$

Находим число оборотов звезды:

$$n = \sqrt{\frac{30^2 \cdot 4 \cdot H}{R_н^2 - R_в^2}} = 60\sqrt{\frac{H}{R_н^2 - R_в^2}} \text{ [об/мин.]}.$$

Но $R_н = R_{зв} + r$ банки и $R_в = R_{зв} - r$ банки. Подставив значения $R_н$ и $R_в$, получим окончательно:

$$n = 30\sqrt{\frac{H}{R_{зв} r}} \text{ [об/мин.]}.$$

В закаточной машине, у которой радиус окружности центров гнезд звезды $R_{зв} = 250$ *мм*, недолив $H = 10$ *мм*, радиус банки $r = 50$ *мм*, допустимое число оборотов звезды будет:

$$n_к = 30\sqrt{\frac{0{,}01}{0{,}25 \cdot 0{,}050}} = 27 \text{ [об/мин.]},$$

что при четырех гнездах соответствует максимальной производительности

$$N_{макс} = 27 \times 4 = 108 \text{ банок в минуту.}$$

Из условий недопустимости потерь жидкой части продукта при вращении банки на нижнем патроне башни первой операции максимальная производительность в рассмотренном выше примере составляет:

$$N_{макс} = \frac{120\sqrt{H} \cdot Z}{dn} = \frac{120\sqrt{0{,}01} \cdot 4}{0{,}1 \cdot 2} = 240 \text{ банок в минуту,}$$

а на башне второй операции при герметизации банок с диаметром горла $d = 72$ *мм* только

$$N_{макс} = \frac{120\sqrt{0{,}01} \cdot 4}{0{,}072 \cdot 8{,}333} \cong 80 \text{ банок в минуту.}$$

УНИВЕРСАЛЬНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ ВАКУУМ-ЗАКАТОЧНАЯ МАШИНА

(машиностроительного завода имени М. И. Калинина в Одессе)

Эта машина предназначена для герметизации под вакуумом наполненных продуктом жестяных и стеклянных банок, имеющих диаметр от 70 до 110 *мм* и высоту от 80 до 165 *мм*. Она относится к типу одношпиндельных автоматов с неподвижной во время закатки банкой и вращающимися роликодержателями и кулаками первой и второй операций.

Универсальная вакуум-закаточная машина (рис. 123 и 124) состоит из станины *1*, на которой смонтированы: электродвигатель *2*, механизм *3* для подачи крышек, компостер *6* для маркировки крышек, транспортер *13* для подачи банок, закаточная головка *3* и вертикальный распределительный вал *4*.

Вал *4* приводит в согласованное движение механизм подачи крышек, компостер, вакуум-золотник *9*, вакуум-цилиндр *8*, транспортер и приемную звезду *12*, а также четырехзвенные механизмы для установки банок на нижний патрон и для увода закатанных банок.

Работа машины происходит в такой последовательности: сначала пускают вакуум-насос и доводят разрежение в вакуум-бачке *10* до 550—600 *мм* рт. ст. Затем включают электродвигатель *2* и переводят рукоятки *11* фрикционной муфты в рабочее положение приводят в движение рабочие органы машины.

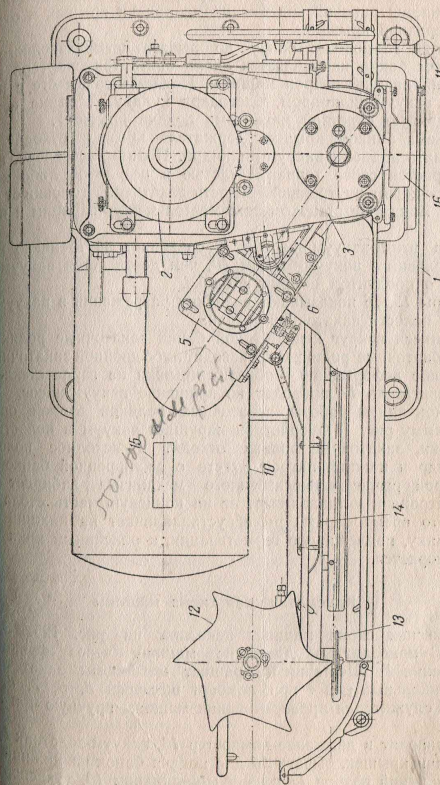


Рис. 124. Универсальная автоматическая вакуум-закаточная машина (вид сверху)

Звезда *12* принимает банки и устанавливает их на стол транспортера. Расположенный ниже стола цепной транспортер *13* своими пальцами захватывает банки и перемещает их по направлению к нижнему патрону с определенными интервалами между банками. Во время перемещения банки вдоль стола транспортера она отклоняет рычажок *14*, чем обеспечивается рабочий ход механизма подачи крышек и отделение из стопки очередной крышки.

Транспортер *13* доводит банку до рычага четырехзвенного механизма, которым банка направляется вдоль стола транспортера и устанавливается на нижний патрон машины. Поднимаясь вместе с нижним патроном и вакуум-цилиндром, благодаря кулаку 7, банка встречает крышку (поданную кареткой механизма подачи крышек).

После съема банкой крышки держатель крышки отходит назад, чтобы не мешать подъему вакуум-цилиндра. Поднимаясь вверх, вакуум-цилиндр упирается своей торцевой частью в резиновое либо кожаное кольцо и отсоединяет внутреннюю полость закаточной головки от наружного воздуха. Банка же при этом зажимается между верхним и нижним патронами.

Вслед за этим вакуум-золотник *9* соединяет внутреннюю полость закаточной головки с вакуум-бачком *10*, чем достигается вакуумизация незаполненного продуктом объема в банке.

Манометры *15*, *16* показывают величину разрежения в вакуум-бачке и внутренней полости закаточной головки.

Вращающиеся вокруг неподвижной банки закаточные ролики (для стеклотары обкаточные ролики) производят либо двойной закаточный шов жестетары, либо деформацию — обкатку крышки на горле стеклобанки.

Электродвигатель *17* приводит во вращение вакуум-насос.

Перед окончанием работы закаточных роликов второй операции (см. циклограмму рис. 131) золотник нарушает вакуум в полости закаточной головки, закаточные ролики отходят в исходное положение, вакуум-цилиндр и нижний патрон вместе с укупоренной банкой опускаются. Второй рычаг четырехзвенного механизма забирает банку с нижнего патрона и устанавливает ее на концевую часть стола транспортера. В это время первый рычаг устанавливает на нижний патрон очередную банку, подлежащую герметизации, и описанный цикл работы машины повторяется.

Кинематическая схема машины

Кинематическая схема машины показана на рис. 125. Электродвигатель *1* приводит в движение машину через фрикционную муфту сцепления *2*. Шестерня *3* вращает механизмы закаточной головки и вертикальный вал *4* при помощи шестерен *5*, *6*, *7*, *8*, *9*, *10*. Шестерня *11* служит для проворачивания машины вручную при помощи штурвала *12*.

Вал *4* приводит в движение компостер *13*, вакуум-золотник *14*, механизм *15* подачи крышек, рычаги *16* для подачи банок на нижний патрон и увода их, нижний патрон *17* с вакуум-цилиндром *18*, транспортер для подачи банок *19* и приемную звезду *20*.

Приводимый электродвигателем *21* вакуум-насос *22* создает разрежение в вакуум-резервуаре *23*, который при помощи вакуум-золотника *14* соединен с внутренней полостью закаточной головки. Возвратно-поступательные перемещения рабочих органов компостера *13*, ножа механизма *15* подачи крышек, рычага подъема нижнего патрона *17* и вакуум-цилиндра *18* осуществляются при помощи насаженных на вал *4* кулачков.

лительным валом, обеспечивающим синхронную работу всех механизмов машины.

Число оборотов вала *4* или (что то же самое) минутную производительность машины найдем из формулы:

$$n_4 = 965 \cdot \frac{Z_7 Z_9}{Z_5 Z_{10}} = 965 \cdot \frac{10 \cdot 12}{66 \cdot 78} =$$

$$= 22{,}4 \text{ оборота в минуту или банок в минуту.}$$

Число оборотов кулаков на выпуск одной банки составит:

$$n'_к = \frac{427{,}3}{22{,}4} = 19 \text{ оборотов на одну банку.}$$

Число оборотов роликодержателей на выпуск одной банки:

$$n'_р = \frac{438{,}5}{22{,}4} = 19{,}5 \text{ оборота на одну банку.}$$

Таким образом, вращающиеся роликодержатели обгоняют вращающиеся кулаки на 0,5 оборота на каждую банку.

В общем виде зависимость числа оборотов роликодержателей от числа оборотов кулаков может быть выражена для одношпиндельной машины с неподвижной банкой следующим образом:

$$n_р - n_к = \frac{N}{Z} \text{ [об/мин.]} \qquad \text{(VIII—8)}$$

или

$$n_к - n_р = \frac{N}{Z} \text{ [об/мин.]}, \qquad \text{(VIII—9)}$$

где: N — минутная производительность машины,

Z — число роликов каждой операции (обычно $Z = 2$).

Закаточная головка

На рис. 126 показаны разрез и план закаточной головки, которая состоит из верхнего патрона *1* (правая часть его соответствует укупорке стеклобанок, а левая — жестебанок). Торцевая часть вакуум-цилиндра, упираясь в резиновое кольцо *2*, отъединяет полость закаточной головки от атмосферной среды. Через отверстие *3* полость закаточной головки соединяется при помощи золотника с вакуум-бачком и вакуум-насосом.

Крестовина *4* роликодержателей насажена на полый вал *5*, на верхнем конце которого надета шестерня *6*.

В четырех отверстиях крестовины *4* укреплены два роликодержателя первой и два роликодержателя второй операций.

Кулак *7* первой операции при помощи двух шпонок *8* соединен с наружным полым валом *9*, на верхнем конце которого укреплена цилиндрическая шестерня *10*.

Кулак *11* второй операции, представляющий собой кольцо, крепится болтами *12* к кулаку *7* первой операции. Шестерни *13* и *14* вращают шестерни *6* и *10*, шестерня *15* вращает распределительный вертикальный вал *16* при помощи шестерни *17*. Шестерня *18* служит для проворачивания машины вручную при помощи штурвала.

На рис. 126 не показан электродвигатель, вращающий шестерню *13* (см. кинематическую схему, рис. 125).

Вакуумметр *19* показывает разрежение, образующееся в полости закаточной головки.

При подъеме банка встречает выталкиватель *20*, который, поднимаясь, сжимает пружину *21*. При опускании нижнего патрона выталкиватель *20* помогает отделиться крышке от верхнего патрона за счет энергии сжатой пружины, стремящейся занять первоначальное положение.

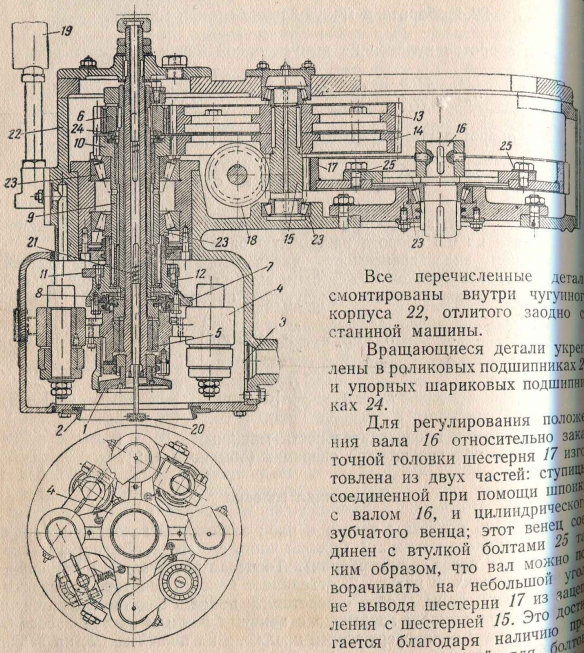


Рис. 126. Закаточная головка

Все перечисленные детали смонтированы внутри чугунного корпуса *22*, отлитого заодно со станиной машины.

Вращающиеся детали укреплены в роликовых подшипниках *23* и упорных шариковых подшипниках *24*.

Для регулирования положения вала *16* относительно закаточной головки шестерня *17* изготовлена из двух частей: ступицы, соединенной при помощи шпонки с валом *16*, и цилиндрического зубчатого венца; этот венец соединен с втулкой болтами *25* таким образом, что вал можно поворачивать на небольшой угол, не выводя шестерни *17* из зацепления с шестерней *15*. Это достигается благодаря наличию продольных отверстий для болтов, соединяющих ступицу с зубчатым венцом.

Роликодержатели первой и второй операций

На рис. 127 показаны роликодержатели первой (*а*) и второй (*б*) операций. Роликодержатель первой операции состоит из цилиндрического пальца *1*, откованного заодно с верхним плечом *2* рычага, на котором закреплен цилиндрический отжимной ролик *3*. К нижнему концу пальца *1* на шпонке *5* крепится нижнее плечо *6* рычага с закаточным роликом *7*.

Когда отжимной ролик *3*, вращающийся вместе с муфтой *4* вокруг оси закаточной головки, накатывается на выступ кулака, закаточный ролик *7* двуплечим рычагом отклоняется к банке и производит первую операцию.

Роликодержатель второй операции отличается от роликодержателя первой операции наличием амортизационной пружины *8*, чем обеспечивается возможность некоторого отхода закаточного ролика от банки при толщине жести больше расчетной, а также при переходе его мимо утолщения в месте пересечения продольного и поперечного швов.

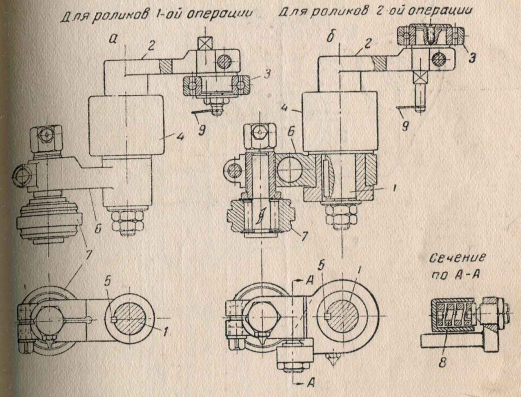


Рис. 127. Роликодержатели 1-ой и 2-ой операций

Чтобы возвратить отжимной ролик *3* в исходное нерабочее положение, при котором закаточные ролики также отходят от банки, используют пружины *9*.

Механизм подачи банок на нижний патрон

Банки, поступающие в машину, принимаются звездой *1* (рис. 128) и устанавливаются ею на стол *2*. Ниже плоскости стола находится цепной транспортер, приводимый в движение звездочкой *3*.

Пальцы транспортера захватывают банку и перемещают ее вдоль стола по направлению к рычагу *4*, который захватывает банку и перемещает ее с возрастающей скоростью на нижний патрон *6*.

Наличие пальцев на цепном транспортере обеспечивает строго определенное расстояние между двумя смежными банками, без чего забор банок рычагом *4* не мог бы быть осуществлен.

На рис. 128 показаны цилиндрические шестерни, обозначенные такими же цифрами, как и на кинематической схеме (рис. 125).

Вакуум-цилиндр

Для отъединения укупориваемой банки от окружающей атмосферной среды служит вакуум-цилиндр *1* (рис. 129). Диаметр вакуум-цилиндра больше диаметра нижнего патрона *2*, на который устанавливается банка. К нижнему патрону крепится резиновая шайба *2а*).

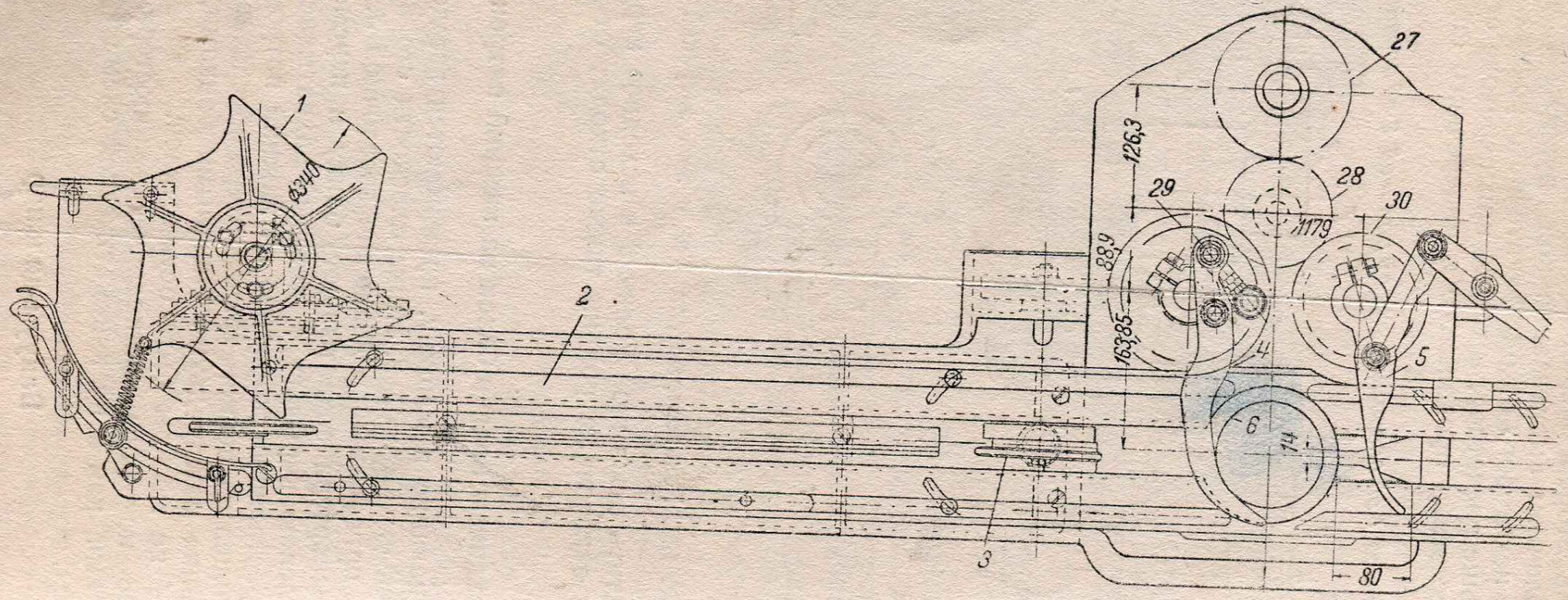


Рис. 128. Механизм подачи банок на нижний патрон

Внутри вакуум-цилиндра находится поршень *3* с кожаной уплотняющей манжетой *4*.

При изменении высоты банки необходимо изменить положение поршня при помощи штока *5*, который имеет на своей наружной поверхности резьбу и может быть установлен в нужном положении во втулке *6*. Контргайка *7* фиксирует шток поршня в требуемом по высоте положении.

Нижняя часть вакуум-цилиндра *1* связана с втулкой *6* при помощи резьбового соединения.

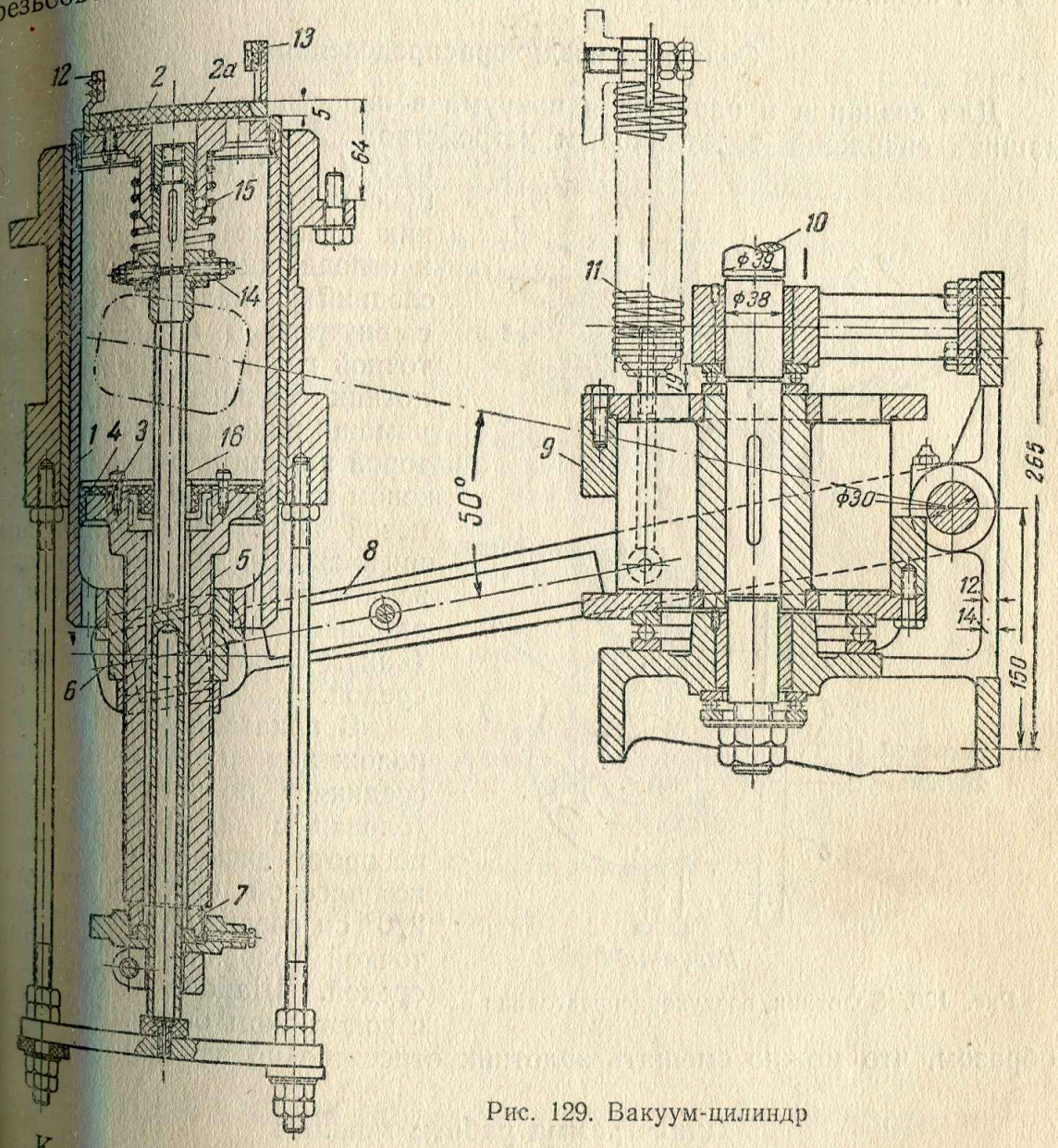


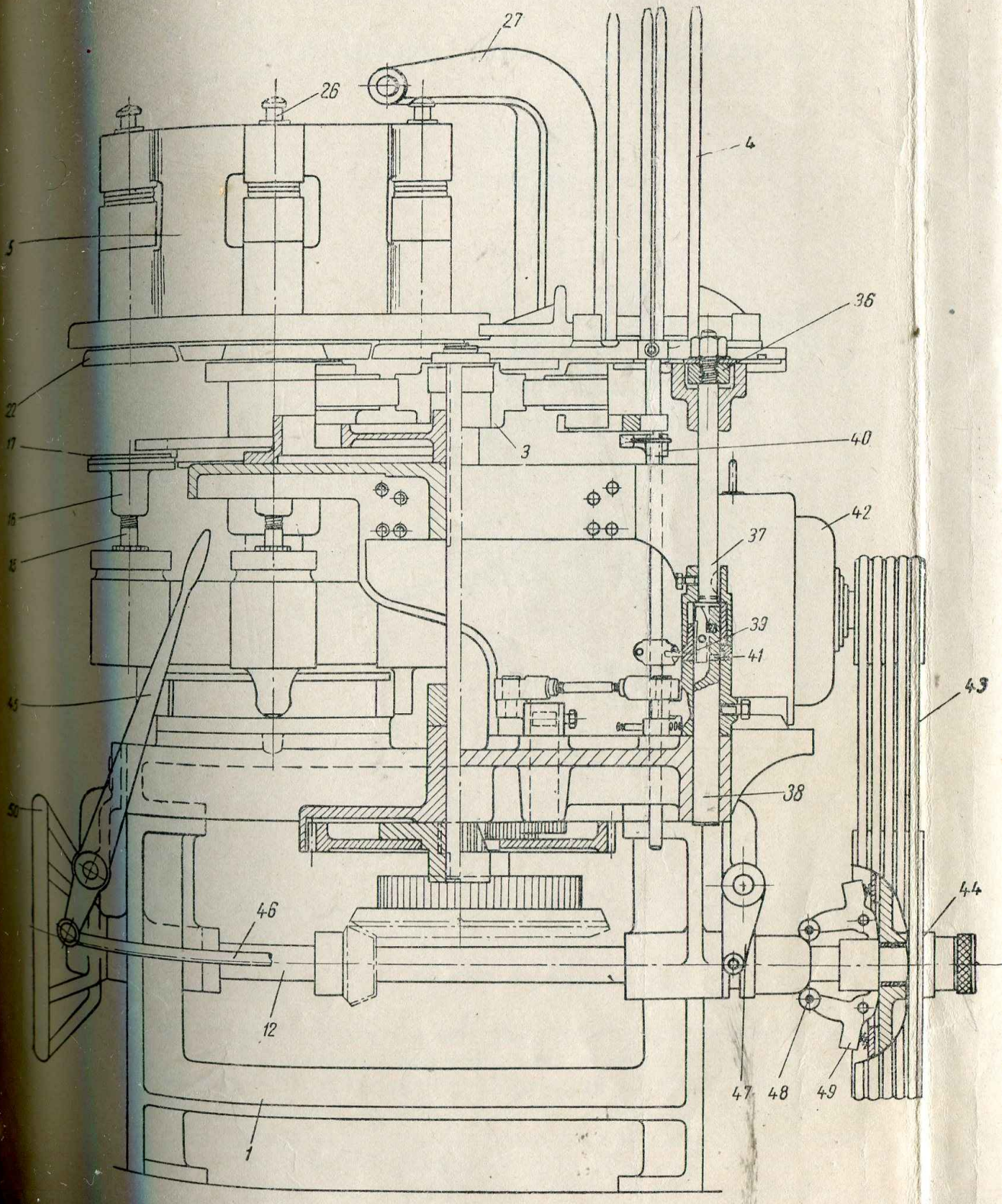
Рис. 129. Вакуум-цилиндр

К приливам втулки *6* крепятся два рычага *8* второго рода, совершающие качательные движения благодаря тому, что к ним прикреплены ролики, помещенные в пазу кулака *9*. Последний насажен на вал *10*, который делает один оборот на выпуск одной банки. Вакуум-цилиндр поднимается и опускается на 200 *мм*. Наличие двух пружин *11* обеспечивает более плавный ход вакуум-цилиндра.

Пружина *15* обеспечивает плотный зажим банки между верхним и нижним патронами, компенсируя одновременно небольшие отклонения, которые могут иметь банки по высоте.

Правильная установка банки на нижний патрон *2* фиксируется пружиной *12* и упором *13*. После установки банки рычаг *8* начинает поднимать вакуум-цилиндр. Патрон *2* остается неподвижным.

Внутри вакуум-цилиндра находится поршень *3* с кожаной уплот-



а

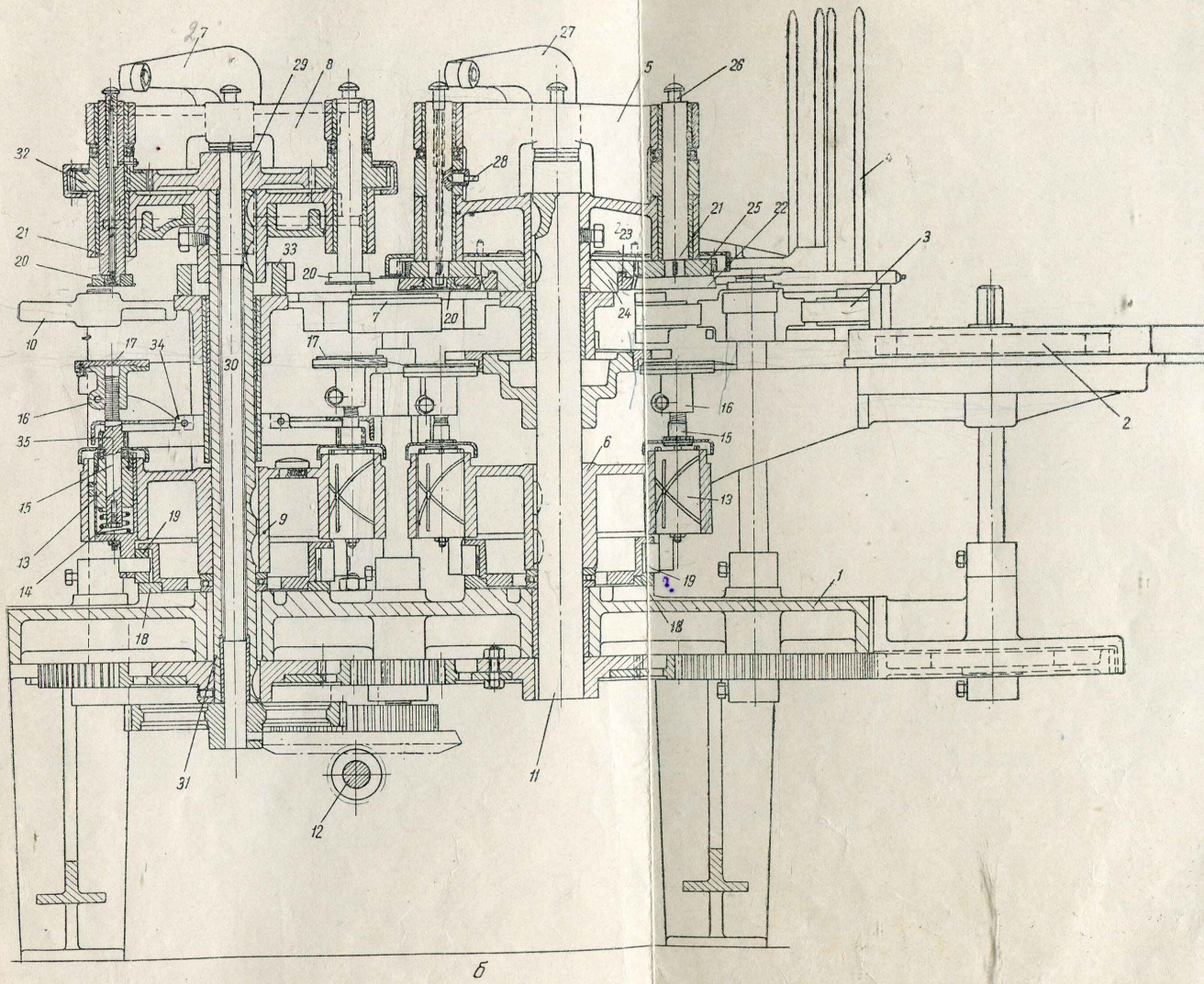


Рис. 114. Двухбашенная закаточная машина

Когда поршень *3*, поднимаясь вместе с вакуум-цилиндром, доходит до упора *14*, последний вместе со штоком *16*, пружиной *15*, нижним патроном *2* и установленной на нем банкой начинает подниматься.

Во время вакуумизации и закатывания банки вакуум-цилиндр продолжает оставаться в верхнем положении благодаря соответствующему профилю кулака *9*.

После окончания закатки банки рычаг *8*, вакуум-цилиндр *1* с поршнем *3* и нижним патроном *2* опускаются, и описанный цикл повторяется.

Золотник воздухораспределения

Для создания и нарушения вакуума в полости закаточной головки машина снабжена золотниковым устройством. На распределительном валу *1* (рис. 130) укреплен вращающийся дисковый золотник *2*, прижатый пружиной *3* к неподвижному диску *4*. Последний каналом *5* соединен с внутренней полостью закаточной головки. Дисковый золотник соединен с валом при помощи шайбы *6*, в ступице которой находится шпонка. В дисковом золотнике *2* имеется кольцевой канал *7*, соединяющий при вращении золотника полость закаточной головки последовательно с вакуум-насосом (вакуум-бачком) и атмосферной средой.

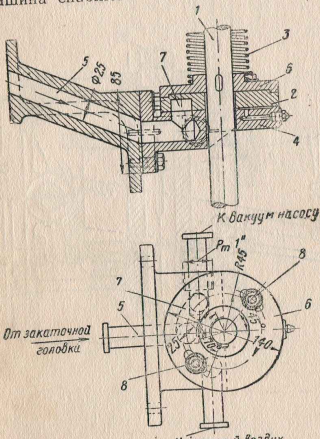


Рис. 130. Золотник воздухораспределения

В показанном на рис. 130 положении кольцевой канал соединяет полость закаточной головки с вакуум-бачком. При повороте дискового золотника по часовой стрелке на угол 270° он соединит полость закаточной головки с атмосферной средой. Шайба *6* соединена с золотником болтами *8* таким образом, что можно смещать золотник относительно вала *1*.

Циклограмма работы машины

На рис. 131 приведена циклограмма полного технологического цикла работы машины на выпуск одной банки.

Рабочие органы закаточной головки приходят в исходное положение через каждые 19 оборотов кулаков первой и второй операций.

Из приведенной циклограммы видно, что подъем вакуум-цилиндра начинается перед окончанием установки банки на нижний патрон, а вакуумизация происходит одновременно с подводом закаточных роликов первой операции. Однако ролики начинают работать после удаления части воздуха из банки. Закаточные ролики первой операции отводятся одновременно с подводом закаточных роликов второй операции. Вакуум-цилиндр опускается одновременно с отводом закаточных роликов второй операции.

На той же циклограмме показаны фазы работы механизма подачи и компостирования крышек.

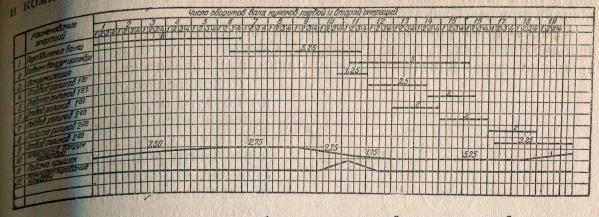


Рис. 131. Циклограмма работы универсальной автоматической вакуум-закаточной машины

Техническая характеристика машины

Производительность	25—30 банок в минуту
Число обкатов банки закаточными роликами:	
а) жестетары роликами первой операции	5
» » второй »	4
б) стеклотары	4
Скорость транспортера подачи банок	$v = 0{,}083$ *м/сек*
Объем внутренней полости закаточной головки	10 *л*
Объем вакуум-бачка	65 »
Производительность вакуум-насоса	450 *л/мин*
Разрежение в *мм* рт. ст.:	
в бачке	550
в полости закаточной головки	450
Расход воды для вакуум-насоса	6 *л/мин*
Мощность электродвигателей в *квт*.	
для привода машины	2,9
» » вакуум-насоса	3,4
Число оборотов в минуту электродвигателей:	
для привода машины	965
» » вакуум-насоса	1440
Габариты в *мм*:	
длина	1630
ширина	875
высота	1985
Вес машины	900 *кг*

ОСНОВЫ СИЛОВОГО РАСЧЕТА ЗАКАТОЧНЫХ МАШИН

Закаточные машины потребляют электроэнергию для:

1) образования двойного закаточного шва, при котором происходит деформация металла крышки и корпуса жестяной банки;

2) работы вспомогательных механизмов машины (механизмы подачи крышек, золотник вакуум-распределения и др.);

3) преодоления трения в деталях, передающих энергию от вала электродвигателя рабочим органам.

Точный расчет расхода энергии по каждой из трех указанных статей представляет значительные трудности, поэтому приводимый приближенный расчет основан на ряде допущений. Большая часть энергии, потребляемой закаточной машиной, расходуется на образование двойного закаточного шва; поэтому определяют расход энергии на эту статью.

Расход энергии на вторую и третью статьи учитывают механическим коэффициентом полезного действия. Величина его зависит от конструкции и типа закаточных машин и устанавливается на основе исследования эксплуатируемых закаточных машин.

Рассмотрим рис. 132, на котором показан закаточный ролик *1* и неподвижная закатываемая банка *2*. Обегая вокруг банки, ролик одновременно перемещается к центру банки, как описано на стр. 165 и 166.

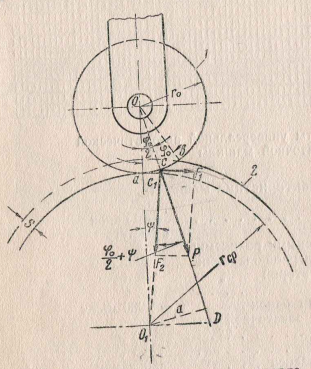


Рис. 132. Схема к определению направления и величины усилий, передаваемых закаточными роликами

Соприкасаясь с фланцем крышки по дуге ab, закаточный ролик перемещается к центру банки под действием силы P, проходящей через центр ролика O и точку C. Примем, что точка C находится по середине дуги ab, которой соответствует угол φ_0.

Разложим силу P на две силы F_1, направленную по касательной к крышке, и F_2, направленную по радиусу крышки O_1C.

Угол O_1CD, как внешний к треугольнику O_1OC, равен:

$$\frac{\varphi_0}{2}+\psi,$$

поэтому

$$F_1 = P\sin\left(\frac{\varphi_0}{2}+\psi\right)\ [кг],$$

$$F_2 = P\cos\left(\frac{\varphi_0}{2}+\psi\right)\ [кг].$$

Дуга ac может быть выражена через радиус r_0 закаточного ролика и через средний радиус r_{cp} крышки.

$$\text{Дуга}\quad ac = r_0\frac{\varphi_0}{2} = r_{cp}\psi,$$

откуда

$$\psi = \frac{r_0}{r_{cp}}\cdot\frac{\varphi_0}{2}.$$

Подставив значение ψ в формулу, определяющую значение F_1 и F_2, находим:

$$F_1 = P\sin\left[\frac{\varphi_0}{2}\left(1+\frac{r_0}{r_{cp}}\right)\right]\ [кг],$$

$$F_2 = P\cos\left[\frac{\varphi_0}{2}\left(1+\frac{r_0}{r_{cp}}\right)\right]\ [кг].$$

Составляющая F_2 силы P, направленная к центру банки, деформирует фланцы крышки и корпуса банки, перемещая их к центру банки. Так, на рис. 132 видно, что после прохождения закаточного ролика точка C перемещается в точку C_1. Составляющая F_1 силы P является касательной, под действием которой закаточный ролик перемещается вокруг банки.

Предположим, что закаточный ролик вместе с роликодержателем повернулся относительно банки на угол α. Тогда путь L точки C будет равен:

$$L = r_{cp}\alpha,$$

а путь точки C к центру банки

$$x = S\frac{\alpha}{2\pi},$$

где S — величина радиальной подачи закаточного ролика.

Поэтому работа A_1 силы F_1 на этом пути будет равна:

$$A_1 = F_1 r_{cp}\alpha\ [кг\cdot см]$$

и соответственно работа A_2 силы F_2:

$$A_2 = F_2 S\frac{\alpha}{2\pi}\ [кг\cdot см].$$

Полная работа внешних сил:

$$A = A_1 + A_2 = F_1 r_{cp}\alpha + F_2 S\frac{\alpha}{2\pi} = P\alpha\left[r_{cp}\sin\frac{\varphi_0}{2}\left(1+\frac{r_0}{r_{cp}}\right) + \frac{S}{2\pi}\cos\frac{\varphi_0}{2}\left(1+\frac{r_0}{r_{cp}}\right)\right]\ [кг\cdot см].$$

Интересующая нас величина P, представляющая собой усилие, необходимое для осуществления деформации металла при образовании двойного закаточного шва, равна:

$$P = \frac{A}{\alpha\left[r_{cp}\sin\frac{\varphi_0}{2}\left(1+\frac{r_0}{r_{cp}}\right)+\frac{S}{2\pi}\cos\frac{\varphi_0}{2}\left(1+\frac{r_0}{r_{cp}}\right)\right]}\ [кг]. \qquad (VIII-9)$$

Вычислив работу для деформации (сжатия и изгиба) жести при данном перемещении закаточного ролика и приравняв ее работе внешних сил A, можно найти величину усилия P.

Опуская вывод для определения величины A, отметим, что для жести толщиной 0,28 *мм* при работе закаточного ролика первой операции усилие P составляет около 15 *кг*.

Для перехода от усилий, передаваемых закаточным роликом, к потребной мощности на образование двойного закаточного шва нужно определить крутящий момент и величину его подставить в общую формулу:

$$N = \frac{Mn}{1{,}36\cdot 71620\cdot\eta}\ [квт],$$

где: M — крутящий момент в *кг · см*;
n — число оборотов закаточных роликов вокруг банки в минуту;
η — механический к. п. д. механизмов.

На рис. 133 приведена схема устройства роликоподающего механизма автоматической закаточной головки.

Закаточный ролик *1* укреплен на одном конце двуплечего рычага *2*, а отжимной ролик *3* — на другом конце.

Рычаг *2* свободно насажен на ось *6*, которая вместе с крестовиной *4* вращается вокруг геометрической оси закаточной головки. Кулак *5* также вращается вокруг геометрической оси закаточной головки, но с меньшей угловой скоростью, чем крестовина с закаточным и отжимным роликами. Поэтому, когда на выступающую часть кулака накатывается отжимной ролик, он отклоняет одно плечо рычага от центра банки *7*, а другое плечо с насаженным на него закаточным роликом — к центру

банки, осуществляя тем самым необходимое для производства шва радиальное перемещение закаточного ролика.

Как видно из рис. 133, отжимной ролик находится под действием двух сил. Сила T_1, заставляющая ролик двигаться вокруг банки, направлена вдоль рычага, сила N, возникающая благодаря воздействию кулака, направлена нормально к точке касания ролика и кулака.

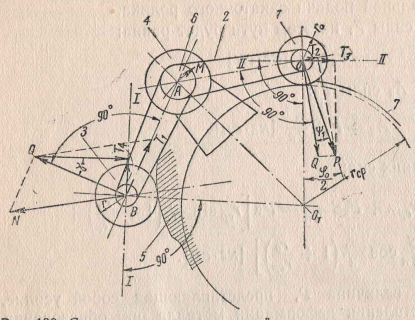


Рис. 133. Схема распределения усилий при закатывании жестетары

Равнодействующая этих двух сил Q направлена под прямым углом к рычагу AB, в том случае, если плечи рычагов AB и AO равны, усилие, приложенное к закаточному ролику, по величине равно Q, а направление его действия составляет прямой угол с рычагом AO.

Так как вдоль второго плеча рычага AO действует усилие T_2, передаваемое крестовиной, а направление равнодействующей силы P известно (см. рис. 132), то можно определить величину силы T_2, как это и сделано на рис. 133.

Для определения крутящих моментов, действующих на закаточную головку в точках B и O, нужно определить проекции равнодействующих сил Q и P на прямые $I—I$ и $II—II$, перпендикулярные к радиусам O_1B и OO_1.

Для усилия P проекция T_3 на линию $II—II$ будет равна:

$$T_3 = P\cos\left(\frac{\varphi_0}{2}\right).$$

Для усилия Q

$$T_4 = Q\sin\gamma.$$

Так как известной величиной является усилие, необходимое для производства первой операции $P \leqq 15$ *кг*, то, зная величину угла между плечами рычагов BAO, угол подъема кулака и др., можно выразить Q через P.

Для закаточной головки автоматической вакуум-закаточной машины, показанной на рис. 126.

$$T_4 = 0{,}35P.$$

Крутящий момент, передаваемый закаточной головкой во время производства первой операции при двух закаточных роликах,

$$M_{1\,оп} = 2\,(T_3 \cdot O_1O + T_4 \cdot O_1B)\ \ [кг \cdot см].$$

Определим потребную мощность электродвигателя для производства первой операции на автоматической вакуум-закаточной машине завода

имени М. И. Калинина, имеющей такие размеры закатываемой банки, закаточного ролика, плеч рычагов и других деталей (см. рис. 133):

Длина плеч рычага $AB = AO$	65,0 *мм*
Длина радиуса AO_1	92,5 "
Радиус закаточного ролика r_0	23,18 "
Радиус отжимного ролика	26 "
Средний радиус закатываемой банки $r_{ср}$	53,24 "
P — усилие, передаваемое закаточным роликом	14,8 *кг*
Угол между плечами рычага BAO	125°
Угол между направлением действия силы P и радиусом	$\frac{\varphi_0}{2} = 7°,38'$

Для определения крутящих моментов необходимо найти длину отрезков OO_1 и BO_1.

Отрезок $OO_1 = r_{ср} + r_0 = 53{,}24 + 23{,}18 = 76{,}42$ *мм*.

Отрезок $BO_1 = \sqrt{BA^2 + AO^2 - 2BA \cdot AO_1 \cos 125°} =$

$$= \sqrt{65^2 + 92{,}5^2 - 2 \cdot 65 \cdot 92{,}5 \cdot 0{,}3379} = 93{,}3 \text{ мм}.$$

Подставляя найденные значения в формулу для определения крутящего момента при двух закаточных роликах первой операции, получаем:

$$M = 2\,(T_3 \cdot OO_1 + T_4 OB) = 2\left(14{,}8 \cdot \sin\frac{\varphi_0}{2} \cdot 7{,}64 + 0{,}35 \cdot 14{,}8 \cdot 9{,}33\right) =$$

$$= 2\,(14{,}8 \cdot 0{,}133 \cdot 7{,}64 + 0{,}35 \cdot 14{,}8 \cdot 9{,}33) \leqq 130 \ кг \cdot см.$$

При кинематическом расчете машины (см. стр. 188) число оборотов крестовины с роликодержателями было определено равным 438,5 об/мин. Следовательно, потребную мощность электродвигателя для производства первой операции при $\eta = 0{,}8$ можно определить из уравнения:

$$N = \frac{Mn}{1{,}36 \cdot 71620 \cdot \eta} = \frac{130 \cdot 438{,}5}{1{,}36 \cdot 71620 \cdot 0{,}8} \leqq 0{,}75 \ квт.$$

ПАРО-ВАКУУМНАЯ УКУПОРОЧНАЯ МАШИНА

Описание укупорки стеклянной тары (банок, бутылок, баллонов), имеющей особую форму горла и специальные крышки, приведено на стр. 168.

Паро-вакуумная укупорочная машина линейного типа (рис. 134) состоит из станины *1*, пластинчатого транспортера *2* и укупорочного устройства *3*.

Банки *4* устанавливают на пластинчатый транспортер: они центрируются дисками *6* и вводятся в паровую камеру, где движутся между двумя направляющими ремнями *5*. Пар подается через патрубок *12*, а вода для охлаждения плиты через патрубок *11*. Находящийся в банке над продуктом воздух вытесняется паром.

Крышки подаются вращающимся диском *7* в наклонный желоб *8*, центрирующийся специальным держателем, из которого проходящая банка забирает крышку своим горлом.

Накрытая крышкой банка подводится пластинчатым транспортером к нажимной плите *10* с лентой *9* и укупоривается плотным насаживанием крышки на горло банки.

После выхода банок из паровой камеры происходит естественное охлаждение банок и конденсация находящегося в них пара, чем обеспечивается образование вакуума в банках.

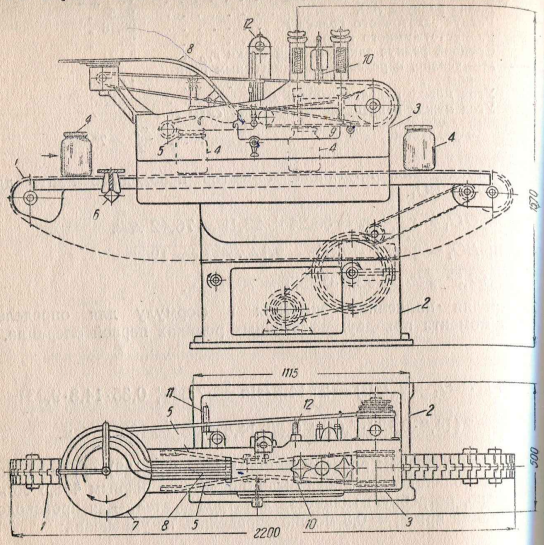


Рис. 134. Паро-вакуумная укупорочная машина

Техническая характеристика

	I скорость	II скорость
Производительность . . .	56 банок/мин.	30 банок/мин
Скорость транспортеров .	0,12 *м/сек*	0,06 *м/сек*
Продолжительность пребывания в паровом канале	9,2 сек.	17,8 сек.
Вакуум в банке	300—400 *мм* рт. ст.	300—400 *мм* рт. ст.
Мощность электродвигателя	1 *квт*	
Габариты (в *мм*):		
длина	2200	
ширина	500	
высота	1570	

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОДНОШПИНДЕЛЬНАЯ ПАРО-ВАКУУМНАЯ ЗАКАТОЧНАЯ МАШИНА ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ СТЕКЛЯННЫХ БАНОК

Описанные машины для герметизации стеклянных банок не приспособлены для компенсации отклонений в размерах банок (отсутствие соосности корпуса и горла, перекос горла или донышка, овальность горла и др.), вследствие чего при укупорке такой тары получается относительно высокий брак, что является основным недостатком этих машин.

Автоматическая одношпиндельная паро-вакуумная закаточная машина инж. Г. Е. Молдавского лишена указанного недостатка благодаря тому, что укупориваемая банка центрируется тремя закаточными роликами. При этом даже при отсутствии соосности между корпусом и горлом банки укупоривание происходит нормально. Банка почти полностью разгружается от осевого сжатия.

Машина обладает, как показали производственные испытания, высокой производительностью, достигающей 70 банок в минуту, обеспечивает создание вакуума в банке до 500 *мм* рт. ст. и практически не дает боя при укупорке стеклянных банок.

Кроме того, достоинствами машины являются также малый вес, простота обслуживания, легкость перевода машины для закатки банок другого размера, малый расход электроэнергии и наличие транспортных устройств для приема банок с предшествующей операции и отвода на последующую.

На рис. 135 приведен разрез машины по закаточной головке. Вертикальный вал *1* приводится во вращение червячным колесом *2*, к которому крепится кулак *3* с профилированным пазом. При вращении этого кулака происходит вертикальное перемещение нижнего патрона *4*, укрепленного на нижнем шпинделе *5*, который соединен с роликом *6*; этот ролик помещен в пазу кулака *3*.

Звезда *7* устанавливает стеклянную банку *8* на нижний патрон; после этого нижний патрон поднимается вместе с банкой, накрытой крышкой, и прижимает ее к верхнему патрону *9*, который расположен между цилиндрической частью трех закаточных роликов *10*.

Каждый из трех закаточных роликов, расположенных под углом 120°, насажен на валик *11*, приводимый во вращение цилиндрической шестерней *12*.

Закаточные ролики имеют на своей наружной поверхности срезанную по дуге окружности часть. Когда банка поднимается вверх, все три ролика находятся в положении, при котором срезанные части обращены к центру, и поэтому крышка может дойти до верхнего патрона. При дальнейшем вращении закаточных роликов крышка попадает под воздействие их рабочей поверхности, деформируется вместе с резиновым кольцом и плотно прочно фиксируется на горле стеклянной банки.

Закаточные ролики в своей нижней части имеют коническую форму для центрирования горла в тех случаях, когда горло и корпус банки несоосны.

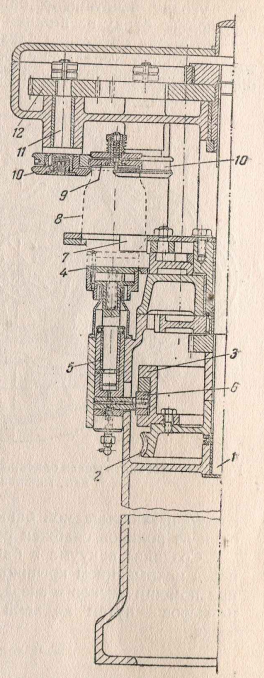


Рис. 135. Автоматическая одношпиндельная паро-вакуумная машина (вид сверху)

При закатке банки вращаются закаточными роликами вокруг своей оси. Время цикла закатки одной банки равно продолжительности одного оборота вала *1*.

После окончания закатки нижний патрон вместе с банкой опускается, звезда 7, находящаяся во время закатывания в неподвижном состоянии, уводит закатанную банку с нижнего патрона и устанавливает следующую банку на нижний патрон.

Во время опускания закатанной банки и подъема следующей закаточные ролики успевают сделать еще один оборот (холостой). Таким образом, при закатке одной банки каждый закаточный ролик делает два оборота. За время рабочего оборота каждый ролик обкатывает крышку один раз, а три закаточных ролика обеспечивают около трех обкатов банки.

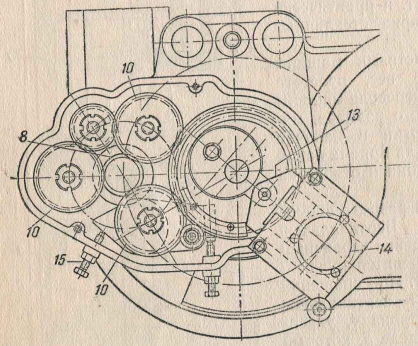


Рис. 136. Автоматическая одношпиндельная паро-вакуумная машина

На рис. 136 показаны некоторые детали машины в плане.

Наполненные банки подаются вращающимся диском к механизму *13* для накрывания их крышками, которые подаются из стопки магазина *14*, затем банки звездой подаются, как описано выше, на нижний патрон и т. д.

На рис. 136 видно взаимное расположение трех закаточных роликов *10* и закатываемой банки *8*. Для регулирования нажима на крышку один из роликов снабжен регулирующим устройством с винтом *15*.

Создание вакуума в банке достигается путем подачи в нее пара перед накрыванием крышкой. Прием и перемещение банок производятся при помощи дисков и звезд, а перевод машины на закатку банок других размеров — путем подъема и опускания головки машины и замены звезд.

Техническая характеристика

Производительность	до 60 банок в минуту
Мощность электродвигателя	0,75 *квт*
Расход пара	30 *кг/час*
Габариты в *мм*:	
длина	700
ширина	550
высота	1200
Вес	300 *кг*

АВТОМАТИЧЕСКАЯ МАШИНА ДЛЯ УКУПОРКИ БУТЫЛОК КОРОНЧАТЫМИ КРЫШКАМИ

На рис. 137 показана автоматическая укупорочная машина для обжима корончатых жестяных крышек на горле бутылок.

Механизм подачи жестяных крышек с бункером *1* и желобом *2* для

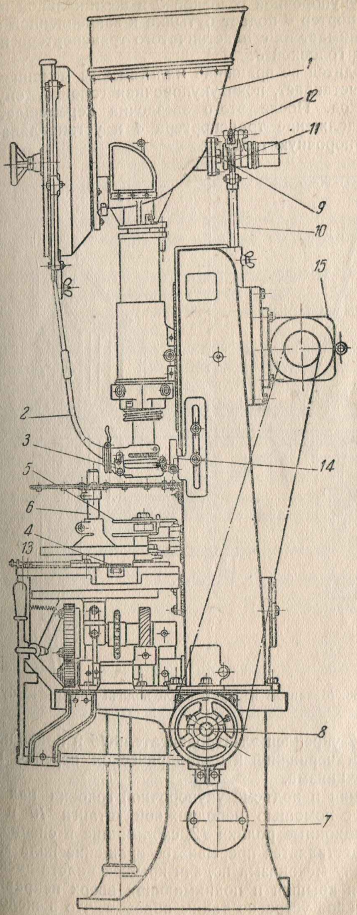


Рис. 137. Автоматическая машина для укупоривания бутылок корончатыми крышками

жется вместе с укупорочной головкой *3* в вертикальной плоскости. Пла-
стинчатый транспортер *4* подает бутылки к закрепленной на валу *6* звез-
дочке, которая снимает их с пластинчатого транспортера и устанавливает
под укупорочной головкой *3*.

Вал *6* приводится во вращение мальтийским механизмом; он вместе
со звездочкой выстаивает, пока укупорочная головка, опускаясь, совер-
шает рабочий ход. После этого звездочка перемещает укупоренную
бутылку на продолжение транспортера *4* и устанавливает следующую
бутылку под укупорочную головку.

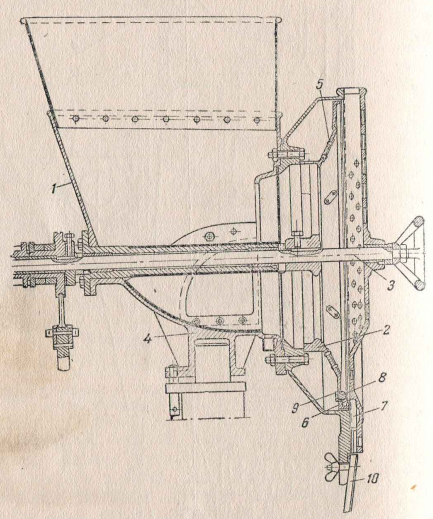


Рис. 138. Механизм избирательной подачи крышек из бункера

На станине *7* укреплен электродвигатель *15* и приводной вал *8*, кото-
рый при помощи червячной и цилиндрических передач вращает пала
мальтийского механизма.

При опускании и подъеме укупорочной головки вал *11* механизм
подачи крышек с помощью неподвижной штанги *10* и кронштейна
раздвигает фрикционные ролики *12*, скользящие в специальной канавк
Тем самым осуществляется прерывистое вращение вала мешалки вокр
своей оси. На валу механизма подачи крышек надета дисковая мешал
перемешивающая крышки и поднимающая вверх неправильно лежащ
Отверстие в бункере устроено таким образом, что в желоб могут по
пать только те крышки, которые подошли к отверстию в нужном полож
нии (донышком наружу).

Механизм избирательной подачи корончатых крышек показан
рис. 138.

Крышки, насыпанные навалом в бункер *1*, перемешиваются меша

кой *2*, приводимой во вращение валом *3*. При помощи прилива *4* бункер
прикреплен к нижней части корпуса машины.

Рабочей частью мешалки является ее коническая часть *5* и круговая
канавка *6*, профиль и размеры которой соответствуют размерам корон-
чатой крышки.

Корончатая крышка, попавшая в канавку *6*, в нужном положении
подводится к отверстию *7* в передней крышке бункера и падает в него.
Если корончатая крышка не попала в канавку *6* в нужном положении,
т. е. донышком в сторону передней части машины, то, дойдя до отвер-
стия *7*, она не может в него опуститься и будет задержана у отверстия.
На мешалке *2* укреплены под углом 120° три стальных шарика *8*, диаметр
которых равен 12,5 *мм*.

Шарики прикреплены к мешалке при помощи стальной пружинящей
пластинки *9* таким образом, что при нажиме на шарики они могут пере-
мещаться.

Если корончатая крышка поступила к отверстию *7* в неправильном
положении, один из трех шариков заставит крышку подняться, а ее место
около отверстия *7* займет другая и т. д., пока к отверстию *7* не придет
крышка в требуемом положении.

Неподвижная направляющая планка *14* (см. рис. 137), укрепленная
на станине машины, служит для поворота валика отсекателя крышек,
при котором происходит правильная их подача к седлу укупорочной
головки. Пуск и останов машины производятся рукояткой *13*, связанной
с фрикционной муфтой сцепления; подача бутылок к центрирующей
звездочке, укрепленной на валу *6*, осуществляется звездочкой *5*.

При переходе на укупорку бутылок другой высоты изменяют поло-
жение укупорочного патрона по высоте. При изменении диаметра горла
бутылок нужно заменить седло и укупорочный патрон, а также изменить
размеры выходного отверстия желоба для крышек.

Техническая характеристика машины

Производительность	до 60 бутылок в минуту
Мощность электродвигателя	2,2 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	4250
ширина	900
высота	2480

ВИДЫ БРАКА ДВОЙНЫХ ЗАКАТОЧНЫХ ШВОВ

Основным фактором, обусловливающим герметичность двойного за-
каточного шва, является нормальная работа закаточной машины, при
которой получают правильный шов, показанный на рис. 105.

На рис. 139 приведены 15 разрезов неправильно образованных двой-
ных закаточных швов.

Шов, показанный на рис. 139, фиг. *1*, срезан в своей верхней части
и накатан на верхний патрон закаточной машины. Такой шов получается
либо в результате неправильной установки закаточного ролика второй
операции или верхнего патрона (слишком низко), либо благодаря малой
толщине патрона. Иногда такой шов получается вследствие большой
толщины жести.

Для устранения этого дефекта необходимо отрегулировать положе-
ние верхнего патрона по высоте или сменить его, а также уменьшить
нажим роликов второй операции.

Фальшивый шов (рис. 139, фиг. *2*) получается в тех случаях, когда

конец посажен на корпус банки излишне туго или если фланец корпуса имеет бо́льшие размеры, чем предусмотренные инструкциями.

Необходимо уменьшить фланец корпуса и глубину подвивки фланца конца.

При наличии выступов «язычков» из-под двойного закаточного шва (рис. 139, фиг. *3*) нужно увеличить нажим ролика первой операции.

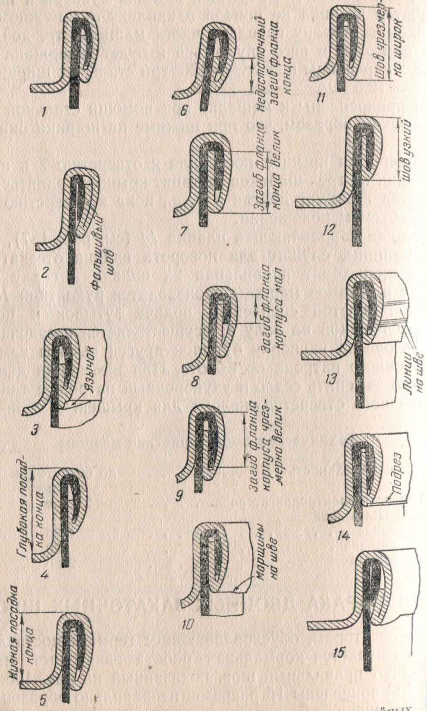


Рис. 139. Разрезы неправильно образованных двойных закаточных швов

уменьшить нажим ролика второй операции и степень сжатия банки между верхним и нижним патронами.

Если имеет место глубокая посадка конца (рис. 139, фиг. *4*), то это свидетельствует о слишком низкой установке верхнего патрона или о излишне большой толщине. Этот вид брака возможен еще и потому, что верхний патрон не параллелен нижнему.

Необходимо сменить верхний патрон и установить его параллельно нижнему.

рис. 139, фиг. *5*, показана низкая посадка конца, которая может быть устранена установкой нового верхнего патрона взамен сработанного.

На рис. 139, фиг. *6*, показан бракованный двойной закаточный шов по причине недопустимо короткого крюка конца. Такой шов получается, если диаметр конца мал, а рельефы его слишком глубоки, а также из-за недостаточного нажима роликов первой операции.

Слишком большой крюк конца (рис. 139, фиг. *7*) получается в тех случаях, когда нижний патрон недостаточно высоко поднимает банку, которая благодаря этому будет слабо зажата между верхним и нижним патронами.

Когда коротким оказывается крюк корпуса (рис. 139, фиг. *8*), необходимо также увеличить степень сжатия банки между верхним и нижним патронами.

Если же крюк корпуса получается слишком длинным (рис. 139, фиг. *9*), то нужно уменьшить степень сжатия банки между верхним и нижним патронами.

Морщинистый шов после первой и второй операции (рис. 139, фиг. *10*) получается при изношенных роликах первой и второй операций.

Если шов после работы роликов второй операции получается чрезмерно широким (высоким, рис. 139, фиг. *11*), то нужно уменьшить нажим роликов второй операции и сжатие банок между верхним и нижним патронами.

Шов, изображенный на рис. 139, фиг. *12*, чрезмерно узок (низок). Для устранения этого недочета нужно увеличить нажим роликов второй операции, одновременно уменьшив нажим роликов первой операции.

Линии, царапины и полосы на шве (фиг. *13*) являются следствием износа роликов второй операции, рабочую канавку которых необходимо отшлифовать.

Подрезы нижней части шва (фиг. *14*) получаются вследствие чрезмерного сжатия банки нижними патронами, а также в тех случаях, если верхний патрон установлен низко по отношению к роликам, или ролики второй операции чрезмерно нажимают на шов.

Частично фальшивый или сбитый вниз шов (фиг. *15*) может получиться, если центр банки не совпадает с центром патрона. Необходимо проверить посадку банок на патроне.

Глава IX

ЭТИКЕТИРОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

Этикетировочные машины предназначены для наклеивания этикеток на корпус банки.

Для цилиндрических, жестяных и стеклянных банок этикетировочные машины изготовляют двух типов: линейные, в которых банки катятся по прямой линии, и карусельные, в которых банки при наклеивании этикеток перемещаются в вертикальном положении по дуге окружности.

ЛИНЕЙНАЯ ЭТИКЕТИРОВОЧНАЯ МАШИНА

Линейная этикетировочная машина (рис. 140) для наклеивания этикеток на жестяные банки состоит из приемного наклонного желоба *1*, в который укладывают банки, дистанционного механизма *2*, валика *3*, смазывающего клеем проходящую банку, ванночки *4* для клея, ремен-

банок из машины, электродвигателя 7, электропроводов 8, станины 9 на колесах и желоба 10 для вывода банок, оклеенных этикетками, из машины. Дистанционный механизм 2 обеспечивает поступление банок в рабочую часть машины с определенными интервалами, что необходимо для правильного забора этикеток.

Работа машины происходит следующим образом. Из приемного наклонного желоба банки поступают к дистанционному механизму, регулирующему интервалы между поступлением банок в машину.

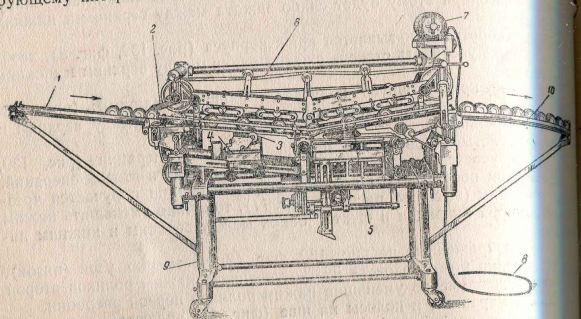


Рис. 140. Этикетировочная линейная машина

Дальнейшее перемещение банок производится двумя ремнями, прижимаемыми к банке натяжными роликами. Когда банка проходит между двумя вращающихся диска, наполовину опущенные в клей, наносят на поверхность банки две клеевые полоски. Двигаясь дальше, банка проходит над магазином (стопкой) этикеток и захватывает верхнюю этикетку. Так как банка, перемещаемая бесконечными ремнями, вращается вокруг своей оси, то она обвертывается этикеткой, которая при этом приклеивается к корпусу банки.

Перед тем, как банка забирает верхнюю этикетку, один из ее концов смазывается клеем-декстрином для того, чтобы обеспечить продольное склеивание концов этикеток (внахлестку).

Банка с наклеенной этикеткой тем же ременным транспортером выводится из машины.

Клей для смазки корпуса банки должен быть изготовлен по соответствующей рецептуре (канифоль, бензин, бура).

Для смазывания этикеток применяют декстрин.

Техническая характеристика

	до 100 банок в минуту
Производительность	
Размер банок в *мм*:	
диаметр	50—110
высота	35—125
Мощность электродвигателя	0,25 *квт*
Габариты машины в *мм*:	
длина с желобами	3500
» без желобов	2000
высота	1250
ширина	500

ЭТИКЕТИРОВОЧНАЯ МАШИНА ЗАВОДА ИМЕНИ М. И. КАЛИНИНА

Изготовленная Одесским машиностроительным заводом имени М. И. Калинина автоматическая этикетировочная машина карусельного типа для наклеивания этикеток на стеклянную тару (банки, бутылки и др.) показана на рис. 141.

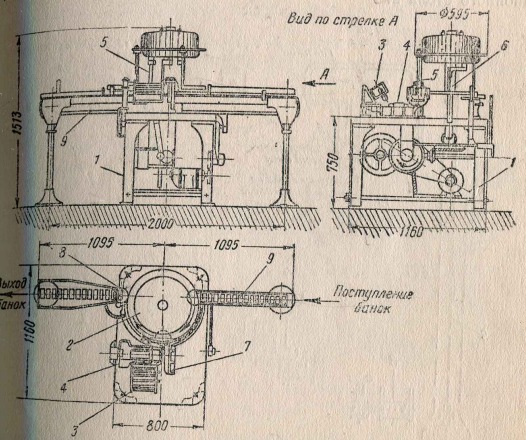


Рис. 141. Этикетировочная карусельная машина

На чугунной станине *1* смонтированы: операционный стол *2*, магазин *3*, в который укладывают стопку с этикетками, ванна *4* для клея, ограничитель подачи бутылок на операционный стол, три толкателя *5* с тремя прижимами *6*, передатчик этикеток *7*, отставитель *8*, который устанавливает банки с наклеенными этикетками на транспортер *9*.

Кинематическая схема карусельной этикетировочной машины показана на рис. 142.

Электродвигатель *10* приводит в движение все механизмы этикетировочной машины.

Поперечный вал *11* делает один оборот на наклеивание одной этикетки. При 50 об/мин. вала *11* производительность машины составляет 50 банок в минуту. Вал *11* при помощи двух кулаков *12* приводит в качательное движение рычаг-передатчик этикеток *7*. Кулак *13* обеспечивает перемещение магазина этикеток *3* к передатчику *7*.

Продольный вал *14* приводит в движение кулак *15*, управляющий движением клеевого валика *16*. Этот валик при горизонтальном положении смазывается при помощи клеевого барабана *17*, находящегося в ванне *4* с клеем, а при вертикальном положении валик *16* передает клей передатчику *7*.

Вал *14* приводит во вращение вертикальный вал *18*, проходящий в центре операционного стола *2*. Вращая толкатели *5*, вал *14* обеспечивает при помощи кулака *19* подход прижимов *6* к банке в соответствующие периоды времени (после подачи этикетки передатчиком банке). На рис. 142 показана передача движения транспортеру *9* и отставителю *8*.

Работа машины происходит следующим образом.

С приемной части пластинчатого транспортера банки поступают на операционный стол *2* и толкателями *5* перемещаются по окружности операционного стола *2*.

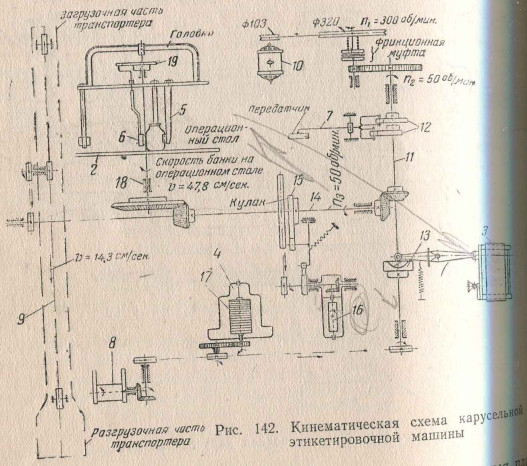


Рис. 142. Кинематическая схема карусельной этикетировочной машины

Передатчик этикеток *7*, выполненный в виде ролика с двумя планками, совершает качательное движение от магазина этикеток к операционному столу и обратно с остановками в крайних положениях. При движении в сторону магазина этикеток планки передатчика *7* смазываются при помощи клеевого валика *16*, который в это время находится в вертикальном положении, вращаясь вокруг своей оси.

Когда передатчик *7*, смазанный клеем, доходит до своего крайнего положения, магазин *3*, перемещаясь к передатчику, прижимает к нему стопку этикеток и отходит обратно, оставляя на передатчике верхнюю этикетку. Вместе с ней передатчик перемещается к операционному столу и помещает этикетку на пути движения банки.

В момент приближения банки к этикетке прижим *6* перемещается к банке с противоположной стороны и прижимает этикетку. При дальнейшем движении банки этикетка отрывается от передатчика и щетками, установленными на пути движения банки, плотно обжимается на банке.

После этого, прижим, двигавшийся вместе с банкой, отходит, а отставитель *8* передвигает банку на пластинчатый транспортер *9*.

По мере забора этикеток из магазина, стопка с этикетками перемещается вверх при помощи специальных пружин.

Техническая характеристика

Производительность	35 ÷ 50 шт. в минуту
Потребная мощность	1—2 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	2200
ширина	1160
высота	1613
Вес	750 *кг*

ЭТИКЕТИРОВОЧНАЯ КАРУСЕЛЬНАЯ МАШИНА

Механическими мастерскими ленинградского пивоваренного завода «Красная Бавария» описанный этикетировочный автомат модернизирован.

В этой машине (рис. 143) одновременно осуществляются наклеивание и штампелевка двух этикеток.

Автомат наклеивает этикетки на бутылки цилиндрической формы емкостью от 0,25 до 1,0 *л*. Универсальность автомата позволяет применять его в различных отраслях промышленности, реализующих продукцию в бутылках.

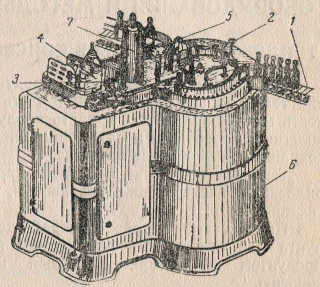


Рис. 143. Этикетировочная карусельная машина ЭА

Бутылки поступают в машину по транспортеру *1*. Перед операционным столом автомата они задерживаются контрольным механизмом, который пропускает бутылку в тот момент, когда один из трех толкателей *2* подходит для захвата бутылки и перемещения ее по столу к этикетопередатчику *3*, несущему на себе взятую из магазина *4* этикетку. Проходя мимо этикетопередатчика, бутылки снимают своим корпусом этикетку.

Механизм прижима удерживает этикетку на бутылке, продолжающей свое движение по операционному столу до тех пор, пока бутылка не подойдет к волосяным щеткам *5*, которые закрепляют этикетку на бутылке. На рис. 143 клеевой валик *7* показан в вертикальном положении.

Продолжая свое движение с наклеенной этикеткой, бутылка подходит к отставителю и передается им на транспортер. Каждая этикетка штемпелюется специальным печатным механизмом. Электродвигатель установлен внутри корпуса *6* этикетировочного автомата.

Техническая характеристика

Производительность	2500 бутылок/час
Потребная мощность	0,5 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	1200
ширина	900
высота	1500
Вес	1200 *кг*

Глава X

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О РАБОТЕ ТЕПЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТОВ

ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В КОНСЕРВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

При производстве консервов продукт подвергают тепловой обработке для того, чтобы удалить из него часть влаги, прекратить жизнедеятельность микроорганизмов, придать продукту определенный вкус или цвет, облегчить проведение последующих операций (протирка, снятие кожицы) и сохранить натуральные качества.

Тепловая обработка продуктов производится при бланшировке, стерилизации, пастеризации, уваривании, обжаривании, сушке и ряде других процессов.

При всякой тепловой обработке изменяется температура продукта или агрегатное состояние его и происходит теплообмен между продуктом и средой, отдающей или воспринимающей тепловую энергию.

Тепловые процессы, протекающие при обработке продукта, определяются законами теплопередачи и массопередачи.

На основании этих законов проводятся исследование и анализ работы существующих тепловых аппаратов, проектируемых новых аппаратов, устанавливается величина затраты тепловой энергии, составляется уравнение материального и теплового балансов.

Анализ теплового и материального балансов теплового процесса дает возможность судить о правильности процесса и величине потерь, а также устанавливать пути и способы уменьшения их.

Тепловая обработка продукта происходит при определенном технологическом режиме (продолжительность обработки, температура продукта и теплоносителя, давление над продуктом, количество продукта и содержание в нем сухих веществ, периодичность процесса и другие технологические показатели).

Работа всех тепловых аппаратов обусловливается технологическими режимами и основана на общих положениях, вытекающих из законов теплопередачи. Однако не все процессы, протекающие при тепловой обработке пищевых продуктов, охватываются известными законами теплопередачи и массопередачи.

К таким сложным и нестационарным процессам относятся: нагревание или охлаждение неоднородного продукта разнообразной формы в вакуумах с водой, концентрирование томатопродуктов (паста) и повидла при непрерывно изменяющейся температуре кипения, теплообмен при обжаривании овощей или рыбы, когда по мере удаления влаги из продукта изменяется температура масла и продукта, и ряд других процессов.

УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Теплоносителем в консервной промышленности преимущественно является водяной насыщенный пар и в редких случаях — горячее масло, воздух и вода.

Применение водяного насыщенного пара, как основного теплоносителя, обусловлено тем, что насыщенный пар удобно транспортировать и регулировать его количество и легко поддерживать температуру, регулируя давление; он безвреден, имеет большую скрытую теплоту конденсации, незначительную агрессивность к материалу трубопроводов и аппаратов, огнебезопасен; стоимость его невысокая; кроме того, водяной пар можно применять при непосредственном соприкосновении с пищевым продуктом.

На консервных заводах для проведения тепловых процессов затрачивается большое количество тепловой энергии, что приводит к огромному расходу водяного пара, а следовательно, и топлива.

О расходе пара, потребляемого в тепловых аппаратах, можно судить по средним данным, приведенным в табл. 19.

Таблица 19

Средний расход пара (в *кг*) в час на 1 *т* перерабатываемого продукта

Тепловой процесс	Потребное давление пара в *ата*	Расход пара в *кг* на 1 *т* продукта в час
Бланшировка овощей и фруктов в воде	4	90—100
Шпарка томатов паром	4	100
„ перца паром	4	250
Подогрев томатной пасты (на 50°)	4	80—90
Подогрев фруктового сока (на 65°)	4	100—110
Обжаривание овощей	10	750—1400
„ рыбы	10	500—600
Уваривание томатной массы:		
от 5 до 15% сухих веществ при атмосферном давлении	10	720
от 5 до 15% сухих веществ при вакууме	4	700—730
от 5 до 15% сухих веществ при вакууме и наличии инжектора	10	560
от 15 до 30% сухих веществ при вакууме	4	550
Стерилизация овощных консервов под давлением, в воде	4	400—450

Из таблицы видно, что для проведения большинства технологических тепловых процессов требуется водяной пар, давление которого равно 4 *ата*; для обжаривания и выпаривания при атмосферном давлении и под вакуумом при наличии инжектора необходим пар давлением 10 *ата*.

Из-за наличия на консервных заводах тепловых аппаратов периодического действия, служащих для стерилизации, уваривания и подогрева продуктов, пар расходуется неравномерно, что неблагоприятно отражается на работе паровых котлов.

МЕТОДЫ ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТОВ АППАРАТОВ

Чтобы определить расход теплоносителя, величину поверхности нагрева, продолжительность процесса, либо тепловую производительность аппарата, составляют уравнение теплового баланса, в котором количество тепловой энергии, отданное теплоносителем, равно количеству тепловой энергии, затрачиваемой на проведение тепловой обработки продукта и компенсацию потерь в окружающую среду.

Количество тепловой энергии, затрачиваемой на проведение теплового процесса, определяется, как сумма расхода тепла на нагрев продукта, аппарата, тары, на тепловой эффект производственных процессов (плавление твердого тела, растворение кристаллов, испарение и выпаривание растворителя и т. п.), а также на покрытие потерь тепла в окружающую среду путем конвекции и лучеиспускания

$$Q_{общ} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots + Q_n \ [ккал]. \qquad (X-1$$

Если величина теплового эффекта производственных процессов очень незначительна, как, например, при смешении нереагирующих между собой растворов, сорбции газов, разбавлении растворов и т. п., то ею при расчетах пренебрегают.

Каждая статья расхода тепла, связанная с подогревом, определяется по формуле:

$$Q = GC(t_2 - t_1) \ [ккал], \qquad (X-2$$

где: G — вес нагреваемого вещества в *кг*;
t_2 и t_1 — конечная и начальная температуры нагреваемого вещества в °С;
C — теплоемкость нагреваемого вещества в *ккал/кг* · °С.

Теплоемкость овощей и плодов, не содержащих жира, можно с достаточным приближением определять по формуле:

$$C = \frac{100 - 0{,}65 \cdot n}{100}, \qquad (X-3$$

где n — содержание сухих веществ в %.

Расход тепла на плавление твердого тела и превращение его в жидкое, или на затвердевание твердого тела, а также на растворение или образование кристаллов можно определить по формуле:

$$Q = Gq \ [ккал], \qquad (X-4$$

где: G — вес тела или кристаллов в *кг*;
q — теплота плавления или кристаллизации.

При затвердевании жидкого тела или растворении кристаллов имеет ту же величину, что и при плавлении, но с обратным знаком.

Теплота плавления: льда + 79,4 *ккал/кг*, животного жира + 20 ÷ 35 *ккал/кг*.

Расход тепла, связанный с выпариванием W *кг* растворителя, определяют по формуле:

$$Q = Wr \ [ккал], \qquad (X-5$$

где: r — теплота испарения (в *ккал/кг*), которую находят по таблицам в зависимости от температуры;
W — количество выпариваемого растворителя в *кг*.

W можно определить по следующим формулам:

1. При изменении концентрации:

$$W = G\left(1 - \frac{m}{n}\right) \ [кг], \qquad (X-6)$$

где: G — вес среды в *кг*, подлежащей увариванию;
m — начальное процентное содержание сухих веществ;
n — конечное процентное содержание сухих веществ.

2. При испарении растворителя с поверхности жидкости:

$$W = K_a F_n (P_{ж} - \varphi P'_{ж}) \tau \ [кг], \qquad (X-7)$$

где: F_n — величина поверхности испарения в $м^2$;
τ — продолжительность испарения в часах;
$P_{ж}$ — упругость насыщенных паров жидкости при данной температуре в *мм* рт. ст.;
$P'_{ж}$ — упругость насыщенных паров жидкости при температуре окружающего воздуха в *мм* рт. ст.;
φ — относительная влажность воздуха $\approx 0{,}7$;
K_a — коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств жидкости и скорости движения воздуха.

K_a для воды и водных растворов можно определить по формуле:

$$K_a = 0{,}0745\,(v\gamma)^{0{,}8} \ [кг/м^2 \cdot час \cdot мм \text{ рт. ст.}], \qquad (X-8)$$

где: v — скорость движения воздуха в *м/сек*;
γ — удельный вес воздуха в $кг/м^3$.

Значения K_a при различных скоростях воздуха v (в *м/сек*) можно брать следующие (табл. 20):

Таблица 20

v	K_a	v	K_a
0,5	0,036	1,5	0,114
1,0	0,083	2,0	0,145

3. При самоиспарении перегретой жидкости:

$$W = \frac{GC(t_1 - t_2)}{r} \ [кг], \qquad (X-9)$$

где: G — вес продукта в *кг*;
C — теплоемкость продукта в *ккал/кг* · °С;
t_1 и t_2 — начальная и конечная температуры продукта в °С;
r — теплота испарения растворителя в *ккал/кг*.

Расход тепла на компенсацию потерь в окружающую среду, имеющих место вследствие лучеиспускания и конвекции поверхностью аппарата, можно определить по формуле:

$$Q = F_a \tau \alpha_o (t_{ст} - t_в) \ [ккал], \qquad (X-10)$$

где: F_a — поверхность аппарата в $м^2$;
τ — продолжительность теплоотдачи в часах;
$t_{ст}$ — средняя температура поверхности стенки в °С;
$t_в$ — средняя температура окружающего воздуха в °С;

α_o — суммарный коэффициент теплоотдачи конвекцией и лучеиспусканием в *ккал/м² · час · °С*

$$\alpha_o = \alpha_к + \alpha_л, \qquad (X—11)$$

где $\alpha_к$ — коэффициент теплоотдачи конвекцией; он определяется при свободном движении воздуха по уравнениям:

$$\alpha_к = 0{,}54\,\frac{\lambda}{l}\,(Gr \cdot Pr)^{0{,}25}, \text{ если } Gr \cdot Pr = 500 \div 20 \cdot 10^5, \qquad (X—12)$$

$$\alpha_к = 0{,}135\,\frac{\lambda}{l}\,(Gr \cdot Pr)^{1/3}, \text{ если } Gr \cdot Pr > 20 \cdot 10^5. \qquad (X—13)$$

Gr и Pr — соответственно критерии Грасгофа и Прандтля;

λ — коэффициент теплопроводности воздуха в *ккал/м · час · °С*;

l — высота стенки в *м*.

С достаточной для приближенных расчетов точностью коэффициент теплоотдачи конвекцией может быть определен по формуле:

$$\alpha_к = 1{,}17\sqrt[4]{t_{ст} - t_в}\ [ккал/м^2 \cdot час \cdot °С].$$

При изменении разности температур $(t_{ст} - t_в)$ от 5 до 100° $\alpha_к$ изменяется от 2,53 до 5,35 *ккал/м² · час · °С*.

$\alpha_л$ — коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием; его определяют по уравнению:

$$\alpha_л = \frac{C\left[\left(\frac{T_{ст}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_в}{100}\right)^4\right]}{T_{ст} - T_в}\ [ккал/м^2 \cdot час \cdot °С], \qquad (X—14)$$

где: $T_{ст}$ — средняя абсолютная температура поверхности стенки в °К;

$T_в$ — средняя абсолютная температура воздуха в °К;

C — коэффициент излучения серого тела в *ккал/м² · час · °К⁴*.

Значения коэффициента излучения приведены в таблице 21.

Таблица 21

Наименование материала	Степень черноты тела ε	Коэффициент излучения $C = 4{,}9\,\varepsilon$ в *ккал/м² · час · °К⁴*
Алюминий окисленный	0,11—0,19	0,54—0,93
Сталь свежеобработанная	0,242	1,18
Сталь окисленная, гладкая	0,78—0,82	3,82—4,05
Чугун окисленный	0,64—0,78	3,14—3,82
Латунь тусклая	0,22	1,07
„ окисленная	0,59—0,61	2,9—3,0
Медь полированная	0,018—0,023	0,09—0,11
„ окисленная	0,57—0,87	2,80—4,26
Асбестовый картон	0,95	4,7
Дуб строганый	0,895	4,4
Кирпич	0,93	4,55
Масляные краски разных цветов	0,92—0,96	4,5—4,7
Стекло гладкое	0,937	4,6
Резина шероховатая	0,859	4,2

Суммарный коэффициент теплоотдачи α_o можно определить по приближенному уравнению *:

$$\alpha_o = 8{,}4 + 0{,}06\,(t_{ст} - t_в)\ [ккал/м^2 \cdot час \cdot °С].$$

Это уравнение используют при расчете тепловых потерь, которые имеют аппараты, находящиеся в закрытых помещениях, если температура стенки аппарата ниже 150°.

Расход теплоносителя определяется из уравнения баланса тепла. Если теплоносителем служит водяной пар, полностью конденсирующийся в нагревательной камере, то уравнение имеет вид:

$$Д\,(i - i_к) = Q_{общ}.$$

Отсюда

$$Д = \frac{Q_{общ}}{i - i_к}\ [кг]. \qquad (X—15)$$

Если теплоносителем является жидкость, то ее расход определится из уравнения:

$$G_T\,C_T\,(t_н - t_к) = Q_{общ}.$$

Отсюда

$$G_T = \frac{Q_{общ}}{C_T\,(t_н - t_к)}\ [кг]. \qquad (X—16)$$

Здесь обозначены через:

$Д$ — расход пара в *кг*;

$Q_{общ}$ — общий расход тепла на проведение процесса в *ккал*;

G_T — вес жидкого теплоносителя в *кг*;

C_T — теплоемкость жидкого теплоносителя в *ккал/кг · °С*;

$t_н$ — начальная температура теплоносителя в °С;

$t_к$ — конечная температура теплоносителя в °С;

i — теплосодержание пара в *ккал/кг*;

$i_к$ — теплосодержание конденсата в *ккал/кг*.

Теплосодержание конденсата определяют по уравнению:

$$i_к = C_к t_к\ [ккал/кг],$$

где: $C_к$ — теплоемкость конденсата; при конденсации водяного пара $C_к = 1$ *ккал/кг · °С*;

$t_к$ — температура конденсата в °С, отличающаяся от температуры греющего пара на $5 \div 8°$.

С достаточной точностью можно принять $t_к$ равной температуре греющего пара. Тогда $i_к$ численно равно температуре водяного пара.

Величину поверхности нагрева аппарата F (в $м^2$) или продолжительность процесса τ (в час.) определяют из общего уравнения теплопередачи:

Откуда

$$Q_{общ} = FK\Delta t\tau. \qquad (X—17)$$

$$F = \frac{Q_{общ}}{K\Delta t\tau}\ [м^2], \qquad (X—18)$$

$$\tau = \frac{Q_{общ}}{K\Delta t F}\ [час.]. \qquad (X—19)$$

* См. М. А. Михеев, Основы теплопередачи

Здесь: $Q_{общ}$ — общий расход тепла в аппарате в *ккал*, равный сумме расходов тепла на отдельные статьи;

K — коэффициент теплопередачи в *ккал/м² · час · °С*;

τ — продолжительность процесса в часах;

Δt — средняя разность температур теплоносителя и среды, воспринимающей тепло, в °С.

В зависимости от того, как протекает процесс теплопередачи, разность температур Δt определяется по-разному.

Если температуры двух обменивающихся теплом потоков изменяются во времени или вдоль потоков, то при $\frac{\Delta t_н}{\Delta t_к} < 2$ температурная разность $\Delta t_{ср}$ определяется как среднее арифметическое начальной разности $\Delta t_н$ и конечной $\Delta t_к$:

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_н + \Delta t_к}{2} = \frac{\left(t_2^н - t_1^н\right) + \left(t_2^к - t_1^к\right)}{2}. \qquad (X-20)$$

При $\frac{\Delta t_н}{\Delta t_к} \geqslant 2$, $\Delta t_{ср}$ определяется, как среднее логарифмическое:

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_н - \Delta t_к}{2{,}3 \lg \frac{\Delta t_н}{\Delta t_к}}. \qquad (X-21)$$

За $\Delta t_н$ всегда принимают большую разность температур.

Коэффициент теплопередачи K зависит от коэффициентов теплоотдачи α_1 и α_2, а также от толщин δ_i и коэффициентов теплопроводности λ_i отдельных слоев стенки, которые в свою очередь зависят от многих факторов. Определение величины K по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \; ккал/м^2 \cdot час \cdot °С \qquad (X-22)$$

представляет большие трудности и не всегда полученные результаты соответствуют действительности, в особенности, если коэффициент теплоотдачи α_2 определяют для сред, недостаточно изученных из-за сложности протекающих явлений.

При расчете теплоотдачи от стенки коллоидно-дисперсной среды или растворам, какими является большинство пищевых продуктов (тестоматная масса, повидло, бульон, рассол, сироп, молоко, сливки, пюре фруктовые и т. д.), наиболее целесообразно для отдельных аппаратов и различных режимов работы пользоваться данными, приведенными в соответствующих разделах книги.

Из общего уравнения теплопередачи (X — 17) может быть определена также и тепловая производительность аппарата $Q_{общ}$, по величине которой можно определить и весовую производительность аппарата.

По известным F, K, Δt и τ определяют $Q_{общ}$, а затем находят весовую производительность аппарата.

Для непрерывно действующих тепловых аппаратов все тепловые расчеты относят обычно ко времени $\tau = 1$ часу, не учитывая при этом расхода тепла на нагрев собственно аппарата.

Специфические особенности расчета некоторых тепловых аппаратов приводятся при рассмотрении их устройства и работы.

Глава XI

АППАРАТЫ ДЛЯ БЛАНШИРОВКИ И ПОДОГРЕВА

ЗАДАЧИ ПРОЦЕССА

Многие виды сырья подвергаются предварительной тепловой обработке в горячей воде, водных растворах поваренной соли, щелочи, кислоты, в среде водяного пара и путем соприкосновения с поверхностью нагрева.

Так, предварительной тепловой обработке подвергают зеленый горошек, спаржу, капусту, стручки фасоли, шпинат, перец, томаты, кукурузу, яблоки, груши, айву, сливы, мясо, рыбу.

Тепловую обработку продукта в горячей воде, растворе соли или кислоты называют бланшировкой, в среде водяного пара — шпаркой и при соприкосновении с поверхностью нагрева — подогреванием.

В зависимости от вида перерабатываемого сырья и изготовляемой продукции бланшировку производят для:

а) сохранения естественного цвета продукта, что достигается разрушением окислительных ферментов под влиянием сравнительно высоких температур;

б) уменьшения объема продуктов и приобретения ими упругости, которая облегчает полное и плотное заполнение банок;

в) удаления воздуха из тканей продуктов и создания условий для лучшего сохранения витаминозности консервов и ослабления коррозии жестяных банок;

г) разрушения плазматического слоя, что облегчает последующий отжим сока на прессах;

д) увеличения проницаемости оболочки плодов и овощей, для облегчения диффузии сахара при варке варенья;

е) частичного уничтожения микроорганизмов, главным образом находящихся на поверхности сырых продуктов (дрожжи, плесневые грибки).

Плоды и овощи бланшируются чаще всего в целом виде, мясо и рыба — кусками. При бланшировке в горячей воде наблюдаются потери растворимых веществ сырья, которые возрастают с увеличением продолжительности и температуры процесса.

В ряде случаев для уменьшения потерь растворимых веществ бланшировку производят в водном растворе соли или, если это возможно, вместо бланшировки в воде продукт подвергают шпарке для размягчения плодов перед протиранием, сохранения естественного цвета продукта, удаления части воздуха из тканей, для сохранения витаминозности, а также для облегчения отделения кожуры от плода.

Шпарке подвергают продукт, если в дальнейшем его необходимо протирать или если требуется тепловая обработка наружного слоя.

В аппаратах с нагревательной камерой подвергают обработке такие продукты, как дробленые томаты, сок фруктовый, томатную пасту, томатное пюре и др. Подогрев производят для облегчения отделения кожицы с томатов, прекращения жизнедеятельности микроорганизмов перед расфасовкой в тару и коагуляции белковых веществ.

КЛАССИФИКАЦИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ БЛАНШИРОВКИ, ШПАРКИ И ПОДОГРЕВАНИЯ

Тепловые аппараты, служащие для предварительной тепловой обработки, можно классифицировать в зависимости от способа нагревания продуктов на бланширеватели, шпарители и подогреватели.

Аппараты каждой из этих групп можно разделить:

а) на аппараты периодического и непрерывного действия;

б) на аппараты, работающие при атмосферном давлении, вакууме и избыточном давлении;

в) на аппараты с кожухотрубной (трубчатой) нагревательной камерой, двутельной, змеевиковой и двутрубной.

Классификация аппаратов для предварительной тепловой обработки приведена на стр. 220.

БЛАНШИРОВОЧНАЯ ВАННА

Бланшировочные ванны изготовляют из стали или из дерева; они имеют обычно форму параллелепипеда и применяются для обработки небольшого количества продуктов.

Внутри ванны, над ее днищем, расположен паровой барботер или змеевик, обеспечивающий подвод тепловой энергии. В верхней части корпуса ванны установлена сливная труба, а в нижней части, на уровне днища — труба с вентилем для выпуска воды в канализацию.

Когда ванна заполнена водой, в барботеры (или змеевик) подводится пар, давление которого равно 3 *ата*, и вода нагревается до 85 ÷ 95°. В нагретую до такой температуры воду погружают сетки с продуктом для бланшировки. По окончании бланшировки сетки с продуктом погружают в другую ванну с холодной проточной водой или их охлаждают под водяным душем.

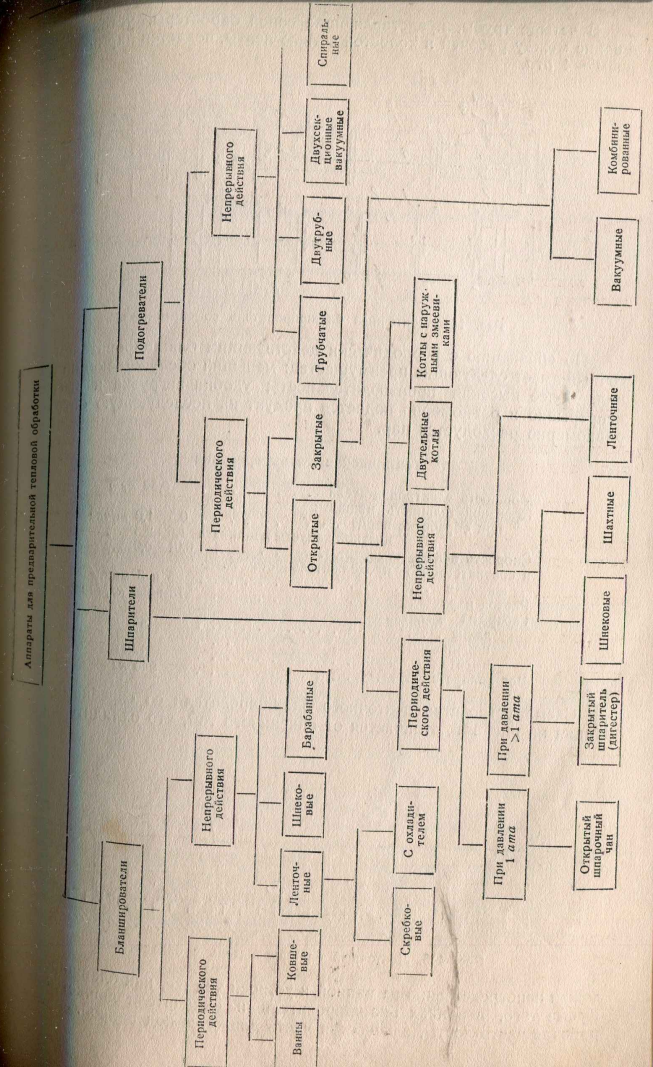
Загрузку и разгрузку ванны можно производить периодически вручную или электроталью.

Недостатками бланшировочной ванны являются: трудоемкость загрузки и выгрузки продукта, периодичность работы, выделение большого количества влаги в виде пара.

Размеры бланшировочной ванны обусловлены производительностью. Наиболее часто встречающиеся ванны имеют размеры: длина 2 ÷ 2,5 *м*, ширина 0,7 ÷ 0,8 *м*, высота 0,6 ÷ 0,8 *м*.

ЛЕНТОЧНЫЙ БЛАНШИРОВАТЕЛЬ СО СКРЕБКАМИ

Ленточный бланширователь (рис. 144) представляет собой стальную ванну *1* прямоугольного сечения; сверху она закрыта съемными крышками *2*. В одном конце ванны установлен загрузочный бункер *3*, в другом — разгрузочный желоб *4*. На ванне имеется люк *5* для очистки днища и сливная труба *6* для удаления в канализацию излишков воды. Продукт перемещается ленточным транспортером *7*, установленным внутри ванны. Разгрузочная часть транспортера расположена под углом 40°, благодаря чему продукт удаляется из ванны и при повороте ленты попадает в разгрузочный желоб. Тяговыми органами транспортера служат цепи; несущим органом является лента из проволочной сетки. К цепям прикреплены планки или скребки. Приводные звездочки насажены на общий вал, который приводится в движение электродвигателем *8* через редуктор *9*.



В четыре трубы, представляющие собой барботеры, установленные в ванне между рабочей и холостой ветвью ленты, подается пар под давлением ~4 *ата*.

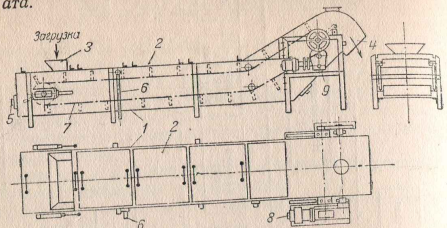


Рис. 144. Ленточный бланширователь со скребками

По сравнению с периодически действующим бланширователем, ленточный имеет следующие преимущества: меньший обслуживающий персонал, более высокая производительность; удобна загрузка и выгрузка; непрерывно и равномерно подается продукт на последующую операцию; равномерно расходуется пар.

Техническая характеристика

Мощность электродвигателя	0,52 *квт*
Производительность машины:	
при обработке перца	0,5—1,0 *т/час*
» » цветной капусты и шпината	1,5—2,5 »
Скорость ленты	0,01—0,015 *м/сек*
и соответственно продолжительность бланшировки	5 и 3 мин.
Расход пара	275÷300 *кг/час*
Габариты в *мм*:	
длина	4560
ширина	1280
высота	1400
Вес аппарата	940 *кг*

Схема устройства ленточного бланширователя со скребками, показанная на рис. 145, отличается от описанного тем, что охладитель расположен непосредственно за ванной и устроен так же, как бланширователь. Кроме того, в ваннах бланширователя и охладителя движется только рабочая часть ленты, а холостая часть движется под ванной.

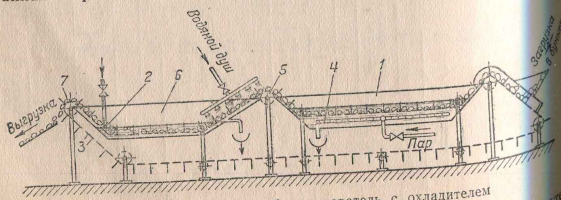


Рис. 145. Ленточный бланширователь с охладителем

Продукт поступает на ленту при ее подъеме к загрузочной части ванны *1*, удерживается поперечными планками *3* и вместе с лентой поступает в горячую жидкость.

Во время перемещения в ванне продукт подвергается бланшировке в горячей воде, подогреваемой барботирующим паром, выходящим из трубы *4*. При помощи направляющих звездочек *5* лента переходит из ванны бланширователя в ванну охладителя *6*, где продукт попадает в проточную холодную воду, поступающую по трубе *2*, и затем выгружается в желоб.

Техническая характеристика

Размеры ванны бланширователя в *мм*:	
длина	5710
ширина	1380
глубина	750
Размеры ванны охладителя:	
длина	3430 *мм*
ширина и глубина такие же, как и у бланширователя	
Средняя продолжительность бланшировки	4 мин.
Средняя продолжительность охлаждения	1,5÷2 мин.
Температура воды в бланширователе	85—90°
Габариты в *мм*:	
длина	12 420
ширина	2 080
высота	2 310
Мощность электродвигателя	1,0 *квт*
Производительность бланширователя	~6—8 *т/час*
Вес	4170 *кг*
Расход воды в охладителе	~6—8 *м³/час*

БАРАБАННЫЙ БЛАНШИРОВАТЕЛЬ

Основным рабочим органом этого аппарата (рис. 146) является барабан, изготовленный из листовой стали с отверстиями по всей поверхности (диаметр отверстий 3—4 *мм*). На внутренней поверхности стенки барабана укреплена спираль из листовой стали.

Опираясь бандажами на три пары роликов, барабан вращается вокруг своей оси при помощи вспомогательного вала, на котором насажены два малых зубчатых колеса, находящихся в зацеплении с большими зубчатыми колесами на бандажах. Вспомогательный вал приводится в движение от основного вала при помощи двух конических зубчатых колес.

Нижняя часть вращающегося барабана расположена в ванне полуцилиндрической формы, в которой укреплены опорные ролики.

Сверху барабан закрыт кожухом полуцилиндрической формы; сбоку кожуха имеется ряд люков, закрываемых крышками; люки служат для очистки барабана и наблюдения за процессом. С торцевых сторон ванны установлены загрузочный бункер и разгрузочный желоб.

Вода подводится по трубопроводу, расположенному с торцевой стороны ванны у разгрузочного отверстия.

Пар подается по трубопроводу в нижней части ванны в нескольких местах.

Воду, находящуюся в ванне, нагревают до температуры, близкой к температуре кипения, и загружают продукт. При вращении барабана продукт при помощи спирали перемещается в горячей воде от места загрузки к месту выгрузки. Продолжительность бланшировки регули-

руется числом оборотов барабана. В месте выгрузки спираль заканчивается лопастями, захватывающими продукт и выбрасывающими его в разгрузочный желоб.

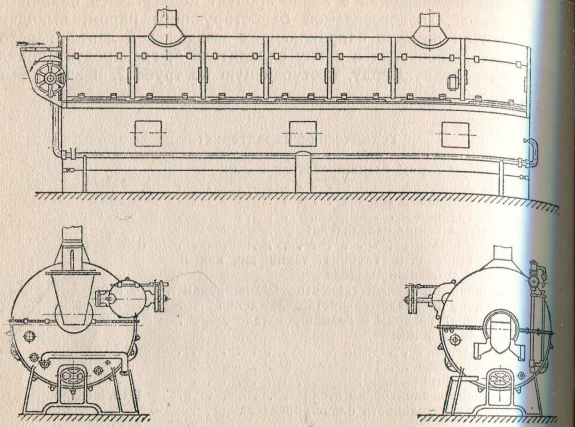


Рис. 146. Барабанный бланширователь

Техническая характеристика

Производительность	2500÷3000 *кг/час* при обработке зеленого горошка
Число оборотов барабана	3,5 об/мин.
Потребная мощность	≈ 1,5 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	5325
ширина	1625
высота	1575

РАСЧЕТЫ БЛАНШИРОВАТЕЛЕЙ

Часовой расход пара в бланширователе с подогревом воды через барботер можно определить по уравнению (X—15).

$$Д_{час} = \frac{Q_{общ}}{i - i_к} \ [кг/час],$$

где: i — теплосодержание пара в *ккал/кг*;
$i_к$ — теплосодержание конденсата в *ккал/кг*, численно равное температуре воды во время бланшировки.

Общий расход тепла $Q_{общ}$ на бланшировку можно определить как сумму расхода тепла (формула X — 1)

$$Q_{общ} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \ [ккал/час],$$

где: Q_1 — расход тепла на нагревание сырья от его начальной температуры до температуры бланшировки (формула X—2);
Q_2 — расход тепла на компенсацию потери тепла в связи с испарением с поверхности водяного зеркала (формула X—5);
Q_3 — расход тепла на подогрев воды, доливаемой в ванну бланширователя (формула X—2);
Q_4 — расход тепла на компенсацию потерь тепла в окружающую среду путем лучеиспускания и конвекции (формула X—10).

Диаметр трубы, подводящей пар к бланширователю, определяют по формуле сплошности движения:

$$d = \frac{1}{30}\sqrt{\frac{Д_{час}}{\pi \gamma v}} \ [м], \qquad (XI—1)$$

где: d — диаметр паропровода в *м*;
$Д_{час}$ — расход пара в *кг/час*;
v — скорость движения пара в *м/сек*; v принимается от 25 до 40 *м/сек*;
γ — удельный вес пара в *кг/м*³.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Барботер, в который поступает пар, должен быть покрыт слоем воды толщиной не менее 150 ÷ 200 *мм*; в противном случае возможны ожоги.

2. В барботере отверстия должны быть расположены по направлению ко дну и стенкам ванны, что уменьшает возможность ожогов паром и улучшает условия конденсации пара в воде.

3. Нужно следить, чтобы уровень воды в ванне был постоянным; не допускается наполнение ванны до краев, что возможно в случае засорения сливной трубы. Целесообразно установить перед отверстием сливной трубы фильтрующую сетку.

4. Не допускается испарения воды из бланширователей непосредственно в цех, для чего нужно установить съемные или откидные крышки по всей длине ванны, кроме мест поступления и выхода продукта, где необходимо устройство колпаков для местной вытяжной вентиляции.

5. Все движущиеся части бланширователя (шкивы, валы, зубчатые колеса) должны быть ограждены.

ШПАРОЧНЫЙ ЧАН

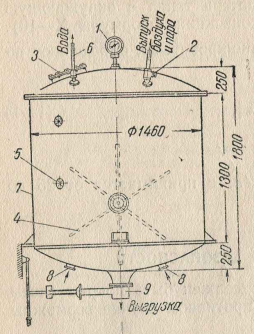
Для размягчения плодов перед протиранием из шпарителей периодического действия применяется деревянный или металлический, изнутри эмалированный чан; он закрывается сверху крышкой, на дне его расположен барботер. Сырье в него загружают сверху, а выгружают через отверстие в днище.

В чан загружают от 600 до 1500 *кг* сырья, затем подают в барботеры пар (давление пара до вентиля 2—4 *ата*), который, соприкасаясь с плодами, отдает свою скрытую теплоту парообразования, конденсируется, и температура плодов повышается. Образовавшиеся первые порции конденсата удаляют из чана, чтобы уменьшить разжижение массы. Продолжительность шпарки устанавливается опытным путем для каждого вида плодов, в зависимости от их сорта, зрелости, размеров.

Средняя продолжительность обработки паром должна составлять 15—25 мин. для семечковых плодов и 10—15 мин. для косточковых.

После шпарки плоды должны быть мягкими (но не разваренными) и легко поддаваться протиранию.

Температура шпарки, независимо от давления пара в паропроводе, приближенно может быть принята равной 100°, так как давление в шпарителе при отсутствии герметически закрывающихся крышек мало отличается от атмосферного давления. Величина температуры пара в процессе шпарки обусловливается дросселированием его от рабочего давления $P = 2—4$ *ата* до атмосферного.



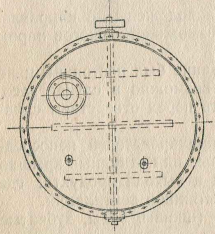


Рис. 147. Закрытый шпаритель

ЗАКРЫТЫЙ ШПАРИТЕЛЬ

Шпарку при температуре выше 100° производят в закрытом шпарителе (дигестер). Он представляет собой стальной корпус 7 (рис. 147), покрытый изнутри стекловидной эмалью, обладающей большой механической прочностью и высокой термической стойкостью.

Работа закрытого шпарителя протекает следующим образом. Через люк 3 загружают от 100 до 1500 *кг* сырья. Крышку люка плотно закрывают и через отверстия 5 и 8 подают острый пар при одновременном выпуске воздуха через кран 2 до появления струи пара. После этого кран закрывают и доводят давление пара до 1 *ати* (2 *ата*). Когда достигнута в шпарителе нужная температура, пускают в движение мешалку 4, делающую 30 об/мин. На шпарителе установлен манометр 1.

Собственно шпарка продолжается 15—25 мин., в зависимости от вида сырья, его зрелости и размеров, а также от вида изготовляемых консервов. Когда шпарка окончена, закрывают вентили, через которые поступает пар, открывают кран 2 и задвижку 9 и выгружают массу в протирочную машину.

Для промывки аппарата подают воду по трубе 6. Аппарат работает под давлением до 2 *ата*.

Техническая характеристика закрытых шпарителей, выпускаемых Ленинградским химико-пищевым комбинатом

Тип	Вес в *кг*	Емкость в *л*	Диаметр корпуса в *мм*	Высота общая в *мм*	Диаметр спускного отверстия в *мм*
ВЗ-100	110	100	500	752	38
ВЗ-250	234	250	600	1382	38
ВЗ-500	354	500	750	1580	38
ВЗ-1500	615	1500	1200	1806	50

V ШНЕКОВЫЙ ШПАРИТЕЛЬ

Шнековый шпаритель непрерывного действия применяется для шпарки косточковых (вишня, абрикосы) и семечковых (яблоки). Достоинством его является то, что шпарка в нем происходит непрерывно, и поэтому плоды за сравнительно короткий отрезок времени (4—5 мин.) хорошо размягчаются. Однако при этом весь конденсат в аппарате смешивается с продуктом и разжижает его.

