

М. М. ГОЛЯНД, Б. Н. МАЛЕВАННЫЙ

●

ХОЛОДИЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

●

Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования СССР в качестве
учебника для студентов вузов, обучающихся
по специальности «Технология консервирования
продуктов»

МОСКВА
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
1977

УДК 621.56/.59.002.5(081)

Рецензенты д-р техн. наук **А. М. БРАЖНИКОВ**
и д-р техн. наук **Э. И. КАУХЧЕШВИЛИ** (МТИММП),
канд. техн. наук **Г. Д. КОНЧАКОВ** и канд. техн. наук
А. П. ФРОЛОВ (ВНИИМП)

© Издательство «Пищевая промышленность», 1977 г.

Г $\frac{30316-047}{044(01)-77}$ 47—77

ПРЕДИСЛОВИЕ

Широкое применение холода во всех отраслях пищевой промышленности позволяет обеспечить ритмичность производства, рациональнее использовать основные фонды, сохранять качество пищевых продуктов.]

Большая роль принадлежит искусственному холоду в осуществлении намеченной на десятую пятилетку программы социального развития и повышения уровня жизни народа. Так, в «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» поставлена задача создавать условия для сокращения затрат времени на ведение домашнего хозяйства путем развития бытового обслуживания, общественного питания, увеличения производства и продажи населению полуфабрикатов и кулинарных изделий.

Успешное решение задач, поставленных XXV съездом КПСС в области развития холодильного хозяйства, требует непрерывного совершенствования его технической базы. Строительство новых и реконструкция действующих холодильников неразрывно связаны с техническим прогрессом в области производства и применения искусственного холода.

На первый план выдвигается задача создания и внедрения в производство современных высокопроизводительных и полностью автоматизированных холодильных машин и технологических аппаратов, обеспечивающих оптимальные режимы обработки и хранения скоропортящихся продуктов.

Одновременно с этим будет осуществляться программа повышения мощности производственных и распределительных холодильников за счет их технического

перевооружения, модернизации оборудования и усовершенствования технологических процессов.

Цель настоящего учебника — ознакомить будущих специалистов по холодильной технологии с холодильным технологическим оборудованием, используемым в пищевой промышленности при холодильной обработке и производстве мяса и мясопродуктов, рыбы, молока и фруктов, плодов и овощей, кулинарных изделий и готовых блюд, мелкоштучных неупакованных и упакованных продуктов.

Курс «Холодильное технологическое оборудование» рассматривает вопросы рационального выбора, оценки, расчета и проектирования технических средств (устройств и аппаратов) для успешного осуществления соответствующих оптимальных технологических процессов, а также изучает холодильное оборудование, применяемое в камерах холодильников при хранении пищевых продуктов и при их замораживании и размораживании.

При изложении курса в книге приводятся классификации холодильного технологического оборудования, рассматриваются устройства и специфические особенности его работы, отмечаются достоинства и недостатки рассматриваемых устройств, излагаются основы расчета оборудования, предназначенного для холодильной обработки пищевых продуктов. Курс «Холодильное технологическое оборудование» является базовым при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Авторы выражают благодарность за большую и ценную помощь при написании настоящего учебника доктору техн. наук, проф. Н. А. Головкину, доктору техн. наук, проф. Г. Б. Чижову, канд. техн. наук М. З. Печатникову, инж. А. С. Пивинскому, С. И. Беляеву, а также рецензентам.

Отзывы и замечания по книге просьба направлять по адресу: 196002, Ленинград, ул. Ломоносова, 9, ЛТИХП, авторам.

ГЛАВА I

СИСТЕМЫ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОХЛАЖДАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Для организации движения воздуха в охлаждаемых помещениях их оснащают специальным оборудованием или устройствами, представляющими собой систему воздухораспределения.

В холодильных камерах применяют туннельную систему воздухораспределения; ложный потолок; системы воздушного душирования; воздуховоды с продольными или поперечными (радиальными) соплами; двухканальную, одноканальную и бесканальную системы.

Параметры воздушных струй, формируемых системами воздухораспределения, зависят от их вида (свободные и стесненные струи).

Специфические особенности работы и анализ систем воздухораспределения применительно к условиям камер холодильной обработки или хранения продуктов будут рассмотрены при изучении оборудования этих устройств. Системы воздухораспределения, формирующие свободные струи, получили широкое распространение в камерах, предназначенных для холодильной обработки мяса в тушах и полутушах. В этих камерах следует создавать направленный обдув бедренных частей, толщина которых определяет продолжительность холодильной обработки полутуши.

Системы воздухораспределения оцениваются и сравниваются по технологическим, экономическим и эксплуатационным показателям.

К технологическим показателям относят равномерность параметров воздушной среды (температура, влажность, скорость) в грузовом объеме камер хранения или у поверхности охлаждаемых (замораживаемых)

продуктов в камерах холодильной обработки; постоянство этих параметров во времени, усушка продуктов и интенсивность охлаждения (замораживания); к экономическим — удельные капитальные и эксплуатационные затраты, а к эксплуатационным — удобство монтажа, эксплуатации и ремонта, а также возможность регулирования системы при изменении условий работы охлаждаемого помещения.

СИСТЕМЫ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В КАМЕРАХ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Туннельная система

Туннельная система состоит из туннеля, в котором находится пищевой продукт, подвергающийся холодильной обработке, и перегородок, организующих движение воздушного потока в системе. Воздух может перемещаться вдоль короткой (поперечное движение) и длинной (продольное движение) сторон помещения или же в вертикальной плоскости туннеля (рис. 1).

Охлажденный в воздухоохладителе воздух вентиляторами направляется в туннель, где он омывает продукт, который может располагаться на подвесных путях, этажерках, а также находиться в формах, ящиках или в коробках.

Туннели с поперечным движением воздуха из-за значительного живого сечения оснащаются несколькими осевыми вентиляторами, а туннели с продольным движением — центробежными. Для туннелей с продольным движением воздуха характерно значительное аэродинамическое сопротивление в циркуляционном кольце и меньший, по сравнению с туннелями с поперечным движением, расход воздуха.

Туннельную систему воздухораспределения применяют в камерах холодильной обработки продуктов.

Ложный потолок

Ложный потолок изготовляют из асбошиферных или из пластиковых листов, установленных в виде щитов между балками подвесных путей. В щитах, уложенных

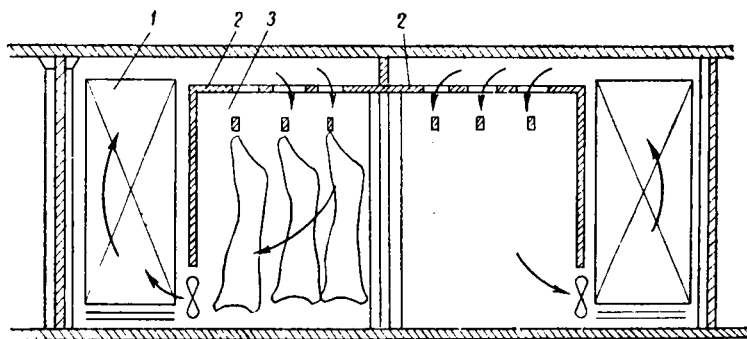


Рис. 1. Туннельная система воздухораспределения с движением воздуха в вертикальной плоскости:

1 — воздухоохладитель; 2 — перегородки; 3 — туннель.
Стрелки показывают направление движения воздуха.

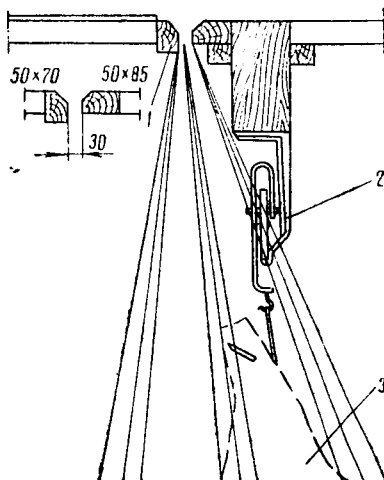


Рис. 2. Элемент конструкции камеры, оборудованной ложным потолком:

1 — ложный потолок; 2 — подвесной путь; 3 — полутуша мяса.

над рельсами подвесных путей, предусматриваются щели шириной 30—40 мм.

Высота пространства, образующегося между ложным потолком и перекрытием, в многоэтажных холодильниках составляет 800 мм; высота этого пространства в одноэтажных холодильниках определяется величиной наклона кровли.

Элемент конструкции камеры, оборудованной ложным потолком, представлен на рис. 2. Ширина щелей ложного потолка 30—40 мм, а длина 300—700 мм при расстоянии между щелями 200—300 мм. При указан-

ных конструктивных размерах щелей ложного потолка система воздухораспределения обеспечивает расчетные скорости движения воздуха.

Система воздушного душирования

Система воздушного душирования состоит из металлических воздухопроводов прямоугольного или фасонного сечения, находящихся над подвесными путями. В воздухопроводы вмонтированы цилиндрические сопла диаметром 50 мм, расположенные в шахматном порядке (5—6 сопел на 1 м длины воздуховода).

При воздушном душировании полутуш мяса бедренные части обдуваются воздушными струями, выходящими из сопел.

Элемент конструкции камеры, оборудованной системой воздушного душирования, показан на рис. 3, а характер развития воздушных струй у полутуш мяса — на рис. 4. Выходя из сопел и расширяясь за счет эжекции окружающего воздуха, струи воздуха сливаются и движутся одним потоком, обдувая вначале с наибольшей скоростью бедренные части полутуш, а затем с меньшей — лопаточные. При движении струй их пограничные слои складываются, в результате чего средняя скорость движения воздуха в зоне бедра полутуши становится выше средней скорости струи, выходящей из отдельного сопла.

Воздуховоды с продольными или с поперечными щелями

Система воздухораспределения состоит из воздухопроводов, расположенных между подвесными путями (рис. 5). Холодный воздух, выходящий из сопел, обдувает толстые бедренные части полутуш. В отличие от системы воздушного душирования изготовление воздухопроводов со щелями значительно проще и дешевле.

При подаче воздуха в камеру через продольные щели с оптимальной скоростью обдувается лишь часть поверхности бедренной части полутуши, что приводит к возрастанию продолжительности холодильной обработки мяса.

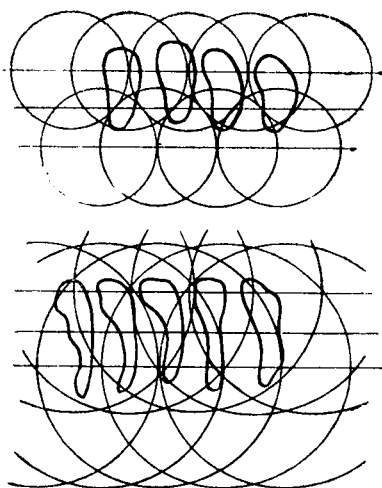
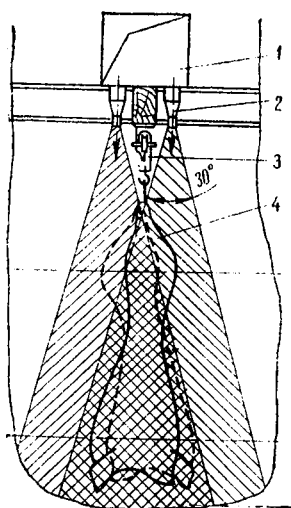


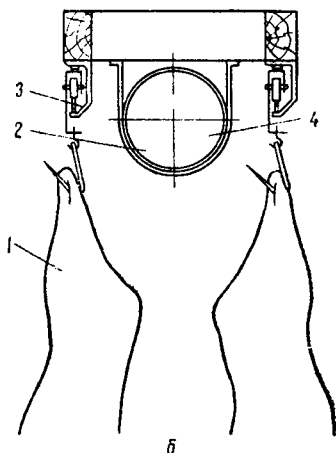
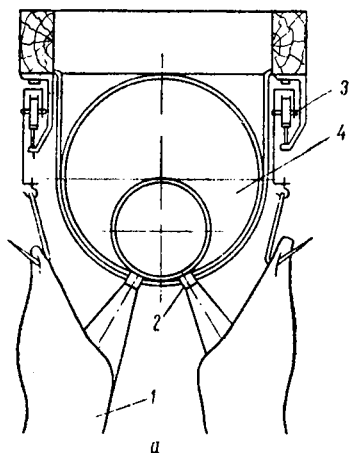
Рис. 3. Элемент конструкции камеры, оборудованной системой воздушного душирования:

1 — воздуховод; 2 — сопло; 3 — подвесной путь; 4 — полутуша мяса.

Рис. 4. Характер развития воздушных струй у полутуш мяса.

Рис. 5. Элемент конструкции камеры, оборудованной воздуховодами:

а — с продольными щелями; б — с поперечными щелями; 1 — полутуша мяса; 2 — сопло; 3 — подвесной путь; 4 — воздуховод.



Более совершенной является система подачи воздуха через поперечные щели воздухопроводов, которые целесообразно размещать между подвесными путями (это позволяет приблизить воздухопровод к продукту и значительно снизить скорость выхода воздуха из сопла). Для нормального обдува бедренных частей полутуши необходимо предусмотреть восемь щелей на 1 м воздухопровода.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДВИЖУЩЕГОСЯ ВОЗДУХА ПО ЗАКОНОМЕРНОСТЯМ СВОБОДНЫХ СТРУЙ

Свободной воздушной струей называют струю, вытекающую из отверстия в безграничное пространство, заполненное неподвижным воздухом с теми же физическими параметрами, что и воздух струи.

По закономерностям свободных струй параметры (количество, средняя и осевая скорости) движущегося воздуха рассчитывают для помещений, живое сечение которых достаточно велико для прохода воздуха. Эти параметры определяют на небольших расстояниях от выходного отверстия сопла (до 20—30 диаметров сопла). Такими помещениями являются камеры охлаждения и замораживания мяса в тушах и полутушах.

В помещения воздух подается с помощью сопел. По выходе из отверстия сопла струя расширяется, вовлекая в движение частицы окружающего воздуха помещения. В результате эжектирующего действия движущейся струи постепенно растет ее масса и увеличиваются размеры. Вследствие тормозящего действия частиц окружающего воздуха скорость движения струи постепенно убывает. Схема свободной струи и характер изменения скорости w_x в сечении показаны на рис. 6. В сопле, из которого вытекает струя, расположен ее полюс P на расстоянии h_0 от его начального (выходного) сечения O . Лучи, проведенные из полюса через кромки выходного отверстия, являются внешними границами струи. За пределами этих лучей осевая скорость струи равна нулю. Угол между лучами равен 2α .

В свободной струе различают начальный и основной участки. В начальном участке s_0 скорость движения воздуха по оси струи остается неизменной и равной начальной скорости w_0 . Область струи с постоянной скоростью

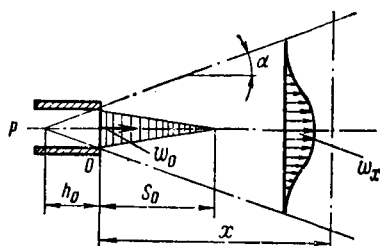


Рис. 6. Схема свободной струи.

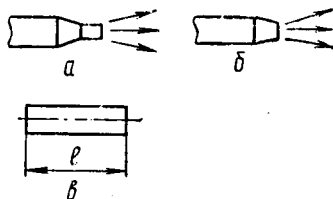


Рис. 7. Различные виды сопел (насадок):

a — цилиндрическое; b — коническое; c — плоское.

называют ее ядром (заштрихованный конус). Начиная от вершины этого конуса, идет основной участок, характеризующийся скоростями, которые уменьшаются по мере удаления струи от оси.

Сопла могут быть цилиндрические, конические, а также плоские с прямоугольным сечением (рис. 7). Для сопел одинаковой формы струи, вытекающие из них, оказываются подобными.

Подобие струй позволяет определять их параметры через один обобщающий критерий $\frac{a_T x}{d_0}$ для цилиндрических сопел и $\frac{a_T x}{b_0}$ для плоских (a_T — коэффициент турбулентности, x — расстояние от кромки сопла до сечения, d_0 — диаметр сопла, b_0 — половина высоты плоского сопла).

Коэффициент турбулентности a_T характеризует интенсивность перемешивания воздуха и зависит от формы сопла. Его численное значение составляет для цилиндрических сопел 0,076; конических 0,066—0,071, плоских 0,09—0,12.

Формулы для определения параметров свободных струй приведены в табл. 1.

Количество холодного воздуха, которое необходимо подавать в охлаждаемое помещение через сопла, определяют по формуле

$$V_0 = \frac{Q_{об}}{\rho_k (i_k - i_1)},$$

где V_0 — количество холодного воздуха, m^3/c ;

$Q_{об}$ — тепловая нагрузка на оборудование охлаждаемого помещения, Вт;

ТАБЛИЦА 1

Относительные показатели	Сопло	
	цилиндрическое	плоское
Расстояние от начального сечения до полюса струн	$\frac{0,145}{a}$	$\frac{0,41}{a}$
$\left(\frac{h_0}{d_0} \text{ или } \frac{h_0}{b_0}\right)$		
Тангенс бокового угла расширения струн ($\operatorname{tg} \alpha$)	$\frac{d_0}{2h_0} \text{ или } \frac{a_T}{0,29}$	$\frac{b_0}{h_0} \text{ или } \frac{a_T}{0,41}$
Количество движущегося воздуха $\left(\frac{V_x}{V_0}\right)$	$4,36 \left(\frac{a_T x}{d_0} + 0,145\right)$	$1,2 \sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}$
Скорость		
осевая $\left(\frac{w_x}{w_0}\right)$	$\frac{0,48}{\frac{a_T x}{d_0} + 0,145}$	$\frac{1,2}{\sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}} \quad (1)$
средняя $\left(\frac{w_{xm}}{w_0}\right)$	$\frac{0,226}{\frac{a_T x}{d_0} + 0,145}$	$\frac{0,82}{\sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}}$
Средняя температура $\left(\frac{t_k - t_x}{t_k - t_1}\right)$; t_k — средняя температура воздуха в камере; t_x — температура на расстоянии от кромки сопла; t_1 — температура воздуха, подаваемого в камеру	$\frac{0,226}{\frac{a_T x}{d_0} + 0,145}$	$\frac{0,82}{\sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}}$

ρ_k — плотность воздуха в камере, кг/м³;

i_k — теплосодержание воздуха, охлаждаемого помещения, Дж/кг;

i_1 — теплосодержание воздуха, подаваемого через сопло, Дж/кг.

Количество воздуха, подаваемого в охлаждаемое помещение с помощью различных сопел, определяют по

уравнениям для цилиндрических сопел $V_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} n \omega_0$; для плоских сопел прямоугольного сечения $V_0 = 2b_0 l n \omega_0$, (2) где n — количество сопел; l — длина сопла, м.

Задавая начальную скоростью выхода воздуха из сопел (значение начальной скорости для камер холодильной обработки не должно превышать 20—25 м/с) и зная размеры одного сопла, можно из уравнения (2) найти их количество.

В дальнейшем при расчетах параметров свободных струй необходимо проверить технологическую скорость и температуру в зоне расположения бедренной части полутуши, где скорость движения воздуха должна составлять $\omega_{\text{см}} = 1—2$ м/с.

При подстановке значений в формулы для средней скорости может не получиться равенства между правой и левой частями уравнений, поскольку эти значения задавались предварительно. Меняя величины ω_0 или размеры сопел, следует добиться равенства обеих частей уравнений (см. табл. 1), рассчитать струю необходимой дальности $\frac{x}{d_0}$ (или $\frac{x}{b_0}$) и определить скорость ω_0 , с которой воздух должен выходить из сопла.

СИСТЕМЫ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В КАМЕРАХ ХРАНЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Двухканальная система

В камерах хранения движение воздуха целесообразно организовать с помощью систем воздухораспределения таким образом, чтобы создать равномерные поля (температурное и влажностное) в грузовом объеме камеры; экранировать наружные ограждения охлаждаемых помещений воздушными струями.

Двухканальная система воздухораспределения (рис. 8) состоит из всасывающего и нагнетательного каналов с окнами, вентилятора и воздухоохладителя.

Из помещения воздух засасывается через всасывающий канал и вентилятором подается в воздухоохладитель.

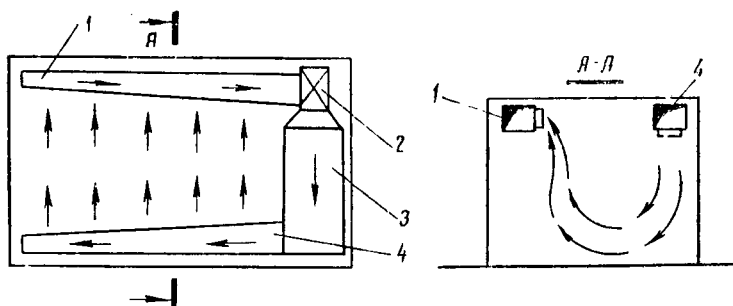


Рис. 8. Двухканальная система воздухоораспределения:

1 — всасывающий канал; 2 — вентилятор; 3 — воздухоохладитель; 4 — нагнетательный канал. Стрелки показывают направление движения воздуха.

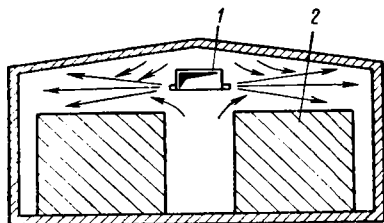


Рис. 9. Одноканальная система воздухоораспределения:

1 — нагнетательный канал; 2 — штабель груза. Стрелки показывают направление движения воздуха.

тель, в котором воздух охлаждается и осушается. После воздухоохладителя холодный воздух направляется по нагнетательному каналу в помещение, где он нагревается и увлажняется. Равномерность воздухоораспределения достигается устройством большого количества окон (два-три на шестиметровый пролет), из которых воздух подается в охлаждаемое помещение со скоростью 1—2 м/с.