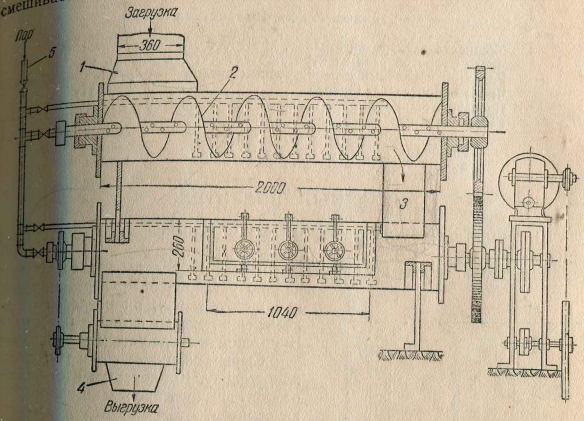


Рис. 148. Шнековый шпаритель

Шнековый шпаритель (рис. 148) состоит из двух металлических или деревянных желобов, расположенных один над другим и закрытых сверху герметически крышками. В каждом желобе помещен шнек с полым валом, в котором имеются отверстия диаметром 5 *мм*. Вал лежит в подшипниках с уплотняющими устройствами (сальниками), установленных на торцевых сторонах желоба. Один конец вала соединен с паропроводом, а другой — с приводным механизмом.

В одном конце желоба сверху расположен загрузочный бункер. По длине желоба в нижней его части подведены 12 патрубков от общего паропровода, а в верхней части имеется съемная крышка, прижимаемая тремя зажимами.

Продукт непрерывно загружают в бункер *1*; вращающийся шнек *2* перемещает его к противоположному концу желоба, где через соединительный рукав *3* продукт попадает во второй, нижний, желоб. Шнек второго желоба вращается в противоположную сторону, благодаря чему продукт движется к разгрузочному бункеру второго желоба. Из бункера продукт попадает в дозатор и выгружается по точке *4*.

Пар из паропровода *5* подается под давлением до 3 *ата* по трубе в полые валы шнеков и шпаритель.

Производительность такого шпарителя определяется по уравнению производительности шнека.

Обозначим путь продукта в шпарителе через l (в *м*), шаг шнека через S (в *м*), число оборотов вала шнека через n (об/мин.).

Продолжительность шпарки:

$$\tau = \frac{l}{S_n \eta} \text{ [мин.]}, \qquad \text{(XI—2)}$$

где η — коэффициент, учитывающий скольжение и торможение продукта при движении ($\eta = 0{,}9$).

Техническая характеристика

Мощность электродвигателя	$N = 3$ *квт*
Число оборотов вала электродвигателя	$n = 940$ в мин.
Редуктор червячный с передаточным числом	$i = 32$
Число оборотов вала шнека	1,44 в минуту
Производительность	≈ 100 *кг/час*
Габариты в *мм*:	
длина	2500
ширина	485
высота	1630

ШАХТНЫЙ ШПАРИТЕЛЬ

Шахтные шпарители также относятся к непрерывно действующим аппаратам.

Шпаритель системы Дмитриева (рис. 149) представляет собой вертикально установленный деревянный корпус высотой 3 *м*; он разделен на две камеры размером в плане 0,5 × 0,5 *м*. В каждой камере установлен барботер.

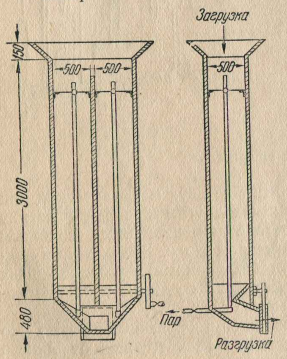


Рис. 149. Шахтный шпаритель

Сырье загружают сверху, выгружают снизу. Конденсат и частично сок отводятся через прорезы в задней стенке корпуса.

Часовая производительность аппарата 2 m яблок. Продолжительность шпарки 15 мин.

Работа шахтного шпарителя происходит следующим образом.

Продукт, загружаемый непрерывно сверху, под влиянием силы тяжести перемещается вниз. Под воздействием пара, имеющего температуру 100—102°, происходит шпарка. Размягченный продукт, находящийся под давлением вышележащего слоя, непрерывно выходит из разгрузочного отверстия внизу. Недостатками таких шпарителей являются:

а) трудность регулирования времени шпарки;

б) возможность неравномерного прошпаривания продукта.

ЛЕНТОЧНЫЙ ШПАРИТЕЛЬ

В некоторых случаях должна быть сохранена цельность плодов и овощей (перец для фаршировки, томаты цельноконсервированные и т. д.), подвергающихся тепловой обработке непосредственно паром. Для такой обработки применяют транспортеры с лентой из проволочной сетки.

Часть рабочей ленты транспортера проходит через камеру, в которой над лентой и под ней расположены барботирующие трубки. При перемещении таким образом через камеру ленты с плодами они подвергаются воздействию острого пара, выходящего из барботеров, и прогреваются. Давление пара до вентиля составляет обычно 3 *ата*, а в паровой камере — 1 *ата*, что соответствует 100°.

Продолжительность шпарки регулируется скоростью движения ленты.

Так, если длина паровой камеры ленточного шпарителя $l = 3$ *м*, продолжительность шпарки томатов 20 сек. ($\tau_1 = 0{,}33$ мин.) и перца 3 мин. ($\tau = 3$ мин.), то скорость движения ленты должна быть:

для томатов

$$v = \frac{l}{60 \cdot \tau_1} = \frac{3}{60 \cdot 0{,}33} = 0{,}15 \text{ } м/сек;$$

для перца

$$v = \frac{l}{60 \cdot \tau} = \frac{3}{60 \cdot 3} = 0{,}0166 \text{ } м/сек.$$

Для охлаждения плодов после шпарки и во избежание выхода пара из паровой камеры в помещение цеха, в местах входа и выхода ленты из камеры, над лентой перпендикулярно ее движению помещают трубы, распыливающие воду.

Недостатком ленточного шпарителя являются большие потери пара из-за утечки, составляющие примерно 50% от общего расхода.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ПАРА В ШПАРИТЕЛЯХ

Расход пара можно определить по формуле (X—15).

Теплосодержание конденсата $i_к$ в данном случае принимается численно равным температуре шпарки, т. е. 98÷100° *ккал/кг*, а теплосодержание греющего пара i принимают по состоянию его перед регулировочным вентилем. Это состояние обычно характеризуется степенью сухости $x = 92 \div 95\%$.

Полный расход тепла $Q_{общ}$ для работы шпарителей состоит из следующих статей:

Q_1 — расход тепла на нагревание продукта в *ккал/час*;

Q_2 — расход тепла на нагревание аппарата в *ккал/час*; этот показатель определяют в том случае, если аппарат металлический и работает периодически или если имеется ленточный транспортер;

Q_3 — потери тепла в окружающую среду путем лучеиспускания и конвекции в *ккал/час*;

Q_4 — потери тепла, связанные с утечкой пара из-за негерметичности аппарата, в *ккал/час*.

Потери тепла Q_4 не поддаются подсчету и зависят от конструкции шпарителя и режима работы.

Исследованиями установлено, что потери тепла из-за утечки пара составляют от суммы первых трех статей расхода тепла в %:

В шпарочном чане	a	$= 20 \div 50$
В закрытом шпарителе	a	$= 1 \div 2$
В шнековом »	a	$= 5 \div 10$
В шахтном »	a	$= 10 \div 20$
В ленточном » с вытяжной трубой	a	$= 50 \div 100$
В ленточном » без вытяжной трубы	a	$= 10 \div 20$

$$Q_4 = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3)\, a}{100 - a} \text{ [ккал/час]}. \qquad \text{(XI—4)}$$

ДВУТЕЛЬНЫЙ КОТЕЛ

Двутельный котел (рис. 150, *а*) состоит из двух полостей: открытой *1*, в которую помещают продукт, подвергающийся нагреванию, и герметически закрытой *2*, являющейся паровой камерой. Поверхностью нагрева служит та часть паровой камеры, которая соприкасается с продуктом. Наружная поверхность камеры не участвует в полезном теплообмене, однако она имеет высокую температуру, и для уменьшения потерь тепла в окружающую среду ее следует покрывать изоляционным материалом.

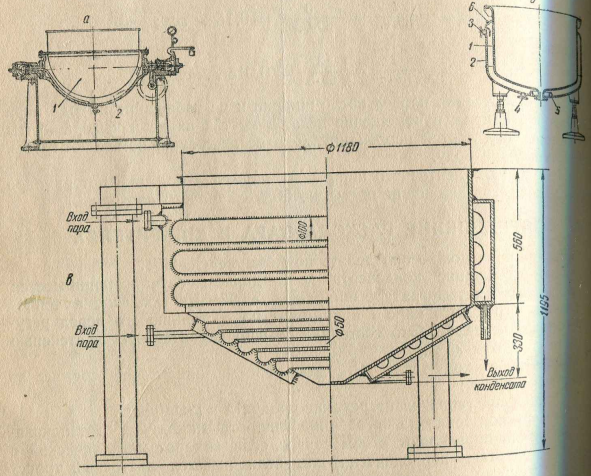


Рис. 150. Двутельные котлы

Подвод пара в паровую камеру *2* и отвод из нее конденсата в опрокидывающихся котлах, а иногда и в стационарных производится через полые патрубки, на которых укреплена чаша. Патрубки соединены с трубопроводами при помощи сальниковых уплотнений.

Для отвода конденсата внутри паровой камеры установлена изогнутая трубка; один конец ее соединен с опорным патрубком, а другой находится в самой низкой части паровой камеры, что устраняет возможность заполнения камеры конденсатом. В нижней части паровой камеры положен продувочный краник, служащий для отвода скопляющегося воздуха и остатков конденсата. Во избежание разбрызгивания продукта при кипении на чаше установлен козырек.

Двутельные котлы рассчитаны на давление пара 3—5 *ата*. При сферической форме днищ пленка конденсата неравномерна по высоте котла и в нижней части толщина ее бывает максимальной.

Скорость пара в паровой камере из-за большого сечения ее невелика. Значительная толщина пленки конденсата, низкое давление пара, малая его скорость приводят к сравнительно низкой интенсивности теплообмена.

Коэффициенты теплопередачи в двутельном котле емкостью 350 *л* при подогреве без перемешивания (в *ккал/м² час °С*):

бульона	$K = 600 \div 750$
заливки	$K = 500 \div 700$
рассола	$K = 700 \div 800$

При перемешивании коэффициент теплопередачи увеличивается примерно на 50%.

На аппарате должны быть установлены предохранительный клапан и манометр, по показаниям которого регулируют при помощи вентиля давление пара.

Техническая характеристика двутельных котлов
(ТУ МПП СССР 1951 г. № 221, 224, 225)

Емкость в *л*	Габаритные размеры в *мм*			Поверхность нагрева в *м²*	Давление пара в *ата*	Мощность в *л. с.*	Вес аппарата в *кг*	Примечание
	длина	ширина	высота					
300	2085	1060	1470	2,7	4	0,35	620	С мешалкой
200	1300	1000	1500	1,8	5	—	500	—
150	1280	960	1225	1,0	6	—	490	—

Двутельные котлы, изготовленные из красной меди или ее сплавов, покрывают в местах, соприкасающихся с продуктом, защитной пленкой, предохраняющей металл от коррозии и окисления. В этом отношении наиболее высокими качествами обладает эмалированная аппаратура, выпускаемая Ленинградским химикопищевым комбинатом.

Двутельный эмалированный котел (рис. 150, *б*) имеет внутреннюю рубашку *1* и наружную *2*. Внутренняя рубашка изготовлена из специальной стали (марки 08) толщиной 6 *мм*; сталь покрыта кислото- и термостойкой эмалью, обладающей большой механической прочностью.

Наружная рубашка изготовлена из стали толщиной до 12 *мм*. На рубашке имеются патрубок *3* для подвода пара и патрубок *4* для вывода конденсата, компенсатор *5* и пробка *6* для продувки воздуха и установки предохранительного клапана.

Эмалированные двутельные котлы изготовляют открытые, типа ВВО, и закрытые, типа ВВЗ, основные данные о которых приведены в табл. 22.

Таблица 22

Тип	Вес в *кг*	Емкость в *л*	Давление пара в *ата*	Диаметр корпуса в *мм*	Высота общая в *мм*	Поверхность нагрева в *м²*	Диаметр патрубка в *мм*
ВВО-500	540	500	4	1000	844	2,8	50
ВВО-1000	764	1000	4	1200	1133	5,0	50
ВВЗ-60	121	50	4	400	500	0,68	38
ВВЗ-500	660	500	4	1000	904	2,8	50

В двутельных котлах часто устанавливают мешалки якорного типа.

Недостатками двутельных котлов, как тепловых аппаратов, являются:

1. При толщине стенки до 10 *мм* давление пара в котле должно быть не более 3 ÷ 6 *ата*, в зависимости от диаметра котла.

2. Интенсивность теплообмена на поверхности нагрева неравномерна: наибольшая интенсивность теплообмена наблюдается в верхней части котла и крайне низкая — в нижней части (днище), где толщина пленки конденсата максимальна. Интенсивность теплообмена особенно велика в местах входа пара в нагревательную камеру, так как здесь скорость пара максимальна.

3. Пониженная интенсивность теплообмена, на которую значительно влияют диаметр котла, давление греющего пара, способы подвода пара и отвода конденсата, форма котла, степень отвода воздуха из паровой камеры.

Практический интерес представляют котлы (рис. 150, *в*) с наружным змеевиком, изготовленные по предложению инж. А. В. Коренмана.

С наружной стороны стальной чаши котла по окружности приварены половинки продольно разрезанных труб, образующих полукруглые нагревательные камеры. Концы полукругов соединены с двумя вертикальными коллекторами, один из которых служит для подвода пара, а другой — для отвода конденсата.

В нагревательную камеру такого котла можно подавать пар давлением до 10 *ата*, так как при такой конструкции, в отличие от двутельного котла, создаются благоприятные условия для теплообмена и значительно повышаются как температурная разность Δt, так и коэффициент теплопередачи.

Техническая характеристика

Емкость чаши	500 *л*
Внутренний диаметр чаши	1200 *мм*
Глубина чаши	500 „
Диаметр спускного патрубка	100 „
Вес котла	200 *кг*
Габариты в *мм*:	
длина	1425
ширина	1425
высота	550

СБОРНИК-ПОДОГРЕВАТЕЛЬ ВНИИКП

Этот аппарат может служить в качестве сборника-подогревателя, вакуум-аппарата и смесителя. Применяют его при производстве томатов и пюре, томат-пасты, детских консервов, томатных соусов, джема и повидла. Все части сборника-подогревателя, соприкасающиеся с продуктом, изготовлены из нержавеющей стали.

Сборник-подогреватель (рис. 151) состоит из двутельной паровой камеры (нижняя часть) и цилиндрического корпуса с конусной крышкой. В подогревателе имеется якорная мешалка, приводимая в движение электродвигателем *1* через редуктор *2*. Сборник-подогреватель имеет два патрубка *3* для подвода пара давлением до 6 *ата*, патрубок *4* для вывода конденсата, разгрузочный патрубок *5*, загрузочный патрубок *6*, ...

удаления паров (или для создания вакуума), патрубок *11* для поступления сжатого воздуха, мановакуумметр, термометр, предохранительный клапан.

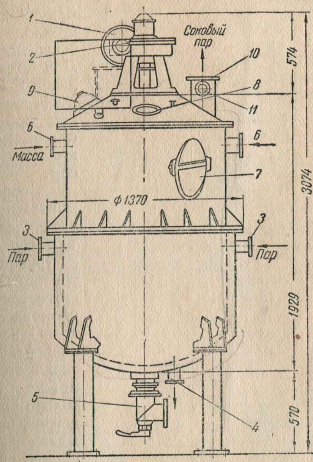


Рис. 151. Сборник-подогреватель ВНИИКП

Техническая характеристика

Габариты в *мм*:	
длина	1370
ширина	1370
высота	3070
Поверхность нагрева	3,75 $м^2$
Объем вмещаемого продукта	1000 *л*
Мощность электродвигателя	2 *квт*

ВАКУУМ-ПОДОГРЕВАТЕЛЬ

Вакуум-подогреватель (рис. 152) применяют для деаэрации продуктов и нагревания их без доступа воздуха при изготовлении детских и диетических консервов. Корпус аппарата эмалирован изнутри и оборудован двутельной нагревательной камерой. В аппарате установлена двухлопастная мешалка. Она приводится в движение через редуктор от электродвигателя.

Пар подводится через патрубок *1*; конденсат отводится через отверстие *2* в нижней части днища.

Продукт загружают через патрубок *3* на цилиндрической части корпуса. Разгружают аппарат через отверстие *4* в днище.

На аппарате установлен вакуумметр, по которому определяют разрежение во время деаэрации продукта, и манометр на паровой камере. Максимально допустимое давление греющего пара в паровой камере 6 *ата*. За процессом наблюдают через смотровое стекло. Аппарат внутри освещен электролампами. Для поддержания необходимого вакуума вакуум-подогреватель соединен при помощи патрубка 5 с конденсационной установкой и вакуум-насосом.

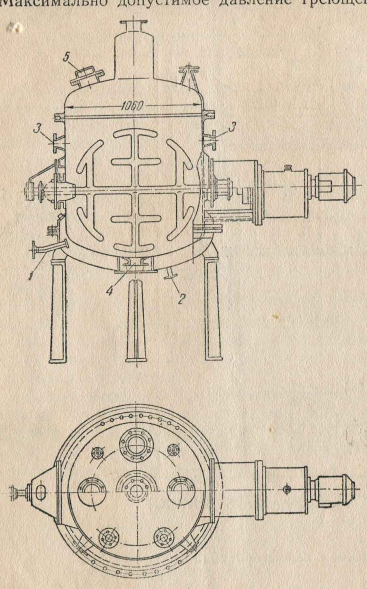


Рис. 152. Вакуум-подогреватель

Особое внимание при монтаже и ремонте аппарата уделяется герметизации соединений аппарата и трубопроводов. Герметичность соединений достигается применением прокладок.

Описанный вакуум-подогреватель удобен в эксплуатации, и в нем можно производить не только деаэрацию и подогрев, но и вакуум-охлаждение, что достигается пропусканием через паровую камеру вместо пара холодной воды. Недостатками его являются: отсутствие лаза, что затрудняет мойку и чистку, и низкий коэффициент теплопередачи.

Техническая характеристика

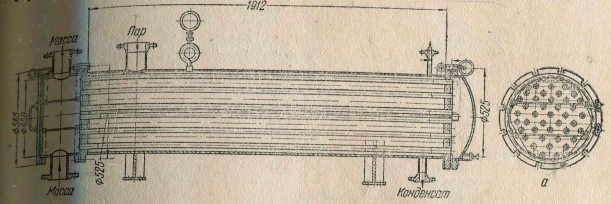
Поверхность нагрева	1,7 $м^2$
Мощность электродвигателя	2,5 *квт*
Полная емкость вакуум-подогревателя	1000 *л*
Рабочая емкость	500 ÷ 600 *л*
Число оборотов мешалки	20 *об/мин.*
Коэффициент теплопередачи (в *ккал/м² час °С*):	
при подогреве сока	$K \approx 1250$
при подогреве пюре	$K \approx 800$
Габариты в *мм*:	
длина	2565
ширина	1350
высота	2685

ТРУБЧАТЫЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЬ

Трубчатый подогреватель (рис. 153) представляет собой многоходовой теплообменник. Он состоит из двух трубных решеток; поверхность, соприкасающаяся с продуктом, облицована тонкими листами красной меди. В трубные решетки ввальцованы 66 медных трубок диаметром 32—34 *мм* и длиной до 2000 *мм*.

Трубные решетки с трубками заключены в металлический кожух цилиндрической формы; он имеет с торцевых сторон крышки, облицованные тонкими листами красной меди. Крышки прикреплены к кожуху при помощи откидных болтов; герметичность соединения обеспечивает уплотняющая прокладка.

Между крышкой и трубной решеткой имеются перегородки, образующие камеры, которые объединяют один или два пучка трубок. Таким образом, пучки трубок последовательно соединены между собой.



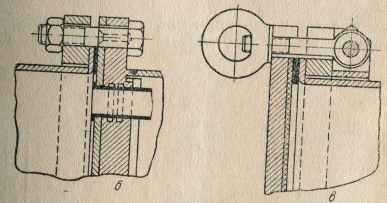


Рис. 153. Трубчатый подогреватель

Пар подается в пространство между кожухом и трубками и омывает их снаружи. Конденсат отводится из патрубка, расположенного в нижней части кожуха. Нагреваемый продукт насосом последовательно перекачивается через все пучки трубок; направление продукта изменяется благодаря наличию камер в крышках. Путь продукта, проходящего через подогреватель, равен длине одной трубки в пучке, умноженной на число ходов.

Скорость движения продукта в трубках принимается 1—2 *м/сек*. При значительной длине подогревателя устанавливают компенсирующие устройства. На кожухе аппарата установлены предохранительный клапан и манометр.

Трубчатый подогреватель применяется для нагревания дробленых томатов, фруктовых соков и томатной пасты. При нагревании пасты во избежание образования нагара необходимо следить, чтобы движение пасты в трубках не прекратилось. Если же требуется на короткий отрезок времени прекратить подачу горячей пасты, то целесообразно, не останавливая насоса, направить пасту в бачок.

Расчетную производительность трубчатого подогревателя можно определить по формуле:

$$G = \frac{FK\Delta t}{C(t_2 - t_1)} \ [кг/час], \qquad (XI-5)$$

где: F — поверхность нагрева в $м^2$;
K — коэффициент теплопередачи в $ккал/м^2 \cdot час \cdot °C$;
Δt — средняя разность температур в °С;
C — теплоемкость продукта в $ккал/кг \cdot °C$;
t_2 и t_1 — конечная и начальная температура продукта в °С;

Техническая характеристика

Поверхность нагрева	12,7 $м^2$
Емкость аппарата	170 $л$
Давление пара	до 6 $ата$
При подогревании томатной пасты давление пара должно быть не свыше 1,2 $ата$.	
Габариты в $мм$:	
длина	2500
ширина	580
высота	750
Коэффициент теплопередачи при подогреве (в $ккал/м^2 \cdot час \cdot °C$)	
томатной пасты	500
фруктового пюре	500
дробленых помидоров	900—1000
фруктового сока	1200—1500

ДВУТРУБНЫЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЬ

Двутрубные подогреватели применяются для нагревания фруктового и томатного пюре и соков. Двутрубный подогреватель, показанный на

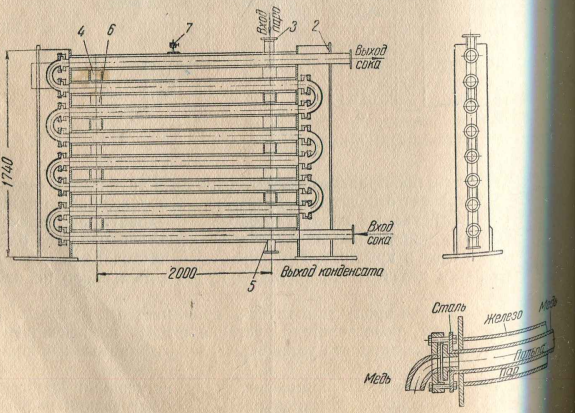


Рис. 154. Двутрубный подогреватель

рис. 154, состоит из 8 ÷ 12 секций. В каждой секции имеется медная труба диаметром 32 ÷ 70 *мм* и длиной 2,0 ÷ 2,5 *м*, которая помещена в стальной трубе диаметром 60 ÷ 100 *мм*. Кольцевой зазор между трубами заполнен паром. Концы внутренних труб каждой секции соединены между собой патрубками, согнутыми под углом 180°. Уплотнение достигается применением прокладок. Насосом масса подается в аппарат через отверстие *1* и выходит нагретая через отверстие *2*.

Пар поступает через патрубок *3*, попадает в межтрубное пространство и движется в нем справа налево. В конце первой секции установлен вертикальный патрубок *4*, соединяющий межтрубное пространство двух секций. Из нижней секции конденсат выходит через патрубок *5*. Для устойчивости и прочности конструкции установлены опорные прокладки *6*. Воздух, скопляющийся в межтрубном (паровом) пространстве, выпускается через продувной краник *7*.

Благодаря небольшому поперечному сечению трубы продукт в подогревателях такого типа может двигаться с большой скоростью, что в значительной степени предотвращает возможность образования нагара.

Техническая характеристика

Поверхность нагрева	4,26 $м^2$
Рабочее давление пара	до 3 $ата$
Диаметр внутренней трубы	70 $мм$
Число секций	8
Коэффициент теплопередачи при подогреве фруктового пюре	$K \approx 500$ $ккал/м^2 \cdot час \cdot °C$
Производительность аппарата	2500 $кг/час$
Габариты в $мм$:	
длина	2860
ширина	240
высота	1740

Двутрубные теплообменники применяются также и для охлаждения продукта. В этом случае в межтрубное пространство подводится холодная вода или рассол.

Для теплообменников такого типа производительность определяют из общего уравнения теплопередачи (см. уравнение XI—5).

ДВУХСЕКЦИОННЫЙ ВАКУУМ-ПОДОГРЕВАТЕЛЬ ЗАВОДА ИМЕНИ М. И. КАЛИНИНА

Этот подогреватель (рис. 155) служит для нагревания дробленой томатной массы и различных фруктовых и овощных соков. Каждая из двух секций *1* может работать самостоятельно, в случае же необходимости можно пропускать подогреваемый продукт последовательно через обе секции. Устройство секции такое же, как трубчатого многоходового подогревателя (рис. 156); она состоит из 12 последовательно соединенных труб *13* из нержавеющей стали диаметром 38 *мм* и длиной 1930 *мм*, заключенных в стальной кожух *14* цилиндрической формы. С торцевых сторон установлены крышки. Задняя крышка *2* имеет шесть впадин, при помощи которых попарно соединяются близлежащие трубки; передняя крышка *3* имеет пять впадин и два патрубка, из которых нижний *4* (рис. 155) служит для входа продукта, а верхний *5* для выхода продукта из нагревательных трубок.

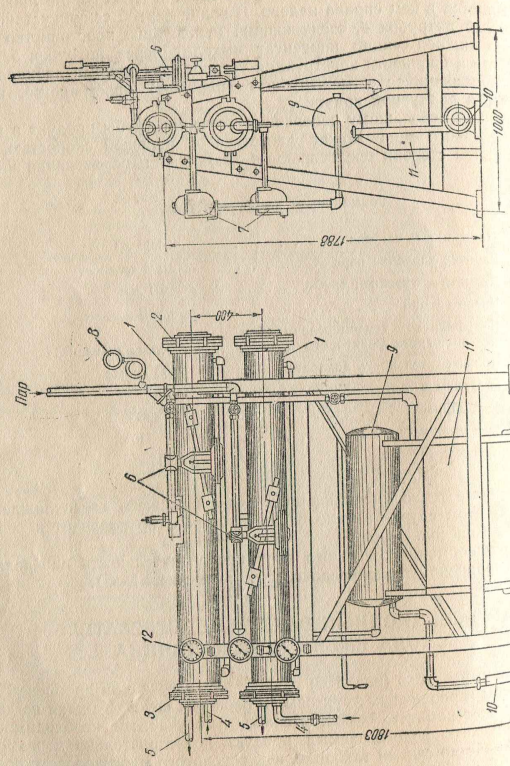


Рис. 155. Двухсекционный вакуум-подогреватель завода имени М. И. Калинина

Пар давлением 6 ÷ 7 *ата* редуцируется в вакуум-редукционных клапанах *6* до давления 0,8 ÷ 0,9 *ата*, после чего поступает в межтрубное пространство в верхней части кожуха. Конденсат отводится снизу в двух местах, по краям кожуха. Каждая секция имеет конденсационный горшок *7* (рис. 155) с закрытым поплавком. Конденсат после обоих конденсационных горшков попадает в вакуум-сборник *9*, из которого удаляется вместе со скопляющимся воздухом при помощи водяного эжектора, создающего одновременно некоторое разрежение и в вакуум-конденсационном сборнике *9*. Вода в эжектор подается пропеллерным насосом *10*, соединенным с баком *11*, в который затем возвращается смесь конденсата и воды.

На аппарате установлены мановакуумметры *12*, показывающие давление в греющих камерах и в вакуум-конденсационном сборнике, и манометр *8*, показывающий давление пара до редукционных клапанов.

Режим работы подогревателя: давление пара до редукционного клапана 6 ÷ 7 *ата*, в нагревательной камере — 0,8 ÷ ÷ 0,9 *ата*, что соответствует вакууму 75 ÷ 125 *мм* рт. ст. и температуре 93 ÷ 96°; разрежение в вакуум-конденсационном сборнике 125 ÷ 250 *мм* рт. ст. Продукт нагревается от 18 ÷ ÷ 20° до 80 ÷ 85°.

При помощи пропеллерного насоса продукт последовательно проходит через все трубки подогревателя со скоростью 2,8 ÷ 3,5 *м/сек*. При таком режиме работы производительность аппарата составляет 5 ÷ 10 *т/час*.

Двухсекционные подогреватели имеют такие достоинства: а) высокая производительность; б) быстрое нагревание продукта; в) отсутствие явления коррозии; г) устойчивость температурного режима; д) отсутствие нагара на трубках.

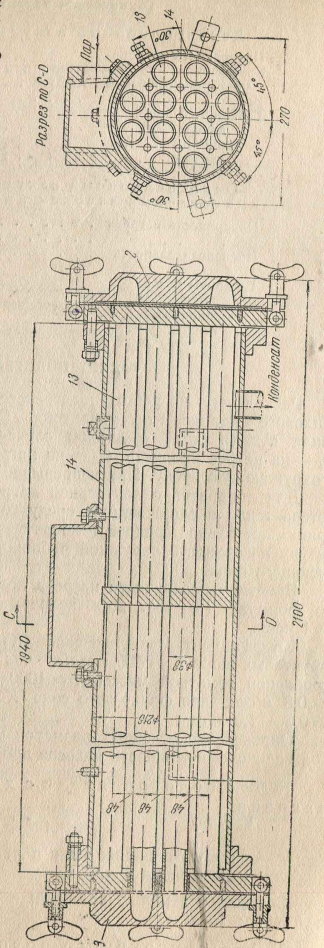


Рис. 156. Секция вакуум-подогревателя

Техническая характеристика

Двухсекционный вакуум-подогреватель

Поверхность нагрева	5,5 $м^2$
Коэффициент теплопередачи при подогреве дробленых томатов	$K \approx 2500$ $ккал/м^2 \cdot час \cdot °C$
Вес	1000 $кг$
Габариты в $мм$:	
длина	2100
ширина	1000
высота	1800

Односекционный вакуум-подогреватель, выпускаемый заводом имени М. И. Калинина

Поверхность нагрева	2,75 $м^2$
Вес	650 $кг$
Производительность	25—30 $л/мин$ дробленых томатов
Габариты в $мм$:	
длина	2100
ширина	900
высота	1500

РАСЧЕТ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

Расход пара на работу подогревателя можно определить из условий теплового баланса по уравнению (X—15). Причем общий расход тепла $Q_{общ}$ (в $ккал$) в данном случае равен сумме расходов тепла: Q_1 — на нагрев продукта, Q_2 — на нагрев аппарата и Q_3 — потери тепла в окружающую среду. При непрерывной работе аппарата $Q_2 = 0$.

Для аппаратов с двутельной нагревательной камерой при расчете потерь тепла в окружающую среду температуру поверхности аппарата принимают равной средней температуре нагреваемого продукта, а температуру поверхности наружной рубашки принимают равной температуре греющего пара.

Величину поверхности нагрева подогревателей F (в $м^2$) определяют по формуле (X—18). Для непрерывно действующих аппаратов $\tau = 1$ часу.

Коэффициент теплопередачи (K) в теплообменниках равен: для фруктовых пюре $K \approx 500$ $ккал/м^2 \cdot час \cdot °C$ при $v = 0{,}15 \div 0{,}4$ $м/сек$; для дробленой томатной массы $K \approx 1000$ $ккал/м^2 \cdot час \cdot °C$ при $v = 0{,}4 \div 0{,}8$ $м/сек$; для фруктового сока $K \approx 1200$ $ккал/м^2 \cdot час \cdot °C$ при $v = 0{,}6 \div 1{,}0$ $м/сек$.

Определение основных размеров нагревательных камер при известной величине поверхности нагрева производят следующим образом:

1. Для подогревателя с двутельной поверхностью нагрева

$$F = \pi (a^2 + h^2) \ [м^2],$$

где: a — радиус основания чаши в $м$;
h — высота чаши в $м$.

Соотношение между радиусом и высотой чаши обычно принимают $a : h = 1 \div 1{,}5$.

2. Для двутрубного подогревателя

При определении основных размеров трубчатых теплообменников выбирают такой диаметр внутренней трубы (в пределах $32 \div 70$ $мм$) и такую полную рабочую длину труб теплообменника, при которых

обеспечиваются допустимая скорость движения продукта v (в $м/сек$) и необходимая производительность G (в $кг/час$), а именно:

$$d = \frac{1}{30}\sqrt{\frac{G}{\pi \gamma v Z_m}} \ [м] \qquad (XI—6)$$

$$L = \frac{F}{\pi d} \ [м], \qquad (XI—7)$$

где: γ — удельный вес продукта в $кг/м^3$;
Z_m — число трубок в одной секции.

Определив длину внутренней трубы L (в $м$) и выбрав длину одной секции (в $м$) (обычно 2—3 $м$), находят число секций:

$$Z_c = \frac{L}{l_p}, \qquad (XI—8)$$

где: Z_c — число секций в двутрубном подогревателе (см. рис. 154);
l_p — рабочая длина одной секции в $м$.

Причем длину секции l_p принимают таких размеров, чтобы Z_c было целым числом.

3. Для многоходовых трубчатых подогревателей

Выбрав диаметр трубки d (обычно $0{,}025 \div 0{,}075$ $м$) и длину одной трубки l (от 1 до 2 $м$), находят количество трубок в подогревателе:

$$Z = \frac{F}{\pi d l} \ [шт]. \qquad (XI—9)$$

Затем определяют количество пучков труб (ходов) n, исходя из заданной скорости движения продукта v (в $м/сек$):

$$n = \frac{3600 \cdot \pi d^2 v \gamma Z}{4G} \ [ходов], \qquad (XI—10)$$

где: G — вес нагреваемого продукта в $кг/час$;
γ — удельный вес продукта в $кг/м^3$.

Диаметр трубной плиты d_n находят по числу трубок в подогревателе и их диаметру.

При размещении трубок по периметру шестиугольников диаметр трубной плиты:

$$d_n = 2t\left(\frac{\sqrt{12Z - 3} - 3}{6}\right) + 2l_1 \ [м], \qquad (XI—11)$$

где: t — расстояние между центрами трубок, равное $1{,}3\ d \div 1{,}6\ d$;
Z — число трубок;
l_1 — расстояние между центром крайней трубки и наружной окружностью трубной плиты $l_1 = d \div 1{,}5\ d$;
d — наружный диаметр трубок в $м$.

Толщину трубной плиты принимают от 15 до 35 $мм$.

Если известны диаметр трубной плиты и длина трубки, то можно определить основные размеры теплообменника.

Диаметры всех патрубков для входа и выхода продукта, а также подвода пара и вывода конденсата определяют из уравнения сплошности движения:

$$d = \frac{1}{30}\sqrt{\frac{G}{\pi v \gamma}} \ [м], \qquad (XI—12)$$

где: G — вес продукта, пара, конденсата в *кг/час*;
γ — удельный вес в *кг/м*³;
v — скорость движения продукта (пара, конденсата) в *м/сек*.

Подогреватели, работающие как при избыточном внутреннем давлении, так и при избыточном наружном давлении (в случае вакуум-аппаратов), подвергаются проверочному расчету на прочность. Последовательность расчета двутельного подогревателя приведена ниже.

Пример.

Условие. Определить производительность двутельного котла, расход пара и проверить котел на прочность, если нагревается томатная заливка, содержащая 14% сухих веществ, от температуры $t_1 = 20°$ до $t_2 = 98°$. Греющий пар имеет давление 2 *ата* в нагревательной камере и 4 *ата* до вентиля при степени сухости $X = 0{,}95$.

Двутельный котел имеет размеры:
диаметр внутренней чаши $2a = 920$ *мм*, внешней чаши — $2a_1 = 940$ *мм*; высота внутренней чаши $h = 350$ *мм*, внешней — $h_1 = 400$ *мм*; высота цилиндрического козырька $h_2 = 150$ *мм*; толщина внутренней медной чаши $\delta = 5$ *мм*; толщина внешней стальной чаши $\delta_1 = 10$ *мм*; температура окружающего воздуха $t_0 = 20°$; коэффициент теплопередачи $K = 600$ *ккал/м² · час · °C*; толщина асбестовой изоляции $\delta_2 = 50$ *мм*.

Решение. 1. Рабочий объем двутельного котла

$$V_{раб} = V_{сф} + fV_ц \ [м^3],$$

где $V_{сф}$ — объем сферической части котла.

$$V_{сф} = \frac{1}{6}\pi h\ (3a^2 + h^2) = \frac{1}{6}\cdot 3{,}14\cdot 0{,}35\ (3\cdot 0{,}46^2 + 0{,}35^2) = 0{,}138\ м^3.$$

При этом

$$a = \frac{0{,}920}{2} = 0{,}460\ м.$$

$V_ц$ — объем цилиндрической части котла:

$$V_ц = \pi a^2 h_2 = 3{,}14\cdot 0{,}46^2\cdot 0{,}15 = 0{,}098\ м^3.$$

f — коэффициент заполнения цилиндрической части котла ($f = 0{,}5$);

$$V_{раб} = 0{,}138 + 0{,}5\cdot 0{,}098 = 0{,}187\ м^3, \text{ или } 187\ л.$$

2. Вес томатной заливки, загружаемой в котел:

$$G = V_{раб}\gamma = 0{,}187\cdot 1050 \approx 196\ кг,$$

где γ — удельный вес томатной заливки при 14% сухих веществ ($\gamma = 1050$ *кг/м*³).

3. Величина поверхности нагрева котла:

$$F = \pi\ (a^2 + h^2) = 3{,}14\ (0{,}46^2 + 0{,}35^2) = 3{,}14\ (0{,}21 + 0{,}122) = 1{,}05\ м^2.$$

4. Расход тепла на нагревание заливки:

$$Q_1 = GC\ (t_2 - t_1) = 196\cdot 0{,}9\ (98 - 20) \approx 13\,760\ ккал,$$

где C — теплоемкость заливки при 14% сухих веществ ($C = 0{,}9$ *ккал/кг · °C*).

5. Расход тепла на испарение с поверхности заливки:

$$Q_2 = Wr = 3{,}09\cdot\tau\cdot 563{,}8 = 1740\tau\ ккал,$$

где W — количество килограммов испаренной за время нагревания влаги (см. формулу X—7):

$$W = K_u F_u\left(P_{ж} - \varphi P'_{ж}\right)\tau = 0{,}036\cdot 0{,}66\cdot(142 - 0{,}7\cdot 17{,}5)\ \tau = 3{,}09\tau.$$

При скорости воздуха 0,5 *м/сек* $K_u = 0{,}036$ (см. табл. 20).
Поверхность испарения $F_u = \pi a^2 = 3{,}14\cdot 0{,}46^2 \approx 0{,}66\ м^2$.
При средней температуре жидкости $\frac{98+20}{2} = 59°$ упругость насыщенных паров $P_{ж} = 142$ *мм* рт. ст.
Относительная влажность воздуха $\varphi = 0{,}7$.
Упругость насыщенных паров при температуре воздуха 20° $P'_{ж} = 17{,}5$ *мм* рт. ст.,
r — теплота испарения при средней температуре жидкости 59°;
$r = 563{,}8$ *ккал/кг*.

6. Расход тепла на нагревание внутренней чаши (медной) котла:

$$Q_3 = G_м C_м\cdot(t_п - t_1) = 70\cdot 0{,}094\ (120 - 20) = 650\ ккал.$$

Теплоемкость меди $C_м = 0{,}094$ *ккал/кг* °C.
Конечная температура чаши принимается равной температуре греющего пара при 2 *ата*: $t_п = 120°$.
Начальная температура чаши $t_1 = 20°$.
Вес медной чаши:

$$G_м = F_м\delta\gamma_м\cdot 1{,}1 = 1{,}43\cdot 0{,}005\cdot 8900\cdot 1{,}1 = 70\ кг.$$

Поверхность медной части котла:

$$F_м = \pi\ (a^2 + h^2) + \pi 2ah_2 = 3{,}14\ (0{,}46^2 + 0{,}35^2) + 3{,}14\cdot 2\cdot 0{,}46\cdot 0{,}15 = 1{,}43\ м^2.$$

Толщина медной чаши $\delta = 0{,}005$ *м*.
Удельный вес меди $\gamma_м = 8900$ *кг/м*³.
Вес дополнительных деталей принят равным 10%.

7. Расход тепла на нагревание стальной части (наружной) котла:

$$Q_4 = G_c C_c\ (t_п - t_1) = 102\cdot 0{,}115\ (120 - 20) = 1170\ ккал.$$

Вес стальной чаши:

$$G_c = \pi\left(a_1^2 + h_1^2\right)\delta_1\gamma_c\cdot 1{,}1 = 3{,}14\ (0{,}47^2 + 0{,}4^2)\cdot 0{,}01\cdot 7800\cdot 1{,}1 \approx 102\ кг.$$

Радиус основания сегмента наружной чаши:

$$a_1 = \frac{0{,}94}{2} = 0{,}47\ м.$$

Высота внешней сферы $h_1 = 0{,}400$ *м*.
Толщина стенки $\delta_1 = 0{,}01$ *м*.
Удельный вес стали $\gamma_c = 7800$ *кг/м*³.
Теплоемкость стали $C_c = 0{,}115$ *ккал/кг · °C*.

8. Потери тепла в окружающую среду Q_5 путем конвекции и лучеиспускания с наружной изолированной поверхности определим по уравнению (X—10).
Поверхность излучения:

$$F_a = \pi\left(a_3^2 + h_3^2\right) = 3{,}14\ (0{,}52^2 + 0{,}45^2) = 1{,}5\ м^2.$$

Радиус основания сегмента изоляционного слоя:

$$a_3 = 0{,}47 + 0{,}05 = 0{,}52\ м.$$

Высота сферы изоляционного слоя:

$$h_3 = 0{,}4 + 0{,}05 = 0{,}45\ м.$$

Температура поверхности изоляционного слоя:

$$t_{cm} = t_a + \frac{K_o}{\alpha_2}\ (t_п - t_a) = 20 + \frac{1{,}65}{9}\ (120 - 20) \approx 38°.$$

Общий коэффициент теплопередачи K_o:

$$K_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{5000} + \frac{0{,}01}{40} + \frac{0{,}05}{0{,}1} + \frac{1}{9}} \approx 1{,}66\ ккал/м^2\cdot час\cdot °C.$$

Здесь: коэффициент теплоотдачи от пара к стенке $\alpha_1 = 5000$ *ккал/м² · час · °C*.
Толщина стальной стенки $\delta_1 = 10$ *мм*.
Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_1 = 40$ *ккал/м · час · °C*.
Толщина асбестового слоя $\delta_2 = 50$ *мм*.
Коэффициент теплопроводности изоляции $\lambda_2 = 0{,}1$ *ккал/м · час · °C*.
Коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху принят $\alpha_2 = 9$ *ккал/м² · час · °C*.

Суммарный коэффициент теплоотдачи α_0 равен сумме коэффициента теплоотдачи конвекцией $\alpha_к$ и коэффициента теплоотдачи лучеиспусканием $\alpha_л$.

$$\alpha_к = 1{,}17\sqrt[4]{t_{ст} - t_в} = 1{,}17\sqrt[4]{38-20} \approx 3{,}4 \text{ ккал/м}^2\cdot\text{час}\cdot{}^\circ\text{C};$$

$$\alpha_л = \frac{C\left[\left(\frac{T_{ст}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_в}{100}\right)^4\right]}{T_{ст} - T_в} = \frac{4{,}7\left[\left(\frac{311}{100}\right)^4 - \left(\frac{293}{100}\right)^4\right]}{311-293} = 5{,}6 \text{ ккал/м}^2\cdot\text{час}\cdot{}^\circ\text{C};$$

откуда

$$\alpha_0 = 3{,}4 + 5{,}6 = 9 \text{ ккал/м}^2\cdot\text{час}\cdot{}^\circ\text{C}.$$

Коэффициент излучения для асбеста $C = 4{,}7$ ккал/м² · час · °К⁴.
Следовательно,

$$Q_5 = 1{,}5\cdot 9\ (38-20)\ \tau = 240\ \tau \text{ ккал}.$$

9. Продолжительность процесса нагревания:
Из уравнения теплопередачи

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = FK\Delta t\tau$$

находим

15523 + 18165

$$13\,760 + 1740\tau + 650 = 1{,}05\cdot 600\cdot 52\tau;$$

780

$$\tau = \frac{14\,410}{29\,460} = 0{,}49 \text{ часа, или} \approx 29 \text{ мин.}$$

0,38 23

По формуле (X—21) определяем:

$$\Delta t_{ср} = \frac{(120-20)-(120-98)}{2{,}303\lg\frac{120-20}{120-98}} = \frac{78}{2{,}303\lg 4{,}55} \approx 52^\circ.$$

53

10. Производительность двутельного котла:
Принимаем продолжительность загрузки и выгрузки $\tau_1 = 14$ мин., или 0,23 часа; тогда производительность котла:

$$G_{час} = \frac{G}{\tau + \tau_1} = \frac{196}{0{,}72} = 272 \text{ кг/час}.$$

11. Расход пара:

$$Д = \frac{Q_{общ}}{i - i_к} = \frac{16\,550}{628-115} = 32{,}4 \text{ кг};$$

35,3

18124

$$Q_{общ} = 13\,760 + 1740\cdot 0{,}49 + 650 + 1170 + 240\cdot 0{,}49 \approx 16\,550 \text{ ккал}.$$

Теплосодержание пара при давлении 4 *ата* и $X = 0{,}95$ по диаграмме $I-S$:

$$i = 628 \text{ ккал/кг}.$$

Теплосодержание конденсата принимаем на 5 *ккал* меньше теплосодержания жидкости при давлении 2 *ата* или

$$i_к = 120 - 5 = 115 \text{ ккал/кг}.$$

Часовой расход пара:

35,3

$$Д_{час} = \frac{32{,}4}{0{,}49} = 66 \text{ кг/час}.$$

12. Диаметр трубы, подводящей пар:

$$d = \frac{1}{30}\sqrt{\frac{Д_{час}}{\pi v \gamma_п}} = \frac{1}{30}\sqrt{\frac{66}{3{,}14\cdot 30\cdot 1{,}11}} = 0{,}0256 \text{ м, или } 25{,}6 \text{ мм}.$$

Скорость пара принята $v = 30$ м/сек.
Удельный вес пара при 2 *ата* $\gamma_п = 1{,}11$ кг/м³.
По ГОСТ 301-44 выбираем трубу диаметром 30/26 *мм*.
13. Проверяем на прочность стенку медной чаши:

$$\delta_1 = \frac{PR}{200\cdot\sigma} = \frac{1\cdot 478}{200\cdot 2} = 1{,}2 \text{ мм} < 5 \text{ мм},$$

что удовлетворяет условию прочности.
Здесь: P — избыточное давление, равное 1 кг/см²;
σ — допускаемое напряжение на разрыв; для меди $\sigma = 2$ кг/мм²;
R — внутренний радиус кривизны в *мм*:

$$R = \frac{F}{2\pi h} = \frac{1{,}05}{2\cdot 3{,}14\cdot 0{,}35} = 0{,}478 \text{ м, или } 478 \text{ мм}.$$

14. Проверяем на прочность стенку стальной чаши (наружной):

$$\delta = \frac{PR}{200\cdot\sigma} = \frac{1\cdot 475}{200\cdot 4{,}5} = 0{,}53 < 10 \text{ мм},$$

что удовлетворяет условию прочности.
Допускаемое напряжение на разрыв для стали $\sigma = 4{,}5$ кг/мм².
Внутренний радиус кривизны при поверхности $F_1 = 1{,}19$ м²:

$$R = \frac{1{,}19}{2\cdot 3{,}14\cdot 0{,}4} = 0{,}475 \text{ м, или } 475 \text{ мм}.$$

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ПОДОГРЕВАТЕЛЯХ

При работе на аппаратах с двутельной нагревательной камерой нужно соблюдать такие правила:

1) следить за исправностью предохранительных клапанов, для чего их нужно продувать не реже двух раз в смену;

2) не допускать перегрузки рычажных предохранительных клапанов; продувать их не реже двух раз в смену;

3) следить за исправностью редукционных клапанов (вентилей) по манометру, установленному после клапана;

4) не допускать работу поворотных двутельных котлов в наклонном положении;

5) не допускать в аппаратах с мешалками истирания лопастями поверхности нагрева, что может снизить прочность ее из-за уменьшения толщины стенки;

6) ежегодно подвергать нагревательную камеру гидравлическому испытанию в соответствии с допускаемым давлением при работе.

При работе на подогревателях с трубчатой нагревательной камерой нужно соблюдать такие правила:

1) до эксплуатации подогревателя кожух должен быть подвергнут гидравлическому испытанию (даже при низких рабочих давлениях пара);

2) перед пуском пара нужно тщательно зажать барашками крышки, закрывающие трубные решетки;

3) во избежание переполнения камеры конденсатом и возможных гидравлических ударов открывать перед пуском пара обводные вентили на конденсационных горшках;

4) следить за исправностью предохранительного клапана, продувать его систематически, не увеличивать груза.

Глава XII

ОБЖАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ (ПЕЧИ)

Пищевое сырье для овощезакусочных или рыбных консервов обжаривают в растительном масле; при обжаривании продукт приобретает особый вкус, приятный запах и повышается его пищевая ценность за счет выпаривания части влаги и впитывания масла.

Такие продукты, как баклажаны, кабачки, морковь, лук, белый корень и рыбу, до обжаривания измельчают; после обжаривания, в зависимости от вида изготавливаемых консервов, продукты охлаждают и укладывают в банки или фаршируют, или смешивают (при изготовлении икры).

Первая обжарочная (паромасляная) печь изготовлена и установлена в 1928 г. на Одесском консервном заводе имени Ленина.

ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ОБЖАРОЧНЫХ ПЕЧЕЙ

Обжарочная печь представляет собой стальную ванну *1* (рис. 157) с нагревательной камерой *2*. Нагревательная камера образована из двух

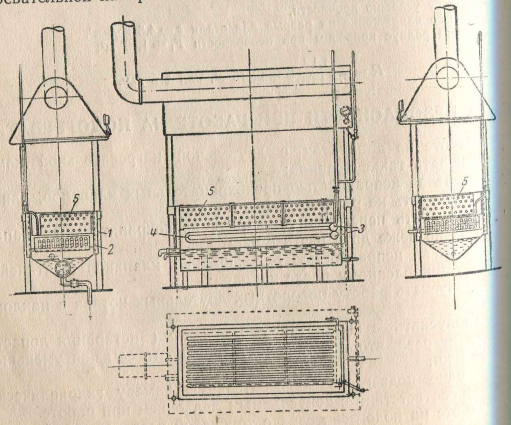


Рис. 157. Обжарочная печь

коллекторов *3*, соединенных между собой бесшовными цельнотянутыми стальными трубами *4*, по которым движется пар под давлением 8÷12 *ата*.

Над нагревательной камерой расположены сетки *5* с сырьем. Нижняя часть ванны заполнена водой, уровень которой на 25—35 *мм* ниже нагревательной камеры.

Вода служит для охлаждения и удаления из ванны частичек осыпающего продукта, мелких крошек, комков муки и т. п., так как наличие их в масле при высокой температуре приводит к порче масла. Вода в ванну может поступать также непрерывно.

Над водой ванна заполнена растительным маслом до уровня, при котором нагревательная камера и сетки с сырьем погружены в масло.

Температура масла при обжаривании овощей равна 120÷160° и при обжаривании рыбы 140÷160°.

Масло, заполняющее ванну, по высоте условно можно разделить на три слоя:

1) активный слой толщиной от 85 до 115 *мм*, расположенный над нагревательной камерой; в этом слое обжаривается сырье;

2) средний слой, в котором находится нагревательная камера; этот слой масла подвергается нагреванию;

3) пассивный слой толщиной 25÷35 *мм*, расположенный под нагревательной камерой; он является изоляционным слоем между нагревательной камерой и водой.

Пассивный слой масла предотвращает вскипание воды, возможное при соприкосновении ее с нагревательной камерой, и выбрасывание горячего масла из печи, крайне опасное для обслуживающего персонала.

Работа печи делится на два периода: первый период — приведение аппарата в рабочее состояние, второй — обжаривание сырья.

При первом периоде тепло расходуется на нагревание аппарата, масла и воды, а также на теплопотери в окружающую среду. Первый период заканчивается, когда активный слой масла нагрет до температуры обжаривания. Продолжительность первого периода от 60 до 80 мин.

Второй период начинается с момента загрузки металлических сеток с сырьем в горячее масло и длится в течение всего времени работы аппарата. По мере готовности продукта сетки с обжаренным сырьем вынимают, а на их место устанавливают другие с необжаренным сырьем. При втором периоде поддерживают установленную температуру масла, для чего регулируют количество подаваемого пара и его давление в нагревательной камере, доливают свежее масло периодически или непрерывно, а также контролируют уровень воды в ванне и ее температуру.

ОСНОВЫ ТЕПЛООБМЕНА В ОБЖАРОЧНЫХ ПЕЧАХ

Масло в ванне обжарочной печи является промежуточной средой, получающей тепло от конденсирующегося в нагревательных камерах пара и передающей это тепло обжариваемому продукту. От соприкосновения с поверхностью нагрева в среднем и активном слоях масла возникает интенсивная конвекция.

Так как в сырье содержится от 80 до 95% влаги, то температура его повышается только до 100°, что примерно соответствует температуре кипения воды при атмосферном давлении.

В первый период обжаривания влага удаляется с поверхности и ближайших к ней слоев в виде жидкости и пара в количестве, составляющем примерно 30—35% от общего веса влаги. На поверхности продукта образуется корочка. Одновременно происходит диффузия масла в обжариваемый продукт.

После удаления части свободной влаги из сырья наступает второй период, во время которого влага удаляется в виде пара и перемещается к поверхности продукта, проходя через слой, насыщенный маслом, и образовавшуюся на поверхности продукта корочку.

Чтобы пар, образовавшийся в глубинных слоях продукта, мог выйти, он должен преодолеть сопротивления, возникающие в подсушенных

и насыщенных маслом поверхностных слоях, и гидростатическое давление активного слоя масла. Для преодоления этих сопротивлений давление пара внутри продукта должно быть несколько выше атмосферного. Это приводит к некоторому повышению температуры продукта, достигающей 101—102°.

Паромасляная эмульсия, образовавшаяся в результате испарения влаги из продукта, имеет тенденцию перемещаться со значительной скоростью к зеркалу масла. Благодаря разности удельных весов эмульсии в сетке и масла в междусеточных пространствах эта тенденция усиливается.

По достижении пузырями пара верхнего уровня масла они прорываются в атмосферу, а масло, имеющее меньшую температуру, чем в нижних слоях, движется между сетками вниз к нагревательной камере.

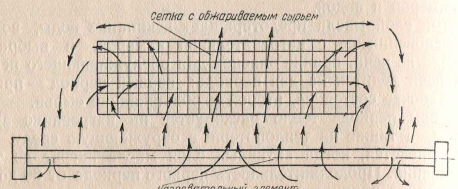


Рис. 158. Схема циркуляции масла в печи

Таким образом, за счет конвективных токов и движения паромасляной эмульсии в печи создаются довольно большие скорости движения масла, достигающие 1,0—1,3 *м/сек*.

Высокие скорости движения масла в обжарочной печи создают вблизи поверхности нагрева гидродинамический режим в области переходящих чисел Рейнольдса порядка 4500—6000.

Направление движения потоков масла в печи схематично показано на рис. 158. Под сеткой масло движется вверх и частично проходит через ее отверстия внутрь сетки.

В сетке масло вначале движется вверх, затем отклоняется в горизонтальном направлении и выходит в межсеточное пространство; здесь масло с пониженной температурой движется вниз, встречает нагретые токи масла, идущие от поверхности нагрева, и смешивается с ним.

Температура масла во время обжаривания по длине ванны обжарочной печи и толщине слоя сырья различна и зависит от стадии обжаривания и условий теплообмена.

Из рис. 159 видно, что температура масла в сетках, где происходит обжаривание, ниже, чем в межсеточном пространстве или под сеткой.

Объясняется это интенсивным отбором тепла от масла при нагревании сырья и испарении из него влаги, а также слабым притоком горячего масла в сетку из-за гидравлического сопротивления сетки и слоя продукта.

При установившейся работе обжарочной печи количество тепла, воспринятого маслом от поверхности нагрева, равно количеству тепла, затраченного на обжаривание и компенсацию всех потерь.

Несоответствие между количеством тепла, переданного поверхностью нагрева маслу и последним продукту, приводит к повышению или понижению температуры масла в печи.

Так как в начале печи, куда загружается холодный продукт, тепло воспринимается продуктом интенсивней, чем в конце печи, где обжаривание заканчивается, то и равновесная температура масла вдоль печи неодинакова. В начале печи она ниже, в конце — выше. При равновесной температуре тепловой поток от пара к маслу равен потоку тепла от масла к продукту.

Повышение температуры масла в печи выше допустимой для данного продукта указывает на заниженную производительность или излишне большую поверхность нагрева.

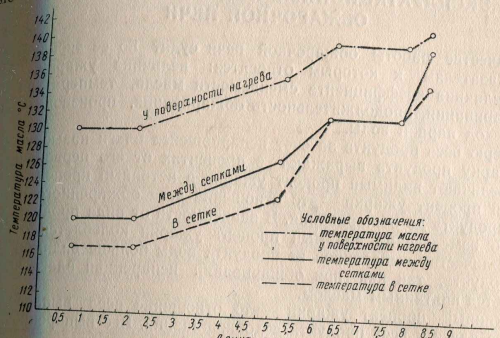


Рис. 159. Температура масла в печи

Теплообмен между поверхностью нагрева и маслом происходит путем конвекции. Интенсивность теплообмена между паром и маслом в нагревательной камере характеризуется коэффициентом теплопередачи, величина которого, как показали многие исследования, изменяется от 250 до 400 *ккал/м² · час* · °С. Коэффициент теплопередачи в обжарочной печи зависит от таких основных факторов:

1) толщины слоя нагара на поверхности нагрева;
2) вида обжариваемого сырья и размеров отдельных кусков продукта;
3) скорости движения масла у поверхности нагрева;
4) конструкции поверхности нагрева.

Исследования Т. М. Сендеровой показали, что коэффициент теплоотдачи α_2 можно определить по такой формуле:

$$\alpha_2 = 0{,}250\,\frac{\lambda}{l}\left(\frac{l^3 g\beta\Delta t}{\nu^2}\right)^{0{,}25}\left(\frac{\nu}{a}\right)^{0{,}37}\left(\frac{vl}{\nu}\right)^{0{,}07}, \qquad \text{(XII—1)}$$

Где: l — приведенная длина 1 $м^2$ поверхности нагрева в $м$;
λ — коэффициент теплопроводности масла в $ккал/м \cdot час \cdot °С$;
β — коэффициент объемного расширения масла;
g — ускорение силы тяжести в $м/сек^2$;
ν — коэффициент кинематической вязкости масла в $м^2/сек$;
v — скорость движения масла у поверхности нагрева в $м/сек$;
a — коэффициент температуропроводности в $м^2/час$;
Δt — разность температур между поверхностью

Установлено, что при давлении пара 9 ÷ 10 *ата* и загрузке сеток слоем продукта толщиной 90 ÷ 110 *мм* и чистой (без нагара) поверхности нагрева коэффициенты теплопередачи (K) составляют (в *ккал/м² · час · °C*):

при обжаривании рыбы $K = 250 \div 300$;
» » кабачков и баклажан $K = 300 \div 350$;
» » моркови и лука $K = 350 \div 400$.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ОБЖАРОЧНОЙ ПЕЧИ

О качестве работы обжарочной печи судят по ее эксплуатационным показателям, к которым относятся: величина ужарки, расход масла, величина коэффициента сменяемости масла, температура масла при обжаривании, продолжительность обжаривания, производительность печи, расход пара и воды.

Потерю веса продукта за счет испарившейся влаги называют ужаркой. Ужарку продукта выражают в процентах от его первоначального веса. Различают видимый процент ужарки и истинный процент ужарки. Видимый процент ужарки — это отношение веса обжаренного продукта к весу продукта до обжаривания. В зависимости от вида продукта и степени его измельчения видимый процент ужарки колеблется от 32 до 55%. Количество выпаренной из продукта воды больше видимой потери веса продукта, так как при обжаривании испаренная влага частично замещается впитанным маслом.

Истинный процент ужарки — это отношение веса выпаренной из продукта влаги к весу продукта до обжаривания. Вес выпаренной влаги можно выразить, как

$$A - C,$$

где: A — вес продукта до обжаривания в *кг*;
C — вес продукта после обжаривания без поглощенного им масла в *кг*.

Тогда истинный процент ужарки

$$x_u = \frac{A - C}{A} \cdot 100\%. \qquad \text{(XII—2)}$$

Истинный процент ужарки, в зависимости от вида продукта, составляет от 47 до 70%.

Расход масла:

а) масло, впитываемое сырьем (10—35% к весу обжаренного продукта);

б) масло, увлекаемое частицами сырья, падающего в воду, а также водой, уходящей из аппарата (до 1% к весу обжаренного сырья);

в) угар масла;

г) масло, уносимое из печи сетками и продуктом при их выгрузке;

д) отходы масла, потерявшего пищевые качества из-за увеличения кислотного числа.

Общий расход масла при обжаривании различных продуктов составляет от 24,4 до 53,4 *кг* на 1000 банок консервов.

Величина коэффициента сменяемости масла (отношение суточного расхода масла к его среднему весу в аппарате) зависит от конструкции и режима работы аппарата.

Одним из показателей, характеризующих конструктивную особенность аппарата, является величина удельной поверхности нагрева $f_{уд}$, т. е. отношение поверхности нагрева $F_н$ к поверхности зеркала масла $F_з$:

$$f_{уд} = \frac{F_н}{F_з}\left[\frac{м^2}{м^2}\right]. \qquad \text{(XII—3)}$$

Минимальная удельная поверхность нагрева в существующих печах $f_{уд} = 2\ м^2/м^2$. В современных обжарочных печах $f_{уд} = 11\ м^2/м^2$. Для большинства обжарочных печей удельная поверхность составляет в среднем $4{,}5 \div 6{,}5\ м^2/м^2$.

Нормативами Главконсерва установлены такие температуры обжаривания (в °C):

кабачков и баклажан	$t = 130 \div 140°$
моркови и белого корня	$t = 120 \div 125°$
лука	$t = 140 \div 160°$
рыбы	$t = 140 \div 160°$

Продолжительность обжаривания зависит от плотности ткани, формы и размеров сырья, температуры масла в сетке и толщины слоя обжариваемого продукта. Согласно инструкции Главконсерва, продолжительность обжаривания на каждом заводе устанавливается опытным путем в начале сезона. Она должна обеспечить видимый процент ужарки, установленный нормами.

Производительность обжарочной печи зависит от видов обжариваемого сырья, процент ужарки которых различен, от величины поверхности нагрева, конструкции нагревательной камеры, ее состояния, параметров греющего пара и режима работы.

Производительность обжарочной печи характеризуется такими показателями:

а) количеством килограммов обжариваемого сырья, отнесенным к 1 $м^2$ зеркала масла, за час (удельная производительность по зеркалу масла); этот показатель составляет:

для овощей $80 \div 90$ $\frac{кг\ сырья}{м^2\ зеркала\ масла,\ час}$;

для рыбы $100 \div 120$ $\frac{кг\ сырья}{м^2\ зеркала\ масла,\ час}$;

б) количеством килограммов обжариваемого сырья, отнесенным к 1 $м^2$ поверхности нагрева, за час (удельная производительность по поверхности нагрева); этот показатель составляет:

для овощей $30 \div 35$ $\frac{кг\ сырья}{м^2\ поверхности\ нагрева,\ час}$;

для рыбы $25 \div 30$ $\frac{кг\ сырья}{м^2\ поверхности\ нагрева,\ час}$;

а) количеством испаренной влаги, отнесенной к 1 $м^2$ поверхности нагрева, за час (удельная испарительная способность поверхности нагрева); этот показатель составляет:

для овощей 20 $\frac{кг\ влаги}{м^2\ поверхности\ нагрева,\ час}$;

для рыбы 7 $\frac{кг\ влаги}{м^2\ поверхности\ нагрева,\ час}$.

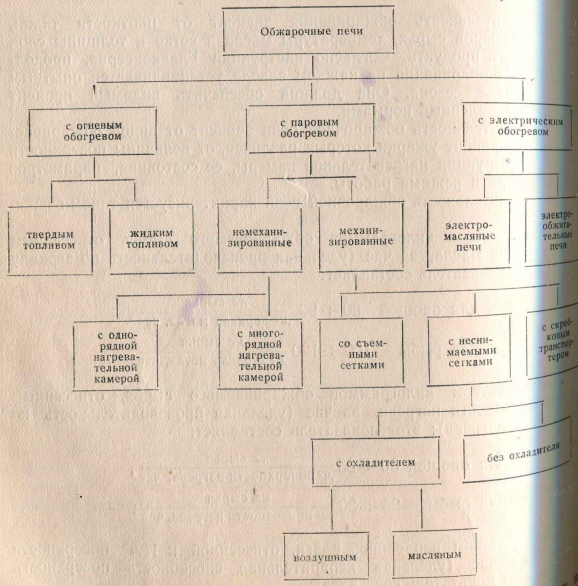
Расход пара на 1 m обжариваемого сырья составляет (в $кг$):

при обжаривании	лука	1400 ÷ 1500
»	моркови	1000 ÷ 1200
»	баклажан	750 ÷ 850
»	кабачков	1200 ÷ 1400
»	рыбы	500 ÷ 550

Расход пара на нагревание масла до температуры обжаривания составляет примерно 0,15 ÷ 0,20 $кг$ на 1 $кг$ подогреваемого масла.

Вода, находящаяся под слоем горячего масла, сменяется обычно непрерывно. Расход воды зависит от ее начальной и конечной температуры. Если начальная температура воды равна 15 ÷ 18° и температура выходящей воды 50 ÷ 60°, расход ее составляет 1 ÷ 1,5 $л$ на 1 $кг$ обжариваемого сырья.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЖАРОЧНЫХ ПЕЧЕЙ



В классификации приведены печи с огневым обогревом, почти не применяющиеся в данное время в консервной промышленности.

Конструкции печей с электрическим обогревом будут иметь применение в районах, богатых электрической энергией.

НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ КАМЕРЫ ОБЖАРОЧНЫХ ПЕЧЕЙ

Нагревательная камера с двухрядным пучком труб образована из двух цилиндрических коллекторов, расположенных параллельно в одной вертикальной плоскости (рис. 160, $а$). В коллекторы вварены концы труб, согнутые петлей в виде буквы $и$. В верхний коллектор подводится пар, из нижнего коллектора выводится конденсат.

Большая высота среднего слоя масла, обусловленная размещением двух коллекторов секции, а также малая удельная поверхность нагрева приводили к большим отходам масла из-за низкого коэффициента сменяемости масла. На рис. 160, $б$ показана схема полуторарядной нагревательной камеры, состоящей из двух рядов греющих труб, расположенных в шахматном порядке; концы этих труб вварены в два коллектора. В один коллектор подается пар, из другого отводится конденсат. В этой конструкции по сравнению с рассмотренной несколько увеличена удельная поверхность нагрева и уменьшена высота среднего слоя масла; однако при шахматном расположении труб не остается достаточно места для прохода проваливающихся частиц сырья, вследствие чего они скапливаются на трубах и образуют нагар.

На рис. 160, $в$ показана схема однорядной нагревательной камеры. В обжарочной печи установлены две секции; каждая секция имеет два коллектора или один коллектор с продольной перегородкой. Петлеобразно согнутые трубы диаметром 37 $мм$ установлены в горизонтальной плоскости и расположены в один ряд.

На рис. 160, $г$ показана нагревательная камера с двумя коллекторами, в которые вварены трубы овального сечения шириной 21 $мм$ и высотой 65 $мм$. Благодаря овальной форме труб можно разместить большую поверхность нагрева при тех же габаритных размерах ванны.

Конструкция многорядной нагревательной камеры, предложенная И. П. Ефременко, показана на рис. 160, $д$. Нагревательная камера состоит из труб диаметром 14 $мм$. Семь рядов труб расположены поперек печи и вварены в продольные коллекторы из швеллерного железа. При этом удельная поверхность нагрева $f_{уд} = 11$ $м^2/м^2$, а коэффициент сменяемости масла достигает 1,5—1,8.

На рис. 160, $е$ показана нагревательная камера, состоящая из двух трубных прямоугольных плит, в которые вварены короткие трубки. Пар поступает в межтрубное пространство. Внутри трубок циркулирует нагреваемое масло.

Заслуживает внимания проект циркуляционной обжарочной печи со струйным принудительным движением масла, разработанный инженером Т. М. Сендеровой в Одесском технологическом институте пищевой и холодильной промышленности. В этой печи под обычной однорядной нагревательной камерой с овальными трубками на расстоянии 3 $мм$ от греющих труб размещены барботеры. Масло, забираемое из печи центробежным насосом, выходит из отверстий барботеров со скоростью $v = 2$ $м/сек$, омывая трубы змеевика.

Опыты и расчеты показали, что при таких условиях коэффициент теплопередачи резко увеличивается и достигает 750 ÷ 800 $ккал/м^2 \cdot час \cdot °C$. При производительности печи 2000 $кг/час$ необходимая длина ванны $L =$ поверхность $f_{уд} = 11$ $м^2/м^2$, коэффициент сменяемости масла достигает 9. ширина $B = 0{,}75$ $м$, поверхность нагрева $F = 15{,}8$ $м^2$, удельная

Наибольшее распространение получила нагревательная камера Пищепромпроекта, состоящая из двух коллекторов; они образованы из эллиптических эксцентров с вваренными в них в два ряда овальными трубками.

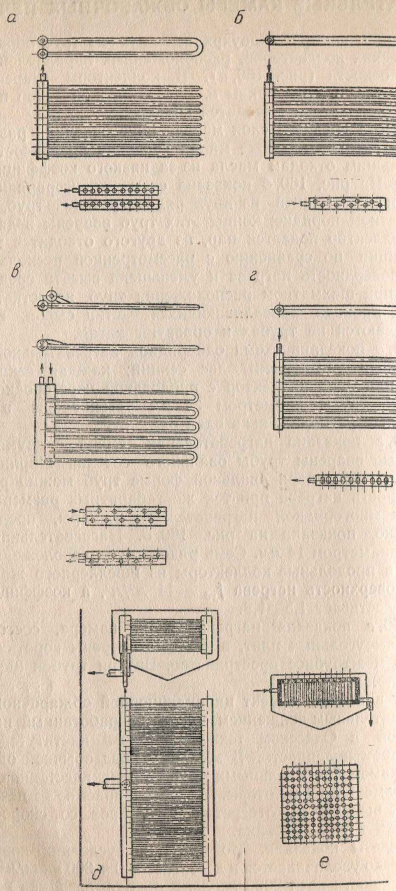


Рис. 160. Нагревательные камеры обжарочных печей

СПОСОБЫ ЗАГРУЗКИ, ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ВЫГРУЗКИ СЫРЬЯ

Если производительность печи невысокая или работа ее кратковременна, то загрузку сырья и выгрузку обжаренного продукта производят вручную, не применяя каких-либо транспортных устройств. Такую печь называют немеханизированной. В немеханизированной печи сырье обжаривают в сетках из перфорированной стали. Изготовлять сетки из проволоки не рекомендуется, так как при поломке сеток из-за долгой или небрежной работы кусочки проволоки могут попасть в продукт.

Время обжаривания определяют для каждой сетки в отдельности. Когда процесс закончен, сетку с продуктом выгружают и на ее место устанавливают другую, с необжаренным сырьем.

В целях облегчения обслуживания, непрерывности обжаривания, повышения производительности, уменьшения потерь масла и возможности автоматизации применяют различные транспортные устройства, механизирующие загрузку, перемещение продукта и выгрузку его. Печи, имеющие такие устройства, называют механизированными.

К механизированным обжарочным печам предъявляются такие требования:

1. Дозировка и загрузка сырья в сетки, перемещение и выгрузка обжаренного продукта должны быть механизированы.
2. Объем и поверхность активного слоя масла должны быть максимально использованы за счет уменьшения расстояния между сетками и бортами ванны, между смежными сетками, а также за счет вертикального положения сеток при погружении и выходе их из масла.
3. Потери масла, связанные с уносом его движущимися частями транспортного устройства, должны быть минимальными.
4. Возможность очистки труб нагревательной камеры от нагара.
5. Сохранение целости продукта.
6. Возможность регулировать продолжительность обжаривания.

Механизированные обжарочные печи с подвешенными к цепям транспортера сетками получили наибольшее распространение в овощно-консервной промышленности.

В механизированных печах сетки во время обжаривания сырья находятся в горизонтальном положении. Во время выгрузки сетки находятся в наклонном положении. К цепям транспортного устройства сетки прикреплены шарнирно или на захватах таким образом, чтобы центр тяжести сеток был расположен ниже места закрепления сетки к цепи.

Механизированная печь (рис. 161, *а*) имеет двухцепной транспортер: на звеньях цепи транспортера шарнирно укреплены два захвата. Сетки, установленные на рольганг, при движении цепей вверх подхватываются захватами, а затем в вертикальном направлении опускаются цепным транспортером в ванну с маслом.

После выхода из ванны сетки опускаются на роликовый транспортер. Захваты цепи освобождают сетки, которые перемещаются дальше по роликовому транспортеру. Такой способ механизации удобен в тех случаях, когда не допускается ломка кусочков обжаренного сырья, происходящая при выбрасывании его из сеток.

На рис. 161, *б* приведена схема механизации печи с неснимающимися сетками. Холостая ветвь транспортера проходит над ванной. При таком закреплении сеток можно механизировать загрузку сеток сырьем с помощи питателя. Разгрузка сеток осуществляется путем опрокидывания сеток по выходе их из ванны.

Схема механизации печи с саморазгружающимися сетками показана

на рис. 161, *в*. В такой печи сетки к цепям прикреплены таким образом, что при отсутствии опоры дно сетки занимает вертикальное положение, а продукт высыпается в разгрузочный желоб. В схеме механизации печи, показанной на рис. 161, *г*, осуществлено принудительное поворачивание сеток при разгрузке.

Механизация перемещения и выгрузки обжаренного сырья в печи инж. В. Платонова с сетками, имеющими откидные днища, показана на рис. 161, *д*. Поперек печи к цепям жестко прикреплены перфорированные планки. На нижней кромке одной планки шарнирно насажено поворачивающееся днище. Когда цепи находятся в нижнем рабочем положении, планки и днище образуют сетку, движущуюся вдоль ванны. При разгрузке днища сетки принимают вертикальное положение и продукт высыпается в разгрузочный желоб.

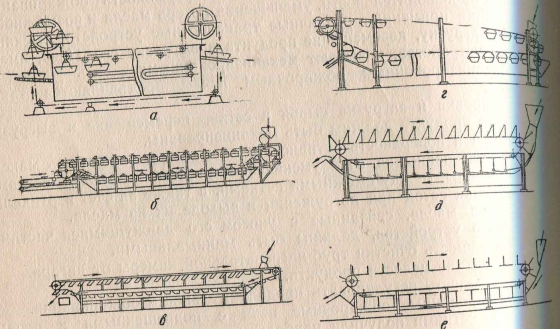


Рис. 161. Схемы механизации обжарочных печей

Такую схему механизации можно применять при обжаривании баклажан и кабачков для изготовления икры. Достоинством этой конструкции является малый расход металла. При разгрузке продукт не застревает в сетках.

Схема механизации печи со скребковым транспортером, показанная на рис. 161, *е*, применяется только для обжаривания баклажан или кабачков, используемых для изготовления икры. Транспортным устройством является скребковый транспортер. Скребки из перфорированной стали укрепленные жестко на двух параллельных цепях, перемещаются вдоль дырчатого ложного днища, расположенного над нагревательной камерой. Загрузка осуществляется при помощи дозатора, разгрузка — гравитационно (под действием веса продукта).

Достоинством этой схемы является простота транспортного устройства. К недостаткам следует отнести: плохую циркуляцию масла из-за наличия ложного днища, перетирание сырья скребками и проходящее значительного количества сырья через отверстия ложного днища, а также трудности очистки нагревательной камеры.

Все транспортные устройства механизированных печей движутся со сравнительно малой скоростью, примерно 0,4 ÷ 0,8 *м*/*мин*. Такая малая скорость обусловлена продолжительностью обжаривания и длиной ванны.

Ведущий вал транспортного устройства приводится в движение от электродвигателя через один или даже два червячных редуктора с передаточным числом не менее $i_{ред} = 32$ и две или три пары зубчатых передач.

Для регулирования продолжительности обжаривания, а следовательно, и скорости движения цепей транспортного устройства применяют регулятор скорости.

При обжаривании овощей в механизированных обжарочных печах устанавливают дозирующие устройства — питатели для загрузки сеток сырьем.

Если после обжаривания требуется охладить продукт, то на механизированных печах устанавливают воздушные охладители. Они представляют собой камеры, в которых цепи с сетками движутся в горизонтальном или в вертикальном направлении в токе охлаждающего воздуха.

КОНСТРУКЦИИ ОБЖАРОЧНЫХ ПЕЧЕЙ

ОБЖАРОЧНО-ФИЛЬТРАЦИОННАЯ УСТАНОВКА КОНСТРУКЦИИ И. П. ЕФРЕМЕНКО

В 1945 г. на Адыгейском консервном комбинате была установлена обжарочно-фильтрационная установка (рис. 162) инж. И. П. Ефременко. Эта установка состоит из обжарочной печи с многорядной нагревательной камерой и аппаратов для очистки масла после обжарки фильтрацией и центрифугированием.

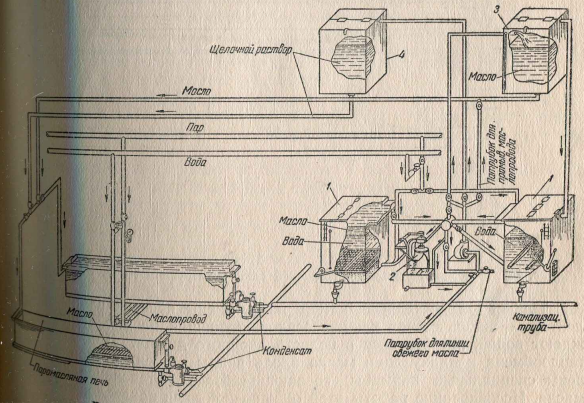


Рис. 162. Схема обжарочно-фильтрационной установки

В ванне печи (рис. 163) длиной 3,68 *м* и шириной 1,15 *м* расположены четыре нагревательные камеры, образованные из двух коллекторов, в которые вварены 252 трубки длиной 0,9 *м* и диаметром 14 *мм* (17 трубок по высоте и 36 трубок по длине коллектора). Коллекторы сва-

рены из швеллеров № 14. Один из двух коллекторов служит для подвода пара и отвода конденсата.

Этот коллектор имеет продольную перегородку, разделяющую его на верхнюю и нижнюю части. В верхнюю часть подводится пар, из нижней — отводится конденсат.

Под нагревательными камерами установлены водяные барботеры для удаления осадка при его чистке.

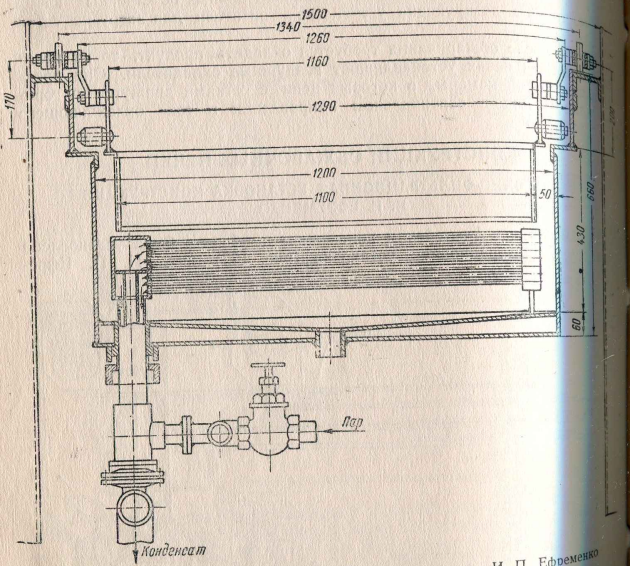


Рис. 163. Поперечный разрез обжарочной печи конструкции И. П. Ефременко

Трубки нагревательных камер расположены поперек ванны, а коллекторы — вдоль стенок ванны. Осадок, попавший на дно ванны, отводят водой, находящейся в полости двойного днища. Для улучшения теплообмена и циркуляции масла вдоль ванны с обеих сторон установлены специальные карманы, создающие более интенсивное движение масла. Исследование работы этой обжарочной печи показало, что благодаря большой удельной поверхности нагрева (11 $м^2/м^2$) не все тепло, передаваемое поверхностью нагрева маслу, поглощалось обжариваемым продуктом, что вызывало перегрев масла и большие потери его.

Фильтрационная станция (см. рис. 162) имеет два фильтрбака 1, суперцентрифугу 2, бак 3 для хранения масла и бак 4 для щелочного раствора.

Масло, находящееся в печи, подвергается промывке водой, фильтрации и отстаиванию. Окончательная очистка масла осуществляется на суперцентрифуге.

Периодически печь промывают щелочным раствором для очистки от фузов и нагара.

Достоинствами печи являются: бо́льшая ее производительность при малых габаритных размерах по сравнению с другими конструкциями, меньшая продолжительноть обжаривания из-за высоких температур масла, отсутствие водяной подушки и большая удельная поверхность нагрева.

К основным недостаткам печи следует отнести: сложность изготовления нагревательных камер, затруднительность очистки трубок от нагара, повышенные потери масла вследствие выгорания его при высокой температуре обжаривания и эмульсирования при промывке масла, большая площадь, занимаемая фильтрационно-очистительными аппаратами.

Техническая характеристика

Производительность печи	1800—2000 *кг/час*
Общая поверхность нагрева	39,8 ÷ 44,7 $м^2$
Коэффициент теплопередачи (в *ккал*/$м^2$ *час* °С):	
при обжаривании моркови	$K = 400$
при обжаривании кабачков	$K = 320$
Габариты в *м*:	
длина	4,1 ÷ 4,7
ширина	1,25 ÷ 1,30
высота	1,2 ÷ 1,9

Очистительная станция занимает площадь 20 $м^2$.

МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ОБЖАРОЧНАЯ ПЕЧЬ

(Пищепромпроекта)

Механизированная обжарочная печь состоит из ванны, нагревательной камеры и транспортного устройства.

Ванна печи (рис. 164) изготовлена из листовой стали толщиной 5 *мм* с размерами в плане — длина 5500 *мм* и ширина 1140 *мм*. Высота ванны в центре 800 *мм*. Сечение ванны прямоугольное, днище ее согнуто под углом.

На корпусе ванны имеются патрубок *1* для подачи охлаждающей воды и патрубок *2* для стока воды в сливную трубу, патрон *3* для термометра в масле и патрон *4* для термометра в воде, пробный кран *5* для масла и пробный кран *6* для воды, а также патрубок *7* для спуска воды.

В ванне расположены две секции нагревательных камер. Каждая секция имеет два коллектора, в которые вварены в два ряда 54 трубки, по 27 в каждом ряду. Трубы овального сечения, изготовленные из бесшовных труб 44,5 × 2,5 (ГОСТ 301-44), имеют ширину 22 *мм*, высоту 57 *мм*, длину 2495 *мм*.

Коллекторы образованы из двух швеллеров № 14, сваренных продольно. В первый коллектор с торцевых сторон через сальники поступает пар и выводится конденсат. Наличие сальников дает возможность поворачивать нагревательную камеру при необходимости очистки ее от нагара. Второй коллектор с торцевых сторон закрыт заглушками. Внутри первого коллектора, примерно по середине, установлена перегородка (рис. 165), разделяющая внутреннюю часть его на две камеры. Пар, попадающий в первую камеру, движется по нескольким трубам во второй коллектор; здесь он меняет свое направление на 180°, проходит в остальные трубы, из которых конденсат стекает во вторую камеру первого коллектора и удаляется в конденсатоотводчик.

Транспортное устройство состоит из двух приводных звездочек *1* и *2* (рис. 166), на которые натянуты две тяговые пластинчатые втулочно-

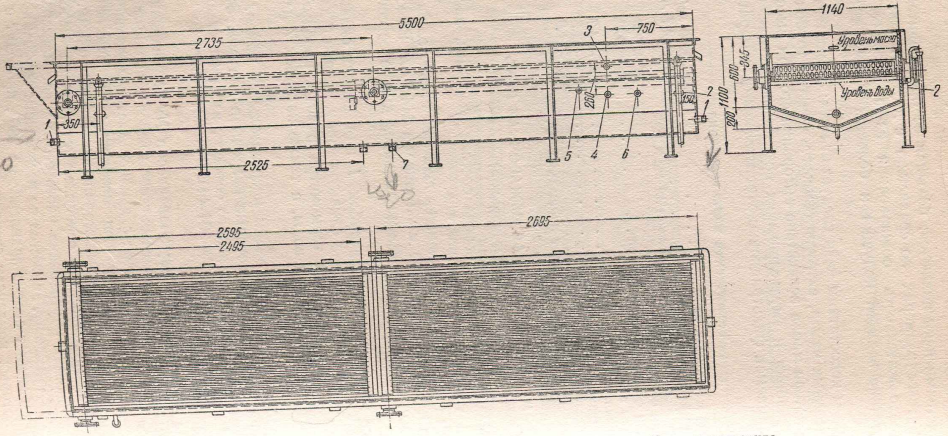


Рис. 164. Ванна с нагревательной камерой обжарочной печи Пищепромпроекта

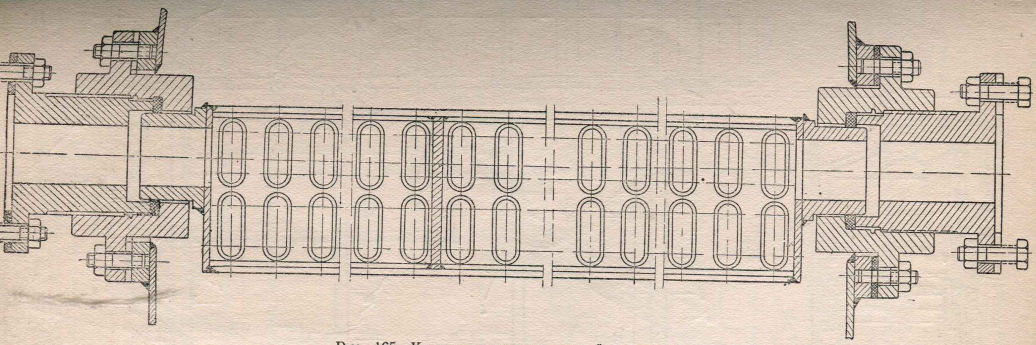


Рис. 165. Коллектор нагревательной камеры

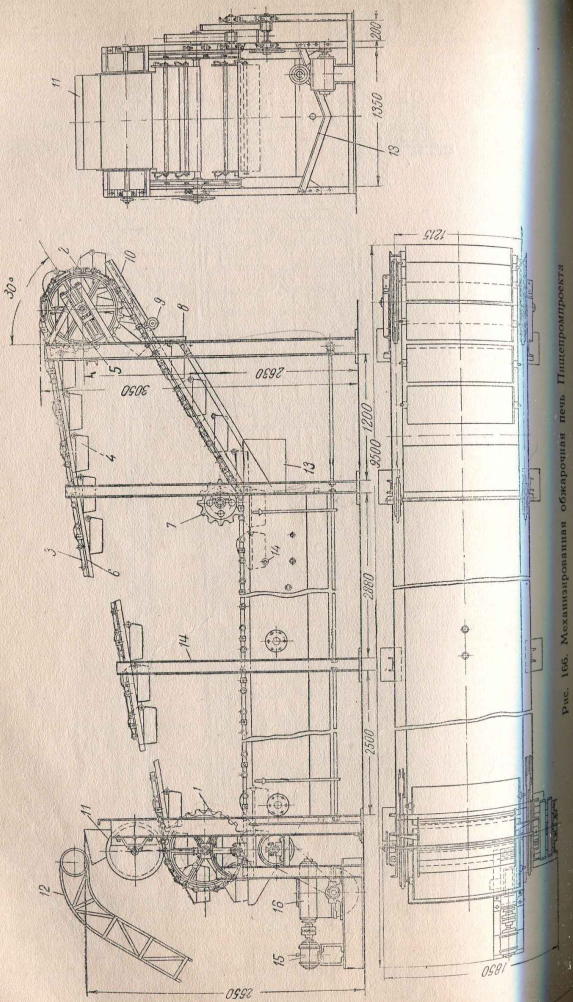


Рис. 166. Механизированная обжарочная печь Пищепромпроекта

роликовые цепи *3* типа Б 200/500 (ГОСТ 588-41). На цепях шарнирно укреплены сетки *4* таким образом, что центр тяжести их ниже места закрепления. Цепь движется вдоль поддерживающих угольников *6*.

Звездочки *1* приводятся в движение через ряд зубчатых передач от электродвигателя. Звездочки *2* расположены на валу, перемещаемом натяжным приспособлением *5*. Цепи в наклонном и горизонтальном положении движутся по направляющим *6* из швеллеров № 10. В месте изменения направления движения цепи установлены направляющие звездочки *7*.

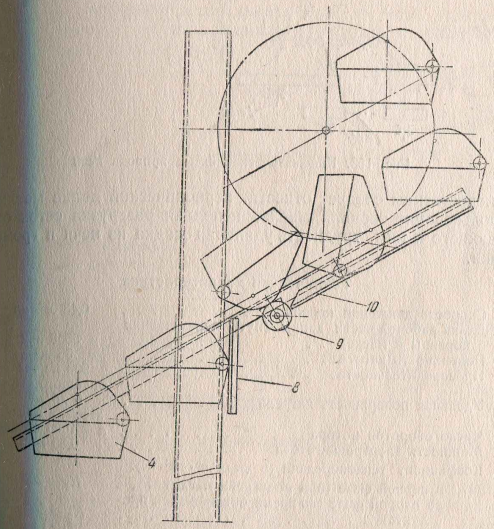


Рис. 167. Механизм опрокидывания сеток

Опрокидывание сеток достигается при помощи упора *8*, поворотного ролика *9* и направляющей *10*, как показано на рис. 166 и 167. Когда ролик, расположенный на кромке сетки, достигает упора *8*, а движущаяся цепь перемещает шарнирное крепление сетки дальше, она опрокидывается дном вверх.

Загрузка печи сырьем производится питателем *11* при помощи элеватора *12*. Ванна *13* прикреплена к балкам *14* каркаса печи. Цепь транспортера приводится в движение электродвигателем *15* через редуктор *16*. Поворотный ролик *9* и направляющая *10* вначале фиксируют и поддерживают корзину в перевернутом состоянии, а затем при дальнейшем движении цепи дают ей возможность снова принять горизонтальное положение.

Кинематическая схема (рис. 168) показывает способ передачи движения от электродвигателя транспортному устройству.

Достоинствами этой печи являются: полная механизация загрузки, перемещения и выгрузки продукта, возможность автоматизации процесса и наблюдения за обжариванием.

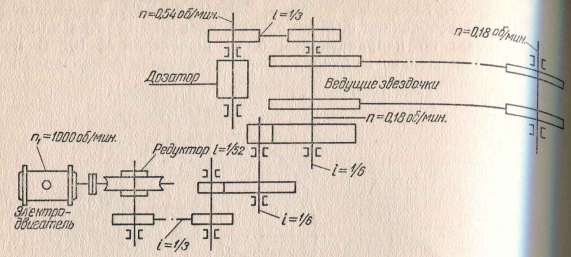


Рис. 168. Кинематическая схема привода печи

К недостаткам следует отнести: периодический долив масла, неполное использование зеркала масла, неполная разгрузка сеток от сырья, прилипающего к ним, трудность удаления осадка из печи и громоздкость установки.

Техническая характеристика

Скорость движения корзин	0,43 *м/мин*
Длина рабочей части ванны (путь перемещения корзины в масле)	5500 *мм*
Поверхность нагрева	36 $м^2$
Производительность	900 *кг/час* овощного сырья
Удельная поверхность нагрева	6 $м^2/м^2$ зеркала масла
Число оборотов мотора	$n = 1000$ об/мин.
Мощность электродвигателя	0,85 *квт*
Коэфициент теплопередачи (в *ккал/м²·час·°С*):	
в первой фазе (при подогреве масла)	$K_1 = 200$
во второй фазе (во время обжаривания продукта)	$K_2 = 350—400$
Давление пара	10 ÷ 12 *ата*
Габаритные размеры печи в *мм*:	
длина	9500
ширина	1850
высота	3050

КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ВОДЫ И МАСЛА

Количество масла в печи обусловливается необходимой высотой активного, среднего и пассивного слоев.

Верхний уровень масла может поддерживаться постоянным только при непрерывном доливе масла в ванну печи. Непрерывный долив масла целесообразно производить поплавковым регулятором уровня (рис. 169).

Нижний уровень масла регулируется уровнем воды, зависящим от количества воды, подводимой в аппарат, и удаляемой из него.

Регулирование притока и отвода воды с сохранением в неизменном положении уровня водяного слоя требует особого внимания. В случае избыточного подвода воды неизбежно повышение уровня ее и соприкосновение воды с греющими трубками паровой камеры, что может вызвать вскипание воды и выбрасывание горячего масла из печи.

Инж. Н. И. Смирнов предложил в отсеке водяного пространства печи поместить трубу, верхний конец которой должен быть установлен на уровне верхнего активного слоя масла. Вода в трубе находится на уровне масла в аппарате по закону сообщающихся сосудов. В случае избыточного поступления воды уровень ее, повышаясь, поднимает весь слой масла в аппарате; с повышением уровня зеркала масла излишек воды из трубы выльется в канализацию, поэтому уровни воды и пассивного слоя масла займут исходное положение.

Положение поверхности раздела масла и воды контролируется обычно при помощи пробных кранников; результаты, получаемые при этом методе, недостаточно точные.

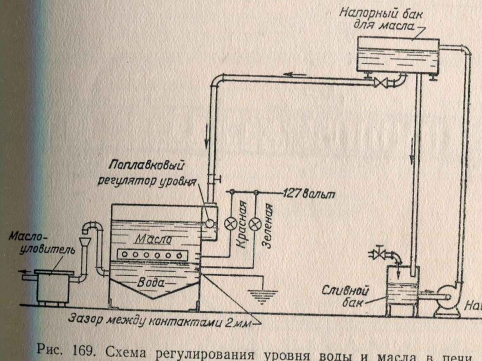


Рис. 169. Схема регулирования уровня воды и масла в печи

Инженерами К. П. Петриком и А. И. Саковичем предложен для этой цели прибор (см. рис. 169), работа которого основана на диэлектрических свойствах масла. Прибор состоит из двух электродов, соединенных с сигнальными лампочками. Один из электродов погружен в воду, а другой в масло. От патронов лампочек проведены провода к выключателю, а от последнего к штепселю, в который включена вилка с токовыми концами. Корпус обжарочного аппарата служит первым электродом и должен быть заземлен. Лампочки окрашивают в разные цвета.

При включенном приборе и нормальном уровне раздела масла с водой гореть будет только лампочка, соединенная с электродом, погруженным в воду. При повышении уровня воды загорается и вторая лампочка. Когда снижается уровень раздела масла с водой ниже допустимого, выключаются обе лампочки, что сигнализирует о необходимости увеличить приток воды.

В воде, выходящей из обжарочных печей, содержится, по данным Краснодарского филиала НИИКП, 0,06% масла.

Иногда, по недосмотру или неожиданному прекращению подачи охлаждающей воды в обжарочную печь, масло в значительном количестве выходит через трубопровод для охлаждающей воды. Для улавливания масла, уходящего с водой из печей, устанавливают маслоуловитель.

ОХЛАЖДЕНИЕ ОБЖАРЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Обжаренные продукты, выгруженные из обжарочных печей, перед укладкой их в банки или фаршировкой охлаждают до 30—35° в токе воздуха или в холодном растительном масле.

Для охлаждения продуктов воздухом применяют стеллажи или непрерывно действующие охладители (рис. 170).

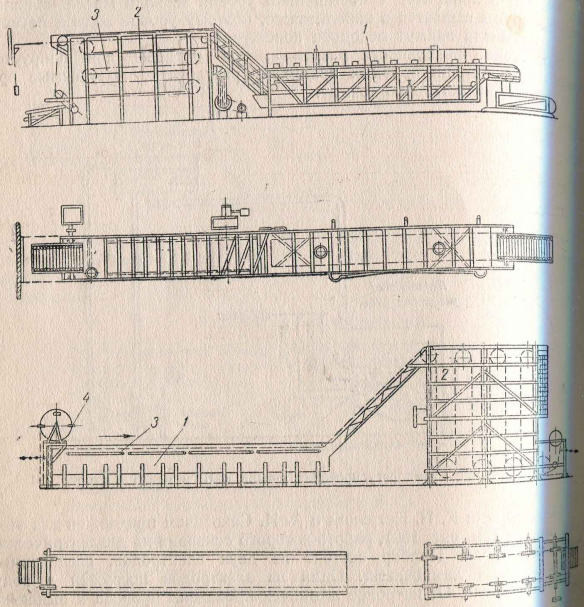


Рис. 170. Схемы обжарочной печи с охладителем

Охлаждение происходит как за счет теплообмена между продуктом и воздухом, так и вследствие испарения части влаги, переходящей в воздух.

Непрерывно действующие охладители *2* являются составной частью механизированной обжарочной печи *1*; транспортное устройство *3* печи с сетками *4* и продуктом продолжает движение через охладитель, как показано на рис. 170.

Охладитель представляет собой закрытый металлический корпус, внутри которого перегородками образованы горизонтальные (рис. 171, *а*) или вертикальные каналы (рис. 171, *б*).

В верхний канал входит цепной транспортер с прикрепленными к нему сетками, заполненными обжаренным продуктом. Транспортер при помощи поворотных звездочек проходит через все каналы. При этом сетки с продуктом все время находятся в горизонтальном положении.

Скорость транспортера в охладителе равна скорости движения его в обжарочной печи (0,01 ÷ 0,02 *м/сек*).

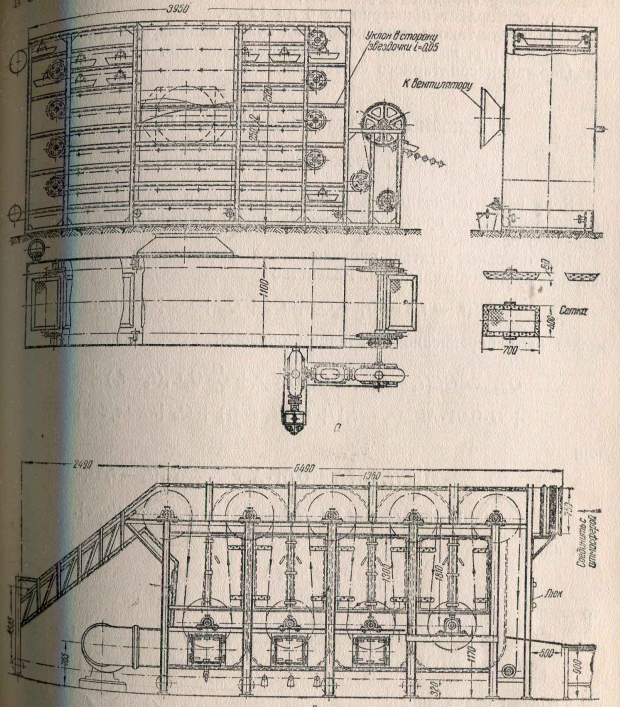


Рис. 171. Охладители обжарочных печей

Продолжительность охлаждения составляет 20 ÷ 30 мин.

Вентилятор, отсасывающий воздух из охладителя, соединен со средним каналом; поэтому воздух, поступающий в отверстие, через которое входят сетки с обжаренным продуктом, движется в одной половине охладителя параллельно движению продукта, а в другой — в направлении, противоположном движению продукта.

Скорость движения воздуха в каналах от 7 до 9 *м/сек*. Потери напора в каналах примерно 65 *мм* вод. ст. и в воздуховодах — до 35 *мм* вод. ст.

Количество нагнетаемого в охладитель воздуха и его параметры должны обеспечить охлаждение продукта, сеток, цепей транспортера, а также поглощение выделяющихся из продукта паров.

При подаче в охладитель воздуха, имеющего температуру 25 ÷ 27° и относительную влажность $\varphi = 60\%$, расход воздуха на охлаждение 1 кг продукта составляет примерно от 6 до 12 $м^3$.

Охладители такого типа имеют ряд существенных недостатков, главными из которых являются: громоздкость установки, трудность очистки и поддержания санитарного состояния.

ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТЫ ОБЖАРОЧНЫХ ПЕЧЕЙ

Расчет производительности печи

Если известны техническая характеристика и режим работы обжарочной печи, то ее производительность может быть найдена при помощи теплового расчета.

Все основные статьи расхода тепла выражают в зависимости от искомой производительности. Равенство

$$Q_{общ} = FK(t_п - t_2) = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \ [ккал/час]$$

может быть переписано следующим образом:

$$Q_{общ} = GC(t_4 - t_3) + 0{,}01\ GX_и r + \frac{G}{G_п} G_к C_1 (t_2 - t_0) + \\ + G \cdot 0{,}01 \cdot MC_2(t_2 - t_1) + GB(t_6 - t_5) + Q_6 \ [ккал/час]$$

или

$$Q_{общ} = G\left[C(t_4 - t_3) + 0{,}01 \cdot X_и r + \frac{G_к}{G_п} C_1 (t_2 - t_0) + \right. \\ \left. + 0{,}01 \cdot M \cdot C_2 (t_2 - t_1) + B(t_6 - t_5)\right] + Q_6 \ [ккал/час].$$

Так как

$$Q_{общ} = FK(t_п - t_2) \ [ккал/час], \qquad (XII-4)$$

то

$$G = \frac{FK(t_п - t_2) - Q_6}{\left[C(t_4 - t_3) + 0{,}01 \cdot X_и \cdot r + \frac{G_к}{G_п} \cdot C_1 (t_2 - t_0) + 0{,}01 \cdot M \cdot C_2 (t_2 - t_1) + B(t_6 - t_5)\right]} \ [ккал/час].$$

В этом уравнении:

G — производительность печи по сырью в *кг/час*;
F — величина поверхности нагрева печи в $м^2$;
K — коэффициент теплопередачи в *ккал/м² час °С*;
$t_п$ — температура греющего пара в °С;
t_2 — температура активного слоя масла в °С;
Q_6 — потери тепла в окружающую среду в *ккал/час*;
C, C_1, C_2 — теплоемкость продукта, стали и масла в *ккал/кг °С*;
t_3 — начальная температура продукта в °С;
t_4 — конечная температура продукта в °С;
$X_и$ — истинный процент ужарки в %;
r — скрытая теплота парообразования в *ккал/кг*;
$G_к$ — вес одной сетки в *кг* (3 ÷ 6 *кг*).

$G_п$ — вес продукта в одной сетке в *кг*;
t_0 — начальная температура сеток в °С;
M — расход масла на обжаривание сырья в %;
t_1 — начальная температура масла в °С;
B — удельный расход охлаждающей воды в *кг/кг* сырья;
t_5 — начальная температура охлаждающей воды в °С;
t_6 — конечная температура охлаждающей воды в °С.

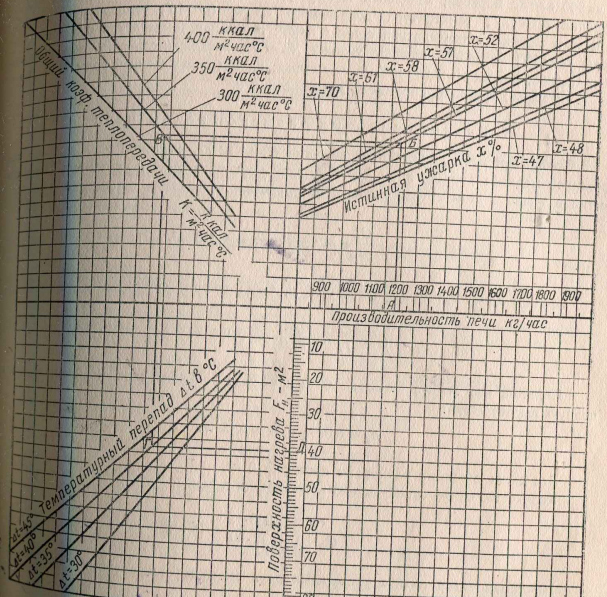


Рис. 172. Номограмма для расчета обжарочных печей

Пример.

Определить поверхность нагрева печи производительностью 1200 *кг* моркови в час (по сырью). Коэффициент теплопередачи $K = 350$ *ккал/м² час* °С. Температура пара 180°, температура масла 140°.

Ответ.

Проводим линии *А*, *Б*, *В*, *Г*, *Д*; читаем ответ — поверхность нагрева печи должна быть равна 40 $м^2$.

Поверхность нагрева обжарочной печи или ее производительность можно определить в производственных условиях с точностью до 3 ÷ 5% по номограмме, разработанной М. Я. Дикисом.

На рис. 172 приведена номограмма, составленная для условий обжаривания овощного сырья, и дан пример пользования ею.

Определение расхода пара и анализ расхода тепла, а также расчет основных размеров обжарочной печи и нагревательной камеры приведены в нижеследующем примере.

Пример.

Определить основные размеры ванны печи и нагревательной камеры, расход пара и составить тепловой баланс при таких условиях: производительность печи $G = 960$ *кг/час* моркови; начальная температура моркови $t_3 = 20°$; температура обжаривания $t_2 = 125°$; температура доливаемого масла $t_1 = 16°$; температура воздуха в цехе и начальная температура сеток $t_0 = 25°$; начальная температура охлаждающей воды $t_5 = 18°$; истинный процент ужарки $X_u = 60$; продолжительность обжаривания $\tau = 12$ мин.; расход масла — 15% к весу сырья; расход охлаждающей воды $B = 1{,}3$ *кг* на 1 *кг* сырья; греющий пар имеет давление 8 *ата*.

1. Расчет основных размеров ванны печи

Принимаем вес продукта в одной сетке $G_n = 12$ *кг*, насыпной удельный вес нарезанной моркови $\gamma = 0{,}42$ *т/м*³, толщину слоя моркови в сетке $h_м = 90$ *мм*. Площадь сетки в плане в этом случае находим из уравнения:

$$f_c = \frac{G_n}{\gamma h_м} = \frac{0{,}012}{0{,}42 \cdot 0{,}09} = 0{,}318 \text{ м}^2. \qquad \text{(XII–5)}$$

Примем длину l_c сетки равной 0,97 *м*, тогда ширина сетки:

$$b = \frac{f_c}{l_c} = \frac{0{,}318}{0{,}97} = 0{,}325 \text{ м}. \qquad \text{(XII–6)}$$

Полагая, что высота сетки на 60 *мм* больше толщины слоя моркови, находим полную высоту сетки:

$$h_c = 0{,}09 + 0{,}06 = 0{,}15 \text{ м}.$$

Вес сетки с такими размерами примерно 6 *кг*.

Количество сеток, одновременно находящихся в ванне:

$$m = \frac{G\tau}{G_n \cdot 60} = \frac{960 \cdot 12}{12 \cdot 60} = 16. \qquad \text{(XII–7)}$$

Принимая зазор a между стенками двух смежно установленных сеток равным 45 *мм*, найдем длину ванны:

$$L = m(b + a) + a = 16 \cdot (0{,}325 + 0{,}045) + 0{,}045 \approx 6 \text{ м}. \qquad \text{(XII–8)}$$

Принимаем ширину ванны на 30 *мм* больше длины сетки:

$$b = 0{,}97 + 0{,}03 = 1 \text{ м}.$$

Высоту ванны H принимаем равной 0,8 *м*.

2. Определение часового расхода тепла

Общий расход тепла в печи за час $Q_{общ}$, равный сумме отдельных статей, определим по уравнению (X—1).

Расход тепла на нагрев сырья:

$$Q_1 = GC(t_4 - t_3) = 960 \cdot 0{,}94(101 - 20) = 73\,090 \text{ ккал/час},$$

где: C — теплоемкость продукта $= 0{,}94$ *ккал/кг* °С;
t_4 — конечная температура продукта, равна 101°; t_3 — начальная температура продукта — 20°.

Расход тепла на выпаривание влаги:

$$Q_2 = G \cdot 0{,}01 \cdot X_u \cdot r = 960 \cdot 0{,}01 \cdot 60 \cdot 538{,}9 = 310\,400 \text{ ккал/час},$$

где: X_u — истинный процент ужарки равен 60,
r — скрытая теплота парообразования при 100° равна 538,9 *ккал/кг*.

Расход тепла на нагревание сеток:

$$Q_3 = \frac{G}{G_n} G_к C_1 (t_2 - t_0) = \frac{960}{12} 6 \cdot 0{,}115 (125 - 25) = 5520 \text{ ккал/час},$$

где: $G_к$ — вес одной сетки, равный 6 *кг*;
C_1 — теплоемкость стали, равная 0,115 *ккал/кг* °С;

Расход тепла на нагрев доливаемого масла:

$$Q_4 = G \cdot 0{,}01 \cdot MC_2(t_2 - t_1) = 960 \cdot 0{,}01 \cdot 15 \cdot 0{,}5 \cdot (125 - 16) = 7850 \text{ ккал/час},$$

где: M — расход масла на обжаривание — 15% от веса сырья;
C_2 — теплоемкость масла — 0,5 *ккал/кг* °С.

Расход тепла на нагрев охлаждающей воды:

$$Q_5 = GB(t_6 - t_5) = 960 \cdot 1{,}3(60 - 18) = 59\,800 \text{ ккал/час},$$

где: t_6 — конечная температура охлаждающей воды, принята 60°;
t_5 — начальная температура охлаждающей воды, принята 18°.

Потери тепла в окружающую среду Q_6, по данным Краснодарского филиала ВНИИКП, составляют $\approx 8\%$ от общего расхода тепла:

$$Q_6 = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) \cdot 8}{92} = \frac{456\,660 \cdot 8}{92} = 39\,710 \text{ ккал/час}.$$

Общий расход тепла: $Q_{общ} = \Sigma_1^6 Q = 496\,370$ *ккал/час*.

3. Расчет расхода пара

При давлении пара 8 *ата* его теплосодержание $i = 660{,}8$ *ккал/кг* и теплосодержание конденсата $i_к = 170$ *ккал/кг*; тогда расход пара

$$Д = \frac{Q_{общ}}{i - i_к} = \frac{496\,370}{660{,}8 - 170} = 1011{,}35 \text{ кг/час}.$$

4. Тепловой баланс печи

Приход тепла с паром

$$Дi = 1011{,}35 \cdot 660{,}8 = 668\,300 \text{ ккал/час}.$$

Расход тепла на:	*ккал/час*	%
нагревание продукта	73 090	11,0
испарение влаги	310 400	46,5
нагревание сеток	5 520	0,8
» масла	7 850	1,2
» воды	59 800	8,9
потери в окружающую среду	39 710	5,9
расход тепла с конденсатом $Дi_к$	171 930	25,7
Всего . .	668 300	100,0

Тепловой баланс печи показан на рис. 173.

Как видно, потери тепла в окружающую среду и потери с охлаж-

дающей водой составляют 14,8%. Эти потери тепла не связаны непосредственно с обжариванием продукта и должны быть сведены до минимума.

Расход тепла можно уменьшить за счет изоляции стенок аппарата, использования тепла охлаждающей воды, конденсата и паров испаренной влаги.

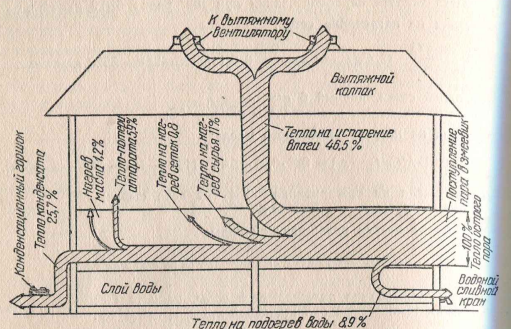


Рис. 173. Тепловой баланс обжарочной печи

5. Расчет величины поверхности нагрева

Принимаем коэффициент теплопередачи $K = 350$ *ккал/м² час* °С и разность температур $\Delta t = 170 - 125 = 45°$.

Определяем поверхность нагрева F:

$$F = \frac{Q_{общ}}{K \cdot \Delta t} = \frac{496\,370}{350 \cdot 45} = 31{,}5 \text{ м}^2.$$

С учетом некоторого запаса принимаем $F = 32$ *м²*.

6. Расчет основных размеров греющей камеры

Устанавливаем в печи нагревательную камеру из двух секций, тогда поверхность нагрева одной секции:

$$F_c = \frac{F}{2} = \frac{32}{2} = 16 \text{ м}^2.$$

Конструкцию секции нагревательной камеры выбираем двухрядную с овальными трубками (типа Пищепромпроекта). Размеры секций нагревательной камеры обусловлены размером ванны и величиной зазоров.

Принимаем зазор между коллекторами двух секций — 60 *мм*, между коллектором и торцевой стенкой ванны — 60 *мм*, между коллектором и боковой стенкой ванны — 36 *мм*, как показано на рис. 174.

Тогда габаритная длина одной секции: $L_c = \frac{6000 - (2 \cdot 60 + 60)}{2} = 2910$ *мм*.

Габаритная ширина секции $b_c = 1000 - 2 \cdot 36 = 928$ *мм*.

Высота секции $H_c = 140$ *мм*, потому что коллекторы образованы из двух швеллеров № 14.

Длина трубы l меньше длины секции на ширину двух коллекторов, так как ширина коллектора 100 *мм*, то $l = 2910 - 2 \cdot 100 = 2710$ *мм*.

Выбираем по ГОСТ 301-44 трубу с наружным диаметром 44,5 *мм* и толщиной 2,5 *мм*.

После сплющивания такая труба имеет размеры:

h — высоту . . . . . 57 *мм*
b — ширину . . . . . 22 *мм*

Поверхность нагрева одной трубы

$$F_m = \pi d_m l = 3{,}14 \cdot 0{,}0445 \cdot 2{,}71 = 0{,}38 \text{ м}^2.$$

Число труб в одной секции:

$$n = \frac{F_c}{F_m} = \frac{16}{0{,}38} = 42$$

в одном ряду

$$n_1 = \frac{n}{2} = \frac{42}{2} = 21 \text{ шт.}$$

Зазор между трубами в коллекторе

$$a = \frac{b_c - n_1 b}{n_1 + 1} = \frac{928 - 21 \cdot 22}{21 + 1} = 21 \text{ мм}.$$

Диаметр патрубка, по которому пар поступает в коллектор каждой секции:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 1011{,}35}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 3600 \cdot 25 \cdot 4{,}085}} = 0{,}042 \text{ м},$$

или 42 *мм*.

Удельный вес пара при 8 *ата* — 4,085 *кг/м³*.
Скорость пара принята равной 25 *м/сек*.
Берем трубу по ГОСТ 301-44 с наружным диаметром 48 *мм* и толщиной стенки 2,5 *мм*.

Диаметр трубы, подводящей пар к двум секциям печи:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1011{,}35}{3{,}14 \cdot 3600 \cdot 25 \cdot 4{,}085}} = 0{,}060 \text{ м},$$

или 60 *мм*.

Выбираем трубу по ГОСТ 301-44 с наружным диаметром 70 *мм* и толщиной стенки 3 *мм*.

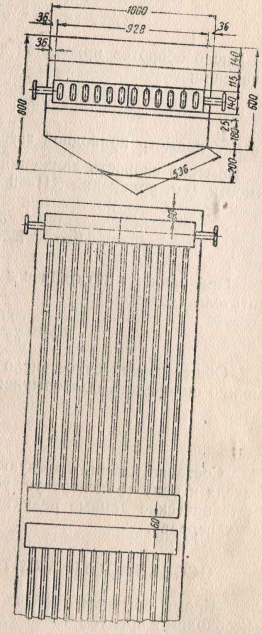


Рис. 174. Схема нагревательной камеры к примерному расчету

Кинематический расчет механизированной обжарочной печи

В основу кинематического расчета кладется скорость движения сетки с продуктом, являющаяся функцией продолжительности обжаривания сырья и производительности печи, найденной из теплового расчета. Из формулы для расчета производительности транспортера со штучным грузом (с сетками) скорость движения цепей:

$$v = \frac{Ga}{G_n \cdot 3600} \text{ [м/сек]}, \qquad \text{(XII—9)}$$

где: G — производительность печи в *кг/час;*
G_n — вес продукта в одной сетке в *кг;*
a — расстояние между центрами сеток в *м.*

Если известен путь перемещения сеток в масле (длина ванны) l и продолжительность обжаривания τ в минутах, то скорость движения цепей, несущих сетки, можно определить и по такой формуле:

$$v = \frac{l}{60 \cdot \tau} \ [м/сек]. \qquad (XII—10)$$

Число оборотов приводной звездочки транспортера определяется из уравнения:

$$n_{mp} = \frac{60v}{\pi d} \ [об/мин.], \qquad (XII—11)$$

где d — диаметр приводной звездочки в *м.*

Заменив скорость движения цепей через ранее установленные зависимости (см. уравнения XII—9 и XII—10), найдем, что

$$n_{mp} = \frac{Ga}{60 \cdot \pi d G_n} = \frac{l}{\pi d \tau} \ [об/мин.]. \qquad (XII—12)$$

При наличии питателя с z рабочими камерами число оборотов вала питателя (дозатора):

$$n_д = \frac{60v}{az} = \frac{G}{60 G_n z} \ [об/мин.]. \qquad (XII—13)$$

Общее передаточное число от мотора к ведущему валу транспортера можно определить по формуле:

$$i_{об} = \frac{n_м}{n_{mp}}. \qquad (XII—14)$$

Составив кинематическую схему передачи движения от электродвигателя к валу транспортера, устанавливают частные передаточные числа и технические данные редуктора, вариатора скорости, зубчатых и цепных передач.

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ОБЖАРОЧНЫХ АППАРАТОВ

Кроме обычных требований, при монтаже обжарочных аппаратов необходимо предусмотреть следующее:

1. Ванна должна быть установлена в строго горизонтальном положении, что обеспечивает равномерную толщину активного слоя масла над всеми элементами нагревательной камеры.

2. Опоры ванны жестко закрепляют только на одном из концов, что предотвращает возможную деформацию ванны от температурного расширения металла, в особенности при значительной ее длине.

3. Элементы нагревательной камеры устанавливают с наклоном в сторону движения конденсата.

4. Конденсат из обжарочной печи отводят по отдельной коммуникации, не соединенной с коммуникацией аппаратов, работающих на паре давлением менее 4 *ата.*

5. Вентиляционные зонты, устанавливаемые над ванной для удаления паров и газов, образующихся при обжаривании, укрепляют

опорах на высоте не более 1 *м* от края ванны. На внутренней стороне зонта должны быть желоба для сбора стекающего конденсата и отвода его в канализацию.

6. Все контрольно-измерительные приборы, регулирующие вентили, пробные краны устанавливают у рабочего места на высоте, удобной для постоянного наблюдения при работе.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ОБЖАРОЧНЫХ АППАРАТАХ

В целях безопасности работы у обжарочных печей необходимо установить надежно действующую вентиляционную установку, обеспечивающую полное удаление всех паров и газов, образующихся во время работы обжарочной печи. Так как не исключена возможность попадания масла на пол, что делает его скользким, то нужно следить, чтобы пол был всегда сухим, а места, на которые попадает масло, систематически вытирались и посыпались мелкой солью.

Вся боковая поверхность ванны и трубопроводы для пара и конденсата должны быть покрыты изоляцией, предотвращающей возможность ожога персонала, обслуживающего печь. На шкалу манометров наносится красная (предельная) черта против максимально допустимого давления. Все движущиеся части должны быть ограждены в соответствии с требованиями техники безопасности; нужно систематически проверять исправность ограждений.

При подаче пара в нагревательную камеру открывают обводной вентиль у конденсационного горшка и затем, во избежание гидравлических ударов, медленно открывают паровой вентиль.

Во время работы обжарочного аппарата следят за тем, чтобы уровни масла и воды в ванне были постоянными. Проверяют приборы, регулирующие уровень воды и масла, а также световую или звуковую сигнализацию.

Запрещается во время работы обжарочной печи производить подтягивание гайки сальника, в случае пропуска пара наклоняться или производить какие-либо работы над ванной с горячим маслом, выгружать сетки с продуктом вручную без соответствующей спецодежды.

В случае разрыва стенок нагревательной камеры необходимо немедленно перекрыть пар и снизить уровень масла.

* * *

В установленных на консервных заводах обжарочных печах основными недочетами являются:

1. Нарушение целости сырья при выгрузке его из сеток механизированных печей, что значительно усугубляется при отсутствии механизированных охладителей.

Печи, служащие для обжаривания рыбы или овощей, используемых для изготовления консервов: «баклажаны», «кабачки кружками» и «овощи фаршированные», целесообразно оборудовать механизированными охладителями.

2. Несовершенная очистка ванны от фузов.

3. Недостаточное использование площади зеркала масла (60—70% вместо 85—90%).

4. Большие габариты механизированных печей, значительный расход металла, сложность конструкции.

5. Сетки в механизированных печах имеют недостаточное живое сечение, снижающее конвекцию масла. Конструкции сеток и способы их разгрузки не обеспечивают полного освобождения сеток от продукта.

6. При загрузке сеток продуктом при помощи питателей трудно добиться точной дозировки продукта, что приводит к недогрузке одних сеток и перегрузке других.

7. Недостаточное применение измерительных и регулирующих приборов для контроля уровня масла и воды, температуры масла, давления пара, скорости движения цепей транспортера, продолжительности обжаривания и т. п.

Устранение перечисленных основных недочетов механизированных печей и разработка новых, более совершенных является важной задачей, представляющей большой практический интерес.

Глава XIII

ВЫПАРНЫЕ АППАРАТЫ

НАЗНАЧЕНИЕ И СУЩНОСТЬ ВЫПАРНОГО ПРОЦЕССА

Одним из способов концентрирования пищевых продуктов является выпаривание, в процессе которого уменьшается содержание воды в продукте и увеличивается содержание сухих веществ.

В консервной промышленности выпаривание применяют при изготовлении томатопродуктов, джема, повидла, концентрированных фруктовых и ягодных соков. В отличие от испарения, выпаривание протекает при кипении продуктов.

Продукты, подвергающиеся выпариванию на консервных заводах, содержат 75—96% воды. Кроме воды в продуктах содержатся сахара, органические кислоты, их соли, пектиновые вещества, клетчатка, витамины, красящие вещества, эфирные масла, крахмал, белки и ряд других веществ.

При выпаривании часть воды удаляется, поэтому увеличивается концентрация остальных веществ, входящих в состав продукта, благодаря чему повышается его пищевая ценность.

В некоторые концентрируемые продукты добавляют сахар, увеличивающий питательность продукта и являющийся в то же время консервантом.

Выпаривание воды из пищевых продуктов, представляющих собой сложную дисперсную систему, сопровождается многообразными физико-химическими явлениями, приводящими к изменению физических и частью химических свойств обрабатываемого продукта.

Компоненты, входящие в состав выпариваемого продукта, в зависимости от режима и условий процесса, вступают во взаимодействие и влияют на скорость и степень физико-химических изменений.

В процессе выпаривания увеличиваются удельный вес продукта, его вязкость и плотность и повышается температура кипения. Происходят коагуляция белков, распад пектиновых веществ, карамелизация сахаров и ряд других физико-химических изменений.

Таким образом, при выпаривании непрерывно изменяются основные свойства продукта.

Выпаривание производят при таком режиме, чтобы наиболее полно

сохранить ценные компоненты продукта и свойственный ему цвет, вкус и запах.

Развитие выпарной техники консервных заводов идет по пути улучшения качества готовой продукции и ее биологической ценности, что достигается углублением вакуума при выпаривании, непрерывностью и автоматизацией выпарного процесса.

Для выпаривания из продукта влаги требуется пар, вода и электроэнергия.

В целях экономии топлива, воды и электроэнергии ряд консервных заводов, имеющих выпарные установки, использует для целей выпаривания отработанный пар турбин, вырабатывающих электроэнергию для привода технологического оборудования и других нужд.

Одним из основных показателей работы выпарного аппарата является величина коэффициента теплопередачи.

При равных условиях величина коэффициента теплопередачи будет больше при меньшей концентрации выпариваемой среды, более высокой температуре кипения, меньшей вязкости среды, большей скорости циркуляции продукта, чистой, без нагара поверхности нагрева, меньшем количестве воздуха или других инертных газов, содержащихся в греющем паре, быстром и полном удалении конденсата из греющей камеры.

Передовики консервного производства регулируют факторы, влияющие на величину коэффициента теплопередачи, и достигают невиданной ранее интенсивности теплообмена; при этих условиях выпускаемая продукция имеет высокое качество, а производительность аппаратуры значительно возрастает.

МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРИ ВЫПАРИВАНИИ

Если обозначить через:

G — вес раствора, поступающего на выпаривание, в *кг*;

n — начальную концентрацию раствора в % сухих веществ;

m — конечную концентрацию раствора в % сухих веществ;

W — количество выпаренной воды в *кг*;

$G_в$ — вес раствора в конце выпаривания в *кг*,

то уравнение материального баланса запишется в виде:

$$G = G_в + W \text{ или } G_в = G - W \ [кг].$$

Так как весовое количество сухих веществ при выпаривании не изменяется, то всегда существует равенство:

$$\frac{Gn}{100} = \frac{G_в m}{100}$$

или, подставив вместо $G_в$ его значение, получим, что количество выпаренной воды:

$$W = G\left(1 - \frac{n}{m}\right) [кг]. \qquad (XIII-1)$$

Конечный процент сухих веществ:

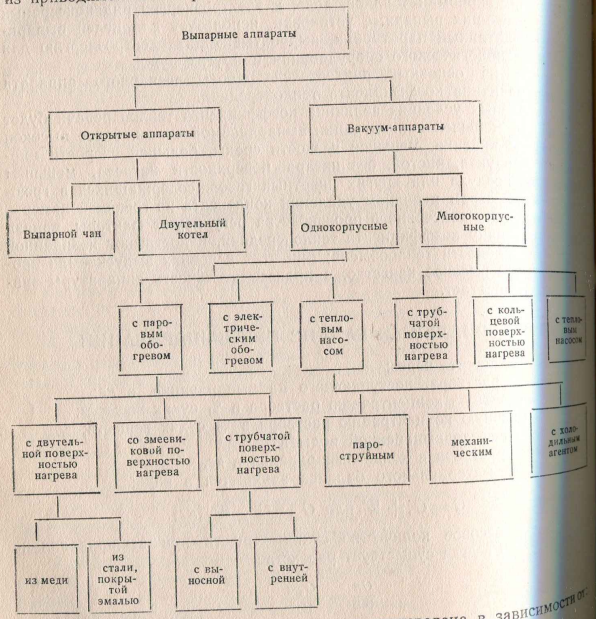
$$m = \frac{Gn}{G - W} = \frac{Gn}{G_в} [\%]. \qquad (XIII-2)$$

Вес раствора в конце выпаривания:

$$G_в = G\frac{n}{m} [кг]. \qquad (XIII-3)$$

КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫПАРНЫХ АППАРАТОВ

Технологические требования, обусловливающие температуру кипения при выпаривании, начальный и конечный процент сухих веществ, а также физико-химические свойства выпариваемого продукта и экономические показатели, характеризующие процесс выпаривания (расход пара, электроэнергии, затрата рабочей силы и др.), привели к многообразию конструкций выпарных аппаратов и схем их работы, что видно из приводимой классификации.



Классификация выпарных аппаратов произведена в зависимости от:

а) числа корпусов;

б) давления над продуктом;

в) вида и способа использования энергии;

г) конструкции нагревательной камеры.

В однокорпусных вакуум-выпарных аппаратах (рис. 175, *а*) растворитель концентрируется в одном корпусе, а вторичные пары направляются в конденсатор. В компрессионных выпарных вакуум-аппаратах (рис. 175, *б*, *в*) продукт также уваривается в одном корпусе, а часть вторичных паров после сжатия используется в том же корпусе. В многокорпусных выпарных вакуум-аппаратах (рис. 175, *г*) продукт последовательно концентрируется в нескольких корпусах, и вторичные пары используются в последующих корпусах.

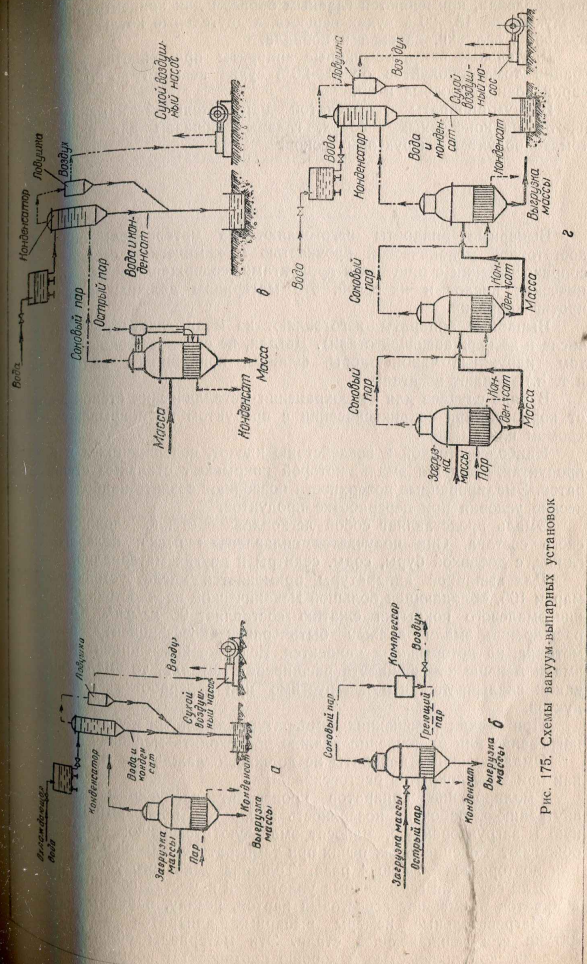


Рис. 175. Схемы вакуум-выпарных установок

Открытые выпарные аппараты — чаны, работающие при атмосферном давлении, применяются главным образом для концентрации томатных продуктов до 15—20% сухих веществ, а двутельные котлы — для варки бульонов, заливки, варенья и повидла.

Двутельные вакуум-выпарные аппараты применяются для концентрации томатопродуктов от 18—20% сухих веществ до 30—40%, для варки повидла, джема и др.

Вакуум-аппараты с трубчатой нагревательной камерой применяются на консервных заводах, главным образом для концентрации томатопродуктов и фруктовых соков.

* * *

Выпарные аппараты изготовляют из материалов, обладающих достаточной механической прочностью и химической стойкостью; при соприкосновении с пищевыми продуктами, содержащими растворы органических кислот и их солей, эти материалы должны быть стойкими против коррозии.

Выпарные аппараты изготовляют из меди, латуни, стали (в том числе и из нержавеющей стали). Детали, не соприкасающиеся с продуктом (наружные чаши, опоры, фланцы, подшипники, валы мешалок и т. п.), делают из стали.

В ряде случаев для предохранения металлических стенок аппаратов от коррозии при соприкосновении с продуктом их покрывают оловом, хромом или эмалью.

Наиболее стойкой к воздействию кислот, содержащихся в пищевых продуктах, является эмаль, которой покрывают стальные стенки аппаратов. Эмалированные поверхности позволяют создать наиболее гигиенические условия при переработке продуктов.

Эмаль представляет собой легкоплавкое стекло сложного химического состава. Она получается сплавлением песка, полевого шпата, глины, с добавкой буры, соды, селитры и других материалов.

Для выпарной аппаратуры применяется кислотоустойчивая эмаль марки 105, обладающая большой механической прочностью. Сопротивление эмалевого покрытия сжатию составляет 90 *кг/мм²*. Коэффициент расширения эмали должен быть равен коэффициенту расширения металла, на который она наносится. Если же коэффициент расширения эмали меньше коэффициента расширения металла, то эмаль при нагревании скалывается, что недопустимо при переработке пищевых продуктов.

При резких изменениях температуры эмаль разрушается, поэтому нагревание или охлаждение должно происходить медленно.

Эмалированные аппараты не должны охлаждаться ниже —20°, так как при этом покрытие растрескивается.

Эмалирование аппаратов производят следующим образом: на внутреннюю, рабочую, поверхность аппаратов, предварительно очищенную и загрунтованную, наносят эмалевую суспензию; затем аппараты обжигают в специальных печах при температуре 850—900°. Такая операция повторяется обычно 4 раза. Толщина эмалевого слоя 0,6—1,0 *мм*.

Для создания герметичных уплотнений в местах соединений деталей аппаратов применяют асбестовый картон, резину, паронит.

Нагревательные камеры выпарных аппаратов изготовляют из латуни или нержавеющей стали. Эти материалы обладают высокой механической прочностью и хорошо противостоят коррозии.

V ВЫПАРНЫЕ ЧАНЫ

(концентраторы)

Выпарные чаны для варки томат-пюре изготовляют в настоящее время из стали (эмалированные) и из нержавеющей стали. Деревянные чаны имеют много недостатков (образование плесеней в щелях и трещинах клепок, трудность содержания их в гигиенических условиях, большие потери продукта, необходимость частого ремонта), поэтому решением Технической конференции Главконсерва они заменяются металлическими.

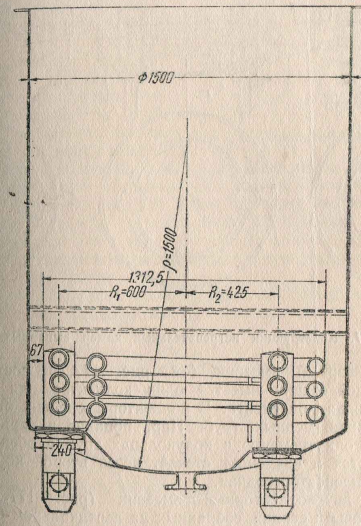


Рис. 176. Выпарной чан (концентратор)

Стальной эмалированный выпарной чан (рис. 176) состоит из корпуса цилиндрической формы со сферическим днищем и нагревательной камеры. Корпус и днище изготовлены из листовой стали толщиной 8 *мм* и покрыты изнутри кислотоустойчивой и термостойкой эмалью. В центре днища чана имеется спускное отверстие диаметром 76 *мм*, перекрытое шаровым краном, и отверстие для ввода пара и вывода конденсата из нагревательной камеры. Корпус чана установлен на четырех опорах. Внутри чана, на его днище, расположена нагревательная камера-змеевик. Змеевики бывают одноколлекторные (рис. 177, *а*), двухколлекторные (рис. 177, *б*) и сборные двухколлекторные (рис. 177, *в*).

Одноколлекторный змеевик образован из двух секций. Каждая секция имеет коллектор с перегородкой внутри, делящей его на две части: паровую и конденсационную. К коллектору приварены три витка медных труб диаметром 63 *мм* таким образом, что концы труб входят в паровую и конденсационную части его. Пар подводится в паровую часть коллектора снизу, распределяется по трем виткам труб, а конденсат отводится через вторую часть коллектора в конденсатоотводчик. Поверхность нагрева двух секций 4,25—5,5 *м*².

Двухсекционный одноколлекторный змеевик, предложенный ВНИИКП, показан на рис. 176.

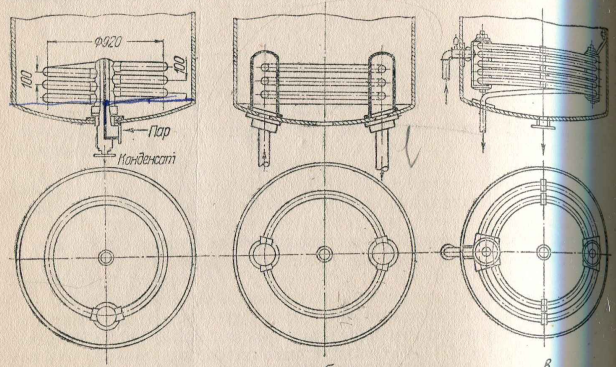


Рис. 177. Конструкции нагревательных камер выпарных чанов

Двухколлекторный змеевик (см. рис. 177, *б*) состоит из двух секций. В каждой секции имеется один коллектор для ввода пара и другой для вывода конденсата. В коллекторы с обеих сторон вварены по три полукольца медных труб. Пар, попадая в первый коллектор, распределяется одновременно в полукольцах труб с обеих сторон; там он конденсируется и конденсат стекает через второй конденсационный коллектор в конденсатоотводчик.

Сборный двухколлекторный змеевик (рис. 177, *в*) образован из шести или восьми секций, собранных на вертикальном болту. Каждая секция имеет два коротких коллектора, в которые вварены две медные трубы, расположенные параллельно в горизонтальной плоскости; они образуют таким образом полукруг. Для сборки нагревательной камеры насаживают последовательно одну секцию за другой на болты, проходящие через коллекторы, и устанавливают между коллекторами секций прокладки. Нижний и верхний коллекторы закрывают крышками и всю конструкцию затягивают гайками на болтах.

Пар подводится к одному сборному коллектору, а конденсат выводится из другого.

Достоинствами двухколлекторного змеевика являются: короткий путь пара и возможность изменять величину поверхности нагрева путем изменения количества секций. Недостатком его является наличие прокладок между коллекторами секций.

Поверхность нагрева змеевика, состоящая из восьми секций, равна 5,25 *м*².

Выпарной чан (рис. 178) оборудован коммуникацией, которая состоит из пароподводящей трубы *1* и конденсатоотводящей трубы *2*. Труба *2* соединяет коллектор змеевика с конденсатоотводчиком *3*. К пароводу *1* подключена водопроводная труба *4*, по которой вода поступает в змеевик во время его охлаждения. На трубе *4* установлен обратный клапан *5* и вентиль *6*. К конденсатоотводящей трубе *2* присоединены продувочная трубка *7* и водоотводящая труба *8*, перекрытые вентилями. По трубе *8* отводят охлаждающую воду в канализацию или на хозяйственные нужды.

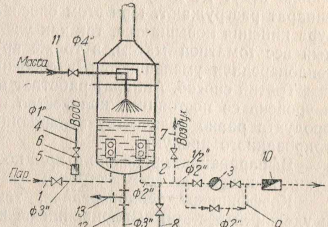


Рис. 178. Коммуникации выпарного чана

Конденсатоотводчик снабжен обводным трубопроводом *9*, через который можно отводить конденсат в начале работы чана или, при необходимости, благодаря этому трубопроводу, можно отключать конденсатоотводчик для осмотра и ремонта. На трубопроводе за конденсатоотводчиком устанавливают обратный клапан *10*.

Томатное сырье загружается в чан по томатопроводу *11*, готовая продукция выгружается по спускной трубе *12*, перекрытой трехходовым краном; при помощи этого крана можно направлять моечные воды по трубе *13* в канализацию или на утилизацию, в зависимости от содержания в них томатопродуктов.

Выпарной чан закрывают сверху крышкой с патрубком для отвода вторичных паров в атмосферу или в нагревательную камеру другого теплового аппарата.

Техническая характеристика выпарного чана

Диаметр корпуса	1500 *мм*
Высота (включая днище)	2150 »
Емкость	3500 *л*
Вес чана	1000 *кг*
Поверхность нагрева	4,70 *м*²
Давление пара	до 12 *ата*
Объем первичной загрузки (или выгруженного томата)	1050 *л*
Коэффициент теплопередачи (в *ккал/м² час* °С):	
при подогреве	до 5000
при выпаривании	7000

V РАБОТА ВЫПАРНОГО ЧАНА

Загрузку в выпарные чаны томатной массы и выгрузку ее из них осуществляют тремя способами, которыми обусловливаются производительность аппарата, продолжительность выпаривания и величина необходимой поверхности нагрева.

Первый способ. Аппарат первоначально заполняют до определенного уровня томатной массой, имеющей концентрацию n; в аппарате масса выпаривается до концентрации m. При выпаривании уменьшается объем томатной массы, понижается ее уровень, повышается температура кипения, увеличивается удельный вес, уменьшается теплоемкость и сни-

жается коэффициент теплопередачи. Постоянными остаются температура и давление вторичных паров. По достижении концентрации m % сухих веществ выпаривание прекращают и разгружают аппарат.

Второй способ. В процессе выпаривания объем и уровень томатной массы поддерживают постоянными путем непрерывной подачи в аппарат неконцентрированной томатной массы. Выпаривание при постоянном уровне ведут до получения концентрации m % сухих веществ и затем аппарат разгружают. При этом способе во время выпаривания температура кипения повышается, так как увеличиваются концентрация и удельный вес томатной массы, в то же время теплоемкость и коэффициент теплопередачи уменьшаются, в особенности в конце процесса.

Третий способ. Аппарат работает непрерывно: объем томатной массы и уровень ее постоянны; количество непрерывно добавляемого свежего продукта равно количеству испаряющейся воды и отбираемого концентрированного продукта.

Выпаривание происходит при постоянном (конечном) содержании сухих веществ.

Коэффициент теплопередачи, температура кипения, теплоемкость и удельный вес при выпаривании не изменяются и соответствуют конечной концентрации томатной массы.

Если осуществлять выпаривание в аппаратах, имеющих одинаковую производительность и одинаковую поверхность нагрева, то коэффициент теплопередачи (средний) и разность температур (средняя) будут большими при втором способе работы, меньшими при третьем и средними при первом. Продолжительность выпаривания будет меньшей при втором способе, большей при третьем и средней при первом способе работы.

На консервных заводах чаще всего работают по второму способу — с непрерывным доливом и постоянным объемом (или уровнем) массы, при этом способе достигается максимальная производительность или минимальная продолжительность варки.

Основным показателем работы чана является испарительная способность 1 $м^2$ поверхности нагрева за час, т. е. количество воды, испаряемой 1 $м^2$ поверхности змеевиков за 1 час. Испарительную способность змеевиков рассчитывают по формуле:

$$q = \frac{60W}{F\tau} \ [кг/м^2час],$$

где: W — количество выпаренной воды в *кг*;
F — величина поверхности нагрева в $м^2$;
τ — продолжительность выпаривания в мин.

При нормальной работе чана испарительная способность составляет 1000 *кг*/$м^2$ *час*. Передовики довели этот показатель до 1300—1500 *кг*/$м^2$ *час*. Такая испарительная способность достигается благодаря соблюдению следующих условий: температура поступающего на выпаривание продукта 95—98°; давление греющего пара в змеевиках 10 *ата*; долив производится непрерывно при толщине слоя продукта над змеевиками ~100 *мм*; периодически змеевик продувают паром для удаления скопляющегося воздуха; конденсат непрерывно отводится; нагар на змеевиках отсутствует.

При наличии нагара на змеевиках резко снижается коэффициент теплопередачи, увеличивается время варки, ухудшается качество продукта.

Причинами образования нагара являются карамелизация сахаров, содержащихся в томатной массе, подсушивание и обугливание клеточек, частицы которой при длительном соприкосновении томата с горячей поверхностью нагрева склеиваются пектиновыми веществами.

Если масса находится в состоянии движения или если температура поверхности нагрева не превышает 105°, то нагар не образуется.

Нагар может образоваться во время подогрева массы до кипения при прекращении подачи пара, а также при оголении змеевиков, когда в них находится пар высокого давления.

Для создания искусственной циркуляции массы во время подогрева и получения томат-пюре с содержанием 20% сухих веществ Т. И. Калачев предложил установить барботирующие трубки под всей поверхностью нагрева выпарного чана. Эксплуатация чанов, оборудованных такими барботерами, показала хорошие результаты. Нагар, как правило, при этом не образуется, так как струи пара, выходящие из отверстий барботера в томатную массу, создают интенсивную циркуляцию.

Однако этот метод неэкономичен, так как приходится расходовать топливо на выпаривание конденсата, образующегося из барботируемого пара.

В процессе выпаривания непрерывно изменяется величина коэффициента теплопередачи от греющего пара к продукту. Во время подогрева продукта коэффициент теплопередачи постепенно увеличивается, одновременно с повышением температуры. После начала кипения коэффициент теплопередачи значительно возрастает, а затем, по мере повышения концентрации кипящей массы, уменьшается. Наименьшее значение коэффициент теплопередачи имеет в конце варки.

При расчете выпарных чанов пользуются средними значениями коэффициента теплопередачи.

При непрерывном методе работы, когда поддерживается постоянный уровень кипящей массы (загрузка и выгрузка томатной массы осуществляются одновременно), коэффициент теплопередачи не изменяется, но величина его ниже среднего значения коэффициента теплопередачи при периодической работе с непрерывным доливом.

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ВЫПАРНОГО ЧАНА

Расход пара $Д$ за время одной варки при периодической работе выпарного чана определяется по уравнению (X—15). В этом уравнении общее количество теплоты $Q_{общ}$ равно суммарному количеству теплоты, расходуемой на нагревание чана (Q_1), и первоначально загруженного продукта (Q_2), на выпаривание воды из продукта (Q_3), на нагревание доливаемого продукта (Q_4) и на компенсацию тепловых потерь в окружающее пространство (Q_5).

Если известна продолжительность варки τ в часах, то часовой расход пара:

$$Д_{час} = \frac{Д}{\tau} \ [кг/час]. \qquad (XIII—4)$$

Тепловой баланс работы выпарного чана, графически изображенный на рис. 179, показывает, что основная часть тепловой энергии расходуется на выпаривание воды и составляет 59,2% от всего подведенного тепла. Расход пара на 1 *кг* выпаренной воды составляет 1,05—1,1 *кг*.

При подогреве массы до температуры кипения коэффициент теплопередачи K_1 меньше коэффициента теплопередачи при кипении — K_2, а разность температур между теплоносителем и массой несколько

больше. Поэтому при определении величины поверхности нагрева греющей камеры выпарного чана составляют два уравнения теплопередачи:

для первой фазы (подогрев)

$$Q_1 + Q_2 = FK_1\Delta t_1\tau_1$$

и для второй фазы (выпаривание)

$$Q_3 + Q_4 + Q_5 = FK_2\Delta t_2\tau_2.$$

Определяем τ_2:

$$\tau_2 = \frac{Q_3 + Q_4 + Q_5}{FK_2\Delta t_2}.$$

Так как

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 \text{ или } \tau_1 = \tau - \tau_2,$$

то, подставив в первое уравнение значение

$$\tau_1 = \tau - \frac{Q_3 + Q_4 + Q_5}{FK_2\Delta t_2},$$

получим:

$$Q_1 + Q_2 = FK_1\Delta t_1\left(\tau - \frac{Q_3 + Q_4 + Q_5}{FK_2\Delta t_2}\right),$$

откуда определяем F:

$$F = \frac{(Q_1 + Q_2)K_2\Delta t_2 + (Q_3 + Q_4 + Q_5)K_1\Delta t_1}{K_1 \cdot K_2\Delta t_1\Delta t_2\tau} \ [м^2], \qquad \text{(XIII—5)}$$

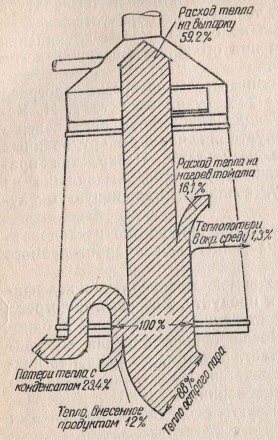


Рис. 179. Тепловой баланс выпарного чана

где: K_1 — коэффициент теплопередачи при подогреве в *ккал/м² час* °С;
K_2 — то же при выпаривании;
F — поверхность теплообмена в *м²*;
Δt_1 — разность температур при подогреве в °С;
Δt_2 — разность температур при выпаривании в °С;
τ — время варки в часах.

При непрерывной работе выпарного чана, когда загрузка и отбор уваренной массы осуществляются непрерывно и поддерживается постоянный уровень массы в чане, можно не принимать во внимание расход тепла на нагрев чана (Q_1) и подогрев первоначально загруженной массы (Q_2).

Коэффициент теплопередачи K при непрерывной работе чана меньше чем при периодической; при 15% сухих веществ K примерно равно 5000 *ккал/м² час* °С.

Если известна величина поверхности нагрева выпарного чана и режим работы, то можно определить его производительность из уравнения (XIII—5).

Искомая производительность чана G входит в выражение для расчета статей расхода тепла Q_3 и Q_4:

$$Q_3 = G_1 r\left(1 - \frac{n}{m}\right) \ [ккал],$$

и

$$Q_4 = (G - G_1)C(t_2 - t_1) \ [ккал],$$

где: G_1 — вес первоначально загруженного продукта в *кг*;
G — производительность выпарного чана в *кг* за время τ в часах;
n — начальное содержание сухих веществ в %;
m — конечное содержание сухих веществ в %;
r — скрытая теплота парообразования в *ккал/кг*.

Из уравнения (XIII—5) можно определить продолжительность выпаривания, если известны производительность и режим работы выпарного чана и величина его поверхности нагрева.

ОДНОКОРПУСНЫЕ ВАКУУМ-ВЫПАРНЫЕ АППАРАТЫ

Для получения продукта высокого качества, который имел бы натуральный цвет, вкус, аромат, и в котором сохранилась бы витаминозность, концентрирование проводят в вакуум-выпарных аппаратах при температурах кипения ниже 100° и давлении меньшем атмосферного. Наиболее простыми являются однокорпусные вакуум-выпарные аппараты.

Создание первичного вакуума и поддержание его во время работы аппарата осуществляются при помощи конденсатора и вакуум-насоса.

На схеме однокорпусной вакуум-выпарной установки, приведенной на рис. 175, показаны все коммуникации, связывающие вакуум-аппарат, конденсатор и вакуум-насос.

Выпаривание под вакуумом не только способствует сохранению натуральных свойств продукта, но и дает возможность поддерживать такой же по величине температурный перепад, как и в случае выпаривания при атмосферном давлении при более низком давлении греющего пара.

Однако при выпаривании под вакуумом требуется более сложное оборудование; эксплуатационные расходы (затрата воды, электроэнергии), стоимость ремонта и обслуживания выше.

Корпус вакуум-аппаратов в большинстве случаев имеет цилиндрическую или шаровидную форму. Верхний колпак и днище у аппаратов с цилиндрическим корпусом чаще всего делают конической или сферической формы.

Любая форма корпуса вакуум-выпарного аппарата, являющаяся в отношении внешнего избыточного давления достаточно устойчивой, приемлема. Емкость корпуса зависит от производительности аппарата и режима его работы. При работе по принципу непрерывного долива емкость корпуса может быть минимальной и зависит от полезного объема.

В целях создания оптимальных условий для интенсивного теплообмена корпус делают такой величины, чтобы отношение поверхности нагрева к полезному объему (постоянный объем, занимаемый массой в аппарате) было возможно бо́льшим.

Корпус вакуум-аппаратов изготовляют из листовой меди марки М2 или М3 (ГОСТ 859-41), содержащей чистой меди 99,7 ÷ 99,5%, а также из стали. Наиболее устойчивой против органических кислот, содержащихся в пищевых продуктах, является нержавеющая сталь марки 1Х18Н9 2Х18Н9 (хромо-никелевая) и 1Х18Н9Т (хромо-никелевая с титаном, ГОСТ 5632-51). При применении стали других марок требуется обязательно защитное покрытие.

Для покрытия эмалью корпуса аппаратов изготовляют из стали марки 08 (ГОСТ В-1050-41).

При изготовлении, монтаже и ремонте вакуум-аппаратов особое внимание уделяется соединениям и уплотнениям прокладками, обеспечивающими герметичность аппаратов.

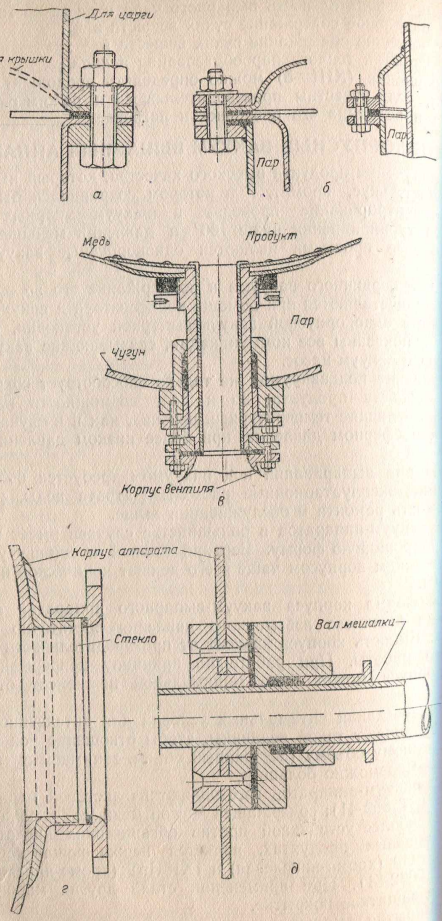


Рис. 180. Способы соединений частей аппарата

На рис. 180 показаны наиболее часто встречающиеся способы соединений отдельных частей аппарата, крышек (рис. 180, *а*), двойных днищ (рис. 180, *б*), разгрузочных патрубков (рис. 180, *в*), а также смотровых стекол, лазов (рис. 180, *г*) и подшипника вала мешалки (рис. 180, *д*).

Прокладки, обеспечивающие герметичность соединений, должны обладать кислотоустойчивостью, влагостойкостью, выдерживать температуру до 150° и давление до 8 *ата*.

В качестве прокладок в местах соединений частей аппарата применяют асбестовый картон (ГОСТ 2850-45) и паронит (ГОСТ 481-47); эти материалы представляют собой листы из асбеста, каучука и минеральных наполнителей. На люках и лазах применяют чаще всего резиновые прокладки средней эластичности, без вредных для пищевых продуктов примесей (резина группы IX ТУ НКХП 233-Н).

ВАКУУМ-АППАРАТ С ДВУТЕЛЬНОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ КАМЕРОЙ ЗАВОДА ИМЕНИ М. И. КАЛИНИНА

Вакуум-аппарат (рис. 181) состоит из стального наружного корпуса *1*, внутренней медной сферической чаши *2*, обогреваемой паром, медного корпуса *3*, сухопарника *4* с ловушкой *5* и мешалки *6*.

На корпусе аппарата находятся: термометр *10*, вакуумметр *11*, осветительное окно *12*, смотровое стекло *13*, загрузочный пробковый кран *14*, воздушный краник *15*, кран *16* для отбора пробы и люк.

Мешалка *6* представляет собой горизонтальный вал, расположенный в аппарате, на котором укреплены четыре бича с лопастями. Лопасти расположены так, что при вращении вала они последовательно проходят над всей поверхностью нагрева. Расстояние от лопастей до поверхности нагрева 5 ÷ 10 *мм*. Вал мешалки делает 4—12 об/мин. и приводится в движение через червячный редуктор от электродвигателя.

Работа ловушки *5* основана на изменении скорости и направления соковых паров, уносящих частицы продукта. Наиболее крупные частицы продукта, встречая ловушки, теряют свою скорость и задерживаются, а соковые пары с мелкими частицами продукта, огибая тарелку, проходят через кольцевой зазор вверх, в сухопарник, где вследствие изменения скорости частицы продукта падают и отводятся обратно в выпарной аппарат.

На наружной поверхности паровой камеры имеются патрубки *7* для ввода пара и *8* для вывода конденсата, а также предохранительный клапан и манометр. Готовый продукт выгружается через разгрузочный патрубок *9* с пробковым краном.

Вакуум-аппараты с двутельной нагревательной камерой завода имени М. И. Калинина применяют для концентрации томатопродуктов от 14—16% сухих веществ до 30%, а также для варки повидла и джема.

Техническая характеристика вакуум-аппарата

Полезный объем	750 - 800 *л*
Поверхность нагрева	2,6 - 2,74 *м²*
Давление пара в паровой камере	3,5 - 4,0 *ата*
Вакуум в аппарате	660 ÷ 680 *мм* рт. ст.
Мощность электродвигателя	1,0 *квт*
Вес	2016 *кг*

Габариты в *мм*:

длина	2220
ширина	2020
высота	4330

При концентрации томатопродуктов под вакуумом температура кипения составляет примерно 50°, коэффициент теплопередачи 2500—

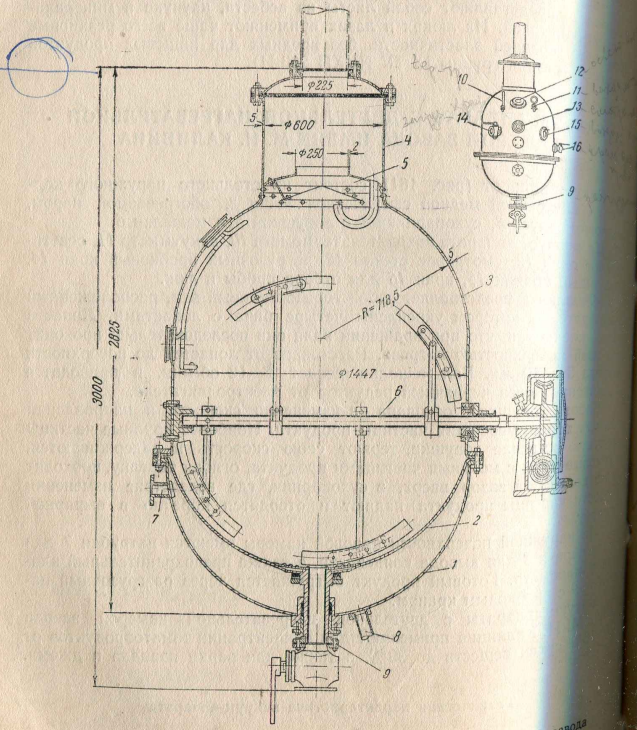


Рис. 181. Вакуум-аппарат с двутельной нагревательной камерой завода имени М. И. Калинина

2600 *ккал/м² · час · °С*, производительность аппарата 0,8 *т/час*, испарительная способность 450 *кг* воды/м² час, продолжительность варки в среднем 35 мин., а полного цикла работы — 55 мин. Для ускорения разгрузки иногда в аппарате создают давление 0,1 ÷ 0,15 *ати*.

ЭМАЛИРОВАННЫЙ ВАКУУМ-ВЫПАРНОЙ АППАРАТ С ДВУТЕЛЬНОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ КАМЕРОЙ

Вакуум-выпарные эмалированные аппараты с двутельной нагревательной камерой изготовляет Ленинградский химико-пищевой комбинат. В таких аппаратах полностью исключена возможность попадания металла в продукт и созданы лучшие условия для сохранения витаминозности продукта.

Нижняя часть вакуум-аппарата имеет такое же устройство, как описанные двутельные котлы. Верхняя часть аппарата образована из корпуса цилиндрической формы и сферической крышки с каплеуловителем. Внутренняя поверхность аппарата покрыта эмалью.

На корпусе установлены лаз, смотровое стекло, патрубки для вакуумметра и термометра и осветительное стекло.

Основные данные об эмалированных вакуум-выпарных аппаратах приведены в табл. 23.

Таблица 23

Тип аппарата	Емкость чаши в *л*	Диаметр корпуса в *мм*	Диаметр рубашки в *мм*	Высота общая в *мм*	Диаметр спускного патрубка в *мм*
ВА-250 . .	250	750	850	1900	50
ВА-500 . .	500	1000	1100	2100	50
ВА-1000 . .	1000	1200	1300	2500	75

ВАКУУМ-ВЫПАРНОЙ АППАРАТ С ВЫНОСНОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ КАМЕРОЙ

Выпарной аппарат с выносной нагревательной камерой (калоризатором) отличается компактностью и простотой устройства.

Все части аппарата, соприкасающиеся с продуктом, изготовлены из нержавеющей стали марок 2Х18Н9 или 1Х18Н9Т; сталь этих марок наиболее устойчива против растворов органических кислот, солей и щелочей.

Вакуум-аппарат (рис. 182) состоит из калоризатора *1* и сепаратора *2*, смонтированных на общем металлическом каркасе и соединенных между собой внизу циркуляционной трубой *3* и вверху фланцами *4*.

Калоризатор *1* представляет собой трубчатый одноходовый подогреватель, образованный из двух трубных плит диаметром 760 *мм*, в которые ввальцованы 96 трубок из нержавеющей стали; диаметр трубок — 57×1 *мм*, длина их — 3000 *мм*.

В нижней части кожуха калоризатора имеется патрубок *5* для подачи греющего пара и патрубок *6* для отвода конденсата. В верхней части кожуха установлен патрубок *7* для отвода воздуха.

Продукт, подвергающийся выпариванию, подается через патрубок *8* в нижней крышке калоризатора и из него через верхний патрубок направляется в сепаратор.

Обе крышки калоризатора укреплены на шарнирах и легко открываются в случае необходимости произвести промывку и чистку трубок.

В нижней части калоризатора установлено водомерное стекло для наблюдения за уровнем конденсата.

Сепаратор *2* служит для отделения вторичного пара, выделяющегося из кипящей массы, и отвода его в конденсатор.

Кипящий продукт из калоризатора поступает в верхнюю часть сепаратора тангенциально и приобретает при этом вращательное движение. На сферической стенке сепаратора установлен каплеуловитель (сухопарник), от которого отходит патрубок для вторичных паров.

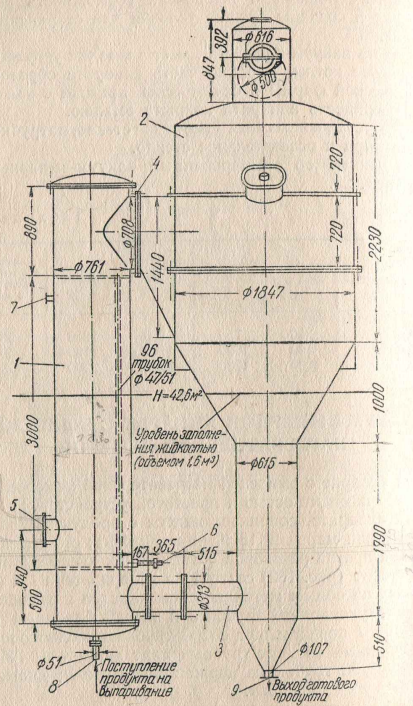


Рис. 182. Вакуум-аппарат с выносной нагревательной камерой

При помощи конуса сепаратор соединен с вертикальной циркуляционной трубой, в нижней части которой имеется патрубок для выпуска уваренного продукта.

На корпусе сепаратора установлено смотровое стекло для наблюдения за ходом выпарного процесса. Устройство для отбора проб находится в нижней части циркуляционной трубы.

РАБОТА ВАКУУМ-АППАРАТА

Томатную массу, имеющую температуру 80 ÷ 85° с содержанием сухих веществ около 5%, непрерывно загружают в таком количестве, чтобы уровень ее в аппарате находился в середине высоты конуса сепаратора. При этом объем массы в аппарате будет равен около 1600 *л*. Массу в аппарат можно загружать насосом или за счет вакуума.

В межтрубное пространство калоризатора подводится пар давлением примерно 1,25 *ата* из котла или отработанный из турбины или турбонасоса. Конденсат отводится с помощью конденсатоотводчика.

В сепараторе поддерживается вакуум порядка 600 ÷ 700 *мм* рт. ст. Циркуляция массы происходит многократно по контуру: калоризатор (вверх) — сепаратор — циркуляционная труба.

Интенсивное движение массы в калоризаторе достигается за счет разности между гидростатическим давлением столбов восходящей паро-жидкостной смеси и спускающейся жидкостью в сепараторе, а также за счет движения пара вверх в калоризаторе.

Загруженный продукт, имеющий температуру примерно 80°, поступает в нижнюю часть калоризатора и смешивается с продуктом, движущимся из сепаратора; благодаря вакууму происходит самоиспарение и образуется паро-жидкостная смесь.

При перемещении вверх по трубкам калоризатора паро-жидкостная смесь воспринимает тепло от поверхности стенок, что приводит к дальнейшему парообразованию.

Одновременно происходит и некоторый перегрев паро-жидкостной смеси благодаря действию гидродинамического давления и гидравлических сопротивлений.

Из массы, входящей с большой скоростью в сепаратор и движущейся вдоль стенок его корпуса, выделяются пузырьки пара, которые затем собираются вверху и непрерывно отводятся в конденсатор. Масса с увеличенным процентным содержанием сухих веществ движется по циркуляционной трубе вниз и затем в калоризатор.

В этом аппарате можно концентрировать томатную массу до содержания в ней 30% сухих веществ; выгрузку осуществляют периодически или непрерывно поршневым насосом.

Достоинствами такого вакуум-аппарата является то, что процесс протекает при интенсивной циркуляции массы, уменьшающей возможность образования нагара, выпаривание происходит непрерывно, томатную массу можно уваривать до 30% сухих веществ.

Техническая характеристика

Величина поверхности нагрева	42,6 *м²*
Испарительная способность	90 *кг/м² час*
Средний коэффициент теплопередачи (в *ккал/м²·час·°C*):	
при варке до 15% сухих веществ	$K = 1000$
„ „ „ 30% „ „	$K = 600$
Габариты в *мм*:	
длина	3200
ширина	2000
высота	7400

ВАКУУМ-ВЫПАРНОЙ АППАРАТ С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ КАМЕРОЙ

В целях увеличения коэффициента теплоотдачи от поверхности нагрева к продукту и для повышения скорости циркуляции массы, устраняющей возможность образования нагара, в особенности при высоких

концентрациях продукта, проектировались и подвергались исследованию выпарные аппараты с вращающейся поверхностью нагрева. Исследованиями установлено, что оптимальной является окружная скорость 1,5—2 *м/сек*.

Такой аппарат изготовлен на Одесском консервном заводе имени Ворошилова по предложению инж. Н. Я. Рабинера.

Вакуум-аппарат (рис. 183) представляет собой цилиндрический корпус *1*, в котором помещена нагревательная камера — ротор *2*, вращающийся от привода *3*.

Корпус аппарата изготовлен из красной меди. Верхняя часть аппарата имеет сферическую крышку и сухопарник, в котором помещается ловушка *4*. На корпусе установлен патрубок *5* для подачи продукта на уваривание, патрубок *6* для отвода вторичных паров в конденсатор, патрубок *7* для выгрузки продукта из аппарата. Кроме того, установлены смотровое стекло, осветительное стекло, вакуумметр и термометр.

Нагревательная камера образована из четырех латунных полых конусов *8*, укрепленных на вертикальном полом валу *9* при помощи распределительной головки *10*. Внутри вала *9* имеется труба *11* для отвода конденсата из четырех конусов. Вал *9* лежит в опорном подшипнике *12*, который закрыт сверху уплотняющим кольцом с набивкой. В нижнюю полую часть вала *13* подводят пар. Конденсат отводится через патрубок *14*.

В корпусе аппарата над нагревательной камерой установлена перегородка *15*, предотвращающая вращение продукта вместе с верхним конусом. Вал *9* вращается текстропной передачей от шкива *16* электродвигателя.

РАБОТА АППАРАТА

Вал *9* вместе с нагревательной камерой приводят во вращательное движение (450—550 об/мин.). Загружают продукт в таком количестве, чтобы его поверхность была на 15—20 *см* выше края верхнего конуса. Под действием центробежной силы продукт будет перемещаться между конусами вверх, а через отверстия распределительной головки *10* в пространство между конусами будет поступать свежий продукт.

По полому валу *9* подается пар давлением 3—4 *ата*, который через отверстия в вале попадает в полую часть конусов.

Образующийся в конусах конденсат под действием центробежной силы отбрасывается кверху и под этим давлением входит в конденсатоотводящие трубки, соединенные с трубой *11*, откуда выводится наружу.

Достоинствами этой конструкции являются: возможность уваривать томат-пасту до 50% сухих веществ под вакуумом без образования нагара на поверхности нагрева, высокий коэффициент теплопередачи, непродолжительное время соприкосновения продукта с поверхностью нагрева.

Недостатком такого вакуум-аппарата можно считать сложность конструкции и изготовления.

Техническая характеристика

Поверхность нагрева	2 *м²*
Испарительная способность для воды .	800 ÷ 1000 *кг/м² час*
При уваривании пасты от 30 до 50% сухих веществ коэффициент теплопередачи составляет	4000 ÷ 6000 *ккал/м²час°*

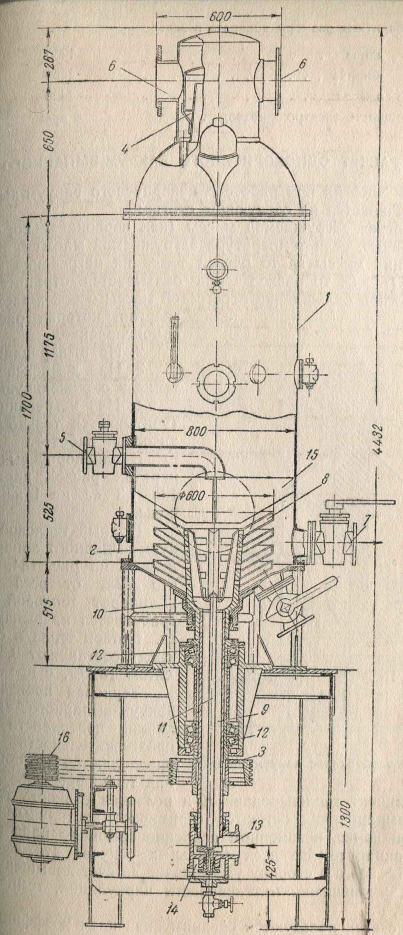


Рис. 183. Вакуум-аппарат с вращающейся нагревательной камерой

Габаритные размеры аппарата в *мм*:

длина	1250
ширина	1250
высота	4430
Мощность электродвигателя	8 *квт*

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОДНОКОРПУСНОГО ВАКУУМ-ВЫПАРНОГО АППАРАТА

Тепловая энергия при работе однокорпусного вакуум-выпарного аппарата затрачивается на следующие статьи:

1. На нагрев загружаемой массы (как первоначально, так и долваемой). Причем, если температура загружаемой массы t_1 равна температуре кипения массы t_2, то расход тепла на нагревание массы равен нулю. Если $t_1 > t_2$, то расход тепла оказывается отрицательным. Это означает, что при охлаждении перегретой массы освобождается тепловая энергия, которая расходуется на самоиспарение.

2. На выпаривание влаги.

3. На компенсацию потерь тепла в окружающую среду.

4. На нагревание аппарата (учитывается только при периодической работе).

В однокорпусных вакуум-аппаратах расход пара составляет 1,2—1,3 *кг* на 1 *кг* выпаренной воды.

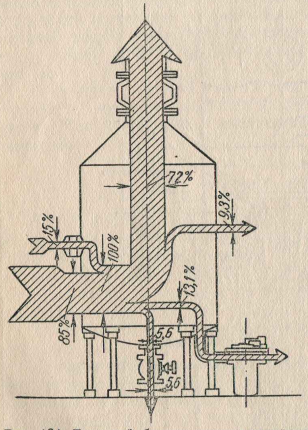


Рис. 184. Тепловой баланс вакуум-аппарата

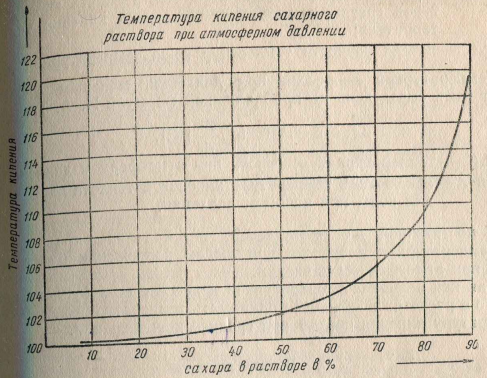
Полный тепловой баланс вакуум-выпарного аппарата, приведенный на рис. 184, показывает, что 72% от всей подведенной в аппарат тепловой энергии затрачивается на выпаривание влаги. Потери тепла в окружающую среду составляют 9,3%, с конденсатом 13,1%, с продуктом 5,6%.

Тепловая производительность вакуум-выпарного аппарата, величина поверхности нагрева или продолжительность выпаривания определяются из общего уравнения теплопередачи.

Коэффициент теплопередачи K и полезная разность температур Δt во время выпаривания остаются (примерно) постоянными только при непрерывной варке, неизменном давлении греющего пара и постоянном вакууме в аппарате. Во всех остальных случаях эти величины изменяются, чаще всего в сторону уменьшения за счет повышения концентрации массы, уменьшения интенсивности циркуляции, температурной депрессии и т. п.

При расчетах пользуются средним значением коэффициентов теплопередачи, полученных опытным путем.

Полезная разность температур Δt во время выпаривания при непрерывном повышении концентрации массы уменьшается из-за температурной депрессии; величина этой депрессии при атмосферном давлении может быть определена по графикам (рис. 185), составленным для сахарного раствора по данным проф. П. М. Силина, и для томатопродуктов — по



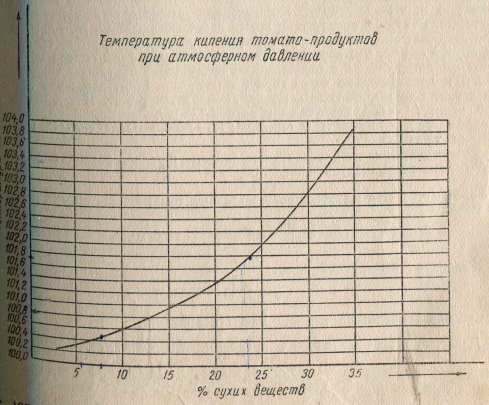


Рис. 185. График температур кипения сахарного раствора и томатопродуктов

материалам Института пищевой и холодильной промышленности. Как видно из графиков, температурная депрессия повышается с увеличением концентрации.

Полезная разность температур определяется из уравнения:

$$\Delta t = \Delta t_в - \Delta t_д,$$

где: $\Delta t_в$ — видимая разность температур, или разность между температурой греющего пара и температурой кипения чистого растворителя;

$\Delta t_д$ — потеря разности температур из-за температурной депрессии.

Температурная депрессия при давлении, меньшем атмосферного, может быть определена по приближенной формуле И. А. Тищенко:

$$\Delta t_д = 0{,}003872\, \Delta t'_д \frac{T^2}{r}\ [°C], \qquad (XIII—6)$$

где: $\Delta t'_д$ — температурная депрессия при атмосферном давлении;

T и r — абсолютная температура кипения и теплота парообразования для воды при искомом давлении.

С достаточной для практических целей точностью можно считать, что температурная депрессия при любом разрежении будет такой же, как и при атмосферном давлении.

Так как величина температурной депрессии есть функция концентрации, то в расчетах необходимо принимать температурную депрессию (или температуру кипения среды) при средней концентрации.

Примерный расчет

Однокорпусный периодически действующий вакуум-аппарат с двутельной нагревательной камерой за одну варку выпускает $G_в = 750$ *кг* томатной пасты, содержание сухих веществ в ней $m = 30\%$. Концентрация загружаемого томат-пюре $n = 16\%$ сухих веществ. Вакуум в аппарате во время работы $b = 660$ *мм* рт. ст. Начальная температура загружаемой массы $t_1 = 45°$. Давление греющего пара $P = 4{,}0$ *ата* и степень сухости пара $X = 0{,}95$. Вес наружной стальной чаши $G_1 = 600$ *кг*, вес медного корпуса $G_2 = 1400$ *кг*; потери тепла в окружающую среду через наружную чашу греющей камеры 1,5% и дополнительно через корпус аппарата — 1,5%, или всего 3% от общего расхода тепла. Барометрическое давление $B = 753$ *мм* рт. ст. Начальная температура стальной чаши $t_1' = 65°$, корпуса аппарата $t_1'' = 25°$.

Коэффициент теплопередачи (средний) $K = 2600$ *ккал/м² · час · °C*. Продолжительность варки $\tau = 0{,}6$ часа.

Требуется определить величину поверхности нагрева, расход пара и составить тепловой баланс по расходу пара.

Решение. 1. Вес загруженного на варку томат-пюре:

$$G = G_в \frac{m}{n} = 750 \frac{30}{16} = 1406\ кг.$$

2. Количество выпаренной воды:

$$W = G - G_в = 1406 - 750 = 656\ кг.$$

3. Средняя температура кипения массы в аппарате:

а) Давление вторичных паров при вакууме 660 *мм* рт. ст.

$$P_c = \frac{B - b}{735{,}6} = \frac{753 - 660}{735{,}6} = 0{,}126\ кг/см^2.$$

По таблицам водяного пара находим, что при этом давлении температура вторичного пара $t_c = 50°$ и скрытая теплота парообразования $r_c = 569$ *ккал/кг*.

б) Средняя температура кипения массы будет выше на величину температурной депрессии.

По кривой изменения температурной депрессии на рис. 185 находим, при средней концентрации массы, величину температурной депрессии; при этом $\Delta t_д = 1{,}5°$, тогда температура кипения массы $t_2 = t_c + \Delta t_д = 50 + 1{,}5 = 51{,}5°$.

4. Расход тепла на нагревание загруженной массы:

$$Q_1 = GC(t_2 - t_1) = 1406 \cdot 0{,}89(51{,}5 - 45) = 8130\ ккал.$$

Теплоемкость определяем по формуле (X—3):

$$C = \frac{100 - 0{,}65n}{100} = \frac{100 - 0{,}65 \cdot 16}{100} = 0{,}89\ ккал/кг\ °C.$$

5. Расход тепла на выпаривание влаги:

$$Q_2 = Wr_c = 656 \cdot 569 = 373\,260\ ккал.$$

6. Расход тепла на нагревание аппарата.

а) Нагрев наружной стальной чаши:

$$Q'_3 = G_1 C_c (t'_2 - t'_1) = 600 \cdot 0{,}115 (143 - 65) = 5380\ ккал.$$

Конечную температуру чаши t_2' принимаем равной температуре греющего пара. При $P = 4$ *ата* $t_п = 143°$.

б) Нагрев медной части аппарата:

$$Q''_3 = G_2 C_м (t''_2 - t''_1) = 1400 \cdot 0{,}094 (50 - 25) = 3290\ ккал.$$

Конечную температуру медной части аппарата принимаем равной температуре $t_2 = 50°$.

Суммарный расход тепла на нагрев аппарата:

$$Q_3 = Q'_3 + Q''_3 = 5330 + 3290 = 8670\ ккал.$$

7. Расход тепла на компенсацию потерь в окружающую среду.

По условию эти потери составляют от общего расхода тепла 1,5% через наружную стальную чашу и 1,5% через корпус аппарата, или всего 3% от общего расхода тепла

$$Q_4 = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3)3}{97} = \frac{(8130 + 373\,260 + 8670)3}{97} = 12\,060\ ккал.$$

Из них: через стальную наружную чашу $Q'_4 = 6030$ *ккал* и через корпус аппарата $Q''_4 = 6030$ *ккал*.

8. Общий расход тепла:

$$Q_{общ} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 402\,120\ ккал.$$

9. Расход пара:

$$Д = \frac{Q_{общ}}{i - i_к} = \frac{402\,120}{629 - 138{,}7} = 820\ кг.$$

При $P = 4{,}0$ *ата* и $X = 0{,}95$ находим теплосодержание пара по диаграмме $I—S$; $i = 629$ *ккал/кг*.

Теплосодержание конденсата принимаем на 5 *ккал* меньше теплосодержания жидкости. При $P = 4{,}0$ *ата* $i' = 143{,}7$, тогда

$$i_к = 143{,}7 - 5 = 138{,}7\ ккал/кг.$$

10. Тепловой баланс по расходу пара:

Приход тепла с паром:

$$Дi = 820 \cdot 629 = 515\,870\ ккал — 100\%.$$

Расход тепла в *ккал*:

На нагревание загружаемой массы . .	$Q_1 = 8\,130$	1,6%
На выпаривание влаги	$Q_2 = 373\,260$	72,1%
На нагревание аппарата	$Q_3 = 8\,670$	1,7%
Потери в окружающую среду	$Q_4 = 12\,060$	2,4%
С конденсатом	$Дi_к = 820 \cdot 138{,}7 = 113\,750$	22,2%
Итого	515 870	100%

11. Величина поверхности нагрева.

Из общего уравнения теплопередачи находим

$$F = \frac{Q'_{общ}}{\tau K \Delta t} = \frac{390\,710}{0{,}6 \cdot 2600 \cdot 91{,}5} = 2{,}74 \ м^2.$$

Тепло, переданное через поверхность нагрева

$$Q'_{общ} = Q_1 + Q_2 + Q''_3 + Q''_4 = 390\,710 \ ккал.$$

Полезная разность температур:

$$\Delta t = t_п - t_2 = 143 - 51{,}5 = 91{,}5°.$$

Коэффициент теплопередачи по условию: $K = 2600$ *ккал/м² · час · °С*, продолжительность варки по условию: $\tau = 0{,}6$ часа.

ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РАСЧЕТЫ ВЫПАРНЫХ АППАРАТОВ

Объем аппарата:

$$V = V_м + V_г + V_п \ [м^3],$$

где: $V_м$ — объем массы в аппарате в $м^3$;
$V_г$ — объем нагревательной камеры в $м^3$;
$V_п$ — объем парового пространства в $м^3$.

В выпарных аппаратах с двутельной нагревательной камерой объем увариваемого продукта должен быть равен объему чаши или больше его. В противном случае часть поверхности нагрева будет оголена, что приведет к снижению производительности аппарата и образованию нагара.

Из теплового расчета находят величину поверхности нагрева F, и задаются высотой цилиндрической части поверхности нагрева h_1, выбирают соотношение между радиусом чаши a и высотой сферического сегмента h, которое обычно составляет от $a = h$ до $a = 2h$, и из уравнения

$$F = \pi(a^2 + h^2) + 2\pi a h_1 \ [м^2], \qquad (XIII-7)$$

определяют величину h, а затем и a.

По полученным размерам проверяют объем сосуда по уравнению:

$$V = \frac{1}{6}\pi h(3a^2 + h^2) + \pi a^2 h_1 \ [м^3]. \qquad (XIII-8)$$

При этом должно быть $V \leqslant V_м$.

Размеры парового надрастворного пространства устанавливаются в зависимости от необходимой степени отделения из вторичного пара капель концентрируемой массы.

Количество частиц массы, уносимых вторичным паром, зависит от высоты подъема их над уровнем жидкости.

В свою очередь высота подъема частиц обусловливается скоростью движения вторичных паров, поверхностным натяжением и вязкостью массы, а также размером подбрасываемых частиц при кипении массы.

Некоторые данные о высоте подъема частиц (при концентрации томатопродуктов), размер которых больше 1 *мм*, приведены в табл. 24.

Высота и диаметр аппарата зависят от условий концентрации и конструктивных соображений. При установлении высоты и диаметра аппарата учитывают объем массы, конструкцию нагревательной камеры, объем парового (надрастворного) пространства и высоту подбрасывания частиц массы. Отношение высоты парового пространства к общей высоте

корпуса должно быть не меньше 1 : 2, что необходимо для предотвращения выбрасывания в паропровод вспенивающейся, бурно кипящей массы.

Таблица 24

Аппарат	Конечное содержание сухих веществ в %	Скорость движения вторичных паров в аппарате в *м/сек*	Температура кипения массы в °	Высота подъема частиц в *м*
Выпарной чан . . .	15	1,3	100	1,6
Вакуум-аппарат с трубчатой вертикальной поверхностью нагрева	18	3,8	52	2,0
Вакуум-аппарат с двутельной нагревательной камерой	30	2,2	54	1,2

В выпарных аппаратах на прочность рассчитывают нагревательную камеру и стенки корпуса.

Толщина стенки стального цилиндрического корпуса при наружном избыточном давлении может быть определена по формуле:

$$\delta = \frac{PDK}{2\sigma_в\varphi} + C \ [см], \qquad (XIII-9)$$

где: P — избыточное давление в *кг/см²*;
D — диаметр корпуса в *см*;
K — запас прочности металла; колеблется от 4,00 до 4,75 в зависимости от рода шва; для сварного шва $K = 4{,}25$;
φ — запас прочности шва; в зависимости от рода шва φ изменяется от 0,6 до 0,75 и для сварного шва $\varphi = 0{,}7$;
$\sigma_в$ — предел прочности (временное сопротивление разрыву); берется по справочнику в *кг/см²*;
C — величина, учитывающая химический износ материала; принимается равной 0,1—0,3 *см*.

Толщину медной стенки цилиндрического корпуса вакуум-аппарата при наружном избыточном давлении, если температура стенки меньше 120°, определяют по такой формуле:

$$\delta = \frac{PD}{1600}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{aL}{P(L+D)}}\right) + 0{,}2\,(0{,}6 - \sigma_о) \ [см], \qquad (XIII-10)$$

где: P — избыточное внешнее давление в *кг/см²*;
D — внутренний диаметр корпуса аппарата в *см*;
L — длина корпуса в *см*;
a — коэффициент, значения которого принимаются в зависимости от расположения корпуса и вида шва (табл. 25);
$\sigma_о$ — величина первого члена правой части уравнения; при $\sigma_о > 0{,}6$ второй член правой части отбрасывается.

Таблица 25

Расположение корпуса	Вид шва	
	заклепочный	сварной
Вертикальное . . .	70	5
Горизонтальное . .	100	80

Толщину стенки сферических или шарообразных корпусов, работающих при избыточном наружном давлении, определяют по формуле:

$$\delta = \frac{P \cdot R}{200 \cdot [\sigma]} \ [мм], \qquad (XIII—11)$$

где: P — избыточное давление в $кг/см^2$;
R — внутренний радиус кривизны в $мм$;
$[\sigma]$ — допускаемое напряжение на разрыв; для стали $[\sigma] = 4{,}5 - 6{,}5$ $кг/мм^2$; для меди $[\sigma] = 4$ $кг/мм^2$, при температуре менее 200°.

Стенки корпуса вакуум-аппарата чаще всего деформируются по двум причинам: 1) вследствие потери аппаратом устойчивости из-за недостаточной толщины стенки, если внешнее давление равно или больше критического давления, при котором имеет место потеря устойчивости; 2) из-за плохого монтажа или ремонта аппарата, если были допущены отклонения от цилиндрической формы корпуса аппарата более 0,5% его радиуса, т. е. более 0,005 R.

Наименьшее значение критического давления ($P_{кр}$), при котором теряется устойчивость цилиндрических аппаратов, имеющих кольца жесткости (крышки, днища, фланцы, трубные решетки), определяется по формуле:

$$P_{кр} = \frac{\delta}{r} \cdot \frac{E}{(n^2-1)a^2} + \frac{\delta^3}{r^3} \cdot \frac{E}{12(1+\mu^2)} \left[(n^2-1) + \frac{2n^2 - \mu - 1}{a} \right] \ [кг/см^2], \qquad (XIII—12)$$

где: E — модуль нормальной упругости; для стали $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ $кг/см^2$, для меди $E = 1{,}0 \cdot 10^6$ $кг/см^2$;
δ — толщина стенки аппарата в $см$;
r — радиус аппарата в $см$;
μ — коэффициент Пуассона; для стали $\mu = 0{,}25 \div 0{,}33$; для меди $\mu = 0{,}31 \div 0{,}34$; для латуни $\mu = 0{,}32 \div 0{,}42$;
n — число волн, образующихся в поперечном сечении цилиндра при потере им устойчивости;

$$a = 1 + \left(\frac{nl}{\pi r}\right)^2, \qquad (XIII—13)$$

где l — длина аппарата между кольцами жесткости в $см$.

Для определения наименьшего значения $P_{кр}$ подставляют в формулу (XIII—12) различные значения чисел волн $n = 2, 3, 4, 5$ и т. д.

Допускаемое внешнее давление или запас устойчивости определяют по формуле:

$$P = \frac{P_{кр}}{X} \ [кг/см^2], \qquad (XIII—14)$$

$$X = \frac{P_{кр}}{P},$$

где X — коэффициент запаса устойчивости; обычно принимается от 2,5 до 3 при строгой цилиндричности корпуса аппарата и от 4 до 4,5, если имеется отклонение от цилиндричности до 0,005 R (радиуса аппарата).

Отклонения от цилиндричности аппарата выше 0,005 R недопустимы.

Методы расчетов размеров нагревательной камеры изложены в главе XI.

Нагревательную камеру существующего выпарного аппарата проверяют на прочность путем тщательного осмотра и гидравлического испытания, так как она разрушается чаще всего вследствие коррозии материала трубок, трубных решеток и днищ.

КОНДЕНСАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА ВАКУУМ-ВЫПАРНЫХ АППАРАТОВ

Нормальная работа однокорпусных (конденсационных) вакуум-аппаратов возможна при непрерывном и полном отводе из аппарата образующихся в нем вторичных паров. Давление вторичных паров ниже атмосферного, поэтому они не могут быть выведены непосредственно в атмосферу.

Удалять вторичные пары насосами неэкономично, так как удельный объем пара низкого давления очень велик, вследствие чего потребовались бы насосы больших размеров. Так, при давлении вторичного пара 0,12 $ата$, его удельный объем $V = 12{,}6$ $м^3/кг$ и при выпаривании 1000 $кг/час$ воды необходимо отводить 12 600 $м^3/час$ вторичных паров. Поэтому вторичные пары, образующиеся в вакуум-аппаратах, подвергают конденсации в устройствах, называемых конденсаторами.

Конденсатор с вспомогательным оборудованием, трубопроводами и насосами называют конденсационной установкой.

Для создания и сохранения устойчивого вакуума в конденсаторе необходимо непрерывно конденсировать вторичные пары и откачивать из него скопляющийся воздух.

Вторичные пары могут конденсироваться холодной водой в смешивающих конденсаторах или при непосредственном соприкосновении их с охлаждаемой поверхностью в поверхностных конденсаторах.

Смешивающие конденсаторы можно разделить на барометрические противоточные, мокрые прямоточные и противоточные и струйные или эжекторные. В барометрических конденсаторах конденсат вторичных паров и охлаждающая вода отводятся отдельно от воздуха по барометрической трубе; в мокрых прямоточных и противоточных — конденсат вторичных паров, охлаждающая вода и воздух совместно отводятся мокровоздушным вакуум-насосом; в струйных или эжекторных конденсаторах смесь конденсата с охлаждающей водой и воздухом отводится за счет кинетической энергии истечения воды из сопел.

В консервной промышленности наибольшее распространение получили смешивающие барометрические конденсаторы и мокрые прямоточные; несколько реже встречаются струйные конденсаторы и очень редко поверхностные. Объясняется это тем, что в смешивающих барометрических конденсаторах и мокрых прямоточных расходуется меньше охлаждающей воды и получается более устойчивый вакуум, чем в струйных конденсаторах. Поверхностные конденсаторы применяются только в том случае, если конденсат вторичных паров представляет ценность, например при изготовлении концентрированных соков и отгонке мандаринового масла.

Конденсационная установка со смешивающим барометрическим конденсатором (рис. 186, *а*) состоит из конденсатора *1*, барометрической трубы *2*, барометрического бассейна *3*, ловушки *4*, воздушной трубы *5*, мокровоздушного вакуум-насоса *6* и водонапорного бака *7*. Конденсатор представляет собой стальной цилиндр, диаметром от 400 до 2000 *мм* и высотой от 1200 до 5500 *мм*, внутри которого установлены полки в количестве от 3 до 8. Полки могут быть сплошными или с отверстиями диаметром 2—5 *мм*.

Для создания напорного слоя, преодолевающего возникающие сопротивления при движении воды, по краям полок делают выступы (пороги). Каждая полка перекрывает сечение конденсатора на 50—70%.

На корпусе конденсатора имеется патрубок *8*, через который поступают вторичные пары, патрубок *9* для подачи охлаждающей воды и патрубок *10*, через который из конденсатора уходят в барометрическую

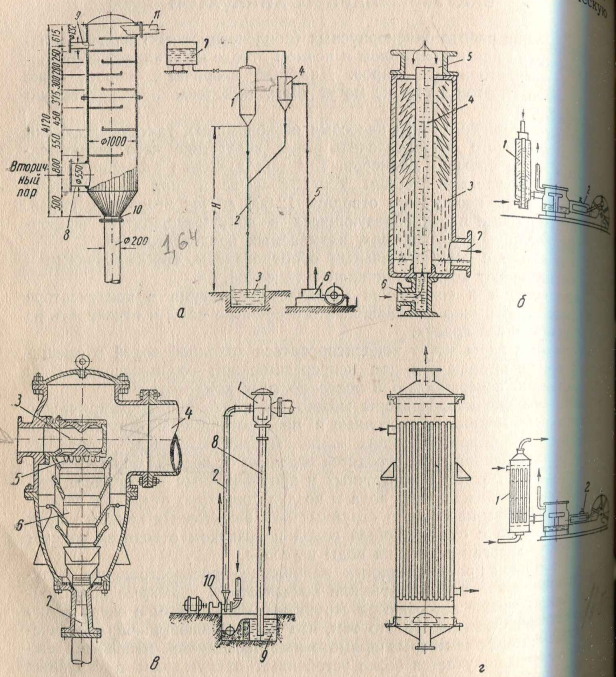


Рис. 186. Конденсационные установки

трубу конденсат и отработанная охлаждающая вода; патрубок *11* служит для вывода воздуха к воздушносухому вакуум-насосу.

Один конец барометрической трубы *2* погружен в барометрический бассейн на 0,5—1,0 *м*, в котором имеется вода; это обеспечивает образование гидравлического затвора; другой, верхний конец барометрической трубы соединен с конденсатором.

Длина (или высота) барометрической трубы зависит от рабочего разрежения в конденсаторе. При полном вакууме в конденсаторе и отсутствии движения воды давлением атмосферы вода поднималась бы в барометрической трубе на 10,33 *м*. Действительный уровень воды ниже, и высоту столба воды можно найти из отношения:

$$H_o = 10{,}33\,\frac{b}{B}\ [м],$$

где: b — разрежение в конденсаторе в *мм* рт. ст.;

B — атмосферное давление в *мм* рт. ст.

Высота трубы должна быть больше высоты столба воды в ней на 1—1,5 *м* для компенсации колебаний уровня и создания скоростного напора. Таким образом, полная высота барометрической трубы H обычно достигает 10,5 *м*.

Ловушка *4* предназначена для отделения капель воды, уносимых воздухом из конденсатора, так как при попадании воды в цилиндр воздушносухого насоса происходит гидравлический удар и авария. Воздушносухой вакуум-насос служит для непрерывного откачивания воздуха из конденсатора.

Водонапорный бак *7* устанавливают несколько выше конденсатора, что дает возможность регулировать количество поступающей в конденсатор воды независимо от разрежения в нем.

Конденсационная установка со смешивающим мокрым прямоточным конденсатором (рис. 186, *б*) состоит из конденсатора *1* и мокровоздушного насоса *2*.

Устройство мокрого прямоточного конденсатора проще противоточно-барометрического. Однако мокрый прямоточный конденсатор применяется, если выпарная установка имеет невысокую производительность, так как при больших количествах вторичных паров требуется конденсатор значительных размеров и большой расход охлаждающей воды.

Мокрый прямоточный конденсатор состоит из корпуса *3* цилиндрической или грушеобразной формы; внутри корпуса расположена труба *4*, по которой через патрубок *6* вода поступает в конденсатор. Вторичный пар поступает через патрубок *5*, конденсат, охлаждающая вода и воздух поступают к мокровоздушному насосу через патрубок *7*.

Конденсационная установка со струйным (эжекторным) конденсатором (рис. 186, *в*) отличается от рассмотренных тем, что работает без отдельного вакуум-насоса. Установка состоит из конденсатора *1*, трубы *2*, подводящей воду, барометрической трубы *8*, барометрического бассейна *9* и водяного центробежного насоса *10*.

Охлаждающая вода под давлением 6—7 *м* вод. ст. подводится центробежным насосом в водяную камеру *3*, откуда движется вниз через систему конических сопел *5*. Потенциальная энергия воды при движении через сопла превращается в кинетическую.

Вторичный пар подводится в конденсатор через патрубок *4* и засасывается струями воды, движущимися со значительной скоростью через зазоры направляющих конусов *6*. Вместе с паром засасывается в конуса и воздух, увлекаемый затем водой.

В камере сжатия *7* конденсатора часть кинетической энергии снова превращается в потенциальную, вследствие чего повышается давление уходящей воды. Охлаждающая вода в эжекторном конденсаторе не подвергается распылению, и поэтому расход ее превышает расход воды в барометрическом конденсаторе, имеющем такую же производительность, на 60—70%.

Большой расход воды и необходимость ее подачи в эжекторный конденсатор под давлением 0,5 *ати* требует сравнительно с барометрическим конденсатором повышенного расхода энергии.

Благодаря отсутствию вакуум-насоса струйный конденсатор проще, надежнее в работе и дешевле барометрического, но при поступлении в него воздуха в больших количествах разрежение в струйном конденсаторе резко падает и медленно восстанавливается.

Конденсационная установка, изображенная на рис. 186, *г*, состоит из поверхностного конденсатора *1* и мокровоздушного насоса *2*. Поверхностный конденсатор представляет собой трубчатый теплообменник, в котором по трубкам движется охлаждающая вода, а в межтрубное пространство поступает вторичный пар.

Конденсат вторичного пара и воздух непрерывно откачиваются мокровоздушным насосом; если конденсат представляет какую-либо ценность, то его направляют на дальнейшее использование, в противном случае сливают в канализацию.

Примерные расчеты барометрического противоточного конденсатора

Требуется определить основные размеры барометрического противоточного конденсатора, расход охлаждающей воды и мощность на привод насосов, если на конденсацию поступает $Д_c = 4000$ *кг* пара в час, давление которого у входа в конденсатор $P_1 = 0{,}12$ *ата*; степень сухости пара $X = 0{,}97$; начальная температура охлаждающей воды $t_н = 18°$.

1. Расход охлаждающей воды:

$$W = \frac{Д_c(i_c - t_к)}{t_к - t_н} = \frac{4000(602 - 41)}{41 - 18} = 97\,600 \text{ кг/час}, \quad \text{или } 97{,}6 \text{ м}^3\text{/час}.$$

а) По диаграмме *I—S* находим при $P_1 = 0{,}12$ *ата* и $X = 0{,}97$ теплосодержание $i_c = 602$ *ккал/кг* и температуру пара $t_п = 49°$.

б) Конечная температура воды: $t_к = t_п - \Delta t = 49 - 8 = 41°$.

Δt принимают от 5 до 10°.

2. Кратность расхода воды, или иначе, количество охлаждающей воды на 1 *кг* пара:

$$m = \frac{W}{Д_c} = \frac{97\,600}{4000} = 24{,}4 \text{ кг воды/кг пара}.$$

3. Вес откачиваемого воздуха:

$$G_в = 0{,}001[0{,}025(Д_c + W) + 8\ Д_c] = 0{,}001[0{,}025(4000 + 97\,600) + 8 \cdot 4000] = 36{,}54 \text{ кг/час}.$$

4. Объем и давление откачиваемого воздуха:

$$V_в = \frac{29{,}27 \cdot G_в(273 + t_в)}{P - P_п} = \frac{29{,}27 \cdot 36{,}54(273 + 24{,}3)}{1200 - 310} = 356 \text{ м}^3\text{/час}.$$

а) Температура воздуха:

$$t_в = t_н + 4 + 0{,}1(t_к - t_н) = 18 + 4 + 0{,}1(41 - 18) = 24{,}3°.$$

б) Давление в конденсаторе:

$$P = 10\,000 \cdot P_1 = 10\,000 \cdot 0{,}12 = 1200 \text{ кг/м}^2.$$

в) Парциальное давление паров в верхней части конденсатора $P_п$ находим по таблицам водяного пара при $t_в = 24{,}3°$:

$$P_п = 0{,}031 \cdot 10\,000 = 310 \text{ кг/м}^2.$$

г) Парциальное давление воздуха в верхней части конденсатора:

$$P_в = P - P_п = 1200 - 310 = 890 \text{ кг/м}^2, \text{ или } 0{,}089 \text{ кг/см}^2.$$

5. Диаметр конденсатора:

$$d_к = \sqrt{\frac{4 \cdot Д_c}{0{,}3 \cdot \pi \cdot 3600 \cdot \gamma_п v_п}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4000}{0{,}3 \cdot 3{,}14 \cdot 3600 \cdot 0{,}079 \cdot 60}} = 1{,}0 \text{ м}.$$

а) Удельный вес пара $\gamma_п$ берем по таблицам водяного пара и при $t_п = 49°$:

$$\gamma_п = 0{,}079 \text{ кг/м}^3.$$

б) Скорость движения вторичного пара принимают от 45 до 70 *м/сек*; берем $v_п = 60$ *м/сек*.

6. Диаметр патрубка, по которому поступает вторичный пар:

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot Д_c}{\pi \cdot 3600 \cdot \gamma_п v_п}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4000}{3{,}14 \cdot 3600 \cdot 0{,}079 \cdot 60}} = 0{,}546 \text{ м}.$$

7. Диаметр патрубка, по которому выходит воздух:

$$d_в = \sqrt{\frac{4 \cdot V_в}{\pi \cdot 3600 \cdot v_в}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 356}{3{,}14 \cdot 3600 \cdot 15}} = 0{,}092 \text{ м}.$$

Скорость движения воздуха принимают от 10 до 15 *м/сек*; принимаем $v_в = 15$ *м/сек*.

8. Диаметр патрубка для подвода охлаждающей воды:

$$d_w = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot 3600 \cdot v_w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 97{,}6}{3{,}14 \cdot 3600 \cdot 2}} = 0{,}132 \text{ м}.$$

Скорость движения воды принимают от 1 до 3 *м/сек*, принимаем $v_w = 2$ *м/сек*.

9. Высота конденсатора.

а) Степень нагрева воды:

$$R = \frac{t_к - t_н}{t_п - t_н} = \frac{41 - 18}{49 - 18} = 0{,}74.$$

б) По табл. 26 находим для значения $R = 0{,}774$ (ближайшее большее) и диаметра струи 2 *мм* число полок $n = 8$ с расстоянием между ними $h = 400$ *мм*.

Таблица 26

К расчету числа полок барометрического конденсатора

Диаметр водяной струи в *мм*			Расстояние между полками в *мм*	Число полок
2	3	5		
R	R	R	h	n
0,538	0,368	0,214	300	4
0,645	0,466	0,263	300	6
0,727	0,533	0,310	300	8
0,580	0,410	0,233	400	4
0,687	0,500	0,289	400	6
0,774	0,568	0,346	400	8

в) Полная высота конденсатора:

$$H_к = h(n - 1) + 1{,}5\ d_c + 0{,}5\ d_к = 0{,}4(8 - 1) + 1{,}5 \cdot 0{,}546 + 0{,}5 \cdot 1{,}0 = 4{,}12 \text{ м}.$$

10. Диаметр барометрической трубы:

$$d_б = \sqrt{\frac{4(Д_c + W)}{\pi \cdot 3600 \cdot 1000 \cdot v_б}} = \sqrt{\frac{4(4000 + 97600)}{3{,}14 \cdot 3600 \cdot 1000 \cdot 1}} = 0{,}2 \text{ м}.$$

Скорость движения воды принимаем $v_б = 1$ *м/сек*.

11. Высота барометрической трубы:

$$H_б = H_o + h_1 + h_2 + h_3 = 9{,}15 + 0{,}20 + 1{,}0 + 0{,}5 = 10{,}85\ м.$$

а) Статический уровень воды в трубе, равный глубине вакуума в конденсаторе:

$$H_o = 10{,}33\frac{b}{B} = 10{,}33\cdot\frac{672}{760} = 9{,}15\ м.$$

Барометрическое давление B принимаем равным 760 *мм* рт. ст. Из отношения $P_1 = \frac{760 - b}{735{,}6}$ находим, что

$$b = 760 - P_1 \cdot 735{,}6 = 760 - 0{,}12 \cdot 735{,}6 = 672\ мм \text{ рт. ст.}$$

б) Высота столба воды, создающего скоростной напор и преодолевающего гидравлические сопротивления:

$$h_1 = \frac{v_б^2}{2g}\left(2{,}5 + \lambda\frac{H}{d_б}\right) = \frac{1^2}{2\cdot 9{,}81}\left(2{,}5 + 0{,}17\frac{10}{0{,}2}\right) = 0{,}20\ м,$$

где H принимаем равным 10 *м*.

Предварительно определяем критерий Рейнольдса:

$$\mathrm{Re} = \frac{d_б v_б}{\nu} = \frac{0{,}2\cdot 1\cdot 10^6}{0{,}644} = 311\,000.$$

Кинематическая вязкость воды при 41° $\nu = 0{,}644\cdot 10^{-6}$,

Коэффициент трения при $\mathrm{Re} > 100\,000$

$$\lambda = 0{,}0032 + \frac{0{,}221}{\mathrm{Re}^{0{,}237}} = 0{,}0032 + \frac{0{,}221}{311\,000^{0{,}237}} = 0{,}17.$$

в) Принимаем высоту трубы, компенсирующую колебания уровня воды, $h_2 = 1\ м$ и высоту трубы, погруженной в бассейн, $h_3 = 0{,}5\ м$.

12. Мощность электродвигателя для воздушносухого вакуум-насоса:

$$N = \frac{10\,000}{3600\cdot 75\eta_м}\cdot\frac{m}{m-1}\cdot P_в\cdot V_в\left[\left(\frac{P_2}{P_в}\right)^{\frac{m-1}{m}} - 1\right] =$$

$$= \frac{10\,000}{3600\cdot 75\cdot 0{,}9}\cdot\frac{1{,}25}{1{,}25-1}\cdot 0{,}089\cdot 356\left[\left(\frac{1{,}05}{0{,}089}\right)^{\frac{1{,}25-1}{1{,}25}} - 1\right] = 7{,}8 \text{ л. с. или } 5{,}75\ квт.$$

Принимаем давление после сжатия $P_2 = 1{,}05\ кг/см^2$. Механический к.п.д. берем $= 0{,}9$. Показатель политропы для воздуха $m = 1{,}25$.

13. Мощность электродвигателя для водяного насоса:

$$N = \frac{W\cdot\gamma\cdot H_м}{3600\cdot 102\cdot\eta_1} = \frac{97{,}6\cdot 10^3\cdot 0{,}19}{3600\cdot 102\cdot 0{,}8} = 6{,}32\ квт,$$

η_1 — механический к. п. д. привода ($\eta = 0{,}8$).

Манометрический напор $H_м = H_г + H_w$ [*м*].

Геометрическую высоту подачи $H_г$ берем равной 14 *м* — высоте конденсационной установки.

Высоту гидравлических и инерционных сопротивлений во всасывающем и нагнетательном трубопроводе принимаем: $H_w = 5\ м$; тогда $H_м = 14 + 5 = 19\ м$.

ВАКУУМ-НАСОСЫ

Разрежение в конденсаторах, а следовательно, и в вакуум-выпарных аппаратах, создают при помощи поршневых, ротационных и эжекторных вакуум-насосов.

Поршневые воздушносухие вакуум-насосы обслуживают барометрические противоточные конденсаторы.

Так как в условиях работы консервных заводов степень сжатия достигает 10, то в одноступенчатом поршневом вакуум-насосе объемный к. п. д. очень низок и составляет 0,4—0,6. Для повышения этого коэффициента часто применяют насосы двойного действия с перепуском газа при помощи золотникового газораспределения. При этом объемный к. п. д. насоса увеличивается до 0,8—0,9.

Завод имени Фрунзе изготовляет поршневые вакуум-насосы марки В производительностью от 12 до 90 $м^3/мин$ воздуха. Вакуум, создаваемый этими насосами, достигает 700 *мм* рт. ст.

Поршневой мокровоздушный вакуум-насос, откачивающий одновременно воду и воздух, устанавливают при мокрых прямоточных конденсаторах. Такие насосы имеют сравнительно небольшую производительность. Например, производительность вакуум-насосов марки НВМ-300, изготовляемых Барским машиностроительным заводом, составляет 165 $м^3/час$; этот насос создает вакуум до 85% (650 *мм* рт. ст.).

Из ротационных насосов в консервной промышленности для откачивания воздуха из конденсатора применяются водокольцевые вакуум-насосы марки РМК. Такие насосы имеют простую конструкцию и удобны для установки при конденсаторах небольшой производительности.

Величина вакуума, создаваемого насосом, в значительной мере зависит от температуры воды, заполняющей его. С повышением температуры воды вакуум понижается.

Удельный расход электроэнергии при работе ротационного вакуум-насоса значительно больший, чем при работе других типов вакуум-насосов.

Производительность ротационного вакуум-насоса (в $м^3/мин$) зависит от величины создаваемого вакуума. Эта зависимость приведена в табл. 27.

Таблица 27

Марка насоса	Создаваемый вакуум (в % от барометрического давления)			Мощность электродвигателя в *квт*
	60	80	90	
РМК-1	0,5	0,15	—	4,5
РМК-2	1,55	0,6	0,1	10,0
РМК-3	4,5	2,0	1,0	29,0
РМК-4	11,0	5,0	2,0	70,0

Для выкачивания воздуха из барометрических конденсаторов применяют также двух- и трехступенчатые эжекторные вакуум-насосы.

Для работы эжекторного вакуум-насоса необходим пар давлением 7—10 *атм*.

Достоинствами этих насосов являются: отсутствие движущихся частей, простота обслуживания и регулирования.

К недостаткам можно отнести большую чувствительность к неравномерному притоку воздуха, продолжительность создания первичного вакуума, а также необходимость поддержания постоянного (без колеба-

ний) давления рабочего пара, так как при понижении заданного давления пара производительность и глубина вакуума значительно снижаются.

Двуступенчатые паровые эжекторные вакуум-насосы создают вакуум от 600 до 750 *мм* рт. ст.; производительность их — до 400 *кг* воздуха в час.

Расход пара для откачивания 1 *кг* воздуха зависит от величины вакуума в конденсаторе и давления рабочего пара.

Расход пара давлением 8—10 *ата* для выкачивания 1 *кг* воздуха приведен в табл. 28.

Таблица 28

Вакуум в конденсаторе в *мм* рт. ст.	Удельный расход пара в *кг*		Вакуум в конденсаторе в *мм* рт. ст.	Удельный расход пара в *кг*	
	макс.	мин.		макс.	мин.
748	38,5	33,5	710	13,2	12,5
735	21	20	696	11,0	10,5
			684	10,0	9,5
724	16	15	671	9,0	8,5

При монтаже или сборке после ремонта поршневых и ротационных вакуум-насосов особое внимание уделяется состоянию герметичности соединений.

В качестве прокладок применяют листовую резину или картон асбестовый марки АС или С (ГОСТ 2850-45). Затяжка болтовых соединений производится равномерно.

Воздух проникает в насос чаще всего из-за негерметичности сальниковых уплотнений. В качестве набивки для сальников вакуум-насосов применяют хлопчатобумажную пряжу, пеньковую или льняную пряжу в виде шнура, пропитанную антифрикционной массой. Такая набивка выдерживает давление до 200 *кг/см²* при максимальной температуре 100° (технические условия 408-Н, НКХП и 410-Н НКХП).

ВАКУУМ-ВЫПАРНОЙ АППАРАТ С ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ

При концентрации продуктов в однокорпусных конденсационных вакуум-выпарных аппаратах расходуется большое количество пара, примерно 1,2—1,3 *кг/кг* выпаренной воды. Причем до 75% всей затрачиваемой тепловой энергии содержится во вторичных парах, направляемых на конденсацию.

Возможность использования тепла вторичных паров в тепловых аппаратах ограничивается их низкой температурой, которая в условиях консервной промышленности составляет 50—60°.

Однако теплосодержание вторичных паров, имеющих температуру 50÷60°, сравнительно мало отличается от теплосодержания водяного насыщенного пара при температуре 120—130°. Это привело к мысли использовать в тепловых аппаратах вторичный пар в качестве теплоносителя; для этого его предварительно подвергают сжатию, в результате чего давление и температура его повышаются.

С увеличением степени сжатия вторичных паров повышается расход энергии. Поэтому стремятся вторичный пар сжать только до определенного предела, при котором его можно было бы применять в тепловых аппаратах в качестве теплоносителя.

Минимальное повышение температуры вторичного пара сжатием

составляет 8—12° и определяется необходимым перепадом температур между паром и средой, воспринимающей тепло.

Такой перепад температур обеспечивает нормальную интенсивность теплообмена, хотя он может быть достигнут при сравнительно больших поверхностях нагрева.

Устройство, служащее для сжатия вторичных паров, называют тепловым насосом. В качестве теплового насоса широко применяют инжекторы, реже компрессоры и турбокомпрессоры.

Вакуум-выпарные аппараты, работающие на сжатом вторичном паре, называют вакуум-выпарными аппаратами с тепловым насосом, или компрессионными вакуум-аппаратами.

ВАКУУМ-ВЫПАРНОЙ АППАРАТ С ПАРОСТРУЙНЫМ ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ (ИНЖЕКТОРОМ)

Пароструйные тепловые насосы (инжекторы) нашли широкое применение в консервной промышленности для сжатия вторичных паров, выходящих из вакуум-аппаратов; сжатые пары используются в тех же аппаратах.

Конструкция инжектора, не имеющего движущихся деталей, проста, не требует квалифицированного обслуживания, занимает мало места и при низких температурах вторичных паров работает наиболее экономично.

Однако при применении инжектора пар, поступающий в греющую камеру, загрязняется примесями, уносимыми из вакуум-аппарата. Кроме того, им обычно сжимается только часть вторичных паров, выходящих из вакуум-аппарата.

Таким образом, в вакуум-выпарных аппаратах с пароструйным тепловым насосом используется только часть вторичных паров, другая часть, иногда достигающая 50%, не используется и направляется на конденсацию, что показано на схеме работы вакуум-выпарной установки, приведенной на рис. 175, *в*.

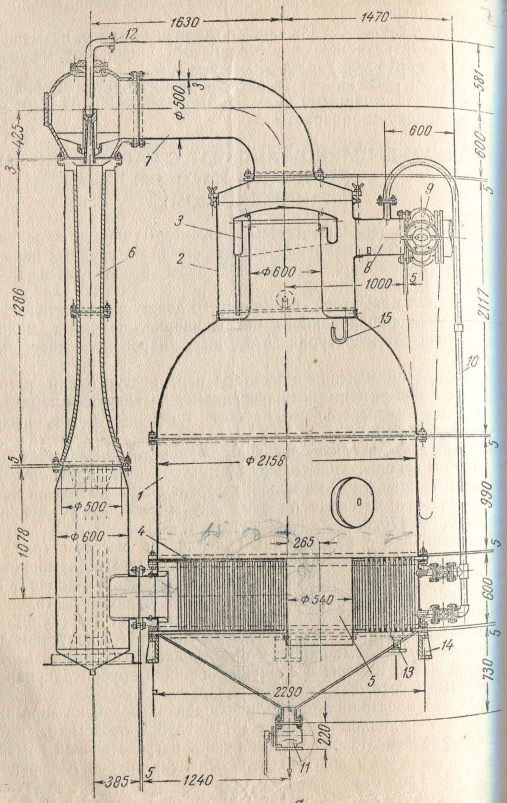
Вакуум-аппарат с пароструйным тепловым насосом (рис. 187 а), известный под названием концентратора, изготовляют на машиностроительном заводе имени Калинина в Одессе. Этот вакуум-аппарат служит для концентрации томатопродуктов до 15—18% сухих веществ.

Концентратор изготовлен из красной меди марки М3 (ГОСТ 859-41) и состоит из следующих основных частей: корпуса *1* с конусным днищем и сферической крышкой, колпака *2* с ловушкой *3*, трубчатой вертикальной нагревательной камеры *4* с циркуляционной трубой *5* и пароструйного теплового насоса *6*.

Надсоковое пространство вакуум-аппарата соединено при помощи трубопровода *7* с тепловым насосом и трубопроводом *8*, имеющим задвижку *9*, с конденсатором. Паровая часть нагревательной камеры для отвода из нее воздуха и других газов соединена трубкой *10* с паропроводом вторичного пара *8*.

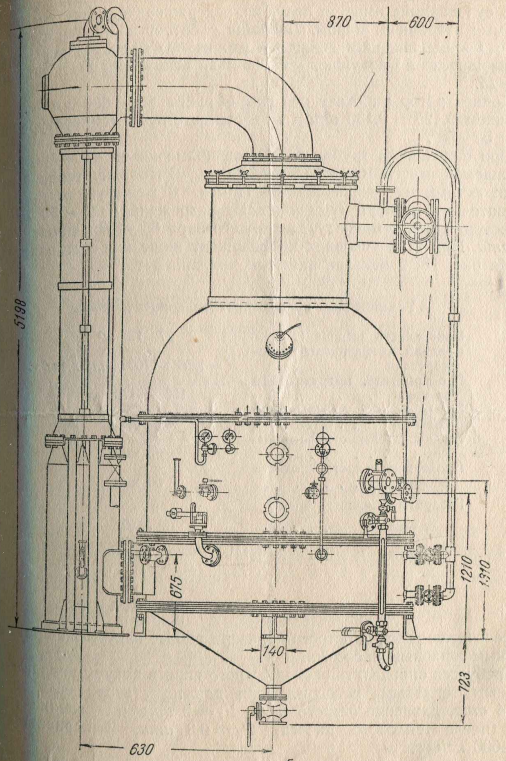
Томатную массу загружают через патрубок на цилиндрической части корпуса, а выгружают через патрубок в центре днища и пробковый кран *11*. Острый пар, очищенный фильтром, подается в головку теплового насоса через патрубок *12*. Конденсат отводится из нижней части греющей камеры через патрубок *13*.

Аппарат имеет лаз, смотровые окна, осветительные окна, вакуумметр, манвакуумметр, два термометра, воздушный краник и устройство для отбора проб. Он установлен на четырех опорах *14*.



а

Рис. 187 а. Вакуум-аппарат с пароструйным тепловым насосом



б

Рис. 187 б. Внешний вид вакуум-аппарата с пароструйным тепловым насосом

Нагревательная камера концентратора образована из двух бронзовых плит толщиной 16 *мм*, в которые ввальцованы 1780—1800 трубок из красной меди диаметром 30—33 *мм* и длиной 600 *мм*. Для лучшей циркуляции массы между плитами эксцентрично установлена циркуляционная труба диаметром 540 *мм*.

В сухопарнике имеется ловушка, задерживающая частицы продукта, уносимые вторичным паром. Ловушка работает по принципу изменения скорости и направления движения вторичного пара. Частицы продукта, скопляющиеся в ловушке, стекают в вакуум-аппарат по загнутой трубе *15*.

Концентратор работает под разрежением 650—680 *мм* рт. ст. (или давлением 0,125 ÷ 0,136 *ата*), что соответствует температуре кипения массы 52—58°.

При заполнении трубок по высоте примерно на 450—500 *мм* объем загружаемой массы будет 1500—1600 *л*. В головку теплового насоса подают острый пар давлением 8—11 *ата*. В межтрубном пространстве нагревательной камеры поддерживают разрежение 500—550 *мм* рт. ст., что соответствует температуре греющего пара 65—70° и давлению 0,25—0,30 *ата*. При этих условиях коэффициент инжекции составляет 0,8—1,0.

На рис. 187 б показан внешний вид аппарата.

Техническая характеристика концентратора

Поверхность нагрева	97—108 *м²*
Средний коэффициент теплопередачи	$K = 1600 \div 1700$ *ккал/м² час°* С
Вес продукта, выгружаемого за цикл	1600 ÷ 1700 *кг*
Расход пара на *кг* выпаренной воды	0,5—0,6 *кг*
Продолжительность выпаривания	35 мин.
Продолжительность одного оборота	50 мин.
Габариты в *мм*:	
длина	3550
ширина	2850
высота	6020

РАСЧЕТ РАСХОДА ОСТРОГО ПАРА

Рассчитаем расход острого пара при работе вакуум-аппарата с пароструйным тепловым насосом.

Требуется определить расход острого пара в вакуум-аппарате с пароструйным тепловым насосом, если давление вторичного пара $P_3 = 0{,}14$ *ата*, давление острого пара $P_1 = 9$ *ата* и давление греющего пара (после теплового насоса) $P_3 = 0{,}3$ *ата*. Выпаривается влаги $W = 4000$ *кг/час*.

Загружаемая масса имеет начальную температуру, равную температуре кипения. Потери тепла в окружающую среду приняты равными 3% от общего расхода тепла.

1. Коэффициент инжекции определяем с помощью диаграммы *I—S* по приближенному уравнению:

$$u = \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \sqrt{\frac{h'_a}{h''_a}} - 1. \qquad \text{(XIII—15)}$$

Принимаем, что коэффициенты, учитывающие потери скорости пара от трения и ударов в сопле расширения, в камере смешения и камере сжатия, равны: $\varphi_1 = 0{,}95$; $\varphi_2 = 0{,}91$ и $\varphi_3 = 0{,}95$.

При адиабатическом расширении острого пара от $P_1 = 9$ *ата* до $P_2 = 0{,}14$ *ата* находим по диаграмме *I—S*: $i_1 = 662$ *ккал/кг*; $i_2 = 511$ *ккал/кг*.

Теплосодержание паровой смеси перед входом в камеру сжатия:

$$i_3 = \frac{i_1 + u\, i_c}{1+u} - \frac{\varphi_1^2 \cdot \varphi_2^2}{(1+u)^2} \cdot h'_a.$$

Теоретический теплоперепад $h'_a = 662 - 511 = 151$ *ккал*, i_c — теплосодержание вторичного пара в *ккал/кг*.

Принимаем в первом приближении, что $u = 1$, и находим по диаграмме *I—S* при $P_2 = 0{,}14$ *ата*, что $i_c = 620$ *ккал/кг*.

Определяем i_3:

$$i_3 = \frac{662 + 1 \cdot 620}{1+1} - \frac{0{,}95^2 \cdot 0{,}91^2}{(1+1)^2} \cdot 151 = 641 - 28{,}2 = 612{,}8 \text{ } ккал/кг.$$

Находим на диаграмме *I—S* точку с параметрами $i_3 = 612{,}8$ *ккал/кг* и $P_2 = 0{,}14$ *ата*, характеризующую начало адиабатического сжатия.