Для частичного экранирования теплового потока через наружные ограждения нагнетательные каналы располагают ближе к потолку, а окна для подачи воздуха — на нижней поверхности канала. В этом случае холодный воздух, выходящий из окон, создает воздушную завесу у наружных стен.

При двухканальной системе наблюдается заметная скорость движения воздуха только вблизи окон нагнетательных каналов. Поскольку часть помещения занимают каналы, уменьшается его грузовой объем.

Одноканальная система

При одноканальной системе в охлаждаемом помещении располагаются только нагнетательные каналы. Одноканальная система воздухораспределения (рис. 9) выполняется с эжекторной подачей воздуха и подачей его через окна.

При эжекторной подаче холодный воздух направляется в помещение через сопла различной конструкции, смонтированные в воздуховоды.

В камерах хранения пищевых продуктов воздуховоды размещаются в верхней зоне камеры над грузовым проходом.

В одноканальной системе с подачей воздуха через окна холодный воздух направляется в камеру хранения фруктов через отверстия с небольшой скоростью. Температура холодного воздуха на $2-3^{\circ}\text{C}$ ниже температуры воздуха помещения.

Равномерная скорость движения воздуха в грузовом объеме камер хранения с одноканальной системой воздухораспределения достигается размещением разветвленной системы воздуховодов с большим количеством окон.

Специальные автоматические заслонки окон регулируют количество подаваемого воздуха.

Бесканальная система

При бесканальной системе холодный воздух подается в помещение через цилиндрические, конические или прямоугольные сопла (насадки).

Воздух обычно охлаждается в постаментных воздухоохладителях (рис. 10, а), которые вытесняются подвесными. Такие воздухоохладители не занимают строительную площадь охлаждаемых помещений и располагаются на расстоянии 3—6 м друг от друга.

Воздух, охлажденный в подвесном воздухоохладителе (рис. 10, б), подается в камеру с помощью направляющего аппарата.

Конструктивное оформление направляющего аппарата, обеспечивающего рациональное движение холодного воздуха, зависит от назначения охлаждаемого помещения.

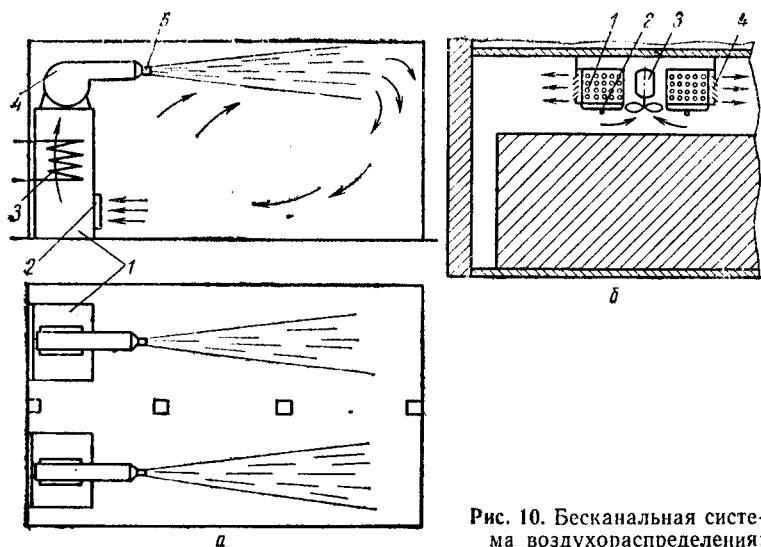


Рис. 10. Бесканальная система воздухораспределения:

а — с постаментными воздухоохладителями: 1 — постаментный воздухоохладитель; 2 — всасывающее окно; 3 — охлаждающие секции; 4 — центробежный вентилятор; 5 — сопло; *б* — с подвесными воздухоохладителями: 1 — подвесной воздухоохладитель; 2 — поддон воздухоохладителя; 3 — вентилятор; 4 — направляющий аппарат. Стрелки показывают направление движения воздуха.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДВИЖУЩЕГОСЯ ВОЗДУХА ПО ЗАКОНОМЕРНОСТЯМ СТЕСНЕННЫХ СТРУЙ

Струю, развивающуюся в ограниченном объеме, называют стесненной. Струя, поданная в помещение, интенсивно вовлекает в движение окружающий воздух и быстро увеличивается в объеме. На некотором расстоянии от сопла массы воздуха начинают отделяться от струи. В связи с этим в помещении возникают обратные потоки воздуха. Следует отметить, что через всасывающее окно воздухоохладителя удаляется только то количество воздуха, которое подается в помещение через сопла. Схема развития стесненной струи показана на рис. 11.

Параметры, которые необходимо определить для расчета стесненной струи, следующие: безразмерное расстояние $\bar{x}$ по оси струи, безразмерное отношение $\frac{\sqrt{F_n}}{d_0}$,

расстояние h_0 от кромки сопла до полюса, безразмерное расстояние $\bar{x}$ в случае налипания струи на площадь поверхности ограждения.

Безразмерное расстояние по оси струи определяют по формуле

$$\bar{x} = \frac{a_T x}{\sqrt{F_n}}. \quad (3)$$

Расстояние от кромки сопла до полюса рассчитывают по уравнению

$$h_0 = 0,145 - \frac{d_0}{a_T}.$$

В случае налипания струи на поверхность ограждения безразмерное расстояние находят по формуле

$$\bar{x} = \frac{a_T x}{\sqrt{0,5 F_n}}. \quad (4)$$

В охлаждаемых помещениях развитию струй препятствуют не только ограждения, но и грузы, находящиеся в них. В таких помещениях развитие струй подчиняется закономерностям стесненных струй.

В уравнениях (3) и (4) под величиной F_n следует считать площадь поперечного сечения помещения, не занятого грузом.

Площадь струи постепенно возрастает, и на расстоянии $\bar{x} = 0,2 - 0,22$ относительный размер $\frac{F_{стр}}{F_n} = 0,4 - 0,42$ ($F_{стр}$ — площадь струи). На этом же расстоянии коли-

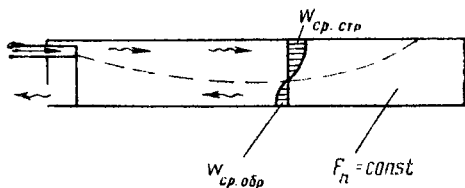


Рис. 11. Схема развития стесненной струи:

$w_{cp. стр}$ — средняя скорость струи; $w_{cp. обр}$ — средняя скорость обратного потока; F_n — площадь поперечного сечения помещения.

чество воздуха, проходящего через сечение, достигает максимального значения

$$\left[\frac{V_{\text{стр}}}{V_0} \cdot \frac{d_0}{V F_{\Pi}} \right]_{\text{max}} = 0,55,$$

где $V_{\text{стр}}$ — количество воздуха в струе, м³/с.

Количество воздуха в струе постепенно уменьшается и на расстоянии $\bar{x}=0,45-0,5$ становится равным нулю. При $x=0,2$ безразмерная средняя скорость движения обратного потока является максимальной

$$\left[\frac{w_{\text{ср.обр}}}{w_0} \cdot \frac{V F_{\Pi}}{d_0} \right]_{\text{max}} = 0,69.$$

Основные формулы для расчета систем воздухораспределения приведены ниже.

$$\text{Количество воздуха в струе } V_x \quad \frac{V_x}{V_0} \cdot \frac{d_0}{V F_{\Pi}} = 0,178 (10 \bar{x}) e^{12,1 \bar{x} - 50 \bar{x}^2}$$

$$\text{Осевая скорость } w_x \quad \frac{w_x}{w_0} \cdot \frac{1,41 A}{V F_{\Pi} \bar{x}} e^{-0,01 \frac{V F_{\Pi}}{d_0} \bar{x}} - 14,45 \left(\frac{V F_{\Pi}}{d_0} \right)$$

$$\text{при } \bar{x} \leq \frac{1,41}{\frac{V F_{\Pi}}{d_0}};$$

$$A_0 = a_T \left(6,5 - 4,5 e^{-4,97 \frac{V F_{\Pi}}{d_0} \bar{x}} \right) \text{ при } \bar{x} \geq \frac{1,41}{\frac{V F_{\Pi}}{d_0}}$$

$$A_0 = 6,5 a_T \quad (A_0 - \text{безразмерный коэффициент})$$

$$\text{Средняя скорость движения воздуха в струе } w_{xm} \quad \frac{w_{xm}}{w_0} \cdot \frac{V F_{\Pi}}{d_0} = 0,247 (10 \bar{x})^2 e^{21,73 \bar{x} - 33 \bar{x}^2}$$

$$\text{Средняя скорость обратного потока } w_{\text{ср.обр}} \quad \frac{w_{\text{ср.обр}}}{w_0} \cdot \frac{V F_{\Pi}}{d_0} = 11,3 \bar{x} e^{-11,5 \bar{x} + 47 \bar{x}^2 - 98 \bar{x}^3} \quad (5)$$

$$\text{Площадь, занимаемая струей, } F_{\text{стр}} \quad \frac{F_{\text{стр}}}{F_{\Pi}} = 0,565 (10 \bar{x}^3) e^{-9,68 \bar{x} - 12 \bar{x}^2}$$

В камерах хранения продуктов необходимо обеспечить среднюю скорость движения обратного потока в

конце действия струи. Абсолютное значение максимальной средней скорости движения обратного потока составляет 1—1,5 м/с, а минимальной — 0,3—0,5 м/с при $x = L_{\text{стр}}$ ($L_{\text{стр}}$ — предельное расстояние от полюса струи до конца помещения).

Это расстояние находят по формуле

$$L_{\text{стр}} \leq 4,6 \sqrt{F_{\text{п}}}.$$

Минимальное расстояние от потолка до верха штабеля определяют по уравнению

$$H_{\text{min}} = \frac{L_{\text{стр}}^2}{21 B},$$

где H_{min} — расстояние от потолка до верха штабеля, м;
 B — ширина помещения, обслуживаемого одной струей, м.

Принимая рекомендуемое значение средней скорости обратного потока и вычисляя значение $\bar{x}$ по формуле (4), необходимо добиться равенства обеих частей уравнения (5), меняя значение величин ω_0 , d_0 и $F_{\text{п}}$.

ГЛАВА II

ХОЛОДИЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Холодильное технологическое оборудование для охлаждения продуктов имеет свои специфические особенности, поэтому оно может быть квалифицировано как оборудование для охлаждения мяса и рыбы, плодов и овощей, птицы, молока и молочных продуктов.

ОБОРУДОВАНИЕ КАМЕР ОХЛАЖДЕНИЯ МЯСА

Совершенство камер охлаждения мяса оценивается технологическими (продолжительность и равномерность холодильной обработки, величина усушки мяса, равномерность температурных полей, влажность и скорость движения воздуха в объеме камеры или туннеля); кон-

структивными (компактность, металлоемкость, уровень механизации и автоматизации, оснащенность приборами охлаждения, удельный съём охлажденного мяса, удельный расход электроэнергии); эксплуатационными (надежность работы, продолжительность загрузки и выгрузки, продолжительность оттаивания инея с охлаждающих приборов, удобство ремонта) и экономическими (удельные капитальные и эксплуатационные затраты, стоимость охлаждения 1 т мяса) показателями.

В зависимости от применяемого холодильного оборудования, систем воздухораспределения, а также от организации процесса холодильной обработки мяса камеры охлаждения бывают туннельного типа, с сухими и мокрыми воздухоохладителями, камеры с системой воздушного душирования, с межрядными радиационными батареями и детандерами.

Камеры туннельного типа

Камеры охлаждения мяса туннельного типа обычно выполняются с продольным или с поперечным движением воздуха. В этих камерах воздух охлаждается в воздухоохладителях, размещение которых относительно туннеля может быть нижнее, боковое и верхнее.

Устройство камеры туннельного типа с продольным движением воздуха показано на рис. 12, а. Оборудование камеры состоит из воздухоохладителя, центробежного вентилятора и перегородок, создающих направленное движение воздуха.

Из воздухоохладителя воздух поступает в туннель, где омывает полутуши, расположенные на подвесных путях. Полутуши мяса создают большое сопротивление, поэтому воздух устремляется в пространство туннеля, свободное от мяса, минуя его центральную часть. По мере движения воздуха по туннелю он нагревается. Полутуши, находящиеся у выхода воздуха из туннеля, охлаждаются медленнее, чем полутуши, расположенные у входа в туннель. Неравномерность охлаждения мяса в туннеле составляет 2—6 ч.

Камера туннельного типа с поперечным движением воздуха показана на рис. 12, б. Параллельно длинной стороне камеры имеется перегородка, которая делит камеру на два туннеля. Воздух,

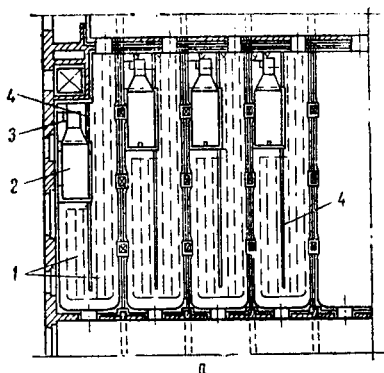
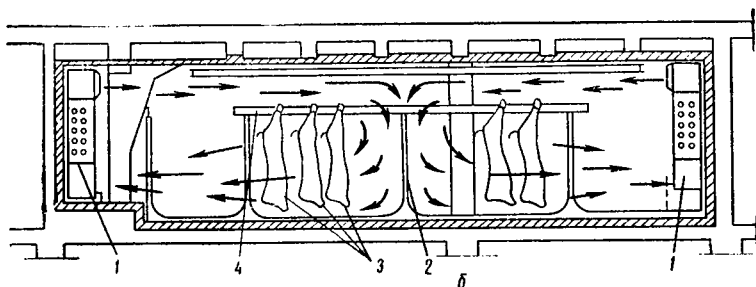


Рис. 12. Камеры охлаждения мяса туннельного типа:

а — с продольным движением воздуха: 1 — туннель; 2 — воздухоохладитель; 3 — центробежный вентилятор; 4 — перегородка;
б — с поперечным движением воздуха: 1 — воздухоохладитель; 2 — перегородка; 3 — охлаждаемые полутуши мяса; 4 — каркас подвешенного пути. Стрелки показывают направление движения воздуха.



подаваемый вентиляторами, после его охлаждения в воздухоохладителях движется в направлении, перпендикулярном продольной оси туннеля.

Для равномерного охлаждения мяса в камерах применяют реверсивные вентиляторы, позволяющие изменять направление движения воздуха в туннеле (автоматически или вручную). В этих камерах при температуре воздуха -2°C и средней скорости его движения 2—3 м/с продолжительность охлаждения полутуш составляет 16—18 ч.

Камеры с воздухоохладителями

В камерах охлаждения мяса с бесканальной системой воздухораспределения и ложным потолком обычно применяют сухие или мокрые воздухоохладители.

В зависимости от способа оребрения воздухоохладители бывают с высокой степенью оребрения (компактные) и малой, а в зависимости от расположения воздухо-

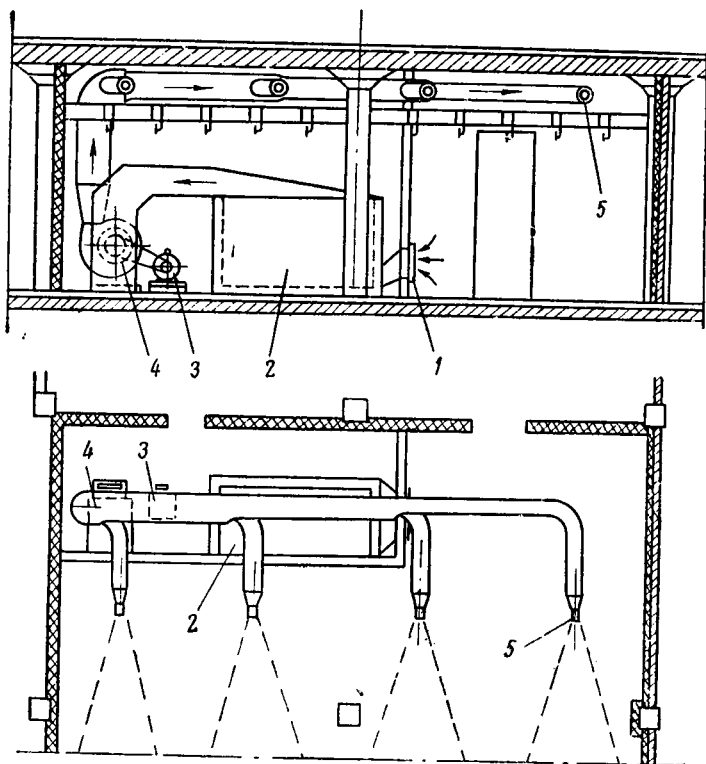


Рис. 13. Камера охлаждения мяса с сухими напольными воздухоохладителями и бесканальной системой воздухораспределения: 1 — всасывающий патрубок; 2 — воздухоохладитель; 3 — электродвигатель; 4 — вентилятор; 5 — сопло.

охладителей они могут быть напольные, потолочные и подвесные.

Размещение оборудования в камере с сухими напольными воздухоохладителями и бесканальной системой воздухораспределения показано на рис. 13. Воздух, засасываемый вентилятором из камеры, проходит через охлаждающие секции воздухоохладителя, а затем через цилиндрические сопла подается в верхнюю зону камеры.

Достоинствами камер охлаждения являются простота оборудования, легкий и быстрый его монтаж, несложная

эксплуатация, недостатками — малая скорость движения воздуха в зоне расположения бедра полутуши (0,4—0,6 м/с); неравномерное охлаждение полутуш, расположенных в различных зонах камеры; повышенная металлоемкость воздухоохладителя (до 25 кг на 1 м² теплопередающей площади поверхности). Кроме того, воздухоохладители занимают около 15% площади камеры.

Камеры с сухими воздухоохладителями и ложным потолком показаны на рис. 14. Охлажденный в воздухоохладителе воздух вентиляторами подается под ложный потолок, а оттуда через щели — в камеру, обдувая бедренные части полутуш. Продолжительность охлаждения полутуш мяса при температуре воздуха в камере — 2°С и скорости движения воздуха у бедренной части полутуш 0,6 м/с составляет 20—22 ч.

В камерах такого типа можно создать повышенную скорость движения воздуха у бедренных частей охлаждаемых полутуш при малой кратности циркуляции (90—100 объемов в 1 ч), в результате чего уменьшается расход электроэнергии на привод вентиляторов. Умеренное аэродинамическое сопротивление (200—400 Па) в циркуляционном кольце позволяет применять осевые вентиляторы. Воздух распределяется неравномерно по отдельным ниткам подвешенного пути и по длине камеры. Значительная часть воздуха поступает в камеру не через сопла, а просачивается через неплотности, которые образуются в подшивке ложного потолка в результате движения полутуш по подвесным путям. Наибольшая скорость движения воздуха наблюдается в конце камеры (считая от места подачи воздуха), а наименьшая — в начале камеры. Причем в щелях, расположенных вблизи от места подачи воздуха, иногда наблюдается подсос воздуха. Это приводит к неравномерности скорости движения воздуха у бедренных частей полутуш (скорость изменяется от 0,15 до 1,4 м/с).

Чтобы устранить неплотности, щиты, из которых изготовляют ложный потолок, закрепляют в местах их сопряжения с балками и перегородками. Канал ложного потолка выполняют конусного сечения, причем конечная площадь сечения канала составляет 0,15—0,3 от начальной площади его сечения. Отношение площади сопел (щелей) к площади начального сечения канала не превышает 0,6.

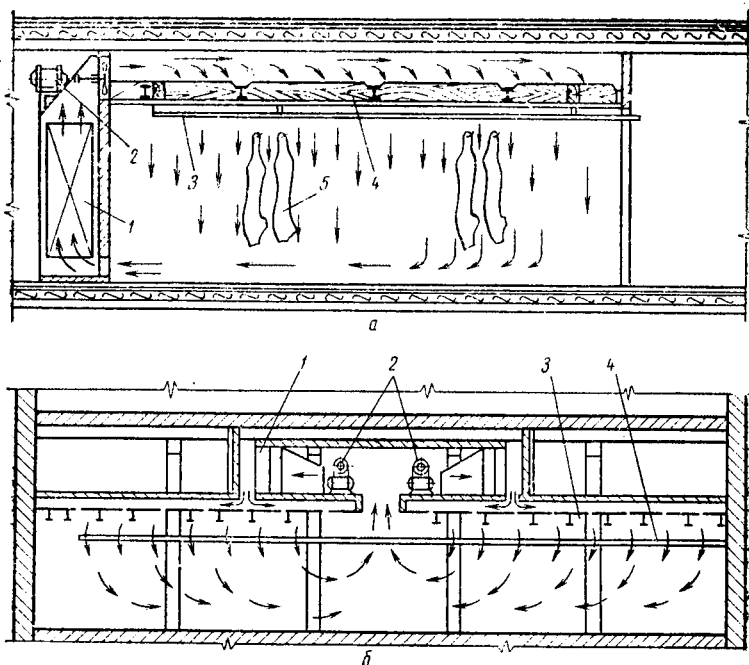


Рис. 14. Камера охлаждения мяса с сухим воздухоохладителем и ложным потолком:

а — с постаментным воздухоохладителем: 1 — постаментный воздухоохладитель; 2 — вентилятор с электродвигателем; 3 — подвесной путь; 4 — ложный потолок; 5 — охлаждаемая туша;

б — с потолочными воздухоохладителями: 1 — потолочный воздухоохладитель с вентилятором; 2 — герметичный холодильный агрегат; 3 — ложный потолок; 4 — подвесной путь.