Проведя линию адиабатического сжатия до давления $P_3 = 0{,}3$ *ата*, находим, что $i_4 = 643$ *ккал/кг* и

$$h''_a = i_4 - i_3 = 643 - 612{,}8 = 30{,}2 \text{ } ккал.$$

Подставляем найденные значения в уравнение (XIII—15).

Тогда

$$u = 0{,}95 \cdot 0{,}91 \cdot 0{,}95 \sqrt{\frac{151}{30{,}2}} - 1 = 0{,}82 \sqrt{5{,}0} - 1 = 0{,}821 \cdot 2{,}24 - 1 = 0{,}84.$$

Полученный коэффициент инжекции отличается от принятого нами в первом приближении, поэтому расчет повторяем. Принимаем $u = 0{,}9$.

Определяем i_3:

$$i_3 = \frac{662 + 0{,}9 \cdot 620}{1 + 0{,}9} - \frac{0{,}95^2 \cdot 0{,}91^2}{(1+0{,}9)^2} \cdot 151 = 610{,}8 \text{ } ккал/кг.$$

По диаграмме *I — S* находим, что $i_4 = 638$ *ккал/кг*

и

$$h''_a = i_4 - i_3 = 638 - 610{,}8 = 27{,}2 \text{ } ккал.$$

Тогда

$$u = 0{,}821 \sqrt{\frac{151}{27{,}2}} - 1 = 0{,}821 \sqrt{5{,}55} - 1 = 0{,}93,$$

что мало отличается от ранее принятого коэффициента инжекции 0,9. Можно принять $u = 0{,}9$.

2. Расход острого пара.

Общий расход тепла $Q_{общ}$ равен сумме расхода тепла на нагревание массы Q_1, испарение влаги Q_2 и на потери в окружающую среду Q_3 (принимаем равным 3%).

По условию загружаемая масса имеет температуру, равную температуре кипения, следовательно, $Q_1 = 0$.

$$Q_2 = W \cdot r = 4000 \cdot 567{,}7 = 2\,270\,800 \ \textit{ккал/час}.$$

При $P_2 = 0{,}14$ *ата*, $r = 567{,}7$ *ккал/кг*;

$$Q_3 = \frac{Q_2}{97} \cdot 3 = \frac{2\,270\,800}{97} \cdot 3 = 70\,000 \ \textit{ккал/час}.$$

Общий расход тепла

$$Q_{общ} = Q_2 + Q_3 = 2\,270\,800 + 70\,000 = 2\,340\,800 \ \textit{ккал/час}.$$

Расход острого пара:

$$Д_o = \frac{Q_{общ}}{(1+u)(i_4 - i_к)} = \frac{2\,340\,800}{(1+0{,}9)(638-69)} = 2165 \ \textit{кг/час}.$$

Теплосодержание конденсата $i_к$ принимаем численно равным температуре греющего пара ($i_к = 69$ *ккал/кг*).

Удельный расход острого пара на 1 *кг* выпаренной воды:

$$Д_{уд} = \frac{Д_o}{W} = \frac{2165}{4000} = 0{,}54 \ \textit{кг пара/кг воды}.$$

3. Количество вторичных паров, направленных на конденсацию:

$$Д_к = W - uД_o = 4000 - 0{,}9 \cdot 2165 = 2050 \ \textit{кг/час}.$$

4. Количество инжектируемого вторичного пара:

$$Д_u = uД_o = 0{,}9 \cdot 2165 = 1950 \ \textit{кг/час}.$$

МНОГОКОРПУСНЫЕ ВЫПАРНЫЕ УСТАНОВКИ

Установка, в которой вторичные пары первого аппарата используются как греющий пар во втором, а вторичные пары второго в третьем и т. д., называется многокорпусной выпарной установкой, а каждый аппарат корпусом.

При этих условиях нагревательная камера второго аппарата выполняет роль поверхностного конденсатора для первого. Такая схема работы дает значительную экономию в расходе пара.

Расход первичного пара, поступающего извне, уменьшается при двухкорпусной установке — в 1,92 раза, при трехкорпусной установке — в 2,75 раза и при четырехкорпусной — в 3,6 раза, по сравнению с однокорпусной выпарной установкой. Особенно большой экономический эффект дает этот метод работы, если имеется возможность использовать в качестве первичного пара отработанный пар паровых турбин или другой отбросной пар тепловых аппаратов.

Внедрение многокорпусной выпарки в консервной промышленности задерживалось главным образом из-за высоких температур кипения в первом корпусе.

Кроме того, при многокорпусной выпарке получаются малые разности температур между греющим паром и выпариваемым раствором. Это требует применения больших поверхностей нагрева, конструктивно оформить которые можно только в виде трубчатой нагревательной камеры.

Долгое время считалось, что трубчатую нагревательную камеру при естественной циркуляции можно применять для уваривания томатопродуктов только до 15—18% сухих веществ, так как при более высоких концентрациях из-за недостаточной циркуляции массы выпаривание замедляется или вовсе прекращается.

Интенсификация циркуляции как естественной, так и искусственной дала возможность выпаривать томатную массу до 30% сухих веществ в аппаратах с трубчатой нагревательной камерой, т. е. приготовлять томатную пасту. За последние годы многокорпусная выпарка нашла широкое распространение на консервных заводах, главным образом в виде двухкорпусной и реже трехкорпусной установки при производстве томатопродуктов. Принципиальная схема трехкорпусной выпарной установки, работающей по принципу параллельного движения пара и массы, показана на рис. 175, *г*.

При работе установки поддерживается постоянный уровень массы и постоянное для каждого корпуса процентное содержание сухих веществ, увеличивающееся от первого корпуса к последнему. Давление вторичных паров в каждом последующем корпусе меньше, чем в предыдущем. Следовательно, и температура кипения массы понижается от первого корпуса к последнему.

Так как температура вторичных паров первого корпуса выше температуры кипения во втором корпусе, а температура вторичных паров второго корпуса выше температуры кипения в третьем, создается необходимая разность температур, обеспечивающая процесс теплообмена.

В первом корпусе масса концентрируется до n_1% сухих веществ и в силу разности давлений переходит во второй корпус, где концентрация ее увеличивается до n_2% сухих веществ. Затем масса попадает в последний корпус, где уваривается до конечной концентрации n_3% сухих веществ и насосом перекачивается в сборник.

Так как температура массы, поступающей в последующий корпус, более высокая, чем температура кипения в нем, то происходит бурное самоиспарение. При этом температура массы понижается до температуры кипения в корпусе.

Первый корпус обогревается первичным паром, поступающим извне. Вторичные пары, как показано на схеме, переходят из данного корпуса в нагревательную камеру последующего корпуса и там конденсируются. Вторичные пары последнего корпуса поступают в конденсатор.

За счет тепловых и гидравлических сопротивлений температура и давление вторичных паров при переходе из одного аппарата в другой несколько понижаются.

Конденсат из нагревательных камер, в которых давление пара выше атмосферного, удаляется при помощи обычных конденсатоотводчиков; из тех же нагревательных камер, где давление пара меньше атмосферного,— специальными конденсатоотводчиками или насосами.

Коэффициент теплопередачи в первом корпусе наиболее высокий, понижающийся по корпусам.

Если томатопродукты выпариваются при высоких температурах и одновременно повышается содержание в них сухих веществ, то качество продуктов ухудшается. Поэтому следует работать по схеме с параллельным током пара и продукта, при которой по мере увеличения процентного содержания сухих веществ температура кипения понижается.

Газы и воздух, скопляющиеся в нагревательной камере и отрицательно влияющие на интенсивность теплообмена, отводятся в конденсатор.

Производительность многокорпусной выпарной установки не зависит от числа корпусов и при поверхности нагрева каждого корпуса по F м² и сумме перепадов температур во всех корпусах Δt установка имеет такую же производительность, как и однокорпусная выпарная установка с поверхностью нагрева F м² и разностью температур Δt.

Увеличение числа корпусов влечет за собой экономию в расходе пара; однако экономия постепенно убывает, и при некотором числе корпусов она становится настолько мала, что не оправдывает расходов, связанных с установкой еще одного корпуса. Второй причиной, ограничивающей применение большого числа корпусов, является необходимость уменьшать перепад температур между греющим паром и продуктом в каждом аппарате при введении дополнительного корпуса.

Величина разности между температурой греющего пара в первом корпусе и температурой вторичных паров в последнем не зависит от числа корпусов.

Эта разность температур должна быть распределена между всеми корпусами, и чем больше корпусов, тем меньше разность температур в каждом.

Минимальная разность температур, необходимая для осуществления теплопередачи в производственных условиях, должна быть не менее $12 \div 15°$ в каждом корпусе, что и ограничивает число корпусов выпарной установки.

На консервных заводах, где температура кипения в первом корпусе не должна быть выше 100° и в последнем устанавливается 50°, число корпусов вакуум-выпарной установки не превышает трех.

Разность температур распределяется по корпусам неравномерно. В каждом корпусе эта величина зависит от технологического режима, величины коэффициентов теплопередачи, параметров греющего пара и вторичного пара. В первом корпусе разность температур наименьшая, а в последнем наибольшая.

Из-за потерь, связанных с температурной депрессией (разность между температурами кипения раствора и чистого растворителя), влияния гидростатического давления столба жидкости и потерь тепла при движении вторичного пара из одного аппарата в другой, фактическая разность температур $\Delta t_ф$ меньше видимой разности температур $\Delta t_в$ на величину температурных потерь, которые обозначим $\Delta t_п$,

или

$$\Delta t_ф = \Delta t_в - \Delta t_п.$$

Величину температурных потерь при концентрации томатопродуктов из-за температурной депрессии определяют по графику на рис. 185 и по формуле И. А. Тищенко (XIII—6).

При концентрации томатопродуктов до 18—20% сухих веществ, можно принимать потери температур:

для двухкорпусной выпарки $\Delta t_п = 5{,}8°$,

для трехкорпусной выпарки $\Delta t_п = 8{,}2°$.

Многокорпусные выпарные установки состоят из отдельных выпарных аппаратов. Конструкцию выпарного аппарата выбирают в зависимости от параметров греющего пара, имеющегося на заводе, конечной концентрации продукта, допустимых температур кипения, максимальной фактической разности температур.

Применяющиеся на консервных заводах схемы работы многокорпусных выпарных установок показаны на рис. 188.

Двухкорпусная выпарная установка (рис. 188, *а*) работает на паре давлением 0,8—1,3 *ата*, получаемом из турбины. Первый и второй корпуса имеют трубчатые нагревательные камеры (концентраторы).

На рис. 188, *б* и *г*, представлены двух- и трехкорпусные установки; первым корпусом является выпарной чан, вторым и третьим — концентраторы с трубчатыми нагревательными камерами. В первый корпус подводится пар из котельной давлением 9—11 *ата*.

Трехкорпусная выпарная установка (рис. 188, *в*) имеет первый корпус с пароструйным тепловым насосом, работающим на паре давлением 8—10 *ата*. Все три корпуса представляют собой концентраторы с трубчатой нагревательной камерой.

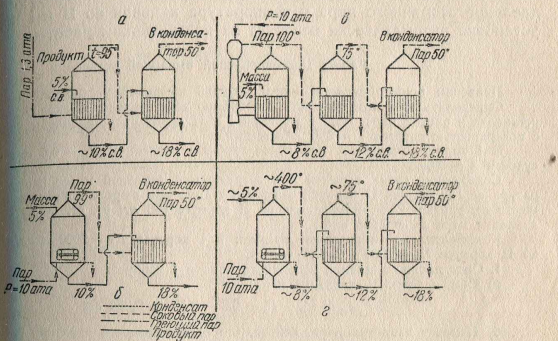


Рис. 188. Схемы многокорпусных выпарных установок

Экономически наиболее целесообразной является работа по схеме, изображенной на рис. 188, *а*, на отработанном пару турбины, так как при этом дополнительно получают электроэнергию.

При потреблении пара высокого давления непосредственно на выпаривание наиболее целесообразно работать по схемам, изображенным на рис. 188, *в* и *г*.

Работа всех корпусов установки между собой тесно связана, и изменение режима в одном из них приводит к автоматическому изменению режима во всех.

Так, если во втором корпусе на поверхности нагрева образуется накипь, в результате чего уменьшается коэффициент теплопередачи, то установка автоматически саморегулируется на новый режим. Уменьшение коэффициента теплопередачи во II корпусе приводит к уменьшению количества тепла, передаваемого в единицу времени, поэтому во II корпусе испарится меньше влаги, а пар, поступающий из I корпуса, полностью не сконденсируется. При этом давление пара в нагревательной камере I корпуса повысится, а значит, повысится и давление вторичных паров во II корпусе, увеличится там температура кипения, уменьшится разность температур, и поэтому уменьшится тепловой поток от греющего пара и, следовательно, уменьшится количество испаряемой воды в I корпусе. Увеличение давления пара в нагревательной камере II корпуса несколько увеличит разность температур, что частично уменьшит влияние снижения

коэффициента теплопередачи II корпуса на его испарительную способность.

Так как в этом случае образовывается во II корпусе недостаточное количество паров для работы III корпуса, то и в нем снизится количество выпариваемой воды, что в свою очередь может несколько увеличить вакуум, а следовательно, и снизить температуру кипения.

Все это приведет к установлению нового режима работы всей установки.

Таким же образом изменится режим работы выпарной установки, если вторичные пары III корпуса не будут полностью конденсироваться; в этом случае автоматически повысится давление вторичных паров и температура кипения в III корпусе, снизится разность температур, повысится давление вторичного пара и температура кипения во II и I корпусах, и установка автоматически перейдет на новый режим работы.

Расчет многокорпусной выпарной установки

Приведем пример расчета многокорпусной выпарной установки.

Определить производительность непрерывно действующей двухкорпусной выпарной установки и расход пара, если в качестве I и II корпусов установлены концентраторы с поверхностью нагрева $F = 100$ $м^2$ каждый.

В I корпус подводится пар после турбины давлением $P_o = 0{,}8$ *ата* и степенью сухости $X = 0{,}85$.

Содержание сухих веществ n в загружаемой томатной массе равно 5%; температура ее $t = 50°$. Из II корпуса выгружают томатное пюре с содержанием сухих веществ m, равным 20%. Разрежение во II корпусе 660 *мм* рт. ст. (чему соответствует давление пара $P_2 = 0{,}136$ *ата*).

Коэффициент теплопередачи примем: в I корпусе $K_1 = 2000$ *ккал/м² · час · °C* и во II корпусе $K_2 = 1000$ *ккал/м² · час · °C*.

1. Определение давления вторичного пара в I корпусе:

а) Общая разность давлений пара:

$$\Delta P_{общ} = P_o - P_2 = 0{,}8 - 0{,}136 = 0{,}664 \text{ ата}.$$

б) Прирост давления пара, считая, что общая разность давлений распределяется поровну между двумя корпусами:

$$\Delta P = \frac{\Delta P_{общ}}{2} = \frac{0{,}664}{2} = 0{,}332 \text{ ата}.$$

в) Давление вторичного пара в I корпусе:

$$P_1 = P_2 + \Delta P = 0{,}136 + 0{,}332 = 0{,}468 \text{ ата}.$$

2. Параметры пара в установке находим по таблицам водяного насыщенного пара.

Таблица 29

Корпус	Давление пара в *ата*	Температура насыщенного пара в °C $t_п$	Теплота испарения в *ккал/кг* r
I	$P_1 = 0{,}468$	$t_1 = 79{,}0$	$r_1 = 551{,}9$
II	$P_2 = 0{,}136$	$t_2 = 51{,}5$	$r_2 = 568{,}1$
Греющий пар от турбины	$P_o = 0{,}8$	$t_o = 93$	$r_o = 543{,}3$

3. Разность температур по корпусам:

I корпус $\Delta t_1 = t_o - t_1 - \Delta t'_п = 93 - 79 - 1{,}7 = 12{,}3°$;

II корпус $\Delta t_2 = t_1 - t_2 - \Delta t''_п = 79 - 51{,}5 - 4{,}1 = 23{,}4°$;

$\Delta t'_п$ и $\Delta t''_п$ — температурные потери; принимаем для I корпуса $\Delta t'_п = 1{,}7°$ и для II корпуса $\Delta t''_п = 4{,}1°$.

4. Количество влаги, выпаренной в I корпусе.

Из уравнения теплового баланса $F_1K_1\Delta t_1 = W_1r_1 + G_1C(t_1 - t)$ находим:

$$W_1 = \frac{F_1K_1\Delta t_1 - G_1C(t_1 - t)}{r_1} = \frac{100 \cdot 2000 \cdot 12{,}3 - G_1 0{,}8\,(79 - 50)}{551{,}9} = 4460 - 0{,}042G_1 \text{ кг}.$$

5. Производительность установки.

Из уравнения теплового баланса для II корпуса:

$$F_2K_2\Delta t_2 = W_2r_2 + G_2C(t_2 - t_1),$$

находим после замены

$$W_2 = 1{,}14\,W_1 \quad \text{и} \quad G_2 = G_1 - W_1,$$

$$F_2K_2\Delta t_2 = 1{,}14\,W_1r_2 + G_1C(t_2 - t_1) - W_1C(t_2 - t_1)$$

или, подставив значение $W_1 = 4460 - 0{,}042G_1$, найдем:

$$F_2K_2\Delta t_2 = 1{,}14\,(4460 - 0{,}042G_1)\,r_2 + G_1C(t_2 - t_1) - (4460 - 0{,}042G_1) \cdot C(t_2 - t_1).$$

Подставив значения: $F_2 = 100$ $м^2$, $K_2 = 1000$ *ккал/м² час °C*, $t_2 = 51{,}5°$, $t_1 = 79°$, $\Delta t_2 = 23{,}4°$, $C = 0{,}8$ *ккал/час °C* найдем, что:

$$2\,340\,000 = 2\,984\,265 - 57{,}7G_1,$$

откуда

$$G_1 = \frac{644\,265}{57{,}7} = 11\,114 \text{ кг/час}.$$

6. Количество выпаренной влаги в установке:

$$W = G_1\left(1 - \frac{n}{m}\right) = 11\,114\left(1 - \frac{5}{20}\right) = 8336 \text{ кг/час}.$$

7. Выпарено влаги по корпусам в соответствии с общепринятым распределением количества влаги, выпариваемого по корпусам:

$$W_1 = \frac{W}{2{,}14} = \frac{8336}{2{,}14} = 3896 \text{ кг/час} \quad \text{и} \quad W_2 = 4400 \text{ кг/час}.$$

8. Концентрация массы n_1, поступающей во II корпус:

$$n_1 = \frac{G_1n}{G_2} = \frac{11\,114 \cdot 5}{11\,114 - 3896} = 7{,}6\% \text{ сухих веществ}.$$

9. Расход первичного пара в I корпусе:

$$Д_1 = \frac{F_1K_1\Delta t_1}{i - i_к} = \frac{100 \cdot 2000 \cdot 12{,}3}{555 - 93} = 5327 \text{ кг/час}.$$

Здесь $P_o = 0{,}8$ *ата* и $X = 0{,}85$ теплосодержание пара $i = 555$ *ккал/кг*; теплосодержание конденсата равно температуре конденсата, или $i_к = 93$ *ккал/кг*.

10. Расход первичного (греющего) пара на выпаривание 1 *кг* воды в установке:

$$Д_{уд} = \frac{Д_1}{W} = \frac{5327}{8336} = 0{,}65 \text{ кг/кг воды}.$$

СХЕМЫ РАБОТЫ ВЫПАРНЫХ СТАНЦИЙ

Выпарные станции консервных заводов работают по различным схемам (рис. 189).

Выпарная станция состоит из нескольких выпарных аппаратов, часть которых служит для концентрации томатопродуктов до 12—15% сухих веществ, а другая — для концентрации до 30% сухих веществ.

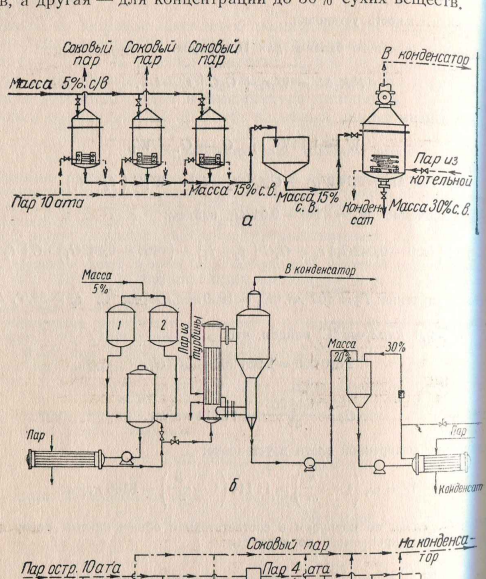
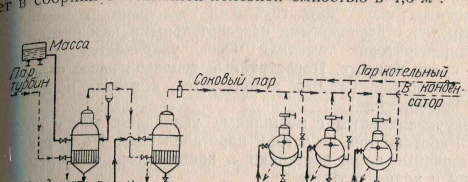


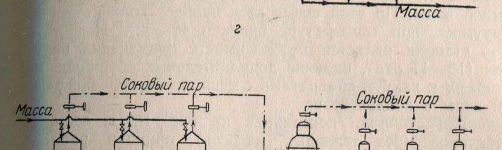
Рис. 189. Схемы работы выпарных станций

Выпарная станция производительностью 25 тыс. банок 30%-ной томат-пасты в смену (рис. 189, *а*) состоит из открытых выпарных чанов и вакуум-аппарата. Расход пара на такой установке составляет примерно 1,2—1,3 *кг/кг* выпаренной воды. Работа в каждом аппарате осуществляется периодически, т. е. имеются периоды загрузки, варки и выгрузки продукта.

Схема однокорпусной выпарной установки с выносной поверхностью нагрева, показанная на рис. 189, *б*, применяется для концентрации пожатой массы до 20 или 30% сухих веществ.

Томатная масса, содержащая 4—5% сухих веществ, загружается поочередно в два мерных бака полезной емкостью ~ 3 $м^3$. Отсюда она поступает в сборник с мешалкой полезной емкостью в 4,6 $м^3$.







Шестеренчатым насосом масса перекачивается через трубчатый подогреватель, имеющий поверхность нагрева $F = 4{,}8$ $м^2$, и при закрытом вентиле на вакуум-аппарате она циркулирует по контуру: сборник — насос — подогреватель — сборник.

Нагретая до 80—82° масса, при открытом вентиле на трубопроводе к вакуум-аппарату, поступает в калоризатор и, циркулируя в аппарате,

уваривается при температуре 48—50° до 20—30% сухих веществ. Вторичные пары направляются в барометрический конденсатор.

Уваренная масса поршневым паровым насосом перекачивается в сборник и при надобности подогревается затем во втором трубчатом подогревателе. Установка может работать непрерывно.

На рис. 189, *в* показана схема выпарной станции, состоящей из двух концентраторов с пароструйными тепловыми насосами и трех вакуум-аппаратов с двутельными нагревательными камерами.

В концентраторах томатная масса уваривается до содержания 15—18% сухих веществ. Пароструйный тепловой насос сжимает вторичные пары, половина которых используется, а вторая половина направляется в конденсатор.

В вакуум-аппаратах с мешалками уваривают массу до 30% сухих веществ. Работают они на остром паре давлением 4 *ата*, и все образующиеся вторичные пары поступают в конденсатор, одновременно обслуживающий и концентраторы.

Достоинством этой схемы является меньший удельный расход острого пара, который в целом по станции составляет 0,8—0,86 *кг/кг* выпаренной воды. По этой схеме весь процесс концентрации протекает под вакуумом, при температуре кипения 48—52°. Недостатком такой выпарной станции является необходимость применения пара высокого давления (10—11 *ата*), наличие дополнительных сборников между концентраторами и вакуум-аппаратами с мешалками, большой расход охлаждающей воды в конденсаторе.

Выпарная станция, показанная на рис. 189, *г*, состоит из двух концентраторов (без тепловых насосов), принцип работы которых такой же, как двухкорпусной выпарки, и трех вакуум-аппаратов с мешалками. I корпус питается отработанным паром паровой турбины, II корпус — вторичным паром I корпуса. Вакуум-аппараты с мешалками обогреваются острым паром давлением 3—4 *ата*.

Вторичные пары из второго концентратора и трех вакуум-аппаратов отводятся на конденсацию.

Томатная масса поступает в I корпус, уваривается в нем до 8—9% сухих веществ и вследствие разности давлений переходит во II корпус. Здесь она уваривается до 15—18% сухих веществ и, наконец, насосом или за счет разности уровней попадает в вакуум-аппараты с мешалками, где уваривается до 30% сухих веществ.

Выпаривание происходит непрерывно в концентраторах и периодически в вакуум-аппаратах с мешалками при следующем режиме. Давление греющего пара в I корпусе 1,5 *ата*; вакуум в I корпусе — 350—400 *мм* рт. ст.; температура кипения и вторичных паров в I корпусе 85°, вакуум во II корпусе и вакуум-аппаратах с мешалками 660 *мм* рт. ст.

Техническая конференция Главконсерва в 1949 г. утвердила схему такой выпарной станции для линии в 50 тыс. банок томат-пасты в смену. Для этой же производительности утверждена еще одна схема выпарной станции, изображенная на рис. 189, *д*. Выпарная станция, работающая по такой схеме, состоит из закрытых выпарных чанов и концентратора (без теплового насоса), работающих по принципу двухкорпусной выпарки; окончательная концентрация массы происходит в трех вакуум-аппаратах с мешалками.

В выпарной чан поступает острый пар высокого давления; здесь масса частично концентрируется. При этом получается вторичный пар давлением 1 *ата* и температурой 100°. Этот пар используется, как греющий пар в концентраторе. Томатная масса, уваренная в чанах до 8—10% сухих веществ, подается непрерывно в концентратор, где уваривается до содержания 18—20% сухих веществ. Для получения томат-пасты масса перекачивается насосом или переходит за счет гидростатического давления из-за разности уровней из концентратора в вакуум-аппараты с мешалками, работающие периодически, но с непрерывным доливом.

Схемы выпарных станций, приведенные на рис. 189, *г* и *д*, сходны тем, что первый период концентрации проходит в двухкорпусной установке, а окончательная концентрация достигается в вакуум-аппаратах с мешалками, работающих периодически и на остром пару давлением 4—5 *ата*.

Различие заключается в том, что двухкорпусная установка, работающая по схеме *г*, питается отработанным паром турбины, а по схеме *д* — паром давлением 10—11 *ата*. Кроме того, при работе по первой схеме (рис. 189, *г*) выпаривание происходит при более низких температурах кипения.

Трехкорпусная выпарная станция, схема которой изображена на рис. 189, *е*, представляет собой три закрытых уварочных чана; из этих чанов часть сконцентрированной массы и вторичных паров при температуре 100° поступает в первый концентратор, а из него во второй. В такой установке продукт может быть сконцентрирован до 20% сухих веществ при удельном расходе пара примерно 0,4 *кг/кг* выпаренной воды.

Вторичные пары в конденсатор поступают только из второго концентратора, благодаря чему расход охлаждающей воды меньше, чем во всех рассмотренных схемах.

Выпаривание до 30% сухих веществ проводится в вакуум-аппаратах с двутельной нагревательной камерой.

Работа выпарных станций может быть улучшена за счет перехода на непрерывное выпаривание. Для этой цели нужно автоматизировать регулирование режима работы выпарной установки с таким расчетом, чтобы из последнего корпуса выпарного аппарата (двутельного вакуум-выпарного аппарата) непрерывно отводился готовый продукт, содержащий заданный процент сухих веществ.

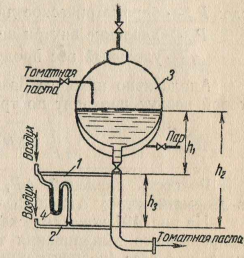


Рис. 190. Схема автоматического регулирования выпарной установки

Основной трудностью в решении указанной задачи применительно к уариванию томатопродуктов является отсутствие надежного датчика концентрации. Попытки создания датчика, основанного на измерении электропроводности томатопродуктов при изменении содержания сухих веществ, не дали удовлетворительных результатов.

Более перспективным является датчик, основанный на измерении удельного веса увариваемого продукта, так как между содержанием сухих веществ в томатопродуктах и их удельным весом существует четкая зависимость.

Схема автоматического регулирования выпарной установки изображена на рис. 190. Трубки *1* и *2* введены в трубу, отводящую готовый продукт из вакуум-аппарата *3*. Расстояние между концами трубок по вертикали — h_3, расстояние от конца трубки *1* до верхнего уровня продукта — h_1, от конца трубки *2* — h_2.

Благодаря разнице давлений вне аппарата (атмосферное давление) и внутри аппарата (вакуум) по трубкам *1* и *2* в аппарат поступает на-

ружный воздух, который будет выходить пузырьками через открытые концы трубок в продукт, подниматься вверх и выводиться с вторичными парами в конденсатор.

В U-образном дифманометре *4* разность уровней жидкости будет зависеть от:

а) удельного веса увариваемого продукта;

б) удельного веса жидкости, заполняющей дифманометр;

в) расстояния h_3 между концами трубок *1* и *2* по вертикали.

При постоянных значениях двух последних показателей разность уровней в U-образном дифманометре будет зависеть только от удельного веса увариваемого продукта; с повышением концентрации эта разность будет увеличиваться, при снижении концентрации она будет уменьшаться.

Величина разрежения в вакуум-аппарате не влияет на показания дифманометра. Разность давлений ΔP_1, под воздействием которой воздух проходит по трубке *1* внутрь вакуум-аппарата:

$$\Delta P_1 = P_б - P_a - h_1\gamma,$$

где: $P_б$ — барометрическое давление в $кг/м^2$;

P_a — давление внутри аппарата в $кг/м^2$;

γ — удельный вес продукта в $кг/м^3$.

Аналогично находим разность давлений ΔP_2, под воздействием которой воздух проходит по трубке *2* в вакуум-аппарат:

$$\Delta P_2 = P_б - P_a - h_2\gamma.$$

Разность давлений ΔP, действующих на жидкость, находящуюся в дифманометре: $\Delta P = \Delta P_1 - \Delta P_2 = \gamma(h_2 - h_1) = \gamma h_3$.

На рис. 191 показана схема автоматического регулирования процесса непрерывного выпаривания томат-пюре; эта схема основана на замере удельного веса (концентрации) томат-пасты в последнем корпусе вакуум-выпарной установки.

Поступающий из цеха предварительной подготовки продукт засасывается в вакуум-аппарат *1*, где находится томатная масса, в которой содержится 8—9% сухих веществ. Подача томатной пульпы в вакуум-аппарат *1* должна быть отрегулирована в соответствии с испарительной способностью вакуум-аппарата.

Из вакуум-аппарата *1* продукт поступает в вакуум-аппарат *2* за счет разности уровней площадок, на которых установлены эти аппараты. В вакуум-аппарате *2* находится томат-пюре с содержанием сухих веществ 14—15%.

Из вакуум-аппарата *2* томат-пюре непрерывно поступает в три двухтельных вакуум-выпарных аппарата *3*, в которых содержание сухих веществ автоматически поддерживается равным 30%.

Содержание сухих веществ в продукте, увариваемом в двухтельных вакуум-выпарных аппаратах *3*, зависит от содержания сухих веществ в томат-пюре, поступающем из вакуум-аппарата *2*, давления греющего пара, величины разрежения, состояния поверхности нагрева (нагара). В результате взаимодействия перечисленных факторов содержание сухих веществ может измениться.

Восстановление заданного нормального содержания сухих веществ в увариваемом продукте может быть достигнуто наиболее быстро и эффективно изменением количества продукта, подаваемого в вакуум-аппарат.

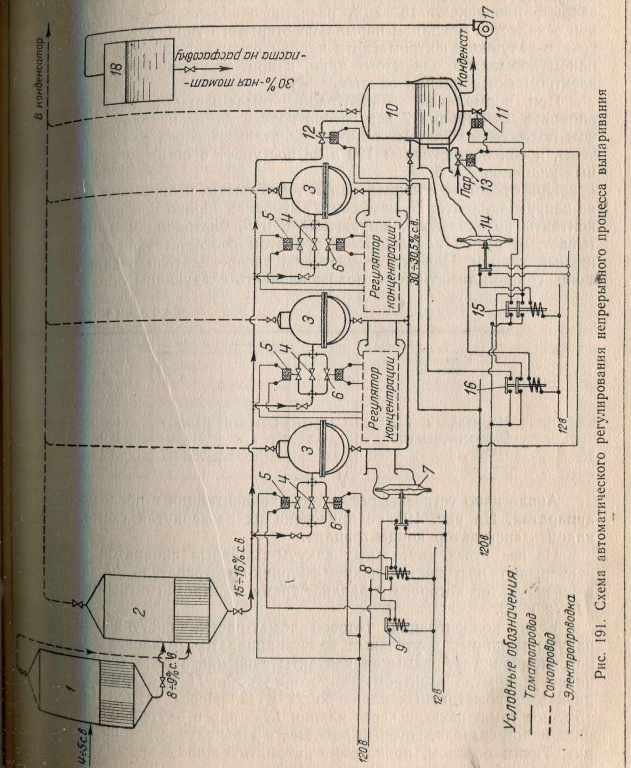


Рис. 191. Схема автоматического регулирования непрерывного процесса выпаривания

Для этой цели служит распределитель, состоящий из трех клапанов *4*, *5* и *6*; степень открытия клапана *4* регулируется вручную таким образом, чтобы через него поступало 80—85% расчетного количества томат-пюре.

Электромагнитные двухпозиционные клапаны *5* и *6* типа «открыт — закрыт» пропускают 15—20% расчетного количества томат-пюре. Клапан *5* является клапаном нормально открытого типа, т. е. при отсутствии тока в катушке электромагнита клапан открыт. Клапан *6* является клапаном нормально закрытого типа, и при отсутствии тока в катушке электромагнита клапан закрыт.

При нормальной концентрации томат-пасты в вакуум-выпарном аппарате *3* мембрана *7* регулятора концентрации находится в нейтральном положении. Поэтому обмотки электромагнитных реле *8* и *9* обесточены, и ток напряжением 120 *в* не поступает в обмотку электромагнитных клапанов *4* и *5*.

При отклонении концентрации томат-пасты, непрерывно вытекающей из вакуум-аппаратов *3*, мембрана, выгибаясь вправо или влево, замыкает контакты реле низкого напряжения *8* и *9*, благодаря чему реле срабатывает, открывая или закрывая при этом соответствующий электромагнитный клапан. Положение клапанов распределителя в зависимости от концентрации томат-пасты можно записать следующим образом.

Таблица 30

Концентрация томат-пасты	Номера клапанов			Поступает томат-пюре в % к нормальному
	4	5	6	
Нормальная	Открыт	Открыт	Закрыт	100
Выше нормальной .	»	»	Открыт	120
Ниже » .	»	Закрыт	Закрыт	80

Аналогично устроены регуляторы концентрации в последующих двух аппаратах. На рис. 191 не приведена их развернутая схема, а только надпись «регулятор концентрации».

Из всех трех двутельных вакуум-выпарных аппаратов томат-паста непрерывно поступает в вакуум-сборник-подогреватель *10*, автоматический регулятор которого управляет тремя электромагнитными клапанами *11*, *12* и *13*.

Если концентрация готовой томат-пасты, поступившей из трех вакуум-выпарных двутельных вакуум-аппаратов, отклоняется от заданной, мембрана *14*, замыкая контакты сдвоенного реле *15* и *16*, обеспечивает закрытие электромагнитного клапана *11* и открытие одного из двух электромагнитных клапанов *12* и *13*. Через клапан *12* поступает 15%-ное томат-пюре, а через клапан *13* — пар в двутельную часть сборника-подогревателя, который работает в этом случае как выпарной аппарат. Таким образом, происходит автоматическое доведение томат-пасты до заданной концентрации.

Насос *17* перекачивает готовую 30%-ную томат-пасту из сборника *10* в открытый напорный бачок *18*, откуда томат-паста поступает на расфасовку.

Клапан *11* должен быть нормально открытого типа, а клапаны *12* и *13* нормально закрытого типа. Для осуществления рассмотренной схемы автоматического регулирования работы непрерывной вакуум-выпарной установки могут быть использованы серийно выпускаемые приборы.

МОНТАЖ ВЫПАРНЫХ УСТАНОВОК

Выпарные установки располагают в цехе на площадках, отстоящих от уровня пола не меньше, чем на 1,9 *м*, что дает возможность установить под ними вспомогательные устройства (сборники, конденсационные горшки, насосы, вакуум-насосы и др.).

Если продукт из одного аппарата в другой перемещается за счет гидростатического давления жидкости, необходимого для создания скоростного напора и преодоления гидравлических сопротивлений, выпарные аппараты и площадки для них располагают ступенчато.

Каркас площадки обычно изготовляют из швеллеров или двутавровых балок. На нем устанавливают деревянный, металлический или бетонный пол. Поперечины каркаса так располагают, чтобы лапы аппарата получили необходимую опору.

Каркас рассчитывают в зависимости от веса заполненного аппарата. Аппарат устанавливают строго по отвесу.

При монтаже выпарных аппаратов трубопроводы так располагают, чтобы они не мешали обслуживанию аппарата и чтобы легко можно было осуществлять чистку, ремонт и наблюдение за их состоянием. Для перемещения томатопродуктов уклон труб составляет 3—5 *мм* на 1 *пог. м* в сторону движения массы. При монтаже вакуум-аппаратов особенно тщательно выполняются соединения, обеспечивающие герметичность установки (фланцы, места сварки, вентили, задвижки, смотровые и осветительные окна и т. п.). Проверяется после монтажа горизонтальность и биение вала мешалки и плотность сальников.

При монтаже все выпарные аппараты проверяются на устойчивость и вертикальность основной оси.

К рабочему месту, обслуживающего выпарную установку, подводятся все основные рычаги и рукоятки для регулирования подачи продукта, пара, воды, электроэнергии. Вблизи от рабочего места устанавливают все необходимые контрольно-измерительные приборы, по которым регулируется режим выпарки.

Герметичность соединений вакуум-аппаратов испытывают следующим образом.

Испытуемое место соединения покрывается мыльным раствором и затем в аппарате создается воздушное давление до 0,2 *атм*. Появление пузырей в местах соединения свидетельствует о негерметичности. Создание воздушного давления свыше 0,2 *атм* недопустимо, так как это может привести к разрушению аппарата.

Герметичность соединений можно проверить также под вакуумом. Для этого подключают аппарат к вакуум-сети, создают в нем разрежение, после чего к испытуемому месту подносят горящую свечу. Если в каком-либо месте пламя притягивается, то это означает, что здесь герметичность нарушена.

Прочность нагревательной камеры проверяют путем гидравлического испытания и наружного осмотра.

ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ ВЫПАРНЫХ УСТАНОВОК

При работе на выпарных аппаратах необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности.

1. Каждый работающий должен ознакомиться с условиями работы на выпарных установках, хорошо изучить устройство аппарата, назначе-

ние и схему всех трубопроводов, сдать техминимум по обслуживанию аппаратов.

2. Во время чистки змеевиков от нагара или ремонта внутренней части аппарата трубы, по которым поступают пар, масса и вода, должны быть полностью отключены, змеевики охлаждены, и аппарат внутри должен быть хорошо освещен. Для освещения нужно пользоваться электрическим током только низкого напряжения.

При чистке змеевиков на вентилях навешиваются таблички, предупреждающие о том, что в аппарате находится человек и запрещающие трогать вентили.

Все продувные краники для пара нужно соединить с трубопроводом, по которому выводится конденсат. Паропроводы и томатопроводы, а также горячие части аппаратов должны иметь изоляцию, уменьшающую потери тепла в окружающую среду и охраняющую работающих от ожогов. На выпарных чанах должны быть устроены герметические крышки, а также приспособления для непрерывного отвода образующихся паров.

Контрольно-измерительные приборы до их установки, а затем ежегодно должны проверяться местными лабораториями Комитета по делам мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, по данным которых вводятся таблицы поправок.

Перед пуском выпарной станции аппаратура, работающая под давлением, должна быть испытана на герметичность и прочность. Все движущиеся части (муфты редукторов, приводы мешалок, шестерни) должны быть ограждены, а моторы заземлены.

Глава XIV

СТЕРИЛИЗАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

РЕЖИМ СТЕРИЛИЗАЦИИ

Продукты, консервируемые в герметической таре, подвергаются стерилизации или пастеризации. Назначение этих процессов — прекратить проявление жизнедеятельности микроорганизмов путем термической обработки и тем самым создать условия для длительного хранения продуктов без порчи. Стерилизация продуктов проводится при температуре от 100° и выше, пастеризация — при температуре от 75 до 100°.

При проведении этих процессов качество продукта, его нормальная структура, герметичность и цельность тары должны быть обязательно сохранены.

Режим стерилизации или пастеризации (температура и продолжительность тепловой обработки консервируемого продукта) обусловливается количеством и видом микроорганизмов и их спор в единице объема продукта, кислотностью среды, химическим составом консервов, а также условиями проникновения тепла в банку.

На повышение температуры в центре банки оказывает влияние много факторов. Поэтому теоретически рассчитать продолжительность прогревания консервов до температуры стерилизации нельзя. Исследованиями Научно-исследовательского института консервной промышленности установлена продолжительность прогрева отдельных видов консервов при различных режимах (рис. 192). Кривые на рис. 192 показывают, что во время повышения температуры в аппарате до температуры стерилизации и даже во время стерилизации температура продукта в центре банки всегда на несколько градусов ниже температуры греющей среды.

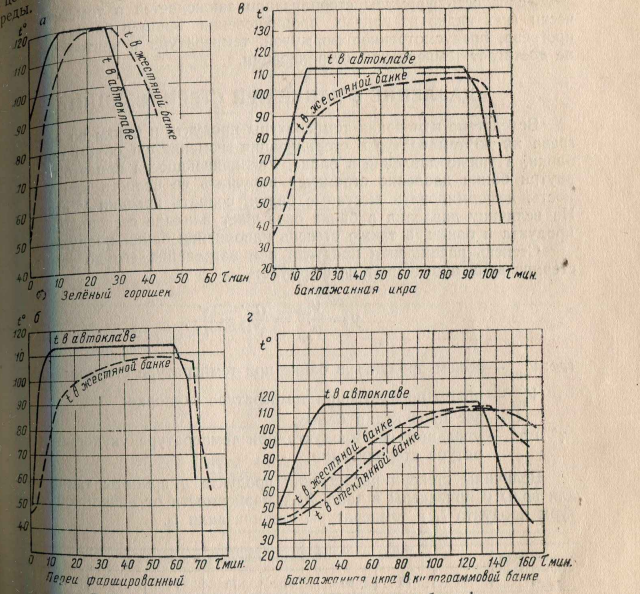


Рис. 192. Кривые проникновения тепла в центр банки [1]

При сопоставлении кривых, приведенных на рис. 192, *а*, *б*, *в*, и *г*, видно влияние консистенции продукта, материала тары и начальной температуры продукта на время прогревания консервов.

Режим стерилизации для каждого вида консервов и размера тары обычно условно выражается формулой стерилизации:

$$\frac{\tau_2 \quad \tau_3 - \tau_4}{t},$$

где: t — температура стерилизации в аппарате в °С;

τ_2 — продолжительность повышения давления и температуры в аппарате до температуры стерилизации (в мин.);

τ_3 — продолжительность поддержания постоянной температуры стерилизации в аппарате (в мин.);

τ_4 — продолжительность снижения в аппарате температуры и давления (в мин.).

[1] Примечание к рис. 192, *б* и 192, *в*: перец фаршированный и баклажанную икру стерилизовали в банке № 13.

Формула стерилизации показывает, что процесс стерилизации условно можно разделить на три этапа: 1) прогрев аппарата, продукта, тары и сеток — τ_2 мин.; 2) стерилизация при постоянной температуре в аппарате — τ_3 мин.; 3) понижение температуры аппарата, тары и продукта (охлаждение их) — τ_4 мин.

Условность формулы стерилизации заключается в том, что фактически (как видно из кривых проникновения тепла в банку) за время прогрева, предусмотренное формулой, температура в центре банки еще не достигает температуры стерилизации.

ДАВЛЕНИЕ В БАНКЕ ПРИ СТЕРИЛИЗАЦИИ

Вследствие изменения температуры продукта и банки во время прогрева их до температуры стерилизации изменяются объем продукта и банки, а также давление в банке. Увеличивающееся при этом процессе внутри банки давление стремится нарушить ее целость или герметичность, деформировать жестяные банки, сорвать крышки у стеклянных. На величину давления в банке оказывает влияние степень расширения продукта и банки, а также степень наполнения банки продуктом.

Степень расширения продукта при нагревании его до температуры стерилизации определяют по формуле:

$$y = \frac{V''_{пр}}{V'_{пр}} = \frac{G\gamma'}{\gamma''G} = \frac{\gamma'}{\gamma''}, \qquad \text{(XIV—1)}$$

где: $V''_{пр}$ — объем продукта в банке при температуре стерилизации;

$V'_{пр}$ — объем продукта при температуре укупорки;

G — вес продукта в банке;

γ' и γ'' — удельный вес продукта при температуре укупорки и температуре стерилизации.

Величины степени расширения продукта y приняты такие же как для воды и приведены в табл. 31 в зависимости от начальной температуры продукта t_1 и температуры стерилизации t_2.

Таблица 31

Температура стерилизации t_2	Начальная температура продукта t_1								
	50	55	60	65	70	75	80	85	90
100	1,032	1,029	1,027	1,023	1,020	1,018	1,014	1,011	1,008
105	1,041	1,034	1,030	1,027	1,024	1,022	1,018	1,015	1,012
110	1,0495	1,039	1,034	1,031	1,028	1,025	1,022	1,019	1,015
115	1,054	1,042	1,038	1,035	1,034	1,030	1,027	1,023	1,019
120	1,058	1,045	1,048	1,040	1,037	1,034	1,031	1,027	1,024

Как видно из табл. 31, объем продукта в банке при нагревании его от 50 до 120° увеличивается на 5,8%, а при нагревании от 90 до 110° — на 1,5%.

Объем банки увеличивается за счет теплового расширения материала стенок банки и выпучивания донышка и крышки вследствие разности давлений в банке и аппарате.

Величиной расширения материала стенок банки при нагревании из-за крайне малых значений можно пренебречь (коэффициент объемного расширения жести равен $36 \cdot 10^{-6}$, а стекла от $0{,}15 \cdot 10^{-7}$ до $330 \cdot 10^{-7}$) и при определении увеличения объема банки исходить из того, что объем ее увеличивается только за счет выпучивания ее концов (крышки и донышка). Из этого следует, что степень увеличения объема жестяной банки при нагревании зависит от диаметра крышки, толщины жести крышки, формы рельефа и разности давлений в банке и в аппарате. В табл. 32 приведены значения увеличения объема $\Delta V_б$ жестяных банок разных диаметров, в зависимости от разности давлений (при толщине крышки $\delta = 0{,}26$ *мм*).

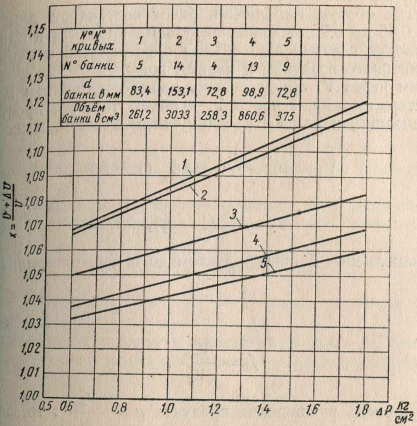


Рис. 193. График изменения объема банок разных диаметров

Изменение объема банки $\Delta V_б$ в $см^3$.

Таблица 32

Диаметр банки в *мм*	Разность давлений в $кг/см^2 - \Delta P$					
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
72,8	13,57	15,43	17,29	19,15	21,0	22,87
83,4	20,2	22,88	25,56	28,24	30,91	33,59
99,0	37,15	41,81	46,47	51,13	55,79	60,45
153,0	239,99	263,92	287,85	311,78	335,71	359,64

Степень изменения объема жестяной банки:

$$x = \frac{V''_б}{V'_б} = \frac{V'_б + \Delta V_б}{V'_б}, \qquad \text{(XIV—2)}$$

где: $V'_б$ — объем банки в момент укупорки;

$V''_б$ — объем банки во время стерилизации.

Величина x всегда больше единицы ($x > 1$) и колеблется от 1,034 до 1,127, в зависимости от разности давлений ΔP для различных диаметров банок при толщине жести $\delta = 0{,}26$. Эта зависимость графически изображена на рис. 193.

Крышки стеклянных банок незначительно выпучиваются, поэтому степень изменения объема банки (x) принимается равной 1.

Степень наполнения банки продуктом $f_1 = \frac{V'_{пр}}{V'_б}$ устанавливается для каждого вида консервов инструкциями, предусматривающими определенный вес продукта, укладываемого в банку, и величину недолива заливкой, бульоном, сиропом и т. п.

Практически степень наполнения банок составляет для различных консервов от 0,85 до 0,95. Увеличение объема продукта и банки при нагревании приводит к изменению объема пространства в банке над продуктом, заполненного воздухом и парами воды.

Обозначим через V_1 объем незаполненного продуктом пространства в банке до стерилизации, а через V_2 — объем того же пространства во время стерилизации, и найдем величину этих объемов и их отношение, а именно:

$$V_1 = V'_б - f_1 V'_б = V'_б (1 - f_1) \qquad \text{(XIV—3)}$$

и

$$V_2 = V''_б (1 - f_2), \qquad \text{(XIV—4)}$$

где степень наполнения банки продуктом до и после стерилизации

$$f_1 = \frac{V'_{пр}}{V'_б}$$

и

$$f_2 = \frac{V''_{пр}}{V''_б}.$$

Так как степень расширения продукта $y = \frac{V''_{пр}}{V'_{пр}}$, то, заменив значения $V''_{пр}$ через $f_2 V''_б$ и $V'_{пр}$ через $f_1 V'_б$, найдем, что степень расширения продукта

$$y = \frac{V''_{пр}}{V'_{пр}} = \frac{f_2 V''_б}{f_1 V'_б} = \frac{f_2}{f_1} x,$$

откуда

$$f_2 = \frac{y f_1}{x}.$$

Подставив значение f_2 в уравнение (XIV—4), найдем, что

$$V_2 = V''_б \left(1 - \frac{y f_1}{x}\right) = V''_б \left(\frac{x - y f_1}{x}\right). \qquad \text{(XIV—5)}$$

Тогда отношение

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V'_б (1 - f_1)}{V''_б \left(\frac{x - y f_1}{x}\right)} = \frac{1 - f_1}{x \left(\frac{x - y f_1}{x}\right)} = \frac{1 - f_1}{x - y f_1}. \qquad \text{(XIV—6)}$$

Давление в банке после ее герметизации (P_1) равно сумме парциальных давлений насыщенного водяного пара ($P'_п$) и сухого воздуха ($P'_в$), находящихся в пространстве, не заполненном продуктом, или

$$P_1 = P'_п + P'_в \ [кг/см^2]. \qquad \text{(XIV—7)}$$

Если укупорка банок происходит при атмосферном давлении, то

$$P_1 = \frac{B}{735{,}6} \ [ama];$$

при укупорке банок под вакуумом

$$P_1 = \frac{B - W\varphi}{735{,}6} \ [ama], \qquad \text{(XIV—8)}$$

где B — барометрическое давление в *мм* рт. ст.;
W — разрежение в вакуум-камере в *мм* рт. ст.;
φ — коэффициент вакуумного поглощения, учитывающий понижение вакуума в банке после герметизации за счет воздуха, выделяемого из продукта.

Значения коэффициента φ по работам И. С. Кагана составляют 0,58÷0,8. Так, для абрикосов $\varphi = 0{,}58$, для томатов $\varphi = 0{,}80$.

Давление насыщенных водяных паров ($P'_п$) определяется температурой продукта, заполняющего банку, и находится по таблицам водяного пара.

Давление в банке во время стерилизации (P_2) вследствие повышения температуры увеличивается и достигает в отдельных случаях 3÷4 *ата*, причем:

$$P_2 = P''_п + P''_в \ [ama] \qquad \text{(XIV—9)}$$

($P''_п$ и $P''_в$ — парциальные давления насыщенного водяного пара и воздуха при температуре стерилизации).

Состояние воздуха в банке в момент укупорки и во время стерилизации характеризуется уравнением Менделеева — Клапейрона, поэтому

$$P''_в = \frac{P'_в V_1 T_2}{V_2 T_1} \ [кг/см^2], \qquad \text{(XIV—10)}$$

где T_1 и T_2 — соответственно абсолютная температура воздуха в момент укупорки и во время стерилизации.

Подставляя в уравнение (XIV—9) найденное значение $P''_в$ из уравнения (XIV—10), получим, что:

$$P_2 = P''_п + P'_в \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1}. \qquad \text{(XIV—11)}$$

Так как из уравнения (XIV—7) $P'_в = P_1 - P'_п$, то, заменив значение $P'_в$ в уравнении (XIV—11), находим, что

$$P_2 = P''_п + (P_1 - P'_п) \left(\frac{V_1 T_2}{V_2 T_1}\right). \qquad \text{(XIV—12)}$$

Подставляя значение отношения $\frac{V_1}{V_2}$ из уравнения (XIV—6) в уравнение (XIV—12), находим, что давление в банке при стерилизации

$$P_2 = P''_п + (P_1 - P'_п) \cdot \left(\frac{1 - f_1}{x - y f_1} \cdot \frac{T_2}{T_1}\right). \qquad \text{(XIV—13)}$$

Анализируя уравнение (XIV—12), можно сделать следующие выводы:

1. Разность между давлением в банке и в аппарате, вследствие которой создаются возможности для деформации жестяных банок или выпучивания крышек со стеклянных банок, создается главным образом за счет расширения воздуха в банке, так как величина давления пара в банке почти равна давлению пара в аппарате.

2. При всех прочих равных условиях давление воздуха в банке при стерилизации уменьшается, если:

а) уменьшается P_1, например при герметизации банок под вакуумом;

б) увеличивается P'_n, зависящее от температуры продукта в момент укупорки; при этом чем выше температура продукта, тем выше давление водяных паров;

в) уменьшается отношение $\frac{T_2}{T_1}$, что практически можно осуществить за счет повышения температуры продукта в банке в момент укупорки, а следовательно, и повышения температуры находящегося там воздуха;

г) уменьшается отношение

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1 - f_1}{x - yf_1}.$$

Отношение $\frac{V_1}{V_2}$ уменьшается с увеличением f_1, если $x > y$; $\frac{V_1}{V_2}$ уменьшается с уменьшением f_1, если $x < y$.

В стеклянных банках (бутылках) степень расширения банки x всегда меньше степени расширения продукта y, и для уменьшения отношения $\frac{V_1}{V_2}$ нужно уменьшить степень наполнения банок f_1.

В жестяных банках в зависимости от начальной температуры продукта и температуры стерилизации степень расширения продукта y меньше или больше степени расширения банки x. В первом случае для уменьшения отношения $\frac{V_1}{V_2}$ нужно увеличить степень наполнения банки, а во втором — уменьшить.

Приняв $y = 1{,}03$, $x_{ж} = 1{,}04$ для жестяной банки и $x_{ст} = 1{,}0$ для стеклянной банки, найдем по формуле (XIV—6) величину $\frac{V_1}{V_2}$ при разных значениях степени наполнения банки f_1.

Таблица 33

Вид тары	Значения f_1			
	0,95	0,90	0,88	0,80
Стеклянная банка	2,32	1,37	1,20	1,14
Жестяная „	0,81	0,89	0,91	0,93

Из этой таблицы видно влияние f_1 на отношение $\frac{V_1}{V_2}$ при условии, когда $x > y$ и $x < y$. Уравнение (XIV—12) не учитывает возможных физико-химических изменений продукта — набухания, автолиза, разложения и т. п., что может в некоторых случаях резко изменить давление в банке во время стерилизации.

ВЕЛИЧИНА ПРОТИВОДАВЛЕНИЯ В АППАРАТЕ

Причиной деформации крышек жестяных банок или срыва крышек со стеклянных банок является давление, развивающееся во время стерилизации банок.

Критическое давление, при котором происходит деформация жестяных банок или срыв крышек со стеклянных банок, зависит для жестяных банок от их диаметра, толщины жести, формы рельефа на крышке, для стеклянных банок при температуре до 25° от условий укупорки, а при температуре стерилизации от свойств резиновых колец.

В табл. 34 приведены значения критической разности давлений ΔP между давлением в банке и в аппарате для жестяных банок разного диаметра, а на рис. 194 показано изменение критической разности давлений ΔP для стеклянной банки СКО 83-2 в зависимости от температуры.

Допустимая разность давлений $\Delta P_д$ должна быть меньше критической разности давлений.

Так, например, рекомендуется не превышать для жестяных банок:

$\Delta P_д$ (в $кг/см^2$): при диаметре банки (в $мм$): 72,8; 83,4; 98,9; 153,1;

1,4; 1,10; 0,9; 0,4.

Для стеклянных банок допустимая разность давлений $\Delta P_д = 0$, т. е. давления в банке и в аппарате должны быть равны. Так как при равных температурах давление в банке всегда выше давления пара в аппарате на величину парциального давления воздуха, то, чтобы не допустить деформации жестяной тары или срыва крышек со стеклянной банки, в аппарате создают дополнительное давление при помощи сжатого воздуха или воды, так называемое противодавление. Величина противодавления должна быть такой, чтобы давление в аппарате P_a при стерилизации было равно или больше давления в банке P_2, уменьшенного на допустимую разность давлений $\Delta P_д$.

$$P_a \geqslant P_2 - \Delta P_д \ [кг/см^2].$$

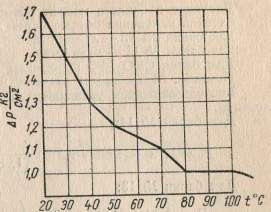


Рис. 194. График изменения критического давления в зависимости от температуры

Таблица 34

Внутренний диаметр банки в $мм$	Толщина жести в $мм$	Критическая разность давлений в $кг/см^2$
72,8	0,30	3,7
83,4	0,30	2,9
98,9	0,27	1,9
98,9	0,30	2,1
153,1	0,31	1,07

Давление P_a должно поддерживаться сжатым воздухом или водой не только при стерилизации, но и при охлаждении консервов до тех пор, пока давление в стеклянной банке не снизится до 1 $ата$ и в жестяной банке до $(1 + \Delta P_д)$ $ата$; только после этого можно уменьшить давление в аппарате до атмосферного.

В банках, укупоренных крышками, снабженными односторонними клапанами, не требуется при стерилизации создавать противодавления. Объясняется это тем, что во время стерилизации давление в банке всегда почти равно давлению в автоклаве за счет выхода из банки смеси пара и воздуха.

При последующем охлаждении в таких банках образуется значительный вакуум.

Примеры. 1. Условие. Определить давление в банке во время стерилизации и величину давления в аппарате, если стерилизуются консервы в жестяной таре № 14, 13 и стеклянной таре СКО 83-2 при температуре 115°; степень наполнения банок $f_1 = 0{,}9$. Начальная температура продукта 70°. Укупорку производят при атмосферном давлении (760 *мм* рт. ст.).

Решение. Давление водяных паров по таблицам при температуре 70° $P'_n = 0{,}318$ *ата*, при температуре 115° $P''_n = 1{,}72$ *ата*.

Давление в банке в момент укупорки $P_1 = 1{,}033$ *ата*.

Степень изменения объема банки x принимаем при $\Delta P = 1$ по графику на рис. 193:
для банки № 13 — $x_1 = 1{,}048$ и
для банки № 14 — $x_2 = 1{,}084$.

Для банки СКО 83-2 принимаем $x_c = 1$.

По табл. 31 выбираем значение y при $t_1 = 70°$ и $t_2 = 115°$; $y = 1{,}034$.

Воспользовавшись уравнением (XIV—13), найдем давление в банке при стерилизации.

Для банки № 14:

$$P_2 = 1{,}72 + (1{,}033 - 0{,}318)\left(\frac{1-0{,}9}{1{,}084 - 1{,}034 \cdot 0{,}9} \cdot \frac{115+273}{70+273}\right) = 2{,}245 \text{ } ата.$$

Для банки № 13:

$$P_2 = 1{,}72 + (1{,}033 - 0{,}318)\left(\frac{1-0{,}9}{1{,}048 - 1{,}034 \cdot 0{,}9} \cdot \frac{115+273}{70+273}\right) = 2{,}40 \text{ } ата.$$

Для банки СКО 83-2:

$$P_2 = 1{,}72 + (1{,}033 - 0{,}318)\left(\frac{1-0{,}9}{1{,}0 - 1{,}034 \cdot 0{,}9} \cdot \frac{115+273}{70+273}\right) = 3{,}34 \text{ } ата.$$

Давление в автоклаве должно быть не меньше $P_a = P_2 - \Delta P_\partial$. Так как для банки № 14 $\Delta P_\partial = 0{,}4$, то $P_a = 2{,}245 - 0{,}4 = 1{,}845$ *ата*, или 0,85 *ати*.

Для банки № 13 $\Delta P_\partial = 0{,}9$, то $P_a = 2{,}4 - 0{,}9 = 1{,}5$ *ата*, или 0,5 *ати*.

Для стеклянных банок $\Delta P_\partial = 0$, поэтому $P_a = 3{,}34$ *ата* или 2,34 *ати*.

Так как давление водяного насыщенного пара в аппарате при температуре 115° соответствует 0,72 *ати*, то при стерилизации консервов в банке № 14 и СКО 83-2 необходимо добавочное, сверхпаровое давление (противодавление), создаваемое сжатым воздухом или водой. При стерилизации консервов в банке № 13 в сверхпаровом давлении (противодавлении) надобности нет.

СПОСОБЫ СТЕРИЛИЗАЦИИ И КЛАССИФИКАЦИЯ СТЕРИЛИЗАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

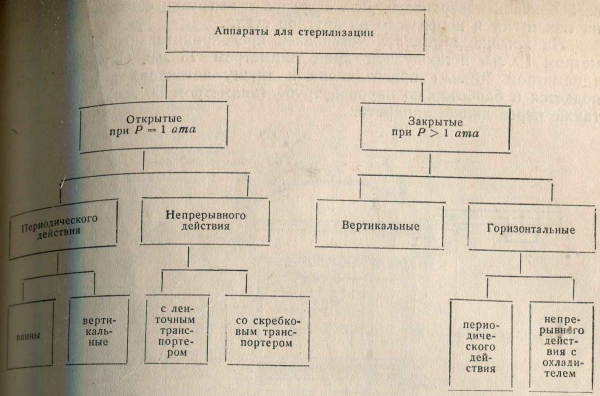
Стерилизацию консервов можно производить:

а) в воде при атмосферном давлении, если температура стерилизации не превышает 100°; б) в водяном насыщенном паре при давлении выше атмосферного, если температура стерилизации выше 100°; в) в воде при давлении выше атмосферного с пароводушным или с водяным противодавлением; г) в водяном насыщенном паре с воздушным противодавлением.

В зависимости от способа работы, аппараты, применяемые для стерилизации консервов, можно разделить на аппараты, работающие при атмосферном давлении, и аппараты, работающие при давлении выше атмосферного, как периодического, так и непрерывного действия.

Для полноты представления в классификации приведен ряд аппаратов, которые в настоящее время не применяются, например, открытые аппараты периодического действия.

Основным аппаратом для стерилизации в консервной промышленности является вертикальный двухсетчатый автоклав периодического действия. Классификация стерилизационных аппаратов приведена на стр. 339.



АВТОКЛАВЫ (СТЕРИЛИЗАТОРЫ) ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Для стерилизации консервов под давлением выше атмосферного паром или в воде применяют автоклавы.

Автоклавы изготовляют двух типов: вертикальные и горизонтальные. Горизонтальные автоклавы применяют для стерилизации консервов в жестяной таре. Вертикальные автоклавы применяют для стерилизации всех видов консервов как в жестяной, так и в стеклянной таре, поэтому они получили широкое распространение на консервных заводах.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ АВТОКЛАВ

В соответствии с решениями технической конференции Главконсерва в 1949 г. вертикальные автоклавы изготовляют двухсетчатые и четырехсетчатые. В промышленности встречаются также одно- и трехсетчатые автоклавы. Отличаются они друг от друга только высотой корпуса.

Двухсетчатый вертикальный автоклав конструкции Главпищемаша (рис. 195) имеет сварной цилиндрический корпус *1* с внутренним диаметром 1016 *мм* и высотой 1510 *мм*, изготовленный из углеродистой стали марки Ст-3 (ГОСТ 380-41) толщиной 6 *мм*. К корпусу приварено сферическое днище *2* и прикреплена на петлях крышка *3*, которая прижата к корпусу автоклава восемью барашковыми гайками.

Герметичность соединения крышки с корпусом создается прокладкой *5* из промасленного асбеста, помещенной в круговом пазу кольца *6* на верхней части цилиндра. Когда автоклав открыт, крышка занимает вертикальное положение, подъем крышки облегчается двумя противовесами *7*. Автоклав опирается на лапы, приваренные к корпусу. Внутри автоклава, над днищем, расположен крестообразный барботер *8*, выше которого находится опорное кольцо. На опорном кольце устанавливают сетки *9*, одну на другую. Цилиндрические сетки диаметром 946 *мм*

и высотой 700 *мм* изготовлены из стальных листов, с отверстиями на всей боковой поверхности. Для загрузки и выгрузки сеток из автоклава на них имеется коромысло из круглой стали.

На крышке автоклава установлен предохранительный клапан диаметром 19 *мм* и продувной кран диаметром 13 *мм*. Спускная труба (диаметром 50 *мм*) присоединена к днищу автоклава в центре. Пар подается в барботер по паровой трубе (диаметром 50 *мм*), проходящей также через днище аппарата.

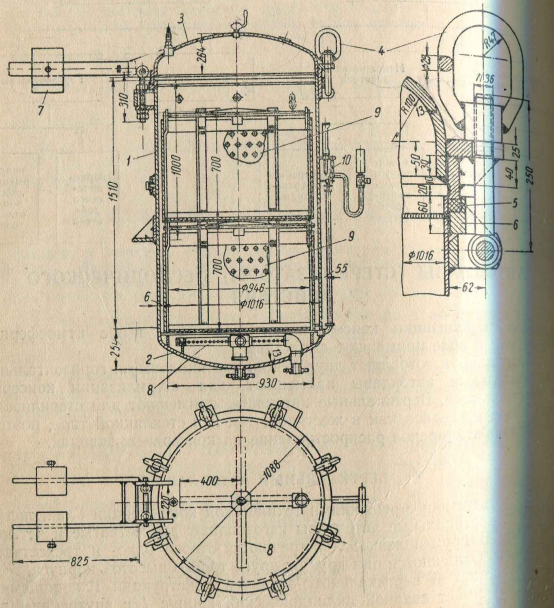


Рис. 195. Вертикальный двухсетчатый автоклав

К верхней части корпуса автоклава присоединены: а) труба для подачи воды, перекрываемая вентилем диаметром 38 *мм*, б) сливная труба с таким же диаметром и в) труба для воздуха диаметром 25 *мм*.

К цилиндрической части автоклава приварена коробка *10*, на которой установлены термометр до 150° и манометр до 6 *атм*. Коробка *10* соединена трубой (диаметром 25 *мм*) с нижней частью автоклава для циркуляции воды, чем обеспечивается правильное показание термометра.

Техническая характеристика автоклавов, изготовляемых Ростовским-на-Дону машиностроительным заводом:

Показатели	Марка СР-2К	Марка СР-4К
Емкость автоклава в *л*	1500	2630
Количество сеток	2	4
Рабочее давление пара в *ати*	3	3
Вес автоклава полный в *кг*	1132	1753
Вес автоклава без сеток в *кг*	1032	1553
Габариты в *мм*:		
длина	2080	2080
ширина	1340	1340
высота	2275	3700
Вес одной сетки в *кг*	50	50
Емкость сетки (в банках):		
банка СКО 83-1	456	456
„ СКО 83-2	224	224

КОММУНИКАЦИЯ АВТОКЛАВОВ, РАБОТАЮЩИХ С ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ

Если при стерилизации консервов создают противодавление, то коммуникация автоклава должна обеспечить в зависимости от способа стерилизации подачу в автоклав сжатого воздуха или воды под давлением.

Различные схемы коммуникации при стерилизации с противодавлением показаны на рис. 196, на котором цифрами *1*, *2*, *4* обозначены трубопроводы, *3* — центробежный насос, *5* — паровой насос, *6* — баллон с сжатым воздухом.

Как видно из рис. 196, *а*, сливная труба соединена со спускной трубой. Трубопровод *2* служит для подачи воды под давлением от многоступенчатого центробежного насоса. Трубопровод *4* (рис. 196, *б*) служит для подачи сжатого воздуха из компрессора через ресивер.

Во избежание прекращения работы автоклава при временном выключении электроэнергии рекомендуется устанавливать, кроме центробежного насоса (рис. 196, *а*), еще и паровой насос поршневого типа.

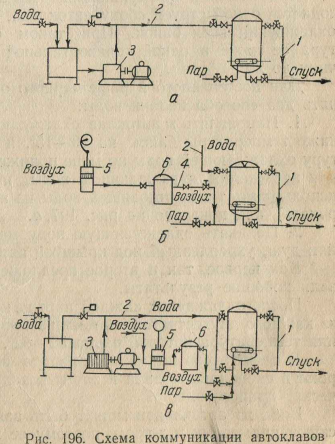


Рис. 196. Схема коммуникации автоклавов

Сжатый воздух подается в автоклав через барботер для пара. На рис. 196, *в* показана схема коммуникации автоклава, обеспечивающая возможность подачи сжатого воздуха и воды в верхнюю и нижнюю части автоклава.

Снижение давления в автоклаве приводит к срыву крышек или деформации банок. Поэтому на всех трубопроводах, по которым поступает

пар, вода или воздух, устанавливают обратные клапаны между автоклавом и вентилем.

На коммуникации автоклава устанавливают только паровые вентили.

ОХЛАЖДЕНИЕ КОНСЕРВОВ В АВТОКЛАВАХ

Охлаждение консервов, в особенности в стеклотаре, является одним из самых ответственных процессов.

Исследования показали, что термостойкость стекла при охлаждении значительно ниже, чем при нагревании. Объясняется это тем, что при нагревании наружные слои стенки стеклянной банки испытывают сжимающие усилия, в то время как при охлаждении в них возникают растягивающие усилия.

Напряжения, при которых происходит разрушение стекла, составляют: на сжатие — 6500—17 500 *кг/см²*, а на растяжение 350—800 *кг/см²*, т. е. сопротивляемость при растяжении в 16—17 раз ниже, чем при сжатии.

При охлаждении банок, как показывает опыт, наиболее опасным является этап охлаждения банок от температуры стерилизации до 70°. В этом интервале температур в материале банок возникают особенно высокие напряжения, приводящие иногда к их разрушению.

Чтобы предотвратить бой банок при охлаждении, температура в автоклаве должна снижаться постепенно и равномерно.

При обычной коммуникации, через которую охлаждающая вода подается одной струей сбоку автоклава, нельзя достигнуть равномерного охлаждения всех банок. При таком способе подачи воды температура ее даже в одной горизонтальной плоскости отличается на величину до 20°.

Для постепенного и равномерного охлаждения банок можно применять два способа подачи воды:

1. Направлять в автоклав охлаждающую воду, температура которой ниже температуры банок на 10—15°, и непрерывно понижать температуру охлаждающей воды по мере понижения температуры банок. Причем для нагревания охлаждающей воды, подаваемой в автоклав, следует использовать тепло отходящей воды из автоклава (предложение В. М. Воронель), как показано на рис. 197, *а*.

2. Подавать охлаждающую воду мелкими струями через барботер или душ, укрепленный под крышкой автоклава[1] (рис. 197, *б*).

Как первое, так и второе предложение в заводских условиях показали хорошие результаты.

После охлаждения каждой партии консервов отводят в канализацию из каждого двухсетчатого автоклава примерно 1100—1250 *кг* воды, средняя температура которой равна 52—62°.

В целях экономии тепла горячую воду из автоклавов иногда собирают в специальные баки и затем используют для различных технологических процессов.

Вода из автоклавов может быть загрязнена различными органическими примесями и жиром, поэтому ее можно использовать там, где не требуется совершенно чистой воды, например, в автоклавном отделении для первичного заполнения автоклавов, при охлаждении банок внутри в пастеризаторах (пастеризационных ваннах), при первичной замочке возвратной тары и т. п.

На Московском пищевом комбинате имени А. И. Микояна по предложению инженера Г. М. Солдунова использование тепла горячей воды из автоклавов совместили с созданием постоянного противодавления в автоклавах.

Для этого на шестом этаже, на уровне 18 *м* над автоклавами, установили напорный бак и соединили его с автоклавами трубопроводами. Во время охлаждения банок горячая вода из автоклавов вытесняется в напорный бак. Излишки воды из напорного бака сливаются в ниже расположенный сборный бак.

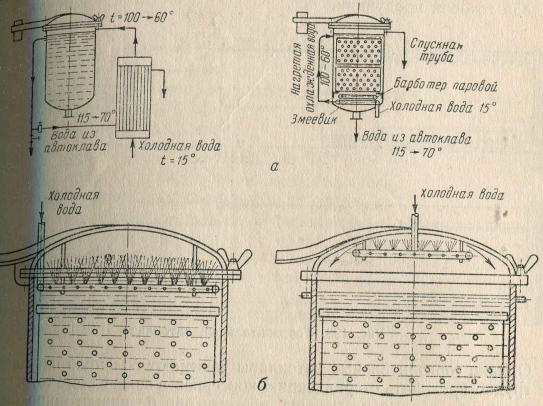


Рис. 197. Схемы подачи охлаждающей воды в автоклав

Во всех работающих автоклавах противодавление создается за счет гидростатического столба воды высотой 18 *м*, что соответствует 1,8 *ати*.

Горячая вода из сборного бака используется для различных нужд комбината, благодаря чему достигнута экономия в расходе пара до 50% от затрачиваемого на стерилизацию.

Одновременно этими мероприятиями создаются условия для надежного, постоянного противодавления в автоклавах и экономии расхода воды и электроэнергии.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ АВТОКЛАВ

Горизонтальный автоклав представляет собой корпус *1* цилиндрической формы (рис. 198), установленный в горизонтальном положении на лапах. Торцевые стороны корпуса с одной или с двух сторон закрываются герметически крышками *2*, укрепленными на петлях. Прижим крышки к корпусу осуществляется штурвалом *3*, при вращении которого шесть рычагов, расположенных на внутренней стороне крышки, своими концами входят в выточки внутри корпуса автоклава.

Для герметичности соединения крышки с корпусом в месте их соприкосновения установлена прокладка. Внутри автоклава расположен барботер *4* для подачи пара и рельсы, по которым перемещаются тележки с банками.

Горизонтальные автоклавы строятся на одну, четыре и шесть тележек, отличаются они между собой только длиной корпуса и снабжены

[1] Предложение В. З. Жадана и Одесского научно-исследовательского института консервной промышленности.

такими же контрольно-измерительными приборами и коммуникацией, как и вертикальные автоклавы.

Для горизонтальных автоклавов (в отличие от вертикальных) не требуется каналов (шахт) при их установке, а также монорельсов с электроталью или кранов для загрузки банок. Наличие двух крышек дает возможность осуществить загрузку автоклава с одной стороны и разгрузку с другой, что создает некоторую поточность движения банок, в особенности, если загрузку производить в стерилизационном цехе, а разгрузку — у склада готовой продукции.

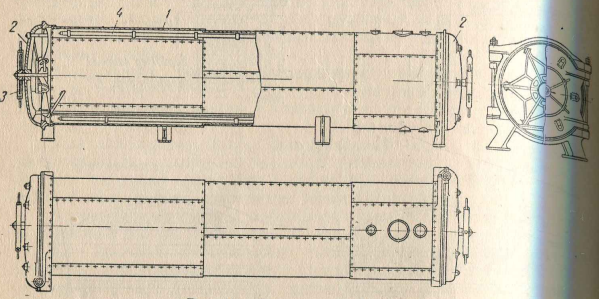


Рис. 198. Горизонтальный автоклав

Однако горизонтальные автоклавы занимают большую площадь, и в них трудно проводить стерилизацию консервов в воде. Кроме того, степень использования объема их меньше, поэтому они не нашли широкого распространения на консервных заводах.

Техническая характеристика горизонтальных автоклавов

Габариты и вес	На одну тележку	На 4 тележки	На 6 тележек
Длина в *мм*	1863	5140	7278
Ширина „ „	1862	1862	2050
Высота „ „	1917	1917	1917
Вес в *кг*	2262	3047	4990

РАСЧЕТЫ АВТОКЛАВОВ

Последовательность технологических, тепловых и конструктивных (на прочность) расчетов автоклавов приводится ниже.

Технологический расчет

Этим расчетом устанавливают производительность автоклава, на основе чего определяют количество необходимых автоклавов и составляют график работы стерилизационного цеха.

1. Продолжительность полного цикла работы автоклава

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6 \text{ [мин.]}, \qquad (XIV-14)$$

где: τ_1 — продолжительность загрузки автоклава (в мин.);

τ_2, τ_3 и τ_4 — продолжительность повышения температуры τ_2, собственно стерилизации τ_3 и понижения давления и температуры τ_4 в мин., установленная формулой стерилизации;

τ_5 — продолжительность охлаждения банок после уменьшения давления (в мин.);

τ_6 — продолжительность разгрузки автоклава (в мин.).

2. Количество загружаемых в автоклав банок с достаточной для практики точностью можно определить по формуле:

$$n_б = 0{,}785 \cdot a \cdot z \frac{d_c^2}{d_б^2}, \qquad (XIV-15)$$

где: $n_б$ — количество банок, загружаемых в автоклав;

d_c — диаметр сетки в *м*;

$d_б$ — диаметр банки в *м*;

a — отношение высоты сетки h_c к высоте банки $h_б$; $a = \frac{h_c}{h_б}$ (принимают ближайшее целое меньшее число);

z — число сеток, загружаемых в автоклав.

3. Часовую производительность M автоклава периодического действия определяют по формуле:

$$M = \frac{60 \cdot n_б}{\tau} \text{ [банок в час]}. \qquad (XIV-16)$$

4. Необходимое количество автоклавов n_a для стерилизации n банок в час определяют по формуле:

$$n_a = \frac{n}{M} \text{[шт.]}. \qquad (XIV-17)$$

Если количество автоклавов n_a получается дробным числом, то берется ближайшее целое большее число.

5. График работы стерилизационного цеха устанавливает не только очередность и продолжительность работы каждого автоклава, время его загрузки и разгрузки, но и дает возможность судить о количестве автоклавов, одновременно потребляющих пар или воду, рассчитать часовой расход пара и воды для стерилизационной станции.

Для составления графика нужно знать продолжительность цикла работы одного автоклава и интервал во времени между двумя загрузками, определяемый из уравнения

$$\Delta\tau = 60 \frac{n_б}{n} \text{ [мин.]}.$$

Если первый автоклав загружают в 8 час., то, следовательно, второй можно будет загружать через $\Delta\tau$ минут, третий через $2\Delta\tau$, четвертый через $3\Delta\tau$ и т. д.

Точно так же, если первый автоклав освободится через τ минут после загрузки, то второй через $\tau + \Delta\tau$, третий через $\tau + 2\Delta\tau$ и т. д.

По этим данным строится график работы стерилизационной станции на смену или сутки.

Тепловой расчет

Тепловым расчетом автоклава устанавливается расход пара на стерилизацию и расход охлаждающей воды.

Расход пара за один цикл работы автоклава рассчитывают отдельно

для первого этапа, когда температура в автоклаве повышается до температуры стерилизации и для второго этапа, когда в автоклаве поддерживается постоянная температура стерилизации.

Во время первого этапа работы автоклава тепловая энергия затрачивается на нагрев аппарата, сеток, банок, крышек, продукта и воды (при стерилизации в воде) и на компенсацию потерь тепла в окружающую среду путем лучеиспускания и конвекции. Расход тепла при этом определяют по формулам, приведенным в гл. X (1, 2 и 10).

При стерилизации в паре потери тепла на продувку автоклава принимают равными 8 ÷ 10% от общего расхода тепла на все остальные статьи.

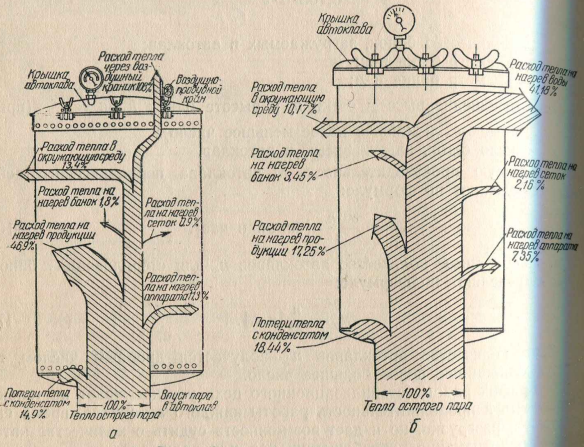


Рис. 199. Тепловой баланс автоклава

Во время второго этапа работы автоклава, при постоянной температуре стерилизации, тепловая энергия расходуется на компенсацию потерь тепла в окружающую среду путем лучеиспускания и конвекции; определить ее можно по формуле (X—10).

Зная общий расход тепла за первый и второй этапы работы автоклава, определяют расход пара для каждого этапа в отдельности (см. формулу X—15).

Общий расход пара за один цикл работы автоклава:

$$Д = Д_1 + Д_2 \ [кг].$$

Тепловой баланс показывает величину каждой статьи расхода тепла в процентах от общего расхода тепла на процесс. Тепловой баланс при стерилизации консервов паром, графически изображенный на рис. 199, *а*, показывает, что основной статьей расхода тепла является нагрев продукта — 46,9% и что потери тепла составляют 24,2% (на лучеиспускание и продувку). Для уменьшения потерь тепла нужно изолировать поверхность аппарата и сократить время и интенсивность продувки аппарата.

При стерилизации консервов в воде основное количество тепла расходуется на нагрев воды и продукта, что видно из теплового баланса, изображенного на рис. 199, *б*. При стерилизации в воде экономия пара может быть достигнута за счет изоляции аппарата и использования для нужд производства горячей воды после стерилизации.

Расход воды для охлаждения консервов зависит от количества тепла, отдаваемого автоклавом и консервами при охлаждении их до температуры $t_к$, установленной для данного вида консервов; обычно она равна 40—50°. При этом, однако, температура автоклава, заполняющей его воды, сеток и банок к концу охлаждения будет ниже температуры продукта на 5—7°, что видно из кривых проникновения тепла в центр банок (см. рис. 192).

Можно принять с достаточной для технического расчета точностью, что температура тары, сеток и автоклавов t всегда равна температуре воды в автоклаве и что только продукт имеет более высокую температуру, равную $t + \Delta t$. На основании этого составим дифференциальное уравнение теплового баланса.

Обозначим через:

G' — вес продукта в *кг*;

C — теплоемкость продукта в *ккал/кг* °С;

G'' — вес автоклава, сеток, банок и воды в *кг*

$$G'' = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 \ [кг],$$

где: G_1 — вес автоклава в *кг*;

G_2 — вес сеток в *кг*;

G_3 — вес банок в *кг*;

G_4 — вес воды в автоклаве в *кг*;

C_n — приведенная теплоемкость массы G'' в *ккал/кг* °С

$$C_n = \frac{G_1C_1 + G_2C_2 + G_3C_3 + G_4C_4}{G''} \ [ккал/кг\,°C], \qquad (XIV—18)$$

где: C_1, C_2 и C_3 — теплоемкость материала автоклава, сеток и банок в *ккал/кг* °С;

C_4 — теплоемкость воды в *ккал/кг* °С;

t_c — температура стерилизации в °С;

t_o — начальная температура охлаждающей воды в °С;

$t_к$ — конечная температура продукта в °С;

$t_к$ — конечная температура автоклава, сеток, банок и воды в автоклаве в °С

$$t'_к = t_к - (5 \div 7)°.$$

Тогда теплосодержание системы в любой момент процесса равно:

$$G'C(t + \Delta t) + G''C_n t.$$

При подводе в автоклав dW *кг* охлаждающей воды, имеющей температуру t_o, элементарное количество тепла, отведенное от системы, равно $dW\,(t - t_o)$.

Измененное теплосодержание системы (если Δt принять постоянным):

$$G'C(t + \Delta t + dt) + G''C_n(t + dt).$$

Тогда теплосодержание системы уменьшилось на величину:

$$[G'C(t + \Delta t + dt) + G''C_n(t + dt)] - [G'C(t + \Delta t) + G''C_n t] =$$
$$= (G'C + G''C_n)\,dt.$$

Теплосодержание системы уменьшилось на количество тепла, уведенного водой, поэтому уравнение теплового баланса имеет вид:

$$dW(t-t_o)=(G'C+G''C_n)\,dt;$$

$$dW=(G'C+G''C_n)\frac{dt}{t-t_o}.$$

При интегрировании этого уравнения его правая часть представится суммой двух интегралов с различными верхними пределами интегрирования:

$$W=G'C\int_{t_к}^{t_c}\frac{dt}{t-t_o}+G''C_n\int_{t'_к}^{t_c}\frac{dt}{t-t_o}.$$

После интегрирования получим следующее выражение для расхода охлаждающей воды:

$$W=2{,}303\left(G'C\lg\frac{t_c-t_o}{t_к-t_o}+G''C_n\lg\frac{t_c-t_o}{t'_к-t_o}\right)[кг]. \qquad (XIV-19)$$

Конструктивный расчет

Целью конструктивных расчетов является определение диаметра патрубков для подвода пара и воды в автоклав, толщины стенки корпуса автоклава и диаметра зажимного болта. Диаметры патрубков для подачи пара и воды определяют по уравнению сплошности движения среды.

Скорость движения пара принимают обычно от 25 до 40 *м/сек*, а скорость движения воды от 1 до 3 *м/сек*.

Толщина стенки корпуса автоклава проверяется на прочность по уравнению:

$$\delta=\frac{PD_aK}{2\sigma_в\varphi}+C\ [см], \qquad (XIV-20)$$

где: δ — толщина стенки автоклава в *см*;
P — давление в автоклаве (избыточное) в *кг/см²*;
D_a — внутренний диаметр автоклава в *см*;
K — коэффициент запаса прочности металла (при сварном шве K принимают равным 4,25);
φ — коэффициент прочности шва (при сварном шве φ принимают равным 0,7);
$\sigma_в$ — предел прочности при растяжении (для стали марки Ст-3 $\sigma_в=3800\div4700$ *кг/см²*);
C — величина, учитывающая химический износ материала, принимается равной 0,1 ÷ 0,3 *см*.

Диаметр зажимного болта автоклава, изготовленного из стали Ст-3, проверяется по формуле:

$$d_o=0{,}055\sqrt{P'}+0{,}5\ см, \qquad (XIV-21)$$

где: d_o — внутренний диаметр резьбы болта в *см*;
P' — нагрузка, приходящаяся на один болт, в *кг*.

$$P'=\frac{\pi D_a^2P}{4n}\ [кг], \qquad (XIV-22)$$

где: P — избыточное давление в автоклаве;
n — количество зажимных болтов.

Примерный расчет автоклава

Определить число автоклавов, необходимых для стерилизации консервов, расход пара на один автоклав, расход охлаждающей воды, диаметр патрубков для подачи пара и воды и толщину стенки корпуса автоклава, если производительность укупорочной машины — 35 банок СКО 83-1 баклажанной икры в минуту. Температура икры в банках до стерилизации 45°, после охлаждения 46°.

Формула стерилизации:

$$\frac{25-90-25}{116^\circ}.$$

Начальная температура охлаждающей воды $t_o=18^\circ$.
Температура воздуха в цехе $t_в=25^\circ$.

А. Технологические расчеты

1. Определяем количество банок, вмещаемых в одну сетку автоклава. Диаметр сетки $d_c=946$ *мм*, высота сетки $h_c=700$ *мм*, диаметр банки наружный $d_б=96$ *мм*, высота банки $h_б=107$ *мм*.

$$n'_б=0{,}785\frac{0{,}946^2}{0{,}096^2}\cdot6=0{,}785\cdot96\cdot6=456\ банок;$$

$$a=\frac{0{,}700}{0{,}107}=6{,}50,\ берем\ a=6.$$

2. Время наполнения одной сетки, если в 1 мин. подается 35 банок:

$$\tau_o=\frac{456}{35}=13\ мин.$$

Так как максимально допустимая продолжительность выдержки укупоренных банок до их стерилизации 30 мин., то можно выбрать двухсетчатый автоклав. Продолжительность накоплений банок в сетках — 26 мин.

3. Количество банок, загружаемых в двухсетчатый автоклав:

$$n_б=2\cdot456=912\ банок.$$

4. Продолжительность полного цикла работы автоклава:
τ_1 — загрузка 5 мин. (принимаем);
τ_2 — повышение температуры и давления 25 мин. (по формуле стерилизации);
τ_3 — продолжительность стерилизации 90 мин. (по формуле стерилизации);
τ_4 — уменьшение давления и охлаждение 25 мин. (по формуле стерилизации);
τ_5 — разгрузка 5 мин. (принимаем).

Итого 150 мин.

5. Производительность автоклава в час:

$$M=60\frac{n_б}{\tau}=60\frac{912}{150}=365\ банок\ в\ час.$$

6. Количество необходимых автоклавов:

$$n_a=\frac{n}{M}=\frac{35\cdot60}{365}=5{,}75;\ устанавливаем\ 6\ автоклавов.$$

7. Интервал времени между загрузками очередных автоклавов:

$$\Delta\tau=60\frac{n_б}{n}=60\frac{912}{60\cdot35}=25{,}9\cong26\ мин.$$

8. График работы стерилизационной станции.
Предполагаем, что первый автоклав начали загружать в 8 час. График работы всех автоклавов составляют по следующей форме (табл. 35).

Таблица 35

Процессы	Номера автоклавов								
	1	2	3	4	5	6	1	2	3
Начало загрузки . . .	8—00	8—26	8—52	9—18	9—41	10—11	10—36	11—02	11—28
Конец загрузки	8—05	8—31	8—57	9—23	9—49	10—15	10—41	11—07	11—33
Конец подогрева . . .	8—30	8—56	9—22	9—48	10—14	10—40	11—06	11—32	11—58
Конец стерилизации . .	10—00	10—26	10—52	11—18	11—44	12—10	12—36	13—02	13—28
Конец спуска давления и охлаждения	10—25	10—51	11—17	11—43	12—09	12—35	13—01	13—27	13—53
Конец выгрузки	10—30	10—56	11—22	11—48	12—14	12—40	13—06	13—32	13—58

Из графика видно, что первый автоклав освободится в 10 час. 30 мин. и его загрузка начнется в 10 час. 36 мин.

Пар расходуется в каждом автоклаве с момента окончания загрузки и до момента окончания стерилизации, и подается одновременно в пять автоклавов.

Б. Тепловой расчет

Тепло за первый этап работы автоклава расходуется на:

1. Нагрев автоклава:

$$Q_1 = G_1 \cdot C_1 (t_c - t_1) = 1032 \cdot 0{,}115 \cdot (116 - 40) = 9300 \text{ ккал},$$

где: G_1 — вес автоклава ($G_1 = 1032$ кг);
C_1 — теплоемкость стали ($C_1 = 0{,}115$ ккал/кг °С);
t_1 — начальная температура автоклава ($t_1 = 40°$) после охлаждения;
t_c — температура стерилизации ($t_c = 116°$).

2. Нагрев сеток:

$$Q_2 = G_2 \cdot C_1 (t_c - t_2) = 2 \cdot 50 \cdot 0{,}115 \cdot (116 - 25) = 1040 \text{ ккал},$$

где: G_2 — вес сеток в кг (вес одной сетки 50 кг);
t_2 — температура сетки (t_2 приравнивается температуре воздуха и принята равной 25°).

3. Нагрев банок (расход тепла на нагрев крышек не учитываем):

$$Q_3 = G_3 \cdot C_3 (t_c - t_2) = 912 \cdot 0{,}27 \cdot 0{,}2 \cdot (116 - 45) = 3500 \text{ ккал},$$

где: C_3 — теплоемкость стекла ($C_3 = 0{,}2$ ккал/кг °С);
G_3 — вес банок ($G_3 = 912 \cdot 0{,}27$ кг).
Вес банки СКО 83-1 = 270 г.
t_3 — начальную температуру банок принимаем такую же, как температуру продукта, 45°.

4. Нагрев продукта:

$$Q_4 = G_4 \cdot C_4 (t_c - t_3) = 912 \cdot 0{,}42 \cdot 0.85 (116 - 45) = 23\,260 \text{ ккал},$$

где C_4 — теплоемкость продукта ($C_4 = 0{,}85$ ккал/кг °С); вес продукта в одной банке 0,42 кг.

5. Нагрев воды в автоклаве:

$$Q_5 = G_5 (t_c - t_1) = 575 (116 - 40) = 43\,700 \text{ ккал},$$

где: G_5 — вес воды определяют по объему автоклава за вычетом объема сеток и банок (в нашем случае $G_5 = 575$ кг);
t_1 — начальная температура воды в автоклаве ($t_1 = 40°$).

6. Потери тепла в окружающую среду рассчитываем по формуле (X—10):

$$Q_6 = F_a \tau \alpha_o (t_{cm} - t_в) = 6{,}5 \cdot 0{,}46 \cdot 8{,}9 (33 - 25) \cong 210 \text{ ккал},$$

где: F_a — поверхность автоклава ($F_a = 6{,}5$ м²);
τ — продолжительность подогрева ($\tau = \frac{25}{60} = 0{,}46$ часа).

Температура наружной стенки изоляции:

$$t_{cm} = t_в + \frac{K}{\alpha_2} (t_{cp} - t_в) = 25 + \frac{1{,}6}{9} (78 - 25) = 33°.$$

Коэффициент теплопередачи от стенки к воздуху (формула X—22):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{0{,}005}{50} + \frac{0{,}05}{0{,}1} + \frac{1}{9}} = 1{,}6 \text{ ккал/м}^2 \text{ час °С}.$$

Коэффициент теплоотдачи от воды к стенке автоклава $\alpha_1 = 200$ ккал/м² час °С.
Коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху принимаем $\alpha_2 = 9$ ккал/м² час °С.
Толщину стенки автоклава принимаем $\delta_1 = 5$ мм.
Толщина изоляции $\delta_2 = 50$ мм.
Теплопроводность стали $\lambda_1 = 50$ ккал/м час °С.
Теплопроводность изоляции $\lambda_2 = 0{,}1$ ккал/м час °С.
Средняя температура воды в автоклаве:

$$t_{cp} = \frac{40 + 116}{2} = 78°.$$

Суммарный коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_o = 8{,}4 + 0{,}06 (t_{cm} - t_в) = 8{,}4 + 0{,}06 (33 - 25) = 8{,}9 \text{ ккал/м}^2 \text{ час °С}.$$

Температура воздуха в цехе $t_в = 25°$.

7. Общий расход тепла:

$$Q_{общ} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = 81\,010 \text{ ккал}.$$

8. Расход пара во время первого этапа работы автоклава:

$$Д_1 = \frac{Q_{общ}}{i - i'_к} = \frac{81\,010}{627{,}6 - 116} = 158{,}3 \text{ кг}.$$

Теплосодержание пара i до редуктора при давлении 4 ата и степени сухости $x = 0{,}95$ равно 627,6 ккал/кг. Теплосодержание конденсата при стерилизации консервов в воде, считая теплоемкость воды равной 1, приравнивается температуре стерилизации: $i'_к = 116$ ккал/кг.

9. Интенсивность расхода пара в первый этап работы (или часовой расход пара):

$$Д'_{час} = \frac{Д_1}{\tau_2} = \frac{158{,}3}{0{,}46} = 343{,}0 \text{ кг/час}.$$

10. Тепловая энергия при втором этапе работы автоклава расходуется только на компенсацию потерь тепла в окружающую среду в количестве:

$$Q_7 = F_a \tau_3 \alpha_1 (t'_{cm} - t_в) = 6{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 9{,}4 (41 - 25) = 1470 \text{ ккал}.$$

Продолжительность собственно стерилизации:

$$\tau_3 = \frac{90}{60} = 1{,}5 \text{ часа}.$$

Температура воды в автоклаве $t'_{cp} = 116°$, температура наружной стенки изоляции:

$$t'_{cm} = 25 + \frac{1{,}6}{9} (116 - 25) = 41°.$$

Суммарный коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_1 = 8{,}4 + 0{,}06 (41 - 25) = 9{,}4 \text{ ккал/м}^2 \text{ час °С}.$$

11. Расход пара за второй этап работы автоклава:

$$Д_2 = \frac{Q_7}{i - i''_к} = \frac{1470}{627{,}6 - 116} = 2{,}90 \text{ кг},$$

и часовой расход пара

$$Д''_{час} = \frac{Д_2}{\tau_3} = \frac{2{,}90}{1{,}5} = 1{,}90 \text{ кг/час}.$$

12. Общий расход пара за один цикл работы автоклава:

$$Д = Д_1 + Д_2 = 158{,}3 + 2{,}9 = 161{,}2 \text{ кг}.$$

13. Тепловой баланс автоклава.

Приход тепла в аппарат с паром в количестве

$Дi = 161{,}2 \cdot 627{,}6 = 101\,180$ ккал, 100% прихода тепла.

Расход тепла:

На нагрев автоклава	$Q_1 =$	9 300 ккал	9,25%
На нагрев сеток	$Q_2 =$	1 040 »	1,25%
На нагрев банок	$Q_3 =$	3 500 »	3,45%
На нагрев продукта	$Q_4 =$	23 260 »	23,15%
На нагрев воды в автоклаве	$Q_5 =$	43 700 »	43,20%
На потери в окружающую среду за первый этап . .	$Q_6 =$	210 »	0,20%
На потери в окружающую среду за второй этап . . .	$Q_7 =$	1 470 »	1,30%
Потери с конденсатом	$Дi_к =$	18 700 »	18,20%
Всего		101 180 ккал	100,00%

14. Расход охлаждающей воды при охлаждении продукта до температуры $t_к = 46°$ определяют по формуле:

$$W = 2{,}303\left(G'C\lg\frac{t_c - t_o}{t_к - t_o} + G''C_n\lg\frac{t_c - t_o}{t'_к - t_o}\right) = 2{,}303\left(383 \cdot 0{,}85\lg\frac{116-18}{46-18} + \right.$$

$$\left. + 1971 \cdot 0{,}38\lg\frac{116-18}{40-18}\right) = 1500 \text{ кг},$$

где: вес продукта $G' = 912 \cdot 0{,}42 = 383$ кг;
теплоемкость продукта $C = 0{,}85$ ккал/кг °С;
температура стерилизации $t_c = 116°$;
начальная температура охлаждающей воды $t_o = 18°$.

Вес автоклава, сеток, банок и воды:

$$G'' = 1032 + 100 + 912 \cdot 0{,}27 + 575 = 1971 \text{ кг}.$$

Приведенная теплоемкость (формула XIV—18):

$$C_п = \frac{1032 \cdot 0{,}115 + 246 \cdot 0{,}2 + 575 \cdot 1 + 100 \cdot 0{,}115}{1971} = 0{,}38 \text{ ккал/кг°С}.$$

Конечная температура автоклава, сеток, банок и воды:

$$t'_к = t_к - 6 = 46 - 6 = 40.$$

Часовой расход воды:

$$W_{час} = \frac{W}{\tau_4} = \frac{1500}{0{,}46} = 3260 \text{ кг/час}.$$

Время охлаждения 25 минут или

$$\tau_4 = \frac{25}{60} = 0{,}46 \text{ часа}.$$

В. Конструктивные расчеты

1. Диаметр патрубка, по которому поступает пар:

$$d_п = \sqrt{\frac{4Д_{час}}{\pi\,3600\,v\gamma}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 343{,}0}{3{,}14 \cdot 3600 \cdot 30 \cdot 2{,}125}} = 0{,}045 \text{ м},$$

или 45 мм. При этом приняты: удельный вес пара при 4 ата $\gamma = 2{,}125$ кг/м³ и скорость движения пара $v = 30$ м/сек. Выбираем по ГОСТ 3262-46 трубу с внутренним диаметром 41 мм.

2. Диаметр патрубка, по которому поступает вода:

$$d_в = \sqrt{\frac{4\,W_{час}}{\pi \cdot 3600 \cdot v_1 \cdot 1000}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3260}{3{,}14 \cdot 3600 \cdot 2{,}5 \cdot 1000}} = 0{,}021 \text{ м}, \text{ или } 21 \text{ мм}.$$

Скорость движения воды принята $v_1 = 2{,}5$ м/сек. Выбираем по ГОСТ 3262-46 трубу с внутренним диаметром 21 мм.

3. Толщина стенки корпуса автоклава [формула (XIV—20)]:

$$\delta = \frac{3 \cdot 102 \cdot 4{,}25}{2 \cdot 4000 \cdot 0{,}7} + 0{,}25 = 0{,}45 \text{ см}, \text{ или } 4{,}5 \text{ мм}.$$

Предел прочности $\sigma_в$ при растяжении равен 4000 кг/см²,
Давление в автоклаве (избыточное) $P = 3$ кг/см², внутренний диаметр автоклава $D_a = 102$ см.

Учитывая возможные удары при загрузке и выгрузке сеток, принимаем толщину стенки автоклава $\delta = 5$ мм.

4. Внутренний диаметр зажимного болта автоклава, изготовленного из стали марки Ст-3.

Внутренний диаметр автоклава $D_a = 102$ см, избыточное давление в автоклаве $P = 3$ кг/см², число зажимных болтов $n = 8$.

По формуле (XIV—22) определяем нагрузку на один болт:

$$P' = \frac{3{,}14 \cdot 102^2 \cdot 3}{4 \cdot 8} = 3060 \text{ кг}.$$

По формуле (XIV—21) определяем внутренний диаметр зажимного болта автоклава:

$$d_o = 0{,}055 \cdot \sqrt{3060} + 0{,}5 = 3{,}5 \text{ см}, \text{ или } 35 \text{ мм}.$$

МОНТАЖ АВТОКЛАВОВ

Односетчатые автоклавы высотой до 1,2 м устанавливают на полу автоклавного отделения. Многосетчатые автоклавы обычно устанавливают в канале (шахте) или укрепляют на балках железобетонного перекрытия. При установке автоклава ниже уровня пола цеха удобно размещать все трубопроводы в одном канале с автоклавами; однако в этом случае автоклав должен быть так установлен, чтобы был доступ для осмотра и ремонта вентилей, соединений труб и чтобы была обеспечена возможность управления большим числом вентилей сверху пола, у рабочего места.

Если заводская канализация расположена выше днища автоклава, погруженного в шахту, то воду из автоклава выкачивают насосом, установленным в шахте.

При стерилизации консервов с противодавлением в автоклавном отделении должна быть насосная станция, состоящая из многоступенчатого центробежного насоса, запасного парового насоса, соответствующих емкостей для воды, компрессора с ресивером. Насосная станция должна быть оборудована всеми необходимыми контрольными приборами (манометры, регуляторы давления, предохранительные клапаны и т. д.). Трубопроводы присоединяют к автоклаву на фланцах.

Вместо насосной станции можно установить напорную вышку для воды на уровне 20 ÷ 30 м от пола автоклавного отделения.

Трубы должны быть так расположены, чтобы можно было установить вентили со стороны фронта обслуживания на расстоянии 500 ÷ 700 мм от уровня пола цеха.

Вентили, расположенные в канале, снабжают удлиненными стержнями. Нижний конец стержня закреплен на шпинделе вентиля. Верхний конец стержня выводится из канала и снабжается штурвальчиком, который располагают на одном уровне с верхними вентилями.

Расстояние между вентилями должно быть таким, чтобы можно было управлять всеми вентилями с одного места.

Манометр и термометры располагают на уровне глаз сидящего человека со стороны фронта обслуживания.

Обратные клапаны монтируют за вентилями. Это позволяет сменять сальниковую набивку либо осматривать вентили без отключения всей сети.

Предохранительный клапан снабжают небольшим кожухом для отвода пара вверх либо в сторону, противоположную фронту обслуживания.

СТЕРИЛИЗАТОРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

При установке на заводах непрерывно действующих стерилизаторов облегчается и упрощается работа обслуживающего персонала, повышается производительность труда, обеспечивается поточность и непрерывность процесса, устраняется выстаивание банок в автоклавных сетках, сокращается время стерилизации за счет более интенсивного теплообмена, который создается при вращении банок.

Непрерывно действующие стерилизаторы для консервов в жестяной таре изготовляют двух типов: для стерилизации в воде при атмосферном давлении и для стерилизации в паре при давлении выше атмосферного.

Установка для непрерывной стерилизации состоит из стерилизатора и охладителя, конструктивно почти одинаково оформленных.

Стерилизатор представляет собой неподвижный горизонтально расположенный цилиндрический корпус (рис. 200, *а* и *б*) из листовой стали; внутри корпуса на валу вращается барабан. К наружной поверхности барабана прикреплены полосы угловой стали таким образом, что между ними размещаются банки. На внутренней поверхности неподвижного корпуса укреплена спиральная направляющая из полосовой стали, шаг которой равен высоте банки. Для вывода банок из среды с атмосферным давлением и ввода их в среду с избыточным давлением аппарат имеет загрузочное и разгрузочное устройства (рис. 200, *в*, *г*) типа шлюзового затвора.

Банки подаются к загрузочному устройству цепным элеватором. Из загрузочного устройства банки попадают в барабан. При вращении барабана банки перемещаются от одного конца аппарата к другому благодаря спиральной направляющей. При этом они вращаются вместе с барабаном вокруг его оси. Одновременно банки вращаются вокруг своей оси и совершают поступательное движение вдоль ребра барабана от одного конца его к другому.

Корпус заполнен водой, имеющей температуру 100°, или паром, благодаря чему происходит подогрев и стерилизация консервов. Продолжительность стерилизации регулируется числом оборотов барабана. По выходе банок из стерилизатора они передаются в охладитель, построенный и работающий по тому же принципу, что и стерилизатор, только вместо горячей воды или пара наполняемый проточной холодной водой.

Недостатками стерилизаторов такого типа является то, что они могут применяться для стерилизации консервов только в жестяных банках одного размера и очень сложны по конструкции, поэтому применение их в промышленности ограничено.

Количество банок M, одновременно находящихся в стерилизаторе непрерывного действия, должно быть связано с продолжительностью стерилизации и производительностью закаточной машины такой зависимостью:

$$M = tn \text{ [банок]},$$

где: t — продолжительность стерилизации в мин.

n — минутная производительность закаточной машины.

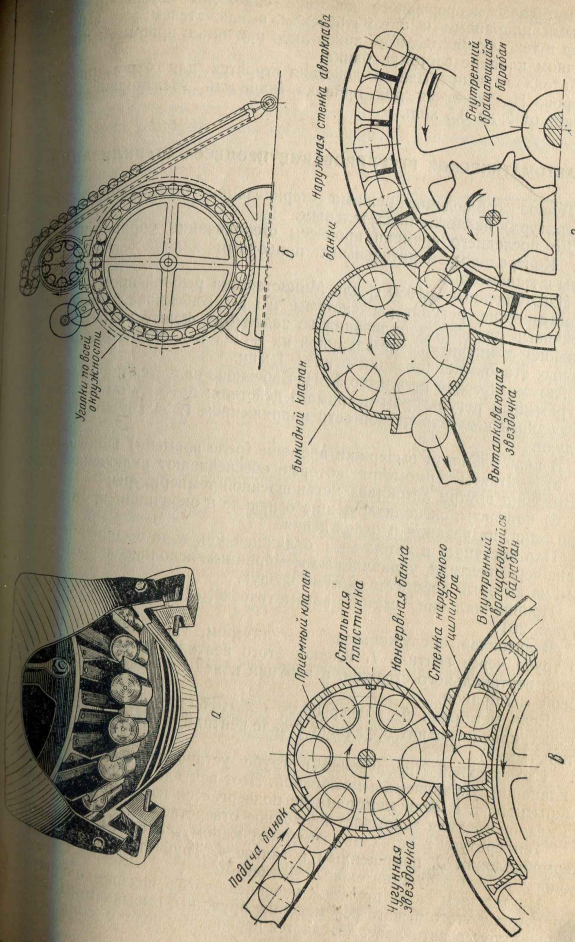


Рис. 200. Стерилизатор непрерывного действия

Автоклавы непрерывного действия снабжены двумя предохранительными клапанами и автоматическим выключателем; он выключает привод в тех случаях, если по какой-либо причине в приемном либо разгрузочном клапане застряла банка.

Автоклавы непрерывного действия строятся для банок различных размеров. Необходимая для привода мощность электродвигателя составляет от 2 до 3,5 *квт*.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТЕРИЛИЗАЦИИ

Точное соблюдение режима стерилизации (продолжительность и температура) является обязательным.

До последнего времени процессы стерилизации управлялись вручную. Контрольно-измерительными приборами являлись часы, термометры и манометры.

Изготовленные в 1950 г. для Министерства рыбной промышленности автоматические регуляторы системы А. Н. Бабенкова, обеспечивают устойчивый процесс стерилизации по заданному формулой режиму с отклонением температуры от заданной на $\pm 1\%$ и продолжительности отдельных этапов стерилизации — на ± 1 мин.

Автоматический регулятор А. Н. Бабенкова является пневматическим программным регулятором непрямого действия; поэтому он должен быть присоединен к электрической сети напряжением 12 *в* и к линии сжатого воздуха.

В цепь элемента выдержки времени (реле времени) включены:

а) контакты термометра, которые обеспечивают включение реле по достижении внутри автоклава установленной температуры;

б) контакты, сигнализирующие о начале и окончании процессов стерилизации, нагревания и охлаждения.

Пар поступает в автоклав, а охлаждающая вода выводится из автоклава через вентили, управляемые мембранным исполнительным механизмом, на который действует сжатый воздух.

Принципиальная схема автоматического регулятора приведена на рис. 201.

В автоклав, обслуживаемый регулятором, греющий пар поступает по трубе через вентиль *1*. Клапан этого вентиля укреплен на нижнем конце вертикального стрежня, а верхний конец стержня соединен с дисковой мембраной.

Если мембрана не подвергается избыточному давлению, вентиль *1* открыт, клапан поднят пружиной (такие вентили называются «нормально открытыми»).

На спускной (продувочной) трубе установлен второй вентиль *2* с клапаном, управляемым мембраной. Этот вентиль является «нормально закрытым», т. е. если мембрана не подвергается избыточному давлению, то клапан вентиля закрывает проходное отверстие.

Температуру в автоклаве измеряют манометрическим термометром с термобаллоном *3*, помещенным в гильзе *4*. Трубчатая спиральная пружина *5* является чувствительным элементом.

На внешнем витке пружины укреплена тяга *6*, связанная с рычагом *7*; при помощи этого рычага перемещение пружины, вызываемое изменением температуры в автоклаве, передается первичному реле с соплом *8*, перекрываемым заслонкой *9*.

Необходимый для перемещения исполнительных устройств сжатый воздух давлением до 5 *атм* поступает из компрессора в фильтр *10*, где он очищается от пыли, влаги и капелек масла. Из фильтра воздух поступает в редуктор *11*, где его давление снижается до 1 ÷ 1,1 *атм*.

Из редуктора воздух поступает по трубке *12* в золотник *13* вторичного реле и через дроссель *15* в гофрированную (мембранную) коробку *14*, а через дроссель *16* на мебрану вентиля *2*.

Величина давления воздуха в мембранной коробке *14* зависит от положения заслонок перед соплом *8* первичного реле и соплом *18* реле времени, а давление на мембрану вентиля *2* зависит от давления воздуха перед соплом *19*.

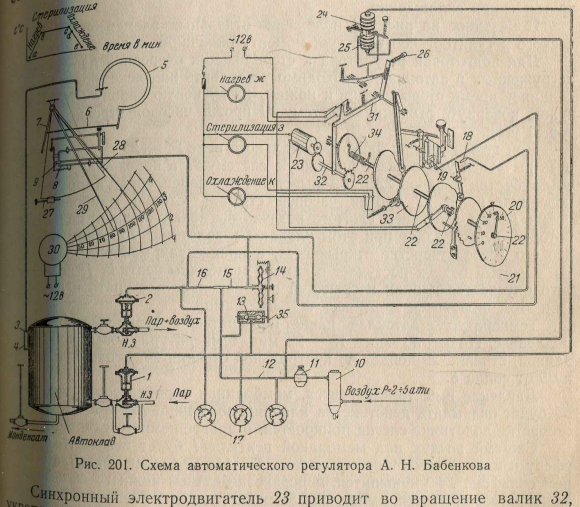


Рис. 201. Схема автоматического регулятора А. Н. Бабенкова

Синхронный электродвигатель *23* приводит во вращение валик *32*, укрепленный на одном из стержней рычажной системы *31*. В зависимости от положения этой рычажной системы будет происходить либо не происходить зацепление шестерен, сидящих на валиках *22* и *32*.

Благодаря воздействию пружины *34* валик *22* стремится повернуться против часовой стрелки.

Рычажная система *31* может быть повернута вместе с валиком *32* и пусковой кнопкой *26* на определенный угол и удерживаться в этом положении защелкой, связанной с дифференциальным реле *24*, *25*.

С осью рычажной системы *31* связаны рычаги, управляющие заслонкой сопла *19*.

На диске *20* реле времени нанесено 150 делений (минут). Диском *21* вручную устанавливают желаемое время стерилизации.

Пневматическое дифференциальное реле состоит из двух трубчатых пружин — сильфонов: верхней. *24* и нижней *25*. Сильфон *25* находится под постоянным давлением сжатого до 2,0—2,1 *кг/см²* воздуха, а давление в верхнем сильфоне *24* изменяется во время стерилизации от

1,0 до 2,1 *кг/см²*. Пусковая кнопка *26* служит для включения регулятора в работу. Регулировочным винтом *27* устанавливают контрольную стрелку *28* на заданную температуру стерилизации.

Изменения температуры записываются пером регистрирующей стрелки *29* на вращаемый электродвигателем *30* диаграммный бумажный диск.

Давление сжатого воздуха в различных точках воздухопроводов замеряется манометрами *17*.

Ко второму (со стороны электродвигателя) диску реле времени подведены контакты от трех ламп: желтой, зеленой и красной. Первая лампа горит при нагревании содержимого автоклава, вторая при стерилизации и третья — при охлаждении.

Показанное на рис. 201 положение отдельных элементов автоматического регулятора соответствует моменту окончания охлаждения.

Для подготовки регулятора к стерилизации очередной партии банок, загруженных в автоклав, необходимо установить на диске реле времени заданное время стерилизации и нажать на пусковую кнопку *26*, для чего нужно повернуть рычажную систему *31* против часовой стрелки на некоторый угол.

При этом защелка дифференциального реле *24 — 25* попадает в прорезь рычага и удерживает рычажную систему *31* в положении, при котором зубчатки валиков *22* и *32* выведены из зацепления, а пружина *34* повернула валик *22* против часовой стрелки. Стенки мембранной коробки *14* под действием сжатого воздуха выгибаются, давят на рычаг *35*, который переставляет при этом клапаны в золотнике *13* таким образом, что его левое отверстие открывается, а правое закрывается.

Сжатый воздух поступает в камеру мембраны вентиля *1*, вследствие чего опускается клапан и греющий пар начинает поступать в автоклав. При этом включится желтая сигнальная лампа.

Температура в автоклаве начнет повышаться сначала быстро, а затем медленнее. Примерно через 18 ÷ 22 мин. температура повысится до заданной, стрелка *29* дойдет до контрольной стрелки *28*, отодвинув заслонку *9* от сопла *8*.

Давление в системе снизится, мембранная коробка сожмется, рычаг *35* будет оказывать действие на клапаны золотника *13*; при этом левое отверстие золотника слегка прикроется, а правое немного откроется.

Сжатый воздух над мембраной вентиля *1* будет выходить в атмосферу и клапан начнет прикрываться. Поэтому давление воздуха в верхнем сильфоне *24* уменьшится, и под воздействием нижнего сильфона *25* защелка переместится, рычаг, связанный с пусковой кнопкой *26*, под воздействием пружины повернется по часовой стрелке, вследствие чего из сопла *19* начнет выходить воздух и понизится его давление в системе; при этом уменьшится давление и в камере мембраны вентиля продувки *2*, благодаря чему клапан прекратит связь автоклава с атмосферой.

Одновременно произойдет зацепление шестерен валиков *22* и *32*, включится зеленая лампа, синхронный электродвигатель окажется включенным и начнет вращать валик *22* реле времени. С этого момента начинается процесс стерилизации.

По истечении промежутка времени, заданного формулой стерилизации, стрелка реле времени подойдет к указателю на диске *20*, укрепленный на оси рычаг разомкнет контакты и синхронный электродвигатель остановится. Незадолго перед этим кулачок диска отодвинет заслонку, благодаря чему сжатый воздух начнет выходить из сопла *18*. Давление воздуха в мембранной коробке *14* уменьшится и сравняется с атмосферным, левое отверстие золотника *13* закроется, правое откроется и воздух выйдет из камеры мембраны вентиля *1* в атмосферу. Клапан прикроет проходное отверстие вентиля *1* — заканчивается стерилизация и начинается охлаждение.

Кулачок диска при помощи стержня с роликом переставит контакт в положение, показанное на рис. 201, красная лампочка окажется включенной, а зеленая выключенной. Через вентиль *2* пар постепенно начнет выходить и давление в автоклаве сравняется с атмосферным.

Примечание. По такой последовательности работает регулятор при стерилизации консервов в жестяной таре.

НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРА

Продолжительность нагревания и охлаждения (понижения давления) содержимого автоклавов зависит от степени открытия вентилей *1* и *2*. Чтобы установить необходимую степень открытия паровпускного вентиля автоклава, поступают следующим образом.

После заполнения автоклава и подготовки его к прогреву полностью закрывают паровые вентили ручного управления, установленные между вентилями *1* и *2*. Затем открывают вентиль на спускной конденсационной трубе, а оба вентиля ручного управления открывают на $^1/_2$ — $^3/_4$ оборота и нажимают пусковую кнопку регулятора, как описано выше, и отмечают время начала прогрева.

Через 5—8 мин., когда пар начинает выходить из продувочной трубы, закрывают вентиль на спускной конденсационной трубе. Если прогрев происходит нормально за время, заданное формулой стерилизации, то управляемые вручную вентили оставляют в таком же положении.

Если же за отведенное на прогрев время температура не достигла заданной, то увеличивают проходное сечение управляемых вручную вентилей, если же прогрев происходит быстрее, чем необходимо, эти же вентили прикрывают и в таком положении оставляют на весь период стерилизации. Такую наладку нужно производить не менее двух раз для каждого вида консервов, чтобы степень открытия управляемых вручную вентилей была правильно отрегулирована.

СТЕРИЛИЗАЦИЯ ТОКАМИ УЛЬТРАВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (УВЧ)

При стерилизации электрическим током ультравысокой частоты содержимое банки прогревается одновременно и равномерно до заданной температуры за несколько десятков секунд вне зависимости от размера тары и теплопроводности продукта.

В процессе стерилизации токами УВЧ не наблюдается заметного изменения химического состава продукта, запаха, вкуса, цвета и содержания витамина С по сравнению с продуктом первоначальным.

Интенсивность повышения температуры продукта зависит от количества поглощаемой энергии, выражаемой через мощность P, которая определяется уравнением:

$$P = E^2 \omega C \operatorname{tg} \delta \ [ватт].$$

Мощность P или интенсивность нагревания можно увеличить только за счет увеличения круговой частоты переменного тока ω, так как напряжение E, подводимое к материалу, слишком увеличивать нельзя во избежание пробоя. Емкость конденсатора C обусловлена размером банки или бутылки, коэффициент поглощения электрической энергии $\operatorname{tg} \delta$ зависит от свойств материала, подвергаемого нагреванию.

Исследования Центральной лаборатории электромагнитных волн показали, что при стерилизации консервов наиболее рациональным оказался диапазон ультравысоких частот, порядка $3 \cdot 10^8 \div 3 \cdot 10^7$ гц.

При применении тока ультравысокой частоты температура в банке компота повышается до 100° за 30 ÷ 60 сек. одновременно по всему объему. Микроорганизмы, находящиеся в поле тока высокой частоты, быстро погибают, и консервы поэтому не требуется долго выдерживать при высоких температурах.

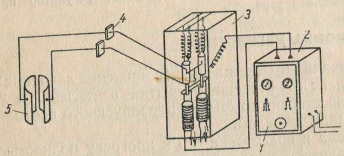


Рис. 202. Схема установки для стерилизации током высокой частоты

Токи УВЧ можно применять для стерилизации компотов и соков в стеклянной таре, при температуре 100°, если не требуется противодавление, предотвращающее срыв крышек с банок.

Исследования показали возможность стерилизации токами УВЧ мяса и рыбного филе в стеклянной банке при температуре 145° в течение трех минут. Однако для осуществления этого процесса требуется сложная аппаратура, обеспечивающая противодавление как во время стерилизации, так и при охлаждении.

Схема установки для стерилизации токами ультравысокой частоты показана на рис. 202. Она состоит из пульта управления *1*, на котором смонтированы все контрольно-измерительные приборы, рубильники и предохранители, выпрямителя *2*, генератора *3*, вторичного колебательного контура с конденсатором *4*, между электродами *5* которого помещаются банки с консервами, подлежащие стерилизации. Выпрямитель *2* преобразовывает переменный ток сети в постоянный ток высокого напряжения; генератор *3* превращает постоянный ток, поступающий из выпрямителя, в переменный ток высокой частоты.

Расход электроэнергии, необходимой для проведения стерилизации, может быть рассчитан по формуле:

$$W = \frac{GC(t - t_1)}{860\,\eta}\ [квт\text{-}час], \qquad (XIV\text{—}23)$$

где: G — вес стерилизуемого продукта в *кг/час*;
C — теплоемкость продукта;
t — температура стерилизации в °;
t_1 — начальная температура продукта в °;
η — к. п. д. установки ($\eta = 0{,}25 — 0{,}30$).

По опытным данным, расход электроэнергии на однокилограммовую банку консервов составляет 0,3 ÷ 0,5 *квт-час*.

Для стерилизации токами УВЧ 10 тыс. банок консервов СКО 83-2 в смену расход энергии составляет примерно 5000 *квт-час*.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В СТЕРИЛИЗАЦИОННОМ ОТДЕЛЕНИИ

Согласно правилам техники безопасности каждый аппарат, работающий под давлением выше атмосферного, нужно подвергать не реже одного раза в год гидравлическому испытанию. Резьба на зажимных болтах автоклавов должна быть исправной и не иметь вмятин, прокладка между крышкой и корпусом должна обеспечивать герметичность и не допускать пропуска пара или воды. Все резьбовые соединения труб и вентилей собираются не менее чем на 5—7 ниток резьбы.

Систематически нужно проверять у всех вентилей плотность прилегания клапана к гнезду. Манометр проверяется ежемесячно, и его шкала должна иметь красную, предельную черту.

Предохранительный клапан должен быть отрегулирован и закрыт кожухом.

Продувной краник устанавливается таким образом, чтобы его отверстие было направлено в противоположную от рабочего места сторону. Для осмотра шахт автоклавов устанавливается низковольтное освещение. Рубильники включения тока в троллейные провода и электродвигатели от насосов должны быть ограждены и при выключенном состоянии заперты на замок.

Для управления электроталью необходимо применять только кнопочные пускатели, изготовленные из изоляционного материала. Концы тросов электротали должны быть правильно соединены и зажаты хомутиком.

Загрузку и выгрузку сеток из автоклавов необходимо производить плавно, без толчков. При перемещении сеток становиться под ними воспрещается.

К работе на автоклавах допускаются лица только после специального обучения, сдавшие техминимум и имеющие об этом удостоверение.

Глава XV

СУШИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

НАЗНАЧЕНИЕ И СПОСОБЫ СУШКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Одним из способов консервирования пищевых продуктов является сушка.

При уменьшении содержания влаги в продуктах создаются условия, при которых не могут развиваться микроорганизмы, для нормального существования которых необходима влажная среда; поэтому высушенный продукт может долго храниться без порчи.

Так, жизнедеятельность микроорганизмов практически прекращается при содержании влаги в овощах ниже 12 — 14%, в плодах — 15—25%, мясе и рыбе — 12 — 14%.

Иногда продукты подвергают сушке для облегчения последующих процессов, например сушка рыбных отходов перед измельчением их и экстрагированием жира.

Для сушки продуктов применяют теплообмен с нагретыми газами (чаще воздухом), омывающими продукт, сублимацию (под глубоким вакуумом), а также токи УВЧ и инфракрасные лучи. Кроме того, сушку можно осуществлять путем непосредственного соприкосновения продукта с поверхностью, обогреваемой паром.

На консервных заводах наибольшее количество продукции высушивается первым способом, т. е. предварительно нагретым воздухом (газовые сушилки).

С экономической точки зрения сушку целесообразно сочетать

с другими способами удаления влаги, как, например: прессование, центрифугирование, выпаривание, фильтрация и т. д.

Теория сушки пищевых продуктов и методы расчета сушильных устройств разработаны советскими учеными, создавшими стройную теорию, основанную на современном учении о теплопередаче и диффузии.

Разработанная проф. А. В. Лыковым теория сушки капиллярно-пористых и коллоидных материалов пищевой промышленности раскрыла новые стороны процесса сушки, устранила существовавший до этого времени эмпиризм при изучении явлений, протекающих при сушке пищевых продуктов.

Эта теория дала возможность уяснить механизм процесса сушки и открыть новые законы движения и испарения влаги в материале.

Тепловые расчеты и анализ работы сушилок удобно проводить по диаграмме $I - d$, разработанной в 1918 г. проф. Л. К. Рамзиным для влажного воздуха. Эта диаграмма дает возможность более точно и просто решать все возможные варианты сложных процессов сушки.

Советские ученые проф. М. Ю. Лурье, проф. Г. К. Филоненко, проф. Л. Я. Ауэрман и другие развили теоретические положения, выявили ряд закономерностей, уточнили расчеты методов проектирования сушильных устройств. Работами этих ученых широко пользуются при изучении сушильных устройств, их проектировании и эксплуатации.

Влагу, содержащуюся в продукте, в зависимости от вида ее и связи с ним разделяют на влагу капиллярную (заполняющую узкие поры продукта), влагу набухания (поглощаемую осмотически сложными коллоидными частицами), влагу адсорбционную (удерживаемую молекулярным силовым полем у поверхности раздела коллоидных частиц) и химически связанную влагу.

При сушке продукт легче всего и прежде всего отдает влагу капиллярную, испаряющуюся с поверхности продукта и внутри капилляров. Эту часть влаги часто называют свободной влагой. Значительно трудней отделить от продукта влагу набухания и, в особенности, адсорбционную влагу, которую называют связанной влагой продукта.

Влага, химически связанная, не подлежит удалению из продукта, так как при этом произошло бы разложение самого продукта на новые непищевые компоненты.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СУШИЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Относительной влажностью продукта W_o называют процентное содержание влаги в продукте:

$$W_o = \frac{G_в}{G} \cdot 100\%, \qquad (XV-1)$$

где: $G_в$ — вес влаги в продукте в *кг*;
G — вес влажного продукта в *кг*.

Абсолютной влажностью W_a называется количество влаги в %, отнесенное к весу абсолютно сухого вещества

$$W_a = \frac{G_в}{G - G_в} 100\% \qquad (XV-2)$$

или

$$W_a = \frac{100 W_o}{100 - W_o}\%. \qquad (XV-3)$$

Кроме того, различают еще равновесную влажность продукта $W_р$. Это такая относительная влажность продукта, при которой давление паров влаги над продуктом $P_п$ равно давлению водяного пара, находящегося в воздухе $P_{пв}$.

Продукт, у которого $P_п > P_{пв}$, называют влажным, если $P_п < P_{пв}$ — гигроскопическим. Гигроскопический продукт всегда стремится поглотить влагу из воздуха, поэтому экономический предел сушки наступает при равновесной влажности продукта $W_р$, до которой обычно и ведут сушку.

Кривая изменения влажности продукта во время сушки (рис. 203, *а*) показывает, что на участке *2—3* удаляется свободная (капиллярная) влага, на участке *3—4* — влага набухания и на участке *4—5* — влага адсорбционная, т. е. связанная влага.

Во время удаления свободной влаги на участке *2—3* давление паров влаги $P_п$ над продуктом равно давлению $P_в$ насыщенных паров воды при температуре продукта. На участке *3—5* при удалении связанной влаги $P_п < P_в$.

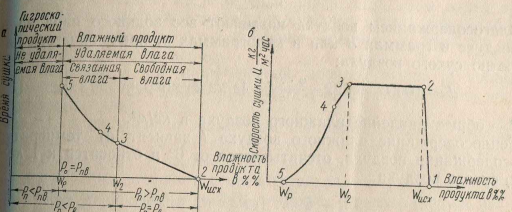


Рис. 203. Кривая изменения влажности продукта и кривая сушки

Скорость сушки u, т. е. количество килограммов влаги, испаряющейся с 1 $м^2$ поверхности продукта в час, зависит от природы продукта, его влажности, температуры сушки, толщины слоя продукта, а также от влажности и температуры воздуха, скорости его движения, способа перемешивания продукта и др.

Опыты показали, что почти для всех продуктов кривая сушки в системе координат «скорость сушки» — «влажность продукта» (рис. 203, *б*) имеет резко выраженную точку перегиба *3*. Эту точку называют критической точкой процесса сушки. Участок *2—3* соответствует испарению свободной влаги с поверхности продукта и постоянной скорости сушки, величина которой определяется по закону испарения жидкости со свободной поверхности и зависит от температуры, влагосодержания и скорости движения воздуха. Температура продукта при этом постоянна.

Участок *3—5* соответствует испарению связанной влаги, при этом скорость сушки резко снижается и при равновесной влажности продукта $W_р$ становится равной нулю. Температура продукта на участке *3—5* повышается.

Во втором периоде сушки скорость сушки зависит от свойства продукта и не зависит от свойств воздуха и его скорости.

Проф. А. В. Лыков, разработавший теорию сушки пищевых продуктов, установил, что движение влаги в продукте в виде жидкости и в виде пара обусловлено диффузионными, осмотическими и капиллярными силами.

Влага, удаляемая из продукта, поглощается воздухом. Переход влаги из продукта в воздух возможен только в том случае, если $P_п > P_{пв}$.

Состояние влажного воздуха характеризуется основными параметрами: температурой t, относительной влажностью φ, влагосодержанием d и теплосодержанием I.

Относительной влажностью воздуха φ называют отношение веса водяного пара, содержащегося в 1 $м^3$ влажного воздуха $\gamma_п$, к максимально возможному весу водяного пара в 1 $м^3$ воздуха $\gamma_н$ при той же температуре, выраженное в %, т. е.

$$\varphi = \frac{\gamma_п}{\gamma_н} \cdot 100\%. \qquad (XV-4)$$

Относительная влажность может быть определена из отношения парциального давления водяного пара, находящегося в воздухе, $P_{пв}$ к давлению водяного пара, насыщающего воздух, при данной температуре:

$$\varphi = \frac{P_{пв}}{P_н} \cdot 100\%. \qquad (XV-5)$$

Влагосодержанием воздуха называют вес водяного пара во влажном воздухе в граммах d или в килограммах x, приходящегося на 1 $кг$ абсолютно сухого воздуха:

$$d = 1000x = 622\,\frac{\varphi \cdot P_н}{P - \varphi P_н}\ [г/кг \text{ сухого воздуха}], \qquad (XV-6)$$

где P — общее давление влажного воздуха в $кг/м^2$.

Теплосодержание влажного воздуха I зависит от температуры и влагосодержания воздуха, отсчитывается от 0° и относится к 1 $кг$ абсолютно сухого воздуха

$$I = 0{,}24t + 0{,}46xt + 595x\ [ккал/кг \text{ сухого воздуха}]. \qquad (XV-6а)$$

Параметры влажного воздуха определяют по таблицам или проще по диаграмме $I-d$ (см. Приложение).

При сушке продукт подвергается различным физическим, химическим и биологическим изменениям, которые обусловливаются величиной температуры, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также начальной и конечной влажностью продукта, толщиной слоя, длительностью сушки и другими параметрами. Поэтому сушку проводят при оптимальном режиме, обеспечивающем высокое качество продукта при максимальной скорости сушки.

В табл. 36 приведены оптимальные режимы сушки для некоторых видов плодов и овощей.

Таблица 36

Режим сушки плодов и овощей

Наименование продуктов	Вес продукта на 1 $м^3$ в $кг/м^3$	Влажность в %		Максимальная температура в °	Длительность сушки в час.
		начальная	конечная		
Яблоки	7,5	73—89	10—15	60—71	6—10
Абрикосы	10	80—88	15—20	57—68	10—20
Вишни	5	73—83	15—20	57—74	8—12
Виноград	17	76—89	15—20	65—82	20—30
Персики	12	74—89	15—20	63—68	15—24
Груши	12	80—88	10—15	60—65	15—24
Сливы	14,5	71—88	15—20	63—71	20—30
Малина	5	90	15—20	60—65	10—15
Картофель	7—8,5	75	12	80—90	5—6
Морковь	6—7,5	86—91	14	75—86	4—5
Капуста	3,5—4,5	90—92	14	65—75	4—5
Лук	4	81—93	25—28	70—90	2—3

ПРОЦЕСС СУШКИ В ДИАГРАММЕ $I-d$

Сушильная установка состоит из сушилки (или сушильной камеры), в которой происходит сушка продукта, генератора тепла для нагревания воздуха, являющегося сушильным агентом при сушке продукта, парового или огневого воздухоподогревателя, устройства для перемещения воздуха и удаления испаряющейся влаги. Это устройство обычно представляет собой вентилятор или вытяжную трубу.

Процесс нагрева воздуха в подогревателе изобразится на диаграмме $I-d$ прямой AB (рис. 204), параллельной линии постоянного влагосодержания.

Точку A характеризуют параметры состояния наружного воздуха $t_о$, $\varphi_о$, $I_о$, $d_о$, а точку B параметры выходящего из подогревателя воздуха t_1, φ_1, I_1 и d_1, причем $d_1 = d_о = \text{const}$.

В теоретической сушилке допускают, что тепло, внесенное воздухом, расходуется только на испарение влаги. При этом влага в виде паров, переходя в воздух, возвращает ему все тепло, израсходованное на парообразование, и теплосодержание воздуха в процессе сушки не изменяется, т. е. $I_2 = I_1$.

На диаграмме $I-d$ теоретический процесс сушки в сушильной камере изобразится прямой BC (рис. 204), параллельной линии постоянного теплосодержания.

Точка C характеризует параметры состояния воздуха, выходящего из сушильной камеры; параметры обозначены через t_2, φ_2, I_2 и d_2.

В действительной сушилке, где тепло расходуется на нагрев продукта, транспортных устройств и на потери в окружающую среду, а также возможен дополнительный подогрев воздуха, процесс сушки на диаграмме $I-d$ изобразится прямой BC_1 (рис. 204), расположенной под некоторым углом к линии постоянного теплосодержания.

Из теплового баланса, в котором все статьи расхода тепла отнесены к 1 $кг$ испаряемой влаги, находят, что

$$I(I_2 - I_1) = (t_1' + q_д) - (q_м + q_т + q_п) = \Delta. \qquad (XV-7)$$

Величина Δ представляет собой сумму всех потерь и прихода тепла (к воздуху) непосредственно в сушильной камере, отнесенных к одному килограмму испаряемой влаги, т. е.

$$\Delta = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1}. \qquad (XV-8)$$

Когда $\Delta > 0$, то $I_2 > I_1$, если же $\Delta < 0$, то $I_2 < I_1$, в зависимости от чего точка C_1 в действительном процессе сушки занимает то или иное положение относительно точки C, т. е. выше или ниже ее.

В уравнениях (XV—7) и (XV—8) приняты значения:

t_1 — начальная температура продукта в °С;

$q_д$ — дополнительный приход тепла в самой сушильной камере в $ккал/кг$ влаги;

$q_т$ — потери тепла в окружающую среду в $ккал/кг$ влаги;

$q_м$ — расход тепла на нагрев материала в $ккал/кг$ влаги:

$$q_м = \frac{G_2 C_м (t_2 - t_1')}{W}\ [ккал/кг \text{ влаги}], \qquad (XV-9)$$

где: G_2 — вес продукта после сушки в $кг$;

$C_м$ — теплоемкость высушенного материала в $ккал/кг$ °С;

t_2 — конечная температура продукта в °С;

влаги

$$q_m = \frac{G_m C_m (t_2 - t_1)}{W} \quad [ккал/кг \text{ влаги}], \qquad (XV—10)$$

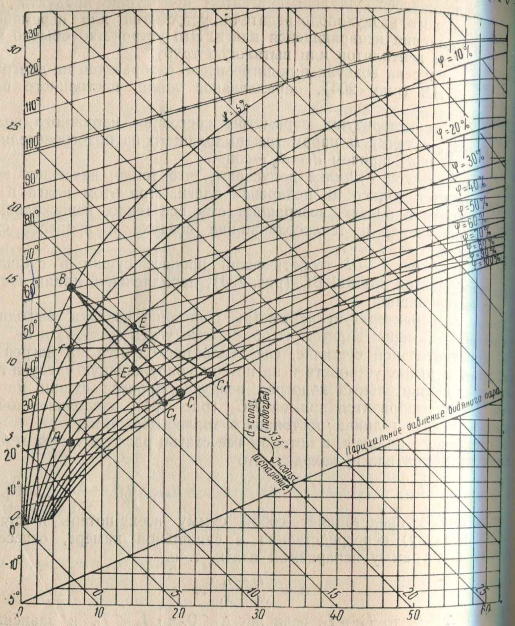


Рис. 204. Процесс сушки в диаграмме *I—d*

где: G_m — вес транспортных устройств в *кг*;

C_m — теплоемкость материала транспортного устройства в *ккал/кг °С*;

t_1 и t_2 — начальная и конечная температура транспортного устройства в °С;

W — количество влаги, испаряющейся из продукта в *кг*:

$$W = G_1 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2} = G_2 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1} = G_1 - G_2 \quad [кг/час], \qquad (XV—11)$$

где: G_1 — часовое количество влажного продукта (в *кг*), поступающее в сушилку;

G_2 — вес высушенного продукта (в *кг*), выходящего из сушилки в час;

ω_1 — начальная влажность продукта в %;

ω_2 — конечная влажность продукта в %.

Вес высушенного продукта:

$$G_2 = G_1 \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} = G_1 - W \quad [кг], \qquad (XV—12)$$

I_1 и I_2 — теплосодержание влажного воздуха до сушилки и после сушилки в *ккал/кг* сухого воздуха;

x_1 и x_2 — влагосодержание влажного воздуха до сушилки и после сушилки в *кг/кг* сухого воздуха;

l — расход воздуха на испарение 1 *кг* влаги в *кг/кг* влаги;

$$l = \frac{1}{x_2 - x_1} = \frac{1000}{d_2 - d_1} \quad [кг/кг]. \qquad (XV—13)$$

Удельный расход тепла на испарение 1 *кг* влаги:

$$q = \frac{Q_2}{W} = l(I_1 - I_o)[ккал/кг], \qquad (XV—14)$$

где I_o — теплосодержание атмосферного воздуха, поступающего в калорифер сушилки.

Построение действительного процесса сушки ABC_1 в диаграмме $I—d$ производят следующим образом.

Процесс нагревания воздуха в калорифере, изображаемый прямой AB, строится по двум известным параметрам наружного воздуха (точка A) и заданной конечной температуре воздуха t_1, выходящего из калорифера при $d_1 = d_o$.

Определяют величину Δ и затем строят процесс сушки для действительной сушилки, который изобразится прямой BC_1, (см. рис. 204). Для этого на луче BC теоретической сушилки из произвольной точки e проводят линию, перпендикулярную линии AB до пересечения с ней, и находят отрезок ef, измеряемый в *мм*.

После этого определяют по уравнению $\overline{Ee} = ef\Delta M$ величину отрезка, откладывают величину $\overline{Ee}$ из точки e вверх параллельно линии AB, если значение $\overline{Ee} > 0$, или вниз, если $\overline{Ee} < 0$.

В уравнении $\overline{Ee} = ef\Delta M$ буквой M обозначено отношение масштабов $\frac{M_d}{M_I}$, где M_I — масштаб теплосодержания, а M_d — масштаб влагосодержания воздуха в диаграмме $I—d$.

Через найденную точку E проводят луч BE до пересечения с линией заданного значения φ_2 или t_2.

Точка C_1 характеризует конечную точку действительного процесса сушки ABC_1.

Построив в диаграмме $I—d$ действительный процесс сушки при заданном режиме, находят все необходимые значения φ, I, t и d для воздуха, поступающего в подогреватель, входящего в сушилку и выходящего из нее, а также удельный расход воздуха и тепла [см. формулы (XV—13) и (XV—14)].

Варианты сушильного процесса, применяющиеся в консервной промышленности, показаны на диаграмме $I—d$ на рис. 205.

Процесс сушки в сушилке с подогревом воздуха в самой сушильной камере изображен на рис. 205, *а*, процесс сушки с промежуточным подогревом воздуха (зональный подогрев) — на рис. 205, *б* и сушка с возвратом части отработанного воздуха на рис. 205, *в*.

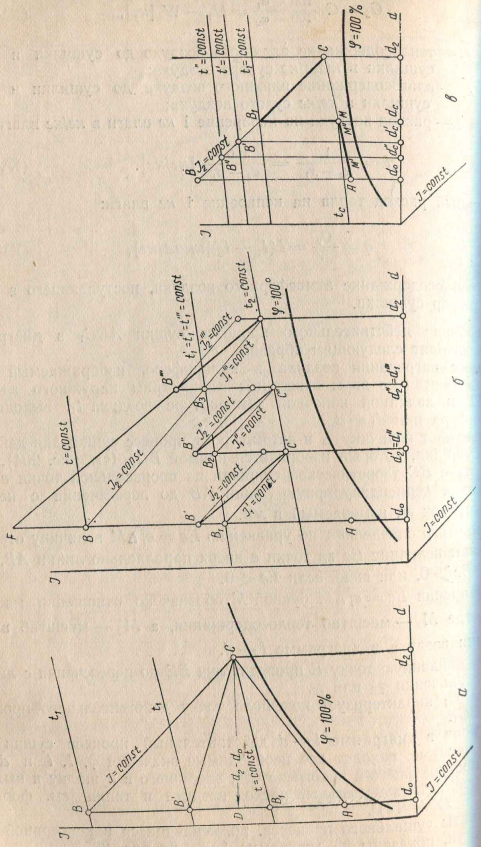
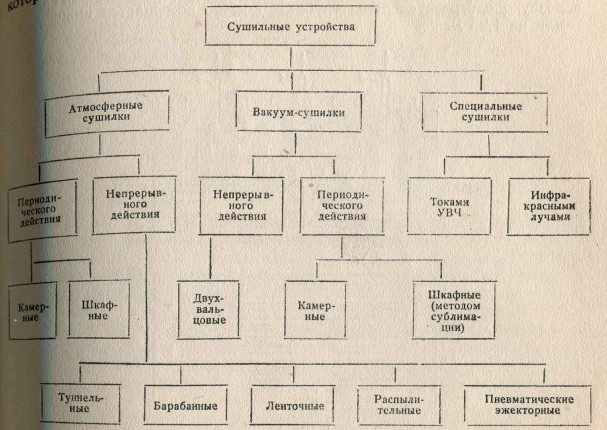


Рис. 205. Варианты сушильного процесса в диаграмме I—d

КЛАССИФИКАЦИЯ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Приведенная классификация сушильных установок не охватывает все существующие конструкции, а дает представление только о тех, которые применяются в консервной промышленности.



Атмосферные сушилки могут быть снабжены огневым или паровым подогревателем воздуха; циркуляция воздуха в них может быть естественной или искусственной.

Наибольшее распространение на консервных и плодоовощных заводах получили атмосферные сушилки непрерывного действия (ленточные и туннельные), а также шкафные сушилки периодического действия.

Для сушки плодов и овощей, нарезанных кусочками, как, например, яблоки, морковь, картофель, капуста, лук и в целом виде — вишня, виноград, слива и др., применяют камерные, шкафные, туннельные и ленточные сушилки.

Барабанные и пневматические сушилки применяют для сушки продуктов, не подвергающихся порче от ударов и измельчения, например отходы (кожица и семена) томатов и рыбы.

Распылительные сушилки служат для сушки полужидких продуктов — томатной массы, концентрированных фруктовых соков, молока и др.

В вакуум-сушилках сушка происходит за счет тепловой энергии, получаемой от нагретой поверхности. Продукты в целом виде или нарезанные сушатся в сушилках камерных или шкафных, а полужидкие продукты — в вальцовых вакуум-сушилках.

Из новых типов сушилок имеют большое практическое значение сушилки, работающие под глубоким вакуумом методом сублимации.

Сушка сублимацией (шкафная сушилка), применяется для различных плодов и ягод в целом или нарезанном виде (малина, клубника, клюква, черника, яблок, лимонов и др.).

ШКАФНАЯ СУШИЛКА

Шкафная сушильная установка с огневым обогревом (рис. 206) состоит из двух частей — огневого воздухоподогревателя *1* и деревянного сушильного шкафа *2*. Движение воздуха в сушилке обусловлено разностью удельных весов его до и после нагревания. Топочная камера *3* с воздухоподогревательными трубами, обычно помещается ниже уровня земли на 1,25 *м*.

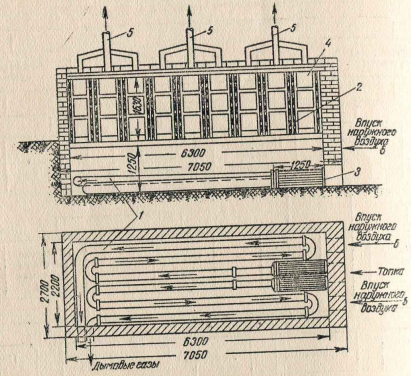


Рис. 206. Шкафная сушилка

Над воздухоподогревателем расположен сушильный шкаф *2*, состоящий из 54 камер *4*. В каждой камере помещено по три-четыре деревянных сита, на которые укладывают продукт. Сушильное сито представляет собой четырехугольную деревянную раму, обтянутую металлической сеткой. Шкаф изготовляют из дерева, а торцевые стенки его обкладывают кирпичом. Потолок сушилки деревянный, сверху изолирован слоем глины.

В верхней части сушильной камеры устроены три вытяжные трубы *5*, служащие для отвода влажного воздуха.

Свежий воздух поступает к воздухоподогревательным трубам через отверстия *6* в передней стенке топочной камеры.

Недостатками данной конструкции является периодичность действия, огнеопасность, неравномерность сушки продукта во всех частях шкафа.

Производительность сушилки в смену исчисляется по формуле:

$$G_{см}=\frac{8nq}{\tau}\ [кг/смену], \qquad (XV-15)$$

где: $G_{см}$ — производительность сушилки за 8 час. в *кг*;
n — число сит, загружаемых в сушилку;
q — вес продукта на одном сите в *кг*;
τ — продолжительность цикла в час., равная

$$\tau_1+\tau_2+\tau_3,$$

где: τ_1 — продолжительность загрузки в час.;
τ_2 — продолжительность сушки в час.;
τ_3 — продолжительность выгрузки в час.

Техническая характеристика

Число сит в сушилке	162
Размеры сит	1,1 × 0,62 *м*
Полезная площадь сит	110,5 *м*²
Поверхность нагрева воздухоподогревателя	25 *м*²
Общая длина воздухоподогревательных труб при диаметре 210 *мм*	37 *м*

Габаритные размеры сушильного шкафа в *мм*:

длина	7050
ширина	2700
высота	1630

ТУННЕЛЬНАЯ СУШИЛКА

Туннельная сушилка представляет собой канал (из кирпича или, реже, из металла), покрытый изоляцией, длина которого определяется производительностью и продолжительностью сушки продукта. При большей длине канала достигается более равномерная сушка, но из-за возникающих при этом сопротивлений движению воздуха каналы устраивают длиной не более 50 *м*, большинство каналов имеет длину 20÷35 *м*. Если при установленной длительности сушки и данной производительности сушилки требуется канал длиной более 50 *м*, то устраивают параллельно два или больше каналов.

Внутри канала на полу уложены рельсы, по которым перемещаются вагонетки.

Вагонетки перемещают периодически благодаря некоторому уклону пути или при помощи троса и приводной лебедки.

Обычно вагонетка имеет нижнюю раму, опирающуюся на четыре колеса (гладких или с ребордами); на раме укреплен каркас из угловой стали. Полочки уголков каркаса образуют направляющие, служащие для установки на них рам с продуктом.

Расстояние по высоте между рамами зависит от толщины слоя высушиваемого продукта. При толщине слоя продукта 20÷30 *мм*, расстояние между направляющими для рам составляет примерно 70÷80 *мм*.

На вагонетке расположено до 25 рам по высоте. Количество рам и их размеры обусловливают габаритные размеры вагонетки, которые обычно бывают: длина 2000 *мм*, ширина — 1800 *мм* и высота — до 2000 *мм*. Вес такой вагонетки около 250 *кг*.

Воздух, нагретый в огневом или паровом воздухоподогревателе, перемещается по каналу сушилки при помощи вентиляторов. Влажный воздух из сушилки выходит через вытяжную трубу.

Двухканальная туннельная сушилка (рис. 207, *а*) с огневым обогревом воздуха представляет собой два канала, между которыми установлена воздухоподогревательная камера.

Топка *1*, находящаяся в передней части камеры представляет собой барабан диаметром 1,8 *м*, изготовленный из теплоустойчивой или жаростойкой стали; внутренняя поверхность барабана выложена огнеупорным кирпичом. К задней стенке барабана присоединены воздухоподогревательные трубы *2*, которые проходят через всю камеру и заканчиваются в ресивере *4*, собирающем дымовые газы. Над ресивером находится дымовая труба *3*, служащая для удаления дымовых газов.

Наружный воздух попадает в воздухоподогревательную камеру, нагревается и вентилятором *5* подается в сушильные каналы.

Туннельная сушилка с паровым подогревом воздуха (рис. 207, *б*) имеет ребристые воздухоподогреватели, в которые поступает пар давлением 2 ÷ 4 *ата*.

Воздух нагнетается вентилятором вдоль ребер воздухоподогревателя, нагревается и поступает в сушильный канал.

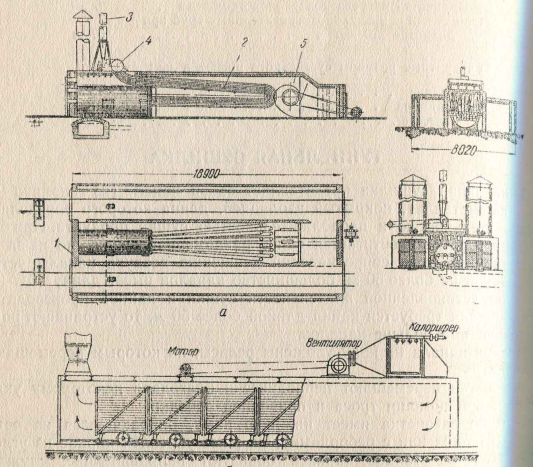


Рис. 207. Туннельная сушилка

Воздухоподогреватели чаще всего устанавливают на сушилке сверху, у места входа воздуха в сушильную камеру. Если сушилка работает с использованием отработанного воздуха, то между вытяжной трубой и вентилятором устанавливают соединительную трубу с задвижкой для рециркуляции отработанного воздуха.

Основным недостатком таких сушилок является неравномерность высушивания продукта как по толщине слоя, так и по высоте канала, потому что скорость движения воздуха в зазорах между вагонеткой и стенками канала больше скорости движения воздуха через сечения, занятые вагонетками. Кроме того, температура воздуха в верхней части канала выше, чем в нижней.

Для уменьшения степени неравномерности сушки продукта применяют каналы большой длины, в которых воздух движется со скоростью не менее 2 ÷ 3 *м/сек* в направлении, противоположном движению продукта, и зазоры между вагонеткой и стенами, потолком, полом канала делают минимальными, примерно 75 *мм*.

Суточная производительность туннельной сушилки $G_{сут}$ определяется по количеству вагонеток *z*, размещенных в канале, по весу продукта на одной вагонетке *q кг* и продолжительности сушки продукта *τ* час.

$$G_{сут} = \frac{24 \cdot z \cdot q}{\tau} \ [кг/сутки]. \qquad (XV—16)$$

Периодичность загрузки и выгрузки вагонеток из канала определится уравнением:

$$\Delta\tau = \frac{60\tau}{z} \ [мин.]. \qquad (XV—17)$$

Техническая характеристика сушилки, приведенной на рис. 207, *а*

Число вагонеток в двух каналах	36
Число сит на одной вагонетке	25
Размеры сита	1,8 × 0,9 *м*
Полезная площадь сит	около 1400 *м²*
Ширина сушильного канала	1,9 *м*
Высота „	2,16 *м*
Диаметр воздухоподогревательных труб	0,2 *м*
Поверхность нагрева воздухоподогревателя вместе с поверхностью барабана и ресивера	173,36 *м²*
Мощность электродвигателя к вентиляторам	36 *квт*
Габаритные размеры сушилки в *мм*:	
длина	18900
ширина	8020
высота	2350

ЛЕНТОЧНАЯ СУШИЛКА

Ленточные паровые сушилки непрерывного действия устанавливают в сушильных цехах овощных заводов взамен устаревших сушилок периодического действия, обогреваемых дымовыми газами.

Общий вид паровой ленточной сушилки, предназначенной для сушки овощей и фруктов, показан на рис. 208 и 209.

Ленточная сушилка (рис. 208) состоит из четырех транспортеров *1*, *2*, *3*, *4*, расположенных один над другим. Между верхней и нижней ветвью каждого транспортера расположены паровые ребристые подогреватели — калориферы *5*, *6*, *7*, *8*.

Каждый транспортер имеет индивидуальный привод, чем облегчается возможность изменения скорости перемещения продукта на каждой ленте.

Транспортеры с приводом установлены на стальном каркасе из двутавровых балок *9*. Снаружи сушилка закрыта стальными тонкими листами *10*, которые можно перемещать в горизонтальном направлении, что обеспечивает доступ к внутренним частям сушилки. Для перемешивания высушиваемого продукта над лентами транспортеров установлены ворошители *11*. Над верхней частью сушилки установлен деревянный колпак *12*, имеющий форму усеченной пирамиды, заканчивающийся вверху вытяжной трубой *13*.

Верхняя лента транспортера сушилки загружается при помощи наклонного скребкового элеватора *14*. Регулирование количества воздуха, поступающего в сушилку благодаря естественной тяге, производится заслонками *15* при помощи троса *16* и блоков *17*.

Сетчатые ленты транспортеров изготовлены из нержавеющей проволоки (диаметром 1,2 *мм*, переплетенной тросиками). Каждая лента натянута на два барабана.

Под верхней и нижней ветвью ленты установлены поддерживающие ролики.

Приводная станция каждого транспортера состоит из электродвигателя переменного тока мощностью 0,8 *квт*, с числом оборотов 920 в минуту, клиноременной передачи, бесступенчатого вариатора, зубчатого редуктора и зубчатой передачи к приводному барабану, делающему от 0,10 до 0,70 об/мин. На рис. 209 приведены разрезы ленточной сушилки.

Над верхней лентой установлены три ворошителя *11* — в начале, в середине и в конце; над второй и третьей лентами — по два ворошителя — в середине и в конце; над четвертой (нижней) лентой ворошителей нет. Ворошители представляют собой стальные валы с насаженными на них, по винтовой линии, заостренными стержнями. При вращении вала острия стержней разравнивают слой и разбивают комки сырья. Движение ворошителей, расположенных на концах лент, осуществляется от приводных станций, за исключением первого ворошителя верхней ленты, который приводится в движение валом скребкового элеватора *14*, а три ворошителя, расположенные по середине лент, приводятся в движение от одного общего электродвигателя мощностью 0,8 *квт*, с числом оборотов 920 в минуту. Валы ворошителей делают 55 об/мин.

Под первой и второй лентами транспортеров установлены лентоочистители, представляющие собой стальные валы с крестообразно укрепленными на них стальными пластинками. На краях пластинок имеются резиновые планки, плотно прилегающие к лентам транспортеров. При вращении вала резиновые планки очищают с ленты транспортера прилипшее к ней сырье.

Валы лентоочистителей вращаются от приводных станций транспортеров и делают 55 об/мин. Для удаления с наружной поверхности барабанов ленточных транспортеров прилипшего сырья служат ножи *18*.

Кинематическая схема привода транспортеров показана на рис. 210,*а*, а привода загрузочного элеватора — на рис. 210, *б*.

Между рабочей и холостой частью ленты транспортеров расположены паровые калориферы — воздухоподогреватели *5*, *6*, *7*, *8*, изготовленные из стальных труб с навитыми на них спиральными ребрами.

Воздухоподогреватель каждого транспортера состоит из трех секций, имеющих по 18 ребристых труб, включенных последовательно.

Поверхность нагрева воздухоподогревателя *5* равна 194 *м*², остальных трех (*6*, *7*, *8*) — по 170 *м*².

Давление пара, подводимого к воздухоподогревателю *5*, равно 8—10 *ата*. К воздухоподогревателям *6*, *7*, *8*, соединенным между собой последовательно, пар подводится давлением 6—7 *ата*.

Конденсат отводится из воздухоподогревателей через два конденсационных горшка.

На паропроводах к воздухоподогревателям установлены манометры и термометры.

Над лентами и между секциями воздухоподогревателя устанавливают угловые термометры.

Поступающее на транспортер *1* сырье проходит под ворошителем, регулирующим толщину слоя, и движется к противоположному концу транспортера. Затем высушиваемый продукт ссыпается на ленту транспортера *2* и движется в обратном направлении, и т. д.

Высушенный продукт ссыпается с ленты транспортера в приемники.

Воздух поступает через нижнюю открытую часть сушилки и движется снизу вверх благодаря естественной тяге, создаваемой трубой *13*; он последовательно проходит через воздухоподогреватели всех четырех лент транспортеров.

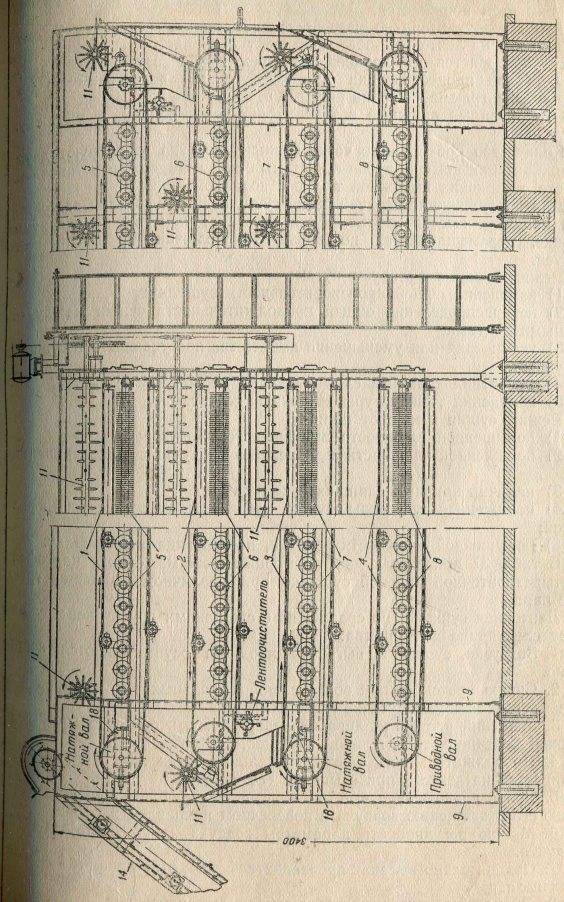


Рис. 209. Разрез четырехленточной сушилки

Воздух нагревается воздухоподогревателем *8*, омывает продукт, лежащий на ленте *4*, поглощает из него часть влаги. Температура воздуха при этом понижается.

Затем воздух вторично нагревается воздухоподогревателем *7*, омывает продукт на ленте *3* и вновь повышает свое влагосодержание. Этот процесс повторяется при дальнейшем перемещении воздуха через ленты *2* и *1*. Такой процесс сушки с промежуточным подогревом воздуха показан в диаграмме *I — d* на рис. 205, *б*.

Отработанный влажный воздух уходит через колпак в вытяжную трубу.

Количество проходящего через сушилку воздуха регулируют двумя задвижками при помощи троса и системы блоков. Задвижки установлены в месте соединения вытяжной трубы с колпаком.

Для обслуживания верхней части сушилки и наблюдения за состоянием продукта имеется передвижная лестница, укрепленная вверху на тележке, перемещающейся по рельсу, расположенному вдоль всего корпуса.

Режим сушки регулируют путем:

1) изменения общей производительности сушилки;

2) перераспределения общей продолжительности сушки между отдельными лентами;

3) увеличения или уменьшения количества поступающего в сушилку воздуха;

4) изменения толщины слоя сырья на первой ленте;

5) изменения температуры воздуха над лентами.

Режим сушки изменяют при:

1) повышенной влажности высушенного продукта;

2) пониженной влажности высушенного продукта и «поджаривании» его;

3) наличии крупных слипшихся комков сырья;

4) пониженной или повышенной влажности воздуха над первой лентой;

5) повышенной влажности воздуха, поступающего в сушилку.

В табл. 37 приведены два примерных режима сушки картофеля в четырехленточной паровой сушилке при различном давлении греющего пара.

Ленточная сушилка по сравнению с сушилками других конструкций имеет следующие достоинства:

1. Загрузка, сушка и выгрузка продукта осуществляются непрерывно.

2. Сушка протекает при более низких начальных температурах воздуха благодаря промежуточному подогреву.

3. Меньший расход топлива благодаря тому, что можно достигнуть высокой конечной относительной влажности воздуха.

4. Продолжительность сушки уменьшается, так как продукт перемешивается на ленте и при ссыпании его с ленты на ленту.

5. Более равномерное высушивание продукта, благодаря перемешиванию его и движению воздуха в поперечном направлении.

6. Можно регулировать параметры воздуха и скорость движения продукта.

7. Сравнительно высокая производительность, отнесенная к 1 $м^2$ площади цеха.

8. Лучшие условия труда обслуживающего персонала.

Описанная конструкция сушилки имеет такие недостатки:

1. Неудобство обслуживания из-за того, что загрузка аппарата сырьем и выход готового продукта осуществляются с одной стороны.

Таблица 37

Показатели, характеризующие процесс сушки	Размерность	Режим 1	Режим 2
Давление пара, поступающего в сушилку	*ати*	8—10	4—5
Нагрузка первой (верхней) ленты по сырью	*кг/м²*	26—30	20—24
Толщина слоя сырья на первой ленте	*см*	4,0—4,5	3,2—3,6
Размеры сырья (сечение)	*мм*	5×7	5×7
Количество испаряющейся влаги:			
на первой ленте	проценты	35	35
„ второй „	„	35	35
„ третьей „	„	26	26
„ четвертой „	„	4	4
Скорость:			
первой ленты	*см/мин*	21,3	21,3
второй „	„	17,4	17,4
третьей „	„	12,0	12,0
четвертой „	„	10,6	10,6
Продолжительность сушки, соответствующая указанной скорости:			
на первой ленте	*мин.*	45	45
„ второй „	„	55	55
„ третьей „	„	80	80
„ четвертой „	„	90	90
Общая продолжительность сушки	„	270	270
Влажность уходящего воздуха	проценты	50—60	50—55
Температура воздуха:			
над первой лентой	°С	75—80	65—70
„ второй „	°С	75—80	65—70
„ третьей „	°С	65—70	55—60
„ четвертой „	°С	65—70	55—60
Температура уходящего воздуха	°С	50—55	40—50
Производительность по высушенному картофелю	*кг/сутки*	5000	4000

2. Потеря большого количества тепла в окружающую среду, так как стены сушилки металлические и не изолированы.

3. Отсутствие искусственной вентиляции, вследствие чего течение процесса сушки зависит от метеорологических условий.

На заводах, где имеется пар давлением 3 ÷ 4 *ата*, необходимо установить пароперегреватель и в воздухоподогреватель подавать перегретый пар, имеющий температуру 180 ÷ 185°. Коэффициент теплопередачи при этом заметно не уменьшается, так как наибольшее термическое сопротивление от стенки к нагреваемому воздуху остается прежним.

Техническая характеристика

Размеры корпуса сушилки в *мм*:

длина	10400
ширина	2240
высота	3400

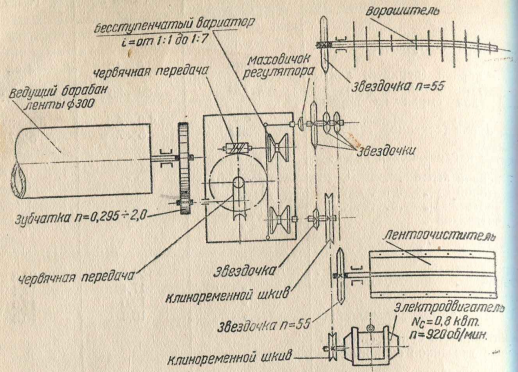


Рис. 210. Кинематическая схема привода ленточной сушилки

Рабочая часть ленты:

длина	9600 *мм*
ширина	2000 *мм*
площадь	19,2 *м²*
живое сечение	56,5%

Вытяжная труба в *мм*:

высота	7040
ширина	2200
длина	3140
Площадь живого сечения	6,28 *м²*
Высота колпака, вытяжной трубы и жалюзи	14 000 *мм*

Габаритные размеры сушилки в *мм*:

длина	12990
ширина	4360
высота (с трубой)	17400
Общая поверхность воздухоподогревателей сушилки	704 *м²*
Общая мощность шести электродвигателей	4,8 *квт*
Давление греющего пара	8—10 *ати*

Кроме описанной ленточной сушилки, общая длина четырех лент которой 40 *м*, применяют сушилки, имеющие ленты общей длиной 20 и 80 *м*. Устройство и работа их не отличаются от устройства и работы описанных сушилок.

ДВУХВАЛЬЦОВАЯ ВАКУУМ-СУШИЛКА

Двухвальцовая вакуум-сушилка применяется для изготовления из томатов, яблок, перца и других плодов и овощей высококонцентрированной пасты или порошка, в которых содержится 75÷95% сухих веществ.

В такой сушилке, в отличие от атмосферной, сушка продукта происходит на греющей поверхности под вакуумом.

Этот процесс представляет собой сложный комплекс одновременно протекающих явлений — испарения и кипения, при непрерывно изменяющихся в каждом месте условий теплопередачи.

Исследованиями П. Г. Романкова и Н. Б. Рашковской установлено, что при сушке на греющей поверхности под вакуумом кривые скорости сушки имеют такой же вид, как и при воздушной сушке, т. е. при переходе от постоянной к падающей скорости сушки кривые имеют характерную точку перегиба.

Этими исследователями установлены закономерности сушки продуктов на греющей поверхности под вакуумом и предложены расчетные уравнения.

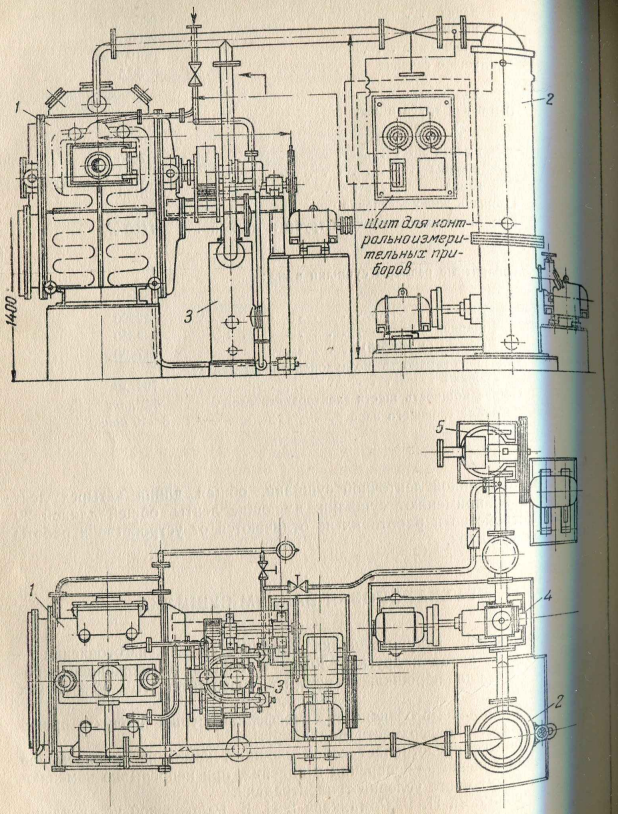


Рис. 211. Вакуум-сушильная установка

Установка, применяющаяся для изготовления высококонцентрированных продуктов (рис. 211), состоит из двухвальцовой вакуум-сушилки *1*, поверхностного конденсатора *2*, пылеуловителя *3*, суховоздушного *4* и мокровоздушного *5* вакуум-насосов.

Двухвальцовая вакуум-сушилка (рис. 212, *а* и *б*) имеет стальной корпус, внутри которого горизонтально установлены два полых стальных вальца *1*, вращающихся в противоположных направлениях. Вальцы являются основной рабочей частью аппарата: на их поверхности происходит сушка тонкого слоя продукта.

Для получения пленки равномерной толщины вальцы должны иметь строго цилиндрическую форму, а их поверхность нужно тщательно обработать.

С торцевых сторон вальцы закрыты днищами, прикрепленными болтами. Одно из днищ имеет сплошную цапфу *2*, другое — пустотелый вал *3*, приводящий вальцы в движение. Подшипники одного вальца неподвижно прикреплены к корпусу сушилки. Подшипники другого вальца могут перемещаться в горизонтальном направлении при помощи специального болта *4* с клиновидным ползуном *5* (рис. 212, *в*). Упорный стержень с амортизационной пружиной постоянно прижимает подвижной подшипник к клиновидному ползуну.

Такое устройство дает возможность устанавливать нужный зазор между вальцами; кроме того, при попадании с продуктом твердого предмета вальцы раздвигаются, предмет выпадает и вальцы не подвергаются порче.

Величина зазора между вальцами влияет на толщину слоя продукта, прилипающего к поверхности: при сушке томатопродуктов величина зазора составляет от 0,1 до 0,4 *мм* (0,1 *мм* при изготовлении 95%-ной массы и 0,3 *мм* — при изготовлении 75%-ной пасты). Высушенную пленку продукта снимают с вальцов ножами *7*, установленными вдоль образующей цилиндра. Ножи изготовляют из мягкой стали и укрепляют их на специальной планке с двумя упорными винтами, плотно прижимающими ножи к поверхности вальцов. По мере износа ножей упорные винты поджимаются.

Угол наклона ножа регулируется держателем, поворачивающимся на эксцентриковом валу.

Вальцы обогреваются насыщенным водяным паром, поступающим внутрь через патрубок *8* и полый приводной вал *3*.

Для отвода конденсата и вывода воздуха в полом валу *3* расположены одна в другой трубки *9* и *10* (см. рис. 212, *б* и *г*). Трубка *9* оканчивается в полости *11*, откуда конденсат удаляется через водоотводчик. Трубка *10* выходит наружу аппарата, где она перекрыта вентилем.

Вальцы приводятся во вращение от электродвигателя через редуктор, цепную передачу и зубчатую передачу (рис. 213).

Для предотвращения конденсации пара на внутренней поверхности корпуса сушилки снаружи установлена обогревательная система труб *12* (см. рис. 212), в которые подается греющий пар.

Воздух, проникающий в вакуум-сушилку, повышает общее давление в ней, вследствие чего сушка замедляется, а температура слоя продукта повышается. Кроме того, ухудшается работа конденсатора и вакуум-насосов.

Поэтому особое внимание должно быть уделено плотности соединений фланцев, крышек, смотровых окон, а также сальников на валу и регулирующих винтов.

Вторичные пары из корпуса отводятся вверх через отверстие *13*

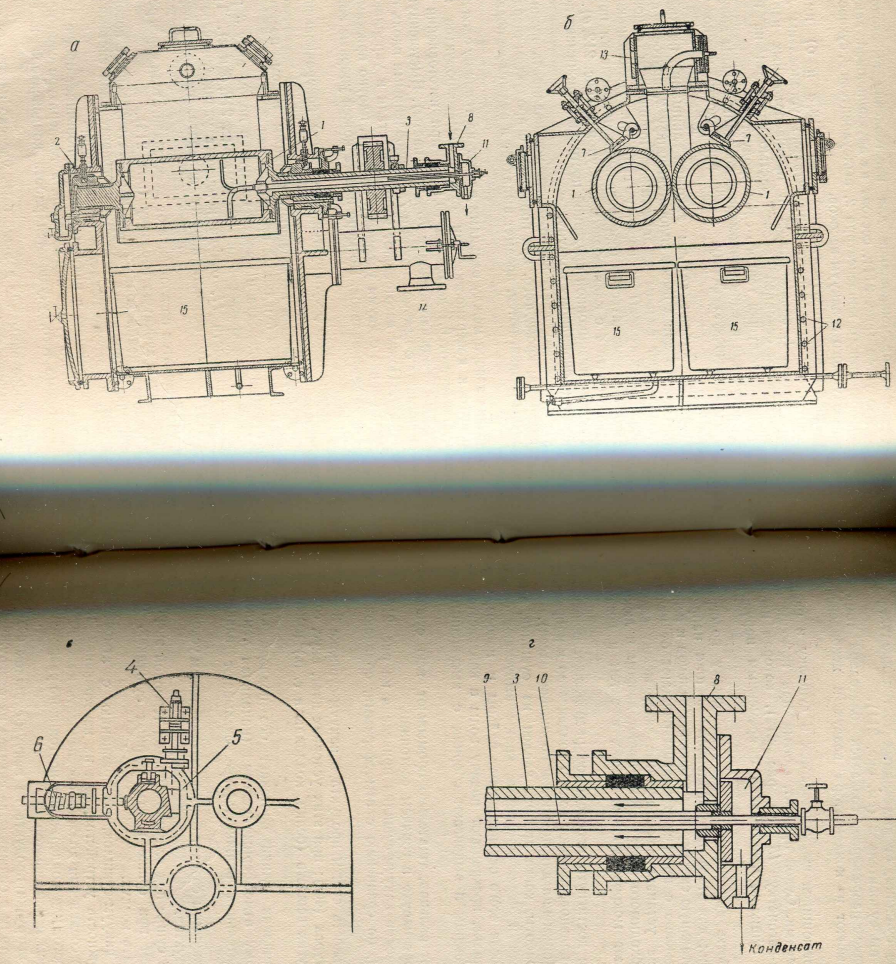


Рис. 212. Двухвальцовая вакуум-сушилка

и внизу через патрубок *14* (см. рис. 212, *а*). Для очистки вторичных паров, выходящих из сушилки, от пылевидных частиц продукта установлен специальный пылеуловитель *3* (см. рис. 211).

В вакуум-сушилке разрежение создается благодаря тому, что вакуум-насосы отсасывают из конденсатора воздух и неконденсирующиеся газы.

Продукт, подвергающийся сушке, подается в сушилку и располагается между барабанами. Сухой продукт, снятый при помощи ножа, попадает в сборник-вагонетку *15* (см. рис. 212), которая периодически удаляется из сушилки, что связано с временным нарушением вакуума.

До начала работы двухвальцовую вакуум-сушилку подогревают в течение 30—60 мин.; для этого пар давлением 1,5 *ата* направляют в вальцы и обогревательную систему при вращении вальцов и неприжатых ножах. Одновременно с прогревом вальцы очищают от налета и пыли. После прогрева устанавливают нужный зазор между вальцами и для создания необходимого вакуума закрывают дверцы и люки, подают воду и включают мокровоздушный насос, а затем и воздушно-сухой вакуум-насос.

Когда в сушилке достигнуто необходимое разрежение, прижимают ножи к поверхности вальцов, пускают воду в конденсатор и направляют продукт в сушилку (применяя для дозировки поршневой насос).

По окончании работы, когда продукт удален из сушилки, закрывают паровые вентили и через продувные краны выпускают остаток пара из вальцов. После этого останавливают вальцы и насосы, нарушают вакуум в сушилке, прекращают подачу воды в конденсатор, открывают торцевые дверцы и выдвигают сборник с высушенным продуктом.

Отводят ножи от вальцов, тщательно промывают всю сушильную установку и вытирают насухо в горячем состоянии.

Схема трубопроводов вакуум-сушилки приведена на рис. 214.

Вакуум-сушилки, по сравнению с атмосферными, обладают рядом преимуществ:

1. Продолжительность сушки продукта в вакуум-сушилке 3—4 сек. при низких температурах (40°); при этих условиях цвет, вкус, содержание витаминов и других веществ (белки, коллоиды и т. п.) изменяются незначительно.

2. В вакуум-сушилках сушка протекает без подвода атмосферного воздуха, поэтому атмосферные условия (начальная температура воздуха, его относительная влажность) не оказывают влияния на сушку.

3. Сушка под вакуумом создает близкие к стерильным условия обработки пищевых продуктов.

4. Наконец, при сушке под вакуумом расход тепловой энергии значительно меньше, чем при сушке в атмосферных сушилках, так как не требуется нагревать воздух.

К недостаткам вакуум-сушилок, по сравнению с атмосферными, следует отнести сложность устройства; для их изготовления требуется больше металла, все соединения должны обеспечивать надежную герметичность, и, кроме того, для поддержания постоянного разрежения необходимы вакуум-насосы и конденсатор.

Непрерывность выгрузки продукта из вакуум-сушилок осуществить крайне сложно, и поэтому в большинстве случаев их разгружают периодически.

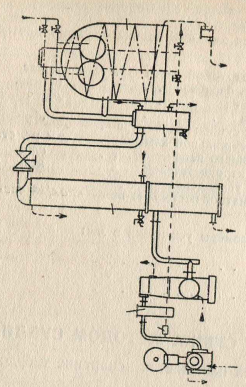


Рис. 214. Схема трубопроводов вакуум-сушилки

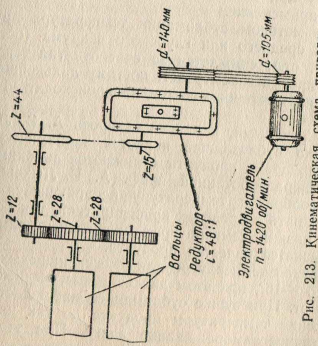


Рис. 213. Кинематическая схема привода вакуум-сушилки

Расход тепла и охлаждающей воды рассчитывают так же, как и для вакуум-аппаратов.

Техническая характеристика двухвальцовых вакуум-сушилок

Количество испаряемой влаги . . .	*кг/час*	25	50
Число оборотов барабана	об/мин.	3,2–6,4	3,0–6,0
Диаметр барабана	*мм*	300	415
Длина барабана		940	1040
Температура в сушильной камере .	°С	40	40
Разрежение в сушильной камере . .	*мм* рт. ст.	710	710
Давление греющего пара . . .	*ата*	1,5	1,5
Мощность электродвигателей . . .	*квт*	4	12,8
Коэффициент теплопередачи (средний) для томатной пасты 80%-ной	*ккал/м²·час·°С*	240	240
Габаритные размеры установки в *мм*:			
длина		1200	6500
ширина		1200	4200
высота		2355	3400

СУШКА МЕТОДОМ СУБЛИМАЦИИ

Сублимацией называется испарение твердой влаги из материала без плавления.

Пищевой продукт, высушенный методом сублимации при глубоком вакууме, почти полностью сохраняет свою биологическую ценность, первоначальные свойства, объем, обладает быстрой растворимостью и легко поглощает влагу при обводнении. Поэтому этот метод получает все более широкое применение.

При сушке методом сублимации температура продукта, помещенного в условия среднего или глубокого вакуума (остаточное давление 0,2÷2,0 *мм* рт. ст.), снижается за счет отнятия тепла на испарение влаги, и часть продукта замерзает; поэтому дальнейшее испарение влаги из продукта в замороженном состоянии происходит за счет подводимого тепла извне.

Советскими учеными, в частности проф. А. В. Лыковым, установлено, что сушка сублимацией является экономически целесообразной и высушенные пищевые продукты отличаются высоким качеством.

Из теории, разработанной проф. А. В. Лыковым, вытекает, что наиболее целесообразно температуру испаряющейся поверхности продукта поддерживать в пределах криогидратной, так как при более высоких и более низких температурах значительно замедляется скорость сушки и ухудшается качество продукта.

Криогидратная температура для многих пищевых продуктов составляет от —5 до —15°, при этом давление насыщенных паров будет от 3 до 1,5 *мм* рт. ст. При сушке сублимацией наблюдается три периода.

1. Понижение температуры продукта до так называемой криогидратной и частичное замораживание влаги. При этом скорость сушки снижается (участок *1—2* на рис. 215).

2. Период сублимации, когда температура продукта почти не изменяется, замороженная влага удаляется из продукта сублимацией и скорость сушки постоянна (участок *2—3* на рис. 215).

3. Период испарения остаточной влаги, когда температура продукта повышается вследствие того, что влага, находившаяся в замороженном состоянии, испарилась и начала испаряться влага не замороженная (бывшая в жидком состоянии). При этом скорость сушки также падает (участок *3—4*, рис. 215).

Установка для сушки пищевых продуктов сублимацией состоит из сушильной камеры (сублиматора), конденсатора, форвакуумного насоса и холодильного компрессора (с вспомогательным оборудованием).

Сушильную камеру (сублиматор) изготовляют из стальных листов прямоугольной или цилиндрической формы, удобной для загрузки и выгрузки продукта, а также для наблюдения.

В сублиматоре имеются полки, на которые укладывают противни с продуктом. Если теплоносителем является горячая вода или пар, то полки изготовляют полыми и пропускают теплоноситель через полости

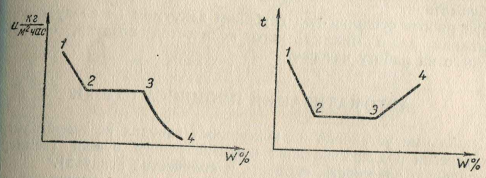


Рис. 215. Кривая сушки сублимацией

всех полок. Если в качестве теплоносителя применяют электрический ток, то полки делают сплошными, а вдоль стенок сублиматора устанавливают нагреватели (например, лампы накаливания или электроспирали).

Сублиматор соединен с трубчатым или скребковым конденсатором, в котором происходит конденсация и льдообразование паров влаги. В качестве охлаждающего агента в конденсаторе применяется рассол, предварительно охлажденный до температуры —20, —25°, либо аммиак, имеющий такую же температуру.

Для нормального течения процесса температура стенок конденсатора должна быть ниже температуры продукта на 20÷30° при достаточно развитой поверхности охлаждения. Образующийся на поверхности охлаждения конденсаторов лед из паров продукта удаляется скребками или путем оттаивания (в последнем случае требуется не менее двух конденсаторов).

Форвакуумные насосы предназначены для удаления воздуха из всей системы и создания необходимого вакуума в начале процесса, а затем только для удаления воздуха (газов), выделяющегося из продукта, абсорбированного на стенках аппаратов, а также проникающего в систему извне.

В целях сокращения времени создания первичного вакуума и экономии энергии во время сушки продукта устанавливают обычно два форвакуумных насоса: один большей мощности, создающий первоначальный вакуум в системе, и второй, меньшей мощности, для откачивания воздуха во время работы сублиматора.

Производительность форвакуумных насосов должна быть такой, чтобы они могли создать в системе остаточное давление 0,5 *мм* рт. ст.

Для этой цели применяют ротационные масляные форвакуумные насосы марки ВН-4.

При помощи холодильных компрессоров получают низкие температуры в конденсаторах. Производительность компрессоров зависит от количества тепла, отбираемого от конденсируемой и замораживаемой влаги в конденсаторах.

Сушильная установка имеет контрольно-измерительные приборы, указывающие остаточное давление в камере, температуру продукта и поверхности трубок конденсатора.

Сушка продукта производится следующим образом.

Продукт на противнях помещают в сушильную камеру, в которой затем создается вакуум с остаточным давлением 1÷2 *мм* рт. ст. При таком остаточном давлении влага из продукта испаряется при температуре —10, —15°.

Когда сушка окончена, систему выключают и продукт выгружают из сублиматора.

При работе сушилки под глубоким вакуумом не следует допускать засасывания даже минимального количества воздуха, отрицательно влияющего на работу насосов.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ

Сушильные установки на консервных заводах не имеют устройств, автоматически поддерживающих нужный режим сушки (температуру, относительную влажность, скорость и количество воздуха).

Опыт других отраслей промышленности дает возможность автоматизировать работу сушилок на консервных заводах.

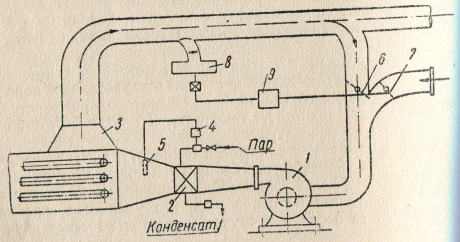


Рис. 216. Схема автоматического регулирования параметров воздуха

Схема автоматического регулирования параметров воздуха (температура, влажность), поступающего в сушилку непрерывного действия для томатных семян, приведена на рис. 216.

Вентилятором *1* воздух подается в паровой калорифер *2*. Температура воздуха, выходящего из калорифера, перед его поступлением в сушилку *3* регулируется автоматически терморегулятором *4* прямого действия с термобаллоном *5*, описанным в главе *V* (см. рис. 65). Термо-регулятор изменяет степень открытия парового вентиля, вследствие чего изменяется температура воздуха, поступающего в сушилку.

Влажность воздуха, поступающего в сушилку, регулируется изменением отношения между количеством использованного (рециркулирующего) воздуха и количеством наружного воздуха при помощи заслонок (*6* и *7*).

Влажность воздуха, выходящего из сушилки, замеряется автоматическим регулятором влажности *8*. Он воздействует при помощи сервомотора *9* на задвижки *6* и *7*, вследствие чего изменяется соотношение между количеством рециркулирующего и свежего воздуха.

Регулятор влажности состоит из датчика и электрического сервомотора.

Датчик (рис. 217) представляет собой два электрических термометра сопротивления, помещенных в металлическом корпусе *1*. Термометр *2* —

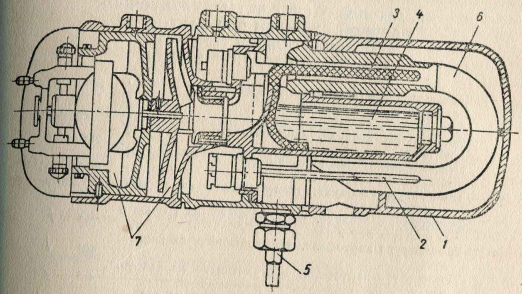


Рис. 217. Датчик регулятора влажности

сухой, термометр *3* обернут во влажную бумажную пряжу, всасывающую воду из сосуда *4*.

В этот сосуд вода поступает по трубке *5*, а излишек сливается через переливную трубку. Оба термометра *2* и *3* находятся в трубе *6* из теплоизолирующего материала, через которую вентилятор *7* всасывает отработанный в сушилке воздух. Термометры *2* и *3* включены в мостовую схему. При отклонении стрелки гальванометра замыкается исполнительная цепь реле, обеспечивающая перестановку заслонок на воздуховодах, по которым воздух поступает в вентилятор и из него в сушилку.

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА СУШИЛОК И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Кроме требований, обычно предъявляемых при монтаже машин и аппаратов, необходимо иметь в виду специфические условия работы сушильных установок.

Сушильные камеры имеют большую поверхность соприкосновения с наружным воздухом и, в целях уменьшения потерь тепла в окружающую среду, следует покрывать их достаточной по толщине и надежной по механическим качествам тепловой изоляцией.

При монтаже сушильных установок особенно тщательно должны быть выполнены узлы соединений сушильной камеры с калориферами,

дверями, вытяжной трубой; не допускается проникновения в камеру воздуха.

При наличии транспортных устройств в виде вагонеток должна быть обеспечена возможность легкого перемещения их в нужном направлении.

Забор воздуха в сушилку нужно производить выше конька крыши, что уменьшает возможность попадания пыли в сушилку.

При высушивании материалов, способных образовать пыль, нужно установить необходимые противопожарные средства у разгрузочного устройства, где возможно воспламенение пыли.

Все электрооборудование на сушилке, а также металлические конструкции (каркас, лестницы, площадки и т. п.) должны быть заземлены.

ПРИМЕРНЫЙ РАСЧЕТ ЧЕТЫРЕХЛЕНТОЧНОЙ ПАРОВОЙ СУШИЛКИ ДЛЯ КАРТОФЕЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 5000 *кг* СУШЕНОГО ПРОДУКТА В СУТКИ

Начальное содержание влаги в картофеле ω_1	80%
Конечное содержание влаги ω_2	12%
Длительность сушки τ	4,5 часа
Температура воздуха, поступающего в сушилку из цеха	20°
Относительная влажность воздуха, поступающего в сушилку	80%
Температура воздуха, поступающего на первую и вторую ленту	80°
Температура воздуха, поступающего на третью и четвертую ленту	70°
Температура картофеля, поступающего на первую ленту	40°
Температура картофеля, поступающего на вторую ленту	40°
Температура картофеля, поступающего на третью ленту	45°
Температура картофеля, поступающего на четвертую ленту	50°
Температура картофеля, выходящего из сушилки	50°
Температура воздуха над каждой лентой	50°
Давление греющего пара	10 *ати*

Габаритные размеры сушилки в *мм*:

длина	10400
высота	3400
ширина	2240

Размеры ленты:

длина	9500 *мм*
ширина	2000 »
площадь	19,2 $м^2$
живое сечение	56%

Сушилка работает с промежуточным подогревом воздуха в четырех паровых калориферах.

Опытным путем установлено, что количество испаренной влаги в среднем составляет на:

первой ленте (верхней)	35%
второй »	35%
третьей »	26%
четвертой »	4%

Определяем часовую производительность сушилки по сырью:

$$G_1 = G_2 \frac{100-\omega_2}{100-\omega_1} = \frac{5000}{24} \cdot \frac{100-12}{100-80} = 916 \text{ кг/час}.$$

Часовое количество выпаренной влаги:

$$W = 916 - \frac{5000}{24} = 708 \text{ кг/час}.$$

Средняя скорость движения лент равна

$$v_л = \frac{L}{\tau \cdot 60} = \frac{4 \cdot 9{,}6}{4{,}5 \cdot 60} = 0{,}142 \text{ м/мин}.$$

Определяем расход тепла в сушилке по каждой из четырех лент.

Расход тепла на нагрев продукта

На первой ленте испаряется 35% влаги, или

$$W_1 = 708 \frac{35}{100} = 247{,}8 \text{ кг/час}.$$

Вес продукта, поступающего на вторую ленту, равен:

$$G_2' = G_1 - W_1 = 916 - 247{,}8 = 668{,}2 \text{ кг/час}.$$

Влажность продукта, поступающего на вторую ленту:

$$\omega_2' = 100 - \frac{G_1}{G_2'}(100-\omega_1) = 100 - \frac{916}{668{,}2}(100-80) = 72{,}5\%.$$

Теплоемкость продукта, поступающего на вторую ленту:

$$C_м' = \frac{C_{сух}(100-\omega_2')}{100} + \frac{\omega_2'}{100} = \frac{0{,}2\,(100-72{,}5)}{100} + \frac{72{,}5}{100} = 0{,}78 \text{ ккал/кг °C}$$

(теплоемкость абсолютно сухого вещества $C_{сух} = 0{,}2$ *ккал/кг* °C)

На первой ленте тепло $Q_м'$ не расходуется на нагрев материала.

На второй ленте испаряется также 35% влаги, т. е.

$$W_2 = 247{,}8 \text{ кг/час}.$$

Вес продукта, поступающего на третью ленту:

$$G_2'' = G_2' - W_2 = 668{,}2 - 247{,}8 = 420{,}4 \text{ кг/час}.$$

Влажность продукта, поступающего на третью ленту:

$$\omega_2'' = 100 - \frac{668{,}2}{420{,}4}(100-72{,}5) = 56{,}5\%.$$

Теплоемкость продукта, поступающего на третью ленту:

$$C_м'' = \frac{0{,}2\,(100-56{,}5)}{100} + \frac{56{,}5}{100} = 0{,}652 \text{ ккал/кг °C}.$$

Расход тепла на нагрев продукта от 40 до 45°:

$$Q_м'' = 420{,}4 \cdot 0{,}652\,(45-40) = 1380 \text{ ккал/час}.$$

На третьей ленте испаряется 26% влаги:

$$W_3 = 708\ \frac{26}{100} = 184\ кг/час.$$

Вес продукта, поступающего на четвертую ленту:

$$G_2''' = G_2'' - W_3 = 420{,}4 - 184 = 236{,}4\ кг/час.$$

Влажность продукта, поступающего на четвертую ленту:

$$\omega_2''' = 100 - \frac{420{,}4}{236{,}4}(100 - 56{,}5) = 22{,}5\%.$$

Теплоемкость продукта, поступающего на четвертую ленту:

$$C_м''' = \frac{0{,}2\ (100 - 22{,}5)}{100} + \frac{22{,}5}{100} = 0{,}378\ ккал/кг\ °C.$$

Расход тепла на нагрев продукта от 45 до 50°:

$$Q_м''' = 236{,}4 \cdot 0{,}378\ (50 - 45) = 445\ ккал/час.$$

На четвертой ленте испаряется 4% влаги:

$$W_4 = 708\ \frac{4}{100} = 28{,}4\ кг.$$

Выход готового продукта $G_2 = 208\ кг/час$.
На четвертой ленте продукт не подогревается.

Расчет потерь тепла в окружающую среду

Боковые стенки и крышка сушилки выполнены из листовой стали. Считая, что температура стенок $t_{ст}$ равна 50°, определяем потери тепла в окружающую среду, пользуясь формулой:

$$Q_п = \alpha_0 F_{ст} (t_{ст} - t_в).$$

Так как температура стенок аппарата меньше 150°, то можно принять, что $\alpha_0 = 8{,}4 + 0{,}06\ (t_{ст} - t_в)$ или $\alpha_0 = 8{,}4 + 0{,}06\ (50 - 20) = 10{,}2\ ккал/м^2 \cdot час \cdot °C$.

Поверхность стенок сушилки, излучающая тепло:

$$F_{ст} = 2 \cdot 10{,}4 \cdot 3{,}4 + 2 \cdot 3{,}4 \cdot 2{,}24 + 10{,}4 \cdot 2{,}24 = 109{,}25\ м^2.$$

Тогда $Q_п = 10{,}2 \cdot 109{,}25\ (50° - 20°) = 33\,500\ ккал/час$.

Примем, что потери тепла на каждой ленте равны 0,25 $Q_п$ или

$$Q_п' = Q_п'' = Q_п''' = Q_п'''' = 0{,}25 Q_п = 8375\ ккал.$$

Определяем общие потери тепла на каждой ленте:

Первая лента

$$-(Q_п' + Q_м' - W_1 t_{пр}') = -(8375 - 247{,}8 \cdot 40) = 1537\ ккал/час.$$

Потери тепла, отнесенные к 1 $кг$ испаренной влаги во всей сушилке:

$$\Delta_1 = \frac{1537}{708} = +2{,}18\ ккал/кг$$ испаренной влаги.

Вторая лента:

$$-(Q_м'' + Q_п'' - W_2 t_{пр}'') = -(1380 + 8375 - 247{,}8 \cdot 40) = 157\ ккал/час$$

и

$$\Delta_2 = \frac{157}{708} = +0{,}22\ ккал/кг$$ испаренной влаги.

Третья лента:

$$-(Q_п''' + Q_м''' - W_3 t_{пр}''') = -(8375 + 445 - 184 \cdot 45) = -1430\ ккал/час$$

и

$$\Delta_3 = \frac{-1430}{708} = -2{,}1\ ккал/кг$$ испаренной влаги.

Четвертая лента:

$$-(Q_п'''' - W_4 t_{пр}'''') = -(8375 - 28{,}4 \cdot 50) = -6955\ ккал/час$$

и

$$\Delta_4 = \frac{-6955}{708} = -9{,}8\ ккал/кг$$ испаренной влаги.

Общие потери тепла сушилкой $\Delta = 2{,}18 + 0{,}22 - 2{,}1 - 9{,}8 = -9{,}5\ ккал/кг$ испаренной влаги.

Процесс подогрева и увлажнения воздуха в сушилке проследим на диаграмме $I—d$ (рис. 217а). Поступающему в сушилку воздуху с относительной влажностью

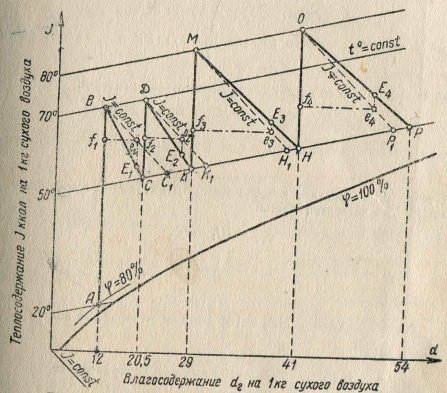


Рис. 217а. К расчету сушилки непрерывного действия

80% при 20° соответствует точка A. Процесс подогрева воздуха в калорифере нижней ленты до 70° изобразится линией AB, проведенной до пересечения с изотермой, соответствующей 70°.

Процесс сушки в теоретической сушилке пройдет по адиабате BC_1. Для нахождения действительного процесса сушки на нижней ленте выбираем на линии BC_1 произвольную точку e_1 и проводим из этой точки горизонтальную линию до пересечения с прямой AB в точке f_1. Затем находим в соответствии с масштабом диаграммы величину отрезка $\overline{E_1 e_1} = \overline{e_1 f_1}\ \frac{\Delta}{m}$ и откладываем найденное значение вниз по линии постоянного влагосодержания. Проведя через точки B и E_1 прямую линию до пересечения в точке C с изотермой, соответствующей 50°, находим линию действительного процесса

сушки. Затем воздух поступает в третий калорифер, нагревается, чему соответствует линия CD, и т. д. По аналогии с описанным можно построить линии теоретического и действительного процессов сушки для остальных трех лент. Для рассматриваемого примера действительный процесс сушки изобразится ломаной линией $ABCDKMNOP$. Влагосодержание воздуха, поступающего в сушилку $d_0 = 12$ *г/кг* сухого воздуха. Прирост влагосодержания составляет для:

четвертой ленты $\Delta d_4 = 20{,}5 - 12 = 8{,}5$ *г/кг*

третьей ленты $\Delta d_3 = 29 - 20{,}5 = 8{,}5$ „

второй ленты $\Delta d_2 = 41 - 29 = 12$ „

первой ленты $\Delta d_1 = 54 - 41 = 13$ „

Общий прирост Δd_∂ влагосодержания в действительной сушилке равен:

$$\Delta d_\partial = d_2 - d_0 = 54 - 12 = 42 \text{ г/кг}$$ сухого воздуха,

где d_2 — влагосодержание воздуха, уходящего из сушилки, в *г/кг* сухого воздуха. Расход сухого воздуха l в *кг* на 1 *кг* испаренной влаги равен:

$$l = \frac{1000}{\Delta d_\partial} = \frac{1000}{42} = 23{,}8 \text{ кг/кг}$$ испаренной влаги.

Часовой расход воздуха в сушилке равен:

$$L = lW = 23{,}8 \cdot 708 = 16\,850 \text{ кг/час}.$$

Удельный объем V_o влажного воздуха при $t_o = 20°$ и $\varphi_o = 80\%$ равен

$$V_o = 0{,}863 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Часовой объем влажного воздуха, подаваемого вентилятором:

$$V = LV_o = 16\,850 \cdot 0{,}863 = 14\,500 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Для подачи такого количества воздуха необходим вентилятор низкого давления № 6 $\frac{1}{2}$.

Расход тепла на нагревание воздуха можно найти для каждой ленты, пользуясь I—d-диаграммой. Для четвертой ленты:

$$q_{IV} = l(I_1 - I_o),$$

$$q_{IV} = 23{,}8\ (24 - 12) = 286 \text{ ккал/кг}$$ испаренной воды.

Для третьей ленты:

$$q_{III} = 23{,}8\ (29{,}5 - 24{,}0) = 131 \text{ ккал/кг}$$ испаренной воды.

Для второй ленты:

$$q_{II} = 23{,}8\ (37{,}5 - 29{,}5) = 190 \text{ ккал/кг}$$ испаренной воды.

Для первой ленты:

$$q_I = 23{,}8\ (45{,}5 - 37{,}5) = 190 \text{ ккал/кг}$$ испаренной воды.

Часовой расход тепла на нагрев воздуха перед поступлением на соответствующую ленту:

$$Q_{IV} = 286 \cdot 708 = 202\,000 \text{ ккал/час}$$

$$Q_{III} = 131 \cdot 708 = 92\,700 \text{ „}$$

$$Q_{II} = 190 \cdot 708 = 134\,500 \text{ „}$$

$$Q_I = 190 \cdot 708 = 134\,500 \text{ „}$$

Поверхность теплообмена калориферов, состоящих из стальных труб с навитыми на них спиральными ребрами, рассчитываем для каждой ленты по общей формуле:

$$F_n = \frac{Q_n}{K \cdot \tau \cdot \Delta t_{cp}}.$$

Общий коэффициент теплопередачи определяем по формуле:

$$K = 8{,}8 \cdot v^{0{,}48} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot °\text{C},$$

где v — скорость движения воздуха в калорифере, принимаем равным 1 *м/сек*.

$K = 8{,}8$ *ккал/м²·час·°С*.

Средняя разность температур для калорифера четвертой ленты:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(183{,}2 - 20) - (183{,}2 - 70)}{2{,}3 \lg \frac{163{,}2}{113{,}2}} = 133°.$$

При 10 *ати* температура греющего пара равна 183,2°,

$$F_4 = \frac{202\,000}{133 \cdot 8{,}8} = 172 \text{ м}^2.$$

Средняя разность температур для калорифера третьей ленты:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(183{,}2 - 50) - (183{,}2 - 70)}{2{,}3 \lg \frac{133{,}2}{113{,}2}} = 118{,}0°,$$

$$F_3 = \frac{92\,700}{118{,}0 \cdot 8{,}8} = 89 \text{ м}^2.$$

Средняя разность температур для калориферов второй и первой лент, рассчитанная аналогично, будет равна 118,5°; находим поверхности теплообмена калориферов F_2 и F_1 второй и первой ленты

$$F_2 = F_1 = \frac{134\,500}{118{,}5 \cdot 8{,}8} = 130 \text{ м}^2.$$

Общая поверхность нагрева четырех калориферов составляет:

$$F_{общ} = F_4 + F_3 + F_2 + F_1 = 172 + 89 + 130 + 130 = 521 \text{ м}^2.$$

Глава XVI

АППАРАТЫ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ

НАЗНАЧЕНИЕ И СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ОХЛАЖДЕНИЯ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ

Продукт подвергают охлаждению, если нужно прекратить воздействие высоких температур на него после бланшировки, ошпаривания, пастеризации и снизить температуру продукта перед расфасовкой. Кроме того, продукты охлаждают для ускорения и полноты диффузионных процессов (насыщение соков CO_2, пюре SO_2, диффузия сахара в плоды), а также при подготовке к длительному хранению при пониженных температурах.

Замораживание продуктов производят главным образом для сохранения их в свежем виде, а также при концентрации соков вымораживанием.

При охлаждении температура продукта всегда выше криоскопической, при которой начинает образовываться лед; поэтому физические константы продукта изменяются незначительно.

После бланшировки или ошпаривания продукты охлаждают до +12, +16°, повидло перед расфасовкой охлаждают до +30°, плоды при подготовке к длительному хранению — до —1, +3°, ягоды — до —0,5, +0,5° и овощи — до —2, +2°.

Охлаждаются продукты водой, воздухом, рассолом и за счет испарения части влаги.

При замораживании температура продукта всегда ниже криоскопической, процесс сопровождается частичным вымораживанием воды, образованием кристаллов льда, и физические константы продукта значительно изменяются.

Температуру продукта при замораживании понижают до —10, —18°. Начиная от поверхности и затем к центру куска вначале образовываются кристаллы льда в межклеточном пространстве и клетках, с одновременным понижением температуры.

Образованию льда в растительных и животных клетках всегда предшествует некоторое переохлаждение воды, величина которого зависит от свойств продукта, скорости и условий охлаждения, характера распределения воды в продукте.

Вода переохлаждается при замораживании плодов до —5, —6°, овощей до —2, —3°, мяса, птицы и рыбы — до —4, —5°.

После достижения водой температуры переохлаждения начинают образовываться кристаллы льда, что приводит к повышению температуры продукта до криоскопической, средние значения которой приведены в табл. 38.

Таблица 38

Продукты	Криоскопическая точка в °	Продукты	Криоскопическая точка в °
Томаты	−0,9	Вишни	−2,4
Малина	−0,9	Орехи	−6,7
Лук	−1,1	Плоды в сахарном сиропе	−5÷−7
Зеленый горошек	−1,1	Мясо тощее	−0,6÷−1,2
Яблоки	−2,0	Мясо жирное	−0,6÷−1,2
Груши	−2,0	Рыба тощая	−0,6÷−2
Сливы	−2,0	Рыба жирная	−0,6÷−2
Виноград	−2,2		

Температурный скачок от температуры переохлаждения к криоскопической температуре происходит очень быстро из-за значительной скорости роста кристаллов; по достижении криоскопической температуры температура продукта снижается с одновременным вымораживанием воды.

Зависимость между количеством вымерзающей воды и температурой продукта, по данным Н. А. Головкина и Г. Б. Чижова, показана на рис. 218. Ориентировочное количество замерзающей воды для некоторых пищевых продуктов дано в табл. 39.

Таблица 39

Количество замерзающей воды в % к общему количеству воды в продукте

Продукты		Температура замороженного продукта в °														
		−1	−2	−3	−4	−5	−6	−7	−8	−9	−10	−12,5	−15	−18
Мясо, птица	от	0	52	67	72	75	77	79	80,5	81	82,5	85	87,5	89
	до	25	60	73	77	80	82	84	85,5	86,5	87,5	89	90	91
Рыба	от	0	0	32	45	53	58	62	65	68	70,5	72,5	74	76
	до	45	68	77	82	84	85,5	87	88,5	89,5	90,5	90	93,5	95
Томаты		30	60	70	76	80	82	84	85,5	87	88	89	90	91
Лук, горох		10	50	65	71	75	77	79	80,5	82	83,5	86	87,5	89
Бобы, морковь		0	28	50	58	64,5	68	71	73	75	77	80,5	83	84
Яблоки, груши, сливы		0	0	32	45	53	58	62	65	68	70	74	78	80
Апельсины, лимоны, виноград		0	0	20	32	41	48	54	58,5	62,5	65,5	69	72	75
Вишня		0	0	0	20	32	40	47	52	55,5	58	63	67	71

При замораживании продуктов значительно изменяется теплоемкость их и объемный вес.

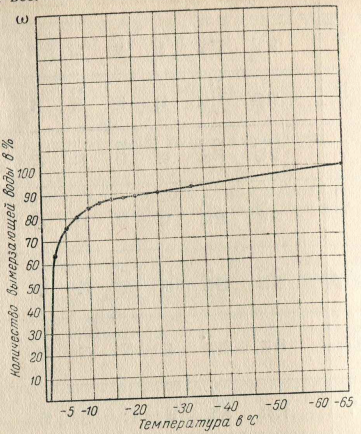


Рис. 218. Кривая вымерзания воды в мясе

В зависимости от количества вымороженной воды теплоемкость замороженного продукта может быть определена по формуле:

$$C_м = (1 - W)\, C_{сух} + \omega W C_л + (1 - \omega)\, W C_в \ [ккал/кг°С], \quad (XVI—1)$$

где $C_{сух}$ — теплоемкость сухих веществ в продукте в *ккал/кг* °С.

Исходя из того, что теплоемкость углеводов ≈ 0,34, белков ≈ 0,37, жира ≈ 0,42, органических кислот ≈ 0,3, поваренной соли ≈ 0,22, принимают:

для продуктов, содержащих жир $C_{сух} = 0{,}32$;

для продуктов, не содержащих жира $C_{сух} = 0{,}30$;

$C_л$ — теплоемкость льда, равная 0,5 *ккал/кг* °С;

ω — количество вымороженной воды в долях;

$C_в$ — теплоемкость воды, не превратившейся в лед, принимают равной 1 *ккал/кг* °С;

W — относительное содержание воды в продукте в долях единицы.

Относительное содержание воды в плодах и овощах в значительной мере зависит от сорта и условий созревания, в мясе и рыбе — от вида животного или рыбы и условий предварительной обработки, и может быть принято по табл. 40.

Объемный вес продукта при замораживании уменьшается на 5—10% из-за увеличения объема продукта, вследствие расширения образовавшегося льда.

Таблица 40

Продукты	Относительное содержание воды в долях единицы	Продукты	Относительное содержание воды в долях единицы	Продукты	Относительное содержание воды в долях единицы
Морковь	0,868	Виноград	0,782	Говяжье мясо тощее	0,764
Лук	0,860	Смородина	0,784	Баранина жирная	0,533
Капуста	0,900	Крыжовник	0,856	Свинина жирная	0,474
Яблоки	0,848	Коровье молоко	0,872	Свинина тощая	0,725
Груши	0,830	Сливочное масло	0,136	Щука	0,796
Сливы	0,812	Яйца куриные	0,737	Треска	0,815
Персики	0,8	Говяжье мясо жирное	0,530	Камбала	0,840
Вишни	0,798			Лососина	0,515

Скорость замораживания зависит от вида, размеров, консистенции продукта, теплопроводности и размеров тары, температуры охлаждающей среды и способа замораживания. Лучшие результаты получаются при быстром замораживании; этот метод заключается в том, что температура снижается и образовываются ледяные кристаллы малого размера, в меньшей степени повреждающие клетки продукта. При этом методе сокращается продолжительность диффузии солей и отделения воды в виде льда, более эффективно используется оборудование, меньшая вероятность воздействия микроорганизмов на продукт и лучше сохраняется витаминозность его.

Замораживают только свежие продукты, не подвергавшиеся разложению. Продукты, имеющие дефекты, даже в замороженном виде храниться долго не могут.

Перед замораживанием плоды очищают, сортируют и упаковывают в тару. Наибольшее распространение получили картонные парафинированные коробки; применяют также деревянные ящики и бочки. Плоды замораживают также без тары, после чего их расфасовывают в картонные коробки или банки.

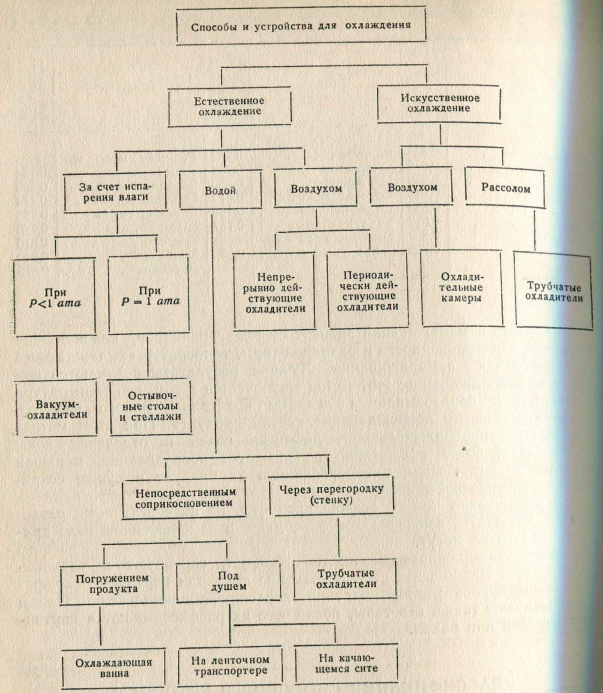
КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ

Приведенная классификация дает представление о разнообразных способах и устройствах, применяемых для охлаждения и замораживания продуктов.

Различают охлаждение естественное за счет испарения части влаги либо применения воды или воздуха с обычными температурами и искусственное охлаждение, для осуществления которого применяют рассол или воздух, предварительно охлажденные за счет испарения холодильного агента.

Вакуум-охладитель, остывочные столы и стеллажи применяются при охлаждении повидла, джема, варенья.

Ванны используются для охлаждения различных продуктов после бланшировки, а также банок после пастеризации или стерилизации.



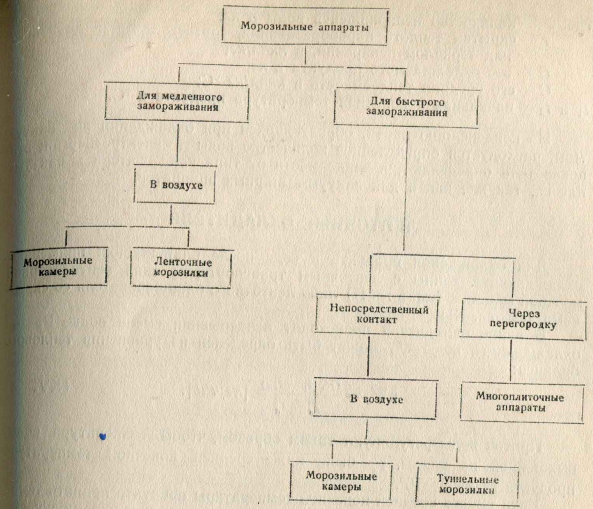
Под душем водой на ленточных транспортерах или на качающемся сите охлаждаются после бланшировки перец, горошек, зерна кукурузы, цельные томаты и т. п.

Все жидкие или полужидкие продукты (сахарный сироп, фруктовые пюре, сока) охлаждаются в трубчатых охладителях.

Охладитель, описанный в главе «Обжарочные аппараты», служит для охлаждения продуктов после обжаривания. Охладительные камеры применяют для снижения температуры различных плодов и овощей до —2° за счет подачи в камеры предварительно охлажденного воздуха.

Для замораживания применяют предварительно охлажденный воздух или рассол и реже используются испаряющаяся твердая углекислота (CO_2) либо глубокий вакуум.

Для замораживания плодов и овощей на консервных заводах нашли распространение туннельные и плиточные скороморозильные аппараты.



ВАКУУМ-ОХЛАДИТЕЛЬ

Продукт охлаждается за счет испарения части воды вследствие расхода тепловой энергии на парообразование.

Конечная температура при охлаждении за счет испарения под вакуумом зависит от глубины разрежения и соответствует температуре паров при давлении в аппарате. При разрежении в охладителе 680 *мм* рт. ст. (остаточное давление 80 *мм* рт. ст.) продукт за счет самоиспарения охлаждается до 50°.

Охлаждение до более низкой температуры осуществляется водой или воздухом.

Вакуум-охладитель представляет собой герметический сосуд, соединенный с конденсатором и вакуум-насосом.

Для охлаждения под вакуумом может быть использован вакуум-выпарной аппарат с двутельной нагревательной камерой, либо эмалированный, герметически закрывающийся аппарат марки ВВЗ и ВЗ.

Количество испарившейся путем самоиспарения воды находят из уравнения теплового баланса:

$$W = \frac{GC(t_1 - t_2)}{r} \text{ [кг]}, \qquad \text{(XVI—2)}$$

где: W — количество испарившейся воды в *кг*;
r — скрытая теплота парообразования, соответствующая давлению над зеркалом испарения, в *ккал/кг*;
G — вес охлаждаемого продукта в *кг*;
C — его средняя теплоемкость в *ккал/кг* °С;
t_1 и t_2 — начальная и конечная температура продукта в °С.

На конденсацию паров, образующихся при охлаждении под вакуумом, расходуется определенное количество воды и электроэнергии; эти показатели определяют, в зависимости от типа конденсатора и вакуум-насоса, так же, как и для вакуум-выпарных аппаратов.

ЛЕНТОЧНЫЕ ОХЛАДИТЕЛИ

Для охлаждения продукта в воде после бланшировки применяют охлаждающие ванны с ленточным транспортером типа вентиляторной моечной машины (см. в гл. II) либо ленточного бланширователя со скребками (см. гл. XI).

В ванне охладителя происходит непрерывная смена воды. Расход охлаждающей воды $W_в$ может быть определен из уравнения теплового баланса:

$$W_в = \frac{GC(t_1 - t_{ск})}{t_в^к - t_в^н} \ [кг/час]. \qquad (XVI—3)$$

Приток воды регулируют таким образом, чтобы температура воды, выходящей из ванны, $t_в^к$ была ниже средней конечной температуры продукта $t_{ск}$ на 5—10°.

Если вместо средней конечной температуры продукта принять температуру на поверхности продукта, то по этому уравнению получается завышенный расход воды, так как в центре температура всегда выше.

Практический расход воды при охлаждении в ваннах составляет от 6 до 12 *кг* на 1 *кг* продукта.

Продолжительность охлаждения зависит от скорости теплообмена и заданной конечной температуры продукта и регулируется скоростью движения ленты транспортера.

ДУШЕВОЙ ОХЛАДИТЕЛЬ

Продукт охлаждают водой под душем, если он не погружается в воду, или требуется быстрое и интенсивное охлаждение.

При периодической работе под душ устанавливают съемные сита с продуктом, при непрерывной работе — под душем движется сетчатая лента транспортера.

Для охлаждения перца и бобовых после бланшировки применяют сито с колебательным движением (см. в гл. II).

Интенсивность охлаждения продукта водой под душем зависит от скорости движения струи, площади соприкосновения воды с продуктом и начальной температуры охлаждающей воды. По мере понижения температуры продукта интенсивность охлаждения снижается.

Продолжительность охлаждения зависит от начальной и конечной температуры продукта и интенсивности охлаждения и устанавливается экспериментально для каждого вида продукта.

Наиболее хорошие результаты охлаждения дает душевое устройство, образованное из сопел, имеющих внутри спиральную направляющую. При таком устройстве достигается наибольшая плотность струи и скорость движения.

Расход воды при охлаждении под душем составляет 10—15 *кг* на 1 *кг* продукта.

ТРУБЧАТЫЙ ОХЛАДИТЕЛЬ

Охлаждение сахарного сиропа, фруктового пюре, фруктовых соков и других жидких продуктов осуществляется через разделяющие перегородки в аппаратах, имеющих поверхность охлаждения. Наибольшее распространение для этой цели нашли кожухотрубные и двутрубные теплообменники.

Конструкции и расчет таких теплообменников приведены в гл. XI.

Интенсивность охлаждения в трубчатых охладителях зависит от величины коэффициента теплопередачи, причем наибольшим термическим сопротивлением является термическое сопротивление теплоотдачи от продукта к стенке.

В целях экономии расхода тепловой энергии целесообразно использовать горячую воду после охладителя для мойки тары, листов и других нужд.

Конечная температура охлаждающей воды может отличаться на 5—10° от начальной температуры продукта при применении противотока.

СКОРОМОРОЗИЛЬНЫЙ АППАРАТ СИСТ. ГИМПЕЛЕВИЧА (ВНИХИ)

Секционный скороморозильный аппарат применяется для замораживания мяса, плодов и овощей как в коробках, так и россыпью.

Аппарат с двумя секциями показан на рис. 219.

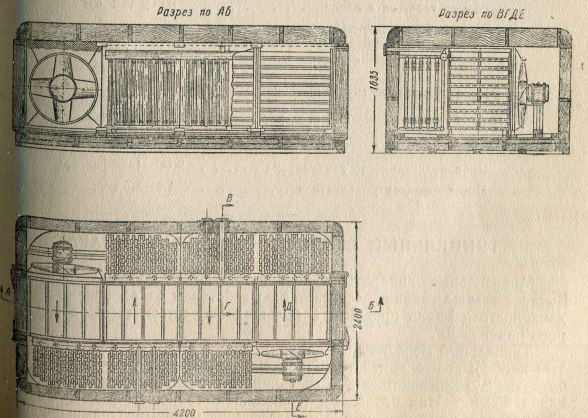


Рис. 219. Секционный скороморозильный аппарат Гимпелевича

Секция аппарата имеет изолированный корпус, внутри которого на рельсах установлены две вагонетки с продуктом, батареи с непосредственным испарением аммиака, охлаждающие воздух, и вентилятор с электродвигателем.

Воздух, охлажденный до —28, —30°, прогоняется через зазоры между полками тележки со скоростью 4—6 *м/сек*; при этом несколько повышается его температура. Затем воздух попадает в первую группу батарей, температура его снижается и он движется через зазоры второй тележки и из нее поступает во вторую группу батарей и затем к вентилятору.

Охлаждающие батареи образованы из вертикальных стальных труб диаметром 29/34 *мм* с горизонтальными алюминиевыми ребрами толщиной 1 *мм* и размером 90 × 90 *мм*, увеличивающими поверхность со стороны наибольшего термического сопротивления.

Аппараты, в зависимости от нужной производительности, бывают двух-, трех- и четырехсекционные.

Наряду с такими достоинствами этой конструкции, как простота устройства, сравнительно большая производительность, надежность в работе, аппарат обладает рядом недостатков. Наиболее существенными из них являются периодичность загрузки и выгрузки продукта, необходимость оттаивания батарей и трудность оттаивания, вызываемая горизонтальным расположением ребер, отсутствие автоматизированной регулировки режима подачи и отсасывания хладоагента, неприспособленность аппарата для замораживания продуктов разных размеров.

Техническая характеристика

Резмер одной секции	2,12 × 2,12 *м*
Размер тележки в плане	800 × 960 *мм*
Рабочая холодопроизводительность одной секции при температуре испарения аммиака — 33°	около 14 000—17 000 *ккал/час*
Производительность одной секции:	
при замораживании ягод россыпью	3—4 *т/сутки*
» » мяса в блоках около	3,6 *т/сутки*
Производительность вентилятора	9000—14 000 *м³/час*
Мощность электродвигателя	1,8—3,7 *квт*

ТУННЕЛЬНЫЙ СКОРОМОРОЗИЛЬНЫЙ АППАРАТ

Морозильные аппараты туннельного типа работают непрерывно. Быстрое замораживание достигается воздействием охлажденного воздуха, движущегося вдоль продукта с большой скоростью, температура которого равна —30°.

Туннельный морозильный аппарат (рис. 220) имеет корпус *1*, покрытый пробковой изоляцией толщиной 400 *мм*. В корпусе установлены две батареи *2* непосредственного испарения; поверхность охлаждения их равна 252 *м²*. Над батареями расположен транспортер *3* с лентой из проволочной сетки шириной 2 *м*. Расстояние между центрами барабанов транспортера 10 *м*.