Стрелки показывают направление движения воздуха.

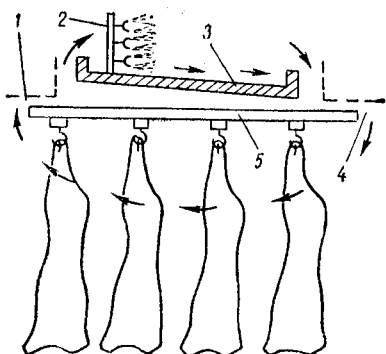


Рис. 15. Камера охлаждения мяса с мокрыми воздухоохладителями:

1 — всасывающее окно для выхода теплого воздуха; 2 — трубопроводы с разбрызгивающими форсунками; 3 — поддон; 4 — нагнетательное окно для входа холодного воздуха; 5 — балочный каркас подвесного пути.

Стрелки показывают направление движения воздуха.

В камере с мокрыми воздухоохладителями (рис. 15) находятся трубопроводы с разбрызгивающими форсунками, поддон для сбора отепленного хладоносителя, нагнетательные и всасывающие окна.

Воздух охлаждается в результате прямого контакта с хладоносителем (рассол). С помощью форсунок хладоноситель, температура которого $-8 \div -10^{\circ}\text{C}$, разбрызгивается. В результате контакта с хладоносителем охлажденный и осушенный воздух вследствие возрастания плотности через нагнетательное окно направляется в камеру. Влага, содержащаяся в воздухе, поглощается хладоносителем, вызывая его деконцентрацию. Отепленный хладоноситель собирается в поддоне и направляется в испаритель для охлаждения.

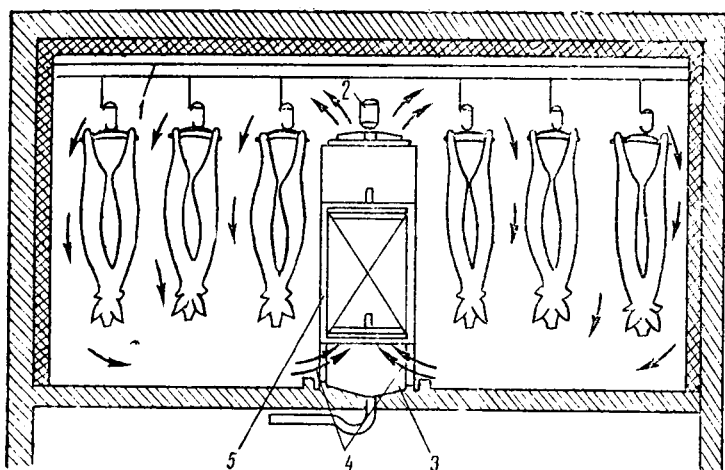
Так как холодильное оборудование камер с мокрыми воздухоохладителями расположено под потолком, увеличивается высота камеры; процесс охлаждения мяса (32—36 ч) сопровождается значительной усушкой, достигающей 2%; неравномерность охлаждения бедренной и лопаточной частей полутуш составляет 8—10 ч; поверхность мяса обесцвечивается каплями хладоносителя, уносимыми воздухом; форсунки часто засоряются; значительная деконцентрация хладоносителя усложняет эксплуатацию испарителей.

Компактные воздухоохладители снабжены трубчатыми электронагревателями типа ТЭНов, устанавливаемыми в охлаждающих секциях воздухоохладителей. С помощью ТЭНов производят периодическое (вручную или автоматически) оттаивание и удаление снеговой шубы с площади поверхности охлаждающих секций воздухоохладителей.

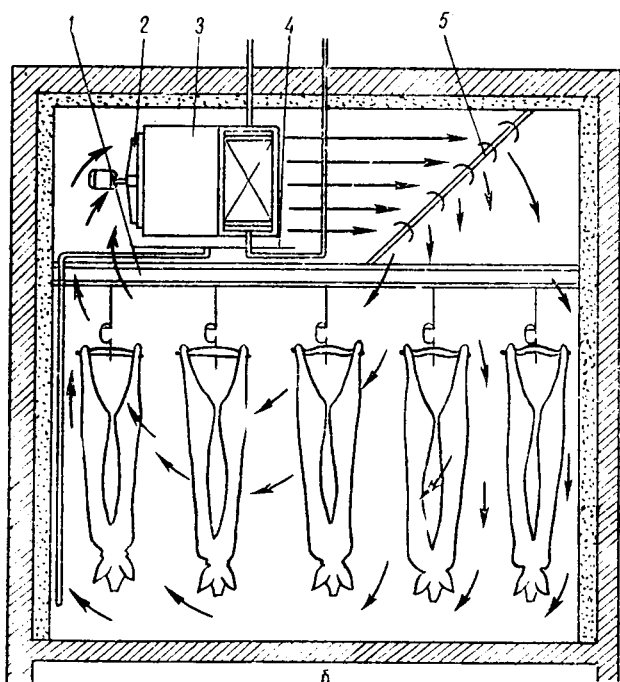
Компактные воздухоохладители имеют малую металлоемкость (4—5 кг на 1 м^2 теплопередающей площади поверхности), высокую степень автоматизации, просты в монтаже и эксплуатации.

К недостаткам камер, оборудованных компактными воздухоохладителями и сосредоточенной подачей воздуха, следует отнести длительность охлаждения полутуш мяса, значительные энергетические затраты на привод вентиляторов, повышенную усушку мяса и неравномерность охлаждения мясных полутуш.

Камера, оборудованная напольным воздухоохладителем с большой теплопередающей



a



b

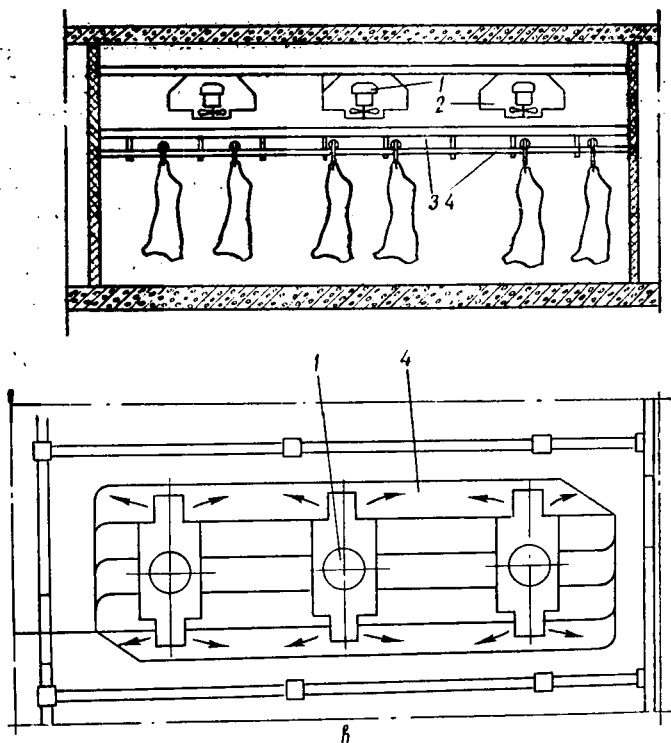


Рис. 16. Камеры охлаждения мяса с компактными воздухоохладителями:

а — с напольным воздухоохладителем: 1 — каркас подвешного пути; 2 — вентилятор; 3 — поддон для сбора воды; 4 — всасывающее окно; 5 — воздухоохладитель;

б — с потолочным воздухоохладителем и направляющим аппаратом для равномерного распределения воздуха: 1 — каркас подвешного пути; 2 — осевой вентилятор; 3 — воздухоохладитель; 4 — поддон для сбора воды; 5 — направляющий аппарат;

в — с подвесными воздухоохладителями: 1 — вентилятор с электродвигателем; 2 — потолочный воздухоохладитель; 3 — каркас подвешного пути; 4 — подвесной путь.

Стрелки показывают направление движения воздуха.

площадью поверхности, показана на рис. 16, *а*. Воздухоохладитель расположен в центре камеры и делит ее как бы на две части. В камере создаются два циркуляционных кольца.

Из центра помещения воздух засасывается вентилятором через окна, расположенные по обе стороны возду-

хоохладителя, охлаждается и вновь направляется в камеру. Однако один воздухоохладитель не обеспечивает равномерного распределения воздуха в камере.

В целях равномерного распределения воздуха в камерах целесообразно монтировать специальные направляющие аппараты (рис. 16, б).

При оборудовании камер подвесными воздухоохладителями (рис. 16, в) небольшой производительности их равномерно рассредоточивают в помещении и иногда объединяют в группы, которые находятся в различных зонах камеры.

В процессе холодильной обработки продуктов наиболее интенсивно испаряется влага с площади поверхности мяса в начальный период охлаждения. За первые 4—5 ч охлаждения испаряется 60—75% всей влаги, теряемой мясом. Эта влага в виде инея оседает на площадь поверхности батарей воздухоохладителей, что приводит к увеличению аэродинамического сопротивления, а следовательно, и к снижению расхода воздуха и скорости его движения у охлаждаемых полутуш. На работу воздухоохладителей влияние инеяобразования особенно сильно сказывается при малом шаге обрешетки (до 15 мм). Кроме того, снеговая шуба является значительным тепловым сопротивлением. Вследствие этого компактные воздухоохладители значительную часть времени работают с заниженной холодопроизводительностью, что является существенным недостатком работы таких охлаждающих приборов в камерах холодильной обработки. Поэтому в камерах, оснащенных компактными воздухоохладителями, целесообразно проводить их промежуточное оттаивание в процессе холодильной обработки. Приборы следует оттаивать через 8—10 ч после начала охлаждения. Так как оттаивание воздухоохладителей продолжается 20—30 мин, температура воздуха в камере повышается незначительно (на 2—3°С), а температура площади поверхности мяса практически не меняется. При средней температуре воздуха в камере 0°С и скорости движения воздуха в районе бедренной части полутуши 0,3—0,4 м/с продолжительность охлаждения полутуш при проведении промежуточного оттаивания уменьшается на 20—25%.

Камеры с системой воздушного душирования

Камеры охлаждения мяса могут оборудоваться системой непосредственного воздушного душирования охлаждаемых полутуш, а также системой душирования через межпутевые воздухоохладители (рис. 17). В камере с системой непосредственного воздушного душирования находятся воздухоохладители с вентиляторами и системами воздухопроводов, размещенными над каркасом подвесных путей или под ним.

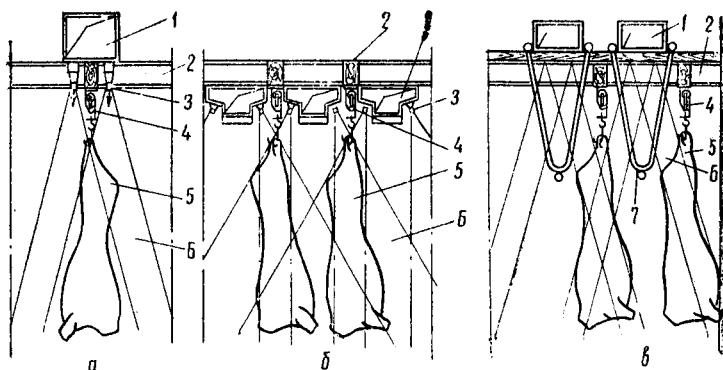


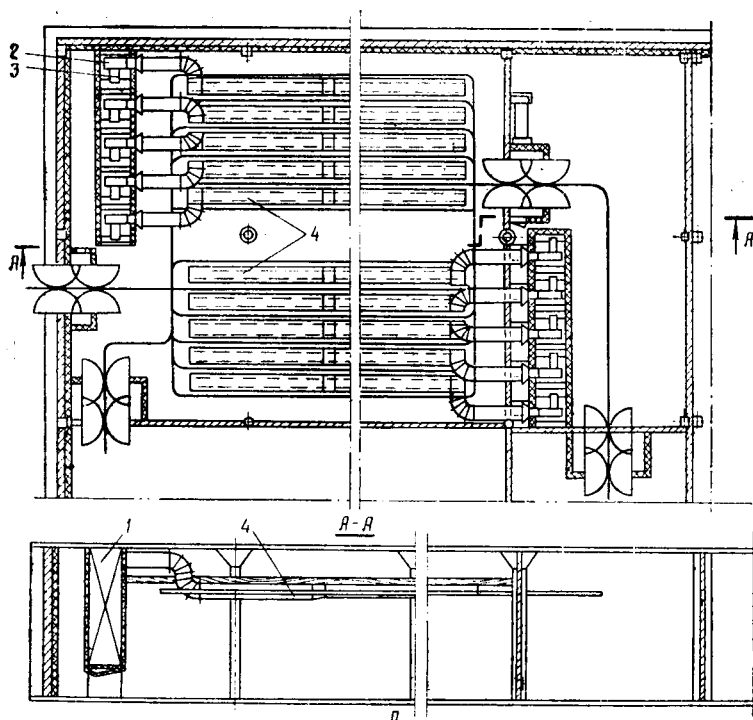
Рис. 17. Конструктивное оформление схем воздушного душирования:

а — через воздухопроводы, расположенные над каркасом подвесного пути; *б* — через воздухопроводы, установленные под каркасом подвесных путей; *в* — через междупутевые воздухоохладители; 1 — душирующий воздухопровод; 2 — каркас подвесных путей; 3 — сопло; 4 — подвесной путь; 5 — полутуша; 6 — воздушная струя; 7 — охлаждающий змеевик.

С точки зрения организации обдува охлаждаемых полутуш более перспективным является размещение воздухопроводов под каркасом подвесных путей. Расстояние между осями сопел по длине воздухопровода 160 мм (6 шт. на 1 м воздухопровода), а по ширине около 450 мм. Сечение воздухопроводов уменьшается ступенчато (через каждые 4—5 м). Сечение каналов меняется за счет высоты, в то время как ширина сохраняется постоянной.

Температура воздуха, охлажденного в воздухоохладителях, $-5 \div -7^\circ \text{C}$, а скорость его движения 8—10 м/с. Бедренные части охлаждаемых полутуш омываются воздушными струями, скорость которых в зоне бедра составляет 1,5—2 м/с.

При непосредственном воздушном душировании и подача воздуха в воздухопроводы может быть одно- и двухступенчатой. Одноступенчатую подачу применяют, если каждый воздухопровод имеет воздухоохладитель (рис. 18, *а*). При двухступенчатой подаче охлажденный в центральном воздухоохладителе воздух вентилятором (или вентиляторами) направляется сначала в верхнюю зону камеры (рис. 18, *б*), а затем засасывается индивидуальными вентиляторами душирующих воздухопроводов, которые нагнетают его в воздухопроводы с соплами. При двухступенчатой подаче воздух распределяется рав-



номерно (по сравнению с одноступенчатой) по отдельным ниткам подвесных путей камеры, энергетические затраты на преодоление сопротивлений в воздуховодах снижаются вследствие отсутствия разветвленной сети.

Оборудование камеры с системой воздушного душирования через межпутевые воздухоохладители состоит из воздуховодов постоянного или переменного сечения с соплами (в количестве 4—6 шт. на 1 м длины душирующего воздуховода), оборудованных индивидуальными вентиляторами, и межпутевых воздухоохладителей, выполненных из гладких или из оребренных труб.

Камера, оборудованная межпутевыми воздухоохладителями из гладких труб, показана на рис. 19. Вентиляторы всасывают теплый воздух из камеры, а затем пода-

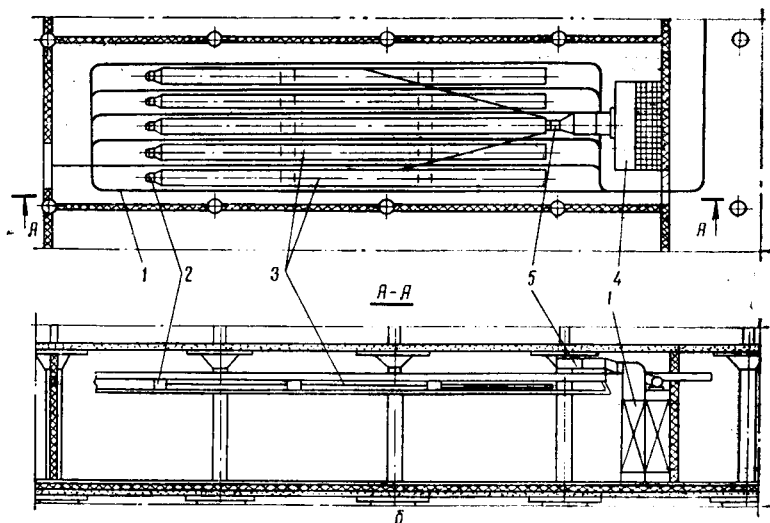
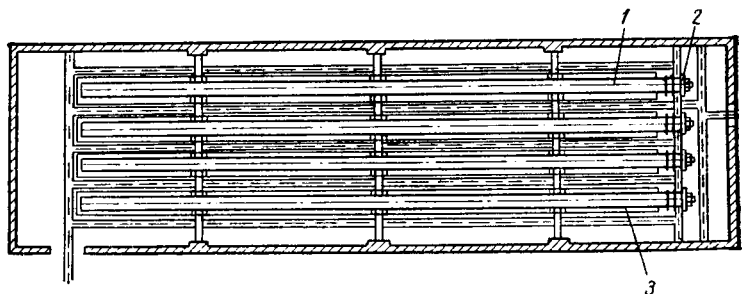


Рис. 18. Камера охлаждения мяса с системой воздушного душирования:

а — с одноступенчатой подачей: 1 — воздухоохладитель; 2 — вентилятор; 3 — электродвигатель вентилятора; 4 — душирующий воздуховод; 5 — сопло.
б — с двухступенчатой подачей: 1 — подвесной путь; 2 — вентилятор душирующего воздуховода; 3 — душирующий воздуховод; 4 — воздухоохладитель; 5 — сопло.

Рис. 19. Камера охлаждения мяса с межпутевыми воздухоохладителями из гладких труб:

1 — воздуховоды с соплами; 2 — вентиляторы с электродвигателями; 3 — батареи.



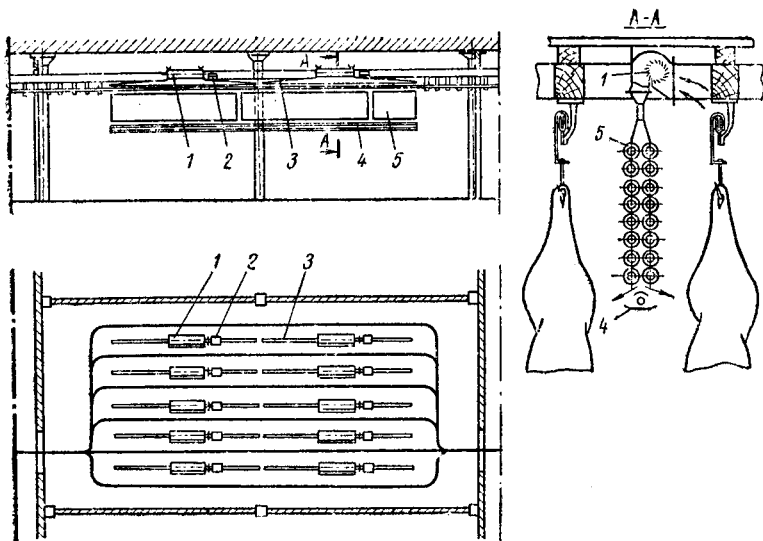


Рис. 20. Камера охлаждения мяса с системой воздушного душирования через модернизированный межпутевой воздухоохладитель:

1 — диаметральный вентилятор; 2 — электродвигатель; 3 — нагнетательный патрубков; 4 — поддон; 5 — охлаждающие секции.

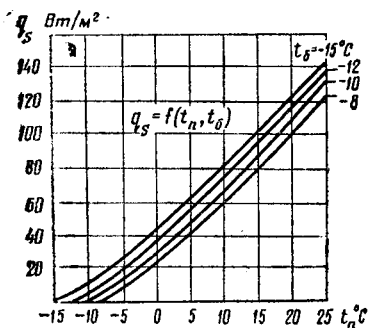


Рис. 21. Изменение радиационного теплового потока при охлаждении мяса в камере с межрядными радиационными батареями.

ют его через сопла воздухопроводов вначале на охлаждающие змеевики воздухоохладителей, а затем на полутуши мяса. Скорость движения воздуха в зоне расположения бедренных частей полутуш несколько ниже, чем при непосредственном воздушном душировании, и составляет 1—1,5 м/с. Так как при наличии межпутевых воздухоохладителей наряду с конвекцией имеет место и радиационный теплообмен, продолжительность охлаждения мяса в камерах с системами непосредственного душиро-

вания и душирования через межпутевые воздухоохладители примерно одинаковая (14—16 ч).

Межпутевые воздухоохладители не занимают полезную площадь пола камеры, а при необходимости работают как обычные потолочные батареи. К недостаткам межпутевых воздухоохладителей относят сложность их конструкции и трудность отвода талой воды, образующейся при оттаивании снеговой шубы.

Камера с модернизированным межпутевым воздухоохладителем показана на рис. 20. Воздухоохладитель выполнен в виде двухрядной секции, трубы которой расположены параллельно друг другу. Вентилятор располагают над охлаждающими секциями воздухоохладителя. Воздух нагнетается через специальную щель шириной 30 мм в воздухоохладитель. Под охлаждающими секциями установлен обогреваемый поддон с рассекателем воздушного потока, который направляет воздух к бедренным частям охлаждаемых полутуш.

В камерах с модернизированными межпутевыми воздухоохладителями суммарная мощность электродвигателей вентиляторов в 1,3 раза меньше, а количество подаваемого воздуха в 1,7 раза больше, чем в камерах старой конструкции. Это объясняется тем, что в камере с модернизированным воздухоохладителем воздух проходит кратчайший путь от полутуши мяса до вентиляторов и обратно, тогда как в камерах старой конструкции он движется по воздуховоду.