Рабочая и холостая часть ленты поддерживаются опорными роликами *4* и по краям направляющими роликами *5*. Транспортер приводится в движение от электродвигателя *6* через червячный редуктор *7* и регулятор скорости *8*, при помощи которого можно устанавливать продолжительность замораживания от 2,5 до 3,5 час. От того же регулятора скорости транспортер получает периодическое (прерывистое) движение, что дает возможность в моменты остановки загружать транспортер через загрузочное отверстие *9* и разгружать его через отверстие *10*.

Коробки на транспортер загружаются автоматически вталкивателями и их устанавливают в предкамере *13*, для чего закрывают крышку *14* при закрытой резиновой завесе *15*.

В момент остановки транспортера планка выталкивателя перемещает коробки из предкамеры на транспортер.

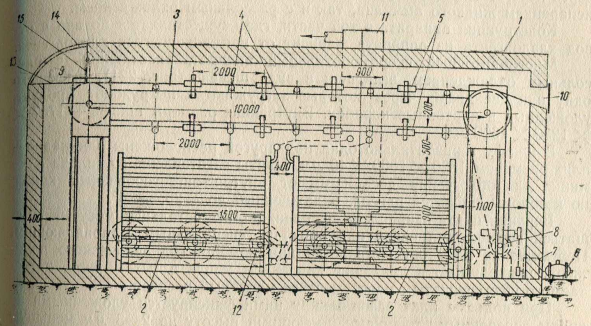


Рис. 220. Туннельный скороморозильный аппарат

Жидкий аммиак подается в жидкостный отделитель *11*, откуда по трубопроводам он поступает в испарительные батареи. Испарение происходит при $t = -37°$, после чего парообразный аммиак выходит в верхнюю часть жидкостного отделителя и из него поступает в компрессор.

В жидкостном отделителе уровень аммиака поддерживается поплавковым регулятором. Циркуляция воздуха осуществляется при помощи шести осевых крыльчатых вентиляторов *12*, расположенных с одной стороны батарей. Охлажденный воздух всасывается вентиляторами из нижней части батареи и по каналам нагнетается в верхнюю часть корпуса, а оттуда выходит в месте расположения рабочей части ленты, на которой находится продукт. Плоды замораживают в картонных коробках, имеющих размеры:

при весе продукта 450 *г* 12,5 × 12,5 × 5,2 *см*
при весе продукта 250 » 12,0 × 6,0 × 5,2 »

Температура плодов после замораживания равна —18°.

Производительность аппарата — 400 *кг/час*. Коэффициент теплопередачи от испаряющегося аммиака к воздуху — 50 *ккал/м² · час · °C*.

Габаритные размеры аппарата: длина — 11 500 *мм*, ширина — 3650 *мм*, высота — 2300 *мм*.

К недостаткам туннельного скороморозильного аппарата можно отнести: большие габариты, недостаточное использование объема аппаратов, что приводит к большим потерям, неупорядоченную циркуляцию воздуха, в результате чего продукт неравномерно замораживается по ширине ленты, теплопотери через загрузочное и разгрузочное отверстия, возможность замораживать продукты только одного размера.

МНОГОПЛИТОЧНЫЙ СКОРОМОРОЗИЛЬНЫЙ АППАРАТ

Для замораживания плодов, овощей, филе рыбы и мяса в картонных коробках применяют многоплиточные скороморозильные аппараты, в которых теплообмен между хладоагентом и продуктом осуществляется через перегородку (стенку). Аппараты работают как с непосредственным испарением жидкого аммиака, так и с рассольным охлаждением.

Конструкция аппарата в той части, где осуществляется подача и отвод хладоагента из аппарата, зависит от применяющегося хладоагента.

Многоплиточный скороморозильный аппарат, работающий с рассольным охлаждением, выполнен в виде шкафа (рис. 221), имеющего одну или две двери, через которые загружают и выгружают продукт, уложенный в картонные коробки. Внутренние размеры шкафа — 1757 × × 1230 × 1600 *мм*.

В шкафу горизонтально одна над другой расположены одиннадцать плит размером 1320 × 1000 × 40 *мм*. Плиты изготовлены из сплава алюминия для облегчения веса и имеют внутри зигзагообразный канал, по которому движется рассол, охлажденный до —25, —30°.

Верхняя плита закреплена неподвижно, все остальные могут перемещаться вертикально вверх или вниз по специальным направляющим. Перемещение плит осуществляется при помощи гидравлического плунжера, приводимого в движение давлением масла в 10—12 *ати*, нагнетаемого шестеренчатым насосом через масляный ресивер.

При подъеме плит зазор между ними фиксируется уложенными по краям деревянными планками, имеющими высоту на 2—3 *мм* меньшую высоты коробки.

Общий максимальный подъем плит — 625 *мм*. При перемещении нижней плиты вверх она упирается планками в вышележащую, поднимает ее до встречи со следующей плитой и т. д.

Коробки с продуктом плотно зажимаются между двумя плитами, но не раздавливаются благодаря деревянным планкам, фиксирующим зазор.

Рассол поступает в плиты и выходит из них через патрубки, соединенные резиновыми шлангами с вертикальными коллекторами; через один из коллекторов подается охлажденный рассол во все плиты, через второй отводится нагревшийся рассол на охлаждение. Скорость циркуляции рассола в плитах 0,2—0,3 *м/сек*.

Аппарат работает периодически, и производительность его зависит от количества продуктов, загружаемого одновременно, продолжительности замораживания, загрузки и выгрузки.

Показатели работы аппарата при замораживании продукта до температуры —18° приведены в табл. 41.

Исследования теплообмена, проведенные ВНИХИ, показали, что коэффициент теплоотдачи от рассола к плите может быть определен по формуле:

$$\alpha = 1{,}55 \frac{\lambda}{l} (Re \cdot Pr)^{0{,}35} [ккал/м^2 \cdot час \cdot °C]. \quad (XVI-4)$$

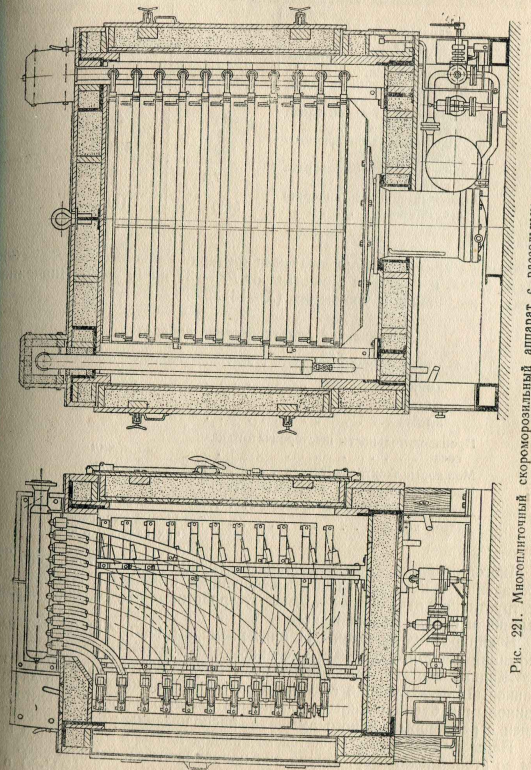


Рис. 221. Многоплиточный скороморозильный аппарат с рассольным охлаждением

Таблица 41

Показатели	Мясо и рыба-филе	Плоды и овощи
Вес продукта в одной коробке в *кг*	3,3	0,45
Продолжительность замораживания в час.	3	2,5
Количество коробок на одной плите	24	90
Вес продукта на одной плите в *кг*	80	40
Вес продукта, загружаемого в аппарат	800	400
Количество оборотов аппарата в сутки	7,3	8,6
Производительность аппарата в сутки в *кг*	5840	3440

Формула применима при значении критерия Рейнольдса от $Re = 3000$ до $Re = 13\,000$ и критерия Прандтля от $Pr = 37$ до $Pr = 85$. Значения λ и l такие же, как и в уравнении (X—13).

Техническая характеристика аппарата

Габаритные размеры аппарата в *мм*:

длина	2385
ширина	1845
высота	2820
Производительность шестеренчатого насоса	35 *л/мин*
Мощность электродвигателя	2,2 *квт*
Число оборотов вала электродвигателя	1400 об/мин.
Давление, создаваемое насосом	до 25 *ати*
Расход холода	20—23 тыс. рабочих калорий в час

Многоплиточный скороморозильный аппарат типа АИ-30 (рис. 222), работающий с непосредственным испарением аммиака в каналах плит, конструктивно отличается только устройством для подачи жидкого аммиака и отвода парообразного.

В аппарате установлены 11 плит размером $1300 \times 1100 \times 40$ *мм* из алюминия с зигзагообразным змеевиком.

Жидкий аммиак, имеющий температуру —30°, поступает через поплавковый регулирующий вентиль в вертикальный коллектор и затем по резиновым и бронированным шлангам в каждую плиту. Коллектор соединен с ресивером жидкого аммиака, расположенным над аппаратом.

Пары аммиака отсасываются из каждой плиты по резиновым шлангам во второй коллектор, откуда они направляются к компрессору.

Габаритные размеры 11-плиточного аппарата типа АИ-30 в *мм*: длина 2000, ширина 1480, высота 2915.

Основными недостатками плиточных скороморозильных аппаратов являются:

1) сравнительно небольшая производительность, что вынуждает устанавливать большое число аппаратов и приводит к увеличению расходов на обслуживающий персонал;

2) применение ручного труда при замораживании продукта в коробках и в особенности в формах (подготовка продукта, укладка в коробки, загрузка, выгрузка, перемещение);

3) неприспособленность аппаратов для одновременной загрузки продуктов разных размеров и разной толщины;

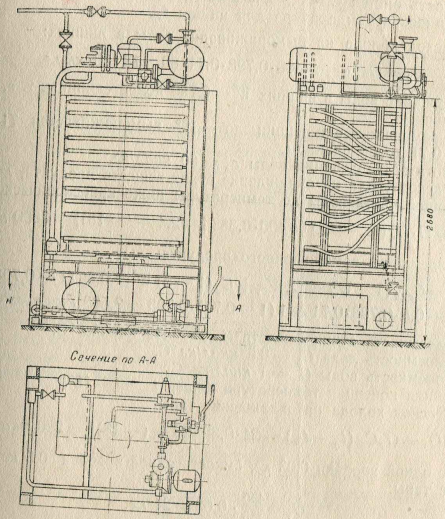


Рис. 222. Многоплиточный скороморозильный аппарат с непосредственным испарением аммиака

4) периодичность работы аппаратов, связанная с необходимостью загрузки и выгрузки продукта;

5) снижение производительности аппаратов из-за большого термического сопротивления в месте контакта коробок (форм) и плит.

РАСЧЕТ РАСХОДА ХОЛОДА НА ЗАМОРАЖИВАНИЕ

При расчете расхода холода на замораживание продукта условно считают, что охлаждение продукта до криоскопической температуры, вымораживание воды и понижение температуры продукта ниже криоскопической температуры происходят одновременно.

Приведем пример расчета расхода холода при замораживании продуктов.

Требуется определить расход холода на замораживание $G = 400$ *кг* вишни в коробках, вмещающих 500 *г* каждая.

Начальная температура вишни и коробок $t_н = 20°$.
Средняя конечная температура вишен и коробок $t_{ск} = -18°$.
1. Расход холода на охлаждение вишен до начала замерзания:

$$Q_1 = GC(t_н - t_{кр}) = 400 \cdot 0{,}9\,[20 - (-2{,}4)] = 8060 \text{ ккал}.$$

Теплоемкость вишен $C = 0{,}9$ ккал/кг°С;
Криоскопическая температура для вишен $t_{кр} = -2{,}4°$.

2. Расход холода на вымораживание воды в вишнях:

$$Q_2 = GW\omega r_л = 400 \cdot 0{,}798 \cdot 0{,}71 \cdot 80 = 18\,130 \text{ ккал}.$$

Содержание воды в вишнях $W = 0{,}798$ долей единицы, т. е. 0,798 кг на 1 кг вишен.
При замораживании вишни до —18° вымораживается 71% воды, или $\omega = 0{,}71$ долей единицы.
Теплота затвердевания воды $r_л = 80$ ккал/кг.
3. Расход тепла на охлаждение сухих веществ продукта, льда и незамерзающей части воды до температуры ниже криоскопической:

$$Q_3 = G \cdot C_м (t_{кр} - t_{ск}) = 400 \cdot 0{,}588\,[-2{,}4 - (-18)] = 3600 \text{ ккал}.$$

Теплоемкость замороженного продукта:

$$C_м = C_{сух}(1 - W) + C_л W\omega + C_в(1 - \omega)\,W = 0{,}32\,(1 - 0{,}798) + \\ + 0{,}5 \cdot 0{,}798 \cdot 0{,}71 + 1\,(1 - 0{,}71) \cdot 0{,}798 = 0{,}588 \text{ ккал/кг°С}.$$

Теплоемкость сухих веществ $C_{сух} \approx 0{,}32$ ккал/кг °С.
Теплоемкость льда $C_л = 0{,}5$ ккал/кг °С.
Теплоемкость воды $C_в = 1$ ккал/кг °С.
Средняя конечная температура вишен $t_{ск} = -18°$.
4. Расход холода на охлаждение тары:

$$Q_4 = G_т C_т (t_н - t_{ск}) = 24 \cdot 0{,}32\,[20 - (-18)] = 290 \text{ ккал}.$$

Вес одной коробки 0,03 кг, емкость одной коробки 0,5 кг.
Вес тары:

$$G_т = \frac{400}{0{,}5} \cdot 0{,}03 = 24 \text{ кг}.$$

Теплоемкость картона $C_т = 0{,}32$ ккал/кг °С.
5. Общий расход холода:

$$Q_{общ} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 8060 + 18\,130 + 3600 + \\ + 290 = 30\,080 \text{ ккал}.$$

Определенный таким путем расход холода дает достаточно точные для технических расчетов результаты, если теплоемкость замороженного продукта $C_м$ брать при соответствующей средней конечной температуре замораживания.

МОНТАЖ И РЕМОНТ АППАРАТОВ ДЛЯ ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Воздухоохладители, устанавливаемые в скороморозильных аппаратах, монтируются на теплоизоляционном основании. До установки воздухоохладители подвергаются испытанию на прочность и герметичность.
Воздухоохладители непосредственного испарения должны выдерживать давление 16 *атм*, а при рассольном охлаждении — только 6 *атм*.

Особое внимание уделяется монтажу трубопроводов. Аммиачные трубопроводы монтируют из стальных бесшовных труб (ГОСТ 301-44). Трубы соединяют между собой встык при помощи газовой сварки, а для присоединения труб к аппаратам применяют приварные фланцы. Уплотнительную прокладку из асбестового картона толщиной около 2,5 *мм* предварительно смазывают смесью масла с графитом. Затяжку болтов на фланцах необходимо производить равномерно. Располагают трубопроводы строго горизонтально или вертикально.
Перед включением вся система проверяется на герметичность путем испытания давлением в течение 18 час. Если обнаружены утечки аммиака или рассола, то находят места пропуска и принимают меры к исправлению. Чаще всего аммиак проходит через крышки, фланцевые соединения и сальники.
Перед ремонтом аппаратов тщательно освобождают трубы и плиты аппаратов от аммиака. Проводить сварочные работы на аппаратах и трубопроводах, заполненных аммиаком, воспрещается.
Согласно правилам техники безопасности помещения, где установлены аппараты с непосредственным испарением аммиака, должны быть оборудованы аварийной вытяжной установкой, пускатели которой находятся как внутри помещения, так и вне его.
К обслуживанию аппаратов допускаются только лица, прошедшие специальную подготовку и имеющие соответствующее свидетельство.
Во время работы аппаратов необходимо тщательно следить за плотностью соединений трубопроводов и сальниковых уплотнений. Если обнаружены утечки холодильного агента, нужно немедленно принять меры к устранению, предварительно отключив аппарат от общей магистрали.
Специальные фильтрующие противогазы и резиновые перчатки должны находиться вблизи рабочих мест.

Глава XVII

АППАРАТЫ ДЛЯ СУЛЬФИТАЦИИ СЫРЬЯ И ВАРКИ ВАРЕНЬЯ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Сульфитацией называется консервирование свежих плодов, ягод, фруктового пюре и др. сернистым ангидридом (SO_2) или его водным раствором — сернистой кислотой (H_2SO_3).
Сернистый ангидрид является антисептиком: при содержании его 0,1—0,2% к весу консервируемого продукта последний может долго сохраняться.
Сульфитация плодов в целом виде и в виде пюре производится в период массового поступления сырья, когда техническая мощность заводов не может обеспечить его переработку.
Плоды сульфитируют также в тех районах, где имеется много сырья и нет предприятий для его переработки. Заготовленный таким образом продукт может быть затем использован консервными заводами для дальнейшей переработки.
В аппаратах для сульфитации и в аппаратах, применяемых для варки варенья из плодов и ягод, происходят процессы насыщения

плодов: в первых — сернистым ангидридом, во вторых — сахаром. Эти процессы осуществляются путем диффузии и термодиффузии.

Основной закон диффузионных процессов установлен Фиком и математически выражается таким уравнением:

$$G = -DF\tau\frac{dc}{dx}\ [кг], \qquad (XVII—1)$$

где: G — количество продиффундировавшего вещества в *кг*;

D — коэффициент диффузии в *кг/м²/час*;

F — поверхность диффузии в *м²*;

$\frac{dc}{dx}$ — градиент концентрации в *кг/м⁴*;

τ — продолжительность процесса в час.

Знак «минус» в правой части уравнения показывает, что диффузия идет в направлении уменьшающейся концентрации.

Физический смысл коэффициента диффузии D можно раскрыть, принимая F, τ, $\frac{dc}{dx}$ равными единице; тогда $G = D$, т. е. коэффициент диффузии D есть количество вещества, которое продиффундирует через поверхность F, равную единице, за время, равное единице, при градиенте концентрации $\frac{dc}{dx}$, равном единице.

Вязкость и температура растворителя оказывают влияние на величину коэффициента диффузии; при повышении температуры коэффициент диффузии увеличивается, при повышении вязкости он уменьшается.

Сернистый ангидрид представляет собой отравляющий газ. Поэтому при работе с сернистым ангидридом нужно строго соблюдать все правила по технике безопасности.

Сернистый ангидрид поступает на консервные заводы в стальных баллонах, где находится под давлением в жидком виде.

Сульфитацию пищевого сырья на консервных заводах осуществляют следующим образом:

а) продукт, уложенный в ящики, подвергают окуриванию сернистым газом (сухая сульфитация);

б) сернистый газ пропускают через пюреобразный продукт;

в) пюреобразный продукт перемешивают с водным (рабочим) раствором сернистого ангидрида;

г) целые плоды опускают в сульфитированное пюре.

Окуривание сырья производят в кирпичных, бетонных или деревянных камерах в течение 16—18 час. Продукт укладывают в решетчатые ящики штабелями. В средней части камеры помещают жаровню-печь, в которой сжигают серу в количестве 200 *г* на 1 *м³* объема камеры.

Для сульфитации пюреобразных продуктов сернистый газ пропускают через консервируемый продукт. При этом баллон с сернистым ангидридом устанавливают на весах и в зависимости от веса консервируемого продукта устанавливают необходимую потерю веса баллона.

Чтобы сернистый газ хорошо поглощался продуктом, нужно при сульфитации продукт перемешивать.

Вместо газа для сульфитации часто применяют 7%-ный (рабочий) водный раствор сернистого ангидрида.

Сульфитированная продукция хранится в подземных хранилищах емкостью до 100 *т* каждое. Стенки и дно хранилищ покрывают специальной смолообразной массой, обеспечивающей кислотоустойчивость и водонепроницаемость.

В состав смолообразной массы входят:

канифоль	55 вес. ч.
парафин	45 „ „
битум № 5	15 „ „

Перед нанесением защитного покрытия на стенки бассейна смесь указанных веществ нагревают до появления признаков кипения (до температуры около 200°). Стенки бассейна (место покрытия) также нагревают при помощи паяльной лампы, и малярной кистью или пневматическим распылением наносят смолообразную массу на стенки. Толщина наносимого слоя должна быть не менее 2 *мм*.

После первого покрытия стенок бассейна через 24 часа наносят второй слой толщиной в 1 *мм* следующего состава:

канифоль	60 вес. ч.
парафин	40 „ „
битум № 5	10 „ „

Этот состав в нагретом состоянии наносится на холодную поверхность первого слоя.

УСТАНОВКА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СУЛЬФИТАЦИИ ФРУКТОВОГО ПЮРЕ СЕРНИСТЫМ ГАЗОМ (SO_2)

На рис. 223 показана схема установки для сульфитации фруктового пюре сернистым газом.

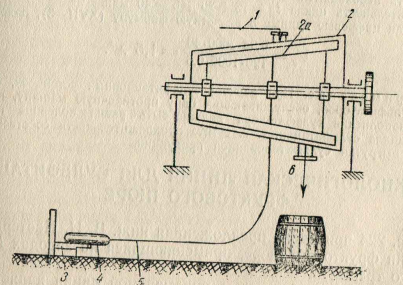


Рис. 223. Установка периодического действия для сульфитации фруктового пюре сернистым газом

По трубопроводу *1* подготовленное охлажденное фруктовое пюре подается в сульфитатор *2*, снабженный мешалкой *2а*.

Баллон *4* с сернистым ангидридом установлен на весах *3*.

По трубопроводу *5* газ подается в сульфитатор *2*, где фруктовое пюре насыщается газом.

Продолжительность поступления газа 15—18 мин. За это время в сульфитатор емкостью 1 *т* должно поступить 2 *кг* газа (0,2%). После

этого закрывают краны у баллона и сульфитатора и в течение двух-трех минут еще продолжают перемешивание продукта.

Сульфитированный продукт по трубопроводу *6* выгружают в подземное хранилище либо в бочки. Часовую производительность сульфитатора рассчитывают по формуле:

$$G^c_{час} = \varphi \frac{60 \cdot V_c \gamma}{t_ц} \ [кг/час], \qquad (XVII—2)$$

где: φ — коэффициент заполнения сульфитатора ($\varphi = 0{,}6—0{,}7$);

V_c — объем сульфитатора в $м^3$;

γ — удельный вес сульфитируемого продукта в $кг/м^3$;

$t_ц$ — продолжительность цикла сульфитации в мин.

Для обеспечения непрерывной работы устанавливают два сульфитатора, обслуживающих одну протирочную машину. Объем каждого сульфитатора V_c должен быть выбран в соответствии с часовой производительностью $G^n_{час}$ протирочной машины и продолжительностью цикла сульфитации

$$V_c = \frac{\psi G^n_{час} t_ц}{120 \varphi \gamma} \ [м^3], \qquad (XVII—3)$$

где ψ — процент выхода продукта после протирания ($\psi \cong 95\%$).

Пример. Сульфитации подвергается фруктовое пюре из протирочной машины производительностью 3000 *кг* сырья в час.

Продолжительность сульфитации 15 мин., наполнение сульфитатора длится 20 мин., выгрузка 5 мин. Удельный вес продукта $\gamma = 1000$ $кг/м^3$.

Определить необходимый объем каждого из двух сульфитаторов.

Продолжительность цикла $t_ц = 15 + 20 + 5 = 40$ мин.

Подставляя цифровые данные в расчетную формулу (XVII—3), находим:

$$V_c = \frac{0{,}95 \cdot 3000 \cdot 40}{120 \cdot 1000 \cdot 0{,}6} = 1{,}5 \ м^3.$$

Примечание. При расчете сульфитационных установок, состоящих из двух сульфитаторов, обслуживающих одну протирочную машину, продолжительность наполнения сульфитатора должна быть равна половине продолжительности цикла сульфитации, т. е. сумме продолжительности собственно сульфитации и выгрузки сульфитированной продукции.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ СУЛЬФИТАЦИИ ФРУКТОВОГО ПЮРЕ

На рис. 224 приведена предложенная инж. В. И. Пастернаком схема сульфитации фруктового пюре, применяющаяся на заводах Молдавского консервного треста.

Отличительной особенностью описываемой линии является двукратное охлаждение продукта до 35—45°, чем обеспечивается хорошее насыщение его сернистым ангидридом, а также уменьшение объема сульфитированного продукта, что увеличивает использование полезной емкости хранилищ на 5—10%.

Инспекционным транспортером *1* сырье подается в вентиляторную моечную машину *2*, откуда элеватором *3* направляется в шпаритель *4* закрытого типа и далее в протирочную машину *5*.

Этот участок линии сульфитации не отличается от типовой линии переработки фруктового пюре. Из протирочной машины протертый продукт засасывается в вакуум-аппарат — охладитель *6*, в котором поддерживается разрежение 600—680 *мм* рт. ст. При этом температура продукта с 90—95° снижается до 55—58°. Охлаждение продукта в вакуум-аппарате практически прекращается тогда, когда заканчивается его наполнение. За счет самоиспарения влаги в аппарате из каждой тонны пюре выпаривается 50 *кг* влаги, что увеличивает содержание сухих веществ в пюре на 0,5%, и на 5% увеличивает использование емкости хранилищ (бассейнов). Одновременно происходит и деаэрирование пюре.

Из вакуум-охладителя насосом *7* продукт подается в трубчатый охладитель *8*, в котором он охлаждается до 35—40°.

Деаэрированный и охлажденный пюреобразный продукт лучше насыщается сернистым газом. Как показали испытания, потери газа при сульфитации охлажденного пюре в 2—2,5 раза меньше, чем при сульфитации горячего пюре.

Из охладителя *8* пюре поступает непрерывно в сульфитаторы *9*. Дозировка газа, поступающего из баллона *10*, ведется по весу.

Сульфитированный продукт перекачивается насосом *7* в подземное хранилище *11*.

Если емкость подземных хранилищ недостаточна, то целесообразно в вакуум-охладителе не только охлаждать пюре, но и уваривать его.

При увеличении содержания сухих веществ в сульфитируемом пюре на 2,5—3% количество сульфитированного пюре, которое можно поместить в подземные хранилища при той же емкости, возрастает на 25—30%. Практика предварительного уваривания пюре на консервном заводе им. Ткаченко подтвердила целесообразность такого мероприятия.

НЕПРЕРЫВНО ДЕЙСТВУЮЩИЙ СУЛЬФИТАТОР ДЛЯ ПЮРЕОБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ

Непрерывно действующий сульфитатор Краснодарского филиала ВНИИКП (авторы А. А. Меркулов и С. И. Кокошинский), испытанный на Адыгейском консервном заводе, обладает рядом преимуществ перед описанными сульфитаторами периодического действия; он имеет

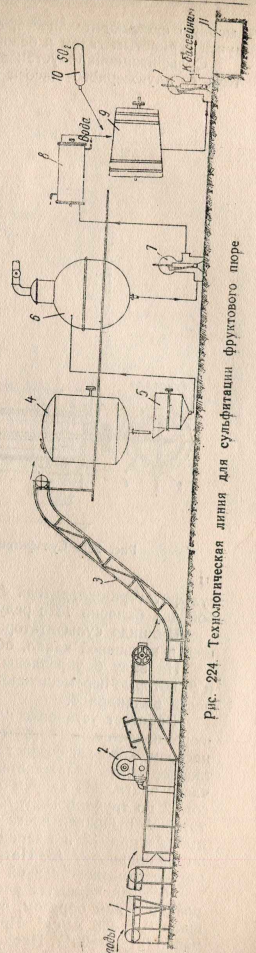


Рис. 224. Технологическая линия для сульфитации фруктового пюре

высокую производительность, обеспечивает равномерное насыщение продукта сернистым газом и безопасность при обслуживании.

Сульфитационная установка (рис. 225) состоит из вакуум-охладителя *1*, плунжерного насоса *2* с приводом *3*, центробежно-лопастного

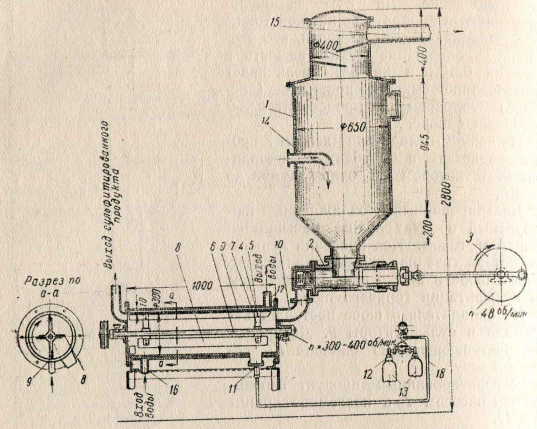


Рис. 225. Сульфитационная установка непрерывного действия

сульфитатора-охладителя *4* и газовой станции, которая представляет собой два баллона *13* с редуктором давления *12*.

Цилиндр сульфитатора *4* охлаждается проточной водой, поступающей в кольцевой канал, образованный кожухом *5*.

На валу *6* укреплены две траверсы *7* с двумя парами лопастей *8* и *9*, которые перемешивают пюре вдоль внутренней охлаждаемой поверхности цилиндра *4*.

Работает установка следующим образом. Из протирочной машины пюре подается в вакуум-охладитель, соединенный с мокровоздушным насосом, который создает в системе вакуум 600—660 *мм* рт. ст. Поступившее пюре охлаждается с 90 до 52—58° благодаря самоиспарению части влаги. Из вакуум-охладителя пюре подается плунжерным насосом *2* по трубопроводу *10* в центробежно-лопастной охладитель-сульфитатор *4*, в нижней части которого имеется клапан *11*; через редукционный клапан *12* и клапан *11* сернистый газ поступает из баллонов *13* по трубопроводу *18*. Патрубки *14*, *15*, *16* служат для соединения аппарата с производственной коммуникацией.

Степень открытия редукционного клапана *12* должна быть отрегулирована таким образом, чтобы давление поступающего газа не превышало 0,4—0,5 *кг/см²*. При таком давлении содержание SO_2 в продукте равно 0,18—0,20%. Продолжительность перемешивания газа с продуктом составляет около двух минут.

Благодаря самоиспарению влаги содержание сухих веществ в пюре увеличивается на 0,5—0,6%, что уменьшает необходимую емкость для хранения пюре на 5—6%. Обслуживает установку один рабочий.

Техническая характеристика

Производительность . . .	2 *т/час*
Потребная мощность для привода мокровоздушного насоса	2,8 *квт*
Расход охлаждающей воды	5,5 *м³/час*
Давление газа после редуктора	0,4—0,5 *кг/см²*
Габариты в *мм*:	
длина	3000
ширина	1000
высота	2000

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ДЕСУЛЬФИТАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ФРУКТОВОГО ПЮРЕ

Производству повидла из сульфитированного фруктового пюре предшествует его десульфитация. На многих заводах этот процесс осуществляется в деревянных чанах с медными змеевиками-барботерами.

Из барботеров пар поступает в чан, нагревает продукт до 100°, который затем подвергается кипячению в течение 25—30 мин.

На подогрев 1 *т* пюре до 100° расходуется около 150 *кг* пара; он конденсируется и разжижает пюре; поэтому увеличивается расход пара при последующей варке повидла.

Инж. В. Н. Пастернак предложил и осуществил на заводе им. Ткаченко в Тирасполе схему производства повидла из сульфитированного пюре, приведенную на рис. 226.

Из подземного хранилища *1* сульфитированное пюре подается насосом в трубчатый подогреватель *3*, где оно подогревается; отсюда оно поступает поочередно в деревянные бадьи-десульфитаторы *5*, в которых помещены змеевиковый нагреватель и барботер.

Поступающее в бадьи-десульфитаторы пюре подогревается сначала барботирующим паром; после закипания пюре барботер выключают, и дальнейшую десульфитацию, заклю-

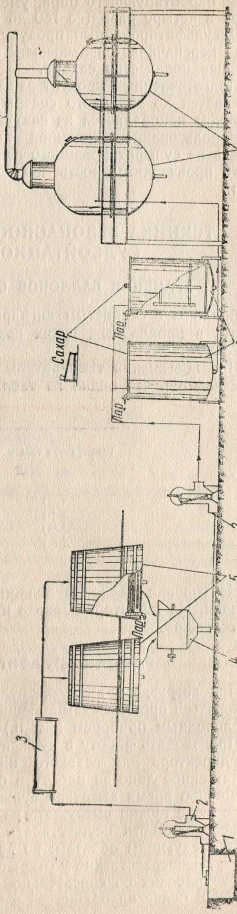


Рис. 226. Технологическая линия для десульфитации и переработки фруктового пюре

чающуюся в поддержании бурного кипения, осуществляют путем подачи внутрь змеевика пара. При этом количество воды, введенной в пюре в виде барботирующего пара, уменьшается по сравнению с предыдущей схемой в четыре раза (со 150 до 35 *кг* на 1 *т* пюре).

Десульфитированный продукт подается в протирочную машину *4*, из нее перекачивается насосом 2 в смесители *6*, куда подается соответствующее количество сахара.

Подготовленный продукт засасывается в вакуум-аппараты 7, где он уваривается до заданного содержания сухих веществ. Готовое повидло самотеком направляется из вакуум-аппаратов на расфасовку.

Использование описанной схемы десульфитации и производства повидла из сульфитированного пюре дало возможность значительно увеличить производительность цехов и уменьшить обслуживающий персонал.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ СУЛЬФИТАЦИОННЫХ УСТАНОВОК

ХРАНЕНИЕ БАЛЛОНОВ С СЕРНИСТЫМ АНГИДРИДОМ

Баллоны с сернистым ангидридом, во избежание взрыва, следует хранить в прохладных, сухих помещениях при температуре не выше 20—25°.

При повышении температуры газа его давление на стенки баллона увеличивается, что видно из табл. 42.

Таблица 42

Температура газа в °	Давление газа в *кг/см²*
0	1
+10	3
+20	6
+65	20

На головки баллонов должны быть навинчены предохранительные колпачки. На территории завода нужно баллоны перевозить на специальных тележках.

РАБОТА В СУЛЬФИТАЦИОННЫХ БАССЕЙНАХ

При загрузке и выгрузке сульфитированного теста и пюре следует пользоваться противогазами специального типа (шланговые маски, маски с кислородным прибором и т. п.).

Производить работу в сульфитационных бассейнах без личного приказа директора или главного инженера категорически воспрещается. Ответственное лицо за работу в бассейне не имеет права отходить от бассейна во время выгрузки сульфитированной продукции. Сульфитированное пюре нужно выгружать из бассейна насосом. В крайних случаях, при необходимости осуществлять работу в бассейне, ее нужно организовать следующим образом: во время нахождения рабочего в бассейне, наверху, непосредственно у открытого люка бассейна, должен находиться один из рабочих со спасательной веревкой, конец которой прочно прикреплен к поясу находящегося в бассейне рабочего.

Перед допуском рабочих в бассейн люки должны быть открыты, и лицо, ответственное за работу, должно быть убеждено в отсутствии вредных газов.

Рабочий, выгружающий сульфитированное тесто, должен быть снабжен противогазом.

Сульфитационные бассейны должны иметь не менее двух люков. Лестница для спуска рабочих должна быть сделана из легкого прочного материала и снабжена наверху крючьями для надевания на специальные петли, устроенные в коробке люка.

Рабочие, подготовляющие раствор для сульфитации и проводящие процесс сульфитации, а также подсобные рабочие должны хорошо знать технологический процесс и безопасные методы работы.

ВАРЕНЬЕВАРОЧНЫЕ УСТАНОВКИ

Консервирование фруктово-ягодного сырья в виде варенья достигается путем увеличения концентрации сахара в плодовой ткани, чем обеспечивается подавление жизнедеятельности микроорганизмов.

Из многочисленных способов (свыше 20) варки варенья приведем описание трех вареньеварочных установок, промышленная эксплуатация которых дает основание предполагать, что они постепенно заменят распространенный на консервных заводах способ многократной варки варенья в маленьких двутельных котлах с продолжительным выстаиванием плодов в сахарном сиропе между варками.

УСТАНОВКА ДЛЯ УСКОРЕННОЙ ВАРКИ ВАРЕНЬЯ М. Б. ЛЫСЯНСКОГО

В вареньеварочной установке типа БМ (рис. 227) можно одновременно производить варку варенья из двух различных видов плодов либо ягод.

Установка состоит из медной ванны *1*, разделенной перегородкой на две части, двух ванн *3* и *4* для холодного сиропа, многоходового теплообменника *5*, разделенного вертикальной перегородкой на две самостоятельные части, двух насосов *6* и *7* для циркуляции холодного сиропа, бака *8* для сахарного сиропа, расфасовочного бачка *9* для сиропа, сеток *10*, в которые укладывают плоды, и коммуникации *11*, обеспечивающей распределение сахарного сиропа. На дне ванны *1* уложена трубчатая нагревательная камера *2*, обогреваемая паром.

Работа установки происходит в такой последовательности: приготовленный сахарный сироп подается из бака *8* в ванну *1*. В нагревательную камеру пускают пар, который нагревает сироп до 90—95°.

Одновременно заполняют сахарным сиропом охлаждающие ванны *3* и *4* и пускают холодную воду из водопровода в теплообменник-охладитель *5*, включая в работу циркуляционные насосы *6* и *7*. Этим заканчивается подготовка установки к эксплуатации.

Уложенные в сетки *10* соответствующим образом подготовленные плоды опускаются вручную вместе с сетками в горячий сироп.

Продолжительность обработки плодов горячим сиропом зависит от размеров и вида фруктов и составляет в среднем 6—8 мин.; после этого сетку вынимают из горячего сиропа и переносят ее в ванну с холодным сиропом, чем создается температурный «толчок», способствующий проникновению сахара в плодовую ткань. Затем сетку из ванны с холодным сиропом переносят в ванну с горячим сиропом и ставят на освободившееся

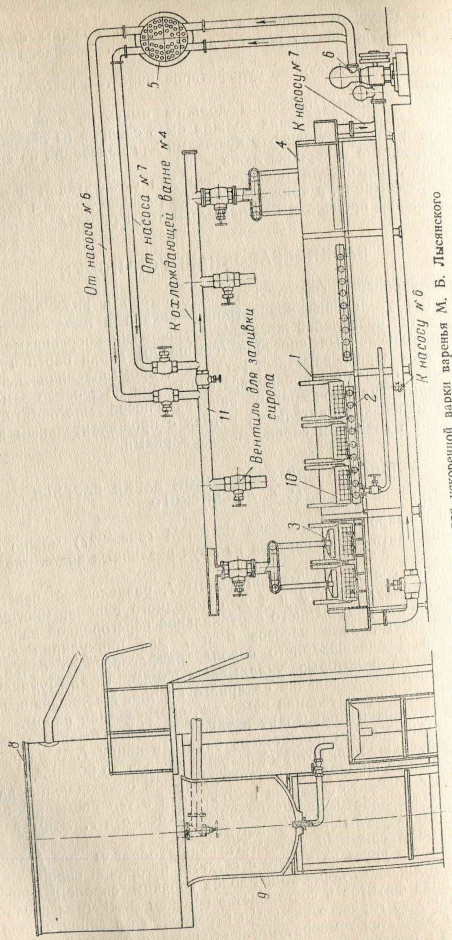


Рис. 227. Установка для ускоренной варки варенья М. Б. Лысянского

место. Перегрузка сеток производится при открытом паровом вентиле в варочной ванне и продолжающемся кипении сиропа.

В результате многократного (4—7 раз) переноса сеток с плодами из горячего в холодный сироп плоды насыщаются сахаром.

Вынутые из сеток и уложенные в тазики плоды заливают сиропом из ванны *1*, а в нее наливают свежий сахарный сироп из бака *8* для следующей варки и т. д.

Все части, соприкасающиеся с продуктом, должны быть изготовлены из меди.

Полный цикл варки варенья на установке включает: предварительное выстаивание плодов в сахарном сиропе в течение 8—12 час.; собственно варку (в горячем сиропе); охлаждение после каждой варки, обычно равное продолжительности варки; выстаивание 6—10 час. перед расфасовкой для выравнивания концентрации в плодах и сиропе.

Технологические показатели работы установки, по данным ВНИИКП, при варке варенья из слив приведены в табл. 43.

Таблица 43

№ варки	Нагревание			Охлаждение		
	концентрация сиропа в %	температура сиропа в °	содержание сухих веществ в %	концентрация сиропа в %	температура сиропа в °	содержание сухих веществ в %
1	62	94	18,0	68	29	24,6
2	63	100	20,2	—	29	20,8
3	66,4	100	29,0	67,0	29	32,6
4	65,8	102	30,6	—	32	34,2
5	67,4	103	42,8	—	34	42,4
6	69,0	104	50,5	66,5	30	42,4
7	70,6	104	52,5	66,5	31	53

Основным недостатком установки является отсутствие механизации и излишки сахарного сиропа.

Техническая характеристика

Производительность	800 *кг* варенья за 8 час.
Мощность каждого из двух электродвигателей	по 5 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	4950
ширина	3500
высота	2800
Вес	2200 *кг*

ВАРЕНЬЕВАРОЧНАЯ ДИФФУЗИОННАЯ УСТАНОВКА С. С. ФИЛАТОВА

Построенная по предложению проф. С. С. Филатова диффузионная вареньеварочная установка смонтирована на Батумском цитрусовом комбинате.

Установка (рис. 228) состоит из диффузионной батареи, включающей 12 диффузионных аппаратов *1* из нержавеющей стали и такое же количество трубчатых подогревателей *2*, сиропной станции, в состав которой

входят один вакуум-выпарной аппарат *3* и два двутельных котла *4*, вакуум-насос *5*, напорный бак *6* для сиропа, насос *7* для сиропа, сборные баки *8* и *9* для сиропа, коммуникации и многоходовые краны *10*, при помощи которых сахарный сироп поступает в нужном направлении.

Крышки диффузионных аппаратов укреплены неподвижно при помощи металлического каркаса; диффузоры перемещаются специальными тележками и могут быть установлены под любой крышкой, после чего последняя герметически закрывает диффузионный аппарат.

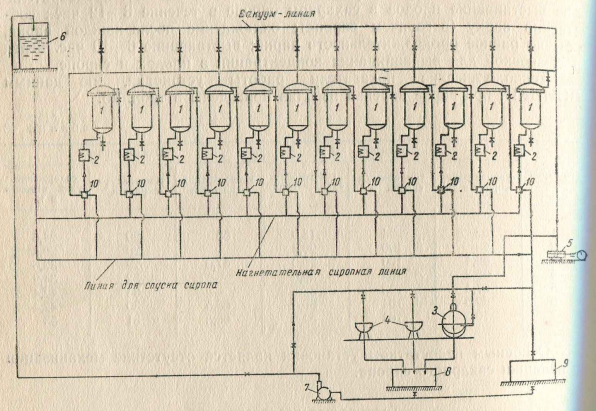


Рис. 228. Вареньеварочная диффузионная установка С. С. Филатова

На крышке диффузора установлена гильза для термометра, пробоотборный кран для сиропа и смотровой фонарь, которым контролируется скорость движения сиропа.

Перед каждым диффузором находится трубчатый калоризатор-подогреватель, назначение которого заключается в подогреве сахарного сиропа, поступающего в диффузионный аппарат.

Работа диффузионной вареньеварочной установки происходит следующим образом.

Бланшированные плоды укладывают в сетки и опускают их в диффузионный аппарат, который устанавливают под крышкой; здесь он герметически закрывается и соединяется с вакуумной линией на 10—15 мин., пока разрежение в аппарате не достигнет 650—700 *мм* рт. ст. Находящийся в межклеточных ходах воздух отсасывается, чем обеспечивается лучшее проникание сахара в плодовую ткань.

По окончании вакуумизации диффузионный аппарат отсоединяют от вакуумной линии и соединяют его через подогреватель с напорным баком *6*, в котором находится сахарный сироп с содержанием 45% сахара.

Из первого диффузора сахарный сироп направляют во второй, в котором закончился цикл вакуумизации, из второго в третий и т. д. При включении каждого последующего диффузора увеличивают концентрацию сахарного сиропа, подаваемого в первый (головной) диффузор, на 4—5%.

Когда заполнены все диффузоры концентрация сиропов в головном диффузоре составляет 75%. Таким образом, при установившемся режиме концентрация сиропа равномерно уменьшается от головного диффузора к хвостовому на 35—40%.

После доведения содержания сухих веществ в плодах, находящихся в головном диффузоре, до 67—68% последний отключают от остальных, следующий за ним диффузор становится головным и в него направляют концентрированный 72—73%-ный сахарный сироп.

После удаления сахарного сиропа из первого диффузора его отсоединяют от крышки и увозят на тележке для выгрузки. В это же время на место первого диффузора подвозят другой с подготовленными для диффузии плодами и, как это было указано выше, присоединяют его к диффузионной батарее таким образом, чтобы он являлся хвостовым (последним).

Таким образом, варка варенья производится однократно и непрерывно.

Станция приготовления сахарного сиропа обеспечивает получение необходимой концентрации его и подачу в напорный бак, откуда сахарный сироп самотеком поступает в головной диффузор.

Техническая характеристика

Производительность	3300 учетных банок в смену
Температура сиропа в диффузорах	90–95°
Диаметр диффузора	400 *мм*
Высота диффузора	400 „
Поверхность нагрева калоризаторов	0,27 $м^2$
Емкость каждого из двух двутельных котлов	250 *л*
Емкость вакуум-аппаратов	200 „
Разрежение в диффузорах при вакуумизации	650 *мм* рт. ст.
Емкость напорного бака для сиропа	400 *л*

ЦИРКУЛЯЦИОННАЯ ВАРЕНЬЕВАРОЧНАЯ УСТАНОВКА Т. Я. РОЗЕНБАУМ

Установка (рис. 229) состоит из двух варочных котлов *1*, сеток *2*, загружаемых в варочные котлы, подогревателя *3*, охладителя *4* с трубчатыми поверхностями, двух шестеренчатых насосов *5*, двух электродвигателей *9* и двух четырехходовых кранов *6*, соединенных одним штурвалом *7*. В варочный котел *1* цилиндрической формы, изготовленный из листовой меди, загружают одновременно восемь сеток. Сетки также изготовлены из листовой меди. Боковые стенки и дно сетки перфорированы. Днища варочных котлов соединены с четырехходовым двухдюймовым краном *6*, который соединяет варочные котлы с подогревателем *3* и охладителем *4*. Верхняя часть варочных котлов соединена четырехдюймовым четырехходовым краном с открытой частью подогревателя и охладителя.

Работа установки проводится в такой последовательности. Подготовленные для варки плоды укладывают в сетки на столе *10*. Сетки устанавливают одна на другую и специальным держателем с помощью электротали *11* загружают их в первый варочный котел (см. рис. 229).

Подогреватель и охладитель заполняют сахарным сиропом 72—75%-ной концентрации. Затем пускают пар в нагревательную камеру подогревателя и воду — в охлаждающую камеру охладителя.

Когда сироп в подогревателе закипит, устанавливают положение четырехходовых кранов таким образом, чтобы первый варочный котел

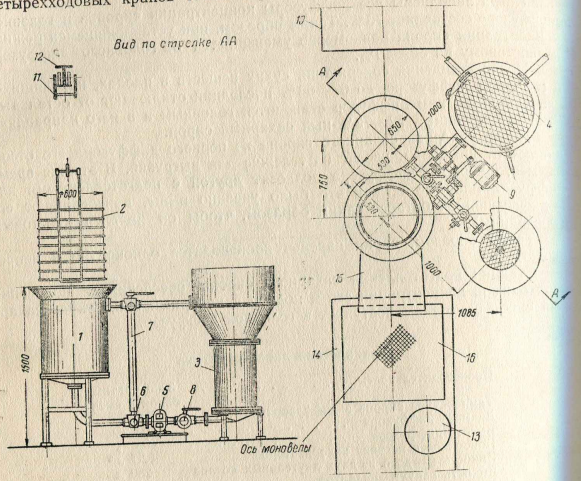


Рис. 229. Циркуляционная вареньеварочная установка Т. Я. Розенбаум

был соединен с подогревателем. Пуском электродвигателя приводят в действие насос.

Горячий сироп подается насосом в варочный котел снизу, заполняет его полностью и по верхней трубе возвращается в подогреватель. Такая циркуляция горячего сиропа продолжается 5—10 мин.

В это время подготовляют сетки для загрузки второго варочного котла. После окончания первой циркуляции горячего сиропа переключением электродвигателя меняют направление вращения насосов, и горячий сироп через нижнюю трубу откачивается насосом обратно в подогреватель. В это время второй варочный котел загружают сетками с плодами. Затем выключают электродвигатель, меняют положение кранов так, чтобы первый варочный котел был соединен с охладителем, а второй — с подогревателем. В первом варочном котле начинается циркуляция холодного сиропа, который насосом подается в нижнюю часть варочного котла и по верхней трубе стекает в охладитель; во втором варочном котле циркулирует горячий сироп. Затем снова повторяется откачка, переключение и т. д.

Такая принудительная циркуляция горячего и холодного сиропа повторяется несколько раз, в зависимости от вида плодов.

По окончании последнего цикла циркуляции при помощи электроталей вынимают сетки и устанавливают их на стол *14*. Для предотвращения потерь стекающего сахарного сиропа служат специальный лоток *15* и ситчатый поддон *16*.

Горячий сироп через трехходовой кран *8* насосом перекачивается из подогревателя в сборный бак *13* и оттуда идет на заливку плодов, переложенных из сеток в тазики.

Во время разгрузки второго варочного котла загружается первый. В подогреватель подается новая порция сиропа, и процесс начинается вновь.

В промышленной вареньеварочной установке на консервном заводе им. 8 Марта в Херсоне установлены два электродвигателя, по одному на каждый насос. Управление вареньеварочной установкой сосредоточено в одном месте и производится одним рабочим.

Технологические показатели работы установки при варке варенья из слив, по данным ВНИИКП, приведены в табл. 44.

Таблица 44

№ варки	Нагревание			Охлаждение		
	концентрация сиропа в %	температура сиропа в °	содержание сухих веществ в %	концентрация сиропа в %	температура сиропа в °	содержание сухих веществ в %
1	67,8	98	28,6	65	36	29
2	67,0	103	37,0	63,6	40	28,6
3	68,0	100	43	63,4	35	47
4	70,5	102	46	63,6	36	46,4
5	71,0	105	52,5	63,6	35	51,0

Полный цикл варки также включает предварительное выстаивание, варку, охлаждение и выстаивание в сахарном сиропе перед расфасовкой.

Техническая характеристика

Диаметр варочного котла	650 *мм*
Высота	750 „
Диаметр сетки	600 „
Высота сетки	75 „
Вес плодов, загружаемых в одну сетку	10—15 *кг*
Поверхность теплообмена подогревателя	3,84 *м²*
Поверхность теплообмена охладителя	17,7 „
Давление греющего пара	3 *ата*
Мощность двух электродвигателей	по 2 *квт*
Общая продолжительность цикла варки (для слив)	2—2,5 час.
Производительность за цикл	1250 учетных банок
Сменная производительность (за 8 час.)	4000 учетных банок

Глава XVIII

КОММУНИКАЦИИ АППАРАТОВ И КОНДЕНСАТООТВОДЧИКИ

КОММУНИКАЦИИ АППАРАТОВ

Трубопроводы с соответствующей арматурой, соединяющие аппараты и предназначенные для перемещения пара, воды, конденсата, продукта и воздуха, образуют коммуникацию аппаратов.

Особого внимания требует эксплуатация и ремонт коммуникации, так как от этого во многом зависит бесперебойная работа цеха.

Перемещение любой среды по трубопроводам осуществляется за счет напора, создаваемого насосами или разностью давлений в аппаратах, или за счет гидростатического столба жидкости.

К коммуникации аппаратов предъявляются следующие общие требования: все трубопроводы и арматура должны быть надежными в эксплуатации, дешевыми, доступными для осмотра и обслуживания; материал трубопроводов, прокладок и арматуры должен соответствовать свойствам перемещаемой среды, температуре и давлению.

ТРУБОПРОВОДЫ

Каждый трубопровод образован из труб, соединенных между собой при помощи муфт, фланцев (разъемные соединения), сварки или пайки (постоянные соединения). В консервной промышленности применяют трубы стальные, медные, реже чугунные и латунные. Для предотвраще-

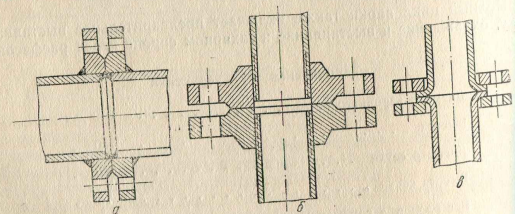


Рис. 230. Фланцевые соединения труб

ния коррозийных процессов и сохранения натуральных свойств продукта применяют также стальные трубы, покрытые изнутри эмалью, лаком или оловом.

Трубы применяются: для пара — стальные бесшовные (ГОСТ 301-44), стальные паропроводные общего назначения (ГОСТ 3100-46); для воды, конденсата, масла и воздуха — стальные с нарезными концами (водогазопроводные) ГОСТ 3262-46; для продукта — из нержавеющей стали, стальные-эмалированные, стеклянные, латунные (ГОСТ 494-41) и медные ГОСТ 617-41.

Стандартная длина труб колеблется от 4 до 7 *м*.

Медные трубы применяют для перемещения жидкостей под давлением до 8 *ата*. Изготовляют их длиной до 5 *м* и диаметром (наружным) от 3 до 100 *мм*. Толщина стенки от 0,5 *мм* для труб малого диаметра, до 5,0 *мм* — для труб большого диаметра. Трубы из нержавеющей стали изготовляют длиной до 7 *м*; диаметр их такой же, как обычных стальных труб.

Наиболее часто встречающееся фланцевое соединение труб, пригодное для любых диаметров и давлений, бывает с приварными фланцами (рис. 230, *а*), с нарезными фланцами (рис. 230, *б*) и фланцами с отбортованными трубами (рис. 230, *в*). При фланцевых соединениях применяют уплотнительные прокладки из асбестового картона марки АС и А (ГОСТ 2850-45) либо из паранита марки Л (ГОСТ 2925-45) при перемещении по трубам пара, воды и пищевых продуктов, имеющих высокую температуру. При перемещении воды и продуктов, при температурах до 100°, применяются прокладки из листовой резины группы 1 (мягкая, эластичная).

Для обеспечения стока образующегося конденсата либо продукта при остановках трубопровод устанавливают с уклоном от 1,5 до 3 *мм* на 1 пог. *м*. Опоры и крепления, поддерживающие трубопровод, в зависимости от его веса и диаметра, устанавливают на расстоянии от 4 до 7 *м*. На стенах и в траншеях трубопровод укладывают на кронштейнах или опорах, а вдоль потолка подвешивают на подвесках, прикрепленных к балкам.

При перемещении нагретых сред трубопровод подвергается тепловому расширению. На каждые 100° повышения температуры длина стальных труб увеличивается на 1,2 *мм* на 1 пог. *м*, медных — на 1,8 *мм*. Для компенсации удлинения трубопровода от теплового расширения устанавливают компенсаторы при длине прямолинейных участков 40 *м* и больше. Для уменьшения тепловых потерь трубопроводы, служащие для перемещения пара, конденсата и нагретых продуктов (паста, сироп, масло), покрывают тепловой изоляцией.

В качестве изоляционного материала чаще всего применяют асбестит (смесь из 70% асбеста и 30% белой глины), асбозурит (смесь из 90—70% диатомита — инфузорной земли и 10—30% асбеста), совелит (смесь из 15% асбеста и 85% магнезии), а также асбослюд, асбестовый шнур, войлок и др.

Изоляционный материал наносится в тестообразном состоянии на горячую поверхность трубы в несколько приемов, каждый раз толщиной 10—15 *мм*, после полной просушки предыдущего слоя.

Для сохранения прочности изоляционного слоя его оклеивают мешковиной или марлей и затем окрашивают.

Фланцевые соединения не изолируются изоляцией, а закрываются разборными формованными конструкциями.

Все остальные трубопроводы окрашивают для предохранения от коррозии.

АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДОВ

Арматура, устанавливаемая на трубопроводах, состоит из кранов, вентилей, задвижек (запорная арматура), а также обратных клапанов, предохранительных клапанов и контрольно-измерительных приборов.

Проходные пробковые краны (рис. 231, *а*) изготовляют из чугуна или бронзы и устанавливают при перемещении густых вязких сред либо воздуха, движущихся с малой скоростью. Недостатком их является возможность гидравлических ударов при быстром закрытии крана.

Размеры кранов, выпускаемых заводами Главармалит, и показанных на рис. 231, *а*, приведены в табл. 45.

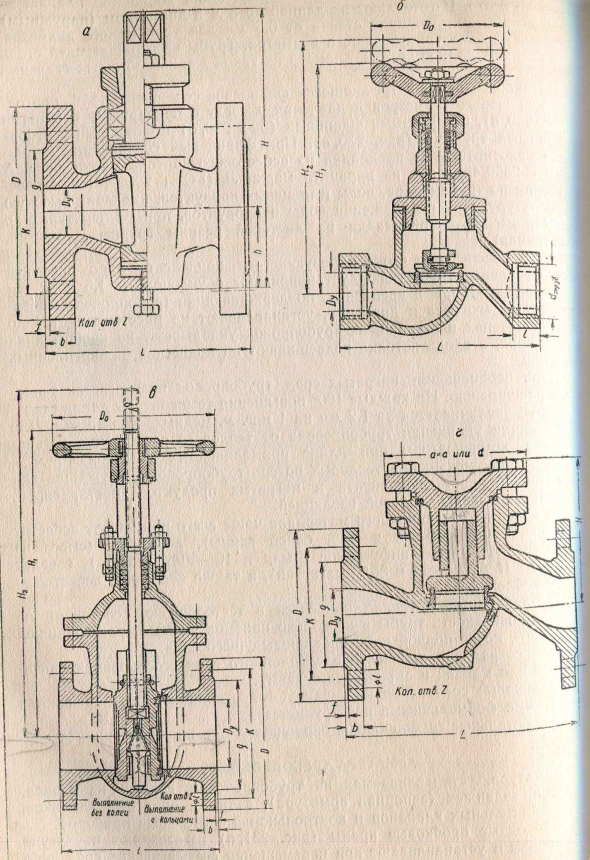


Рис. 231. Арматура трубопроводов

Таблица 45

Проход условный D_y	Основные габаритные и присоединительные размеры в *мм*									Количество отверстий Z	Вес в *кг*
	L	D	K	g	f	b	∅l	S_1	h	H	
40	150	150	110	88	3	18	18	22	65	210	4	7,8
50	170	165	125	102	3	20	18	27	76	242	4	10,5
70	220	185	145	122	3	20	18	32	100	305	4	18,1

Вентили устанавливают на трубопроводах для жидкостей, пара и воздуха. Паровые вентили имеют бронзовые клапаны, водяные имеют клапаны с кожаной прокладкой. Недостатком вентилей является значительное сопротивление, снижающее давление.

На рис. 231, *б* приведен вентиль запорный муфтовый, выпускаемый заводами Главармалит для воды и пара. Основные размеры таких вентилей приведены в табл. 46.

Таблица 46

Проход условный D_y	Основные габаритные и присоединительные размеры						Вес в *кг*
	в дюймах	*мм*					
	$d_{труб}$	L	l	S	H_1	H_2	D_0	
15	½	90	12	27	117	130	64	0,7
20	¾	100	14	32	122	135	64	0,9
25	1	120	16	41	133	147	80	1,4
32	1¼	140	18	50	141	157	80	2,1
40	1½	170	20	60	178	198	120	3,5
50	2	200	22	70	185	207	120	5,0

Задвижки, устанавливаемые на трубопроводах, при перемещении жидких сред и газов оказывают малое сопротивление прохождению продуктов и уменьшают возможность гидравлического удара.

Основные размеры задвижки, изображенной на рис. 231, *в*, приведены в табл. 47.

Таблица 47

Проход условный D_y	Основные габаритные и присоединительные размеры в *мм*										Количество отверстий Z	Вес в *кг*
	L	D	K	g	f	b	∅l	H_1	H_2	D_0		
50	180	165	125	102	3	20	18	280	340	200	4	19
80	210	200	160	138	3	22	18	390	475	240	4	32
100	230	220	180	158	3	22	18	445	550	240	8	42
125	255	250	210	188	3	24	18	510	635	280	8	58

Обратные клапаны (рис. 231, *г*) применяют в тех случаях, когда требуется пропускать жидкость или пар только в одном направлении; они перекрывают автоматически трубопровод при стремлении жидкости или пара двигаться в обратном направлении.

Основные размеры обратного клапана, изготавливаемого заводами Главармалит и приведенного на рис. 231, *г*, даны в табл. 48.

Таблица 48

Проход условный D_y	Основные габаритные и присоединительные размеры в *мм*										Количество отверстий	Вес в *кг*
	L	D	K	g	f	b	$\varnothing l$	$a \times a$	d	H	Z	
40	200	150	110	88	3	18	18	132 × 132	—	115	4	13,8
50	230	165	125	102	3	20	18	140 × 140	—	133	4	17,9
70	290	185	145	122	3	22	18	180 × 180	—	149	8	31,0
80	310	200	160	138	3	22	18	186 × 186	—	165	8	35,0
100	350	235	190	162	3	24	23	—	260	204	8	70,0

Расчет трубопроводов

Оптимальная величина диаметра трубопровода соответствует минимальной стоимости перемещения среды по трубопроводу.

Расчетная величина диаметра трубопровода определенной пропускной способности изменяется в зависимости от принимаемой скорости среды.

Поэтому на основе техно-экономических расчетов устанавливаются наивыгоднейшие скорости перемещения сред, а именно:

Водяной пар давлением более 1 *ата*	25—40 *м/сек*
Водяной пар давлением менее 1 *ата*	40—70 „
Вода	1—3 „
Конденсат	1,5—2 „
Конденсат до конденсационного горшка	0,8—1 „
Воздух	15—20 „
Масло растительное в зависимости от температуры	0,8—1,5 „
Рассол, бульон, сироп слабой концентрации	1—3 „
Концентрированный сироп	0,3—0,4 „
Томатопродукты с содержанием:	
от 5 до 15% сухих веществ	1—2 „
„ 15 „ 22% „ „	0,75—1,0 „
„ 22 „ 30% „ „	0,3—0,75 „

Принимая указанные скорости сред, получают из уравнения (XI—1) оптимальные диаметры трубопроводов, удовлетворяющие вышеуказанному условию.

Если трубопровод предназначен для перемещения смеси конденсата и пара, то при расчете его диаметра учитывают следующую особенность.

Конденсат, выходящий из конденсатоотводчика в трубопровод, вследствие падения давления самоиспаряется.

Поэтому по трубопроводу движется поток, состоящий из жидкой и парообразной фазы. Количество вторичного пара, образующегося вследствие самоиспарения конденсата, определяется из уравнения теплового баланса для конденсатора до и после конденсатоотводчика:

$$Д = \frac{G_1 (i_1 - i_2)}{i - i_2} \ [кг/час], \qquad \text{(XVIII—1)}$$

где: G_1 — количество конденсата до конденсатоотводчика в *кг/час*;

i_1 и i_2 — теплосодержание конденсата до и после конденсатоотводчика в *ккал/час*;

i — теплосодержание вторичного пара в *ккал/кг*;

$Д$ — вес вторичного пара в *кг/час*.

Необходимая площадь сечения конденсатопровода может быть определена как сумма площадей двух сечений, обеспечивающих прохождение конденсата и пара с допускаемыми для них скоростями (скорость конденсата 1,5—2 *м/сек*, скорость пара 25—30 *м/сек*).

Введем дополнительно обозначения:

F_1 — площадь сечения конденсатопровода, необходимая для парового потока, в $м^2$;

F_2 — площадь сечения конденсатопровода, необходимая для потока конденсата, в $м^2$;

v_1 — скорость вторичного пара в *м/сек*;

v_2 — скорость конденсата в *м/сек*;

γ — удельный вес вторичного пара в $кг/м^3$.

Определяем F_1 и F_2:

$$F_1 = \frac{Д}{3600 \cdot v_1 \gamma} \ [м^2], \qquad \text{(XVIII—2)}$$

$$F_2 = \frac{G_2}{1000 \cdot 3600 \cdot v_2} \ [м^2]. \qquad \text{(XVIII—3)}$$

Определяем количество конденсата после конденсатоотводчика в *кг/час*:

$$G_2 = G_1 - Д \ [кг].$$

При круглом сечении конденсатоотводчика его диаметр можно определить из такого уравнения:

$$d = \sqrt{\frac{4 (F_1 + F_2)}{\pi}} \ [м]. \qquad \text{(XVIII—4)}$$

Для трубопроводов, работающих с наружным избыточным давлением (трубопроводы, соединяющие вакуум-аппараты с конденсатором), необходимо определять, кроме диаметра, и толщину стенки трубы, с проверкой на устойчивость, как это показано в гл. XIII для аппаратов, работающих под вакуумом.

КОНДЕНСАТООТВОДЧИКИ

Одним из условий нормальной работы всякого теплового аппарата, имеющего нагревательную камеру, является непрерывное и полное удаление образующегося конденсата.

Устройство, обеспечивающее отделение конденсата и удаление его из нагревательной камеры, называется конденсатоотводчиком.

По принципу действия различают такие конденсатоотводчики:

а) с гидравлическим затвором (простой и батарейный затвор);

б) с гидравлическим сопротивлением (подпорные шайбы);

в) с механическим затвором (поплавковые конденсатоотводчики).

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЗАТВОРЫ

При небольших избыточных давлениях греющего пара конденсат можно легко и надежно отводить при помощи гидравлических затворов. Они не имеют движущихся частей, устройство их простое и действие надежное.

С успехом гидравлические затворы применяются при отводе конденсата из нагревательных камер, в которых давление меньше атмосферного, как, например, из камер вакуум-подогревателей и вакуум-выпарных аппаратов.

ПОДПОРНЫЕ ШАЙБЫ

Работа подпорных шайб основана на искусственном создании гидравлического сопротивления проходу пара. Шайба представляет собой стальной диск толщиной 3—6 *мм*, в центре которого имеется отверстие; диаметр отверстия должен иметь такую величину, чтобы через него могло пройти установленное количество конденсата при определенной разности давлений.

Подпорные шайбы надежно работают при равномерном поступлении конденсата, постоянной разности давлений и при отсутствии в поступающем конденсате твердых примесей (накипи или ржавчины).

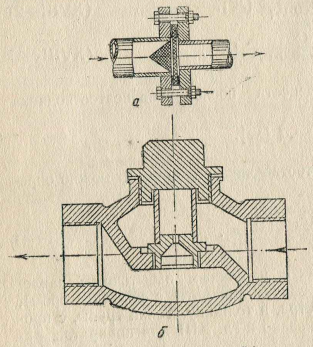


Рис. 232. Подпорные шайбы

При переменном режиме работы аппарата, когда значительно изменяется расход пара или его давление, подпорные шайбы или не пропускают всего образовавшегося конденсата, или пропускают вместе с конденсатом некоторое количество пара.

При давлении пара до шайбы 3—5 *ати* потери пара составляют 1—2,5% от общего расхода, при давлении пара 7—10 *ати* потери увеличиваются до 5% и больше. Поэтому при переменном режиме работы аппаратов подпорные шайбы рекомендуется ставить только в том случае, если давление в нагревательной камере не выше 5 *ати*. Если диаметр отверстия шайбы меньше 3 *мм*, то для предотвращения возможности засорения его твердыми примесями конденсата, устанавливают защитную сетку. Шайбы, диаметр отверстий которых меньше 1 *мм*, применять не рекомендуется.

Подпорные шайбы устанавливают между фланцами, как показано на рис. 232, *а*, или монтируют в вентиле (рис. 232, *б*).

Площадь отверстия подпорной шайбы, имеющей скошенные кромки, рассчитывают отдельно для прохода жидкой части конденсата и для прохода вторичного пара, образовавшегося при самоиспарении конденсата из-за падения давления в отверстии шайбы.

Для этого вначале определяют количество образовавшегося вторичного пара $Д$ по формуле (XVIII—1).

Затем находят отдельно площадь отверстия:

а) для прохода пара:

$$F_1 = \frac{Д}{0{,}44\sqrt{P_2\gamma_2}}\ [мм^2], \qquad \text{(XVIII—5)}$$

б) для прохода конденсата:

$$F_2 = \frac{G_1 - Д}{31\sqrt{P_1 - P_3}}\ [мм^2], \qquad \text{(XVIII—6)}$$

а затем определяют диаметр отверстия шайбы по уравнению (XVIII—4).

В приведенных формулах приняты:

P_1 — давление среды до шайбы в *ата*;

P_2 — давление жидкости в отверстии шайбы в *ата*;

P_3 — давление конденсата после шайбы в *ата*;

γ_2 — удельный вес пара при давлении P_2 в $кг/м^3$.

Коэффициент скорости принят $\varphi = 0{,}97$ и коэффициент сжатия струи $\varepsilon = 0{,}64$.

Давление жидкости в отверстии шайбы P_2 меньше давления среды до шайбы P_1 на величину потерь давления ΔP или

$$P_2 = P_1 - \Delta P\ ата. \qquad \text{(XVIII—7)}$$

Величина потерь давления ΔP может быть определена по уравнению:

$$\Delta P = 0{,}06\,(P_1 - P_3)\ ата. \qquad \text{(XVIII—8)}$$

ПОПЛАВКОВЫЕ КОНДЕНСАТООТВОДЧИКИ

Применяющиеся в консервной промышленности поплавковые конденсатоотводчики с механическим затвором различают по устройству поплавка:

а) с закрытым поплавком (непрерывно действующие);

б) с открытым поплавком (периодически действующие).

Поплавковый конденсатоотводчик представляет собой корпус, внутри которого расположен поплавок и связанный с ним механический затвор.

На рис. 233, *а* и *б* показаны конденсатоотводчики непрерывного действия с закрытым поплавком.

В чугунном корпусе *1* находятся: поплавок *2*, клапан *3* и рычаг *4*, связывающий поплавок с клапаном. Конденсат поступает через патрубок *5*, а отводится через патрубок *6*.

Для доступа к внутренним деталям конденсатоотводчика служит съемная крышка *7*. Рукояткой *8* можно поднять клапан *3* для выпуска конденсата перед началом работы аппарата, обслуживаемого конденсатоотводчиком. Клапан *3* конденсатоотводчика, показанного на рис. 233, *а*, — поворотного типа, а на рис. 233, *б* — подъемного типа. Конденсатоотводчик с закрытым поплавком НИС-4, (рис. 234), имеющий уравновешенный золотниковый механический затвор, отличается надежностью в работе, простотой устройства.

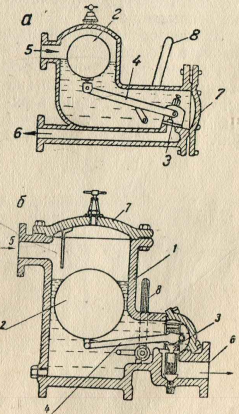


Рис. 233. Конденсатоотводчики с закрытым поплавком

В этом конденсатоотводчике корпус *1* имеет верхнюю крышку *2* и нижнюю *3*. В крышку *3* ввернута закрытая сверху трубка *4*; на нижнем конце трубки имеются отверстия *5*. Закрытый поплавок *6* имеет втулку, плотно пришлифованную

перемещении поплавка, являющегося золотником, втулка его закрывает или открывает отверстия 5 на трубке 4 для выхода конденсата.

Конденсат поступает в корпус 1 через отверстие 7. Чтобы поступающий конденсат не оказывал давления на поплавок, в корпус вставлена перегородка 8 с прорезями вверху и внизу.

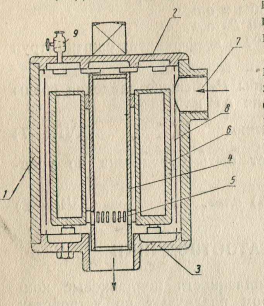


Рис. 234. Конденсатоотводчик НИС-4

При отсутствии конденсата поплавок 6 опущен и выпускные отверстия 5 закрыты. Когда же в корпус конденсатоотводчика поступает конденсат и заполняет его, поплавок 6 всплывает и отверстия для выпуска конденсата открываются.

Для удаления воздуха и других неконденсирующихся газов на верхней крышке 2 установлен продувочный краник 9.

Золотниковая конструкция создает условия, при которых конденсатоотводчик меньше изнашивается и достигается лучшая герметичность механизма, через который выходит конденсат.

Недостатками этих конденсатоотводчиков являются:

1) неизбежность выхода их из строя при малейшем нарушении герметичности поплавка (поплавок в этом случае заполняется конденсатом и не всплывает);

2) образование накипи на шарнирах, что приводит к прекращению движения рычагов.

Конденсатоотводчики с открытым поплавком показаны на рис. 235, *а*, *б*. При верхнем положении поплавка *1* (фиг. *а*) выпускной клапан *2* для конденсата закрыт; при нижнем положении поплавка клапан открыт. Клапан наглухо прикреплен к поплавку и при движении регулируется направляющими.

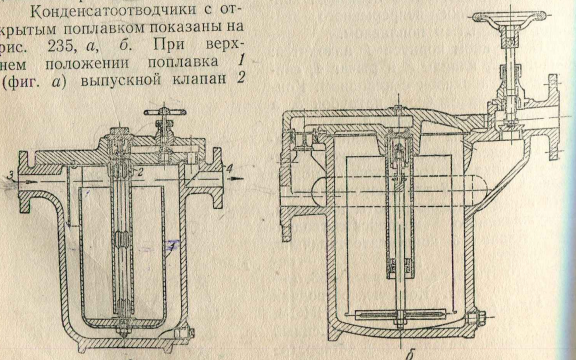


Рис. 235. Конденсатоотводчик с открытым поплавком

При работе конденсатоотводчика конденсат из теплового аппарата поступает в патрубок *3* и заполняет кольцевое пространство, ограниченное поверхностями корпуса и поплавка. С повышением уровня конденсата в кольцевом пространстве поплавок поднимается и прижимает клапан *2* к седлу. Начинается первый этап работы прибора — заполнение его конденсатом. После заполнения кольцевого пространства конденсат переливается внутрь поплавка. Когда уровень конденсата достигает примерно половины высоты поплавка, последний опускается на дно прибора и открывает клапан *2* для выхода конденсата. С этого момента начинается второй этап — конденсат под влиянием избыточного давления пара выходит из поплавка через патрубок *4* в конденсатоотвод и затем в конденсационный сборник. После разгрузки от части конденсата поплавок всплывает и закрывает отверстие клапана *2*. Этим заканчивается полный цикл работы конденсатоотводчика. Циклы непрерывно повторяются в течение всего периода работы.

Конденсатоотводчики с открытым поплавком имеют такие достоинства:

1) выпускной клапан долго сохраняет герметичность;

2) реже и в меньшей степени имеет место заедание клапана (поскольку движущиеся части находятся непрерывно в работе);

3) легче осуществляется контроль работы (по пульсации выбрасываемого конденсата и по звуку отсечек);

4) конденсат в значительной степени освобождается от загрязняющих примесей, оседающих на дне прибора;

5) при образовании отверстия или трещины в поплавке конденсатоотводчик, теряя частично чувствительность, все же может продолжать работу.

Основным недостатком конденсатоотводчиков с открытым поплавком следует считать ограниченность диапазона колебаний давления на выпускной клапан, при котором возможна нормальная работа. При превышении предельного давления поплавок теряет способность опускаться в нижнее положение и открывать клапан для выхода конденсата.

Техническая характеристика конденсатоотводчиков (см. рис. 235, *б*) с открытым поплавком приведена в табл. 49 и 50.

Таблица 49

Конденсатоотводчик с одинарным клапаном, типа „Автомат"

№ конденсатоотводчика	Диаметр входного патрубка в *мм*	Габаритные размеры в *мм*	
		длина	высота
$2^1/_2$	25	250	356
3	32	420	490
5	50	550	660

Расчет конденсатоотводчика

Наиболее рациональной для условий консервного производства следует считать систему конденсатоотводчика с открытым поплавком. Производительность такого конденсатоотводчика зависит от площади сечения выпускного клапана и разности давлений до и после конденсатоотводчика.

Таблица 50

Конденсатоотводчик с двойным клапаном, выпускаемый заводами Главармалита

(размеры деталей даны в *мм*)

Показатели	№ конденсатоотводчика					
	00	0	1	2	3	4
Диаметр меньшего клапана	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	6,0
Диаметр большего клапана	3,5	4,0	4,5	6,0	8,0	10
Диаметр поплавка . . .	92	106	126	152	185	210
Высота поплавка	125	145	168	210	270	350
Диаметр горшка	108	126	152	190	226	264
Ход поплавка	8	9	10	15	20	20
Расстояние между трубкой и днищем	21	22	31	42	53	58
Вес поплавка в *кг* . . .	0,5	0,8	1,1	2,0	3,0	4,0
Диаметр входного патрубка	15	20	25	32	40	50
Габаритные размеры:						
длина	225	300	350	410	485	560
высота	285	330	390	465	560	635

Рассчитаем сечение клапанного отверстия. Требуется определить диаметр клапанного отверстия конденсатоотводчика обжарочной печи, если расход конденсата G_1 составляет 800 *кг/час*, давление до конденсатоотводчика $P_1 = 9$ *ата*, после конденсатоотводчика $P_3 = 4$ *ата*. Принимаем коэффициент скорости $\varphi = 0{,}82$, коэффициент расхода $\mu = 0{,}88$ и коэффициент заполнения клапанного сечения $\alpha = 0{,}7$.

1. Потеря давления в клапанном отверстии:

$$\Delta P = (1 - \varphi^2)(P_1 - P_3) = (1 - 0{,}82^2)(9 - 4) = 1{,}6 \text{ ата}.$$

2. Давление в клапанном отверстии:

$$P_2 = P_1 - \Delta P = 9 - 1{,}6 = 7{,}4 \text{ ата}.$$

3. Количество образовавшегося вторичного пара:

$$Д = G_1 \frac{i_1 - i_2}{r_2} = 800 \frac{176{,}5 - 168{,}0}{492{,}4} = 13{,}8 \text{ кг/час}.$$

По таблицам водяного пара находим, что при: $P_1 = 9$ *ата* $i_1 = 176{,}5$ *ккал/кг* и при $P_2 = 7{,}4$ *ата* $i_2 = 168$ и $r_2 = 492{,}4$ *ккал/кг*.

4. Площадь клапанного отверстия:

$$f = \frac{Д}{0{,}72 \cdot \alpha \cdot \mu \cdot \sqrt{P_2 \gamma_2}} + \frac{G_1 - Д}{50 \cdot \alpha \cdot \mu \sqrt{P_1 - P_3}} =$$

$$= \frac{13{,}8}{0{,}72 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}88 \sqrt{7{,}4 \cdot 3{,}79}} + \frac{800 - 13{,}8}{50 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}88 \sqrt{9 - 4}} = 17{,}16 \text{ мм}^2.$$

Удельный вес пара при $P_2 = 7{,}4$ *ата* $\gamma_2 = 3{,}79$ *кг/м*³.

5. Диаметр клапанного отверстия:

$$d = \sqrt{\frac{17{,}16}{0{,}785}} = 4{,}7 \text{ мм}.$$

Выпускной клапан с диаметром d может обеспечить нормальную работу теплового аппарата лишь в том случае, если размеры и вес поплавка создадут условия для своевременного открытия и закрытия клапанного отверстия.

Размеры поплавка и клапана, вес поплавка, наибольшая и наименьшая высота уровня конденсата в поплавке и давление до и после конденсатоотводчика связаны между собой такими двумя уравнениями равновесия поплавка (размеры см. на рис. 236).

Первое уравнение равновесия поплавка (при верхнем положении):

$$\frac{\pi d^2}{4}(P_1 - P_3)\,10\,000 + \frac{\pi d_1^2}{4} H \cdot 1000 = G_n + \frac{\pi d_1^2}{4} h_1 \cdot 1000.$$

Определяем вес поплавка:

$$G_n = \frac{\pi d^2}{4}(P_1 - P_3)\,10\,000 + \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot 1000\,(H - h_1).$$

Если

$$H = h_1,$$

то

$$G_n = \frac{\pi d^2}{4}(P_1 - P_3) \cdot 10\,000.$$

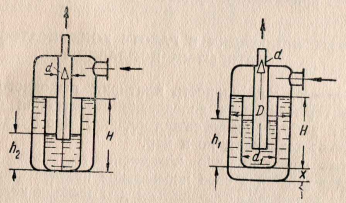


Рис. 236. Положение поплавка конденсатоотводчика

Второе уравнение равновесия поплавка (при нижнем положении):

$$\frac{\pi d_1^2}{4} H \cdot 1000 = G_n + \frac{\pi d_1^2}{4} h_2\,1000,$$

откуда

$$G_n = \frac{\pi d_1^2}{4}(H - h_2)\,1000.$$

Если

$$h_2 = 0, \text{ то } G_n = \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot H \cdot 1000.$$

В этих уравнениях обозначены:

d_1 — диаметр поплавка в *м*;

H — высота поплавка в *м*;

h_1 — максимальный уровень конденсата в поплавке в *м*;

h_2 — минимальный уровень конденсата в поплавке в *м*;

G_n — вес поплавка в *кг*.

Первое уравнение равновесия позволяет сделать вывод, что даже в том случае, если $h_1 = H$, т. е. поплавок заполняется конденсатом до отказа, выпускной клапан откроется только при условии, если

$$G_n > \frac{\pi d^2}{4}(P_1 - P_3)\,10\,000,$$

т. е. что вес поплавка превышает (при данной разности давлений $P_1 - P_3$) силу внутреннего избыточного давления на клапан.

Следовательно, конденсатоотводчик, рассчитанный и построенный для одного давления пара, может оказаться совершенно непригодным для работы при более высоком давлении.

Из второго уравнения равновесия можно сделать вывод, что поплавок сможет всплыть из нижнего положения и закрыть выпускной клапан только при условии, если вес поплавка меньше веса вытесненного им объема конденсата. В противном случае поплавок останется в нижнем положении и конденсатоотводчик будет непрерывно пропускать пар.

Давление P_1 (до конденсатоотводчика) принимается равным давлению греющего пара; давление P_2 (после конденсатоотводчика) для тепловых аппаратов консервного производства, за исключением выпарных чанов и обжарочных аппаратов, может быть принято равным атмосферному. Для выпарных чанов, и особенно для обжарочных аппаратов, давление P_2 следует принимать в пределах 3—4 *ата*.

ВОЗМОЖНЫЕ НЕПОЛАДКИ В РАБОТЕ КОНДЕНСАТООТВОДЧИКА С ОТКРЫТЫМ ПОПЛАВКОМ

1. Недостаточная тщательность притирки выходного клапана или нарушение его герметичности вследствие загрязнения седла приводят к неправильной работе конденсатоотводчика, пропускающего в таких случаях не только конденсат, но и пар.

2. Скопление грязи на дне конденсатоотводчика, которая может помешать поплавку занять свое нормальное нижнее положение и выпускному крану полностью открываться для выхода конденсата.

3. Недостаточная герметичность вентиля на обводном конденсатоотводе приводит к значительному увеличению расхода пара.

4. Короткие интервалы между очередными подъемами клапанов, вследствие чего клапан и его седло быстро изнашиваются.

МОНТАЖ И ОБСЛУЖИВАНИЕ КОНДЕНСАТООТВОДЧИКА

1. Конденсатоотводчик должен быть соответственно подобран, проверен, правильно установлен и содержаться в исправности.

2. При монтаже конденсатоотводчика должна быть обеспечена возможность полного и быстрого стекания конденсата из паровой камеры теплового аппарата, для чего создают напор за счет надлежащего расположения конденсатоотводчика по отношению к тепловому аппарату.

3. Конденсатоотводчик должен быть установлен строго горизонтально во избежание неравномерного изнашивания выпускного клапана.

4. Конденсатоотводчик должен быть оборудован обводным трубопроводом для быстрого отвода конденсата в пусковой период.

5. Вблизи от дна конденсатоотводчика нужно сделать отверстие для очистки корпуса от накопляющихся в нем загрязнений.

6. Не допускается установка на общий конденсатоотвод нескольких конденсатоотводчиков, обслуживающих тепловые аппараты и работающих на паре резко различных давлений.

7. Каждый конденсатоотводчик необходимо снабдить обратным клапаном, предотвращающим попадание конденсата в паровые камеры неработающих аппаратов.

8. В крышке конденсатоотводчика должен быть краник для отвода воздуха (краник открывают периодически на 1—2 мин.).

9. Работу конденсатоотводчика нужно проверять не реже одного раза в месяц.

Глава XIX

КОМПОНОВКА МАШИН И АППАРАТОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ КОНСЕРВНЫХ ЗАВОДОВ

Размещение технологического оборудования в производственных цехах консервных заводов должно удовлетворять следующим основным требованиям:

1) Поточности технологических процессов.

2) Возможности механизации передачи продукта из одной машины в другую.

3) Возможности подачи сырья, тары и вспомогательных продуктов по кратчайшим путям без взаимных пересечений.

4) Возможности без значительных перестановок оборудования перерабатывать несколько видов сырья (универсальные линии).

Кроме того должны быть соблюдены все требования техники безопасности и противопожарной техники.

Ниже приводятся примеры компоновки технологического оборудования для двухэтажного консервного завода. На первом этаже расположены складские подсобные помещения. При большой ширине цеха на втором этаже можно обеспечить верхний свет, при отсутствии которого линии, расположенные в центре цеха, недостаточно освещены. В каждом отдельном случае необходимо решать вопросы компоновки оборудования применительно к местным условиям, этажности здания, сетке колонн, ассортименту консервов, производительности цеха и т. д.

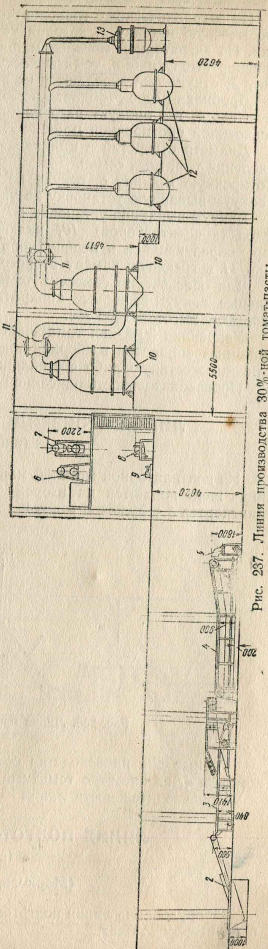


Рис. 237. Линия производства 30%-ной томат-пасты

ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА 30%-ной ТОМАТ-ПАСТЫ

На рис. 237 показана компоновка линии производства 30%-ной томат-пасты.

По гидравлическому транспортеру *1* томаты поступают в элеваторную моечную машину *2*, которая установлена на 1000 *мм* ниже уровня пола. Из элеваторной моечной машины, выполняющей главным образом транспортные функции, томаты поступают в вентиляторную моечную машину *3*, откуда они передаются на инспекционный транспортер *4*.

Дробилка-насос *5* подает дробленые томаты на второй этаж в подогреватель *6*, где продукт нагревается до 70—75° перед протиранием его в сдвоенной протирочной машине *7*.

Диаметр отверстий в цилиндрах протирочной машины обеспечивает отделение томатных семян. Затем продукт самотеком поступает в третью протирочную машину *8*, откуда насосом *9* подается в сборник и далее в вакуум-выпарную установку на уваривание.

Вакуум-выпарная установка состоит из двух трубчатых вакуум-аппаратов (концентраторов) *10*, включенных таким образом, что соковый пар, образующийся в первом корпусе, направляется через водоотделитель *11* в греющую камеру второго концентратора.

Для обеспечения самотека томат-пюре из концентраторов *10* в двутельные вакуум-выпарные аппараты *12* концентраторы установлены на площадке высотой 1000 *мм*.

Уваренная 30%-ная томат-паста поступает из двутельных вакуум-выпарных аппаратов в сборник-подогреватель *13* и затем на расфасовку в бочки, жестяную либо в стеклянную тару.

Производительность описанной линии — 8—10 *т* томатов в час.

ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОМАТНОГО СОКА

(рис. 238)

Из вентиляторной моечной машины *1* томаты элеватором *2* типа «гусиная шея» подаются на второй этаж, где установлен инспекционный транспортер *3* с душевой мойкой.

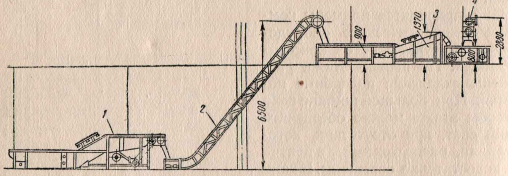


Рис. 238. Линия производства томатного сока

Годные для производства сока томаты поступают в томатосоковый комбайн *4*, из которого томатный сок направляется на расфасовку.

Производительность линии — 30 *л* сока в минуту.

ЛИНИЯ ПОДГОТОВКИ КОРНЕПЛОДОВ

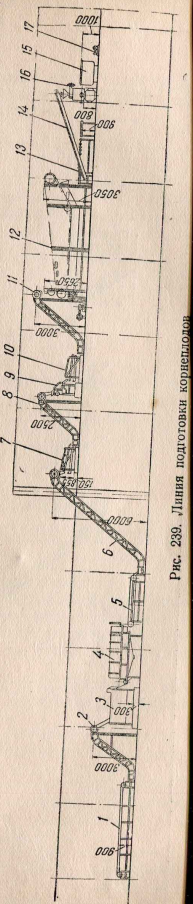
(рис. 239)

(Морковь, белый корень)

Оборудование линии подготовки корнеплодов расположено на первом и на втором этажах.

Корнеплоды поступают на конвейер подготовки *1*, затем элеватором *2* типа «гусиная шея» подаются в лопастную мойку *3*, а из нее в барабанную мойку *4*. После очистки на транспортере *5* корнеплоды элеватором *6* подаются на второй этаж, где последовательно проходят через мойку-трясучку *7*, элеватор *8*, корнерезку *9*, сито-трясучку *10*, элеватор *11* и поступают в дозатор паромасляной обжарочной печи *12*. Часть обжаренных корнеплодов подается транспортером *13* на другие линии, а часть поступает в шнековый транспортер *14* и затем в смеситель с паровым обогревом *15*, куда поступает также продукт с других линий. Здесь же установлен волчок *16* и насос *17*.

Производительность линии — около 3500 *кг* в смену.


17
15
16
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
3050
2500
2400
3000
2000
2000
2

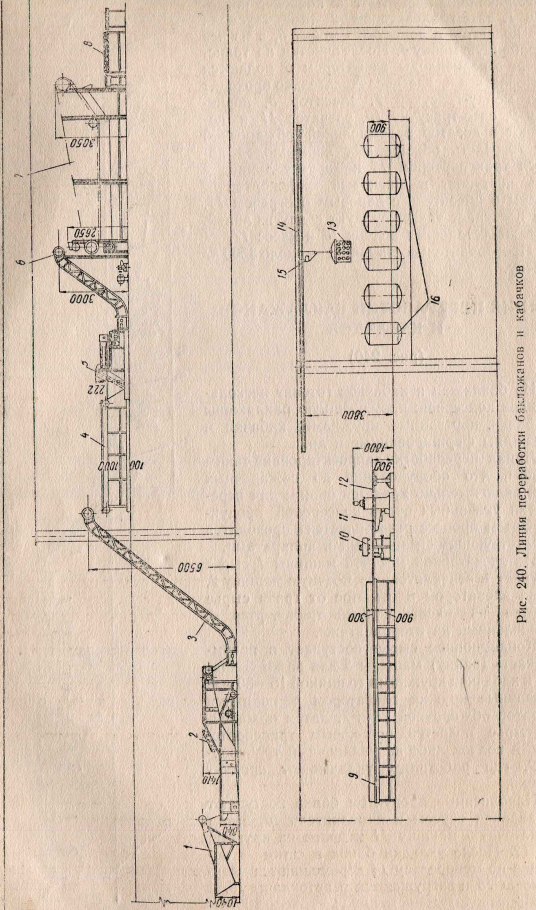


Рис. 240. Линия переработки баклажанов и кабачков

ЛИНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЕРЦА

(рис. 241)

Для производства консервов «Перец фаршированный» сырье подают в элеваторную моечную машину *1*, из которой элеватором *2* оно подается на транспортер чистки перца *3* и затем в шпаритель *4*.

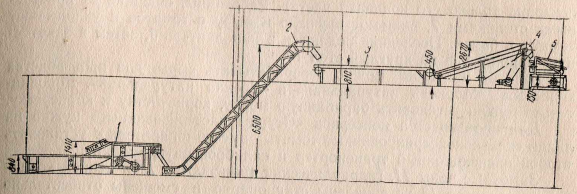


Рис. 241. Линия переработки перца

После шпарки перец попадает в охладитель (типа мойки-трясучки) и затем на укладочный транспортер, где перец фаршируют, укладывают в банки и направляют в наполнитель, на закатку и т. д., как описано для линии переработки кабачков и баклажан.

Производительность линии — около 1500 *кг* в смену.

ЛИНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕЛЕНОГО ГОРОШКА

(рис. 242)

Сырье в стручках направляют в лущильную машину *1*, а сырье с ботвой — в горохомолотилки *2*. Отделенный от ботвы и стручков горох подается транспортером *3* на сито-трясучку *4*, где мелкие частицы оболочки отделяются от гороха. Элеватором *5* он подается в автоматические весы *6* и затем элеватором *7* — в сепаратор *8*, где горох окончательно отделяется от посторонних примесей.

Для отделения гороха консервной зрелости от непригодного для консервирования перезрелого элеватор *9* подает горох в первый гидравлический сортировать *10*, наполненный рассолом.

Горох консервной зрелости всплывает, а перезрелый погружается. Этот процесс повторяется во втором гидравлическом сортирователе *13*, куда горох подается элеватором *12*.

Горох, отделенный после первого гидравлического сортирователя, отводится ленточным транспортером *11*, а горох, пригодный для консервирования, элеватором *14* подается в шнековый бланширователь *15*, из которого поступает в гидравлический охладитель *16*.

После окончательной инспекции на конвейере *17* горох элеватором *18* подается в универсальный наполнитель *19*, затем банки, наполненные горохом и рассолом, поступают в закаточную машину *20* и на круглый стол *21*.

Производительность линии — до 2 *т* сырья в час.

ЛИНИЯ ЦЕЛЬНОКОНСЕРВИРОВАННЫХ ТОМАТОВ

(рис. 243)

С инспекционного транспортера *1* томаты поступают в вентиляторную моечную машину *2* и элеватором *3* подаются на второй этаж в шпаритель *4*. Из шпарителя томаты попадают в тазики, установленные на столике *5*. Тазики с томатами ставят на ленту транспортера *6* (на рис. 243 показана только его концевая часть). Работницы, сидящие за приставными столиками *7*, снимают вручную кожуру с томатов и укладывают томаты в банки. Последние подаются в наполнитель *8*, затем в закаточную машину *9* и на круглый стол *10*.

На этой же линии можно перерабатывать сырье для производства консервов: «Морковь натуральная» и «Свекла натуральная». Дополнительно нужно установить барабанную мойку, корнечистку и корнерезку.

Для производства консервов «Огурцы пастеризованные» нужно на линии «цельноконсервированные томаты» вместо шпарителя *4* установить второй инспекционный транспортер и калибровочную машину.

Замочные чаны *11*, гидравлический транспортер *12* и цепной ковшевой транспортер *13* установлены стационарно и смещены относительно транспортера *6*.

Производительность линии цельноконсервированных томатов — около 3000 *кг* в смену.

ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОТОВ, ВАРЕНЬЯ И ДЖЕМОВ

(рис. 244)

С инспекционного транспортера *1* плоды поступают в моечную машину *2* и затем в элеватор *3*, которым плоды подаются на второй этаж, где установлены калибровочная машина *4* и косточковыбивная *5*.

Подготовленное к бланшировке сырье помещают на столик *6* и загружают в бланширователь *7*, из которого продукт поступает в охладитель *8* такой же конструкции, как и бланширователь.

Пробланшированные и охлажденные плоды поступают на столик *9* и, в зависимости от назначения, направляются в вареньеварочную установку *10*, в вакуум-аппарат *11* для приготовления джема, либо на транспортер *12* для приготовления компотов.

Элеватором *13* сахарный песок подается в чан *14*, обогреваемый паром.

За укладочным транспортером *12* установлены наполнители для джема *15*, для сиропа *16*, закаточная машина *17* и круглый стол для закатанных банок *18*.

Производительность линии — около 5000 *кг* сырья в смену.

ТЕХНИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ МАШИН КОНСЕРВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Производительность машин и аппаратов, устанавливаемых в линии, должна соответствовать производительности линии.

С этой целью машины и аппараты, выпускаемые машиностроительными заводами, подбирают по каталогам, а машины и аппараты, которые изготовляются мастерскими консервных заводов (транспортеры,

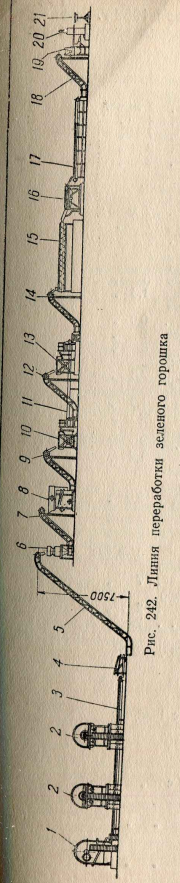


Рис. 242. Линия переработки зеленого горошка

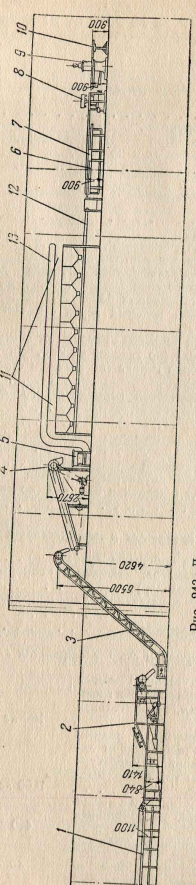


Рис. 243. Линия цельноконсервированных томатов

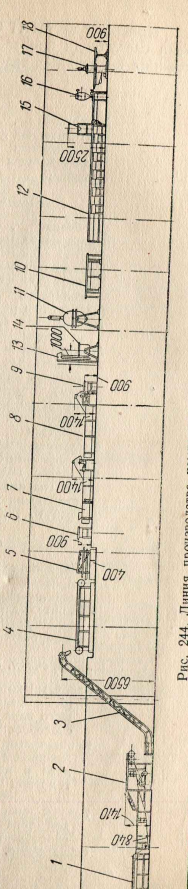


Рис. 244. Линия производства компотов, варенья и джемов

Приказом по МПП СССР за № 2070 от 31 декабря 1952 г. установлена следующая производительность основного технологического оборудования консервных заводов.

Моечные машины

Элеваторная	7 *т/час*
Вентиляторная для фруктов	4 „
Вентиляторная „ томатов	7 „
Встряхивающая „ бобовых и пр.	2 „
Кулачная	2 „

Резально-измельчающие и разделяющие машины

Дробилка	7 *т/час*
Протирочная машина	7 „
Протирочная машина „Финишер"	7 „
Протирочная машина для косточковых плодов	3 „
Экстрактор из неокисляющегося металла для получения томатного сока	5 „
Машина для резки стручковых бобов	1,3 „
Машина для срезания цельных зерен с початков кукурузы	0,9 „
Машина для очистки початков кукурузы от листьев	2 „
Молотилка для гороха (по зеленой массе)	3 „
Лущильная машина для гороха (по зеленым стручкам)	2,3 „
Корнечистка карборундовая периодического действия	1,0 „
Корнерезка	2 „
Баклажанорезка с вертикально расположенными дисковыми ножами	2 „
Пак-пресс гидравлический	1,2 „
Пресс гидравлический двухкорзинчатый при емкости корзин 800 *кг* и давлении 9 *кг/см²* (по винограду)	2,0 „

Ошпариватели и подогреватели

Бланширователь для бобовых (барабанный)	3 *т/час*
Шпаритель для томатов, наклонный непрерывно действующий (скольдер)	7 „
Шпаритель для фруктов шахтного типа непрерывно действующий	2 „
Бланширователь скребковый	2,5 „

Варочная, выпарная и стерилизационная аппаратура

Варочный котел двутельный медный (без мешалки) при давлении греющего пара 3 *атм*, испарительная способность	100 *кг* с 1 *м²/час*
Концентратор открытый с медным змеевиком при непрерывном доливе и начальной температуре томатной массы 95°, испарительная способность	1000 *кг* с „ „
Вакуум-аппарат двутельный с мешалкой (типа Буль), испарительная способность	400 „ „
Обжарочная, механизированная паромасляная печь, при удельной поверхности нагрева не более 6 *м²*	40 „ „
Автоклав консервный, вертикальный, двухкорзиночный (в зависимости от режима стерилизации)	400 — 1000 банок в час
Дигестер — развариватель для детской линии	300 *кг/час*

Наполнители

Наполнитель для жидких продуктов в мелкую тару	40—60 банок в минуту
То же, для трехкилограммовой тары	40 „ „
Наполнитель для бобовых (универсальный)	40—80 „ „
Сиропонаполнитель автоматический 12-патронный	40—80 „ „
То же, шестипатронный	30—60 „ „

Укупорочные и закаточные машины

Автоматическая универсальная вакуум-закаточная машина завода им. Калинина	25—40 банок в минуту
Полуавтоматическая вакуум-укупорочная машина „СКО-1"	20 „ „
Автоматическая машина для укупорки бутылок корончатыми крышками	60 бутылок „

Прочее оборудование

Скороморозильный аппарат плиточный по сырью	110 *кг/час*
Томатосоковый агрегат КТС-30	30 *л* сока в минуту
Томатосоковый агрегат КТС-10	10 *л* „ „ „

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МОНТАЖЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Монтажом машин и аппаратов называют установку их на заранее назначенные места, укрепление машин и аппаратов на фундаментах или площадках, подвод трубопроводов и установку приводов.

Монтаж машин и аппаратов производится по рабочим или монтажным чертежам, в которых должно быть достаточное количество размеров, дающих возможность точно ориентировать место установки оборудования относительно стен или колонн здания.

В некоторых случаях размеры не проставляют, а на чертежах отмечают: «установку произвести по месту», например при соединении трубопроводов с фланцами аппарата.

Фундамент для машины сооружают обычно до устройства полов. Предварительно намечают в соответствии с чертежом главные оси будущего фундамента, затем наносят его очертание в плане и места расположения фундаментных болтов. После этого приступают к рытью котлована, который по ширине и длине делается несколько больших размеров, а глубина должна быть равна высоте фундамента, расположенного ниже пола.

Фундамент делают из кирпича или бетона. При кладке необходимо оставлять колодцы для фундаментных болтов.

Машину следует установить на фундамент не раньше чем через 10 суток после его окончания.

Заливку фундаментных болтов производят большей частью после установки машины на фундамент либо в некоторых случаях после точного нанесения отверстий в станине машины.

Для этой цели лучше всего изготовить шаблон, который устанавливают по уровню и по главным осям. Только после этого можно зафиксировать положение фундаментных болтов и заполнить отверстия в колодцах фундамента цементным раствором. После окончательного затвердевания цемента можно установить машину на фундамент и проверить ватерпасом точность установки. Если станина машины не установлена горизонтально, то между фундаментом и станиной подкладывают стальные клинья.

Окончательное закрепление машины на фундаменте производят затяжкой гаек фундаментных болтов.

На рис. 245 показан в разрезе и плане монтажный чертеж линии фруктового пюре, состоящей из пяти машин:

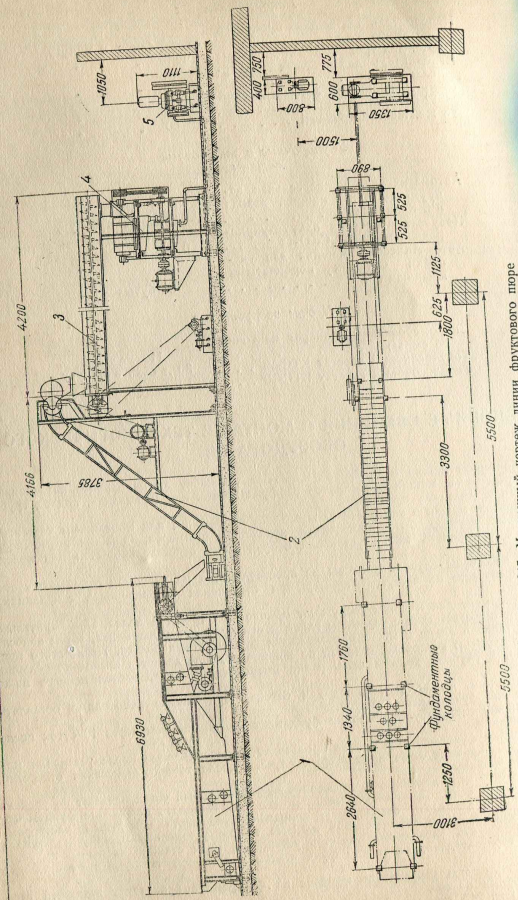


Рис. 245. Монтажный чертеж линии фруктового пюре

вентиляторной моечной машины *1*;
элеватора «гусиная шея» *2*;
шнекового шпарителя *3*;
сдвоенной протирочной машины *4*;
плунжерного насоса *5*.

На чертеже показана установка привода ко всем машинам, их взаимное расположение и привязка фундаментов к стенам и колоннам здания. Колонны рекомендуется перенумеровать.

На чертеж наносят размеры колодцев под фундаментные болты и расстояния между осями колодцев, что дает возможность производить строительные работы до поступления оборудования на строительную площадку.

При монтаже электродвигателей необходимо обеспечить соосность валов, если они непосредственно соединены с машинами, и параллельность валов при ременном приводе. Параллельность валов электродвигателей или трансмиссий и машин проверяется путем проектирования валов на плоскость пола (с помощью отвеса) и определением их параллельности.

При монтаже тепловых аппаратов большое внимание должно быть уделено вопросам отвода конденсата. Если конденсат отводится не из самой низшей точки греющей камеры, то часть поверхности нагрева остается залитой конденсатом и поэтому эффективность использования аппарата снижается.

Необходимо также предусмотреть возможность отвода воздуха, собирающегося в греющих камерах. Если из аппарата воздух не отводится непрерывно, то нужно обеспечить периодический отвод воздуха при помощи продувных кранников.

На паропроводах должны быть установлены краны для спуска конденсата перед пуском пара во избежание гидравлических ударов.

Необходимо установить гильзы для контрольно-измерительной аппаратуры.

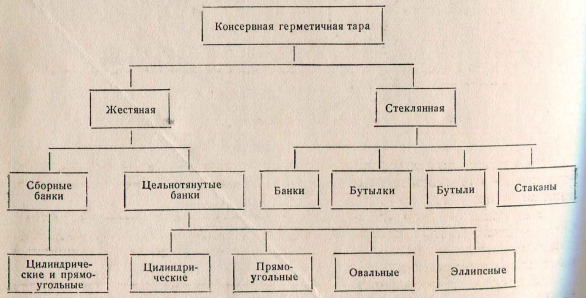
ПРОИЗВОДСТВО ГЕРМЕТИЧНОЙ КОНСЕРВНОЙ ТАРЫ

Глава XX

ВИДЫ ГЕРМЕТИЧНОЙ КОНСЕРВНОЙ ТАРЫ И ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЕЕ ПРОИЗВОДСТВА

Переработанные на консервных заводах пищевые продукты расфасовывают в жестяную, стеклянную или деревянную тару. Первые два вида тары обеспечивают возможность продолжительного сохранения пищевых продуктов после их герметизации и стерилизации. В деревянные бочки или ящики расфасовывают такие продукты, как повидло, джем, томат-пасту и другие продукты для непродолжительного хранения.

Применяемая в консервной промышленности герметичная консервная тара может быть классифицирована следующим образом.



ЖЕСТЯНЫЕ БАНКИ

В соответствии с ГОСТ 5981-51 изготавливают пять типов жестяных банок (рис. 246).

Основным типом является сборная цилиндрическая жестяная банка (рис. 246, *а*). Сборные банки состоят из трех деталей: корпуса, донышка и крышки.

Корпус банки, изготовленный из прямоугольной заготовки (бланка), имеет продольный шов. Донышко и крышка соединены с корпусом при помощи двойного закаточного шва.

Цельнотянутая цилиндрическая банка (рис. 146, *б*) состоит из двух деталей: отштампованного заодно с донышком корпуса и крышки. На рис. 246, *в* показана прямоугольная цельнотянутая банка, на рис. 246, *г* и *д* цельнотянутые эллипсные банки.

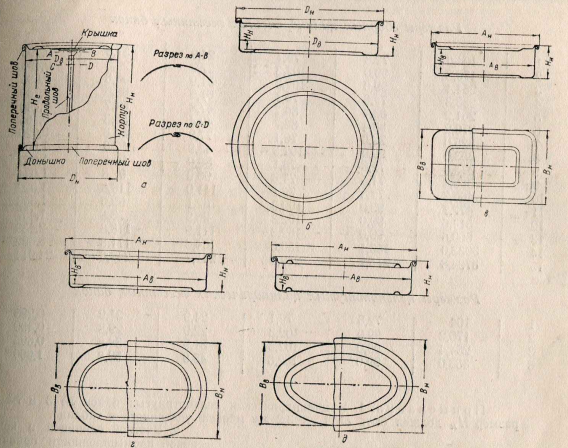


Рис. 246. Типы жестяных банок по ГОСТ 5981-51

Размеры банок обусловливаются их назначением и необходимостью возможно более полного использования стандартного листа белой жести размером 512 × 712 *мм*.

Как видно из табл. 52, цельнотянутые банки имеют меньшую высоту. Объясняется это тем, что при глубокой штамповке банок, имеющих относительно большую высоту, в жести появляются трещины и защитный слой олова нарушается.

Продольный шов сборных банок должен быть изготовлен взамок внутрь банки и пропаян снаружи припоем ПОС-40 по ГОСТ 1499-42. Припой состоит из 40% олова и 60% свинца (оловянно-свинцовый).

Разрезы продольного шва корпуса сборной цилиндрической банки показаны на рис. 247.

При общей высоте корпуса h только средняя часть продольного шва выполнена взамок и состоит из четырех слоев жести. Концевые части продольного шва выполнены внахлестку, как это видно из разреза продольного шва по *ВВ*. Так как высота верхней и нижней частей, выполненных внахлестку, равна ~ 8 *мм*, то высота продольного шва взамок равна 16 *мм* (2 · 8).

Ширина продольного шва взамок равна 4,2 *мм*, толщина шва зависит от толщины жести.

Таблица 51

Размеры жестяных банок

№ банки	Объем банки в $см^3$	Диаметр в *мм*		Высота в *мм*		Объемный переводный коэффициент
		внутренний	наружный	внутренняя	наружная	
Размеры сборных цилиндрических жестяных банок						
1	104,0	72,8	76,1	24,9	31,8	0,295
2	176,2	99,0	102,3	22,9	29,8	0,499
3	254,4	99,0	102,3	31,9	38,8	0,695
4	258,3	72,8	76,1	61,9	68,8	0,730
5	261,2	83,4	86,7	47,8	54,7	0,740
6	270,2	83,4	86,7	49,4	56,3	0,765
7	325,0	72,8	76,1	77,9	84,8	0,920
8	353,0	99,0	102,3	45,9	52,8	1,000
9	375,0	72,8	76,1	89,9	96,8	1,062
9а	365,4	71,5	74,8	90,9	97,8	1,034
10	466,7	72,8	76,1	111,9	118,8	1,322
11	477,7	99,0	102,3	62,1	69,0	1,353
12	514,6	99,0	102,3	66,9	73,8	1,457
13	860,6	99,0	102,3	111,9	118,8	2,438
14	3033,0	153,1	156,6	164,8	171,8	8,592
15	8794,8	215,2	219,0	241,7	248,8	24,914
Размеры цельнотянутых цилиндрических жестяных банок						
1	104	72,8	76,1	24,9	31,9	0,295
2	176,2	99,0	102,3	22,9	29,8	0,499
3	254,4	99,0	102,3	31,9	38,8	0,695
8	353,0	99,0	102,3	45,9	52,8	1,000

Примечания: 1. У цилиндрических цельнотянутых банок № 3 и № 8 размер $H_н$ должен быть на 1,5 ÷ 3,2 *мм* меньше указанного в таблице.

2. Учетной единицей в консервной промышленности принята банка № 8 емкостью 353 $см^3$.

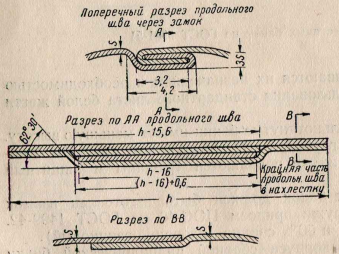


Рис. 247. Разрезы продольного шва сборной банки

Если бы продольный шов по всей своей высоте был выполнен взамок, то в месте пересечения его с двойным закаточным швом находилось бы одиннадцать слоев жести вместо семи.

При таком местном утолщении невозможно было бы плотно сжать закаточный шов, а следовательно, и обеспечить его герметичность. Донышко и крышка имеют рельефы (см. рис. 254), обеспечивающие увеличение объема банки при нагреве и восстановление первоначального объема при охлаждении.

Для испытания герметичности продольного шва и двойного закаточного шва, которым корпус соединен с донышком, банку подвергают внутреннему давлению воздухом до 1 *ати*.

Внутренние поверхности лакированных банок должны быть гладкими, без царапин, нарушений лакового покрытия и пузырьков.

Таблица 52

Размеры фигурных цельнотянутых жестяных банок в *мм*

№ банки	Форма банки	Объем банки в $см^3$	Длина		Ширина		Высота		Объемный переводной коэффициент
			внутренняя	наружная	внутренняя	наружная	внутренняя	наружная	
16	Прямоугольная . . .	101,0	100	103,1	70,8	73,9	13,9	20,7	0,286
17	» . . .	159,0	116,0	119,3	78,0	81,3	18,6	24,2	0,450
18	» . . .	235,0	116,0	119,3	87,0	90,3	23,6	30,0	0,666
19	Овальная	227,5	150,0	153,3	64,0	67,3	26,6	31,3	0,644
20	Эллипсная	430,0	160,7	164,0	107,7	111,0	31,1	36,0	1,218

БЕЛАЯ ЖЕСТЬ

Жестяную консервную тару изготавливают из белой жести толщиной 0,24—0,38 *мм*; она представляет собой тонкую листовую или рулонную сталь, покрытую с обеих сторон оловом.

Состав стали, из которой изготовляют жесть, зависит от способа ее производства, как это видно из табл. 53.

Таблица 53

Составные части	Состав стали в %	
	горячего проката	холодного проката
Углерод	0,12—0,08	0,06—0,1
Марганец	0,35—0,50	0,3—0,5
Кремний	0,01	0,01
Сера	0,05	0,05
Фосфор	0,08—0,12	0,015

В стали, применяемой для производства горячекатанной жести, должно быть увеличенное содержание фосфора для предотвращения сваривания тонких листов, прокатываемых пакетами (в несколько слоев).

Для нанесения оловянного покрытия применяют горячее лужение путем погружения стального листа в ванну с расплавленным оловом и электролитическое лужение. Оловянное покрытие предохраняет сталь от коррозии. Сопротивление луженой жести коррозии определяется значением электрических потенциалов гальванической пары железо — олово.

В атмосферной среде и в растворах неорганических солей и кислот электроположительный потенциал олова на 0,3 *в* выше, чем потенциал железа, и поэтому олово является катодом. В обычных атмосферных условиях, когда влажность воздуха увеличивается, луженая жесть, на поверхности которой имеется влага, — подвергается ржавлению.

При соприкосновении с консервируемыми пищевыми продуктами, содержащими органические кислоты, потенциал олова становится отрицательным, чем обусловливается его электрохимическая стойкость против коррозии. Стойкость оловянного покрытия в различных пищевых средах неодинакова. Растворимость олова в щавелевой кислоте в два-три раза больше, чем в молочной и лимонной.

Согласно ГОСТ 5343-50 на белую жесть горячего лужения, она делится на два класса, в зависимости от толщины покрытия оловом. К первому классу относится жесть с нормальной, а ко второму — с повышенной толщиной оловянного покрытия. Расход олова на покрытие 200 $см^2$

поверхности жести составляет: для первого класса 0,135—0,160 *г*, а для второго класса 0,20—0,25 *г* олова. В оловянном покрытии не должно содержаться больше 0,14% примесей и в том числе не более 0,04% свинца.

По состоянию поверхности белая жесть делится на четыре марки (АА, А, Б, С); жесть первых трех марок используется для производства консервных банок.

Листы белой жести должны иметь чистую глянцевитую поверхность без трещин, загнутых уголков, плен, наплывов олова, темных и ржавых пятен или точек, незалуженных участков, отслоений олова, вкатанной окалины, загрязнений маслом и флюсовыми пятнами.

В ГОСТ 5343-50 указано, какие пороки допускаются при приемке белой жести разных марок.

При приемке, кроме наружного осмотра, нужно измерить толщину жести и подвергнуть ее механическим испытаниям на выдавливание и загиб. Испытание на выдавливание имеет целью выявить пластичность жести. Осуществляют его при помощи винтового пресса, выдавливающего в образце испытуемой жести лунку, глубина которой в момент появления трещины является одной из важных характеристик качества белой жести.

Зависимость глубины лунок, получаемых в белой жести, от толщины жести приведена в табл. 54.

Таблица 54

Толщина жести в *мм*	Глубина лунки в *мм*	
	для горячекатанной жести	для холоднокатанной жести
0,21—0,23	5,5	7,5
0,24—0,26	5,7	8,0
0,27—0,32	6,0	8,5
0,30—0,36	6,5	9,0

Листовая белая жесть выпускается одного размера — 512 × 712 *мм*.

Производство рулонной жести создает возможность значительно увеличить полезное использование площади металла путем подбора ширины ленты, соответствующей размеру банок. Благодаря непрерывности процесса производства рулонной жести значительно увеличивается производительность труда по сравнению с изготовлением листовой жести.

Рулонная жесть выпускается трех видов: белая, черная лакированная и белая лакированная.

По ЧМТУ 3418-53 для производства консервной тары выпускается рулонная жесть марки ЖЧКЛ (жесть черная консервная лакированная). По толщине жесть делится на четыре номера:

№ жести	Толщина в *мм*	Глубина лунки в *мм*
27	0,25—0,28	5,5
29	0,27—0,30	5,7
31	0,29—0,32	5,9
33	0,33—0,34	5,9

Рулонная жесть марки ЖЧКЛ выпускается шириной 93, 120, 175, 180, 220, 239, 314, 321 *мм* с отклонением по ширине на 0,25—0,50 *мм*.

Длина отдельных лент рулона не должна быть меньше 50 *м*. Вес рулона 50—80 *кг*. Лента покрывается пищевым лаком с двух сторон без просветов. Общая толщина лаковой пленки после двукратного покрытия составляет от 7—8 до 10—14 *μ*.

Жесть белая лакированная в рулонах выпускается четырех марок; из них две для консервной тары:

а) ЖКЛ — консервная горячего лужения лакированная;

б) ЭЖКЛ — консервная электролитического лужения, лакированная.

Рулонная белая лакированная жесть должна иметь гладкую блестящую поверхность без подтеков лака, пузырьков, незалакированных мест и следов ржавчины. По цвету жесть должна быть одного тона. По толщине и ширине ленты белая рулонная жесть не отличается от черной. Вес олова для покрытия 200 *см*² поверхности жести при горячем лужении должен составлять 0,27—0,32 *г* при толщине покрытия, равном 1,84—2,19 *μ*. При электролитическом покрытии вес олова на 200 *см*² поверхности составляет только 0,06—0,09 *г*, при толщине слоя олова — 0,4—0,6 *μ*. Поверх оловянного слоя наносится двойная лаковая пленка общей толщиной 10—14 *μ*. Глубина лунок в белой рулонной жести при испытании на выдавливание почти не отличается от приведенных значений для черной лакированной жести.

ЛАКИ ДЛЯ ЖЕСТЯНЫХ БАНОК

Применяемые для консервной тары лаки можно разделить на пять групп.

1. Масляные лаки, состоящие из смол, масла и растворителя.

2. Глифталевые лаки, в состав которых входит глифталевая смола, высыхающие масла и растворитель.

3. Глифталево-фенольные лаки, состоящие из глифталей и фенольных смол.

4. Фенольные лаки на базе фенольно-формальдегидных безмасляных смол. Эти лаки рекомендуются для изготовления консервной тары из черной жести.

5. Лаки на базе полимеризационных смол, в состав которых входят различные полимеры (поливинилбутирил, полихлорвинил и др.).

В консервной промышленности применяются лаки 41, 41-Т, 41-Т-В-1, 50 и для черной жести 71.

Лак № 41-Т

Лак 41-Т высыхает при температуре 190—200° в течение 20 мин.

Цвет лака красновато-коричневый. При высыхании лака, нанесенного на лист жести, поверхность ее должна быть блестящей, гладкой и твердой. В лаке 41-Т не допускается наличие солей свинца.

Лаковая пленка на жести должна прочно удерживаться и при штамповке не отслаиваться, а при ударе грузом весом 40 *кг* не должна нарушаться целостность лаковой пленки на выпуклой стороне лунки, образовавшейся при ударе.

Лаковая пленка, нанесенная на пластинку из черной жести, должна выдержать двухчасовое кипячение в воде, 3%-ном растворе поваренной соли и 2%-ном растворе винной кислоты. Лаковая пленка, нанесенная на пленку из белой жести, должна выдержать двухчасовое кипячение в 3%-ном растворе уксусной кислоты.

Из белой жести, покрытой лаком 41-Т, можно изготавливать консервные банки и крышки для всех видов консервов; исключение составляют консервы, содержащие большое количество белковых веществ.

Если к лакам добавить алюминиевую пудру, окись цинка и некоторые пигменты, то получаются белковоустойчивые эмали.

Консервы, богатые белковыми веществами, как, например, мясные,

мясорастительные, рыбные, нужно расфасовывать в тару, покрытую белковоустойчивыми эмалями Э-41-Т. Перед нанесением таких эмалей белую жесть покрывают лаком 41-Т.

Толщина сухой пленки эмали Э-41-Т 7—8 μ, а общая толщина двухслойного белковоустойчивого покрытия, состоящего из слоя лака и слоя эмали, равна 12—15 μ. При лакировании черной жести лаком 41-Т ее покрывают слоями с двух сторон. Общая толщина пленки лака при трехслойном покрытии должна составлять 18—20 μ с каждой стороны. После каждого покрытия лаком листы жести подвергаются отжигу.

Лаковая пленка должна обладать такими основными свойствами: безвредностью для человеческого организма, эластичностью, адгезией (прилипаемостью) с жестью, беспористостью, газонепроницаемостью, морозоустойчивостью и стойкостью против повышенной влажности; кроме того, она не должна иметь привкуса.

Лако-красочной промышленностью выпускаются различные пленкообразующие материалы и лаки, рецептура и защитные свойства которых соответствуют консервируемому продукту. Лаковая пленка наносится на жесть валковыми либо плоскопечатными машинами.

ПАСТЫ

Двойным закаточным швом обеспечивается герметическое соединение корпуса с крышкой банки, благодаря пасте, нанесенной на завитое поле конца. В консервной промышленности применяют бензиновую либо водноаммиачную пасту.

Бензиновая паста

Бензиновая паста изготовляется путем растворения натурального каучука в бакинском бензине марки «Калоша» с добавлением красителя.

Состав бензиновой пасты:

Бакинский бензин „Калоша"	92,0%
Натуральный каучук	7,5%
Краситель пищевой (фуксин) . . .	0,5%

Бензиновая паста должна быть однородной по консистенции; при хранении не должны образовываться осадки. Вязкость пасты определяется продолжительностью падения шарика с определенной высоты; она должна составить 2—3 сек. (автоматический вискозиметр, применяемый на заводе «Красный треугольник»). Пленка пасты после высушивания должна быть эластичной, заполнять все неплотности двойного закаточного шва и без существенных изменений выдерживать температуру стерилизации 121° в течение 1 часа 45 мин. Нормальный вес высушенной пленки 0,5 *мг* на 1 *мм* диаметра крышки.

Бочки с пастой нужно хранить в специальных помещениях с учетом требований пожарной безопасности при температуре от 0 до 15°.

Водно-аммиачная паста

Водно-аммиачная паста состоит из смеси синтетического латекса и каолиновой дисперсии, приготовленной на растворе казеината аммония и подкрашенной пищевой краской. Соотношение отдельных компонентов водно-аммиачной пасты зависит от качества и физико-химических свойств латекса. Примерный состав пасты следующий: латекс 63%, каолин — 10%, казеин — 3%, водный раствор аммиака — 11%, краситель — 0,1—0,3%, вода — 13%.

Паста характеризуется продолжительностью истечения 380 *мл* пасты при температуре 20° через отверстие определенной величины. К высушенной пленке водно-аммиачной пасты предъявляются в основном такие же требования, как и к бензиновой пасте. Хранить пасту следует при температуре от 0 до 23° в стальных бочках. При температуре ниже 0° водно-аммиачная паста замерзает, что влечет за собой порчу. Вес высушенной пленки водно-аммиачной пасты в два раза больше веса бензиновой пленки. Нормальным весом высушенной пленки водно-амиачной пасты следует считать 1 *мг* на 1 *мм* диаметра крышки.

ПАЯЛЬНАЯ ЖИДКОСТЬ

Применяемая при пайке продольного шва составных жестяных банок паяльная жидкость должна полностью растворять следы жира и окислы металла, чем обеспечивается чистота пропаиваемых поверхностей. Паяльная жидкость не должна содержать веществ, вредно влияющих на содержимое банки, не образовывать пятен на поверхности консервных банок и не оказывать чрезмерного разъедающего действия на металл.

Паяльная жидкость, применяемая для смазки продольных швов корпусов консервных банок, состоит из одной весовой части канифоли, растворенной в восьми весовых частях денатурированного спирта.

СТЕКЛЯННАЯ ТАРА

Широкогорлые стеклянные банки начали применять в консервной промышленности в 1935 г. Рост использования стеклянной тары в консервной промышленности характеризуется цифрами, приведенными в табл. 55.

Таблица 55

Годы	1935	1940	1945	1950	1955
Выпуск консервов в стеклотаре в % к выпуску в герметичной таре	2,9	44	46,5	52,3	57,5

Достоинствами стеклянной тары являются: кислотоустойчивость стекла, прозрачность, возможность многократного использования. Кроме того, для стеклотарного производства могут быть использованы местные материалы (песок, сульфат).

К числу недостатков стеклянной тары следует отнести повышенный по сравнению с жестяной тарой вес стеклотары, низкую теплопроводность стекла, составляющую от 0,0016 до 0,0032 *ккал/м · час · °С* (почти в 60 раз меньше, чем для жести), а также хрупкость и малую термостойкость стеклянной тары.

На рис. 248 показаны банки емкостью 0,5 *л* и 1 *л* (рис. 248, *а* и *б*), широкогорлая бутылка (рис. 248, *в*), баллоны емкостью 3,0 и 10 *л* (рис. 248, *г* и *д*), стакан емкостью 0,2 *л* (рис. 248, *е*) и профиль венчика горла стеклянной тары, укупориваемой жестяными крышками (рис. 248, *ж*).

Стеклянная тара для консервов вырабатывается из бесцветного или полубелого химически стойкого стекла. В стеклянной таре не должно быть пузырей, камней, щербленного горла, мазутных пятен.

Стеклянные банки и бутылки должны выдерживать внутреннее давление до 5 *атм*. Сопротивляемость стеклотары внутреннему давлению проверяют при помощи гидравлического или воздушного насоса.

В табл. 56 приведены размеры стеклянной тары, которая может быть герметически укупорена жестяными крышками трех размеров (размеры горла консервной стеклотары равны 58,6, 70,6 и 83,6 *мм*).

Механическую прочность стеклянной тары проверяют испытанием при помощи гидравлического или механического пресса.

Банки емкостью до 1 *л* должны выдержать усилие раздавливания, направленное по высоте банки, не менее 300 *кг*, а бутыль емкостью 3 *л* — не менее 500 *кг*.

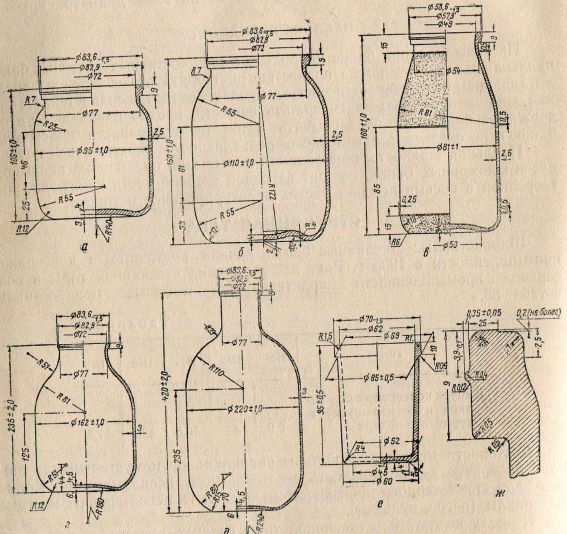


Рис. 248. Размеры основных видов стеклянной тары по ГОСТ 5717-51

Корпус стеклотары должен выдерживать в диаметральном направлении сжимающее усилие не менее 150 *кг*.

Особенно важным требованием является термостойкость стеклотары, подвергаемой тепловому воздействию во время стерилизации и охлаждению в автоклавах.

Термостойкость стеклянной тары проверяется путем последовательного погружения ее в три сосуда с водой, в которых поддерживается постоянная температура 40—100—60°. В каждом сосуде тару выдерживают по 5 мин. Продолжительность переноса стеклотары из одного сосуда в другой должна быть не более 10 сек.

Термостойкой считается такая партия стеклотары, отобранные образцы которой выдержали описанное испытание, т. е. остались целыми, без трещин.

Таблица 56

Вид тары	Емкость тары в *мл*	Условные обозначения	Емкость в *мл*		Вес 100 банок (в *кг*)	Размеры в *мм*		
			номинальная	полная		венца	полной высоты	наибольшего диаметра
Банка	200	СКО—58—1	200	225±7	15,5±1	58,6	100	64
»	350	СКО—83—5	350	385±10	22,5±1,5	83,6	76	95
»	500	СКО—83—1	500	560±15	27±2	83,6	106	95
»	1000	СКО—83—2	1000	1030±20	43±2	83,6	150	110
Бутылка широкогорлая	500	СКО—58—2	500	500±15	35±2	58,6	160	81
Бутыль	3000	СКО—70—2	3000	3200±50	104±5	70,6	235	162
					125±20*)			
»	3000	СКО—83—3	3000	3200±50	101±5	83,6	235	162
					125±20			
»	10 000	СКО—70—3	10 000	10 450±150	240±20	70,6	420	220
»	10 000	СКО—83—4	10 000	10 450±150	240±20	83,6	420	220
Стакан	200	СКО—70—1	200	230±7	19±1	70	95	65,52

ГОСТ 5717-51 предусматривает также допустимые отклонения линейных размеров корпуса и горла банки. Так, например, сдвиг горла банки по отношению к геометрической оси корпуса допускается для тары емкостью до 1 *л* не более чем на 0,5 *мм*, а для бутылей — не более 1 *мм*.

Горизонтальный и вертикальный сдвиг венчика горла для всех видов стеклотары допускается не больше чем на 0,2 *мм*. Остальные допустимые отклонения линейных размеров показаны на рис. 248 и в табл. 56. Линейные размеры проверяются при помощи специальных калибров (см. гл. XXII).

СТЕКЛООБРАЗУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Стеклообразующими материалами для производства консервной стеклотары являются песок, сода, сульфат, доломит, глина, плавиковый шпат и уголь. Смесь указанных материалов (шихта) должна быть составлена с таким расчетом, чтобы полученное стекло имело такой химический состав в %:

Кремнезем (SiO_2)	от 71,6 до 72,0
Глинозем (Al_2O_3)	» 2,5 » 2,7
Щелочно-земельные окислы RO	» 8,5 » 8,7
Щелочные окислы (R_2O)	» 16,5 » 16,7

Основным стеклообразующим материалом является кварцевый песок, образованный в результате естественного выветривания и измельчения пород, богатых кварцем. Высококачественный кварцевый песок содержит около 98—99% кремнезема. Примеси в количестве 1—2% состоят из окислов железа, глинистых загрязнений и др.

Сульфат добывают в заливе Каспийского моря, Кара-Богаз-Гол в виде мирабилита.

Доломит представляет собой природную двойную соль кальция и магния.

Окись алюминия вводится в шихту в виде плавикового шпата для повышения химической и термической стойкости стекла.

Уголь вводится для раскисления шихты.

Из 100% окиси натрия, содержащегося в стекле, не менее 80% должно быть внесено кальцинированной содой.

*) В числителе — вес при выработке на автоматах, в знаменателе — вес при выработке на полуавтоматах.

Глава XXI

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕСТЯНОЙ ТАРЫ

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЖЕСТЯНОБАНОЧНЫЕ ЛИНИИ

Массовое производство жестяных банок осуществляется автоматическими линиями, имеющими производительность до 300 банок в минуту и установленными в жестянобаночных цехах консервных заводов. Изготовленные на таких линиях банки перед поступлением на склад подвергаются испытанию на герметичность в специальных автоматических испытательных машинах, которые отбраковывают негерметичные банки.

На рис. 249 показано расположение машин жестянобаночной линии НИИПРОДМАШ (завод им. Куйбышева).

Листы жести, уложенные стопой на приемной площадке автоматического питателя *1*, подаются им в фигурные ножницы (вырубной пресс) *2*, где разрезаются на фигурные полосы (см. рис. 250, *в* и *г*).

Нарезанные фигурные полосы укладывают стопками вручную в приемную часть автоматических прессов *3*, которые отштамповывают концы (крышки и донышки), завивают фланцы концов и собирают их в стопки. Последняя операция, завершающая изготовление концов, — накладывание пасты, осуществляется в четырехшпиндельных пастонакладочных машинах *4*.

Машины, образующие корпус банки, соединяющие его с донышком и проверяющие герметичность швов, работают в такой последовательности.

Автоматический питатель *1а* подает листы жести в сдвоенные дисковые ножницы *5*, которыми каждый лист разрезается в двух взаимно перпендикулярных направлениях дисковыми ножами, в результате чего получаются так называемые бланки корпуса (заготовки). Последние укладывают вручную стопками в приемную часть корпусообразующей машины *6*, где в результате нескольких операций получают цилиндрические корпуса банки. Фрикционным элеватором *7* корпуса поднимаются вверх и по желобу *8* поступают в фланцеотгибочную машину *9*, где корпус подготавливается к соединению с донышком путем отбортовки фланцев с двух сторон. Второй фрикционный элеватор *10* и желоб *11* транспортируют корпуса с отогнутыми фланцами в закаточную машину *12*. Сюда же подаются донышки, укладываемые стопками в приемный магазин закаточной машины. Из закаточной машины банки фрикционным элеватором *13* подаются в желоб *14* и затем в испытательную машину *15*.

Прошедшие испытание герметичные банки направляются в фрикционный элеватор *16* и по желобу *17* поступают в склад тары.

СОРТИРОВКА ЖЕСТИ

Листовую белую жесть сортируют по качеству поверхности и толщине.

Качество поверхности проверяется в соответствии с указанием ГОСТ 5343-50. Листы жести, имеющие дефекты, отсортировываются и в производство не допускаются.

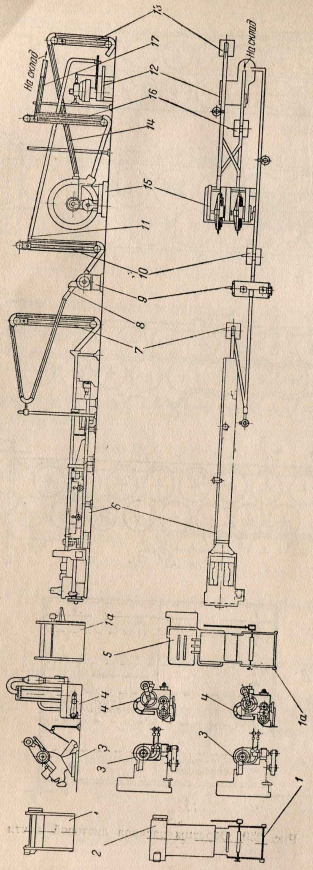


Рис. 249. Схема автоматической жестянобаночной линии

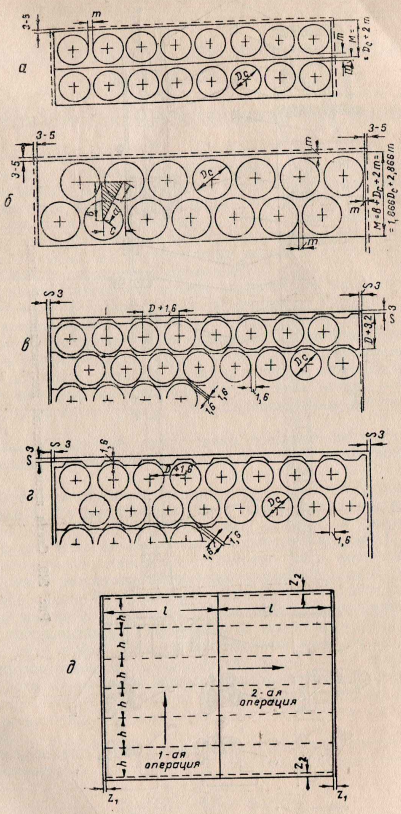


Рис. 250. Образцы раскроя листовой жести

Толщина жести определяется по звуку, издаваемому листом при его колебании. При сортировке листовой жести вручную необходимо периодически контролировать толщину листов микрометром.

По толщине белая жесть рассортировывается на пять групп:

1-я	группа	толщина	жести	от 0,23	до 0,25 *мм*
2-я	»	»	»	» 0,26	» 0,27 »
3-я	»	»	»	» 0,28	» 0,30 »
4-я	»	»	»	» 0,31	» 0,33 »
5-я	»	»	»	» 0,34	» 0,36 »

Жесть каждой группы перерабатывается отдельно.

РАСКРОЙ ЖЕСТИ

Листы белой жести раскраивают на полосы и бланки, из которых затем штампуют крышки и изготовляют корпуса. Для каждого размера банок имеется раскройная карта, предусматривающая наиболее рациональное использование листа жести размером 512×712 *мм*.

РАСКРОЙ ЛИСТА ЖЕСТИ ДЛЯ КРЫШЕК (КОНЦОВ)

Крышки штампуют в прессах из прямых однорядных полос (рис. 250, *а*), из прямых двухрядных полос (рис. 250, *б*), из фигурных однорядных полос (рис. 250, *в*) и из фигурных двухрядных полос (рис. 250, *г*).

При однорядной штамповке из прямых полос ширина M каждой полосы должна быть равна:

$$M = D_c + 2m \ [мм],$$

где: D_c — диаметр высечки в *мм*;
m — ширина мостика сетки в *мм*.

При двухрядной штамповке из прямых полос без смещения вырубок ширина полосы M_1 будет равна:

$$M_1 = 2D_c + 3m \ [мм].$$

Ширина M_2 двух полос при одинарном прямом раскрое равна:

$$M_2 = 2D_c + 4m \ [мм],$$

т. е. экономия жести на каждой двойной полосе соответствует величине мостика сетки $m \cong 1{,}6$ *мм*.

Еще меньшая ширина полосы жести получается при прямом двухрядном раскрое (рис. 250, *б*) со смещением вырубок. Здесь расстояние $в$ по высоте между центрами двух соседних рядов вырубки равно $0{,}866\ (D_c + m)$.

Как видно из заштрихованного треугольника (рис. 250, *б*), катет

$$в = \sqrt{a^2 - c^2},$$

но

$$a = D_c + m, \quad c = \frac{D_c + m}{2},$$

откуда

$$в = \sqrt{(D_c + m)^2 - \left(\frac{D_c + m}{2}\right)^2} = 0{,}866\ (D_c + m).$$

Поэтому ширина полосы M при двухрядном шахматном раскрое составляет:

$$M = D_c + в + 2m = D_c + 0{,}866D_c + 0{,}866m + 2m = \\ = 1{,}866D_c + 2{,}866m \ [мм].$$

Если сравнить шахматный двухрядный раскрой прямых полос с одинарным прямым раскроем, то необходимая ширина двухрядной полосы будет меньше двух одинарных на величину

$$(2D_c + 4m) - (1{,}866D_c + 2{,}866m) = 0{,}134D_c + 1{,}134m \ [мм].$$

При диаметре высечки 115,82 *мм* (для банок № 2, 3, 8, 11, 12, 13) и ширине мостика m, равной 1,6 *мм*, уменьшение ширины полосы составит:

$$0{,}134 \cdot 115{,}82 + 1{,}134 \cdot 1{,}6 = 17{,}32 \ мм.$$

Так как из одного листа получается несколько двойных полос (обычно 3—4), то при двухрядном шахматном раскрое листа жести может быть получена значительная экономия.

При фигурном раскрое полос (рис. 250, *в* и *г*) степень использования листа жести увеличивается по сравнению с прямым раскроем на 1,3 — 6,2% при однорядной штамповке и на 2,7 — 6,2% — при двухрядной штамповке. По мере увеличения диаметра высечки экономия от фигурного раскроя уменьшается.

Указанная экономия получается при фигурном раскрое в тех случаях, когда размеры листа жести выбираются в соответствии с размерами высечки. Если же для производства крышек применяют только листовую жесть размером 712 × 512 *мм*, то фигурный раскрой может и не дать экономии (возможен даже и перерасход жести). Поэтому для каждого размера крышек следует руководствоваться утвержденными раскройными картами.

Для сравнения экономичности различных раскроев листа жести можно пользоваться коэффициентом η, характеризующим отношение полезно использованной площади для производства крышек к общей площади листа жести или полосы.

Так, например, для однорядного прямого раскроя (см. рис. 250, *а*):

$$\eta = \frac{0{,}785D_c^2}{(D_c + 2m)(D_c + m)} \cdot 100\%.$$

Для двухрядного прямого раскроя:

$$\eta = \frac{1{,}57D_c^2}{(2D_c + 3m)(D_c + m)} \cdot 100\%.$$

Для двухрядного шахматного раскроя:

$$\eta = \frac{1{,}57D_c^2}{(1{,}866D_c + 2{,}866m)(D_c + m)} \cdot 100\%.$$

РАСКРОЙ ЛИСТА ЖЕСТИ ДЛЯ КОРПУСОВ

Раскрой листа жести для корпусов жестяных банок производится в две операции. Первая операция (рис. 250, *д*) заключается в разрезании листа на полосы, имеющие ширину l, равную длине бланка для корпусов. Одновременно с двух сторон листа жести срезают кромки шириной Z_1. Вторая операция заключается в разрезании полученных после первой операции полос на бланки, имеющие ширину h, равную высоте

неотбортованного корпуса. Одновременно с двух сторон полосы отрезаются кромки шириной Z_2. В результате такого раскроя получаются бланки длиной l и шириной h. Разрезание листа жести по указанному раскрою производится сдвоенными дисковыми ножницами (рис. 261).

При первой операции лист жести разрезают в направлении, перпендикулярном прокатке жести, а при второй — в направлении, параллельном прокатке.

Бланк по длине должен быть расположен вдоль прокатки жести. Ширина отрезаемых кромок Z_1 и Z_2 равна 3—5 *мм*.

Коэффициент использования площади листа жести при раскрое корпусов (рис. 250, *д*) определяют по формуле:

$$\eta = \frac{lhn}{(2l + 2Z_1)(nh + 2Z_2)} \cdot 100\%,$$

где n — число выкроенных бланков.

Даже при применении рациональных раскройных карт полезное использование листа жести составляет при раскрое на крышки 70—75%, а при раскрое на корпуса — 90—95%.

С целью утилизации отходов белой жести с них снимают олово, а металл направляют на переплавку в мартеновские печи.

МАШИНА ДЛЯ ПОДАЧИ ЛИСТОВОЙ ЖЕСТИ

Для механизации подачи листов жести в фигурные и дисковые ножницы используют машину, показанную на рис. 251.

Листы жести в стопе *1* укладывают на подъемную раму *2*, подвешенную на четырех цепях *3*, надетых на звездочки *4*, попарно закрепленные на валиках *5*.

Подъем рамы *2* с рабочей скоростью осуществляется храповым механизмом, приводимым в движение от дисковых или фигурных ножниц. Ускоренный подъем или опускание рамы (с целью уменьшения продолжительности установки новой стопы) производится от электродвигателя через реверсивный зубчатый редуктор.

Машина снабжена роторным вакуум-насосом и компрессором, которые приводятся в движение тем же электродвигателем, что и подъемная рама при ускоренном подъеме или опускании.

Механизмы, осуществляющие подачу листов жести на приемный стол дисковых или фигурных ножниц, приводятся в движение карданным валом одного из валов дисковых или фигурных ножниц. Таким образом, подача листов жести происходит синхронно с работой ножниц.

Стопа жести поднимается рамой до определенного уровня, высота которого определяется специальным щупом. При соприкосновении верхнего листа стопы со щупом, последний, отклоняясь, соединяет запорный клапан с линией сжатого воздуха, благодаря чему храповик разобщается с приводным валом и делает холостой ход.

Над стопой жести укреплены две пары присосов *6*. Первая пара присосов, опускаясь вниз, доходит до верхнего листа стопы жести, прижимается к нему и при обратном ходе вверх увлекает за собой верхний лист жести.

Когда первая пара присосов приходит в верхнее положение, вакуум нарушается и поднятый край листа падает.

Цель этой операции — отделить верхний лист от нижнего, чему способствует подача в образовавшийся зазор между листами струи сжатого воздуха.

После этого вторая пара присосов поднимает задний край листа жести и переносит его в щель, образуемую двумя вращающимися роликами, которые подают лист на ременной транспортер.

С ременного транспортера лист жести поступает в приемную часть дисковых или фигурных ножниц.

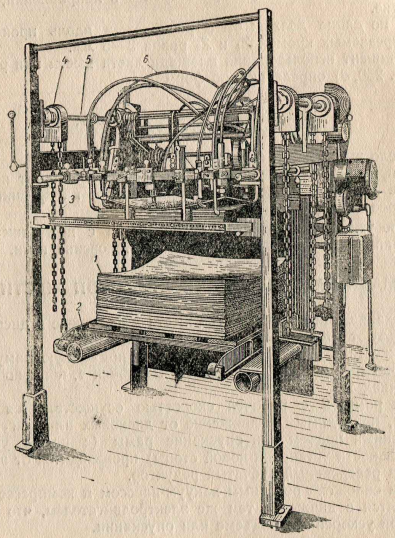


Рис. 251. Машина для подачи листовой жести

Одновременно с подачей листов жести производится автоматическая отбраковка тех листов, толщина которых превышает заданную. Для этой цели каждый лист перед поступлением в дисковые или фигурные ножницы проходит через специальный бракующий механизм.

Листы жести толщиной, превышающей заданную, подаются на стол, расположенный над ременным транспортером.

Техническая характеристика

Производительность — до 80 листов в минуту

Габариты в *мм*:

длина	1500
ширина	1500
высота	2000

ФИГУРНЫЕ НОЖНИЦЫ

Фигурные ножницы предназначены для раскраивания стандартных листов белой жести на фигурные полосы, из которых выштамповывают «концы». При фигурном раскрое полос жести увеличивается полезно используемая площадь листа жести.

Форма фигурных полос различна и зависит от диаметра крышек и числа рядов в полосе. Образцы фигурных полос приведены на рис. 250, *в* и *г*.

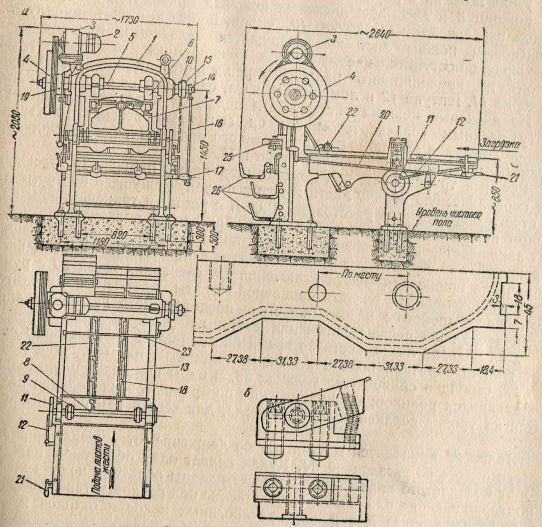


Рис. 252. Фигурные ножницы

При раскраивании каждая полоса обрезается с четырех сторон. Кроме того, в полосе иногда вырезается один угол. Встречаются два типа фигурных ножниц:

1. Ножницы, предварительно обрезающие поперечные кромки листа при помощи дисковых ножей и окончательно раскраивающие лист при помощи вырубного инструмента.

2. Ножницы, раскраивающие лист таким образом, что каждая полоса оказывается обрезанной со всех сторон только вырубным инструментом.

В жестянобаночных цехах консервных заводов в основном работают фигурные ножницы первого типа, показанные в трех проекциях на рис. 252.

На П-образной станине *1* установлен электродвигатель *2* с редуктором *3*, приводящим во вращение маховик *4*, насаженный свободно на

коленчатый вал *5*. Два коротких шатуна *6*, длину которых можно изменять, соединяют коленчатый вал с ползуном *7*, совершающим возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости. Нижнее основание ползуна тщательно обработано и служит для закрепления верхней части режущего инструмента. Под ползуном на столе машины неподвижно закрепляется нижняя часть режущего инструмента. Верхняя и нижняя части режущего инструмента должны быть строго параллельны.

На столе машины установлены две пары дисковых ножей, обрезающих узкие полоски с двух сторон листа жести по его длине. Вал дисковых ножниц *8* и две пары дисковых ножей *9* приводятся во вращение цепной передачей от звездочки *10*, сидящей на коленчатом валу *5*. К дисковым ножам лист жести подается салазками, приводимыми в возвратно-поступательное движение кривошипным механизмом; он состоит из кривошипного пальца, укрепленного на цилиндрической шестерне *11*, шатуна *12* и ломаного рычага, связанного с салазками.

Из дисковых ножниц листы жести подаются к режущему инструменту реечным транспортером *13*; он совершает возвратно-поступательное движение при помощи кривошипного пальца *14*, насаженного на диске *15*, шатуна *16* и ломаного рычага *17*.

Реечный транспортер, при помощи шарнирных пальцев *18*, производит периодическую подачу листа жести в сторону режущего инструмента на строго определенное расстояние. Рядом с реечным транспортером над столом неподвижно закреплены рейки с фиксаторами, назначение которых заключается в обеспечении точного положения листа по отношению к режущему инструменту в момент раскраивания. На коленчатом валу закреплена шпоночная муфта включения *19*, связанная тягой *20* с рукояткой включения *21*. Около шпоночной муфты включения находится тормозное устройство; назначение его — предотвращать проворачивание коленчатого вала после выключения машины.

Для подвода листа жести во время раскраивания к фиксаторам служат ролики обратной подачи жести, состоящие из пары верхних роликов *22*, свободно сидящих на валиках *23*, и пары нижних принудительно вращающихся роликов; цилиндрическая поверхность этих роликов находится на уровне верхней плоскости стола, для чего в нем сделаны прорези.

Валик *23* приводится в качательное движение от кулака, вращающегося вместе со звездочкой *24*. Кулак делает один оборот за каждый оборот коленчатого вала. Рейка *25* несет пальцы обратной подачи жести и поддерживающие планки. Непосредственно под рейкой установлены три лотка *26* (магазина) для приема раскроенных полос и отходов жести.

РАБОТА МАШИНЫ

При включении электродвигателя начинает вращаться маховик машины. Оттягиванием рукоятки включения отводится качающийся клин шпоночной муфты. Под действием пружины скользящая шпонка заскакивает в очередное гнездо ступицы маховика, благодаря чему коленчатый вал также начинает вращаться.

По окончании движения салазок назад на приемный стол машины накладывают лист жести так, чтобы его боковая сторона примкнула к направляющей. При изменении направления движения, салазки толкают лист вперед до тех пор, пока передний край его не окажется захваченным вращающимися дисковыми ножами. После этого салазки возвращаются в исходное положение, лист же переносится на основной стол машины и падает на реечный транспортер, который в это время занимает крайнее заднее положение.

Во время перемещения листа дисковые ножи обрезают боковые кромки. Полученные отходы падают под стол машины.

При движении реечного транспортера вперед крайние задние пальцы упираются в лист и выносят его вперед на величину шага подачи, после чего транспортер возвращается в исходное положение, а движение листа вперед прекращается. Пальцы реечного транспортера закреплены шарнирно и благодаря пружине (рис. 252, *б*) при обратном ходе прижимаются листом жести вниз.

После остановки листа верхние ролики обратной подачи опускаются и плотно прижимают лист к нижним роликам. Поскольку нижние ролики непрерывно вращаются против направления подачи, зажатый между роликами лист отталкивается назад до упора в фиксаторы. Вслед за этим пальцы реечного транспортера подают лист жести вперед и т. д. Так происходит движение листа вперед, пока передняя его часть не окажется на нижней части режущего инструмента. После этого ползун опускается и инструмент отрезает переднюю кромку листа, которая падает в средний лоток магазина. С этого положения прекращается действие роликов обратной подачи.

При дальнейшем продвижении лист подхватывается поддерживающими планками, чем предотвращается провисание передней его части. Край листа упирается в пальцы обратной подачи и несколько отводит их. Как только реечный транспортер меняет направление движения, пальцы обратной подачи отталкивают лист назад (вместо роликов обратной подачи) и доводят его до упора в очередные фиксаторы.

Так как расстояние от фиксаторов до режущей кромки инструмента кратно ширине полосы, то все полосы получаются строго одинаковой ширины.

Правильное расположение полосы по длине обеспечивается продольными направляющими, прикрепленными к нижней части инструмента. В зависимости от раскроя каждый лист разрезается на две-три полосы.

Все полосы, кроме задней, падают вперед и попадают в верхний лоток магазина. Задняя полоса падает назад и попадает в нижний лоток магазина.

Верхний нож имеет дугообразную форму с нижней стороны. Благодаря такой форме разрезание листа происходит постепенно, одновременно с двух сторон. Это позволяет уменьшить усилие резания и предотвращает возможность сдвига листа в сторону в процессе резки.

Нижние ножи инструмента закаливаются до твердости $HRc = 56-60$. Верхние ножи изготовляются более мягкими (твердость $HRc = 40-45$). Такое сочетание делает инструмент более долговечным. Затуплению больше всего подвергаются верхние ножи. Для быстрого их восстановления нужно, не снимая инструмента с машины, слегка наклепать лезвия, затем опусканием ползуна срезать избыток металла. При этом верхние лезвия формуются по лезвиям нижних ножей, инструмент приобретает необходимую остроту и готов к дальнейшей работе. Форма и размеры режущего инструмента для крышек диаметром 100 *мм* показаны на рис. 252.

При опускании верхнего продольного ножа он заглубляется настолько, чтобы лезвие в наиболее высоком месте перекрыло нижнее лезвие на величину, равную двойной толщине жести.

Для перевода машины на другой раскрой нужно сменить инструмент и установить расстояние между пальцами реечного транспортера и между фиксаторами в соответствии с требуемой шириной полосы.

Расстояние между режущими кромками дисковых ножей должно быть равно длине полосы жести.

К полосам, получаемым с фигурных ножниц, предъявляются следующие требования:

1. Одинаковая длина всех полос.

2. Одинаковая ширина всех полос; допускаются колебания в ширине каждой полосы в пределах от 0,2—0,3 *мм*.

3. Шаг между вырезами полосы должен соответствовать шагу при штамповке.

4. Кромки полос должны быть гладко срезаны без загибов и зарусениц.

Техническая характеристика

Производительность	60 разрезов в минуту
Мощность электродвигателя	1,1 *квт*
Число оборотов электродвигателя	1400 в минуту
Габариты в *мм*:	
длина	2610
ширина	1730
высота	2050
Вес	2050 *кг*

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПРЕССЫ

Жестянобаночные линии оснащены автоматическими прессами, предназначенными для штамповки концов из предварительно нарезанных полос или из рулонной жести.

Приспособления для автоматического питания прессов имеют различное устройство в зависимости от вида жести. Жесть из рулона обычно подается под штамп при помощи роликов или клещей. При использовании листовой жести подача нарезанных полос под штамповку значительно усложняется.

Для штамповки концов применяются автоматические однорядные и двухрядные прессы.

Двухрядный пресс отличается от однорядного тем, что на нем установлены два штампа вместо одного. Поэтому за один удар пресса можно получить одновременно два отштампованных изделия. Из этого, однако, не следует, что двухрядные прессы имеют удвоенную производительность против однорядных. Для установки двух штампов требуется большая площадь; кроме того, вдвое увеличивается нагрузка на детали пресса. Поэтому движущиеся детали пресса становятся более тяжелыми и уменьшается число ходов ползуна. Так, например, если двухрядный пресс делает 180 ударов в минуту, то однорядный пресс, предназначенный для той же цели, делает 240 ударов в минуту.

Завод им. Куйбышева выпускает однорядные прессы, работающие при 300 ударах в минуту. Специфичность системы подачи полос жести на двухрядных прессах обусловливает полухолостые удары на каждой полосе, при котором отштамповывается лишь одна крышка. Однако производительность двухрядного пресса всегда может быть выше производительности однорядного. Следовательно, применение двухрядных прессов рационально.

Двухрядный пресс устроен следующим образом (рис. 253).

В подшипниках наклонной консольной станины расположен коленчатый вал *1*, концы которого выходят за пределы подшипников.

На шейке коленчатого вала надета головка шатуна *2*; нижняя часть шатуна шарнирно связана с ползуном *3* пресса. Шатун состоит из двух частей, соединенных винтом, благодаря чему можно изменять его длину. Это позволяет устанавливать ползун в нужном положении.

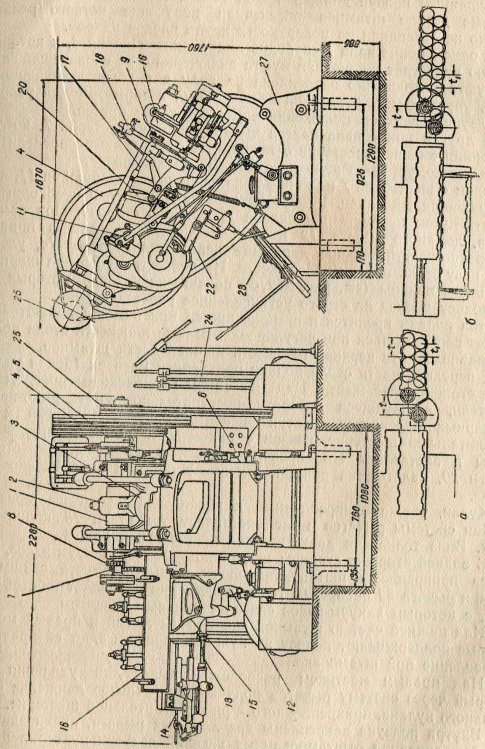


Рис. 253. Автоматический двухрядный пресс

На столе машины укреплена плита, на которой закреплены нижние части штампов. Верхние части штампов крепятся к основанию ползуна так, чтобы их геометрические оси строго совпали с осями нижних частей.

Опущенный ползун должен находиться в таком положении, чтобы сомкнутые детали штампов обеспечили получение четкого рельефа конца, но не оставляли на поверхности жести следов ударов.

На одном конце вала *1* свободно надет шкив-маховик *4*, к которому вплотную прилегает шпоночная муфта включения *5* со скользящей шпонкой. Муфта неподвижно закреплена на валу и снабжена качающимся клином, управляемым рукояткой включения *6*, и тормозом для удержания ползуна в верхнем положении после остановки пресса.

На другом конце вала надета цилиндрическая шестерня *7*, которая при помощи сменной шестерни *8* приводит во вращение распределительную шестерню, управляющую механизмами подачи полос.

Рядом с шестерней *7* на конце вала закреплена планшайба *11*, несущая кривошипный палец. Радиус кривошипа можно при необходимости изменять путем перемещения пальца в нужную сторону. При помощи шатуна, ломаного рычага *12* и тяги *13* палец кривошипа приводит в возвратно-поступательное движение рейку транспортера *14*, уложенную в пазу стола подачи полос жести. На рейке транспортера шарнирно закреплены пальцы (см. рис. 252, *б*) подачи, назначение которых толкать полосу вперед на строго установленное расстояние.

Стол подачи крепится к станине пресса при помощи кронштейна *15* и может перемещаться при регулировке. Высота плоскости стола должна быть равна высоте верхней плоскости нижней части штампов.

К передней части стола подачи прикреплен магазин *16* для укладывания стопок полос жести. Над магазином расположены присосы *17* и толкатели, движущиеся возвратно-поступательно во взаимно-перпендикулярных плоскостях. Шатун эксцентрика, прикрепленный к распределительной шестерне, связан с валом при помощи фрикционной муфты и заставляет его проворачиваться в ту или иную сторону. Рычаги *20*, надетые на валу, перемещают присосы попеременно вверх и вниз.

Кулак, также прикрепленный к распределительной шестерне, при помощи системы рычагов и тяг заставляет толкатели *18* подниматься вверх. Вниз толкатели движутся под действием пружины.

С задней стороны станины шарнирно укреплен вакуум-насос. Шток насоса прикреплен к шатуну пресса и движется вместе с ним. При помощи рычага *22* распределительная шестерня управляет работой золотника, с которым вакуум-насос связан резиновым шлангом.

Над нижней частью штампов закреплены левый и правый мостики, которые поддерживают полосу на нужном уровне и дают ей правильное направление при штамповке.

Над правым мостиком расположен рычаг для удаления сетки, который через систему рычагов получает качательное движение от специального кулака, прикрепленного к распределительной шестерне.

Внутри ползуна закреплены два ломаных рычага, предназначенные для выталкивания отштампованных изделий изнутри пуансона штампа. Рычаги приводятся в движение от прямолинейных кулаков, расположенных на направляющих ползуна.

В проеме станины закреплены два желоба, отводящие отштампованные изделия к завивочному механизму. Завивочный механизм состоит из двух вращающихся дисков *23* и неподвижных завивочных секторов. Крышки с завитыми краями фланцев поступают в винтовые стопкособиратели и поднимаются ими вдоль наклонных стержней *24*, поддерживающих стопку завитых крышек.

Завивочные диски приводятся в движение от коленчатого вала *1* через ременную передачу *25*, промежуточные валы и шестерни.

Электродвигатель *26* укреплен на натяжном кронштейне *27* и приводит во вращение маховик пресса при помощи клиноременной передачи.

ШТАМП ДЛЯ КРЫШЕК

Штамп является основным инструментом пресса, при помощи которого производится вырубка кружка-заготовки и отштамповывание крышки.

Усилие, необходимое для вырубки одной крышки из полосы жести, рассчитывается по формуле:

$$P = \pi D_c \delta t_в \ [кг],$$

где: P — усилие для вырубки в *кг*;

D_c — диаметр вырезаемой заготовки в *мм*;

δ — толщина жести в *мм*;

$t_в$ — напряжение металла срезу в $кг/мм^2$ (для жести $t_в$ можно принимать равным 40—45 $кг/мм^2$).

Несмотря на то, что материал крышки претерпевает остаточные деформации, полуда не должна нарушаться при штамповке. Это обеспечивается тщательностью обработки деталей штампа и специальным подбором их размеров в сопрягающихся местах.

Штамп (рис. 254) состоит из двух половин: верхней и нижней.

В выточке нижнего основания *1* закреплено просечное кольцо *2*, внутри которого свободно уложено протяжное кольцо *3*. Кольцо *3* опирается на шпильки *4*, пропущенные сквозь отверстия основания *1*. В центральной части основания расположен нижний рельеф *5*, сидящий на пружине *6*. Между рельефом и протяжным кольцом неподвижно закреплено кольцо отбортовки *7*.

Нижняя часть штампа крепится к плите стола пресса при помощи двух болтов, пропущенных сквозь проушины основания. Нижние концы шпилек *4* лежат на шайбе *8* буферной пружины *9*. Верхнее основание *10* крепится к ползуну и несет неподвижно закрепленный пуансон *11*. Между рельефом и пуансоном свободно уложено выталкивающее кольцо *13*, над которым помещены планка *14* и выталкивающие шпильки *15*. Верхние концы шпилек упираются в головку выталкивателя *16*.

Для снятия сетки с пуансона служит съемник *17*. Верхняя часть штампа фиксируется по выступу верхнего основания, вставляемому в отверстие ползуна. Нижняя часть штампа устанавливается по верхней так, чтобы при опускании пуансона он попадал в центр отверстия просечного кольца.

Работа штампа происходит следующим образом: очередная полоса попадает на просечное кольцо. Ползун, опускаясь, заставляет пуансон вырубить кружок, затем прижимает его к торцу протяжного кольца, которое начинает опускаться, сжимая предварительно натянутую буферную пружину.

Края кружка плотно сжимаются, что предотвращает возможность появления волнистости во время штамповки. Материал заготовки принимает форму, как показано на нижней части рис. 254.

Заглубление верхнего рельефа внутрь кольца отбортовки приводит к тому, что выталкивающее кольцо останавливается и смещается вверх в пуансоне.

При обратном движении пуансон поднимается вместе с крышкой. Достигнув определенной высоты, ползун пресса доводит ролик рычага

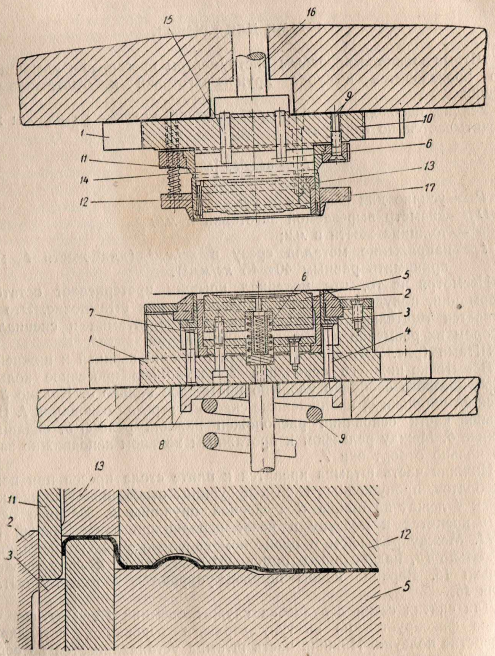


Рис. 254. Штамп автоматического пресса для крышек

выталкивателя в соприкосновение с боковым прямолинейным кулаком, рычаг поворачивается и давит на выталкиватель. Последний заставляет выталкивающее кольцо опуститься, отчего крышка выводится из пуансона и падает в желоб.

Если режущие кромки достаточно заострены, то получаемые детали не имеют заусениц. Зазор между пуансоном и просечным кольцом должен быть равен $^1/_{18}$—$^1/_{20}$ толщины жести.

Работа режущих частей штампа легко поддается контролю. Не следует допускать сильного затупления режущих частей, так как это приводит к необходимости снимать относительно большой слой металла и к быстрому выведению ценных деталей из строя.

Нужно следить за твердостью пуансона и просечного кольца. Кольцо должно иметь твердость $HRc=54-58$, пуансон — $HRc=40-45$. Это позволяет производить наклеп лезвия непосредственно на прессе без снятия штампа и намного удлиняет срок службы пуансона. Целесообразно систематически смазывать полосы маслом, так как это удлиняет срок службы всех деталей штампа.

При правильно подобранной твердости деталей, точной установке пуансона относительно просечного кольца и тщательном уходе можно отштамповать 1—1,2 млн. изделий без снятия штампа для переточки. Неправильный уход нередко снижает срок службы штампа в 4—5 раз.

МЕХАНИЗМ ДЛЯ ЗАВИВКИ ФЛАНЦЕВ КРЫШЕК

Изгиб края крышки (рис. 255, *а*) осуществляется завивочным механизмом. Целью завивки является улучшение работы закаточных роликов первой операции, облегчение отделения крышек из стопки ножом механизма подачи крышек в закаточных машинах и предотвращение выливания пасты из поля конца в пастонакладочных машинах.

На рис. 255, *а* показаны размеры завитого фланца крышки.

Завивочный механизм двухрядного автоматического пресса (рис. 255) состоит из двух дисков *3*, вращающихся в разные стороны, и двух неподвижных секторов *4*, расположенных на расстоянии от наружной поверхности дисков, равном диаметру крышки. Крышки *1*, поступающие из пресса по наклонной плоскости *2*, захватываются дисками и прокатываются ими в зазоре между диском *3* и сектором *4*. Профиль рабочей части сектора *4* (рис. 255, *в*) обеспечивает изгиб (завивку) фланца крышки в соответствии с фиг. *а*.

Из завивочного механизма крышки поступают в стопкособиратели *5*, представляющие собой пару коротких винтов и два или три наклонных стержня, между которыми крышки собираются в стопки.

На рис. 255, *б* показаны два винта *1*, вращающиеся навстречу друг другу, конические и цилиндрические шестерни, приводящие во вращение шнековые винты. Завитые крышки *2* поступают на площадку *3* и поднимаются одна за другой винтами вверх.

Работа автоматического двухрядного пресса

Оттягиванием рукоятки включения *6* вверх отводится качающийся клин, шпонка включения заскакивает в очередное гнездо ступицы маховика, и коленчатый вал начинает вращаться.

Вращающаяся распределительная шестерня *9* заставляет присосы *17* опуститься, а толкатели *18* подняться. Присосы доходят до упора в стопу полос, уложенных в магазин. Прижимаясь к полосе, присосы герметизируются, внутри системы устанавливается вакуум, и полоса прочно присасывается. Затем присосы поднимаются вместе с полосой.

В момент, когда толкатели, опускаясь, перекрывают поднятую полосу, сухарь, прикрепленный к распределительной шестерне, нажимает на рычаг *22* золотника *21* отсечки вакуума, и поэтому золотник опускается, вакуум нарушается, а полоса освобождается от присосов, подхватывается толкателями, опускается вниз и укладывается на столе подачи.

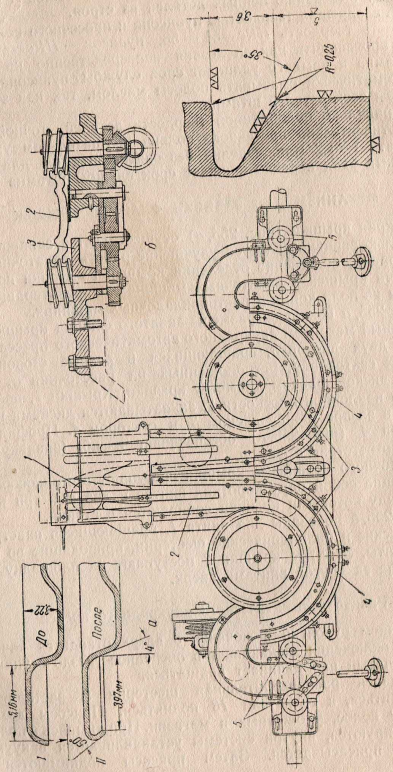


Рис. 255. Завивочный механизм автоматического пресса

Возвратно-поступательно движущийся транспортер пальцами подхватывает полосу и подает ее под штампы (как показано на рис. 253, *а*, *б*). При движении транспортера назад ползун опускается, отштамповывает крышку, затем поднимается. Ролики рычагов выталкивателей скользят по прямолинейным кулакам, рычаги поворачиваются, и поэтому крышки выталкиваются из пуансона и падают в желоб.

Падающая крышка захватывается вращающимися завивочными дисками, вводится ими в профильную канавку, благодаря чему край фланца крышки завивается и она выбрасывается в желоб стопкообразователя, где вращающиеся винты складывают крышки в стопки.

По окончании штампования полосы рычаг выбрасывателя отходит назад, затем быстрым движением вперед удаляет сетку из пресса.

Передаточное отношение зубчаток подобрано так, что распределительная шестерня делает один оборот на каждую отштамповываемую полосу, поэтому после каждой полосы цикл возобновляется.

На рис. 253, *а* и *б* показана схема подачи фигурных полос к штампам двухрядного пресса. Два штампа установлены на расстоянии t по горизонтали друг от друга. Подача полосы к штампам производится периодически на величину шага t_1. В начале и в конце штамповки полосы только один из двух штампов совершает рабочий ход. Поэтому если ползун делает n ходов в минуту, то фактическая производительность Q составит:

$$Q = \varphi 2 \cdot n,$$

где φ — коэффициент, учитывающий холостые удары каждого из двух штампов.

При штамповке двухрядной полосы, из которой отштамповывается 13 крышек, первый по ходу полосы штамп за два хода ползуна отштамповывает две крышки, а за следующие пять ходов ползуна оба штампа отштамповывают десять крышек. Затем, за следующий (восьмой) ход ползуна, второй штамп отштамповывает одну крышку. Таким образом, если бы не было полухолостых ходов ползуна, два штампа за восемь ходов ползуна отштамповали бы 16 крышек вместо 13. Для данного примера производительность двухрядного пресса увеличилась по сравнению с однорядным только на 62%.

Наладка пресса

Основная наладка пресса производится при переводе машины на другой размер крышки. При наладке заменяют следующие детали: установочную плиту, левый мостик, штампы и завивочные диски. Дополнительно переставляют пальцы реечного транспортера в соответствии с шагом вырубки, меняют положение стола подачи и увязывают положение рейки транспортера с положением штампов.

Из наиболее часто встречающихся неполадок в работе пресса можно отметить следующие:

1) вырубка с заусеницами при затуплении режущих частей штампа;
2) проштамповка мостиков при смещении пальцев транспортера;
3) удар штампа по падающей крышке при неправильной работе выбрасывателей;
4) смятие полос в магазине или сетки в правом мостике;
5) одновременное попадание двух полос на стол подачи;
6) застревание крышек в завивочном устройстве.

Опасным является застревание крышек в пуансоне, если выбрасыватель не срабатывает. Такое застревание может привести к поломке пуансона, повреждению коленчатого вала и даже к разрыву станины. Поэтому необходимо всемерно использовать автоматические предохранительные устройства и содержать их в надлежащем порядке.

Техническая характеристика

Производительность	до 250 концов в минуту
Потребная мощность	4,2 *квт*
Число оборотов приводного вала	100—150 об мин.
Максимальный диаметр высечки	120 *мм*
Ход ползуна	70 "
Максимальная ширина полосы жести	230 "
" длина " "	800 "
Габариты машин в плане	2750 × 2450 "
Вес машины	2,5 *т*

ПАСТОНАКЛАДОЧНЫЕ МАШИНЫ

Для создания герметичности двойного закаточного шва, на поле крышек и донышек наносят уплотняющую пленку из водно-аммиачной или каучуковой (бензиновой) пасты (состав паст приведен на стр. 456).

Паста наносится на поле концов в жидком виде, затем растворитель удаляется высушиванием, а на поле концов остается эластичная пленка.

На рис. 256, *а* показана крышка после заполнения поля пастой и высушивания. На этом же рисунке показано взаимное расположение сопла, крышки и пасты на поле крышки.

В жестянобаночном производстве применяются два типа пастонакладочных машин: одношпиндельные (рис. 256) и четырехшпиндельные (рис. 258). Одношпиндельные пастонакладочные машины изготовляют без сушильных устройств; их устанавливают отдельно. Четырехшпиндельные пастонакладочные машины выпускаются заводом им. Куйбышева в виде одного агрегата с сушилкой.

ОДНОШПИНДЕЛЬНАЯ ПАСТОНАКЛАДОЧНАЯ МАШИНА (рис. 256)

В пустотелой станине *1* находятся три горизонтальных вала и система зубчатых передач. Эксцентриковый диск *13* при помощи четырехзвенного рычажного механизма *14* приводит в возвратно-поступательное движение реечный транспортер *2*, который перемещает крышки из загрузочного магазина *4* на нижний патрон разливочного устройства *5* и затем в приемный магазин *7*.

Эксцентриковый диск *13* делает один оборот за цикл (на одну крышку). Система зубчатых колес приводит во вращение вертикально установленный шпиндель нижнего патрона, который одновременно совершает возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости. На патроне находится крышка во время заполнения ее поля пастой.

На столе машины закреплено основание загрузочного магазина *4* для крышек; в пазах магазина перемещается реечный транспортер *2*. Рядом с загрузочным магазином на кронштейне закреплено разливочное устройство *5* с соплом *6*, из которого паста подается на поле конца. Вслед за разливочным устройством на столе машины закреплены пружинящая прижимная планка *11* и приемный магазин *7* для концов.

На передней стенке станины укреплен корпус воздушного поршневого компрессора *8*, нагнетающего воздух в бак *9*, соединенный воздухопроводом с баком *10* для пасты. На трубопроводе, соединяющем бак *9* с баком *10*, установлен регулирующий клапан *15*, обеспечивающий постоянство давления воздуха в баке *10*.

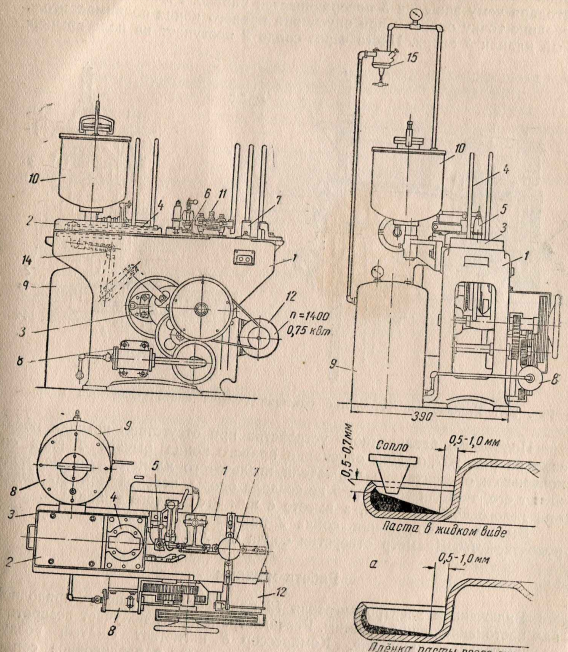


Рис. 256. Пастонакладочная одношпиндельная машина

Электродвигатель *12* укреплен на станине машины и клиноременной передачей приводит во вращение приводной вал пастонакладочной машины.

Разливочное устройство одношпиндельной пастонакладочной машины

Под давлением сжатого воздуха паста поступает по трубке *1* (рис. 257) в сопло *2*, закрытое игольчатым клапаном *3*. Резиновая мембрана *11* образует гибкую крышку клапанной камеры. Игольчатый клапан *3* поднимается рычагом *4*, который в зависимости от положения защелки *5* работает как рычаг первого или второго рода.

Правый конец рычага *4* во время работы машины движется вверх и вниз вертикальным стержнем *6*. Крышка *7*, поступившая на нижний вращающийся патрон *8* (рис. 257, *б*), слегка приподнимает прижим *9*, благодаря чему защелка *5* поворачивается вправо. Рычаг *4* приобретает посредине точку опоры и при опускании правого конца поднимает игольчатый клапан *3* вверх. Паста через сопло *2* поступает на поле крышки.

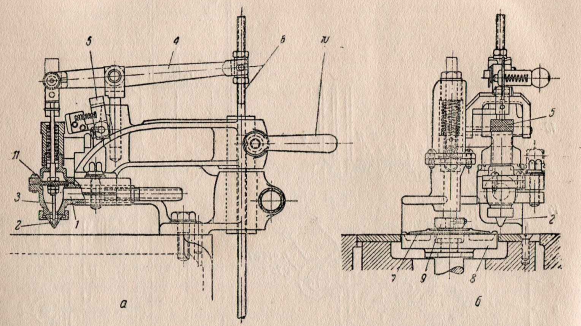


Рис. 257. Разливочное устройство одношпиндельной пастонакладочной машины

Положение разливочного устройства при отсутствии крышки показано на рис. 257, *а*. При опускании правого конца рычага *4* вниз он повернется относительно держателя игольчатого клапана, но не поднимет его, так как защелка *5* не создала опоры, необходимой для подъема левого конца рычага, а вместе с ним игольчатого клапана *3*.

Высота расположения сопла *2* над полем конца *7* регулируется рукояткой *10*. Диаметр отверстия сопла 0,8 *мм*.

Работа машины

Включением электродвигателя *12* приводят во вращение приводной вал пастонакладочной машины. Реечный транспортер получает возвратно-поступательное движение. Компрессор *8* нагнетает сжатый воздух в баки *9* и *10*, благодаря чему паста поступает в разливочное сопло, закрытое игольчатым клапаном (см. рис. 256).

В загрузочный магазин *4* вкладывают стопку крышек. При движении реечного транспортера назад (к приемному магазину *4*) рейки отсекают из стопки нижнюю крышку, которая падает на стол машины. Остальные крышки при этом несколько приподнимаются. При движении реечного транспортера вперед (к разливочному соплу) упавшая на стол крышка подхватывается реечным транспортером и переносится им на нижний патрон разливочного устройства. Вслед за этим нижний патрон поднимается, а крышка поднимает прижим разливочной головки. Как было указано при описании конструкции разливочного устройства, подъем прижима обеспечивает подъем игольчатого клапана и подачу пасты на поле крышки.

Так как сопло *6* находится над полем вращающейся крышки, то при подъеме иглы, перекрывающей отверстие сопла, паста выливается и наносится равномерно на всю поверхность поля крышки.

С момента открывания отверстия сопла крышка делает вместе с нижним патроном несколько более двух оборотов. Затем игольчатый клапан опускается и розлив пасты прекращается. Вслед за иглой опускается и нижний патрон.

Во время розлива пасты реечный транспортер движется назад. Как только розлив прекращается, транспортер меняет направление, подхватывает крышку с заполненным пастой полем и уносит ее вперед, одновременно подавая на патрон очередную крышку; после этого описанный цикл повторяется.

Пастированные крышки заталкиваются в приемный магазин, где они собираются в стопку. Из магазина стопка крышек периодически переносится вручную в камеру сушилки для удаления растворителя.

Техническая характеристика

Производительность	160 концов в минуту
Максимальный диаметр конца	113 *мм*
Минимальный " "	45 "
Потребная мощность	0,52 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	1100
ширина	1000
высота	1350

Наладка одношпиндельной пастонакладочной машины

Для перевода работы машины на заполнение пастой крышек, имеющих другие диаметры, заменяют следующие детали: магазин, нижний патрон и шайбу патрона. Рейки транспортера передвигают в поперечном направлении так, чтобы обеспечить правильное положение магазина в пазах основания. Кроме того, транспортер передвигают в продольном направлении настолько, чтобы в крайнем переднем его положении центр крышки совпадал с центром нижнего патрона.

Сопло располагают над полем крышки с таким расчетом, чтобы граница наносимого слоя пасты отстояла от стенки вытянутой части крышки на 0,8—1 *мм*. Конец сопла должен возвышаться над полем крышки на 1—1,5 *мм*.

Давление в баке для пасты зависит от ее вязкости и принимается равным:

для бензиновой пасты	0,6—0,7 *ати*,
для водно-аммиачной пасты	0,20—0,3 *ати*.

Пасту нужно наносить равномерным слоем на всю поверхность поля.

Высушивание пасты

Пасту подвергают высушиванию в непрерывно действующих сушилках канального типа.

Сушилка представляет собой камеру, внутри которой непрерывно движется широкий пластинчатый транспортер, выходящий за пределы камеры как с передней, так и с задней стороны сушилки. В местах входа и выхода транспортера в камере прорезаны проемы, закрываемые дверцами на пружинах.

Внутрь камеры вентилятором нагнетается воздух, нагреваемый электрическим калорифером. Температура воздуха, поступающего в сушилку, составляет 50—70°. Водно-аммиачная паста высушивается при температуре воздуха 50—60°, а бензиновая паста — при температуре воздуха 40—50°. Более высокие температурные режимы сушки приводят к образованию пузырьков в пленке, что недопустимо.

Загрузка и выгрузка крышек, уложенных в стопки, производятся вручную. По высоте стопки крышек паста высушивается неравномерно: верхние крышки интенсивнее соприкасаются с циркулируемым воздухом, чем нижние, поэтому высушивание пасты верхних крышек происходит интенсивнее, чем нижних, что является одним из главных недостатков сушилок этого типа.

ЧЕТЫРЕХШПИНДЕЛЬНАЯ ПАСТОНАКЛАДОЧНАЯ МАШИНА

Автоматическая четырехшпиндельная пастонакладочная машина (рис. 258 и 259) состоит из чугунной станины *1*, имеющей форму стола, на которой смонтированы: магазин *2* для концов, звезды *3* и *4*, подающие концы к разливочной головке *5*, и звезда *6*, подающая заполненные пастой концы в сушильный барабан *7*. Под станиной установлен цилиндрический бак *8* для пасты и компрессор *9*.

Воздух отсасывается вентилятором *10* из нижней части сушильного барабана *7* и после его подогрева в электрокалорифере *11* по трубе *12* поступает в верхнюю часть сушильного барабана. Часть отработанного воздуха отводится.

Воздух, нагнетаемый компрессором *9*, создает избыточное давление в баке *8*, благодаря чему паста по трубке *13* поднимается в распределитель *14* разливочной головки *5*; отсюда по четырем трубкам *15* паста поступает в сопла под давлением 0,7—1 *атм*.

Отверстие каждого из четырех сопел, диаметр которого равен 0,8 *мм*, перекрывается игольчатым клапаном. При отсутствии на нижнем патроне очередного конца (крышки) игольчатый клапан не поднимается и паста не подается.

После наполнения поля конца пастой, звезда *6* снимает его с нижнего патрона и передает в сушильный барабан *7*, где два вращающихся винта поднимают конец наверх.

Продолжительность пребывания концов в сушилке (продолжительность сушки) зависит от производительности машины и составляет 8—12 мин. при температуре воздуха $\sim 60°$. В сушильном барабане имеется восемь винтов, вращающихся вокруг своей оси и оси сушильного барабана. После подъема концов в верхнюю часть сушильного барабана они сбрасывателем *17* направляются в желоб *18*, спускаются вниз, где просматриваются и собираются в стопки.

Машина снабжена пультом управления. Она приводится в движение электродвигателем *19* при помощи клиноременной передачи *20* и червячного редуктора *21*.

Для перемешивания пасты служит мешалка *22*. Вентилятор *10* приводится в движение электродвигателем *23*.

Разливочная головка четырехшпиндельной пастонакладочной машины

На рис. 260 схематично показан бак *1* для пасты, компрессор *2* с приводом *3*, предохранительный клапан *4*, установленный на баке с пастой, пустотелый вал *5* и трубка *14*, по которой паста поступает в распределитель *6*; из распределителя паста по четырем трубкам на-

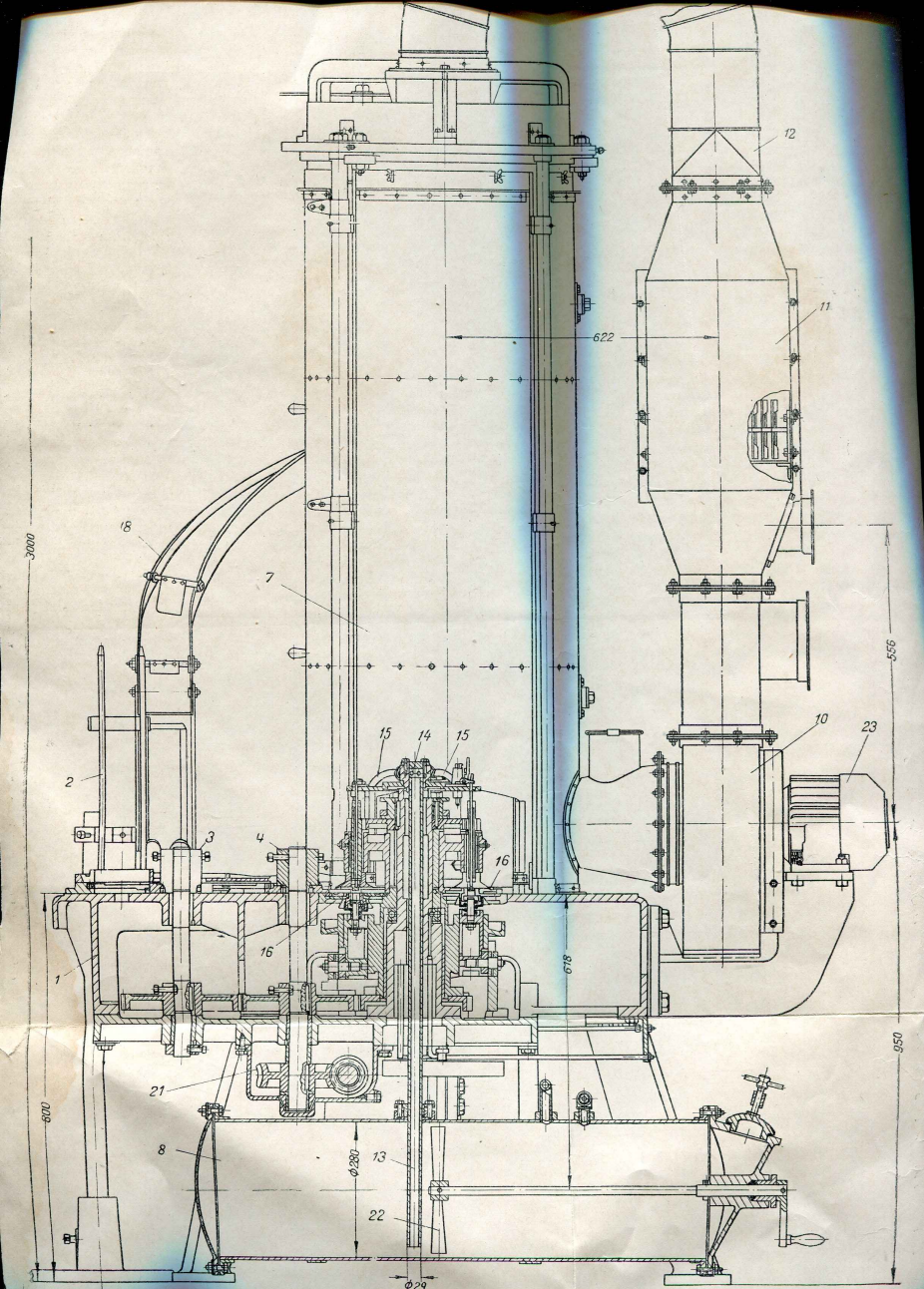


Рис. 258. Пастонакладочная четырехшпиндельная машина

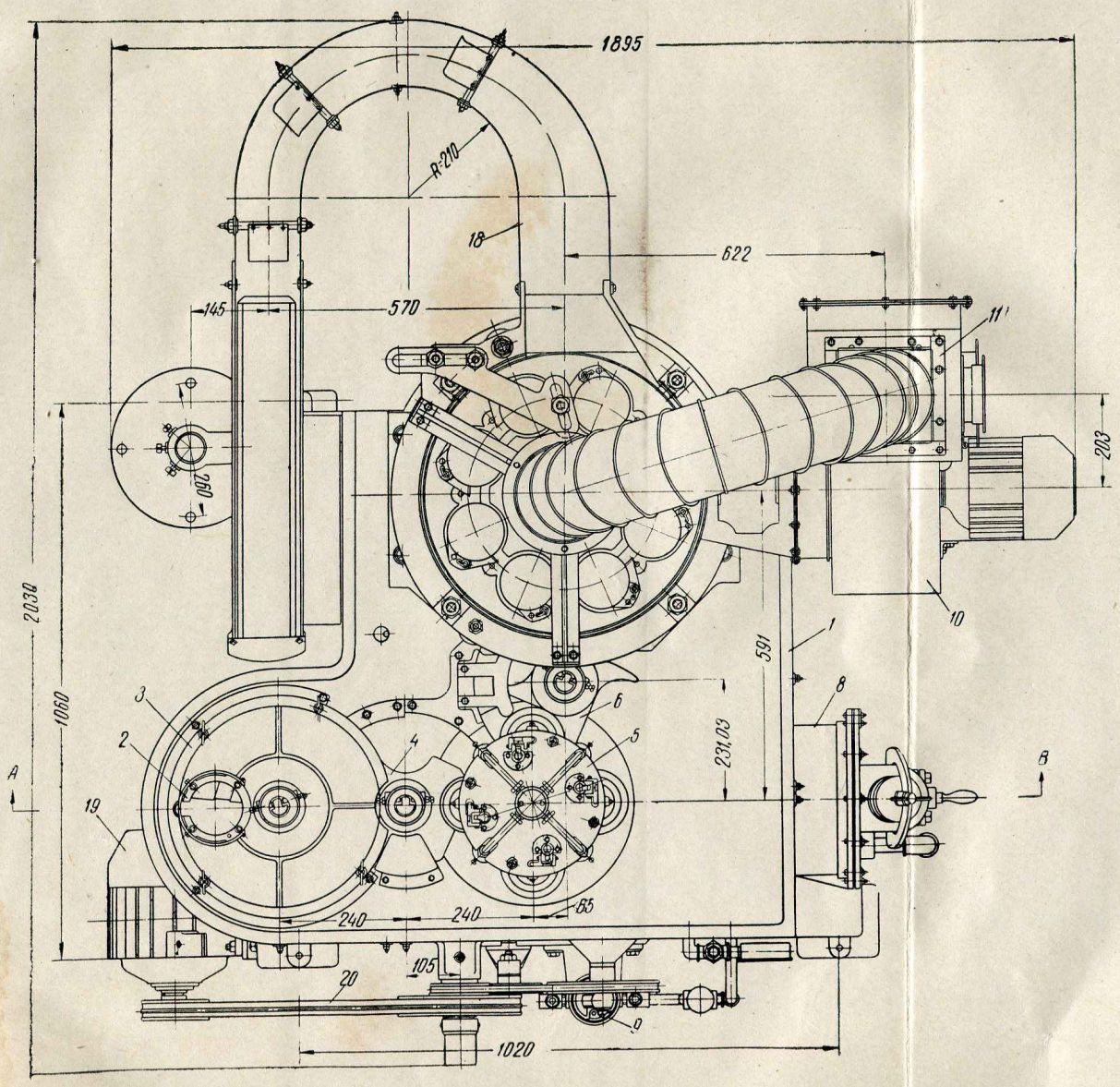


Рис. 259. Пастонакладочная четырехшпиндельная машина (план)

правляется в сопла *8*, отверстия которых перекрываются игольчатыми клапанами *7*.

Через отверстия в центре верхних патронов проходят вертикальные стержни *9*. Рычаг *12* подвешен к опорному стержню *11*. Один конец рычага *12* входит в паз неподвижного кулака *13*, второй конец рычага, снабженный развилкой, связан с игольчатым клапаном *7*.

Крышка, находящаяся на поднимающемся нижнем патроне, заставляет подняться вертикальный стержень *9*, который своим верхним концом отклоняет защелку *10*, благодаря чему опорный стержень *11* остается в верхнем положении. При этом рычаг *12* получает точку опоры и ведет себя как рычаг первого рода.

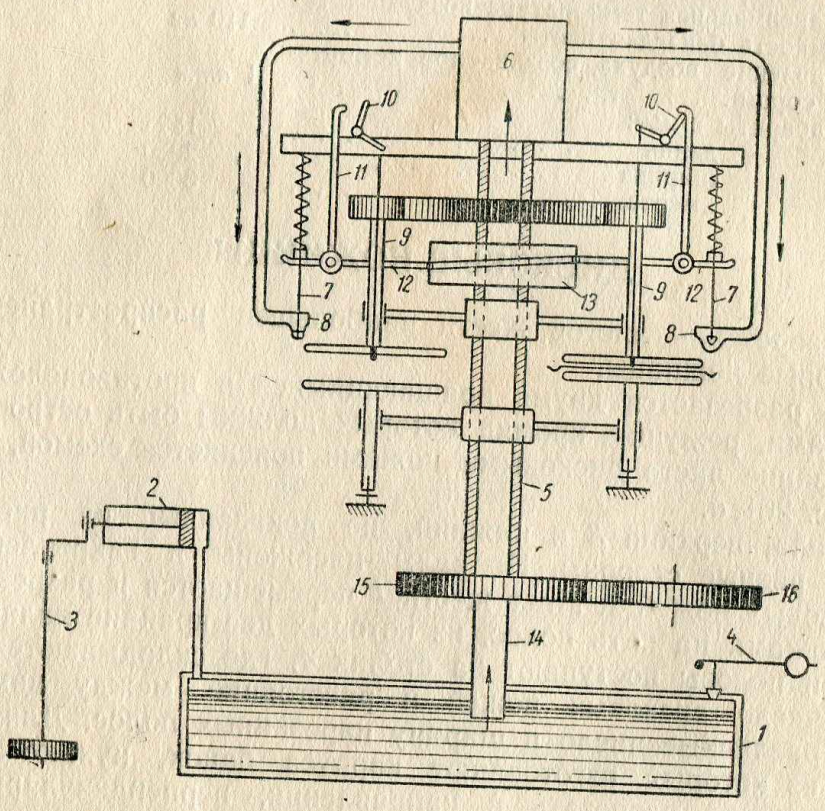


Рис. 260. Схема работы разливочного устройства четырехшпиндельной пастонакладочной машины

Когда конец рычага, находящийся в пазу кулака, отклоняется им вниз, второй конец рычага поднимается и заставляет подняться игольчатый клапан, вследствие чего паста подается на вращающееся поле конца. Если конец не поступил на нижний патрон, стержень *9* не поднимется, защелка не переместится и рычаг *12*, не имея точки опоры в своей средней части, работает как рычаг второго рода и не может поднять игольчатый клапан. Поэтому паста не подается.

При эксплуатации пастонакладочной машины необходимо следить за ее чистотой и не допускать засорения сопел. Перед пуском машины нужно в течение 10—15 мин. перемешивать находящуюся в баке пасту, чтобы сделать ее более однородной.

Паста должна заливать поле конца так, как показано на рис. 256, *а*. Количество заливаемой пасты зависит от давления воздуха, создаваемого компрессором, диаметра сопла, высоты подъема игольчатого клапана и вязкости пасты. Степень необходимого наполнения поля конца пастой определяется при регулировании машины.

Вес высушенной пленки пасты должен быть не менее 0,55—0,6 *мг* на 1 *мм* диаметра конца.

Техническая характеристика

Производительность	300 концов в минуту
Мощность электродвигателя	1,7 *квт*
Мощность электродвигателя вентилятора	1 »
Максимальная мощность, потребная для электрокалорифера	15 »
Производительность вентилятора	800 *м*³/*час*
Напор воздуха, создаваемый вентилятором	25 *мм* вод. ст.
Максимальная температура воздуха	70°
Емкость бака для пасты	110 *кг*
Давление воздуха, создаваемое компрессором	1 *атм*
Габариты в *мм*:	
длина	1896
ширина	2030
высота	3000

ДИСКОВЫЕ НОЖНИЦЫ

Для разрезания листов жести наибольшее распространение получили дисковые ножницы.

Жесть разрезается двумя вращающимися в противоположные стороны дисками, режущие кромки которых должны быть остро заточены.

Разрезание листа дисковыми ножами поясняется схемой, приведенной на рис. 261, *а*.

Два вала, верхний *3* и нижний, не показанный на рисунке, вращаются в разные стороны. На валы насажены и закреплены четыре пары дисковых ножей *2*. Лист жести *1* перемещается и разрезается дисковыми ножами на пять полос, из которых две крайние являются отходом, а три полосы поступают на столик *4*, где складываются стопками. Изменяя число дисковых ножей и расстояние между ними, можно получать различные число и ширину нарезанных полос. Для получения бланков, из которых изготовляют корпуса банок, нужно нарезанные полосы вторично разрезать в направлении, перпендикулярном линии первого разреза.

В автоматических линиях для разрезания листов жести на корпуса обычно устанавливают сдвоенные дисковые ножницы (рис. 261).

Лист жести укладывается рабочим на стол машины *2*. Каретка *7*, совершающая возвратно-поступательное движение, подает этот лист жести к дисковым ножам *3*, закрепленным на вращающихся в противоположных направлениях валах *4* и *5*. Обычно лист жести разрезается на четыре части; две крайние полоски шириной 3—5 *мм* являются отходом, а две средние используются как заготовки для нарезания бланков корпуса.

Нарезанные полосы поступают на стол *6*, где они захватываются пальцами *12* транспортера и подаются к валам *8* и *9*, на которых насажено несколько пар дисковых ножей *10*. Каретка *1*, транспортер и валы *8* и *9* дисковых ножей приводятся во вращение электродвигателем *11* мощностью 1,5 *квт*, а валы *4* и *5* дисковых ножей — электродвигателем *13*.

Чтобы образующиеся при обрезании кромки были направлены в одну сторону, верхний и нижний дисковые ножи должны быть установлены так, как показано на рис. 262, *а*.

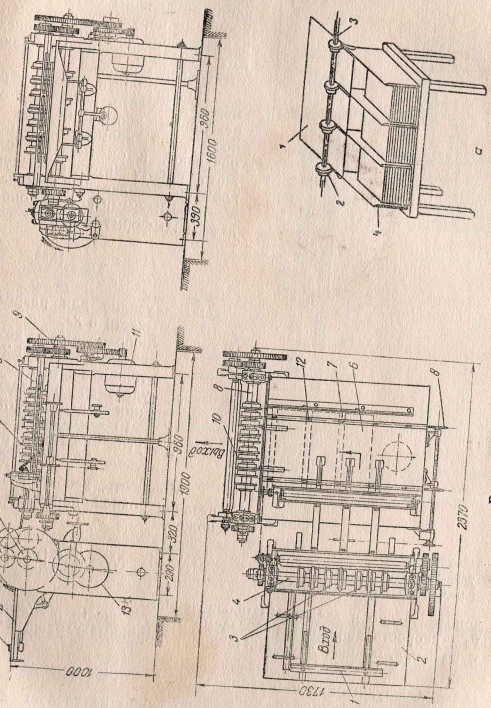


Рис. 261. Сдвоенные дисковые ножницы

Если нарезаются узкие бланки и ступицы, соединяющие диски с валами, не размещаются на валах, то ножи с дисками можно установить так, как показано на рис. 262, *б*. При этом кромки будут направлены в разные стороны.

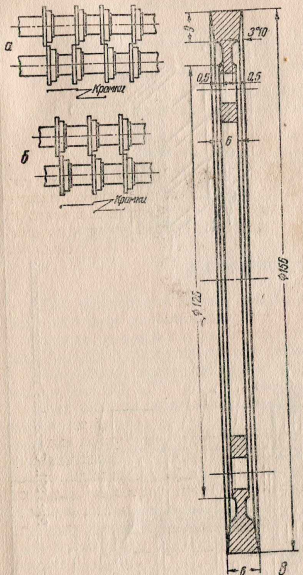


Рис. 262. Установка дисковых ножей и разрез по дисковому ножу

В магазине корпусообразующей машины нарезанные бланки корпусов должны быть уложены кромками наружу, т. е. в том же направлении, в котором происходит отгибание фланца в фланцеотгибочной машине.

На рис. 262, *в* показаны размеры дискового ножа с двумя режущими кромками. При износе одной кромки нож поворачивают, и он может продолжать работу второй режущей кромкой. Усилие для разрезания жести дисковыми ножами определяется по формуле:

$$P = \varepsilon \frac{\delta \rho}{2 \operatorname{tg} \varphi} \ [кг],$$

где: P — усилие для разрезания жести в *кг*;
ε — поправочный коэффициент, равный 1,2—1,8;
δ — толщина жести в *мм*;
ρ — удельная работа резания (для жести $\rho \leqslant 10$ *кгмм/мм*^{3});
φ — угол резания, равный около 5°.

Мощность, необходимая для резания одной парой дисковых ножей,

$$N = \frac{P v_0}{102 \eta} \ [квт],$$

где дополнительно к введенным обозначениям:
v_0 — скорость движения разрезаемого листа жести в *м/сек*;
η — к. п. д. привода дисковых ножниц; η принимают равным 0,6—0,7.

Обслуживание и регулирование дисковых ножниц

Для нормальной работы дисковых ножниц не следует допускать подачу листов жести с вмятинами, загибами и другими дефектами.

Расстояние между режущими кромками двух смежных дисковых ножей проверяется специальными шаблонами для каждого размера банок.

Вертикальное перекрытие дисковых ножей должно быть равно 1,5—2,0 толщинам жести, а горизонтальный зазор между ними практически устанавливается равным 0,1—0,15 толщины жести.

Техническая характеристика

Производительность при ручной подаче	до 30 листов в минуту
Максимально допустимый размер листа жести	760×530 *мм*
Потребная мощность	3 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	2370
ширина	1730
высота	1000
Вес машины	1500 *кг*

КОРПУСООБРАЗУЮЩИЕ МАШИНЫ

Образование корпуса банки является наиболее сложной и трудоемкой операцией. Корпус должен иметь правильную цилиндрическую форму, продольный шов корпуса должен быть прочным и плотным; не допускаются нарушения оловянного покрытия, особенно по продольному шву. Края корпуса должны легко отбортовываться на фланцеотгибочной машине.

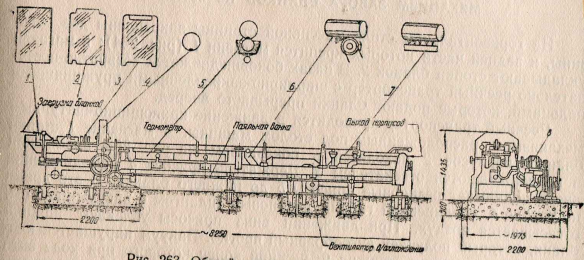


Рис. 263. Общий вид корпусообразующей машины

Автоматические корпусообразующие машины строятся трех типов:

1. Машины, в которых бланки предварительно провальцовываются, а последующие операции до склепа производятся с выпрямленным бланком.

2. Машины, в которых после провальцовывания бланка все операции с корпусом производятся в свернутом состоянии.

3. Машины, в которых бланк не вальцуется, а свертывание его в цилиндр производится лишь формующей станцией.

К числу последних принадлежит корпусообразующая машина, изображенная на рис. 263 и получившая широкое распространение.

Корпусообразующая машина (см. рис. 263) состоит из двух частей. В первой части изготовляется цилиндрический корпус и осуществляются предварительные операции. Во второй части продольный шов корпуса пропаивается, с него снимается излишек олова и он охлаждается.

Стопки бланков укладывают в приемный магазин *1*, откуда нижний бланк забирается вакуум-присосами и подается реечным транспортером, совершающим возвратно-поступательное движение, на вырубную стан-

цию *2*; здесь у бланка с правой стороны отсекаются два уголка, а с левой — делаются две прорези на расстоянии около 8 *мм* от краев бланка. После этого реечный транспортер перемещает бланк на станцию загиба *3*, где края бланка загибаются под углом 135° в противоположные стороны.

Следующая операция — формование цилиндрического корпуса и продольного шва — производится формующей станцией *4*.

Загнутые кромки корпуса смазываются паяльной жидкостью и реечным транспортером переносятся на патрон формующей станции. Здесь заготовка свертывается формующими крыльями в цилиндр, а загнутые края заготовки «застегиваются», как показано на рис. 267. Вслед за этим поднимающийся молот ударяет по загнутым кромкам, образуя замок продольного шва корпуса банки. Пальцами горизонтального цепного транспортера склепанный корпус перемещается вдоль паяльного вала *5*, где происходит пайка продольного шва. Диском *6* с продольного шва снимается излишек олова, шов охлаждается воздухом, подаваемым вентилятором *7*, после чего транспортер выводит готовый корпус из машины. Привод *8* корпусообразующей машины установлен на кронштейне сбоку машины.

МЕХАНИЗМ ЗАБОРА БЛАНКОВ ИЗ МАГАЗИНА

На горизонтальном столе массивной станины закреплены две боковины, к задней части которых крепится магазин *1* (рис. 264); в магазин укладывают стопки бланок *2*. В пазах боковин движется возвратно-поступательно реечный транспортер с шарнирно-закрепленными пружинящими пальцами, которые подают бланки прерывисто вперед.

Реечный транспортер приводится в движение кривошипно-шатунным механизмом, расположенным под столом машины. В магазине *1* стопки бланков корпусов *2* находятся в показанном на рис. 264 положении и поддерживаются отсекателем *3*. Держатель присоса *4* при движении вверх поднимает резиновые присосы *5* до нижнего бланка. В это время по трубке *6*, соединенной гибким резиновым шлангом с вакуум-насосом, отсасывается воздух. При движении вниз присосы увлекают нижний бланк, который получает дугообразный прогиб. Вакуум нарушается клапаном *8* при помощи стержня *9*, нижний конец которого при ходе вниз упирается в неподвижный регулируемый по высоте упор *10*, установленный на станине *7*. После нарушения вакуума пальцы реечного транспортера подхватывают отделенный от стопки бланк и переносят его на станцию отсечки углов и вырубки прорезей. При ходе вверх клапан *8* прижимается к седлу пружиной *11*. Механизм присосов приводится в движение кривошипно-шатунным механизмом.

МЕХАНИЗМ ДЛЯ ОТСЕЧКИ УГЛОВ И ВЫРУБКИ ПРОРЕЗЕЙ

В средней части боковин по обеим сторонам расположена станция отсечки углов и вырубки прорезей по краям бланка.

Разрез по механизму отсечки углов и вырубки прорезей показан на рис. 265. Поданный пальцами *1* реечного транспортера бланк *2* фиксируется на верхней плоскости боковин *3* при помощи фиксаторов *4*. Рабочие органы-пуансоны *5* крепятся к ползунам *6*, надетым на цилиндрические направляющие *7*. Ползуны приводятся в возвратно-поступательное движение тягами *8*, нижняя часть которых соединена с эксцентриками *9*, насаженными на продольные валы *10*. Под пуансонами непо-

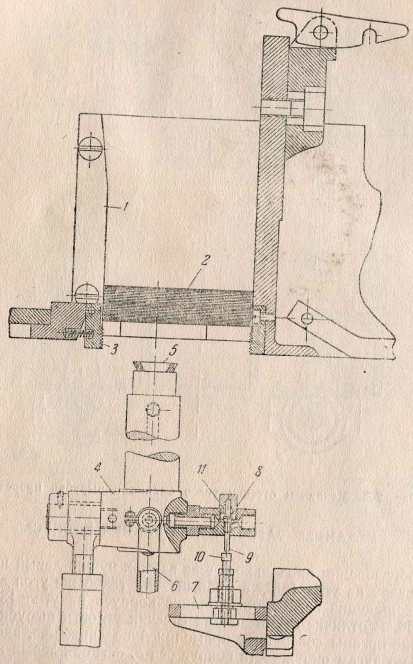


Рис. 264. Механизм забора бланков из магазина

движно укреплены матрицы. Правые пуансоны отсекают на краях бланка уголки, левые надрезают прорези. Ход пуансонов равен 20 *мм*. С каждой стороны установлено по два пуансона.

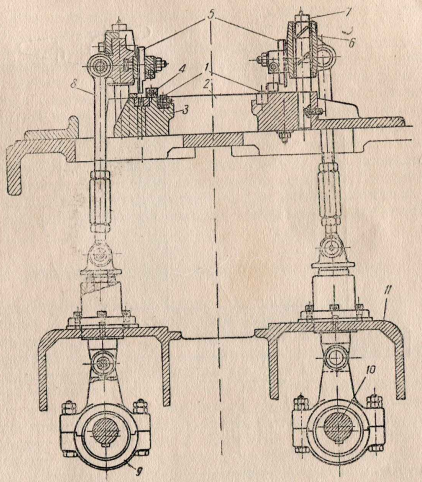


Рис 265. Механизм отсечки углов бланка и вырубки прорезей

МЕХАНИЗМ ЗАГИБА КРАЕВ БЛАНКА КОРПУСА

Для образования продольного шва взамок нужно левый край бланка отогнуть вверх на угол 135°, а правый — на такой же угол вниз. Механизм, совершающий загиб краев бланка корпуса на угол 135°, показан на рис. 266. В отличие от механизма отсечки углов и вырубки прорезей, где рабочие органы совершают прямолинейное движение, здесь планки *5* движутся по дугам окружности вокруг оси *6*, загибая левый край бланка корпуса *4* вверх, а правый — вниз. Чтобы планки *5* не отогнули края бланка на угол больше заданного, левый держатель *1* подводит к бланку прижим с упором *7*, наружная кромка которого спилена под углом $180° - \alpha$, где α — угол отгиба края бланка. Одновременно фиксируется бланк *4* на столе машины. С правой стороны упор *9* укреплен неподвижно.

Правый и левый держатели *1* перемещаются щекой *2* не жестко, а при помощи пружины *3*.

Тяги *12*, связанные своими нижними концами с эксцентриками *11*, а верхними — со щекой *2*, обеспечивают перемещение рабочих органов механизма. Продольные валы *10* являются продолжением валов, приводящих в движение механизм отсечки углов и вырубки прорезей.

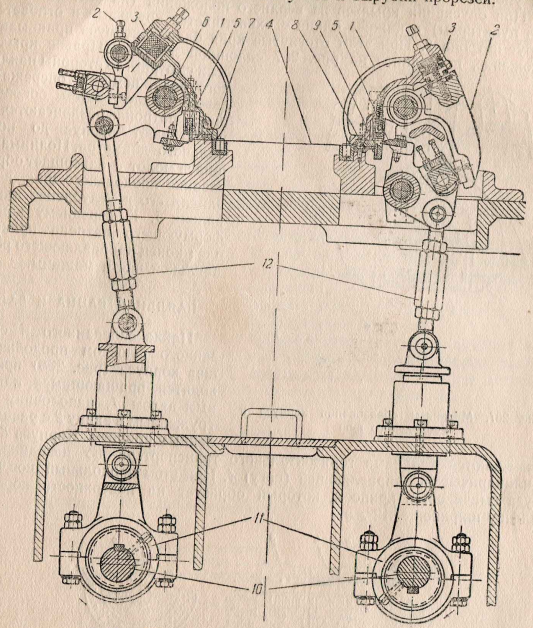


Рис. 266. Механизм загиба краев бланка

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ КОРПУСА И ПРОДОЛЬНОГО ШВА

Корпус с отогнутыми краями подается реечным транспортером в формующую станцию (рис. 267), которая состоит из формующих крыльев *1*, периодически охватывающих раздвижной формующий патрон *2*, и молота *3*, расположенного под формующим патроном. Внутри формующего патрона движется двусторонний клин-расширитель, предназначенный для раздвигания щек формующего патрона в момент склепывания корпуса.

В верхних пазах формующего патрона движется средний реечный транспортер с пальцами, переносящий склепанные корпуса на паяльную часть машины. В нижнем пазу формующего патрона вставлена наковальня, которая воспринимает на себя удар молота и придает продоль-

ному шву необходимую форму. Бланк *4* фиксируется на патроне прижимным упором.

При опускании крыльев из верхнего положения (на рис. 267 показано пунктиром) в нижнее бланк *4* охватывается крыльями и огибается вокруг патрона *2*. При этом отогнутые края бланка корпуса принимают положение, показанное на рис. 267 сплошной линией. (Правое крыло, если смотреть со стороны паяльного вала, немного опережает левое.) Вслед затем боковые щеки патрона раздвигаются и растягивают корпус до нормального диаметра. Поднимающийся молот *3* завершает образование продольного шва, вдавливая его в углубление наковальни *5*. К переднему концу формующего патрона прикреплен конец направляющего рога паяльной части машины.

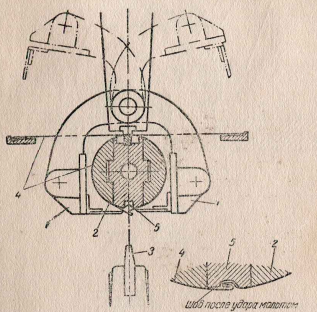


Рис. 267. Механизм образования корпуса и продольного шва

ПАЯЛЬНАЯ ВАННА И ВАЛ

Пайка склепанного и смазанного флюксом продольного шва корпуса (рис. 268) производится вращающимся паяльным валом *1*, наполовину погруженным в ванну *2* с расплавленным припоем. Корпуса *3* перемещаются пальцами горизонтального транспортера по неподвижной цилиндрической направляющей (рогу) *4*. При этом продольный шов корпуса смачивается припоем, который образует на поверхности корпуса пленку шириной ~ 12 *мм*.

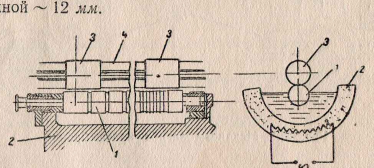


Рис. 268. Паяльная ванна и вал

Под дном ванны *2* смонтированы электронагревательные элементы, поддерживающие необходимую температуру расплавленного припоя во время работы машины. Температура расплавленного припоя не должна превышать 300° для белой жести и 280° для лакированной.

Передвижение корпусов по направляющему рогу *4* осуществляется пальцами горизонтального цепного транспортера.

Работа машины

После включения электродвигателя присосы доводятся до нижнего бланка стопки. Очередной бланк присасывается и движением присоса вниз получает дугообразный прогиб. После этого задние пальцы реечного транспортера подхватывают бланк и подают его из стопки к станции отсечки углов. Губчатые пальцы транспортера отводят каждый бланк несколько назад и фиксируют его относительно вырубного инструмента.

Ползуны опускаются, пуансоны отсекают уголки и делают прорези по краям бланка, после чего ползуны поднимаются, а реечный транспортер переносит бланк к станции загиба кромок.

После загиба кромок бланк переносится на формующий патрон. Передние губчатые пальцы доводят бланк до упоров; затем формующий патрон поднимается и фиксирует положение бланка. После этого крылья опускаются, огибают бланк вокруг патрона и застегивают его кромки. Как только крылья начинают подниматься, щеки патрона раздвигаются и молот ударяет по шву.

Склепанный корпус переносится средним транспортером вперед, ролики смачивают поверхность шва паяльной жидкостью, после чего корпус подхватывается цепным транспортером и проносится над валом паяльной ванны.

Вращающийся вал несет на себе тонкий слой расплавленного припоя. Прикасаясь к поверхности шва, припой прогревает шов и пропаивает его. Избыток припоя стирается непрерывно вращающимся матерчатым диском и сбрасывается в специальный ящик.

По окончании пайки корпус перемещается пальцами транспортера над диффузором, где он интенсивно обдувается воздухом.

У выносной станции палец толкает корпус вперед и отводит его с цепного транспортера. Освобожденный корпус падает на выносной транспортер и подается им в желоб поворотной станции, откуда готовый корпус поступает в приемную часть фрикционного элеватора.

Техническая характеристика

Производительность	до 200 корпусов в минуту
Максимальный диаметр корпуса	115 *мм*
Минимальный " "	50 "
Максимальная высота корпуса	125 "
Минимальная " "	50 "
Потребная мощность	4,8 *квт*
Потребная мощность для электронагрева паяльной ванны	25 *квт*
Число оборотов приводного вала 400 в минуту	
Габариты в *мм*:	
длина	8250
ширина	2000
высота	1500
Вес машины	4800 *кг*

ФЛАНЦЕОТГИБОЧНАЯ МАШИНА

Герметическое соединение корпуса с донышком осуществляется при помощи двойного закаточного шва, соединяющего фланец корпуса с донышком.

Назначением фланцеотгибочной машины является — осуществлять отбортовку фланцев корпуса при помощи двух рабочих органов — патронов (рис. 269, *а*).

Фланцеотгибочная машина (рис. 269) состоит из массивной чугунной станины *1*, на которой шарнирно укреплена плита с электродвигателем *2*, что обеспечивает возможность производить натяжение клиновидных ремней *3*. Цилиндрическими шестернями *4* вращение передается валу *5*, на котором укреплены два барабана *6* и *7*. Барабаны имеют по шесть

цилиндрических гнезд, в которые вставлены ползуны *8*. На одном конце ползунов закреплены рабочие органы машины — патроны *9*, на другом укреплены ролики *10*, движущиеся в пазах неподвижных кулаков *11* при вращении барабанов.

Поступающие по желобу *12* корпуса попадают в вырезы звездочки *13*. При вращении вала *5* корпус банки, лежащий в вырезе звездочки *12*, подвергается двустороннему сжатию патронами *9*. Войдя внутрь корпуса, патрон отгибает фланец в соответствии с профилем рабочей части патрона (рис. 269, *б*).

После поступления корпуса вал *5* поворачивается вместе с барабанами *6* и *7* на угол 180°, затем патроны *9* расходятся, и корпус с отогнутыми фланцами выпадает в желоб.

При переходе на другой размер корпусов, а также для регулирования положения патронов *9* левый барабан *7* можно перемещать штурвалом *14* и винтом *15* относительно правого барабана *6*.

Техническая характеристика

Производительность	200 корпусов в минуту
Максимальный диаметр корпуса	113 *мм*
Минимальный „	50 „
Максимальная высота „	175 „
Минимальная „	40 „
Число оборотов приводного шкива	357 в минуту
Потребная мощность	1,7 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	1590
ширина	700
высота	1340
Вес машины	1050 *кг*

ЗАКАТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Закаточные машины жестянобаночных линий отличаются от закаточных машин технологических цехов, описанных в гл. IX, главным образом более высокой производительностью.

В жестянобаночных линиях установлены двубашенные закаточные машины. Производительность такой машины в жестянобаночных цехах 150—160 банок в минуту. Для линии, производительностью 300 банок в минуту, необходимо установить две закаточные машины.

Для вновь строящихся жестянобаночных линий намечено заменить двухбашенную машину однобашенной шестишпиндельной.

Для уяснения работы и устройства однобашенной шестишпиндельной машины, имеющей производительность до 300 банок в минуту, рассмотрим упрощенную схему работы и кинематики машины (рис. 270).

В этой машине меньше цилиндрических шестерен, чем в двухбашенной, банки плавно перемещаются и не вращаются вокруг своей оси.

Механизм питания машины банками и крышками состоит из приемного стола *1*, сепаратора *2*, паука *3*, шнека *4* и звезды *5*.

По наклонному желобу корпуса поступают на приемный стол *1*; отсюда они направляются на второй стол сепаратора *2*, назначение которого заключается в установлении равных интервалов между корпусами. Стол сепаратора *2* имеет диаметр, в полтора раза больший, чем диаметр приемного стола, при одинаковом с приемным столом числе оборотов.

Интервалы получаются в результате работы разделительных дисков.