Камеры с межрядными радиационными батареями

Характерной особенностью оборудования камер охлаждения мяса, в которых используется радиационный тепловой поток, является наличие межрядных радиационных батарей плавникового или панельного типа. Такие батареи, обычно выполненные в виде пластин, которые устанавливают вдоль всей высоты охлаждаемых полутуш между подвесными путями или только в зоне расположения бедренных частей. Для интенсификации процесса охлаждения мяса применяют комбинированную систему (воздушно-радиационную), где ускорение холодильной обработки достигается как усилением конвективного теп-

лового потока, так и использованием радиационного теплового потока.

При охлаждении мяса суммарный тепловой поток определяют по формуле

$$q = q_k + q_s + q_n,$$

где q — суммарный тепловой поток, Вт/м²;

q_k — конвективный тепловой поток, Вт/м²;

q_s — радиационный тепловой поток, Вт/м²;

q_n — тепловой поток при испарении влаги с площади поверхности охлаждаемого мяса, Вт/м².

Величина теплового потока зависит от значения коэффициента теплоотдачи.

Конвективный коэффициент теплоотдачи определяется скоростью движения воздуха, которая в свою очередь влияет на энергетические затраты вентиляторов.

Изменение радиационного теплового потока показано на рис. 21.

Температуру площади поверхности батарей при средней температуре кипения холодильного агента $t_0 = -15^\circ\text{C}$ находят из зависимости

$$t_6 = t_0 + (2 \div 3) = -15 + 3 = -12^\circ\text{C},$$

где t_6 — температура площади поверхности батарей, $^\circ\text{C}$;

$2 \div 3$ — падение температур в слое снеговой шубы, толщина которой не превышает 5 мм, $^\circ\text{C}$.

Средняя температура площади поверхности бедренной части полутуши t_n при быстром ее охлаждении в камере с межрядными радиационными батареями составляет $5 \div 7^\circ\text{C}$.

Для этих условий (см. рис. 21) среднее значение радиационного теплового потока (при $t_n = 5^\circ\text{C}$) равно 55,8 Вт/м².

При оптимальной скорости движения воздуха в зоне бедренной части 1,5—2 м/с конвективный коэффициент теплоотдачи, вычисленный по уравнениям подобия, составляет 14—17,5 Вт/(м²·К), а величину конвективного теплового потока при температуре воздуха в камере -4°C находят по уравнению

$$q_k = \alpha_k (t_n - t_k) = (14 \div 17,5) \cdot (5 + 4) = 126 \div 157,$$

где α_k — конвективный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К),

Таким образом, в камерах с комбинированной системой охлаждения радиационный тепловой поток может

составлять 30—40% от конвективного. Кроме того, использование радиационного теплового потока приводит к сокращению усушки.

При холодильной обработке полутуш интенсивность испарения влаги с площади поверхности определяется зависимостью

$$g_n = \beta F (p_n'' - p_k),$$

где g_n — влажностный поток, кг/с;

β — коэффициент массоотдачи;

F — поверхность испарения, м²;

p_n'' — давление насыщенного водяного пара, Па;

p_k — давление водяного пара, Па.

Так как увеличение конвективного коэффициента теплоотдачи при возрастании скорости движения воздушного потока приводит к возрастанию коэффициента массоотдачи, это влечет за собой возрастание интенсивности испарения влаги.

Устройство камеры с межрядными радиационными батареями плавникового типа и воздухоохладителями представлено на рис. 22, а. Между рядами подвесных путей в верхней зоне камеры (емкостью 50 т) расположены межрядные радиационные батареи высотой 1400 мм с суммарной теплопередающей площадью поверхности 1200 м². В верхней части камеры установлены воздухоохладители, изготовленные из оребренных труб. Каждый воздухоохладитель обслуживается вентилятором производительностью 5,55 м³/с.

Воздух, засасываемый из камеры, направляется в охлаждающие секции воздухоохладителей, а затем под подшивку ложного потолка. Выходя из сопел, холодный воздух обдувает бедренную часть полутуши со скоростью 1,6—1,8 м/с.

При средней температуре воздуха —3,5°С продолжительность охлаждения мяса составляет 13—14 ч. Перепад температур по высоте камеры не превышает 0,4—0,5°С.

В камере с комбинированной системой решена проблема равномерного охлаждения полутуши мяса: продолжительность охлаждения бедра и лопатки отличается незначительно (на 2—3 ч). Усушка мяса составляет 1,05—1,1%, что примерно на 20—25% меньше, чем в камерах с воздушной системой охлаждения.

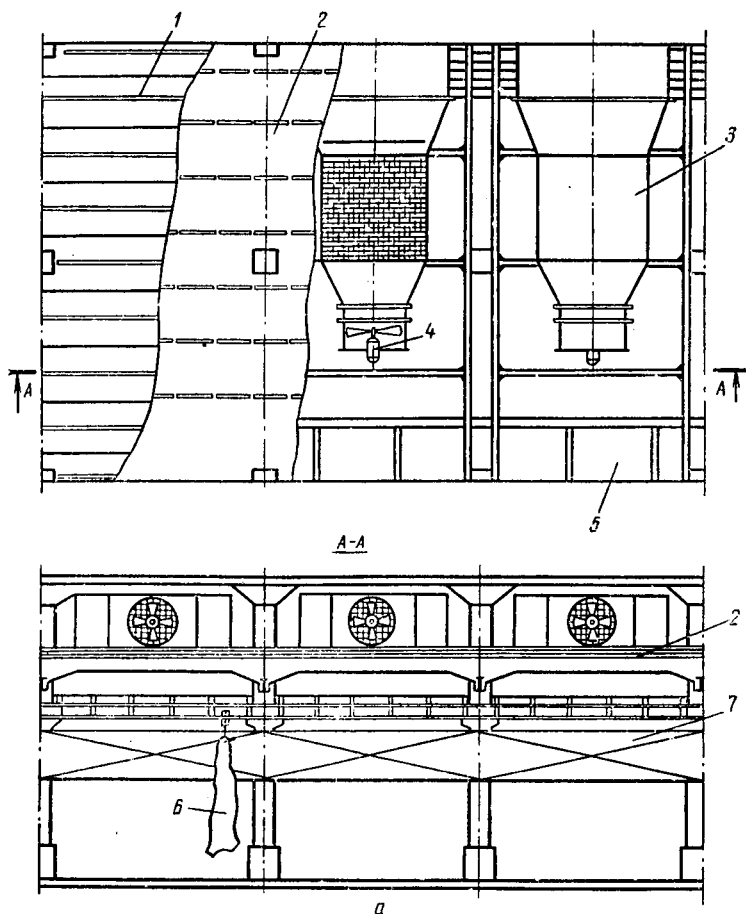
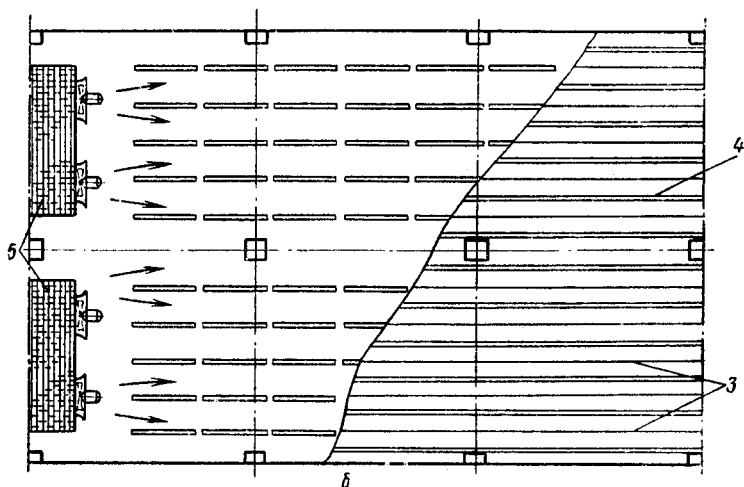
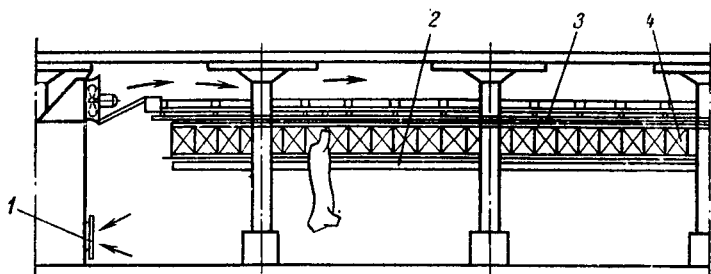


Рис. 22. Камера охлаждения мяса с межрядными радиационными
a — плавникового типа: 1 — подвесной путь; 2 — ложный потолок; 3 — воздухо-
 окна; 6 — охлаждаемая полутуша; 7 — межрядная радиационная батарея;

Недостатками этих камер являются громоздкость и металлоемкость межрядных радиационных батарей, а также сложность их оттаивания и отвода талой воды.

Камера охлаждения мяса с межрядными радиационными батареями панельного типа показана на рис. 22, б. Батареи панельного типа компактны, хорошо вписываются в камеру, даже при расстоянии между нитками подвесных путей, равном



батареями:

охлаждатель; 4 — осевой вентилятор с электродвигателем; 5 — всасывающие
б — панельного типа; 1 — всасывающее окно; 2 — поддон; 3 — подвесной путь;
4 — межрядная радиационная батарея; 5 — постаментный воздухоохладитель.

800 мм, с них просто удаляется снеговая шуба. Секции батарей панельного типа можно устанавливать в один или в два ряда по высоте камеры. С батареей панельного типа талую воду собирают в поддоны. Из них вода дренируется через обогреваемые сливные стояки.

Конструкции камер с межрядными радиационными батареями и напольными воздухоохладителями применяют для камер емкостью 30—50 т.

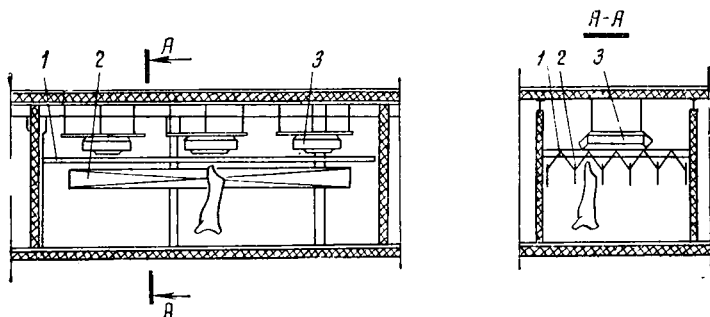


Рис. 23. Камера охлаждения мяса с подвесными воздухоохладителями и межрядными радиационными батареями:

1 — балка подвесного пути; 2 — межрядная радиационная батарея; 3 — подвесной воздухоохладитель.

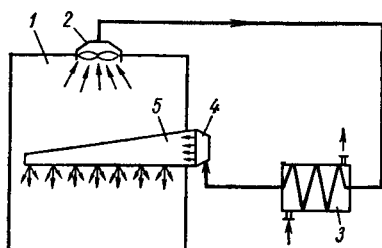


Рис. 24. Схема камеры охлаждения мяса с детандером:

1 — камера; 2 — вентилятор высокого давления; 3 — теплообменник; 4 — детандер; 5 — воздухопровод с соплами.

В небольших камерах охлаждения мяса (емкость 10—20 т) одноэтажных холодильников применяют подвесные воздухоохладители в сочетании с межрядными радиационными батареями. Оборудование такой камеры (рис. 23) компактно, имеет малую металлоемкость, режим работы просто автоматизируется и программируется. В камере мясо можно охлаждать в режиме двухстадийного охлаждения. На первой стадии (достижение температуры поверхности полутуш равной криоскопической — 1°C) работают как межрядные радиационные батареи, так и подвесные воздухоохладители, а на второй стадии (доохлаждение и выравнивание температуры в мясе) — только межрядные радиационные батареи.

При средней температуре воздуха за цикл охлаждения — 5°C и скорости его движения в зоне бедра полуту-

ши 0,7 м/с продолжительность холодильной обработки мяса составляет 10—12 ч, а усушка мяса не превышает 1,1%.

Камеры с детандерами

В камерах с детандерами охлаждение воздуха происходит не в воздухоохладителях, а в детандерах. Принципиальная схема камеры охлаждения мяса с детандером показана на рис. 24. Оборудование камеры состоит из вентилятора высокого давления (или компрессора), теплообменника, детандера и воздухопроводов с соплами.

Воздух из камеры засасывается вентилятором высокого давления и сжимается. Сжатый воздух, проходя через теплообменник, поступает в детандер. При расширении воздуха в детандере происходит его охлаждение и перенасыщение влагой. Холодный и перенасыщенный влагой воздух, выходя через сопла со скоростью около 30 м/с, смешивается с воздухом камеры, образуя туман. Капельки влаги при соприкосновении с теплой площадью поверхности мяса испаряются, интенсифицируя процесс холодильной обработки. Степень насыщения и температуру воздуха, поступающего в камеру, можно менять количеством воды, направляемой в теплообменник, а также же количеством воздуха, подаваемого к детандеру.

Качество мяса, охлажденного в камере с детандером, хорошее, величина усушки на 0,55—0,6% меньше, а процесс охлаждения на 6—8 ч протекает быстрее, чем процесс охлаждения в камере с воздухоохладителями.

Недостатками камер с детандерами являются высокая стоимость оборудования, а также значительные эксплуатационные расходы, связанные с повышенным расходом электроэнергии.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА КАМЕР ОХЛАЖДЕНИЯ МЯСА

При расчете камер охлаждения требуется определить продолжительность цикла холодильной обработки; емкость и размеры камеры; тепловую нагрузку на холодильное оборудование; площадь поверхности охлаждающих приборов; количество воздуха, подаваемого в камеру; аэродинамическое сопротивление в циркуляционном кольце; мощность электродвигателей вентиляторов.

Продолжительность цикла охлаждения полутуш мяса в камерах определяют по формуле

$$\tau = 0,0962 \frac{c_0 \delta \rho}{\alpha_{\text{пр}}} \left(\frac{t_{\text{нач}} - t_c}{t_{\text{кон}} - t_c} \right)^{1,5},$$

где τ — продолжительность цикла охлаждения полутуш, с;
 c_0 — удельная теплоемкость мяса, Дж/(кг·К);
 δ — толщина бедренной части полутуши, м;
 ρ — плотность мяса, кг/м³;
 $\alpha_{\text{пр}}$ — приведенный коэффициент теплоотдачи от поверхности охлаждаемого мяса, Вт/(м²·К);
 $t_{\text{нач}}$ — начальная температура в центре бедра, °С;
 t_c — средняя температура воздуха в камере за цикл охлаждения, °С;
 $t_{\text{кон}}$ — конечная температура в центре бедра после охлаждения, °С.

Приведенный коэффициент теплоотдачи находят по уравнениям: для воздушной системы охлаждения (камеры с воздухоохладителями и с системой воздушного душирования)

$$\alpha_{\text{пр}} = \alpha_k + \alpha_n;$$

для воздушно-радиационной системы охлаждения (камеры с межрядными радиационными батареями)

$$\alpha_{\text{пр}} = \alpha_k + \alpha_n + \alpha_s,$$

где α_n — коэффициент теплоотдачи при испарении влаги с поверхности охлаждаемой полутуши, Вт/(м²·К);
 α_s — радиационный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К).

Конвективный коэффициент теплоотдачи находят из критериального уравнения

$$\frac{\alpha_k \delta}{\lambda_b} = 0,33 \text{ Re}^{0,58},$$

где λ_b — теплопроводность воздуха, Вт/(м·К);
 Re — критерий Рейнольдса;

$$\text{Re} = \frac{w \delta}{\nu_b},$$

ν_b — кинематическая вязкость воздуха, м²/с.

Коэффициент теплоотдачи при испарении влаги с поверхности зависит от абсолютной потери массы полутуши в процессе ее охлаждения

$$\alpha_n = \frac{\Delta G r}{F (t_n - t_c) \tau},$$

где ΔG — потеря массы полутуши мяса при ее охлаждении, кг;

$$\Delta G = \frac{G_T g_0}{100};$$

G_1 — масса полутуши, поступающей в камеру для охлаждения, кг;
 g_0 — усушка продукта, %;
 r — удельная теплота фазового превращения, Дж/кг;
 F — площадь поверхности полутуш, м²;
 τ — продолжительность цикла охлаждения задается предварительно.

В камерах охлаждения мяса с воздушно-радиационной системой величину коэффициента теплоотдачи испарением принимают $\alpha_{и}=1,4—1,5$ Вт/(м²·К).

Радиационный коэффициент теплоотдачи определяют по зависимости

$$\alpha_s = 3,78 \theta,$$

где θ — коэффициент, зависящий только от температурного режима работы камеры охлаждения;

$$\theta = \frac{\left(\frac{T_n}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_6}{100}\right)^4}{t_n - t_6},$$

T_n — температура площади поверхности бедренной части полутуши, К;

T_6 — температура площади поверхности батарей, К.

Продолжительность охлаждения полутуш мяса можно также вычислить по закономерностям регулярного режима

$$\tau = \frac{1}{m} \ln \frac{t_{нач} - t_c}{t_{кон} - t_c}, \quad (6)$$

где m — темп охлаждения, ч⁻¹,

$$m = M m_{\infty}, \quad (7)$$

M — критерий тепловой инерции тела;

m_{∞} — предельное для данного тела значение m при $\alpha \rightarrow \infty$;

$$M = \psi H,$$

ψ — коэффициент, характеризующий неравномерность температурного поля;

H — критерий воздействия внешней среды;

$$H = \frac{\alpha_{нр}}{\lambda} K \frac{F}{V}, \quad (8)$$

λ — теплопроводность тела, Вт/(м·К);

K — коэффициент формы тела, м²;

V — объем тела, м³.

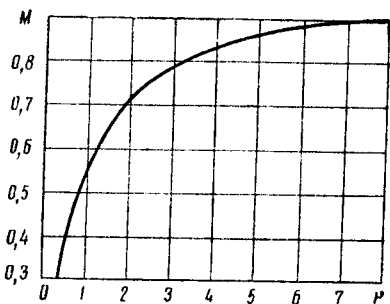


Рис. 25. Зависимость М от Н.

Зависимость М от Н представлена на рис. 25. Постоянные, входящие в уравнения (7) и (8), равны:

$$m_{\infty} = 0,181 \text{ ч}^{-1}; K = 0,0026 \text{ м}^2; V/F = 0,073 \text{ м}.$$

Емкость камеры зависит от производительности и продолжительности цикла охлаждения

$$G = \frac{G' \tau_{\text{ц}}}{24}, \quad (9)$$

где G — емкость камеры, т;
 G' — производительность камеры, т в сутки;
 $\tau_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла охлаждения, ч;

$$\tau_{\text{ц}} = \tau + \tau_{\text{з.в.}}, \quad (10)$$

$\tau_{\text{з.в.}}$ — продолжительность загрузки и выгрузки камер с периодической загрузкой и выгрузкой, ч.

Площадь пола камеры определяют по формуле

$$F_{\text{с}} = \frac{G}{g_{\text{F}}}, \quad (11)$$

где $F_{\text{с}}$ — строительная площадь камеры, м^2 ;
 g_{F} — норма нагрузки, отнесенная к 1 м^2 строительной площади камер, $\text{кг}/\text{м}^2$ (225—250 $\text{кг}/\text{м}^2$).

Длину подвесных путей находят из выражения

$$L_{\text{п}} = \frac{G}{g_{\text{л}}}, \quad (12)$$

где $L_{\text{п}}$ — длина подвесных путей, м;
 $g_{\text{л}}$ — норма нагрузки, отнесенная к 1 м подвешенного пути, $\text{кг}/\text{м}$ (280 $\text{кг}/\text{м}$).

Тепловую нагрузку на холодильное оборудование камеры определяют по уравнению

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_4, \quad (13)$$

где Q_0 — тепловая нагрузка на холодильное оборудование, Вт;
 Q_1 — теплоприток через ограждения камеры, Вт;
 Q_2 — теплоприток от охлаждаемого мяса, Вт;
 Q_4 — эксплуатационный теплоприток, от работы электродвигателей вентиляторов, который ориентировочно можно принять (0,1—0,2) Q_2 , Вт.

Площадь поверхности охлаждающих приборов зависит от систем охлаждения камер.

Площадь поверхности воздухоохладителей для камер с воздушной системой рассчитывают по формуле

$$F_{\text{во}} = \frac{Q_0}{k_0 \Delta t_m}, \quad (14)$$

где $F_{\text{во}}$ — площадь поверхности воздухоохладителей, м^2 ;
 k_0 — коэффициент теплопередачи воздухоохладителей, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
 Δt_m — среднелогарифмическая разность температур воздуха и кипения холодильного агента, $^{\circ}\text{C}$.

Площадь поверхности межрядных радиационных батарей для камер с воздушно-радиационной системой охлаждения рассчитывают по формуле

$$F_6 = l_6 f_{\text{п.м.}}$$

где F_6 — площадь поверхности межрядных радиационных батарей, м^2 ;
 l_6 — суммарная длина батарей, устанавливаемых в камере, м ;
 $f_{\text{п.м.}}$ — теплопередающая площадь поверхности 1 м радиационной батареи, м^2 .

Тогда количество тепла, отводимое межрядными радиационными батареями, составит

$$Q_6 = F_6 q_F,$$

где Q_6 — количество тепла, отводимого межрядными радиационными батареями, Вт ;
 F_6 — площадь поверхности радиационной батареи в камере, м^2 ;
 q_F — теплосъем межрядных радиационных батарей, $\text{Вт}/\text{м}^2$ (95—120 $\text{Вт}/\text{м}^2$).