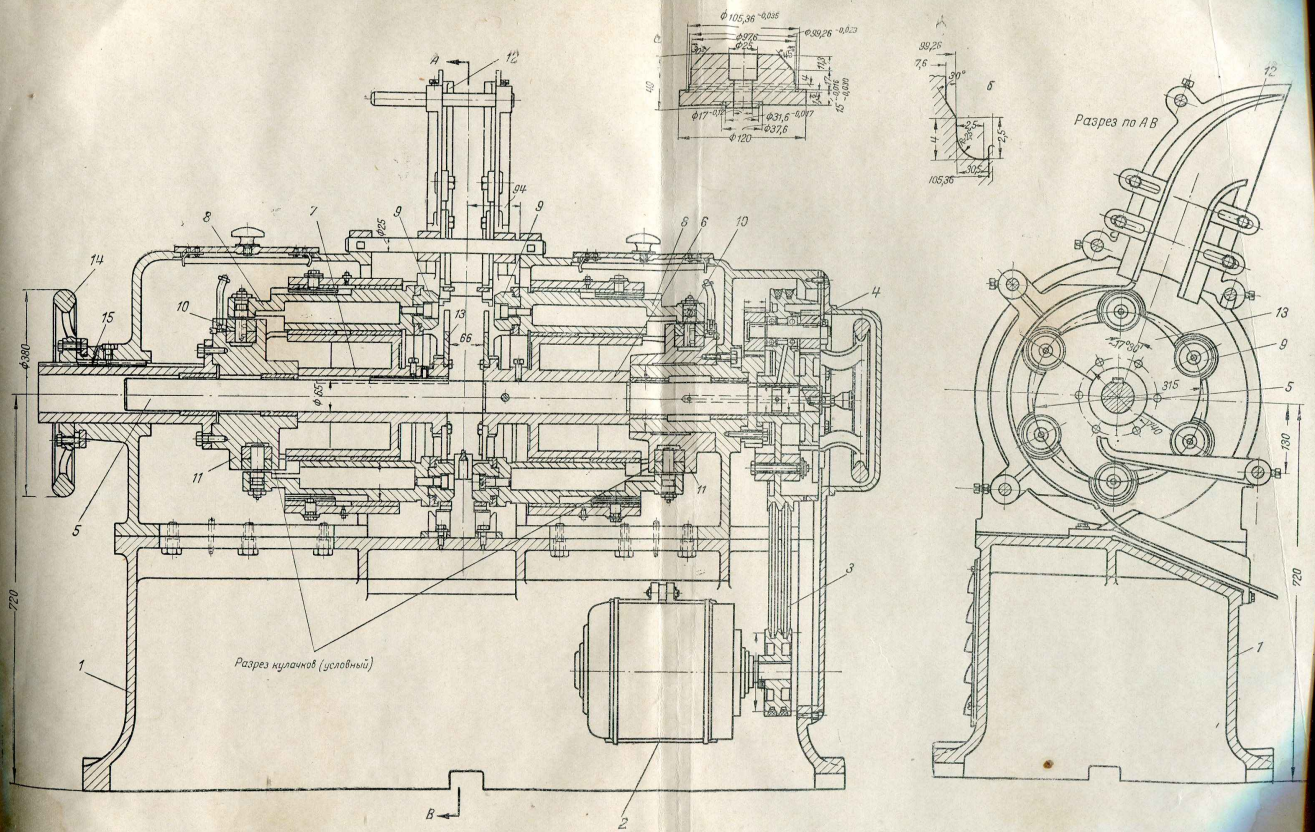


Рис. 269. Фланцеотгибочная машина

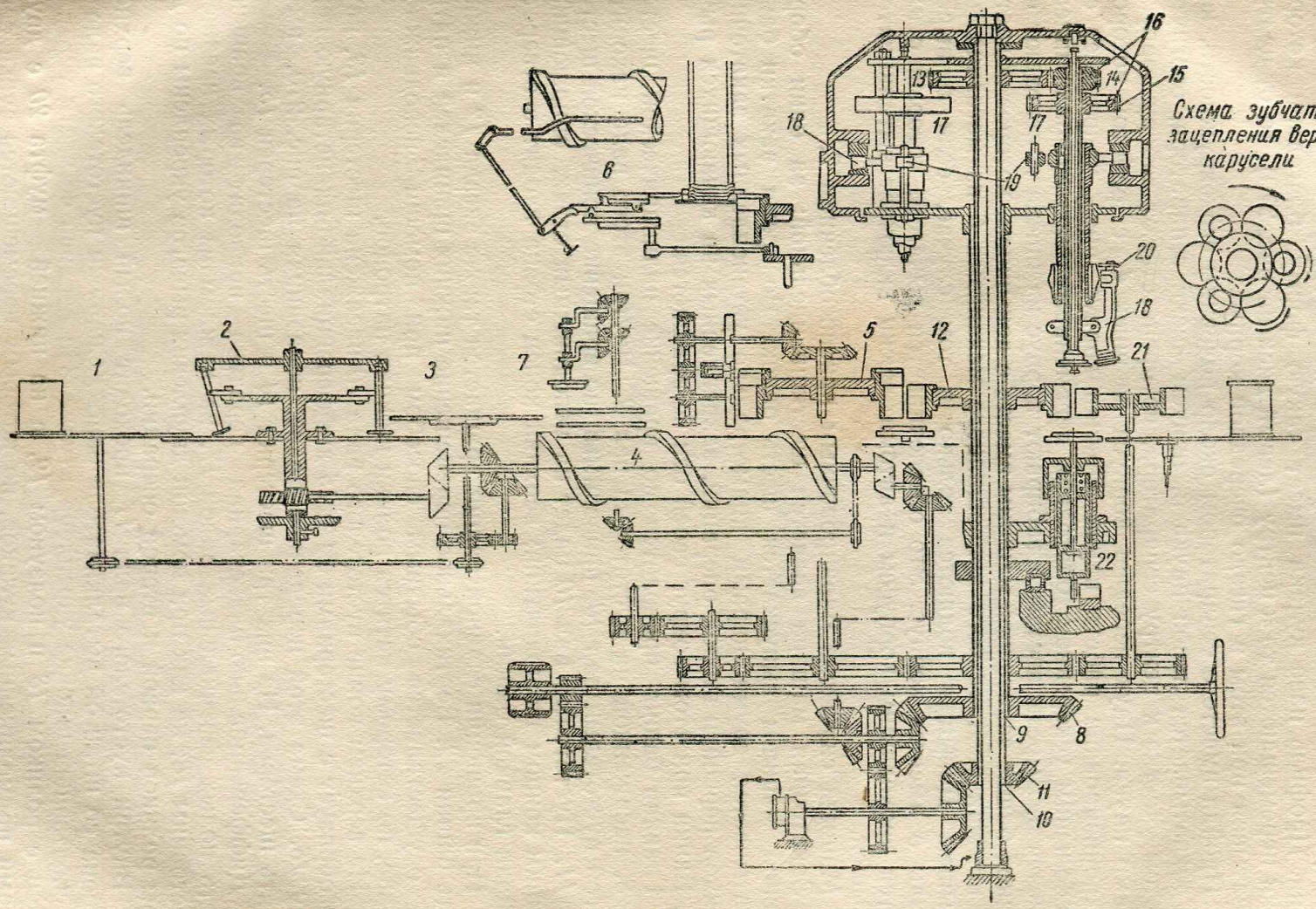


Рис. 270. Схема шестишпиндельной однобашенной автоматической закаточной машины

образующих попарно гнезда для размещения корпусов. Сепаратор имеет 14 разделительных дисков, которые насажены на нижних концах рычагов, качающихся в радиальном направлении. Такое движение рычагов осуществляется с помощью шарового ролика, имеющегося на верхнем конце рычага, и неподвижного кулака, в паз которого заходит шаровой ролик. Профиль паза кулака имеет такую форму, благодаря которой диски перемещаются то к центру (левый диск на рис. 270), то от центра, захватывая при этом в гнездо очередной корпус.

Пройдя вместе с сепаратором около половины его окружности, корпус захватывается лапой паука *3*, причем диски сепаратора, отогнутые на этом участке к центру сепаратора, не препятствуют забору корпусов лапами паука. Паук передает корпуса на шнек *4*, с работой которого синхронизирована работа паука. Приняв корпус, шнек направляет его с небольшим ускорением, благодаря переменному шагу спирали шнека, к звезде *5*. Вырезы звезды *5* забирают корпус из шнека и передают его главной башне закаточной машины вместе с донышком, которое подается при помощи специального кривошипного механизма *6* из магазина для донышек. Донышки подаются только в том случае, если в вырезе звезды *5* имеется корпус. Это обеспечивается рычагом, который отклоняется проходящим корпусом и автоматически включает выталкиватель донышек.

Машина снабжена маркировочным приспособлением *7*.

Закаточная машина является шестишпиндельной; за один оборот главной машины выпускается шесть банок. Во время закатки банка обкатывается двумя парами диаметрально установленных закаточных роликов первой и второй операций, закрепленных на качающихся рычагах. Банка при этом вокруг своей оси не вращается.

Главная башня приводится во вращение цилиндрической шестерней *8*, насаженной на пустотелый вал *9*. Внутри этого вала находится другой пустотелый вал *10*, приводимый во вращение конической шестерней *11*. Пустотелый вал *10* надет на неподвижный стояк, опирающийся нижним концом на подпятник; верхний конец стояка входит в отверстие крышки главной башни.

При вращении главной башни вращается также звезда *12* и нижняя часть башни *22*. Вертикальное перемещение нижних шпинделей и патронов осуществляется обычным способом при помощи неподвижного кулака, по которому катятся ролики нижних патронов.

На верхнем конце пустотелого вала *10* насажена шестерня *13*, которая образует с шестернями *14* и *15* дифференциально-планетарную передачу *16*. Схема этой передачи в плане, показанная на рис. 270, имеет девять шестерен. Из них три шестерни *14* и шесть шестерен *15*.

Дифференциально-планетарная передача приводит во вращение шесть полых вертикальных валов *17*, на каждом из которых насажены крестовины *18*; на них при помощи двуплечих рычагов укреплены по две пары роликов первой и второй операции.

Внутри пустотелого вала *17* проходит полый шпиндель верхнего патрона со штангой выталкивателя банок. Снаружи пустотелого вала *17* на скользящей шпонке укреплена втулка. На верхней ее части укреплен палец с роликом *18* и ползуном *19*, а на нижней — муфта *20* с двумя парами прямолинейных кулаков, по которым перемещаются зубья верхней части рычага — роликодержателя.

Благодаря соответствующему профилю паза, в который входит ролик *18* пальца, втулка, а вместе с ней и муфта *20* движутся вверх и вниз, осуществляя подвод и отвод закаточных роликов, вращающихся вокруг банки. Профиль прямолинейных кулаков муфты *20* выполнен таким образом, что сначала подводятся два ролика первой, а затем два ролика второй операции. Ролики и кулаки вращаются с одним и тем же числом оборотов. Поэтому зубья рычагов роликодержателей перемещаются относительно фигурных кулаков по прямой линии.

Закатанные банки, пройдя с главной башней около $^2/_3$ окружности, снимаются звездой *21* и выводятся из машины.

На рис. 271 приведена циклограмма, характеризующая работу и взаимосвязь отдельных элементов главной башни машины. Циклограмма составлена для одного оборота башни, разделенного на 32 равные части. Нулевая точка соответствует моменту совпадения центров звезд съема банок и главной башни.

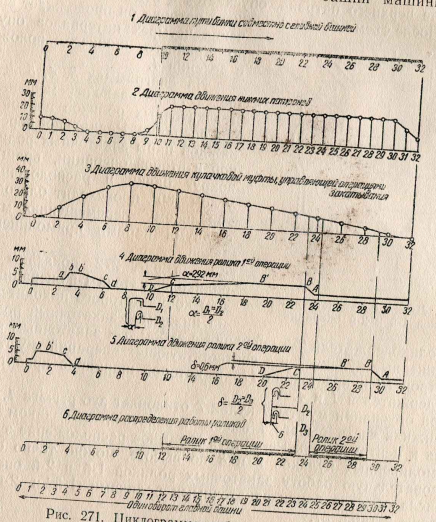


Рис. 271. Циклограмма работы главной башни

На рис. 271 (диаграмма *1*) показано, что банка начинает движение совместно с главной башней на ее нижнем патроне с деления *10* и заканчивает его в делении *32*, т. е. в нулевом положении, проходя вместе с башней около 0,7, точнее 0,693 полного оборота башни.

Диаграмма *2* показывает, что подъем нижнего патрона главной башни начинается с деления *8*, причем в момент окончательной установки башни на нижний патрон он поднимается на 14 *мм*, или 54%. Полный подъем нижнего патрона на 26 *мм* соответствует делению *11*. Эта диаграмма дает также представление о движении нижних патронов без банки.

При наличии корпуса нижний патрон будет подниматься только до тех пор, пока донышко, лежащее на корпусе, не упрется в верхний

Нижний шпиндель, а вместе с ним и ролик, катящийся по неподвижному кулаку *22* (рис. 270), продолжает подниматься вверх на полную высоту своего подъема — 26 *мм*, но на банку этот подъем будет передаваться только в виде увеличения давления пружины.

Опускание нижнего патрона начинается с деления *30*, т. е. за $^{2}/_{32}$ или $^{1}/_{16}$ часть оборота башни до момента съема банки концевой звездой.

При опускании нижнего патрона пружина, прижимающая банку к верхнему патрону, разжимается. Затем выталкиватель, находящийся в шпинделе верхнего патрона, опускается и отделяет банку от верхнего патрона. После съема банки с нижнего патрона он продолжает еще в течение четырех интервалов опускаться до крайнего нижнего положения — в делении *4*.

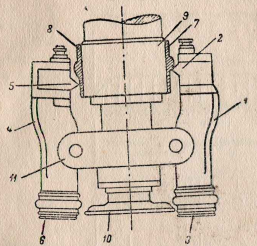


Рис. 272. Держатели закаточных роликов 1-й и 2-й операций

На диаграммах *3*, *4*, *5* и *6* (см. рис. 271) показано перемещение муфты и закаточных роликов первой и второй операции. Радиальное перемещение каждой пары закаточных роликов первой и второй операции, вращающихся вокруг банки и расположенных под углом 180°, происходит благодаря вертикальному перемещению муфты *20* с двумя парами прямолинейных кулаков.

На рис. 272 показаны рычаг *1* роликодержателя 1-й операции, на верхнем конце которого находится зуб *2*, а на нижнем — закаточный ролик *3*, рычаг *4* роликодержателя 2-й операции с зубом *5* и закаточным роликом *6*, прямолинейные кулаки *7* и *8* соответствующих операций, муфта *9*, верхний патрон *10* и крестовина *11*, к которой шарнирно крепятся рычаги роликодержателей *1* и *4*.

При опускании муфты *9* кулак *7* отклоняет зуб рычага *1*, благодаря чему нижняя часть рычага *1* вместе с закаточным роликом *3* перемещаются к центру банки. Регулируя взаимное расположение зубьев *2* и *5* и прямолинейных кулаков *7* и *8* по высоте, можно точно согласовать последовательную работу закаточных роликов 1-й и 2-й операций.

Числа обкатов банки закаточными роликами 1-й и 2-й операций приведены в табл. 57.

Таблица 57

Операции	Число обкатов				Всего	Процент к общему числу обкатов
	рабочих	%	отделочных	%		
Первая	5,80	72	2,30	28	8,10	70
Вторая	2,08	60	1,38	40	3,46	30
Итого . . .	7,88	68	8,68	32	11,56	100

МАШИНЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ БАНОК

В жестянобаночных цехах применяются два типа машин для испытания герметичности жестяных банок: неавтоматические водяные для выборочной проверки и автоматические воздушные для массовой проверки герметичности банок.

Работа неавтоматических испытательных машин состоит в том, что испытуемые банки наполняют сжатым воздухом и опускают их в водяную ванну. При негерметичности банок, что имеет место при негерметичности продольного или поперечного шва, воздух пузырьками выходит из банки. Рабочий, обслуживающий машину, направляет такую банку в брак.

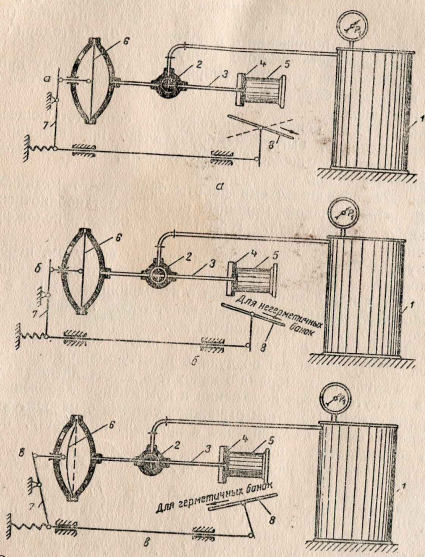


Рис. 273. Схема работы машины для проверки герметичности жестебанок

При работе автоматических машин для испытания герметичности банок также требуется банки заполнять сжатым воздухом. Если банка герметична, давление сжатого воздуха, находящегося в банке, не меняется за время испытания; если же банка негерметична, то часть воздуха теряется, что вызывает снижение давления оставшегося в банке воздуха.

Чувствительный элемент — мембрана, замеряющая давление в банке после испытания, реагирует на очень незначительные изменения давления. При помощи усиливающего устройства, работающего от постороннего источника энергии, чувствительный элемент воздействует на бракующий механизм, направляющий герметичные банки по одному пути, а негерметичные — по другому.

Указанный принцип работы поясняется рис. 273.

Сжатый воздух подается компрессором в бак *1*, откуда он поступает в распределитель воздуха *2*. В положении *а* происходит наполнение банки *5* сжатым воздухом, поступающим в нее по трубке *3* в отверстие резинового патрона *4*, плотно прижатого к фланцу банки.

Внутренний конус распределителя *2*, медленно вращаясь по часовой стрелке, приходит через 20—30 сек. в положение *б*. При этом банка оказывается соединенной с мембраной *6*, зажатой между фланцами камеры, правая часть которой соединена с распределителем *2*, а левая — с наружным воздухом. Если из банки за время испытания (перехода внутреннего конуса из положения *а* в положение *б*) благодаря ее негерметичности удалена часть сжатого воздуха, то давление оставшегося воздуха не в состоянии выгнуть мембрану влево. Поэтому при отходе резинового патрона *4* банка попадет в желоб *8*, а из него — в сборник негерметичных банок.

На рис. 273, *в* показано положение, соответствующее герметичной банке, которая, выгнув мембрану влево при помощи системы рычагов *7*, устанавливает желоб *8* в положение, при котором герметичные банки отводятся в склад.

На рис. 274 показана схема работы бракующего механизма автоматической испытательной машины новых жестянобаночных линий. Положение *а* соответствует герметичной банке, положение *б* — негерметичной.

Испытуемая банка *2*, заполненная сжатым воздухом, перемещается вместе с подвижным конусом *1*; после окончания испытания банка соединяется трубкой *4* при помощи канала в неподвижном конусе с полостью под мембраной *5*. Мембрана представляет собой тонкий металлический диск диаметром 75 *мм* и толщиной 0,1 *мм*.

Давление воздуха под мембраной *5* перед соединением с банкой равно начальному давлению воздуха в испытуемой банке. Под воздействием этого давления мембрана *5* находится до соединения ее с объемом банки *2* в выгнутом вверх положении и компенсирует давление пружины на мембрану сверху. При этом рычажная система *6* находится в положении, обеспечивающем ее сцепление с крючком ползуна *7*, перемещающегося в вертикальной плоскости.

Под воздействием растянутой пружины *8* ползун *7* стремится опуститься.

На вращающемся валике *9* насажен кулак *10* с двумя пальцами — внутренним *11* и наружным — *12*. Кулак поднимает при помощи ролика *13* ползун *7*. В зависимости от положения ползуна *7* находящийся в его нижней части выступ *14* действует либо на внутренний палец *11*, либо на наружный *12*.

Если банка герметична (рис. 274, *а*), то при соединении внутренней полости банки с полостью под мембраной *5* давление на нее не изменится, поэтому ползун *7* будет находиться в верхнем положении. При подходе внутреннего пальца *11* к выступу *14* на ползуне *7* палец переместится влево, поднимет защелку *15*, освободит рычаг *16*, который благодаря пружине *17* займет положение, показанное на рисунке. При этом система рычагов *18* создаст мостик *19*, по которому банка *2* попадет в желоб *20* герметичных банок.

Рассмотрим, что произойдет при негерметичной банке *2а* (рис. 274, *б*).

Давление воздуха в негерметичной банке в конце испытания становится меньше испытательного давления, под которым сжатый воздух подается в банку и под мембрану. Поэтому при соединении подмембранной полости с полостью негерметичной банки, общее давление будет

меньше испытательного. Под воздействием пружины мембрана опустится, связь между системой рычагов *6* и ползуном *7* нарушится, и под воздействием пружины *8* ползун быстро опустится; выступ *14* заставит переместиться влево наружный палец *12*, который воздействует на короткое плечо рычага *16* и обусловит положение системы рычагов *18*, показанное на рис. 274, *б*. Банка *2а* попадет в нижний желоб *21* для негерметичных банок.

После того как движущийся вместе с кулаком *10* палец *12* выйдет из соприкосновения с коротким плечом рычага *16*, последний останется в том же положении и будет удерживаться защелкой *13*. Так как кулак *10* делает два оборота для испытания одной банки, то во время второго оборота система рычагов *6* и *18* принимает положение, соответствующее

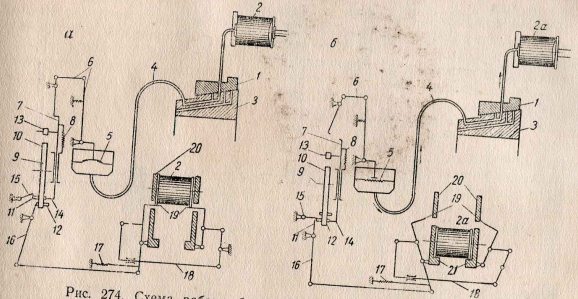


Рис. 274. Схема работы бракующего механизма автоматической испытательной машины

герметичной банке, как показано на рис. 274, *а*. Таким образом, подмембранный объем дважды соединяется с источником сжатого воздуха на каждую испытуемую банку. Первое соединение производится для создания необходимого испытательного давления, второе для возвращения системы в положение, обеспечивающее сцепление с крючком ползуна *7* после прохождения негерметичной банки.

Для уяснения последовательности процессов, протекающих в бракующем механизме автоматической машины для испытания герметичности жестяных банок, рассмотрим рис. 275, где на фиг. *а* и *в* приведена циклограмма, а на фиг. *б* показан кулак *10* (рис. 274) с двумя пальцами — внутренним и наружным.

Из циклограммы работы испытательной машины, отнесенной к одному обороту ее вала, на котором насажены диски с 40 патронами для банок, следует, что продолжительность собственно испытания и отбраковки негерметичных банок занимает относительно небольшой отрезок времени *А*.

За этот период кулак *10* делает два оборота, и в развернутом виде движение сопряженного с ним ролика ползуна *7* описано кривой (рис. 274, *а*).

Если принять начало подачи воздуха в подмембранный объем за исходное положение, при котором угол

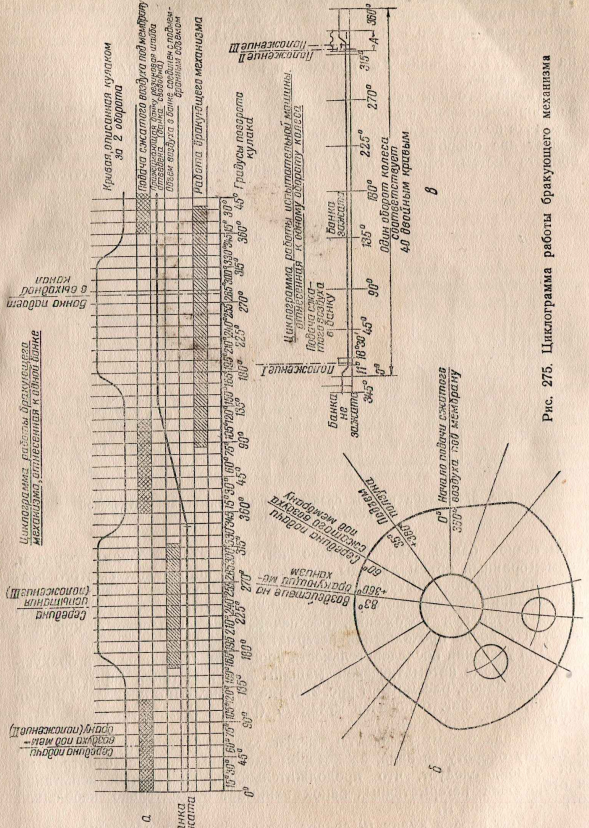


Рис. 275. Циклограмма работы бракующего механизма

из сопоставления фиг. *а* и *б* можно проследить последовательность процессов, происходящих при испытании каждой банки.

Во время первого оборота кулака *10* сжатый воздух поступает под мембрану (подпрессовка); при этом угол поворота кулака равен 120°; при повороте кулака на 160° начинается собственно испытание. В этот момент канал неподвижного конуса *3* соединяет подмембранный объем с внутренним объемом банки. Продолжительность соединения указанных объемов определяется продолжительностью поворота кулака на угол 160°. Таким образом, после поворота кулака на угол 320° испытание герметичности заканчивается.

После поворота кулака на угол 340° начинается освобождение банки, до того прижатой к диску резиновым патроном. В это время благодаря наличию внутреннего и наружного пальцев на кулаке *10* начинает действовать система рычагов, связанных с описанным механизмом отбраковки. Во время второго оборота кулака, когда он поворачивается на угол 140°, банка полностью освобождается от зажима, а при дальнейшем повороте кулака на 280° банка выпадает в механизм отбраковки, положение которого зависит от того, герметична банка или нет.

Во время второго оборота кулака под мембрану снова подается сжатый воздух для того, чтобы возвратить систему в первоначальное положение.

Разрез по бракующему механизму в положении, соответствующем герметичной банке, показан на рис. 276. Звездочка *1* приводит во вращение валик *9*, на котором укреплен кулак *10* с двумя пальцами *11* и *12*. При каждом обороте валика *9* ползун *7* поднимается выступом *13*, катящимся по рабочей поверхности кулака *10*. При этом ползун подвешивается на крючок рычажной системы *6*. К нижней части ползуна прикреплен выступающий толкатель *14*, воздействующий в зависимости от положения ползуна по высоте на палец *11* или на палец *12*.

Мембрана *5* зажата на прокладке между корпусом *3* и фигурной гайкой *8*. Над мембраной находится плунжер *21* с уширенным основанием, прижимаемый к ней пружиной; степень сжатия пружины регулируется гайкой *17*. Верхний конец плунжера *21* при выгибании мембраны вверх под давлением воздуха, поступающего по трубе *4*, воздействует на винт *19*, связанный с первым коротким плечом рычажной системы *6*. Винтом *18* можно регулировать высоту подъема плунжера *7*, а винтом *20* — величину отклонения длинного плеча рычага *16*. Защелка *15* пружиной *22* отклоняется вниз и в случае негерметичной банки удерживает короткий конец рычага *16* в вертикальном положении.

Все детали бракующего механизма смонтированы внутри чугунного корпуса *2*.

Для увеличения чувствительности бракующего механизма объем воздуха под мембраной должен быть минимальным. При этом падение давления в негерметичной банке будет максимальным.

Общее давление воздуха, устанавливающееся после соединения подмембранного объема с объемом банки, может быть определено по формуле:

$$P = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_1 + V_2},$$

где: P_1 — давление воздуха под мембраной в *кг/см²*;
P_2 — давление воздуха в банке в конце испытания в *кг/см²*;
V_1 — объем воздуха под мембраной и в соединительной трубке в *см³*;
V_2 — объем воздуха в банке и в соединительной

Мембрана должна реагировать на изменение давления, равного для негерметичной банки:

$$\Delta P = P_1 - \frac{P_1V_1 + P_2V_2}{V_1 + V_2} \ [кг/см^2].$$

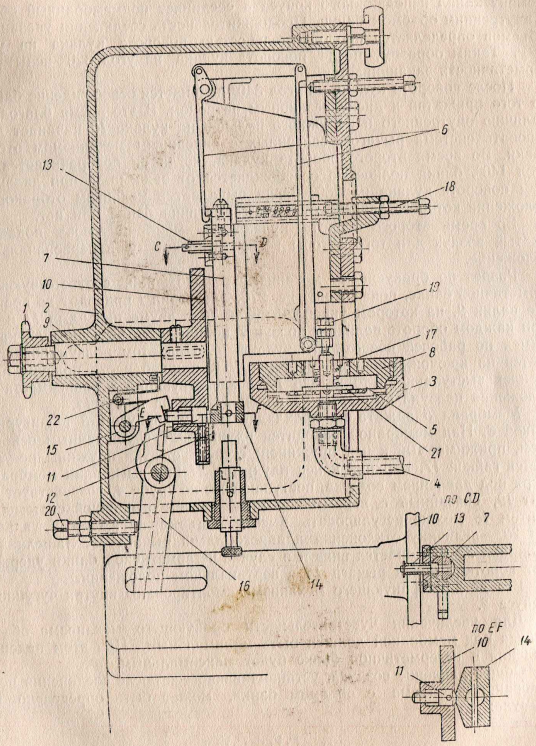


Рис. 276. Разрез по бракующему механизму

Если банка герметична, то $P_1 = P_2$ и

$$\Delta P = P_1 - \frac{P_1V_1 + P_1V_2}{V_1 + V_2} = 0.$$

Бо́льшая часть автоматических машин для испытания герметичности банок удовлетворительно отбраковывает лишь банки с грубой негерметичностью.

Негерметичные банки, теряющие за 1 мин. 60 $см^3$ воздуха, не отбраковываются машиной. Научно-исследовательскими институтами продовольственного машиностроения и консервной промышленности ведутся исследования по улучшению работы автоматических испытательных машин за счет замены централизованной системы проверки герметичности банок (при одной мембране) децентрализованной системой, при которой каждый патрон имел бы свою мембрану. Проводятся также работы по замене избыточного давления в банке во время испытания ее герметичности вакуумом.

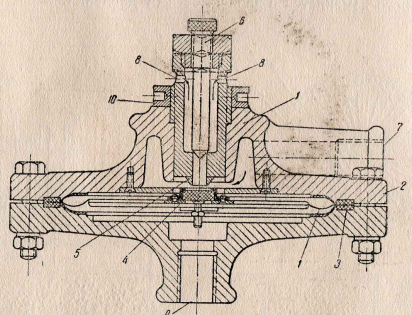


Рис. 277. Регулятор давления воздуха системы инж. Еленича

Указанные мероприятия наряду с уменьшением утечки воздуха через неплотности должны повысить чувствительность испытательных машин и обеспечить отбраковку банок, теряющих 4—5 $см^3$ воздуха в минуту.

Повышение чувствительности испытательных машин может создать необходимые условия для уменьшения продолжительности испытания с 20—30 до 10—15 сек.

Неточность работы описанного бракующего механизма объясняется также колебаниями давления сжатого воздуха, поступающего в машину.

Для точного регулирования давления сжатого воздуха инж. Еленичем предложен автоматический регулятор (рис. 277), состоящий из мембраны *1*, зажатой при помощи резиновых прокладок *3* между фланцами корпуса *2* регулятора.

К мембране в центре прикреплен резиновый диск-клапан *4*. Сжатый воздух поступает в верхнюю полость регулятора через отверстие *7*. Нижняя полость регулятора соединена при помощи патрубка *9* с баком, в котором давление воздуха не меняется.

Так как на мембрану *1* действует разность давлений воздуха в верхней и нижней полости, то положение мембраны зависит от величины этой разности давлений.

Если давление сжатого воздуха, проходящего через регулятор давления, выше заданного, то мембрана прогибается вниз, при этом увеличи-

для выпуска излишнего воздуха, и часть воздуха уходит из регулятора через отверстие *8*, а остаток воздуха, доведенный до необходимого давления, направляется в испытательную машину (на рис. 277 отвод воздуха не показан).

Если же давление сжатого воздуха, поступающего в регулятор ниже необходимого, то мембрана выгибается вверх, уменьшая зазор или совсем закрывая отверстие для выхода сжатого воздуха в атмосферу; при этом давление воздуха, поступающего в испытательную машину, повышается.

Для нормальной работы регулятора давление сжатого воздуха, поступающего в регулятор, должно быть выше испытуемого давления. При этом всегда через отверстие *8* будет выходить сжатый воздух, количество которого изменяется в зависимости от давления.

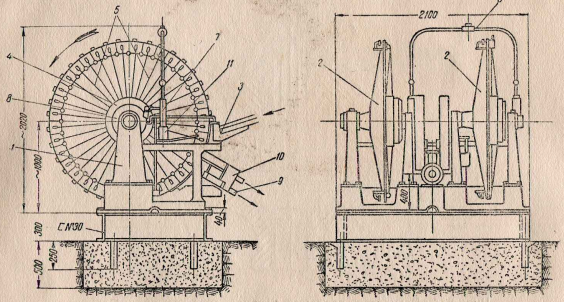


Рис. 278. Автоматическая испытательная машина

Регулирующий винт *6* служит для тонкой регулировки давления воздуха, для грубой регулировки служит гайка *10*, при помощи которой изменяется положение отверстия *5* по высоте.

Производственные испытания этого регулятора показали, что давление воздуха, поступающего в машину, регулируется им с большой точностью.

Общий вид автоматической машины для испытания герметичности жестяных банок показан на рис. 278.

На чугунной станине *1* смонтированы два рабочих колеса *2*, к которым прикреплено по 40 гнезд; в них поступают банки из желоба *3*. Вместе с колесами вращаются наружные конусы *4*, имеющие 40 радиальных каналов, к которым присоединены 40 резиновых трубок *5*, подводящих сжатый воздух к банке, зажатой в момент подачи воздуха между гнездом и металлическим патроном, облицованным резиновой шайбой.

Подаваемый компрессором сжатый воздух по трубопроводу *6* проходит через фильтр *7* и поступает в неподвижный конус *8* с радиальным каналом, по которому сжатый воздух последовательно подается в радиальные каналы наружного конуса *4* в момент их заполнения. Заряженная сжатым воздухом банка перемещается вращающимся рабочим колесом к желобам *9* и *10*. При этом внутренний объем банки отсоединен от окружающего воздуха. Через 30—35 сек. внутренний объем банки соединяется со вторым каналом неподвижного конуса, соединенным с подмембранным объемом бракующего механизма *11* (описание работы бракующего механизма было приведено выше). Негерметичные банки выходят по желобу *9*, герметичные — по желобу *10*.

Эксплуатация машин для испытания герметичности показала, что нормальная работа их зависит от следующих основных факторов: 1) точности отрегулирования бракующего механизма; 2) постоянства давления сжатого воздуха; 3) плотности притирки неподвижного и подвижного конусов; 4) плотности прижима банки к резиновому патрону; 5) чистоты воздуха.

Для проверки работы машины периодически в нее подают негерметичную банку, которая должна быть направлена машиной в желоб для бракованных банок. Если же она попадает в желоб для герметических банок, то нужно отрегулировать бракующий механизм.

Техническая характеристика

Производительность	100—120 банок в минуту
Испытательное давление воздуха	0,8 *атм*
Допустимые диаметры банок	50—100 *мм*
Допустимые высоты банок	45—125 *мм*
Продолжительность нахождения сжатого воздуха в банке перед подачей его под мембрану бракующего механизма	34 сек.
Мощность электродвигателя	1,2 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	2100
ширина	2100
высота	2020
Вес	4800 *кг*

СТАНОК ДЛЯ ПРОВЕРКИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЖЕСТЯНЫХ БАНОК

Для выборочного контроля герметичности жестяных банок после автоматической испытательной машины служит ручной станок.

Станок (рис. 279) состоит из металлической ванны *1*, наполняемой водой, качающегося рычага *2* с противовесом *3*, держателя *4*, куда укладывают банки *5*, шлангов *6*, по которым воздух поступает из распределителя (крана) *7*, и рычагов *8*, *9*, *10* *11*, *12*, приводимых в движение педалью *13*. При нажиме на педаль рычаги *9*, *10*, *11* и *12* поднимаются, а левый конец качающегося рычага *2* опускается в воду вместе с двумя банками, зажатыми между патронами *14* и *15*. Патроны *14* прижимают банки открытой стороной к облицованным резиной патронам *15*, в центре которых имеются отверстия, соединенные с резиновыми шлангами *6*. После зажима банок между патронами *14* и *15* распределитель *7* открывает доступ сжатого воздуха, который поступает по трубкам *16* и шлангам *6* в банки.

Если банка негерметична, то из нее выходят пузырьки воздуха, которые заметны невооруженным глазом. Рабочий, обслуживающий станок, отбраковывает такие банки, отмечая мелом место, откуда вытекали пузырьки воздуха. (В большинстве случаев такие банки могут быть исправлены пайкой.)

После прекращения нажима на педаль система рычагов возвращается в первоначальное положение при помощи пружины *17* и противовеса *3*.

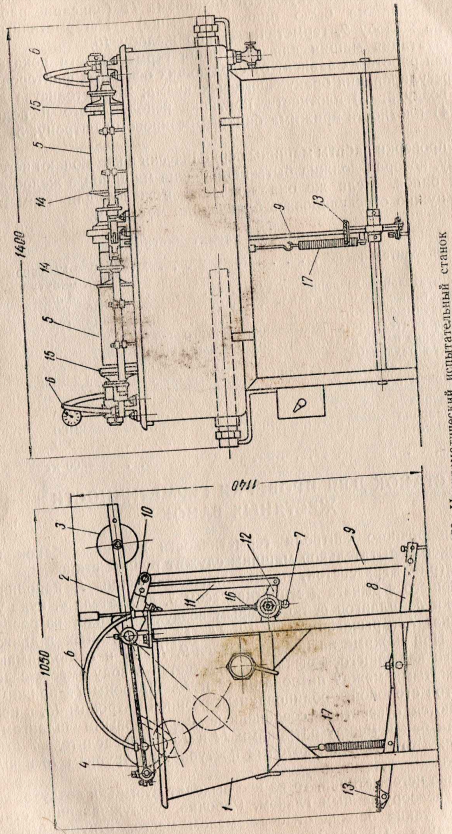


Рис. 279. Неавтоматический испытательный станок

Техническая характеристика

Производительность	около 800 банок в час
Диаметр банок	от 50 до 113 *мм*
Высота банок	до 250 *мм*
Давление воздуха	0,6—0,8 *ати*
Габариты в *мм*:	
длина	1400
ширина	1050
высота	1140

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ЖЕСТЯНОБАНОЧНЫХ МАШИН

Для безопасного обслуживания машин жестянобаночного производства необходимо соблюдать такие правила:

1. Перед началом работы должны быть установлены все предусмотренные для данной машины ограждения.

2. Перед пуском машины в работу нужно убедиться в том, что в ней нет посторонних предметов, а при обслуживании машины двумя рабочими — предупреждать о включении электродвигателя.

3. Не касаться руками движущихся механизмов.

4. Не снимать и не надевать приводных ремней во время работы машины.

5. При заточке дисковых ножей не стоять против вращающегося карборундового диска.

6. Баллоны со сжатым воздухом для испытательных машин должны быть снабжены предохранительными клапанами.

7. При внезапном прекращении подачи электроэнергии выключать электродвигатель.

Кроме приведенных правил, нужно при работе пастонакладочных машин на бензиновой пасте соблюдать требования пожарной безопасности. Во время работы нужно интенсивно отсасывать газы из-под колпака, установленного над паяльной частью корпусообразующей машины, и из сушилки для пастированных концов.

ТЕХНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖЕСТЯНОБАНОЧНЫХ ЛИНИЙ

На консервных заводах установлены жестянобаночные линии различных типов. В настоящее время заводом имени Куйбышева изготовляются автоматические жестянобаночные линии, состав которых был приведен на рис. 249.

Новые жестянобаночные линии (НИИПРОДМАШ завод имени Куйбышева) имеют значительные преимущества по сравнению с линиями Нагема и завода имени М. И. Калинина, что видно из табл. 58.

Из таблицы видно, что производительность линии Нагема составляет 150 банок в минуту, линии завода имени М. И. Калинина — 200 банок и производительность новой линии — 300 банок в минуту.

В новой линии общее число машин уменьшается до 16 против 22 в линии Нагема и 21 в линии завода имени М. И. Калинина.

Соответственно уменьшается и число рабочих. Вместо 17 человек, обслуживающих линию Нагема, и 12 человек — линию завода имени М. И. Калинина, для обслуживания новой линии требуется 8 человек.

Таблица 58

Машины	Производительность в изделиях в минуту		Число машин в линии			Число основных рабочих мест			Занимаемая площадь в $м^2$			Вес в кг			Мощность электрооборудования в кет		
	линия Гатсена	линия закоа имени Калинина	новая жестяночная линия закоа имени Куйбышева	линия Гатсена	линия закоа имени Калинина	новая жестяночная линия закоа имени Куйбышева	линия Гатсена	линия закоа имени Калинина	новая жестяночная линия закоа имени Куйбышева	линия Гатсена	линия закоа имени Калинина	новая жестяночная линия закоа имени Куйбышева	линия Гатсена	линия закоа имени Калинина	новая жестяночная линия закоа имени Куйбышева	линия Гатсена	линия закоа имени Калинина	новая жестяночная линия закоа имени Куйбышева
Фигурные ножницы	60	70	До 180	1	1	1	2	1	1	4,65	4,65	8,43	2650	2250	4200	1,2	2,0	4,4
Пресс для крышек	250	180	300	2	2	2	2	1	1	4,56	4,66	4,6	2500	2270	2200	2,2	2,5	3,8
Пастонакладка с сушильной печью	160	300	300	3/2	2	2	1/1	1	1	6,75 / 1,43 / 2	2,56	2,56	480 / 750	1700	1700	1,0	6,0	До 17,7
Дисковые ножницы	До 400	300	До 720	1	2	1	2	1	—	4,1	1,91	9,6	1600	1110	4000	2,2	0,8	4,4
Корпусообразующая машина	150	200	300	1	1	1	1	1	1	16,5	12,16	15,1	4800	4500	5500	29,0	22,0	До 26
Отборговочная машина	300	350	350	2	2	1	1	1	1	1,1	1,94	1,0	950	929	1000	1,0	1,5	1,7
Испытательная машина	120	160	300	2	1	1	—	—	—	4,4	4,36	4,4	5000	3660	4000	2/6	2,5	3,8
Закаточная машина	120	160	300	2	2	1	1	1	1	2,1	1,87	2,78	1635	1200	1990	2,2	2,2	3,8
Фрикционные подъемники	300	350	350	4	6	4	—	—	—	0,22	0,3	0,3	300			0,6	0,5	0,5
Транспортные устройства	300	350	350	1	1	1							1000	2560	2000	—	—	—
Всего по линии	150	180–200	300	22	21	16	17	12	8	62	51	56,8	33400	30100	30460	74	54	До 89
				компл.	компл.	компл.												

Примечание. В графе „Мощность электрооборудования" цифра в числителе относится к машине, в знаменателе — к компрессору.

К строке „Пастонакладка с сушильной печью" цифры в числителе относятся к машине, в знаменателе — к сушилке.

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЬНОШТАМПОВАННЫХ ЖЕСТЯНЫХ БАНОК

Показанные на рис. 246, *б*, *в*, *г*, *д* цельноштампованные банки изготовляются на полуавтоматическом оборудовании. В отличие от автоматической линии производства составных цилиндрических банок, имеющей высокую производительность и развитую систему транспортных устройств, производительность полуавтоматического оборудования цеха производства цельноштампованных банок, состоящего из перечисленных в табл. 59 машин, составляет 25—30 банок в минуту. Полуавтоматическое оборудование для производства жестяных цельноштампованных банок применяется на заводах, имеющих небольшую производительность и вырабатывающих главным образом рыбные консервы.

Для производства цельноштампованных жестяных банок не нужны корпусообразующие машины и машины для испытания герметичности банок.

Из одной машины в другую изделия передаются вручную или простейшими видами транспорта (вагонетки, гравитационные роликовые транспортеры и др.). В табл. 59 приведены краткие технические данные и производительность машин для производства цельноштампованных банок.

Таблица 59

Название и назначение машин	Число машин	Техническая мощность в минуту	Мощность электродвигателя в кет	Габариты в мм			Вес в кг
				длина	ширина	высота	
Дисковые одинарные ножницы для разрезания жести на полосы	1	30 листов	1,1	1500	1300	1175	875
Гильотинные ножницы для разрезания жести на полосы	1	120 ходов ползуна	0,55	1600	1550	1010	400
Эксцентриковый пресс мощностью 63 *т* для штамповки цельнотянутых банок	2	45	3,3	1360	1775	2200	2750
Эксцентриковый пресс, мощностью 31,5 *т* для штамповки крышек	2	150	1,5	—	—	—	1600
Завивочный станок со стопкособирателем для круглых крышек	2	150	1,1	1050	620	1240	500
Завивочный станок для фигурных крышек	2	—	—	—	—	—	—
Пастонакладочная машина для круглых крышек	1	150	0,55	1100	1000	1350	800
Сушилка для пастированных крышек	1	150	1,0	3035	980	1865	750
Станок для маркировки крышек	1	110	0,55	1250	620	1240	—

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ БЕЛОЙ ЖЕСТИ

Количество отходов белой жести после раскроя, штамповки концов, резки на фигурных и дисковых ножницах достигает значительных вели-

чин. Если учесть также бракованные изделия и ржавые листы жести, то утилизация олова из отходов жести приобретает большое значение.

Для утилизации олова из отходов белой жести чаще всего применяют электролитический способ съема олова, при котором выход олова в процентах к весу отходов белой жести составляет от 1,2 до 2%. При этом способе применяют кислотные и щелочные электролиты.

Для получения олова из отходов белой жести осуществляют три основные операции: подготовку отходов к электролизу, электролиз и обработку катодного осадка.

Подготовка отходов жести заключается в прессовании их в пакеты весом по 25—30 *кг*. Выступающие из пакета куски жести срезают во избежание коротких замыканий в электролитных ваннах.

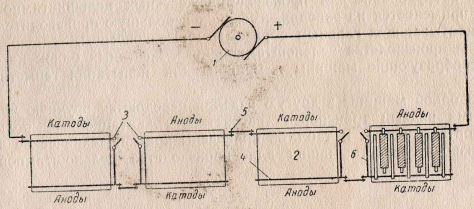


Рис. 280. Схема включения ванн для электролиза

Электролиз производится в металлических ваннах, установленных на фарфоровых изоляторах, а технологические трубопроводы присоединены при помощи резиновых шлангов. Электролитом чаще всего служит раствор едкого натра. Для приготовления электролита растворяют 100—110 *кг* каустической соды в 1 *т* воды. Затем в ванны загружают пакеты с отходами жести. Перед включением тока в растворе должно быть не менее 3—5 *г* олова на 1 *л* раствора.

На рис. 280 показана в плане схема включения ванн (для электролиза) в сеть постоянного тока низкого напряжения, вырабатываемого динамомашиной *1*. Из динамомашины электрический ток направляется к шинам крайних ванн *2*. Ванны соединены последовательно. В каждой ванне находится по две шины *4*.

К положительным шинам присоединены пакеты с отходами, которые являются анодами; к отрицательным шинам присоединены стальные листы-катоды, расположенные с двух сторон пакетов с обрезками.

Рубильники и переключатели *3, 5, 6* служат для выключения отдельных ванн из общей цепи.

Электролиз ведется при напряжении на клеммах ванн от 1,5 до 3,0 *в* и плотности тока до 130 *а* на 1 *м*² площади катода. Температура электролита во время электролиза 75—80°.

При циркуляционной схеме электролит можно подогревать в напорном бачке при помощи змеевиков, обогреваемых паром. Продолжительность электролиза — от 3 до 6 час. В результате электролиза на катодах собирается губчатое олово, которое тщательно промывают с целью удаления щелочи и хранят в стальном баке, наполненном водой.

Перед плавкой губчатое олово брикетируют в гидравлических прессах до удельного веса брикета 5,5—6 *кг/дц*³ и после этого его плавят

в тиглях при температуре 350—400°. При плавлении выделяется зола, которая собирается на поверхности; ее снимают сетчатым черпаком.

Оставшееся в тиглях металлическое олово сливают в подогретые формы и получают чушки олова весом около 15 *кг*.

Выход олова при электролизе составляет 85—90% от количества его, содержащегося в отходах. Расход электроэнергии на получение 1 *т* олова из отходов белой жести составляет около 5300 *квт-час*.

КОНТРОЛЬ В ЖЕСТЯНОБАНОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Для нормальной эксплуатации жестянобаночного оборудования нужно систематически (5—6 раз в смену) пооперационно контролировать основные размеры изделий, производимых машинами жестянобаночных линий.

Для этой цели применяются специальные калибры и шаблоны.

КОНТРОЛЬ РАЗМЕРОВ КОНЦОВ

На рис. 281, *а* показан калибр для измерения диаметра выштампованного конца. Калибр представляет собой диск с двумя углублениями цилиндрической формы.

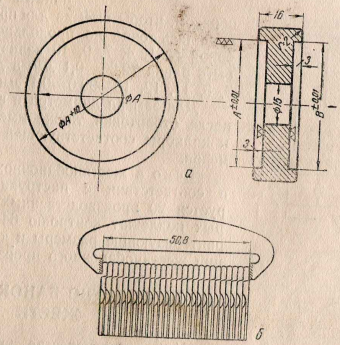


Рис. 281. Шаблоны и калибры для контроля концов

Отштампованный конец должен входить в углубление *B* и не входить в углубление *A*.

Для банок № 1, 4, 7, 9, 10 . . . . . *A* = 84,02; *B* = 84,32
" " № 2, 3, 8, 11, 12, 13 . . . *A* = 110,59; *B* = 110,89

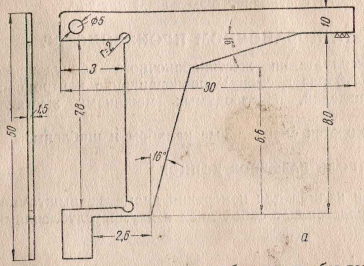
Калибры такого же типа имеются для контроля размеров концов после их завивки.

Для измерения высоты завитых концов применяют скобу (рис. 281, *б*), в которой при расстоянии между рабочими поверхностями, равном 50,8 *мм*, должно поместиться от 25 до 28 концов.

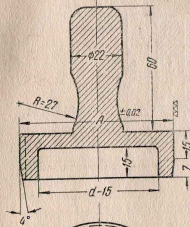
Имеются шаблоны для проверки размеров поля завитого конца, высоты рельефа и др.

КОНТРОЛЬ РАЗМЕРОВ КОРПУСОВ

Для пооперационного контроля размеров корпусов также разработаны калибры и шаблоны. На рис. 282, *а* показан шаблон для измерения профиля отсечки углов бланка корпуса и ширины просечки. К такому шаблону плотно прижимают бланк корпуса с отсеченным углом и определяют точность прилегания к шаблону. Прямоугольная выемка шаблона с размерами 7,8 × 3 *мм* служит для измерения ширины просечки.



На том же рис. 282, *б* показан калибр для измерения диаметра склепанного корпуса. Калибр вводят в склепанный корпус таким образом, чтобы выемка для продольного шва пришлась точно по продольному шву. Для банок № 1, 4, 7, 9, 10 величина *А* должна быть равна 72,86—0,1 *мм*, а для банок № 2 3, 8, 11, 12, 13—99,0—0,1 *мм*.



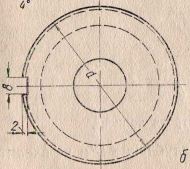


Рис. 282. Шаблоны и калибры для контроля корпусов

Для замера диаметра и высоты корпуса после отбортовки также имеются шаблоны и калибры соответствующей формы и размеров.

Всего в жестянобаночном производстве, в соответствии с инструкцией, контролируется 20 производственных точек, в которых подлежат контролю 64 величины, характеризующие размеры и качество продукции жестянобаночного производства.

ПРОИЗВОДСТВО БАНОК ИЗ ЧЕРНОЙ ЖЕСТИ

Улучшение качества лаков и совершенствование технологических процессов нанесения лаковых пленок обусловили возможность производства жестяной консервной тары из черной лакированной жести.

В состав автоматической линии для производства банок из черной лакированной жести, кроме описанных машин для производства банок из белой жести, вводятся машины для лакировки крышек, корпусов и банок и сушильные печи. Корпусообразующая машина отличается от описанной наличием электросварочного устройства. При выработке банок из рулонной жести необходим агрегат для рихтовки, зачистки краев и резки жести.

На рис. 283 показана примерная компоновка оборудования цеха для производства консервных банок из черной жести. На первом этаже размещены складские помещения, травильное и литографское отделения, а также линия производства концов.

На втором этаже установлена корпусная линия, сушильные печи и размещены отделения для испытания герметичности банок, упаковки, а также склад банок. Под склад для банок используется также и чердачное помещение.

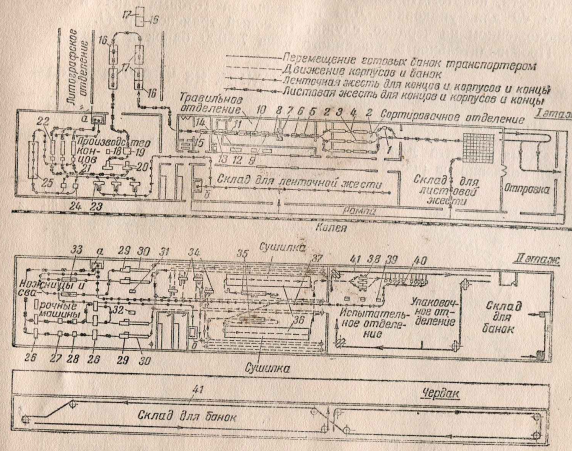


Рис. 283. Компоновка оборудования цеха для производства банок из черной жести

Листовая и рулонная жесть подается к складам по железной дороге. Листовая жесть поступает на контрольные весы *1*, после чего отдельные листы по желобу *2* направляются на транспортер *3*, которым они подаются на весы *4* для механической сортировки по весу. Транспортер *5*, а затем тележка *6* подают листы в травильную ванну *7*. После этого листы жести транспортером *8* последовательно перемещаются через зону мойки *9*, зону ополаскивания *10* и поступают в отжимные вальцы *11*.

После высушивания в сушилке *12* листы транспортером *13* подаются в охладитель *14*, откуда тележками *15* они подвозятся к лакировочным машинам *16* и после лакировки высушиваются в сушилках *17*.

Лакированные листы жести подают к фигурным ножницам *19*, где жесть разрезают на фигурные полосы, которые поступают в автоматический пресс *20*. Отштампованные и завитые концы поступают последовательно в пастонакладочную машину *21*, сушилку *22*, затем их лакируют в машине *24* и сушат в сушилке *25*. Прессы *18* и *23* служат для штамповки изделий из отходов (крышки для бутылок и др.). Рулонная жесть поступает в автоматический пресс для штамповки крышек.

На втором этаже, куда жесть подается подъемником, расположены сдвоенные дисковые ножницы *26*, машины *27* для зачистки краев бланка от лака перед электросваркой, корпусообразующие электросварочные

машины *29*, сушилка *30* для корпусов после лакировки сваренного шва, ножницы *31* и *33*, правильная машина *32* для придания корпусам цилиндрической формы, фланцеотгибочно-закаточный агрегат *34*, машина *35* для лакировки внутренней поверхности банки, сушилка *36*, желоб *37* для транспортировки банок, автоматические машины *38* для проверки герметичности, неавтоматические машины *39* для проверки герметичности, столы *40* для упаковки. Для перемещения готовых банок в складе, расположенном на чердаке, служит тросовый транспортер *41*.

Производительность описанного цеха 75 000 банок в смену.

МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БАНОК ИЗ ЧЕРНОЙ ЖЕСТИ

Агрегат для рихтовки, зачистки краев и резки рулонной жести

Схема агрегата для рихтовки, зачистки краев и резки рулонной жести показана на рис. 284.

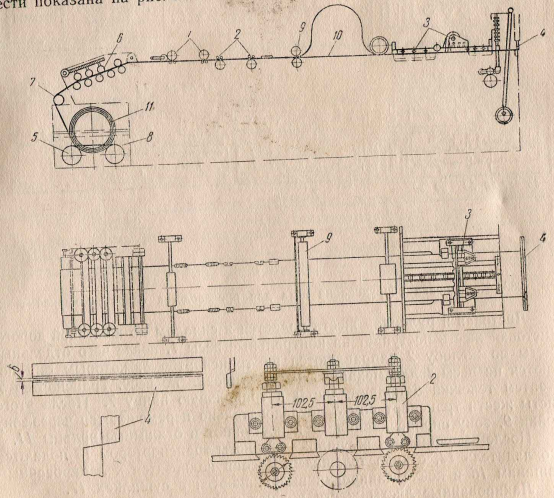


Рис. 284. Агрегат для рихтовки, зачистки краев и резки рулонной жести

Рулон жести *11* подается к машине по наклонной плоскости и помещается между двумя направляющими *8*. Вальцовое устройство служит для рихтовки ленты и состоит из нескольких пар рихтовочных вальцов *6*, опорного ролика *5* и направляющего деревянного ролика *7*. Стальные щетки *1* и *2* делают 1440 об/мин.

Так как питающий механизм *3* подает ленту к гильотинным ножницам *4* прерывисто (во время резки лента должна быть неподвижной), то над столом *10* лента имеет запас в форме петли, чем обеспечивается возможность непрерывной подачи ленты.

Техническая характеристика

Число разрезов в минуту	220
Допустимая ширина рулона	от 50 до 300 *мм*
Мощность электродвигателя	3 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	3100
ширина	1350
высота	1200

Корпусообразующая электросварочная машина

Схема работы и последовательность производства корпусов в корпусообразующей электросварочной машине показаны на рис. 285.

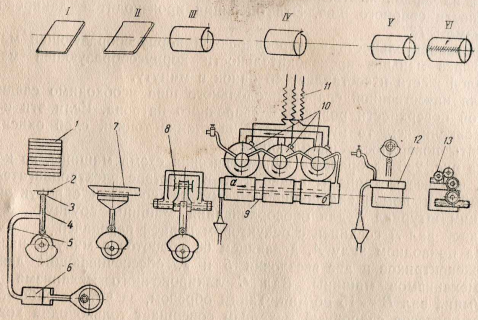


Рис. 285. Последовательность производства корпуса в электросварочной корпусообразующей машине

Нарезанные бланки корпуса с зачищенными краями укладывают в магазин электросварочной корпусообразующей машины.

Образование корпуса в этой машине происходит за шесть операций:

I — забор бланка корпуса из магазина;
II — загиб краев бланка корпуса;
III — формовка цилиндрического корпуса;
IV — сварка продольного шва электрическим током;
V — выпрямление и охлаждение корпуса;
VI — лакирование наружной и внутренней поверхности сварного шва.

Забор бланков корпуса *2* из магазина *1* осуществляется точно так, как и в корпусообразующих машинах для белой жести, при помощи вакуум-присосов *3*, перемещаемых вверх и вниз штоком *4*. Последний приводится в движение вращающимся кулаком.

Насос *6* отсасывает воздух из воздушной системы *5*. В конце своего хода вверх присосы *3* забирают нижний бланк корпуса из магазина *1*, а при ходе присосов вниз вакуум нарушается, и бланк корпуса реечным транспортером подается сначала на станцию *7* загиба краев бланка,

а затем на формовочную станцию *8*, где ему придается форма свернутого внахлестку цилиндра.

Поданные реечным транспортером на сварочный патрон *9* корпуса обжимаются формующими крыльями.

Электросварка корпуса производится сварочными роликами *10*, движущимися вдоль продольного шва по направлению стрелки *а*. Ток подводится по проводам *11*. Одновременно свариваются три корпуса. При обратном ходе роликов *10* (в направлении, указанном стрелкой *б*) они приподнимаются, не касаясь банки. В это время ток выключен. Ширина соприкосновения сварочных роликов со свернутым корпусом 20—25 *мм*. Продолжительность сварки 15 сек.

После сварки корпус деформируется, и для придания ему цилиндрической формы его распрямляют в специальном устройстве *12*, где он одновременно охлаждается.

Последней операцией, завершающей изготовление электросварного корпуса из черной жести, является лакирование внутренней и наружной поверхности сварного шва. Эта операция производится лакировочным механизмом *13*.

Производительность электросварочной корпусообразующей машины в 5—6 раз меньше производительности корпусообразующей машины для белой жести и составляет 45 банок в минуту.

Для качественной сварки продольного шва необходимо следить за чистотой поверхности роликов и сварочного патрона. Если эти поверхности окислились, то нужно снять на станке тонкий слой окисла или зачистить поверхность напильником.

На рис. 286 изображена кинематическая схема машины, из которой видно, что все механизмы приводятся в действие электродвигателем *1*, который при помощи фрикционной муфты соединен с редуктором *2*, имеющим штурвал *3* для проворачивания машины вручную. Нижний приводной вал *А* соединен с редуктором цепной передачей *4*.

На приводном валу *А*, делающем 60 оборотов в минуту, насажены семь эксцентриков и две звездочки *5* и *7*, обеспечивающие движение всех механизмов машины. Вал *С* лакировочного механизма делает 60 об/мин., вал *В* — 15 об/мин. Таким образом, за четыре рабочих хода вакуум-присосов сварочный механизм совершает только один ход.

Эксцентрики, насаженные на вал *А*, приводят в движение такие механизмы:

эксцентрик *9* — рабочие органы предварительного загиба;
» *10* — поршни вакуум-насоса;
» *11* — прижимную планку механизма формовки корпуса;
» *12* и *13* — штоки формующих корпус крыльев;
» *14* — каретку;
» *15* — механизм присосов.

Ввиду того, что по условиям сварки через каждые три рабочих хода присосной станции один ход является холостым, производительность машины составляет не 60 корпусов в минуту, а только 45.

Эксцентрики вала *В* приводят в движение такие механизмы:

эксцентрик *16* — кулачковый выключатель тока на сварку;
» *18* — обжимные крылья;
» *17* — механизм прерывания вакуума в присосной станции;
» *19* и *19а* — сварочные ролики;
» *20* — штоки сварочных роликов;
» *21* — вторую каретку.

На валу *С* лакировочного механизма установлены эксцентрик *22*,

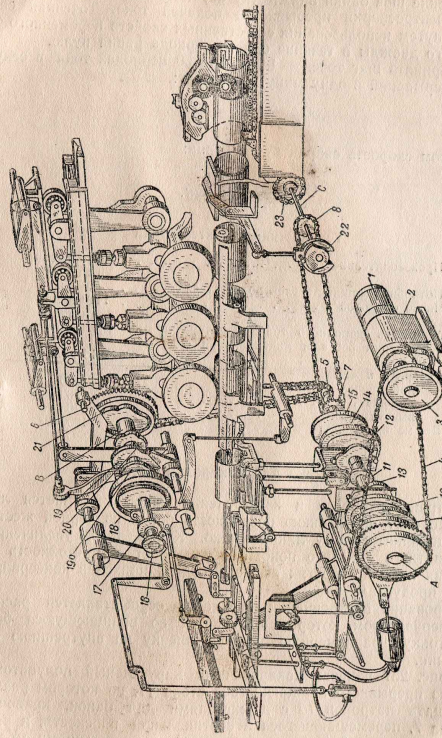


Рис. 286. Кинематическая схема электросварной корпусообразующей машины

управляющий работой выпрямительного устройства, и звездочка *23*, приводящая в движение цепь транспортера. На том же валу *C* имеется еще одна звездочка, которая приводит во вращение щетки и валики лакировочного механизма. Цифрами *5*, *6*, *7*, *8* обозначены звездочки.

Соединение шва банки внахлестку осуществляется путем контактной точечной электросварки прерывистой подачей тока. Точечная сварка получается путем использования естественных свойств переменного тока, сила которого дважды в течение одного периода равна нулю.

Если принять шаг точек — 1 *мм* при 50 периодах тока в секунду, то число прерываний в одну минуту составит:

$$50 \times 2 \times 60 = 6000.$$

При этом скорость сварки будет равна:

$$\frac{6000 \cdot 1}{1000} = 6 \text{ м/мин.}$$

Техническая характеристика

Производительность	45 корпусов в минуту
Потребная мощность электродвигателя	2,0 *квт*
Число оборотов	1440 в минуту
Мощность сварочного трансформатора при напряжении 380 *в* и максимальной силе тока 38 *а*	15 *квт*
Габариты в *мм*:	
длина	1800
ширина	900
высота	1700
Вес машины	1800 *кг*

Машина для лакировки банок

При транспортировке и изготовлении банок нарушается лаковая пленка. Поэтому внутреннюю поверхность банок из черной жести подвергают дополнительному лакированию. Кроме того, увеличение толщины защитного лакового покрытия повышает его стойкость против воздействия кислот и других веществ, содержащихся в консервируемых пищевых продуктах.

Лакирование внутренней поверхности осуществляется распылителем-пульверизатором, который опускается во вращающуюся банку и наносит тонкую равномерную лаковую пленку на внутреннюю поверхность банки.

На рис. 287 показан лакировочный карусельный полуавтомат; он состоит из прерывисто вращающегося стола *11*, на котором размещены восемнадцать патронов *10* с держателями для банок, кривошипного механизма *7*, перемещающегося в вертикальной плоскости, и распылителя-пульверизатора *9*. Последний соединен коммуникациями с бачком *6*, в котором находится лак, и с баком *4*, наполненным сжатым воздухом. На шпинделях патронов *10* на шпонках насажены небольшие шкивы, которые приводятся во вращение ременной передачей.

При впуске кулаком *8* сжатого воздуха в распылитель он преодолевает сопротивление пружины и поднимает иглу, перекрывающую сопло. Лак поступает в распылитель и затем в банку.

Выделяющиеся пары отсасываются вентилятором *14* из зонта *5*, через фильтр *3*. Пары растворителей удаляются из цеха по трубе *2*. Машина приводится в движение электродвигателем *1*. Трехступенчатый шкив *13* обеспечивает вращение патронов *10* с числом оборотов от 780 до 1300 в минуту.

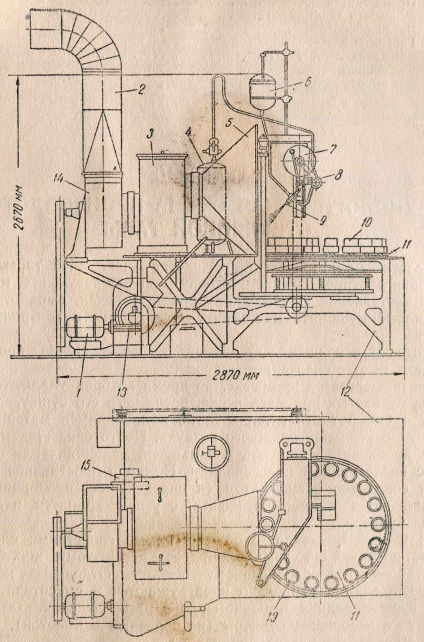


Рис. 287. Машина для лакировки банок

Работа машины происходит в такой последовательности. Во время выстоя стола *11*, приводимого в прерывисто-вращательное движение мальтийским механизмом, одна работница устанавливает очередную банку в тот патрон, из которого другая работница перед этим вынула отлакированную банку.

В это время пульверизатор опускается в подошедшую к нему банку и, когда он достигает своего нижнего положения, кулачковый выключатель *8* открывает доступ воздуха в распылитель, из сопла которого начинается подача лака.

Во время подъема распылителя подача лака продолжается; когда же распылитель достигает верхнего положения, выключатель прекращает подвод сжатого воздуха и подача лака прекращается.

Техническая характеристика

Производительность	2000 банок в час
Мощность электродвигателя	0,8 *квт*
Число оборотов	940 в минуту
Габариты в *мм*:	
длина	2870
ширина	1850
высота	2670

Глава XXII

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛЯННОЙ ТАРЫ

Технологический процесс производства стеклянной тары включает такие основные процессы: подготовку стеклообразующих материалов к плавке, составление шихты, варку стекла в печах, выработку стеклотары стеклоформующими машинами, отжиг тары и контроль готовой продукции.

Подготовка основных материалов к варке стекла производится в составном цехе стеклотарного завода.

Песок подвергается промывке, во время которой удаляются окислы железа из глинистых примесей песка, после чего его сушат.

Сода и сульфат относятся к легко комкующимся материалам при хранении их в условиях влажного воздуха. Подготовка этих материалов состоит в дроблении в шаровой и вальцовой мельницах или в дезинтеграторе, с последующим просеиванием. Помол и просеивание угля производятся совместно с сульфатом (в определенной пропорции). После просеивания сода и смесь сульфата с углем хранятся в отдельных расходных бункерах.

Для получения стекла с определенными свойствами оно должно иметь соответствующий химический состав. Поэтому шихта должна быть составлена по определенному рецепту. Отдельные компоненты шихты взвешиваются раздельно и загружаются в смесители для тщательного перемешивания и равномерного распределения. Затем шихта загружается в небольшие бункеры (не более 1,5 *м* высотой), в которых хранится до момента расходования.

В шихту добавляют 20—40% стеклянного боя, получаемого на заводе в результате отбраковки дефектной тары или со стороны. Бой ускоряет варку стекла; при этом экономятся щелочи. Бой подвергается мойке для удаления загрязнений, магнитной сепарации и сушке.

Для равномерного протекания процесса стекловарения шихту, смешанную с боем, загружают непрерывно. Печь, в которой производится варка стекла, называется «ванной печью»; она представляет собой бассейн прямоугольной формы, выложенный из огнеупорного материала.

Шихта расплавляется в зоне печи, непосредственно примыкающей к месту загрузки, при 1350—1400°. Расплавленное стекло неоднородно по составу и пронизано большим количеством пузырьков воздуха и различных газов, образующихся в процессе расплавления шихты. Для обеспечения однородности стекла повышают температуру стеклотары до 1425—1450°. При этом вязкость массы резко снижается; стекло перемешивается, отдельные пузырьки газа соединяются в более крупные; последние проходят через толщу массы, выходят в полость над зеркалом стекла, а оттуда через дымовую трубу в атмосферу. Этот процесс называется проваром и очисткой стекла.

При указанной температуре стекло имеет незначительную вязкость, и выработка из него изделий невозможна, так как стекло не поддается формовке. Поэтому в определенной части ванной печи температуру снижают до 1250—1275°, затем по мере продвижения к месту выработки стеклотары температура стекла становится еще более низкой (1175—1190°). При этом вязкость его становится достаточной для формования.

Из ванной печи стекло по каналу поступает в специальные питающие устройства, которые обеспечивают подачу стекла в прессовыдувную машину каплями определенного веса.

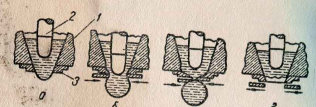


Рис. 288. Схема подачи стекла в стеклоформующую машину

На рис. 288 показаны схематично фазы работы механического питателя, состоящего из керамического сосуда *1* с круглым отверстием в центре, керамического плунжера *2*, совершающего возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости, и металлических ножниц *3*.

В положении *а* опускающийся плунжер *2* подает каплю стекла через отверстие в сосуде *1*. В положении *б* плунжер достиг нижнего положения, ножницы начинают отрезание капли. В положении *в* капля отрезана и падает в черновую форму прессовыдувной машины. В положении *г* поднимающийся плунжер увлекает за собой стекломассу. Регулируя величину хода плунжера, можно изменять количество стекломассы, подаваемой за один ход плунжера.

Из питателя капля жидкого стекла поступает в прессовыдувную машину типа ПВМ. Машина эта является 12-позиционным карусельным автоматом.

Технологическая схема работы прессовыдувной машины поясняется рис. 289. Капля стекла подается в черновую форму (позиция *1*), которая находится в верхнем положении. Горловое кольцо сомкнуто. После этого происходит выпрессовывание так называемой пульки — заготовки банки (позиция *2*). Рабочим органом является конической формы керн, принудительно опускаемый в черновую форму и прессовое кольцо.

Прессовое кольцо закрывает сверху полость, заполненную стекломассой, не давая ей возможности вытечь вверх, и одновременно оформляет торец и внутренний уступ горла. Усилие, с которым керн прессует пульку, составляет около 500 *кг*. Глубина опускания керна регулируется. Керн охлаждается водой, протекающей по каналу, высверленному в керне. Перед опусканием в пульку наружная поверхность керна обрызгивается маслом из специального пульверизатора.

В положении *3* пулька из черновой формы поступает в чистовую. Черновая форма опускается, а пулька остается висеть в горловом кольце. Затем подводится чистовая форма.

В позициях *4, 5, 6*, одинаковых по устройству, происходит выдувание пульки сжатым воздухом, который подается тремя дутьевыми головками. Последние опускаются в момент остановки чистовой формы

в выточку горловых колец и вдувают сжатый воздух внутрь банки. Поэтому пулька принимает форму чистовой формы (в нашем случае форму банки).

Давление воздуха в позиции *4* — 0,3—0,5 *атм*, в позиции *5* — 0,7—0,9, в позиции *6* — 1,0—1,3 *атм*. Вдуваемый воздух одновременно охлаждает банку, закрепляя ее форму.

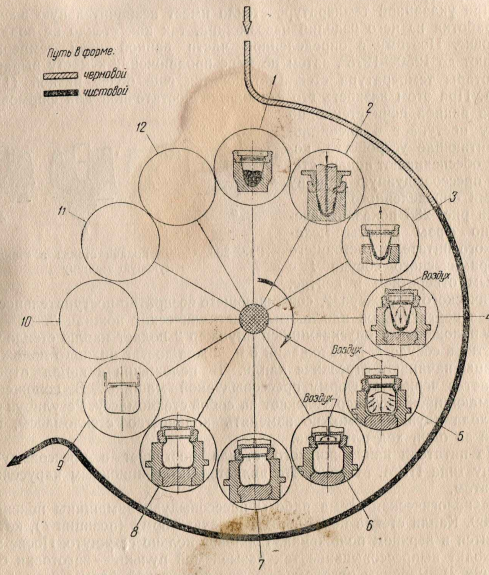


Рис. 289. Схема работы стеклоформующей прессовыдувной машины

В позициях *7* и *8* в открытое горло подается воздух для охлаждения.

Чистовая форма открывается между позициями *8* и *9*. Охлажденный наружным воздухом корпус стеклобанки подходит к позиции *9*, где снимается специальным механизмом — «механической рукой», который устанавливает банку на транспортер отжигательной печи.

Позиции *10*, *11* и *12* являются нерабочими. В позиции *12* черновая форма, смазанная маслом, готова к принятию очередной капли стекла из питателя.

Средняя суточная производительность стеклоформующих машин — 30 000 полулитровых банок или 23 000 полулитровых бутылок и 11 000 трехлитровых баллонов.

Для устранения вредных напряжений, образующихся в стекле при быстром охлаждении, стеклянные изделия сразу же после выработки подвергаются отжигу, т. е. медленному охлаждению в непрерывно действующих лерах.

Лером называют отжигательную металлическую печь прямоугольного сечения, футерованную огнеупорным кирпичом. Внутри лера проходит металлическая сетчатая лента. После изготовления банки устанавливают на ленту, которая постепенно продвигает их от входной части лера к выходной; при этом банки проходят различные температурные зоны, начиная с 730—740° и кончая 70—80°. Лер обогревается генераторным газом или мазутом. Продукты сгорания, имеющие высокую температуру, проходят по каналам в футеровке лера и обогревают его.

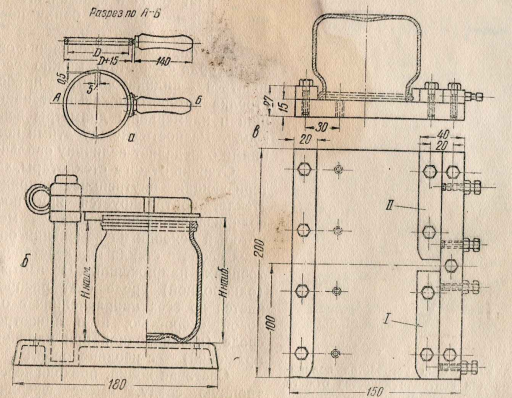


Рис. 290. Калибры для контроля размеров стеклотары

Качество стеклянной тары контролируется путем наружного осмотра, промеров линейных размеров и оптического исследования напряжений стекла.

Полную емкость стеклянной тары устанавливают по объему воды, заполняющему тару до верхнего уровня горла.

Для проверки диаметра корпуса применяют два калибра: проходной и непроходной (рис. 290, *а*), представляющие собой металлическое кольцо с ручкой; внутренний диаметр проходного калибра больше диаметра корпуса банки на величину плюсового допуска, а внутренний диаметр непроходного калибра меньше диаметра корпуса на величину минусового допуска.

На внутренней поверхности калибра (см. рис. 290, *а*) имеются две выемки шириной 5 *мм* и глубиной 0,5 *мм* для рисок, образованных при выдувании тары в чистовой форме, состоящей из двух частей.

Высоту (H) стеклянной тары и наличие перекоса устанавливают при помощи предельных калибров (рис. 290, *б*). Мерительную планку верхней плоскости калибра устанавливают относительно нижней таким образом, чтобы она находилась на расстоянии, равном высоте тары, плюс допуск. Тогда утолщенная часть верхней плоскости калибра будет находиться на расстоянии от нижней, равном высоте тары минус допуск.

Размеры и овальность венчика горла стеклянной тары проверяют при помощи предельных калибров (рис. 290, *в*) представляющих собой металлическую плиту с двумя планками *I* и *II*, закрепленными у одного края плиты. Расстояние от этих планок до второго края плиты регулируется таким образом, чтобы установленная вниз горлом стеклянная тара свободно проходила между планкой *I* и краем плиты и не проходила между планкой *II* и краем плиты. При испытании необходимо банку поворачивать вокруг своей оси.

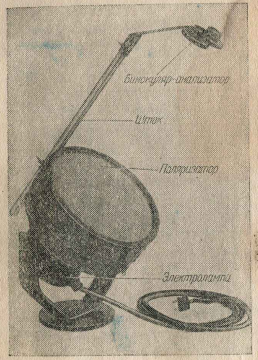


Рис. 291. Схема устройства полярископа для контроля качества отжига стеклотары

Для определения величины овальности горла стеклотары можно воспользоваться индикаторным прибором, стрелка которого показывает наибольший и наименьший диаметры венчика горла. Разность между этими показаниями определяет величину овальности.

Степень отжига стеклотары, характеризующая внутренние напряжения стекла, контролируется при помощи поляризационно-оптического метода, который основан на изменении оптических свойств стекла под действием внутренних напряжений. В изотропной (однородной) среде свет распространяется во всех направлениях с одинаковой скоростью, а в анизотропной среде (неоднородной при наличии напряжений) — с неодинаковой.

Световая волна, проходя через изотропную среду, имеет сферический фронт с источником в центре, а лучи совпадают с нормалями. В анизотропной среде в каждом направлении возникают одновременно две плоскополяризованные волны (двойное лучепреломление).

Полярископ, применяемый для контроля внутренних напряжений в стеклотаре после отжига, показан на рис. 291.

Световые лучи электролампы проходят через матовое стекло поляризатора и попадают в бинокуляр-анализатор, укрепленный на штоке.

Если через бинокуляр-анализатор рассмотреть стеклобанку (или другой вид стеклотары), помещенную перед поляризатором, то при хорошем отжиге поле будет красно-фиолетовым, при плохом отжиге — ярко-желтое или голубовато-зеленое.

Для детального просмотра всей поверхности стеклотары ее поворачивают и держат наклонно дном в сторону поляризатора.

При неудовлетворительном отжиге наблюдатель видит большую резкость цветов интерференции, характеризующую наличие напряжения в стекле.

Продолжительность контроля одного изделия 2—3 сек.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Сухой насыщенный пар (по М. П. Вукаловичу)

Давление в кг/см²	Температура в °	Объем 1 кг пара в м³	Вес 1 м³ пара в кг	Теплосодержание жидкости в ккал/кг	Теплосодержание пара в ккал/кг	Теплота парообразования в ккал/кг
0,010	6,698	131,7	0,007595	6,73	600,1	593,4
0,015	12,737	89,64	0,01116	12,78	602,8	590,0
0,020	17,204	68,27	0,01465	17,24	604,8	587,6
0,025	20,776	55,28	0,01809	20,80	606,4	585,6
0,030	23,772	46,53	0,02149	23,79	607,7	583,9
0,040	28,641	35,46	0,02820	28,65	609,8	581,1
0,050	32,55	28,73	0,03481	32,55	611,5	578,9
0,060	35,82	24,19	0,04134	35,81	612,9	577,1
0,080	41,16	18,45	0,05421	41,14	615,2	574,1
0,10	45,45	14,95	0,06688	45,41	617,0	571,6
0,12	49,05	12,60	0,07938	49,01	618,5	569,5
0,15	53,06	10,21	0,09791	53,54	620,5	567,0
0,20	59,67	7,795	0,1283	59,61	623,1	563,5
0,25	64,56	6,322	0,1582	64,49	625,1	560,6
0,30	68,68	5,328	0,1877	68,61	626,8	558,2
0,36	72,91	4,491	0,2227	72,83	628,5	555,6
0,40	75,42	4,069	0,2458	75,36	629,5	554,1
0,50	80,86	3,301	0,3029	80,81	631,6	550,8
0,60	85,45	2,783	0,3594	85,41	633,4	548,0
0,70	89,45	2,409	0,4152	89,43	634,9	545,5
0,80	92,99	2,125	0,4705	92,99	636,2	543,2
0,90	96,18	1,904	0,5253	96,19	637,4	541,2
1,0	99,09	1,725	0,5797	99,12	638,5	539,4
1,1	101,76	1,578	0,6337	101,81	639,4	537,6
1,2	104,25	1,455	0,6875	104,32	640,3	536,0
1,3	106,56	1,350	0,7410	106,66	641,2	534,5
1,4	108,74	1,259	0,7942	108,85	642,0	533,1
1,5	110,79	1,180	0,8472	110,92	642,8	531,9
1,6	112,73	1,111	0,8999	112,89	643,5	530,6
1,7	114,57	1,050	0,9524	114,76	644,1	529,3
1,8	116,33	0,952	1,005	116,54	644,7	528,2
1,9	118,01	0,9460	1,057	118,24	645,3	527,1
2,0	119,62	0,9016	1,109	119,87	645,8	525,9
2,1	121,16	0,8613	1,161	121,4	646,3	524,9
2,2	122,65	0,8246	1,213	122,9	646,8	523,9
2,3	124,08	0,7910	1,264	124,4	647,3	522,9
2,4	125,46	0,7601	1,316	125,8	647,8	522,0
2,5	126,79	0,7316	1,367	127,2	648,3	521,1
2,6	128,08	0,7052	1,418	128,5	648,7	520,2
2,7	129,34	0,6806	1,469	129,8	649,1	519,3
2,8	130,55	0,6578	1,520	131,0	649,5	518,5
2,9	131,73	0,6365	1,571	132,2	649,9	517,7
3,0	132,88	0,6166	1,622	133,4	650,3	516,9
3,1	134,00	0,5979	1,673	134,5	650,6	516,1
3,2	135,08	0,5804	1,723	135,6	650,9	515,3
3,3	136,14	0,5639	1,773	136,7	651,2	514,5
3,4	137,18	0,5483	1,824	137,8	651,6	513,8
3,5	138,19	0,5335	1,874	138,8	651,9	513,1
3,6	139,18	0,5196	1,925	139,8	652,2	512,4
3,7	140,15	0,5064	1,975	140,8	652,5	511,7
3,8	141,09	0,4939	2,025	141,8	652,8	511,0
3,9	142,02	0,4820	2,075	142,7	653,1	510,4
4,0	142,92	0,4706	2,125	143,6	653,4	509,8
4,1	143,81	0,4598	2,175	144,5	653,7	509,2
4,2	144,68	0,4495	2,225	145,4	653,9	508,5
4,3	145,54	0,4397	2,274	146,3	654,2	507,9
4,4	146,38	0,4303	2,324	147,2	654,4	507,2
4,5	147,20	0,4213	2,374	148,0	654,7	506,7
4,6	148,01	0,4127	2,423	148,9	654,9	506,0
4,7	148,81	0,4045	2,472	149,7	655,2	505,5
4,8	149,59	0,3965	2,522	150,5	655,4	504,9

Давление в кг/см²	Температура в °	Объем 1 кг пара в м³	Вес 1 м³ пара в кг	Теплосодержание жидкости в ккал/кг	Теплосодержание пара в ккал/кг	Теплота парообразования в ккал/кг
4,9	150,36	0,3889	2,571	151,3	655,6	504,3
5,0	151,11	0,3816	2,621	152,1	655,8	503,7
5,2	152,59	0,3677	2,720	153,6	656,3	502,7
5,4	154,02	0,3549	2,818	155,1	656,7	501,6
5,6	155,41	0,3429	2,916	156,5	657,1	500,6
5,8	156,76	0,3317	3,014	157,9	657,5	499,6
6,0	158,08	0,3213	3,112	159,3	657,8	498,5
6,2	159,36	0,3115	3,210	160,6	658,1	497,5
6,4	160,61	0,3023	3,308	161,9	658,5	496,6
6,6	161,82	0,2937	3,405	163,2	658,8	495,6
6,8	163,01	0,2855	3,503	164,4	659,1	494,7
7,0	164,17	0,2778	3,600	165,6	659,4	493,8
7,2	165,31	0,2705	3,697	166,8	659,7	492,9
7,4	166,42	0,2636	3,794	167,9	660,0	492,1
7,6	167,51	0,2570	3,891	169,1	660,3	491,2
7,8	168,57	0,2508	3,988	170,2	660,5	490,3
8,0	169,61	0,2448	4,085	171,3	660,8	489,5
8,2	170,63	0,2391	4,182	172,3	661,0	488,7
8,4	171,63	0,2337	4,278	173,4	661,3	487,9
8,6	172,61	0,2286	4,375	174,4	661,5	487,1
8,8	173,58	0,2237	4,471	175,4	661,7	486,3
9,0	174,53	0,2189	4,568	176,4	662,0	485,6
9,2	175,46	0,2144	4,664	177,4	662,2	484,8
9,4	176,38	0,2101	4,761	178,4	662,4	484,0
9,6	177,28	0,2059	4,857	179,3	662,6	483,3
9,8	178,16	0,2019	4,953	180,3	662,8	482,5
10,0	179,04	0,1981	5,049	181,2	663,0	481,8
10,5	181,16	0,1891	5,290	183,4	663,5	480,1
11,0	183,20	0,1808	5,530	185,6	663,9	478,3
11,5	185,17	0,1733	5,770	187,7	664,3	476,6
12,0	187,08	0,1664	6,010	189,7	664,7	475,0
12,5	188,92	0,1600	6,249	191,6	665,1	473,5
13,0	190,71	0,1541	6,488	193,5	665,4	471,9
13,5	192,45	0,1486	6,728	195,3	665,7	470,4
14,0	194,13	0,1435	6,967	197,1	666,0	468,9
14,5	195,77	0,1388	7,207	198,9	666,3	467,4
15,0	197,36	0,1343	7,446	200,6	666,6	466,0
15,5	198,91	0,1301	7,685	202,3	666,8	464,5
16,0	200,43	0,1262	7,925	203,9	667,1	463,2
16,5	201,91	0,1225	8,165	205,5	667,3	461,8
17,0	203,35	0,1190	8,403	207,1	667,5	460,4
17,5	204,76	0,1157	8,645	208,6	667,7	459,1
18,0	206,14	0,1126	8,886	210,1	667,9	457,8
18,5	207,49	0,1096	9,126	211,5	668,0	456,5
19,0	208,81	0,1068	9,366	213,0	668,2	455,2
19,5	210,11	0,1041	9,606	214,4	668,3	453,9
20,0	211,38	0,1016	9,846	215,8	668,5	452,7
21,0	213,85	0,09682	10,33	218,5	668,7	450,2
22,0	216,23	0,09251	10,81	221,2	668,9	447,7
23,0	218,53	0,08856	11,29	223,6	669,1	445,5
24,0	220,75	0,08492	11,78	226,1	669,3	443,2
25,0	222,90	0,08157	12,26	228,5	669,4	440,9
26,0	221,99	0,07846	12,75	230,8	669,5	438,7
27,0	227,01	0,07557	13,23	233,0	669,6	436,6
28,0	228,98	0,07288	13,72	235,2	669,6	434,4
29,0	230,89	0,07037	14,21	237,4	669,7	432,3
30	232,76	0,06802	14,70	239,5	669,7	430,2
32	236,35	0,06375	15,69	243,6	669,7	426,1
34	239,77	0,05995	16,68	247,5	669,6	422,1
36	243,04	0,05658	17,68	251,2	669,5	418,3
38	246,17	0,05353	18,68	254,8	669,3	414,5
40	249,18	0,05078	19,69	258,2	669,0	410,8

Давление в кг/см²	Температура в °	Объем 1 кг пара в м³	Вес 1 м³ пара в кг	Теплосодержание жидкости в ккал/кг	Теплосодержание пара в ккал/кг	Теплота парообразования в ккал/кг
42	252,07	0,04828	20,71	261,6	668,8	407,2
44	254,87	0,04601	21,73	264,9	668,4	403,5
46	257,56	0,04393	22,76	268,0	668,0	400,0
48	260,17	0,04201	23,80	271,2	667,7	396,5
50	262,70	0,04024	24,85	274,2	667,3	393,1
55	268,69	0,03636	27,50	281,8	666,2	384,8
60	274,29	0,03310	30,21	288,4	665,0	376,6
65	279,54	0,03033	32,97	294,4	663,6	368,8
70	284,48	0,02795	35,78	300,9	662,1	361,2
75	289,17	0,02587	38,66	307,0	660,5	353,5
80	293,62	0,02404	41,60	312,6	658,9	346,3
85	297,86	0,02241	44,62	318,2	657,0	338,8
90	301,92	0,02096	47,71	323,6	655,1	331,5
95	305,80	0,01964	50,91	328,8	653,2	324,4
100	309,53	0,01845	54,21	334,0	651,1	317,1
110	316,58	0,01637	61,08	344,0	646,7	302,7
120	323,15	0,01462	68,42	353,9	641,9	288,0
130	329,30	0,01312	76,23	363,0	636,6	273,6
140	335,09	0,01181	84,68	372,4	631,0	258,6
150	340,56	0,01065	93,90	381,7	624,9	243,2
160	345,74	0,009616	104,0	390,8	618,3	227,5
170	350,66	0,008680	115,2	400,3	610,8	210,5
180	355,35	0,007809	128,0	410,2	602,5	192,3
190	359,82	0,006994	143,0	420,4	593,2	172,8
200	364,08	0,00620	161,2	431,5	582,3	150,8
210	368,16	0,00539	185,7	444,7	568,1	123,4
220	372,1	0,00449	223	463,4	547	84
224	373,6	0,00394	254	478	532	54

Параметры критического состояния

Температура . . . . . 374,2°
Давление . . . . . 225,5 кг/см²
Объем . . . . . 0,00307 м³/кг

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Теплоемкость некоторых пищевых продуктов (средняя между 0 и 100°)

Наименование продуктов	Теплоемкость в ккал/кг °С	Наименование продуктов	Теплоемкость в ккал/кг °С	Наименование продуктов	Теплоемкость в ккал/кг °С
Абрикосы	0,90	Ежевика	0,87	Петрушка корень	0,82—0,86
Айва	0,895	Зелень	0,83—0,93	Рис	0,42—0,44
Алкоголь	0,6	Земляника	0,88	„ промытый	0,51—0,63
Апельсин	0,89	Инжир	0,85	Рыба жирная	0,72
Арбуз	0,94	Капуста	0,93	„ свежая	0,86
Баранина жирная	0,93	„ кваше́ная	0,92	Свекла красная	0,92
Бобы белые	0,460	Картофель	0,84	Свинина жирная	0,62
Брюква	0,91	Кости	0,40	Слива	0,79—0,90
Вино	0,92—0,95	Клубника	0,91	Смородина черная	0,87—0,93
Виноград	0,825—0,93	Кольраби	0,86	Спаржа	0,95—0,96
Вишни	0,86—0,9	Крупа гречнев.	0,45	Сахар	0,30
Говядина	0,82	Крыжовник	0,93	Томаты	0,94—0,96
Горох	0,44	Лук зеленый	0,94	Тыква	0,9—0,97
Горошек зеленый	0,84	„ репчатый	0,86—0,93	Фасоль зеленая	0,89—0,93
Гречиха	0,43	Морковь	0,91—0,94	Черешня	0,90
Грибы свежие	0,94	Мясо жирное	0,69	Чернослив	0,76
Груши	0,86—0,92	Огурцы	0,95	Шпинат	0,90—0,94
Дрожжи	0,37	Пастернак	0,86—0,92		
Дыня	0,9—0,97	Персики	0,83—0,91		

Расчетная формула:

$$C = \frac{100 - 0{,}65 \cdot a}{100} \text{ [ккал/кг °С]},$$

где a — содержание сухих веществ в %.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Зависимость теплоемкости томатопродуктов от содержания сухих веществ

Содержание сухих веществ в %	Теплоемкость в *ккал/кг* °С	Содержание сухих веществ в %	Теплоемкость в *ккал/кг* °С
5	0,96	26	0,82
12	0,91	28	0,80
14	0,90	30	0,79
18	0,87	32	0,76

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Зависимость температуры кипения и теплоемкости сахарных сиропов от удельного веса

Удельный вес	Температура кипения в °С	Теплоемкость в *ккал/кг* °С	Температура кипения в °С	Теплоемкость в *ккал/кг* °С	Удельный вес
1,00	100,0	0,99	101,9	0,67	1,23
1,04	100,1	0,93	103,0	0,61	1,29
1,08	100,3	0,87	105,3	0,54	1,35
1,13	100,6	0,80	110,5	0,47	1,42
1,18	101,1	0,74			

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Зависимость удельного веса протертой томатной массы при 20° от содержания сухих веществ в %

Содержание сухих веществ в %	Удельный вес при 20°	Содержание сухих веществ в %	Удельный вес при 20°	Содержание сухих веществ в %	Удельный вес при 20°
3,5	1,0154	10	1,0418	23	1,0985
4,0	1,0173	11	1,0450	24	1,1029
4,5	1,0193	12	1,0503	25	1,1073
5,0	1,0214	13	1,0546	26	1,1116
5,5	1,0233	14	1,0590	27	1,1160
6,0	1,0254	15	1,0634	28	1,1204
6,5	1,0274	16	1,0678	29	1,1248
7,0	1,0294	17	1,0722	30	1,1290
7,5	1,0315	18	1,0766	31	1,1334
8,0	1,0335	19	1,0810	32	1,1378
8,5	1,0355	20	1,0854	33	1,1422
9,0	1,0376	21	1,0897	34	1,1466
9,5	1,0398	22	1,0941	35	1,1510
				36	1,1554

Расчет произведен по формуле:

$$\gamma = \frac{267}{267 - n},$$

где: γ — удельный вес;
n — содержание сухих веществ в %.

26. Канген И. А., Уплотняющие пасты для консервных банок, Пищепромиздат, 1950.
27. Кирпичев В. В., Михеев М. А., Эйгенсон Л. С., Теплопередача, Госэнергоиздат, 1950.
28. Касаткин А. Г., Основные процессы и аппараты химической технологии, Госхимиздат, 1950.
29. Коноплев П., Теплообмен и падение напора в многополиточных скороморозильных аппаратах с рассольным охладителем, «Пищевая и холодильная техника», № 5, 1950.
30. Коган И. С., Стерилизация консервов, Пищепромиздат, 1949.
31. Коган И. С., Подготовка консервной стеклянной тары к расфасовке, Пищепромиздат, 1951.
32. Карапетьянц Н. С., Химическая термодинамика, Госхимиздат, 1948.
33. Комаров Н. С., Холод, Пищепромиздат, 1951.
34. Ковальчук Ф. И., Чигринцев Н. И., Технология сушки плодов и овощей, Пищепромиздат, 1938.
35. Лыков А. В., Ауэрман Л. А., Теория сушки капиллярнопористых коллоидных материалов в пищевой промышленности, Пищепромиздат, 1946.
36. Лыков А. В., Теория сушки, Пищепромиздат, 1950.
37. Леонов И. Т., Жестянобаночная линия, Пищепромиздат, 1952.
38. Лурье М. Ю., Сушильное дело, Госэнергоиздат, 1948.
39. Локшин Я. Ю., Производство консервных банок из черной жести, Пищепромиздат, 1951.
40. Максимов О. А., Стерилизация плодо-ягодных и томатных соков электрическими токами ультравысокой частоты, Пищепромиздат, 1940.
41. Михайлов Г. В., Машины и оборудование перерабатывающих предприятий рыбной промышленности, Пищепромиздат, 1951.
42. Михеев М. А., Основы теплопередачи, Госэнергоиздат, 1949.
43. Носаль В. В., Резание металла на дисковых ножницах, Машгиз, 1950.
44. Пелеев А. И., Технологическое оборудование мясокомбинатов, Пищепромиздат, 1950.
45. Порошин К. М., Механизация транспортных работ на консервных заводах, Труды ВНИИКП, вып. I, Пищепромиздат, 1951.
46. Павлов К. Ф., Романков Н. Г., Малков М. П., Носков А. А., Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии, Госхимиздат, 1950.
47. Романов П. Г., Рашковская Н. Б., Исследование процесса сушки под вакуумом, журн. «Химическая промышленность», № 12, 1951.
48. Розенбаум Т. Я., Автоматическое регулирование величины ужарки в паромасляных печах рыбоконсервных заводов, журнал «Рыбное хозяйство», № 8, 1950.
49. Рогачев А. И., Стерилизация консервов, Пищепромиздат, 1943.
50. Ротман Э. О., Дикис М. Я., Мальский А. Н., Технологическое оборудование консервных заводов, Пищепромиздат, 1938.
51. Рамм В. М., Теплообменные аппараты, Госхимиздат, 1948.
52. Скотников В. А., Машины и приспособления для розлива жидкости в бутылки, Пищепромиздат, 1950.
53. Свирида В. Г., Автоматические машины для мойки бутылок, Пищепромиздат, 1950.
54. Скорбилин С. Ф., Новые типы программных терморегуляторов, журнал «Вестник инженеров и техников», № 4, 1951.
55. Соколов А. Я., Технологическое оборудование элеваторов, мельниц, крупенных и комбикормовых заводов, Заготиздат, 1950.
56. Фокин И. Н., Локшин Я. Ю., Сакович А. И., Проект типовой паромасляной печи, Н.-и. холодильный институт, Сборник работ, т. II, 1938.
57. Фан-Юнг А. Ф., Очистка плодов и овощей от кожицы, Труды Одесского технологического института консервной промышленности, т. IV, 1949.
58. Фан-Юнг А. Ф., Производство томатопродуктов, Пищепромиздат, 1945.

59. Якадин А. И., Конденсатное хозяйство промышленных предприятий, Госэнергоиздат, 1952.
60. Ямпольский А. М., Лужение, Машгиз, 1948.
61. Справочник по производству жестяной консервной тары, Пищепромиздат, 1949.
62. Инструкция по регулировке и обслуживанию дисковых ножниц, Пищепромиздат, 1938.
63. Планово-предупредительный ремонт технологического и жестянобаночного оборудования консервных заводов, Пищепромиздат, 1939.
64. Прейскурант оптовых цен на продукцию машиностроительных заводов Министерства пищевой промышленности Союза ССР, МПП, Москва, 1952.
65. Справочник механика химического завода, Госхимиздат, 1950.
66. Каталог Главармалит, Машгиз, 1951.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов . . . С
Введение . . .

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

Механическое оборудование

Глава I. ТРАНСПОРТНЫЕ УСТРОЙСТВА КОНСЕРВНЫХ ЗАВОДОВ . . .

Устройства для перемещения сырья и вспомогательных продуктов . . .
Гидравлические транспортеры . . .
Инспекционные транспортеры . . .
Ковшевой наклонный элеватор . . .
Укладочный транспортер . . .
Вытесняющие насосы для перемещения густых продуктов . . .
Устройство для механизированной выгрузки сульфитированной продукции из подземных хранилищ . . .
Устройства для перемещения консервной тары . . .
Фрикционные элеваторы для жестяных консервных банок . . .
Гребенчатый транспортер для стеклянных банок . . .
Другие устройства для транспортировки консервной тары . . .
Подвесные пути . . .
Люлечный элеватор . . .
Безрельсовый транспорт . . .
Штабелеукладчики . . .
Гравитационные транспортеры . . .

Глава II. МОЕЧНЫЕ МАШИНЫ . . .

Основные свойства моющей струи . . .
Схемы подвода и многократного использования моющей жидкости . . .
Машины для мойки овощей и фруктов . . .
Вентиляторная моечная машина . . .
Моечно-очистительная машина для бобовых культур . . .
Моечные машины с колебательным движением рабочего полотна (мойки-трясучки) . . .
Лопастная машина для мойки корнеплодов . . .
Машины для мойки консервной тары . . .
Моечные машины для жестяной тары . . .
Моечные машины для стеклотары . . .
Технологические показатели работы моечных машин . . .

Глава III. КАЛИБРОВОЧНЫЕ И СОРТИРОВОЧНЫЕ МАШИНЫ . . .

Линейные калибровочные машины (схемы) . . .
Барабанная калибровочная машина . . .
Дисковая калибровочная машина . . .
Машина для калибровки цитрусовых . . .
Гидравлические сортирователи . . .
Гидравлический сортирователь для зеленого горошка . . .
Расчет гидравлического сортирователя . . .

Глава IV. МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ (РЕЗКИ И ДРОБИЛКИ) . . .

Расход энергии на разрезание и дробление . . .
Резательная машина с ножами, укрепленными на вращающемся диске . . .
Шинковочная машина . . .
Резательная машина с дисковыми ножами . . .
Комбинированная резательная машина с дисковыми и плоскими ножами . . .

Стр.

Машина для резки баклажан кружками . . . 77
Машина для измельчения мяса . . . 79
Дробилки . . . 81
Двухбарабанная дробилка . . . 81
Ножевая быстроходная дробилка . . . 82
Дробилка-насос . . . 84

Глава V. МАШИНЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫРЬЯ НА РАЗЛИЧНЫЕ ПО СОСТАВУ ЧАСТИ . . . 86

Протирочные машины . . . 86
Регулирование протирочных машин . . . 92
Расчет производительности протирочных машин и мощности для их привода . . . 95
Машина для снятия кожуры с корнеплодов . . . 96
Прессы . . . 98
Прессы периодического действия . . . 99
Режим прессования . . . 103
Расчет прочных размеров цилиндра и плунжера гидравлического пресса . . . 107
Прессы непрерывного действия . . . 107
Пресс непрерывного действия (экстрактор) . . . 107
Томатососковые комбайны . . . 109
Томатососковый комбайн КТС-30 . . . 109
Томатососковый комбайн КТС-10 . . . 113
Фильтрпрессы . . . 116
Камерный фильтрпресс . . . 117
Осветление соков при помощи глин . . . 119
Машины для отделения зеленого горошка от стручков и стеблей . . . 120
Лущильная машина . . . 120
Горохомолотилка . . . 121
Машины для удаления косточек из косточковых плодов . . . 122
Косточковыбивная машина . . . 122
Машина для удаления косточек из абрикосов . . . 124
Машина для удаления косточек из персиков . . . 126
Машина для снятия листьев и нитей с кукурузных початков . . . 127
Машина для отделения зерен с кукурузных початков . . . 129

Глава VI. МАШИНЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ . . . 130

Расход энергии на перемешивание . . . 132
Лопастные и пропеллерные мешалки . . . 134
Лопастные мешалки . . . 134
Пропеллерные мешалки . . . 136
Якорные мешалки . . . 136
Фаршесмеситель . . . 138
Фаршесмеситель с опрокидываемой дежей . . . 139
Фаршесмеситель непрерывного действия . . . 141

Глава VII. МАШИНЫ ДЛЯ НАПОЛНЕНИЯ КОНСЕРВНОЙ ТАРЫ . . . 142

Разливочные устройства . . . 143
Разливочные устройства для наполнения консервной тары до заданного уровня . . . 143
Разливочные устройства для объемного дозирования . . . 146
Конструкции наполнителей . . . 150
Полуавтоматический наполнитель БРП-8 для бутылок . . . 150
Автоматический наполнитель инж. Жукова . . . 153
Шестипатронный поршневой наполнитель для густых продуктов . . . 157
Автоматический 12-патронный наполнитель завода имени Куйбышева . . . 157
Универсальный наполнитель . . . 160

Глава VIII. ЗАКАТОЧНЫЕ И УКУПОРОЧНЫЕ МАШИНЫ . . . 162

Способы герметизации консервной тары . . . 162
Образование двойного закаточного шва . . . 162
Герметизация стеклотары . . . 166
Конструкции закаточных и укупорочных машин . . . 170
Полуавтоматическая закаточная машина . . . 170
Автоматическая двухбашенная закаточная машина . . . 173
Универсальная автоматическая вакуум-закаточная машина . . . 184
Основы силового расчета закаточных машин . . . 195
Паро-вакуумная укупорочная машина . . . 199

Стр.

Автоматическая одношпиндельная паро-вакуумная закаточная машина для герметизации стеклянных банок . . . 200
Автоматическая машина для укупорки бутылок корончатыми крышками . . . 202
Виды брака двойных закаточных швов . . . 205

Глава IX. ЭТИКЕТИРОВОЧНЫЕ МАШИНЫ . . . 207

Линейная этикетировочная машина . . . 207
Этикетировочная машина завода имени М. И. Калинина . . . 209
Этикетировочная карусельная машина . . . 211

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

Тепловое оборудование

Глава X. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О РАБОТЕ ТЕПЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТОВ . . . 212

Тепловые процессы в консервной промышленности . . . 212
Удельный расход теплоносителя . . . 213
Методы тепловых расчетов аппаратов . . . 214

Глава XI. АППАРАТЫ ДЛЯ БЛАНШИРОВКИ И ПОДОГРЕВА . . . 219

Задачи процесса . . . 219
Классификация аппаратов для бланшировки, шпарки и подогревания . . . 220
Бланшировочная ванна . . . 220
Ленточный бланширователь со скребками . . . 220
Барабанный бланширователь . . . 223
Расчеты бланширователей . . . 224
Основные правила техники безопасности . . . 225
Шпарочный чан . . . 225
Закрытый шпаритель . . . 226
Шнековый шпаритель . . . 227
Шахтный шпаритель . . . 228
Ленточный шпаритель . . . 228
Определение расхода пара в шпарителях . . . 229
Двутельный котел . . . 230
Сборник-подогреватель ВНИИКП . . . 232
Вакуум-подогреватель . . . 233
Трубчатый подогреватель . . . 234
Двутрубный подогреватель . . . 236
Двухсекционный вакуум-подогреватель завода имени М. И. Калинина . . . 237
Расчет подогревателей . . . 240
Техника безопасности при работе на подогревателях . . . 245

Глава XII. ОБЖАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ (ПЕЧИ) . . . 246

Принцип устройства и работы обжарочных печей . . . 246
Основы теплообмена в обжарочных печах . . . 247
Эксплуатационные показатели работы обжарочной печи . . . 250
Классификация обжарочных печей . . . 252
Нагревательные камеры обжарочных печей . . . 253
Способы загрузки, перемещения и выгрузки сырья . . . 255
Конструкции обжарочных печей . . . 257
Обжарочно-фильтрационная установка конструкции И. П. Ефременко . . . 257
Механизированная обжарочная печь (Пищепромпроекта) . . . 259
Контроль и регулирование уровней воды и масла . . . 264
Охлаждение обжаренных продуктов . . . 266
Основные расчеты обжарочных печей . . . 268
Особенности монтажа обжарочных аппаратов . . . 274
Техника безопасности при работе на обжарочных аппаратах . . . 275

Глава XIII. ВЫПАРНЫЕ АППАРАТЫ . . . 276

Назначение и сущность выпарного процесса . . . 276
Материальный баланс при выпаривании . . . 277
Классификация выпарных аппаратов . . . 278
Выпарные чаны (концентраторы) . . . 281
Работа выпарного чана . . . 283
Тепловой расчет выпарного чана . . . 285
Однокорпусные вакуум-выпарные аппараты . . . 287

Вакуум-аппарат с двутельной нагревательной камерой завода имени М. И. Калинина . . . 28
Эмалированный вакуум-выпарной аппарат с двутельной нагревательной камерой . . . 29
Вакуум-выпарной аппарат с выносной нагревательной камерой . . . 29
Работа вакуум-аппарата . . . 29
Вакуум-выпарной аппарат с вращающейся нагревательной камерой . . . 29
Работа аппарата . . . 29
Тепловой расчет однокорпусного вакуум-выпарного аппарата . . . 29
Основные конструктивные расчеты выпарных аппаратов . . . 30
Конденсационные устройства вакуум-выпарных аппаратов . . . 30
Примерные расчеты барометрического противоточного конденсатора . . . 30
Вакуум-насосы . . . 30
Вакуум-выпарной аппарат с тепловым насосом . . . 31
Вакуум-выпарной аппарат с пароструйным тепловым насосом (инжектором) 31
Расчет расхода острого пара . . . 31
Многокорпусные выпарные установки . . . 31
Расчет многокорпусной выпарной установки . . . 32
Схемы работы выпарных станций . . . 32
Монтаж выпарных установок . . . 32
Требования техники безопасности при работе выпарных установок . . . 32

Глава XIV. СТЕРИЛИЗАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ . . . 33

Режим стерилизации . . . 33
Давление в банке при стерилизации . . . 33
Величина противодавления в аппарате . . . 33
Способы стерилизации и классификация стерилизационных аппаратов . . . 33
Автоклавы (стерилизаторы) периодического действия . . . 33
Вертикальный автоклав . . . 33
Коммуникация автоклавов, работающих с противодавлением . . . 34
Охлаждение консервов в автоклавах . . . 34
Горизонтальный автоклав . . . 34
Расчеты автоклавов . . . 34
Примерный расчет автоклава . . . 34
Монтаж автоклавов . . . 35
Стерилизаторы непрерывного действия . . . 35
Автоматическое регулирование процесса стерилизации . . . 35
Настройка регулятора . . . 35
Стерилизация токами ультравысокой частоты (УВЧ) . . . 35
Техника безопасности в стерилизационном отделении . . . 36

Глава XV. СУШИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ . . . 36

Назначение и способы сушки пищевых продуктов . . . 36
Основные параметры сушильного процесса . . . 36
Процесс сушки в диаграмме $I-d$ . . . 36
Классификация сушильных установок . . . 36
Шкафная сушилка . . . 37
Туннельная сушилка . . . 37
Ленточная сушилка . . . 37
Двухвальцовая вакуум-сушилка . . . 37
Сушка методом сублимации . . . 38
Автоматизация процесса сушки . . . 38
Особенности монтажа сушилок и техника безопасности . . . 38

Глава XVI. АППАРАТЫ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ . . . 39

Назначение и сущность процессов охлаждения и замораживания . . . 39
Классификация способов и устройств для охлаждения и замораживания . . . 39
Вакуум-охладитель . . . 40
Ленточные охладители . . . 40
Душевой охладитель . . . 40
Трубчатый охладитель . . . 40
Скороморозильный аппарат сист. Гимпелевича (ВНИХИ) . . . 40
Туннельный скороморозильный аппарат . . . 40
Многоплиточный скороморозильный аппарат . . . 40
Расчет расхода холода на замораживание . . . 40
Монтаж и ремонт аппаратов для замораживания и техника безопасности . . . 41