Тепловую нагрузку на воздухоохладитель в камерах с воздушно-радиационной системой определяют по уравнению

$$Q'_0 = Q_0 - Q_6,$$

где Q'_0 — тепловая нагрузка на воздухоохладитель, Вт .

Теплопередающую площадь поверхности воздухоохладителя также находят по уравнению (14).

Количество воздуха, подаваемого в камеру, зависит от скорости движения воздушного потока в зоне бедренной части полутуши и системы воздухораспределения.

Начальную скорость воздуха, выходящего из сопла, определяют по уравнению (1).

Тогда объем воздуха, направляемого в камеру, составляет

$$V_0 = w_0 F_{\text{ц}}, \quad (15)$$

где $F_{\text{ш}}$ — суммарная площадь всех щелей (сопел);

$$F_{\text{ш}} = n f_{\text{ш}}, \quad (16)$$

$f_{\text{ш}}$ — площадь одной щели (сопла), м^2 .

После определения площади теплопередающей поверхности воздухоохладителя и количества воздуха, подаваемого в камеру, производят подбор выпускаемых промышленностью воздухоохладителей. В том случае, если промышленные образцы не могут быть применены, необходимо сконструировать нестандартный воздухоохладитель. Конструкцию воздухоохладителя (воздухоохладителей) производят в зависимости от диаметра труб, используемых для изготовления охлаждающих секций, типа их оребрения, расстояния между трубами в пучке, сечения канала воздухоохладителя, а также от типа и марки вентиляторов. Тип и марка вентиляторов зависят от количества охлажденного воздуха, подаваемого в камеру, и аэродинамического сопротивления в циркуляционном кольце.

Аэродинамическое сопротивление в циркуляционном кольце состоит из падения давления на преодоление местных сопротивлений (секции воздухоохладителя, повороты, сопла, вентилятор, диффузор) и потери напора на трение в каналах.

Мощность электродвигателей вентиляторов определяют по формуле

$$N_e = \frac{V_0 \Delta P}{\eta}, \quad (17)$$

где N_e — мощность электродвигателей, кВт;

ΔP — аэродинамическое сопротивление при движении воздуха в циркуляционном кольце, Па;

η — КПД вентилятора.

После определения мощности электродвигателей вентиляторов сравнивается действительный теплоприток от их работы с теплопритоком, ориентировочно принятым при расчете камеры, а затем уточняют тепловую нагрузку и площадь поверхности охлаждающих приборов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАМЕР ОХЛАЖДЕНИЯ МЯСА

Камеры охлаждения мяса характеризуются абсолютными и удельными показателями (табл. 2). К числу абсолютных показателей относят площадь пола, емкость

ТАБЛИЦА 2

Показатели	Камеры		
	с сухими подвесными воздухоохла- дителями	с системой воздушного душирования	с системой воздушно- радиационной
Площадь пола, м ²	86,4	144	260
Емкость камеры (при не- прерывной работе), т	20	26	50
Продолжительность охлаж- дения, ч	20	12	12
Площадь поверхности ох- лаждения, м ²	450	790	164
воздухоохладителей	450	790	400
межрядных радиацион- ных батарей	—	—	1240
Мощность электродвигате- лей вентиляторов, кВт	5,5	10,2	8,7
Кратность циркуляции, ч ⁻¹	100	65	85
Усушка, %	1,5	1,38	1,05
Удельные затраты металла, т на 1 т в сутки выработан- ного мяса	0,12	0,14	0,156
Съем мяса с 1 м ² площади пола, т в сутки	0,23	0,38	0,38
Удельный расход электро- энергии на привод вентиля- торов воздухоохладителей, кВт·ч на 1 т в сутки выра- ботанного мяса	5,5	4,7	2,1
Оснащенность приборами охлаждения, м ² на 1 м ² пло- щади пола	5,2	5,5	6,3
Производительность каме- ры, т в год	2200	4860	9300
Удельный теплоприток от охлаждения мяса с учетом теплопритока через ограж- дения и от электродвига- телей вентиляторов, МДж на 1 т выработанного мяса	148	138	130

камеры, продолжительность охлаждения, площадь поверхности охлаждающих приборов, мощность электродвигателей вентиляторов, кратность циркуляции и усушку, а к удельным — удельные затраты металла на 1 т охлаждаемого мяса, съем охлажденного мяса с 1 м² строительной площади камеры, удельный расход электроэнергии на привод вентиляторов воздухоохладителей, оснащенность камеры приборами охлаждения, удельные эксплуатационные расходы.

К важнейшим показателям, характеризующим конструктивное совершенство камер, относят удельные затраты металла на 1 т охлаждаемого мяса. С этой точки зрения наиболее совершенными являются камеры охлаждения мяса с сухими подвесными воздухоохладителями.

Съем охлажденного мяса с 1 м² строительной площади камер характеризует интенсивность работы охлаждающего устройства. Очевидно, что величина съема возрастает при сокращении продолжительности холодильной обработки.

Если сопоставить системы по величине удельного расхода электроэнергии на привод вентиляторов воздухоохладителей, то наиболее энергоемкой является камера с сухими подвесными воздухоохладителями. В этих камерах повышенная скорость движения воздуха требует подачи значительного количества холодного воздуха и повышенного расхода электроэнергии. В камерах с системой воздушного душирования вследствие рационального обдува полутуш значительно уменьшается количество холодного воздуха, подаваемого в камеру. Однако расход электроэнергии на привод вентиляторов повышается из-за необходимости создания повышенного статического напора перед соплами. В камерах с воздушно-радиационной системой удельный расход электроэнергии на привод вентиляторов — минимальный.

Оснащенность камер охлаждающими приборами зависит от тепловой нагрузки на холодильное оборудование и эффективности его работы. Оснащенности камер всех типов близки.

Расчеты эксплуатационных расходов на охлаждение 1 т мяса в камерах с сухими подвесными воздухоохладителями, с системой воздушного душирования и с межрядными радиационными батареями показывают, что

80—90% всех затрат составляет стоимость усушки мяса при холодильной обработке. Поэтому при сравнительно одинаковых расходах по остальным статьям затрат (амортизационные расходы, текущий ремонт, электроэнергия и холод) определяющей будет стоимость усушки мяса. Так как минимальная усушка имеет место в камерах с воздушно-радиационной системой, это делает такие камеры наиболее экономичными.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ РЫБЫ

Существующие устройства (рыбоохладители), предназначенные для охлаждения рыбы на судах, отличаются большим разнообразием. Совокупность машин, аппаратов и трубопроводов называется системой предварительного охлаждения.

В зависимости от способа охлаждения рыбы (льдом, водой или льдо-водяной смесью, а также в вакууме) применяют баки и ванны, оборудование для охлаждения рыбы водой и льдо-водяной смесью, судовые вакуумные рыбоохладители.

Баки и ванны

При охлаждении рыбы льдом используют баки, ванны или брезентовые чаны вместимостью 2—5 м³. В них рыбу пересыпают мелкодробленным или чешуйчатым льдом, изготовленным в льдогенераторе из пресной или морской воды.

Иногда в качестве емкости используют трюмы судна. Рыба, послойно пересыпанная мелкодробленным льдом, охлаждается и хранится в трюме при температуре 0÷-4°С.

Количество льда, необходимого для охлаждения рыбы, определяют из выражения

$$G_{\text{л}} = \frac{G_{\text{р}} c_{\text{р}} (t_{\text{нач}} - t_{\text{кон}}) 1,2 a'}{r_{\text{л}}},$$

где $G_{\text{л}}$ — количество льда, кг;

$G_{\text{р}}$ — масса рыбы, кг;

$c_{\text{р}}$ — удельная теплоемкость рыбы, Дж/(кг·К);

1,2 — коэффициент запаса льда, остающийся в конце процесса охлаждения и хранения;

a' — коэффициент, учитывающий дополнительные теплопритоки и производственные потери льда (1,5—2);

$r_{\text{л}}$ — теплота плавления льда, Дж/кг.

Оборудование для охлаждения рыбы водой или льдо-водяной смесью

Оборудование, предназначенное для схлаждения рыбы путем погружения ее в воду или в льдо-водяную смесь, часто применяют на судах.

Оборудование систем предварительного охлаждения рыбы судна РБ-150 состоит из трубчатого рыбоохладителя, испарителя, циркуляционного насоса для перекачивания хладоносителя и водяного насоса (рис. 26).

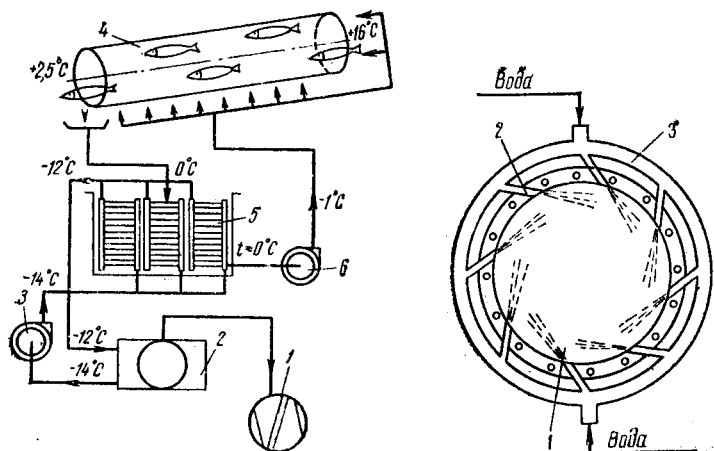
С помощью лотка мелкую рыбу направляют в трубчатый рыбоохладитель, выполненный из трубы диаметром $362 \times 2,5$ мм с гидравлическим завихрителем (рис. 27), через который вода подается в трубчатый рыбоохладитель. Вода придает рыбо-водяной смеси вращательное движение. Рыба, продвигаясь в трубе и интенсивно перемешиваясь с холодной водой, температура которой в ры-

Рис. 26. Система предварительного охлаждения рыбы с трубчатым рыбоохладителем:

1 — компрессор; 2 — испаритель; 3 — циркуляционный насос; 4 — трубчатый рыбоохладитель; 5 — водоохладитель; 6 — водяной насос.

Рис. 27. Гидравлический завихритель:

1 — трубопровод рыбной пульпы; 2 — тангенциальные отверстия; 3 — кольцевая камера.



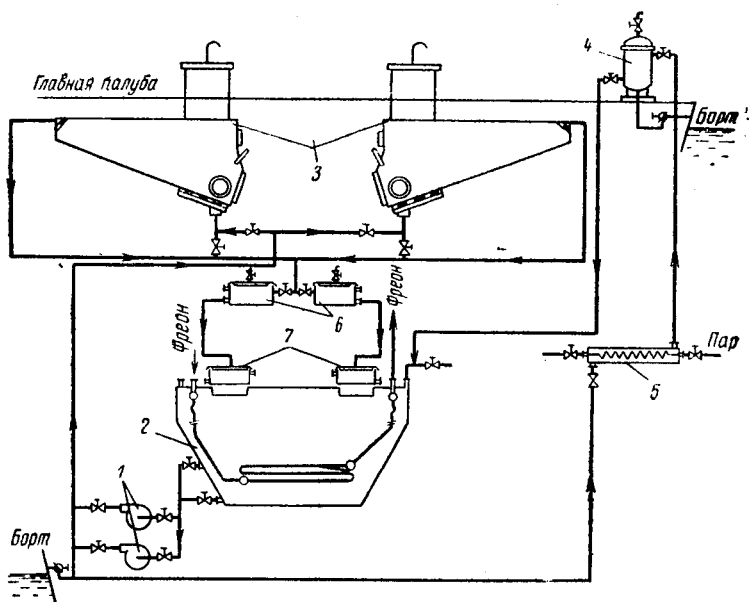


Рис. 28. Система предварительного охлаждения рыбы с рыбоохладителем, выполненным в виде цистерн:

1 — циркуляционные насосы; 2 — водоохладитель; 3 — цистерны для охлаждения рыбы; 4 — солеконцентратор; 5 — водонагреватель; 6 — фильтры грубой очистки; 7 — фильтры тонкой очистки.

боохладителе — 2°C , за 5—6 мин охлаждается до $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$. Трубчатый рыбоохладитель с системой обслуживающих трубопроводов размещают под палубой.

Достоинством трубчатого рыбоохладителя является быстрое охлаждение улова. Однако необходимость перемещения большого количества воды (соотношение воды и рыбы 10:1) приводит к возрастанию расхода электроэнергии на привод водяных насосов.

Система предварительного охлаждения рыбы с рыбоохладителями, выполненными в виде цистерн, представлена на рис. 28. В состав системы входят две цистерны (емкость по $4,5\text{ м}^3$), фильтры грубой и тонкой очистки воды, водоохладитель, циркуляционные насосы, солеконцентратор и водонагреватель.

Крупную рыбу (треска, морской окунь) направляют в цистерны для охлаждения, где холодная морская вода циркулирует со скоростью 0,2—0,4 м/с. Уклон днищ цистерн 23° по направлению к разгрузочным люкам. После охлаждения рыбы воду спускают в водоохладитель объемом 6,2 м³ с охлаждающими змеевиками. В цистернах для охлаждения рыбы и водоохладителе вода циркулирует с помощью двух насосов производительностью 22 м³/ч.

Солеконцентратор и водоподогреватель заборной воды необходимы для повышения концентрации соли в морской воде.

Продолжительность охлаждения рыбы составляет 45 мин; производительность системы 1,5—2 т/ч. После охлаждения рыбы ее укладывают в ящики и помещают в трюмы или в твиндеки, температура воздуха в которых 0°C .

Недостатками такой системы являются сложная эксплуатация (фильтры быстро засоряются и их необходимо чистить или заменять), повышенный расход электроэнергии; отсутствие средств механизации выгрузки охлажденной рыбы.

Системы предварительного охлаждения рыбы с добавлением льда применяют на траулерах типов «Наталья Ковшова» и «Тропик».

Оборудование системы предварительного охлаждения рыбы траулера типа «Наталья Ковшова» (рис. 29) состоит из приемной цистерны, льдогенератора, цистерн-охладителей, цистерн-аккумуляторов (стокеров), транспортера, водоохладителя и циркуляционных насосов.

Из трала выловленную рыбу выгружают без предварительной сортировки в приемную цистерну через люк, расположенный на верхней (промысловой) палубе. Приемная цистерна (емкость 20 т) выполнена с наклонным дном и двумя люками для разгрузки, а также снабжена гидравлическим приводом для их открывания. Рыбу пересыпают чешуйчатым льдом, приготовленным в льдогенераторе, который установлен непосредственно над цистернами. Выгруженную из цистерны рыбу сортируют, после чего транспортером подают в цистерну-охладитель или цистерну-аккумулятор, где она охлаждается до 0°C и хранится в охлажденной морской воде. Эти цис-

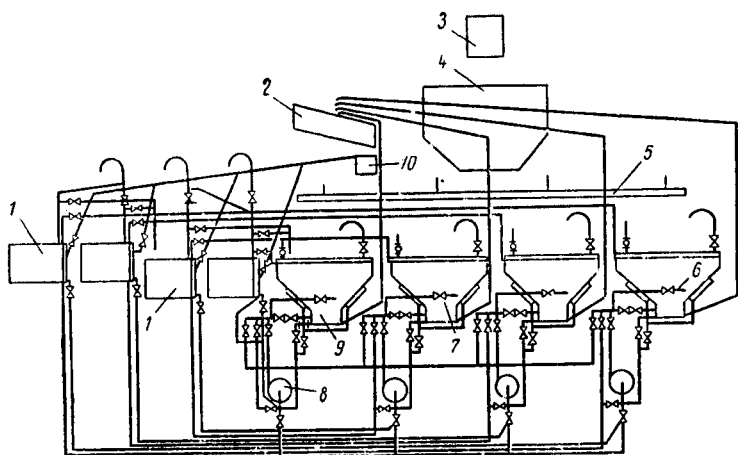


Рис. 29. Система предварительного охлаждения рыбы траулера «Наталья Ковшова»:

1 — водоохладители; 2 — отделитель рыбы от воды; 3 — льдогенератор; 4 — приемная цистерна; 5 — транспортер; 6 — трубопровод подачи сжатого воздуха; 7 — цистерна-охладитель; 8 — циркуляционный насос; 9 — цистерна-аккумулятор (стокер); 10 — фильтр.

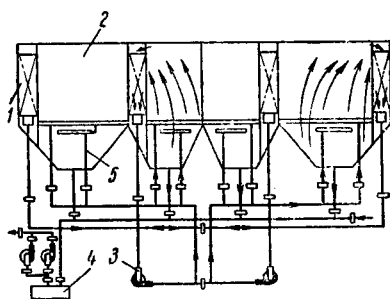


Рис. 30. Система предварительного охлаждения рыбы траулера типа «Тропик»:

1 — охлаждающие батареи; 2 — цистерна-охладитель; 3 — циркуляционные насосы; 4 — цистерна загрязненной воды; 5 — трубопроводы.

терны можно использовать как для охлаждения, так и для хранения рыбы.

Каждая цистерна вмещает 9 т рыбы и 9 м³ воды.

Водоохладитель цистерны выполнен в виде закрытого бака емкостью 4 м³, в котором размещена гладкотрубная батарея, охлаждаемая кипящим аммиаком.

Циркуляционный насос соединен с цистернами системой трубопроводов с пневматическими клапанами.

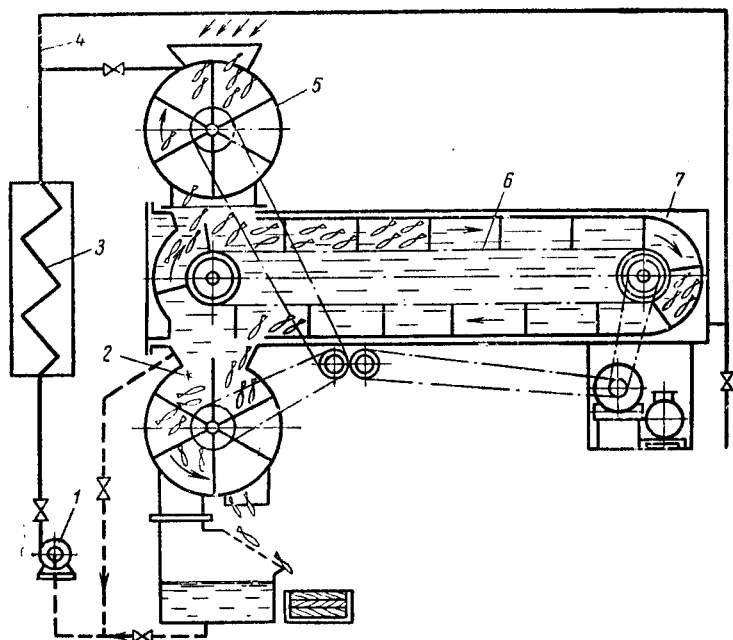


Рис. 31. Конвейерная система охлаждения рыбы в холодной морской воде:

1 — циркуляционный насос; 2 — разгрузочный золотник; 3 — водоохладитель; 4 — водяные трубопроводы; 5 — загрузочный золотник; 6 — пластинчатый конвейер; 7 — закрытый бункер.

Оборудование систем предварительного охлаждения рыбы на траулерах типа «Тропик» (рис. 30) состоит из цистерны-охладителя с охлаждающими батареями, льдогенератора, циркуляционных насосов, трубопроводов и цистерны загрязненной воды. В отличие от систем предварительного охлаждения рыбы на траулерах типа «Наталья Ковшова» у этой системы нет отдельных водоохладителей. Вода охлаждается в самих цистернах.

В цистерну с водой, предварительно охлажденной до температуры -1°C , загружают пересыпанную льдом рыбу. Продолжительность охлаждения рыбы в цистернах составляет 1,5—2 ч. При необходимости охлажденную рыбу можно хранить в этих же цистернах в течение

5—6 ч. Из цистерн ее выгружают специальным элеватором.

Конвейерная система охлаждения рыбы в холодной морской воде (рис. 31) состоит из пластинчатого конвейера, циркуляционного насоса, водоохладителя и водяных трубопроводов.

Рыба попадает на пластинчатый конвейер, который проходит через закрытый бункер, заполненный охлажденной морской водой. Изменение скорости движения конвейера позволяет охлаждать рыбу различных размеров: от сельди, продолжительность охлаждения которой составляет 5—7 мин, до трески, продолжительность охлаждения которой 30—40 мин.

Морская вода в системе циркулирует по замкнутому кольцу: закрытый бункер — водоохладитель — закрытый бункер.

После охлаждения рыбы ее направляют на замораживание или на технологическую переработку.

Конвейерная система охлаждения рыбы эффективна и проста в эксплуатации.

Наряду с системами предварительного охлаждения рыбы погружением находят применение и системы с орошением ее жидкими хладоносителями или холодной морской водой.

На небольших промысловых судах оборудование систем предварительного охлаждения рыбы (рис. 32) состоит из генератора холода, циркуляционного насоса, оросительных трубопроводов, фильтра, рыбонасоса и водоотделителя. Система предназначена для охлаждения и хранения охлажденной рыбы.

Рыба, подлежащая охлаждению, из трала вместе с морской водой удаляется рыбонасосом. В водоотделителе происходит отделение рыбы от морской воды. По наклонному лотку рыбу ссыпают в трюм на решетчатый настил. В нижней части трюма находится слой льда. Запас льда зависит от массы охлаждаемой рыбы и длительности ее перевозки. Воду охлаждают льдом в генераторе холода. Холодную морскую воду с помощью циркуляционного насоса направляют к оросительным трубопроводам. Избыток воды, создающийся в результате таяния льда, при необходимости можно сбросить за борт. Охлаждение рыбы происходит орошением ее очищенной холодной водой, подаваемой в трюм через оросительные трубопроводы.

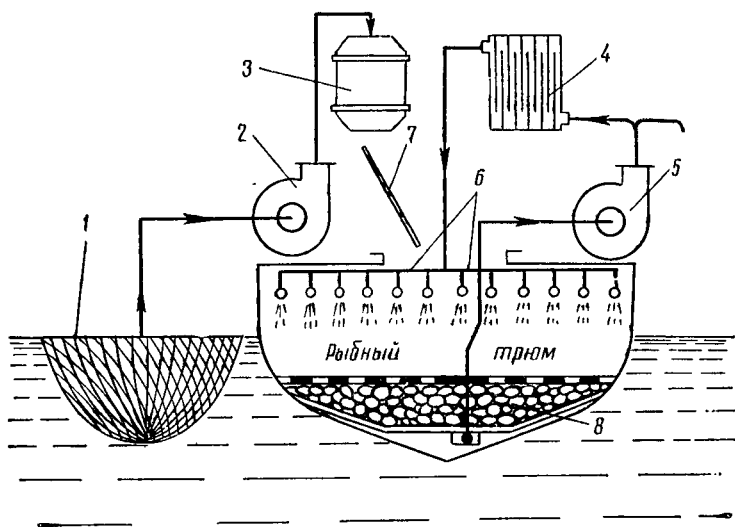
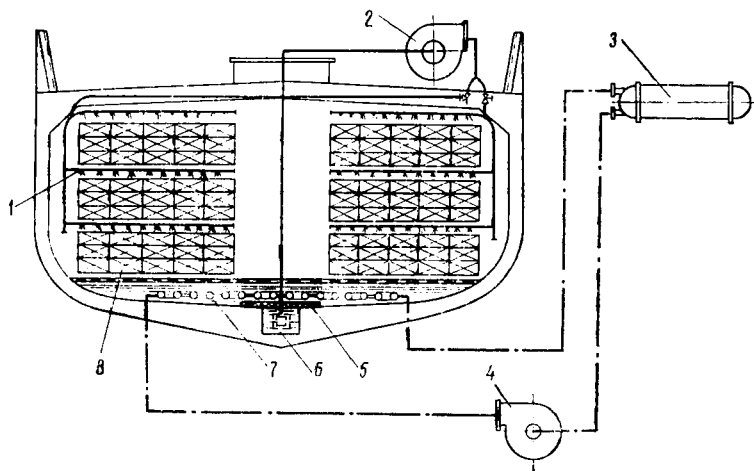


Рис. 32. Система предварительного охлаждения рыбы орошением для небольших промысловых судов:

1 — сеть (трал); 2 — рыбонасос; 3 — водоотделитель; 4 — фильтр; 5 — циркуляционный насос; 6 — оросительные трубопроводы; 7 — лоток для подачи рыбы в трюм; 8 — генератор холода.

Рис. 33. Система предварительного охлаждения орошением для транспортного судна:

1 — оросительные трубопроводы; 2 — циркуляционный насос; 3 — испаритель; 4 — насос хладагителя; 5 — фильтр; 6 — приемный колодец; 7 — батареи для охлаждения воды; 8 — ящики с рыбой.



Достоинством системы является простота и малая металлоемкость, небольшие энергетические затраты.

Система имеет и серьезные недостатки: плохое использование емкости трюма, необходимость запаса значительного количества водного льда, возможность бактериального заражения рыбы, коррозия металлических конструкций трюма.

Оборудование системы охлаждения рыбы транспортного судна состоит из испарителя, батарей для охлаждения воды, оросительных трубопроводов, фильтра, циркуляционного насоса и насоса хладоносителя (рис. 33).

Рыбу, уложенную слоями толщиной до 700 мм, орошают холодной морской водой, которая циркуляционным насосом подается в оросительные трубопроводы. Орошение рыбы водой, температура которой -2°C , продолжается до момента ее доставки к месту назначения. Вода в трюме охлаждается батареями, в которые подается хладоноситель из испарителя холодильной установки.

В этой системе отсутствуют емкости для охлаждения и хранения рыбы, что улучшает использование объема трюма, а применение холодильной установки позволяет стабильно поддерживать необходимую температуру охлаждающей воды в течение всего рейса судна.

Существенными недостатками системы являются длительность процесса охлаждения, повышенные затраты электроэнергии и металла, а также сильная коррозия металлических конструкций трюма.

На судах получают распространение системы предварительного охлаждения, в которых рыба, перемещаемая сетчатыми или шаговыми транспортерами, орошается холодной морской водой. Такие системы применяют только для охлаждения рыбы.

Система предварительного охлаждения рыбы орошением на сетчатом транспортере (рис. 34, а) состоит из сетчатого транспортера, оросительных трубопроводов, испарителя и циркуляционного насоса.

Через загрузочный бункер рыба, которая находится в передвижных лотках, попадает на верхний ярус сетчатого транспортера и движется сверху вниз. Хладоноситель, охлажденный в испарителе, насосом подается в оросительные трубопроводы. Отопленный хладоноситель собирается в поддоне, из которого затем направляется в испаритель для охлаждения.

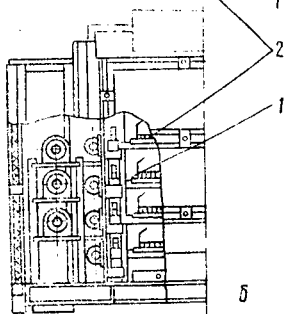
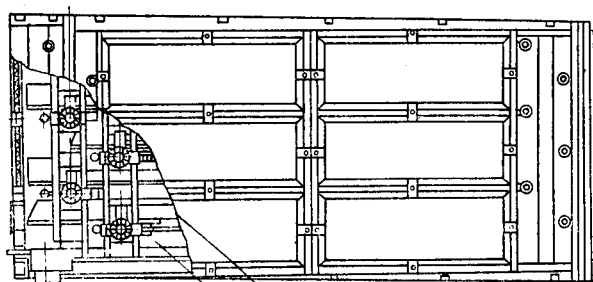
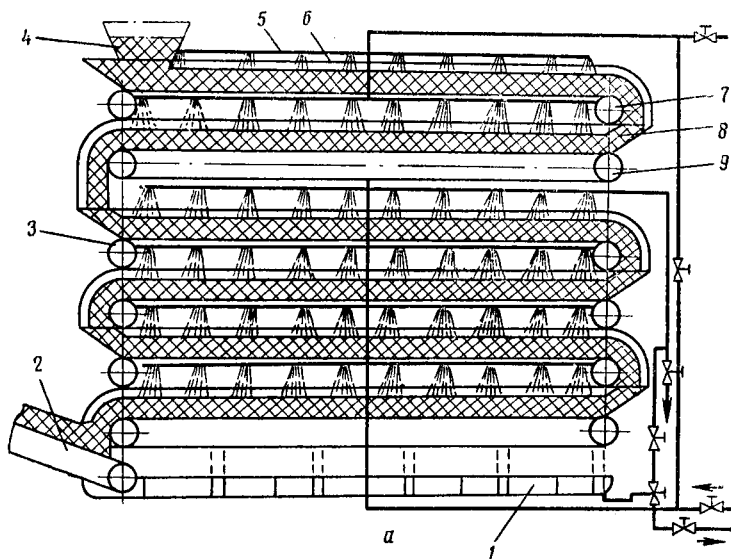


Рис. 34. Система предварительного охлаждения рыбы на транспортере:

a — на сетчатом: 1 — поддон; 2 — транспортер выгрузки охлажденной рыбы; 3, 7, 9 — сетчатые транспортеры; 4 — загрузочный бункер; 5 — оросительные трубопроводы; 6, 8 — перепускные лотки;

б — на шаговом: 1 — оросительные трубопроводы; 2 — шаговый транспортер.

Охлажденная рыба идет на замораживание или на промышленную переработку.

Система предварительного охлаждения рыбы орошением на шаговом транспортере (рис. 34, б) состоит из оросительных трубопроводов, фильтра и циркуляционного насоса.

Через загрузочный люк рыбу после сортировки подают на полотно верхнего яруса шагового транспортера. Шесть ярусов шагового транспортера расположены один над другим. Каждый ярус смещен относительно яруса, расположенного ниже. Ярус шагового транспортера выполнен из неподвижной и подвижной рам. Неподвижная рама — это сварная конструкция, выполненная из труб прямоугольного сечения. Подвижные рамы приводятся в движение относительно неподвижных тремя электродвигателями с редукторами через систему кривошипно-шатунных механизмов. Перемещаясь последовательно с яруса на ярус, рыба проходит через всю систему. Рыба охлаждается как за счет ее орошения холодной водой, так и за счет передачи части тепла охлаждающей площади поверхности самого шагового транспортера. С этой целью в трубы шагового транспортера подается холодная вода.

Орошение рыбы холодной водой производится на четных ярусах (втором, четвертом и шестом); причем шестой ярус имеет индивидуальную систему орошения. В трубопроводах нечетных ярусов циркулирует холодная вода.

Отепленная вода собирается в поддоне, из которого направляется на охлаждение.

Значительная емкость шагового транспортера (около 12 т) позволяет использовать эту систему и как аккумулятор-накопитель рыбы.

Продолжительность процесса охлаждения рыбы в системах с орошением и ее перемещением транспортерами составляет около 2 ч.

Достоинством таких систем является высокая степень механизации и автоматизации технологического процесса охлаждения.

Экономичность и эффективность систем предварительного охлаждения рыбы орошением во многом зависят от работы водоохладителей. В таких водоохладителях кратность циркуляции воды составляет 20—25 объ-

емов в 1 ч, а скорость ее движения не превышает 0,2—0,3 м/с, следствием чего является малый удельный тепловой поток с 1 м² охлаждающей площади поверхности батарей. Увеличение удельного теплового потока снижением температуры кипения холодильного агента или хладоносителя ниже —8°С нерационально, так как охлаждающие батареи начинают обмерзать льдом, в результате чего резко снижается эффективность теплообмена. Повышение интенсивности теплообмена вследствие увеличения скорости движения воды в баке приводит к резкому возрастанию расхода электроэнергии на привод циркуляционных насосов и стоимости охлаждения рыбы.

Экономичность охлаждения рыбы улучшается при использовании систем предварительного охлаждения рыбы с лопастными механическими турбулизаторами (рис. 35).

Лопастной механический турбулизатор предназначен для создания повышенной скорости движения воды в системе. Вал с турбулизатором приводится в движение электродвигателем.

В кольцевой рубашке цилиндрического водоохладителя кипит аммиак, охлаждая воду.

Под воздействием вращательного вихревого движения воды ее уровень у стенок водоохладителя повышается, а у осей турбулизатора образуется воронка.

По нагнетательному трубопроводу вода переливается из водоохладителя в бункер.

Судовой вакуумный рыбоохладитель

Судовой вакуумный рыбоохладитель состоит из герметичной камеры, вакуум-насоса, батарей для конденсации водяных паров (рис. 36).

Противни с рыбой устанавливают на этажерки, которые направляют в герметичные камеры, и включают вакуум-насосы. При понижении давления в камере до 540—600 Па испаряется влага с площади поверхности рыбы и понижается ее температура.

В процессе охлаждения рыбы пар собирается в верхней части камеры, где он конденсируется на змеевиках батарей, температура которых поддерживается около 0°С.

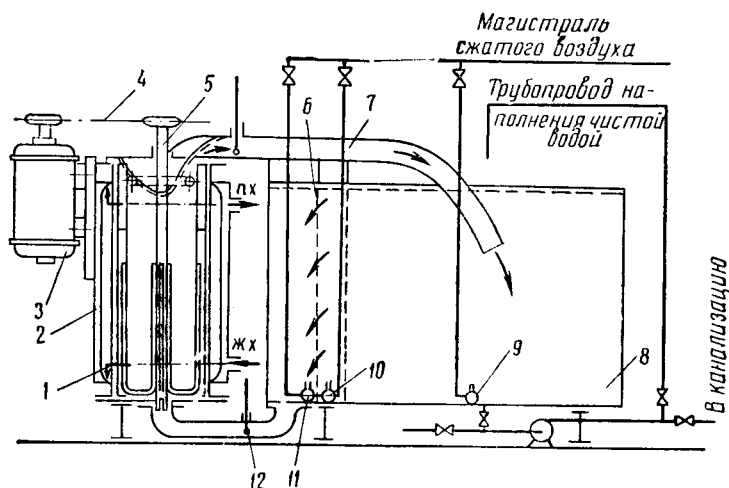
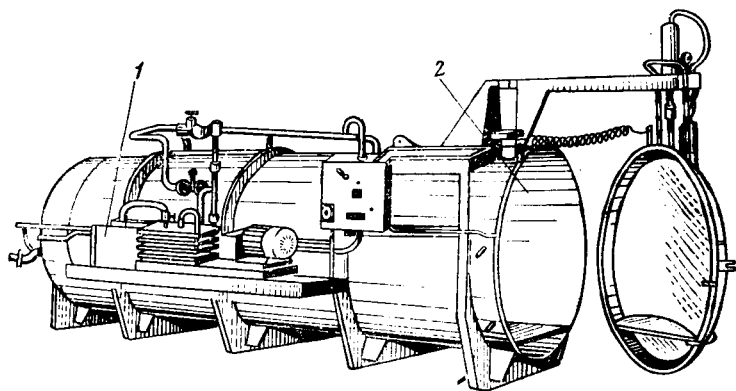


Рис. 35. Система предварительного охлаждения рыбы с лопастным механическим турбулизатором:

1 — лопасти турбулизатора; 2 — рубашки цилиндрического водоохладителя; 3 — электродвигатель; 4 — цепная передача; 5 — вал турбулизатора; 6 — сетчатый фильтр; 7 — нагнетательный трубопровод; 8 — бункер; 9, 10 и 11 — воздушные барботеры; 12 — датчик лагометра.

Рис. 36. Судовые вакуумные рыбоохладители:

1 — вакуум-насос; 2 — вакуумная камера.



Количество испарившейся воды определяют из уравнения

$$g = \frac{G_p c_p (t_{\text{нач}} - t_{\text{кон}})}{r}.$$

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ РЫБЫ ВОДОЙ ИЛИ ЛЬДО-ВОДЯНОЙ СМЕСЬЮ

При расчете этого оборудования требуется определить объем разовой загрузки цистерны рыбой, коэффициент теплоотдачи от рыбы к среде, продолжительность охлаждения рыбы, количество тепла, отводимого от рыбы при ее охлаждении, тепловую нагрузку на водоохладитель, количество циркулирующей воды, площадь поверхности охлаждающих батарей водоохладителя, гидравлическое сопротивление в циркуляционном кольце.

Объем разовой загрузки цистерны рыбой определяют по формуле

$$V_p = \frac{G_p}{\rho},$$

где V_p — объем разовой загрузки цистерны рыбой, м³.

Вместимость цистерны рассчитывается по уравнению

$$V_{\text{ц}} = \frac{V_p}{\varphi},$$

где $V_{\text{ц}}$ — объем цистерны, м³;

φ — отношение объема, занимаемого рыбой, к вместимости цистерны.

В зависимости от вместимости цистерны и принятой формы находят размеры цистерны (или нескольких цистерн).

Чтобы определить коэффициент теплоотдачи от рыбы к теплоотводящей среде (воде), используют следующие уравнения подобия

$$\text{Nu} = A \text{Re}^n \text{Pr}^m,$$

где A , n и m — постоянные, входящие в критериальное уравнение;
 Re — критерий Рейнольдса;

$$\text{Re} = \frac{\omega \rho d_2}{\mu E},$$

ω — скорость движения воды в рыбоохладителе, м/с;
 d_3 — эквивалентный диаметр рыбы, м;

$$d_3 = \frac{4(1 - \varphi)}{s_p};$$

s_p — площадь всей рыбы, находящейся в баке, м²;

μ — динамическая вязкость воды, Па·с;

E — свободный объем бака, отнесенный ко всему объему бака рыбоохладителя;

$$E = 1 - \varphi,$$

Pr — критерий Прандтля;

$$Pr = \frac{\mu}{\rho a},$$

a — температуропроводность, м²/с.

Коэффициент теплоотдачи от рыбы к воде находится из зависимости

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{R_v},$$

где R_v — эквивалентный размер рыбы, м;

$$R_v = \frac{g_p}{\rho f},$$

g_p — масса одной рыбы, кг;

f — площадь наружной поверхности одной рыбы, м².

Продолжительность охлаждения рыбы определяют по формуле

$$\tau_o = \tau_n + \tau_p,$$

где τ_o — продолжительность охлаждения рыбы, с;

τ_n — продолжительность первого периода охлаждения рыбы (до момента изменения температуры в центре рыбы), с;

τ_p — продолжительность второго (регулярного) периода (от начальной температуры в центре рыбы до конечной, заданной технологическими условиями), с.

Значение τ_n находится из критерия Фурье

$$Fo = \frac{a\tau_n}{R_v^2} = 0,04,$$

где 0,04 — значение критерия Фурье на первом этапе охлаждения рыбы.

Значение τ_p определяют по формуле (6).

Темп охлаждения m рассчитывают по зависимости

$$m = \frac{a}{R_v^2} K_p,$$

где K_p — критерий Кондратьева.

В области регулярного режима

$$Kп = \frac{Bi_v}{\sqrt{Bi_v + 1,437 Bi_v + 1}},$$

где Bi_v — приведенный критерий Био;

$$Bi_v = \frac{\alpha R_v}{\lambda_p},$$

λ_p — теплопроводность рыбы, Вт/(м·К).

Суммарное количество тепла, отводимое от рыбы при охлаждении,

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2},$$

где Q_p — суммарное количество тепла, Дж;
 Q_{p1} — количество тепла, отводимого от рыбы в течение первого периода охлаждения, Дж;

$$Q_{p1} = G_p c_p (t_{нач} - \bar{t}_1),$$

$\bar{t}_1$ — средняя температура рыбы к моменту начала регулярного режима, °С;

$$\bar{t}_1 = \bar{\Theta} (t_{нач} - t_c) + t_{нач},$$

$\bar{\Theta}$ — относительная среднееобъемная температура рыбы для первого периода охлаждения;

$$\bar{\Theta} = \frac{t_{нач} - \bar{t}_1}{t_{нач} - t_c} = 1 - B_1 e^{-\mu Fo},$$

B_1 и μ — корни характеристического уравнения;

Q_{p2} — количество тепла, отводимого от рыбы в течение второго периода охлаждения, Дж;

$$Q_{p2} = G_p c_p (\bar{t}_1 - \bar{t}_2),$$

$\bar{t}_2$ — средняя температура рыбы во втором периоде охлаждения;

$$\bar{t}_2 = t_c - (t_c - \bar{t}_1) e^{m\tau_p}.$$

Тепловую нагрузку на водоохладитель определяют по формуле

$$Q'_{во} = \frac{Q_p}{\tau_0},$$

где $Q'_{во}$ — тепловая нагрузка на водоохладитель, Вт.

С учетом дополнительных теплопритоков (транспортные теплопритоки к трубопроводам холодной воды, теплопритоки от наружного воздуха к поверхности цистерн

и от работы насосов) тепловая нагрузка на водоохладитель составит

$$Q_{\text{во}} = Q'_{\text{во}} a_{\text{д.т}},$$

где $Q_{\text{во}}$ — тепловая нагрузка на водоохладитель с учетом дополнительных теплопритоков, Вт;

$a_{\text{д.т}}$ — коэффициент, учитывающий дополнительные теплопритоки.

Количество циркулирующей воды рассчитывают по уравнению

$$V_{\text{в}} = F_{\text{ро}} \omega,$$

где $V_{\text{в}}$ — количество циркулирующей воды, м³/с;

$F_{\text{ро}}$ — площадь сечения для циркуляции охлаждающей воды в рыбоохладителе, м².

Площадь поверхности охлаждающей батареи водоохладителя определяют по формуле

$$F_{\text{во}} = \frac{Q_{\text{во}}}{k_{\text{во}} \Delta t},$$

где $k_{\text{во}}$ — коэффициент теплопередачи охлаждающей батареи рыбоохладителя, Вт/(м²·К);

Δt — разность между средней температурой охлаждающей воды и средней температуры хладоносителя, °С.

Задаваясь диаметром труб охлаждающей батареи, находят их длину, а затем производят компоновку батареи водоохладителя.

Гидравлическое сопротивление в циркуляционном кольце системы предварительного охлаждения рыбы складывается из падения давления на преодоление местных сопротивлений (рыбоохладитель, водоохладитель, повороты, запорная арматура) и на трение в трубах.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

В настоящее время плоды и овощи охлаждают в камерах с интенсивным движением воздуха; в изотермических вагонах, автомобилях и вагонах-холодильниках; в вакуумных камерах; в установках для охлаждения плодов и овощей водой и льдом.

Оборудование камер с интенсивным движением воздуха

Оборудование камер охлаждения фруктов с интенсивным движением воздуха состоит из потолочных воздухоохладителей и одноканальной системы воздухораспределения (рис. 37), которая обеспечивает скорость

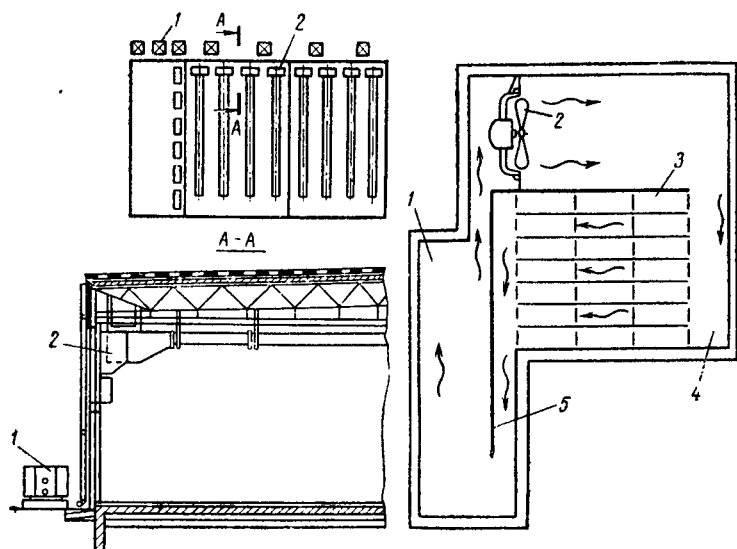


Рис. 37. Камера охлаждения фруктов с интенсивным движением воздуха:

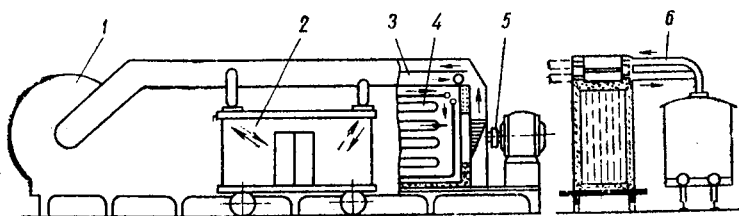
1 — компрессорно-конденсаторный агрегат; 2 — потолочный воздухоохладитель с воздухопроводом.

Рис. 38. Камера с воздушно-ледяным охлаждением фруктов:

1 — генератор холода; 2 — вентилятор; 3 — штабель; 4 — камера; 5 — перегородка.

Рис. 39. Стационарный холодильный агрегат для охлаждения фруктов в вагонах:

1 — вентилятор всасывающей стороны; 2 — вагон; 3 — воздушный канал; 4 — воздухоохладитель; 5 — вентилятор с электродвигателем; 6 — соединительный рукав.



движения воздуха в грузовом объеме камеры 0,8—1 м/с. Воздухоохладители оборудованы автоматическими устройствами для удаления инея с площади поверхности охлаждающих батарей.

Если применяется децентрализованная система охлаждения, то камера оборудуется индивидуальными, обычно фреоновыми, компрессорно-конденсаторными агрегатами.

Находят применение и камеры с воздушно-ледяным охлаждением. В таких камерах отсутствуют воздухоохладители и холодильные машины, а в качестве источника охлаждения используют генератор холода.

Оборудование камеры состоит из генератора холода и вентиляторов, обеспечивающих движение воздуха в камере (рис. 38).

Охлажденный в генераторе холода воздух вентиляторами направляется в камеру, где охлаждает ящики с фруктами, уложенными в штабель.

Достоинством камеры с воздушно-ледяным охлаждением является простота, малые энергетические затраты, небольшая усушка вследствие высокой относительной влажности воздуха в камере. К недостаткам этой камеры относят значительную площадь генератора холода, сложность механизации загрузки льда и высокую стоимость эксплуатации.

Оборудование для охлаждения фруктов в изотермических вагонах, автомобилях с изотермическими кузовами и вагонах-холодильниках

В изотермических вагонах плоды и овощи охлаждаются в потоке холодного воздуха, подаваемого от стационарных холодильных агрегатов, которые находятся вне вагона, или от вентиляторных установок, устанавливаемых внутри вагонов-холодильников.

Стационарный холодильный агрегат для охлаждения плодов и овощей в вагонах состоит из вентиляторов, воздухоохладителя, системы каналов с шиберами и соединительных рукавов (рис. 39).

Охлаждаемый в воздухоохладителе воздух направляется в вагон по гибким соединительным рукавам, где он нагревается за счет охлаждения груза. Отопленный воздух вентилятором удаляется из вагона для повторно-

го охлаждения. Чтобы фрукты охлаждались равномерно, через каждые 15—20 мин с помощью шиберов (автоматически или вручную) изменяют направление воздушного потока в вагоне.

Аналогичный холодильный агрегат можно использовать и для охлаждения фруктов и овощей в автомобилях с изотермическими кузовами. При охлаждении фруктов и овощей в автомобилях с изотермическим кузовом холодный воздух в грузовой объем подается гибким рукавом через заднюю дверь кузова в его верхнюю зону. Отогретый воздух для охлаждения забирается из нижней части кузова.

Если вагоны-холодильники оборудованы льдосоляными карманами, выполняющими роль охлаждающих приборов, то в этом случае для интенсификации охлаждения плодов рекомендуется организовать движение воздуха с помощью переносных вентиляторных установок.

Оборудование для охлаждения овощей в вакууме

Отсортированные на месте сбора овощи укладывают в картонные коробки, которые на поддонах загружают в вакуумные камеры с помощью электропогрузчиков. Герметичные двери камеры плотно закрываются. После этого включают вакуум-насосы. При понижении давления в камере происходит испарение влаги с площади поверхности овощей и одновременно они охлаждаются до температуры, близкой к 0°С. На этом цикл охлаждения заканчивается и вакуум-насосы выключаются. В процессе охлаждения водяной пар собирается в верхней части вакуумной камеры, где он конденсируется на поверхности охлаждающей батареи и стекает в поддон для сбора конденсата. Цикл охлаждения продолжается 16—24 мин.

С помощью ленточного транспортера охлажденные овощи в коробках подаются к авторефрижераторам или к рефрижераторным вагонам для доставки их на холодильники или на овощные базы.

Установки для охлаждения плодов и овощей в воде

Охлаждение плодов и овощей в воде при температуре около 1°С (ледяной воде) производят в конвейерных установках. Плоды или овощи в ящиках, корзинах или

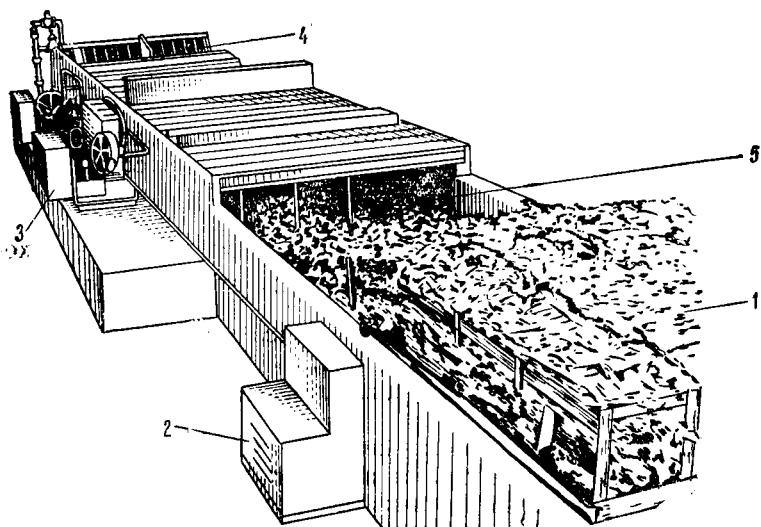
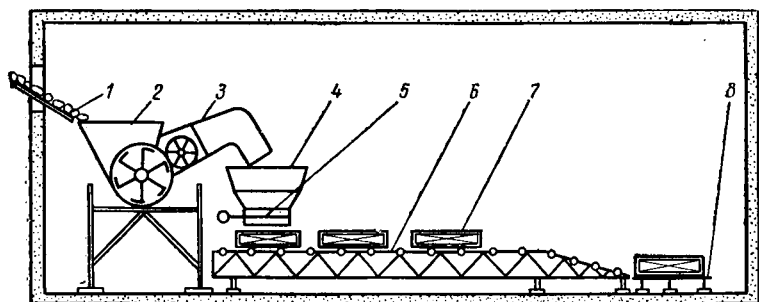


Рис. 40. Конвейерная установка для охлаждения плодов и овощей:

1 — загрузочный бункер; 2 — пульт управления; 3 — холодильный агрегат;
4 — оросительные трубопроводы; 5 — сетчатый конвейер.

Рис. 41. Установка для охлаждения овощей льдом:

1 — спуск; 2 — снеговальный агрегат; 3 — гибкий шланг; 4 — бункер льда;
5 — шибер; 6 — роликовая дорожка; 7 — ящик; 8 — транспортер.



россыпью помещают на конвейер установки. Охлаждение продуктов в установке может производиться погружением в емкость, заполненную охлажденной водой, или орошением через систему оросительных трубопроводов.

В состав установки (рис. 40) входят сетчатый конвейер, оросительные трубопроводы, холодильный агрегат с водяным циркуляционным насосом и водоохладителем. Из загрузочного бункера чистые овощи сетчатым конвейером направляются на орошение и охлаждение. Циркуляция воды производится водяным насосом, а ее охлаждение — индивидуальной автоматизированной холодильной установкой.

Установка для охлаждения овощей льдом

В состав установки (рис. 41) входят снеговальный агрегат с гибким шлангом, бункер снежного льда и транспортные средства (роликовые дорожки или транспортеры).

Овощи, предназначенные для охлаждения, моют, взвешивают и укладывают в ящики, которые устанавливают на роликовую дорожку для засыпки льдом и последующей транспортировки. Лед по гибкому шлангу специальным вентилятором, входящим в состав снеговального агрегата, направляется в бункер емкостью 1—1,5 т.

Из бункера порции льда, дозировка которых производится шибером, сыпаются в ящики с овощами (масса льда составляет 40% от массы овощей). Ящики с овощами и льдом по роликовой дорожке направляются к транспортеру, которым они перемещаются для погрузки в железнодорожный или в автомобильный холодильный транспорт.

Достоинством оборудования является простота и возможность поточного производства овощей, охлажденных льдом. Недостаток оборудования — дробление искусственного льда — требует дополнительного расхода электроэнергии. Поэтому в состав оборудования для охлаждения овощей льдом вместо снеговального агрегата иногда вводят интенсивный льдогенератор чешуйчатого льда.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ОБОРУДОВАНИЯ КАМЕР С ИНТЕНСИВНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУХА

При расчете оборудования камер охлаждения фруктов требуется определить тепловую нагрузку на оборудование, величину влагопритока и теплопередающую площадь поверхности воздухоохладителей.

Тепловую нагрузку на оборудование определяют для режима охлаждения фруктов перед закладкой их на длительное хранение или перед отправкой в район потребления, а также для режима хранения, который начинается после окончания охлаждения фруктов.

Тепловую нагрузку на оборудование находят по уравнению

$$Q = Q_1 + Q_2' + Q_T + Q_2'' + Q_3 + Q_4,$$

где Q_2' — теплоприток от фруктов при их охлаждении, Вт;

Q_T — теплоприток от тары при ее охлаждении, Вт;

Q_2'' — теплоприток от фруктов при их дыхании, Вт;

Q_3 — теплоприток от наружного воздуха при вентиляции, Вт.

Тепловая нагрузка на холодильное оборудование камеры в общем виде составит

$$Q_0 = Q_0' + Q_{увл} + Q_{наг},$$

где $Q_{увл}$ — теплоприток, связанный с искусственным увлажнением воздуха, Вт;

$Q_{наг}$ — теплоприток, подводимый воздухонагревателем, Вт.

При регулировании только температуры воздуха в камере

$$Q_0 = Q_0'.$$

Влагоприток, проникающий в холодильную камеру холодильника, определяют по формуле

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4' + W_4'',$$

где W — влагоприток, проникающий в холодильную камеру, кг/с;

$W_1, W_2, W_3, W_4', W_4''$ — влагоприток, вызванный диффузией водяных паров через ограждения, от фруктов, от вентиляции камеры, от людей, находящихся в камере, при открытии дверей, кг/с.

Влагоприток, отводимый охлаждающими приборами камеры, можно найти по формуле

$$W_0 = W + W_{увл},$$

где $W_0, W_{увл}$ — влагоприток, отводимый охлаждающими приборами камеры, от увлажняющей установки, кг/с.

Охлаждающую площадь поверхности воздухоохлаждающих определяют по методике расчета, аналогичной методике расчета площади поверхности воздухоохлаждающих, находящихся в камерах охлаждения мяса. Разность температур между воздухом в камере и теплоотводящей средой (холодильный агент или хладоноситель) прини-

мается равной 6—7°С в режиме охлаждения и 3—5°С в режиме хранения.

По найденной теплопередающей площади поверхности производится подбор воздухоохладителей с последующим расчетом систем воздухораспределения.

В камерах охлаждения фруктов с интенсивным движением воздуха величина кратности циркуляции воздуха должна быть не меньше 60 объемов в 1 ч.

АППАРАТЫ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТУШЕК ПТИЦЫ

Птицу после убоя и разделки охлаждают в воздухе, воде и льдо-водяной смеси. Для реализации того или иного способа охлаждения битой птицы в промышленности наиболее распространены аппараты туннельного типа, аппараты для охлаждения птицы водой (орошением или погружением) или в льдо-водяной смеси.

Аппараты туннельного типа

Эти аппараты (рис. 42) монтируют из отдельных секций, количество которых определяется производительностью линии убоя птицы. В каждой секции размещают индивидуальный воздухоохладитель. Движение холодного воздуха в туннеле — поперечное. Охлаждаемые тушки птицы в туннеле перемещаются на многоярусных тележках. В аппарате туннельного типа при температуре воздуха —8°С и кратности циркуляции 150 объемов в 1 ч птицу охлаждают до 2—3°С в течение 4—5 ч (цыплята и куры) и 6—8 ч (гуси и индейки).

Аппарат для охлаждения тушек птицы орошением

Этот аппарат может быть с рециркуляцией воды и без нее. Аппарат (рис. 43) состоит из камеры, конвейера с подвесками для перемещения тушек птицы, коллекторов с центробежными форсунками и трубопроводов. Центробежные форсунки используют для разбрызгивания воды. Форсунки расположены на коллекторах в шахматном порядке и наклонены к оси конвейера. При таком расположении форсунок в камере создается сплошная водяная завеса по ходу движения конвейера с тушками.

В этих аппаратах обеспечивается хороший обмыв поверхности тушек и быстрое их охлаждение. Давление

Рис. 42. Аппарат туннельного типа для охлаждения птицы:

1 — туннель; 2 — секции; 3 — вентилятор.

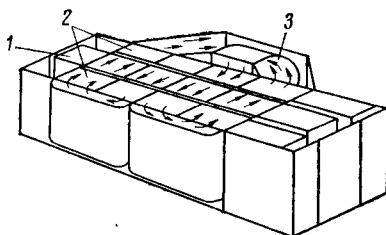


Рис. 43. Аппарат для охлаждения птицы орошением:

1 — трубопроводы; 2 — коллекторы; 3 — конвейер с подвесками; 4 — центробежные форсунки; 5 — камера.

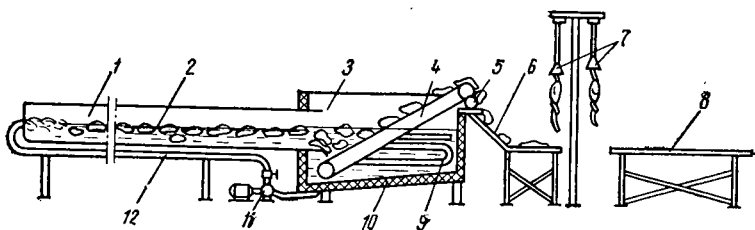
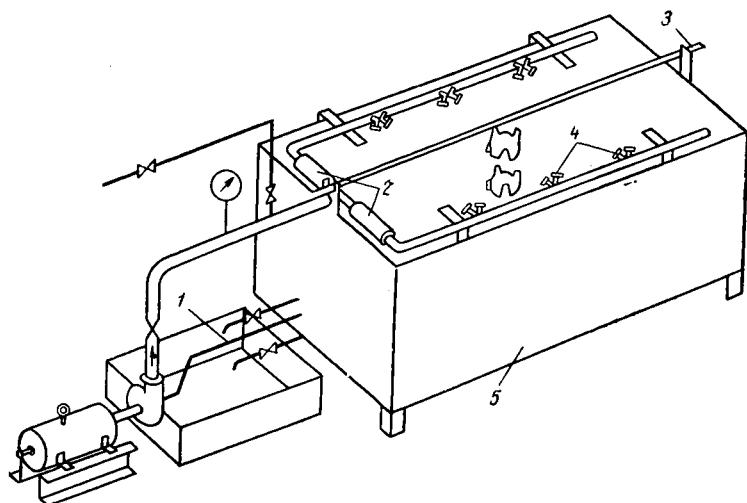


Рис. 44. Аппарат для охлаждения тушек птицы погружением:

1 — гидрожелоб; 2 — тушки птицы; 3 — ванна; 4 — наклонный транспортер; 5 — редуктор; 6 — направляющая спуска тушек; 7 — конвейер; 8 — стол для упаковки тушек; 9 — охлаждающая батарея; 10 — изоляция ванны; 11 — циркуляционный насос; 12 — трубопровод подачи ледяной воды в гидрожелоб.

воды перед центробежными форсунками следует поддерживать 150—200 кПа. Расстояние между коллекторами должно составлять 450 мм. Скорость движения конвейера регулируется с помощью редуктора и вариатора скорости.

За время прохождения тушек птицы в аппарате они должны охладиться до 4—5° С.

Несомненным достоинством оборудования является простота эксплуатации, интенсивность процесса охлаждения, снижение поверхностной обсемененности микроорганизмами (при однократном использовании воды).

Аппарат для охлаждения тушек птицы погружением

Этот аппарат (рис. 44) состоит из гидрожелоба, ванны с охлаждающими батареями, наклонного транспортера, трубопроводов и циркуляционного насоса.

С конвейера охлаждаемые полутушки поступают в гидрожелоб, заполненный холодной водой. Двигаясь по гидрожелобу, тушки птицы предварительно охлаждаются, а затем поступают в ванну для окончательного охлаждения. Из ванны охлажденные тушки удаляются наклонным транспортером. Вода охлаждается батареей, которая находится в ванне.

Аппарат прост в эксплуатации, но не лишен недостатков. Температура воды в гидрожелобе возрастает до 4—5° С, в результате чего удлиняется процесс охлаждения.

Чтобы поддержать постоянную низкую температуру воды, в аппарат добавляют лед.

Автоматизированный аппарат для охлаждения тушек птицы методом погружения в льдо-водяную смесь используют в различных технологических линиях. Аппарат (рис. 45) состоит из ванны, транспортера с направляющими решетками, подъемного элеватора, электродвигателя и редуктора. Льдогенератор как самостоятельный агрегат придается к аппарату.

Тушки птицы после автоматического снятия с конвейера попадают в ванну, равномерно заполняя каждую клетку, образуемую между двумя соседними направляющими решетками транспортера. Вместе с тушками птицы в клетку подают порцию чешуйчатого льда, который равномерно распределяется.

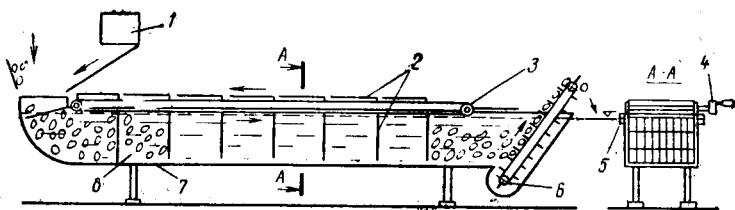


Рис. 45. Автоматизированный аппарат для охлаждения птицы погружением:

1 — льдогенератор; 2 — направляющие решетки; 3 — транспортер; 4 — электродвигатель и редуктор; 5 — водосливные отверстия; 6 — подъемный элеватор; 7 — ванна; 8 — клеть.

Конструкция аппарата исключает нагромождение больших масс льда в клетке аппарата. Каждая направляющая решетка перемещает определенное количество тушек птицы и льда и в конце ванны равномерно подает тушки к элеватору. Если тушка не попала на элеватор, то она подхватывается при поднятии решетки и, когда последняя достигает своего вертикального положения, снова попадает в ванну, откуда сталкивается на элеватор следующими направляющими решетками. Из верхнего вертикального положения решетка переходит в горизонтальное положение, так как она застопорена с одной стороны и шарнирно соединена с цепями. В этом положении решетка достигает начала ванны и начинает постепенно открываться, перемещая загруженные тушки и лед.

Преимуществом такого аппарата является то, что направляющие решетки перемещают каждую тушку птицы, находящуюся перед ними, независимо от того, плавает она или нет.

Основы расчета аппарата для охлаждения тушек птицы орошением

При расчете аппарата определяют продолжительность охлаждения тушек птицы, емкость аппарата, тепловую нагрузку на аппарат, расход воды, число форсунок и скорость движения конвейера.

Продолжительность охлаждения определяют по формуле

$$\tau = 0,589 R_{\text{ср}}^2 \left(\ln \frac{t_{\text{нач}} - t_{\text{с}}}{\bar{t} - t_{\text{с}}} - 0,0912 \right),$$

где $R_{\text{ср}}$ — средняя толщина принимается как $\frac{5}{6} \delta_{\text{г.м}}$, м;

$\delta_{\text{г.м}}$ — толщина грудной мышцы тушки, м;

$\bar{t}$ — средняя температура тушек птицы в конце охлаждения принимается равной 6°C ;

$$\bar{t} = t_{\text{с}} + \frac{8}{\pi^2} (t_{\text{нач}} - t_{\text{с}}) \exp \left(-\frac{\pi^2}{4} \text{Fo} \right).$$

Емкость аппарата (конвейера) рассчитывают по уравнению

$$G_{\text{а}} = G' \tau,$$

где $G_{\text{а}}$ — емкость аппарата, кг.

Длину конвейера аппарата находят по формуле

$$L = \frac{G}{g_{\text{к}}},$$

где L — длина конвейера аппарата, м;

$g_{\text{к}}$ — норма нагрузки, отнесенная к 1 м конвейера, кг/м.

Тепловую нагрузку определяют по уравнению

$$Q_0 = G' (i_1' - i_2) a_{\text{д.т}},$$

где i_1' и i_2 — энтальпии птицы при ее поступлении и выпуске, Дж/кг;

$a_{\text{д.т}}$ — коэффициент, учитывающий дополнительные теплопритоки.

Расход воды находят по формуле

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_0}{c_{\text{в}} \Delta t_{\text{вд}}},$$

где $G_{\text{в}}$ — расход воды, кг/с;

$c_{\text{в}}$ — удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·К);

$\Delta t_{\text{вд}}$ — нагрев воды, $^\circ \text{C}$ (1—2 $^\circ \text{C}$).

Число форсунок определяют по уравнению

$$N = \frac{G_{\text{в}}}{g_{\text{в}}},$$

где N — число форсунок;

$g_{\text{в}}$ — производительность одной форсунки, кг/с.

Автоматизированные пластинчатые установки для охлаждения молока и молочных продуктов

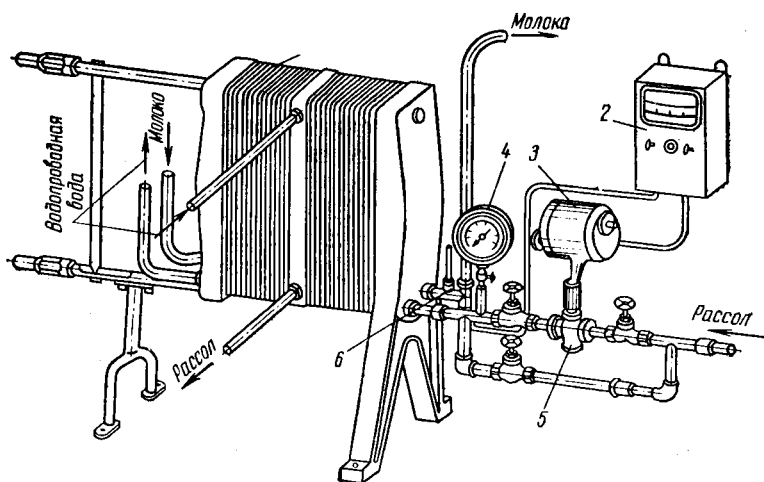
Автоматизированная пластинчатая установка (рис. 46) состоит из пластинчатого теплообменника, шкафа с контрольно-измерительными приборами, трубопровода подачи хладоносителя, исполнительного механизма, термометров и манометра.

Пластинчатый теплообменник (охладитель) собирается из пластин, изготовленных из нержавеющей стали, что позволяет промывать такие аппараты в системе циркуляционной безразборной мойки.

У пластинчатого теплообменника имеются станина и две штанги с нажимными устройствами. На штанге крепятся пластины из нержавеющей стали с резиновыми прокладками. Пластины разделены промежуточной плитой или специальной перегородкой на два отсека: в первом — молоко охлаждается водой (от 35 до 20—22° С),

Рис. 46. Автоматизированная пластинчатая установка:

1 — пластинчатый теплообменник; 2 — шкаф с контрольно-измерительными приборами; 3 — исполнительный механизм; 4 — манометр; 5 — трубопровод подачи хладоносителя; 6 — термометр сопротивления.



во втором — хладоносителем или ледяной водой до $4 \pm \pm 2^{\circ}\text{C}$. Для создания герметичности между пластинами они сжимаются с помощью нажимной плиты и прижимных муфт. Пластины собраны в пакеты, из которых состоят секции.

В установку хладоноситель подается через трубопровод, на котором расположены вентили и манометры. Исполнительный механизм регулирует температуру охлаждаемого молока, изменяя количество хладоносителя, направляемого в установку.

После промывки и проверки пластинчатого теплообменника в него подают молоко насосом. После заполнения установки включают вентиль подачи хладоносителя, а затем вентиль подачи охлажденной воды.

Молоко, проходя по каналам секций и соприкасаясь с холодными стенками пластин, охлаждается. Контроль температуры охлажденного молока осуществляется термометром сопротивления, сигнал от которого передается на электронный мост. На шкале прибора стрелка показывает температуру молока. При увеличении температуры молока выше 6°C электронный мост с помощью резистивного датчика балансного реле включает привод исполнительного механизма, который приходит в действие, открывая регулирующий клапан, и подача хладоносителя увеличивается.

В настоящее время выпускают автоматизированные пластинчатые установки марок ООТ-М, ООУ-М, ОО1-У10 и ООУ-25 производительностью соответственно 0,84; 1,4; 2,8 и 7 л/ч (табл. 3).

Автоматические пластинчатые охладительные установки ООУ-М и ООТ-М предназначены для быстрого охлаждения молока в тонком слое при автоматическом или ручном управлении процесса.

Установки ООУ-М и ООТ-М имеют принципиально одинаковое устройство, различаются только количеством пластин и исполнением промежуточной плиты пластинчатого теплообменника.

Обе установки обеспечивают охлаждение молока с 35 до $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ при автоматическом контроле и регулировании температуры охлаждения.

Пластинчатые установки марок ОО1-У10 и ООУ-25, рассчитанные на непрерывное и быстрое охлаждение молока от 20 до $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$, предназначены для городских

ТАБЛИЦА 3

Показатели	Пластинчатые установки марок			
	ООТ-М	ООУ-М	ООІ-У10	ООУ-25
Общая площадь поверхности теплообмена, м ²	7,15	12,0	13,5	34,0
Количество				
пластин	49	82	91	83
секций	2	2	2	2
Температура, °С				
холодной воды	20	20	8—10	8—10
рассола	—5	—5	—5	—5
ледяной воды	0—1	0—1	0—1	0—1
Расход (подача), л/с				
холодной воды	2,5	4,2	5,55	13,9
рассола или ледяной воды	2,5	4,2	5,55	13,9
Габаритные размеры, мм				
длина	1300	1500	1600	2000
ширина	738	738	700	800
высота	1330	1330	1200	1200
Масса, кг	350	450	530	1200

молочных заводов, которые получают подохлажденное молоко.

Эти установки различаются размерами станины и пластин, а также их количеством и компоновкой в теплообменнике.

ГЛАВА III

ХОЛОДИЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КАМЕР ЗАМОРАЖИВАНИЯ МЯСА

Устройства, предназначенные для замораживания пищевых продуктов, выполняются в виде камер и морозильных аппаратов.

На пищевых предприятиях скоропортящиеся пищевые продукты замораживают в морозильных аппаратах в расфасованном, а часто и в упакованном виде.

Как правило, в камерах замораживают мясо, которое располагают на подвесных путях или в стоечных поддонах. В камерах замораживания воздух охлаждают с помощью паровых и воздушных холодильных машин.

Холодильное оборудование, которое находится в камерах замораживания мяса мясокомбинатов, состоит из камерных охлаждающих приборов, выполненных в виде батарей и воздухоохладителей.

В зависимости от вида движения воздуха и типа оборудования камеры замораживания мяса могут быть с вынужденным и естественным движением воздуха. Камеры с вынужденным движением воздуха оборудуют одними воздухоохладителями, а иногда и батареями в сочетании с различными системами воздушораспределения, а камеры с естественным движением воздуха — пристенными, потолочными или межрядными радиационными батареями.

В зависимости от организации технологического процесса камеры замораживания могут быть камерами одно- и двухфазного замораживания. В камерах однофазного замораживания замораживаются теплые (парные) полутуши мяса, а двухфазного — туши предварительно охлажденного мяса. При одинаковом конструктивном решении камер одно- и двухфазного замораживания мяса в камерах однофазного замораживания следует предусматривать большую площадь поверхности охлаждающих приборов.

Камеры замораживания мяса могут работать непрерывно или периодически. В камерах туннельного типа, работающих непрерывно, хорошо решается поточность технологического процесса, его автоматизация и программирование. При использовании этих камер на холодильниках могут отсутствовать специальные помещения, предназначенные для накопления мяса, а тепловая нагрузка на холодильное оборудование является равномерной, что в конечном итоге приводит к сокращению как капитальных, так и эксплуатационных затрат.

Конструктивно камеры замораживания мяса могут выполняться проходными и тупиковыми. В проходных камерах загрузка мясом и его выгрузка производится через специальные дверные проемы, расположенные обычно в торцевых стенах камеры, а в тупиковых — через общий дверной проем.

КАМЕРЫ С ВЫНУЖДЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУХА

Камеры замораживания мяса с вынужденным движением воздуха выполняются в виде камер и туннелей.

Камера однофазного замораживания мяса туннельного типа с продольным движением воздуха представлена на рис. 47, а. Проходная камера оборудована шестью сухими потолочными воздухоохладителями, расположенными под балками подвесных путей. Каждый воздухоохладитель обслуживается осевым многолопастным вентилятором.

Воздух, выходящий из воздухоохладителей, ударяется о торцовую стенку камеры, теряя часть скоростного (динамического) напора.

Для создания направленного движения воздуха в камере имеется ложный потолок и вертикальные перегородки, которые образуют нагнетательные и всасывающие окна. Нагнетательные окна находятся у торцовых стен камеры, а всасывающие — в ее центральной части.

Охлажденный в воздухоохладителях воздух направляется в камеру через нагнетательные окна и оmyвает полутуши мяса, расположенные на подвесных путях, а затем через всасывающие окна поступает к вентиляторам и вновь направляется для охлаждения. Таким образом, воздух в камере движется по двум вертикальным циркуляционным кольцам.

Камеры также оборудуются специальными автоматическими конвейерами, обеспечивающими механизированную загрузку камер мясом и выгрузку мяса из них и непрерывное перемещение полутуш мяса в камере при их замораживании.

Продолжительность однофазного замораживания полутуш мяса при температуре воздуха в камере -30°C и скорости движения воздуха у бедренных частей полутуш 1,8 м/с составляет 22 ч.

Для улучшения воздушораспределения после воздухоохладителей устанавливают направляющие аппараты, обеспечивающие как плавный поворот потока воздуха, так и рациональный обдув бедренных частей замораживаемых полутуш. Продолжительность замораживания мяса в камерах с направляющими аппаратами сократилась на 20—25% за счет увеличения скорости движения воздуха и рационального обдува полутуш.

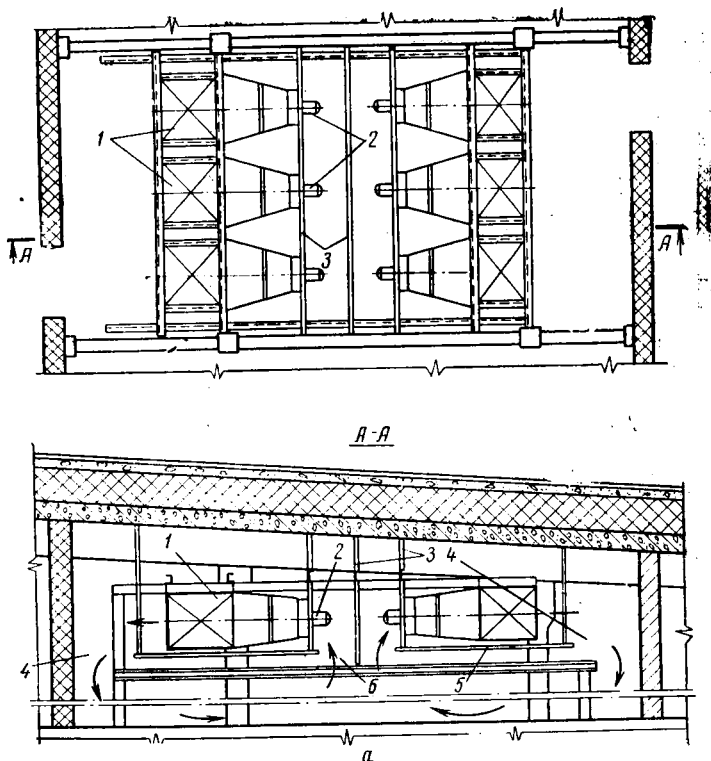


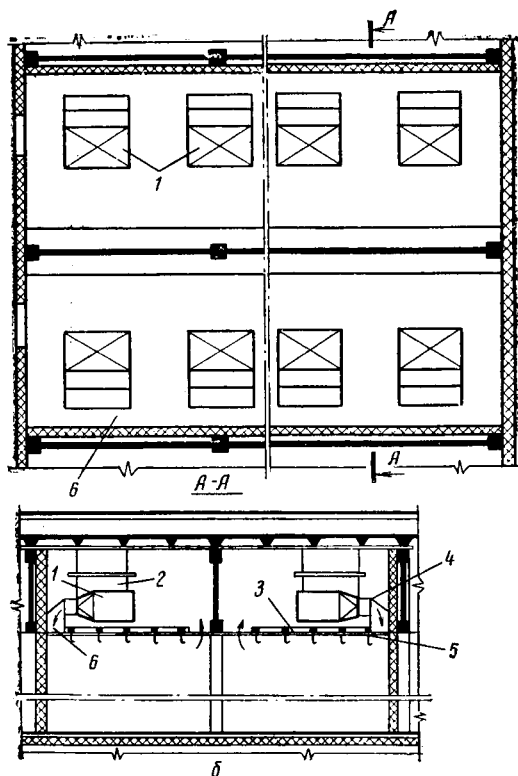
Рис. 47. Камера однофазного замораживания

a — с продольным движением воздуха: 1 — потолочные воздухоохладители; нагнетательное окно; 5 — ложный потолок; 6 — всасывающее окно; 2 — подвеска; 3 — ложный потолок; 4 — нагнетательное окно; 5 — подвесной

Достоинством таких камер является компактность холодильного оборудования, хорошее использование строительной площади, высокая степень автоматизации и механизации, а недостатками — значительная неравномерность скорости движения воздуха по длине камеры, а также плохая организация его циркуляции.

Неравномерность движения воздуха по длине камеры уменьшается, если воздух циркулирует не в продольном, а поперечном направлении камеры.

Оборудование камеры с поперечным движением воздуха (рис. 47, б) состоит из двенадцати потолочных



мяса туннельного типа:

2 — осевые многолопастные вентиляторы; 3 — вертикальные перегородки; 4 — б — с поперечным движением воздуха; 1 — потолочный воздухоохладитель; путь; 6 — направляющий аппарат.

воздухоохладителей. В камеру холодный воздух попадает через нагнетательные окна, расположенные вдоль ее длинной стороны, а отепленный удаляется через всасывающие окна.

Ложный потолок, всасывающие и нагнетательные окна, а также направляющие аппараты обеспечивают равномерное движение воздуха в поперечном направлении камеры.

Недостатком камер замораживания мяса туннельного типа с поперечным движением воздуха является необходимость размещения значительного количества воз-

духоохладителей, что приводит к возрастанию стоимости оборудования камеры и повышенному расходу электроэнергии.

Камеры замораживания мяса с системой непосредственного воздушного душирования аналогичны камерам охлаждения мяса.

Камера замораживания мяса с системой душирования через межпутевые воздухоохладители показана на рис. 48. Охлаждающие секции межпутевых воздухоохладителей в таких камерах могут изготавливаться из гладких или из оребренных труб (диаметром $38 \times 2,5$ мм с шагом оребрения 13,3 мм). Межпутевые воздухоохладители располагают непосредственно под каркасом подвесных путей.

Воздуховоды прямоугольного сечения монтируются над охлаждающими секциями воздухоохладителей, а осевые вентиляторы — у одного из торцов воздуховода. Гибкая вставка от осевого вентилятора к воздуховоду служит гасителем шума и вибрации воздуховода.

Наряду с межпутевыми воздухоохладителями в камере можно устанавливать и пристенные батареи.

Для эффективной работы охлаждающих приборов камеры снеговую шубу с их теплопередающей площади поверхности снимают с помощью горячих паров аммиака.

На производственных и распределительных холодильниках применяют камеры замораживания мяса с межрядными батареями и вынужденным движением воздуха. В состав оборудования камеры (рис. 49) входят межрядные батареи специальной конструкции, изготовленные из оребренных труб, осевые вентиляторы, ложный потолок и вертикальные перегородки с окнами для организации движения воздуха. Межрядные батареи в сочетании с вертикальными перегородками делят камеру на четыре туннеля (отсеки). В каждом туннеле на подвесных путях находятся замораживаемые полутуши.

Нагнетаемый осевыми вентиляторами воздух по каналу, образованному ложным потолком и перекрытием камеры, через нагнетательное окно направляется в первый туннель, в котором, двигаясь сверху вниз со скоростью 3 м/с, омывает замораживаемые полутуши. Через окно, расположенное в нижней части перегород-

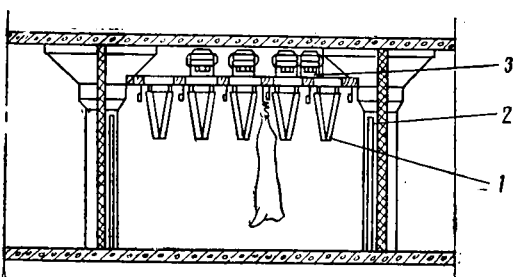
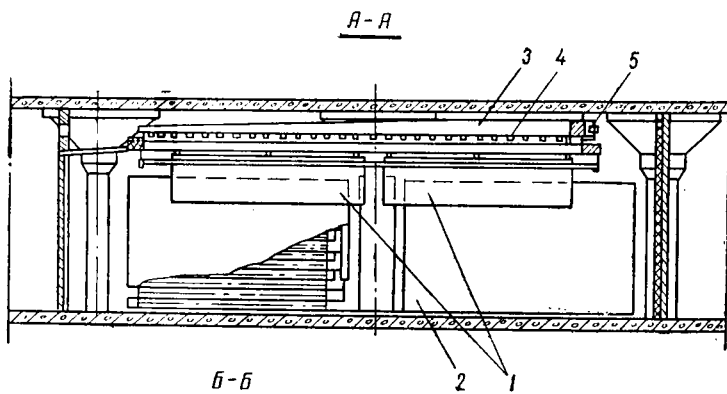
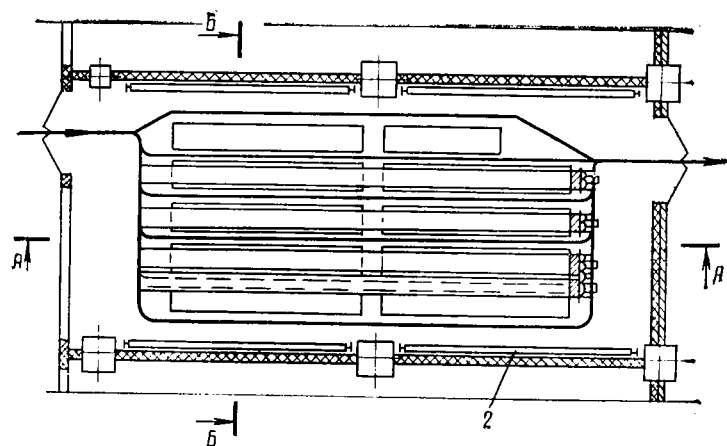


Рис. 48. Камера однофазного замораживания мяса с системой воздушного душирования через межпутевые воздухоохладители:
 1 — межпутевой воздухоохладитель; 2 — пристенная батарея; 3 — воздуховод;
 4 — цилиндрическое сопло; 5 — осевой вентилятор.

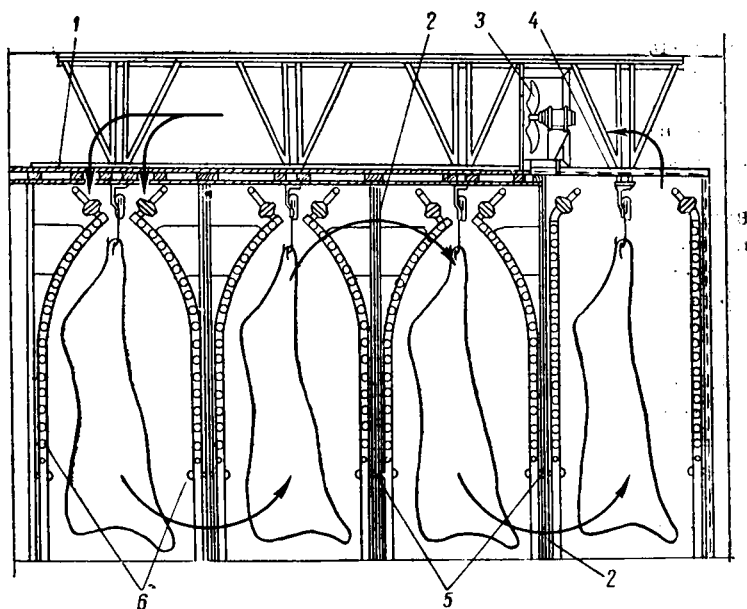
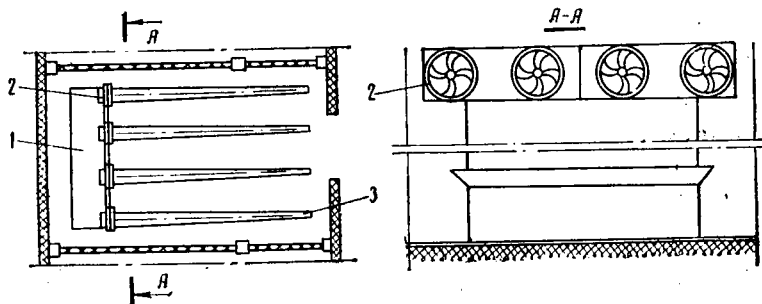


Рис. 49. Камера замораживания мяса с межрядными батареями и вынужденным движением воздуха:

1 — нагнетательное окно; 2 — окно перегородки; 3 — осевой вентилятор; 4 — всасывающее окно; 5 — перегородки; 6 — межрядные батареи. Стрелки показывают направление движения воздуха.

Рис. 50. Камера замораживания мяса с постаментным воздухоохладителем и воздуховодами:

1 — постаментный воздухоохладитель; 2 — осевой вентилятор; 3 — воздуховод с продольными соплами.



ки, воздух поступает во второй туннель, в котором циркулирует снизу вверх. Далее воздух через окно перегородки переходит в третий туннель, опускается вниз и направляется в четвертый туннель, из которого засасывается вентиляторами через всасывающее окно.

Достоинством камер с межрядными батареями и вынужденным движением воздуха является интенсивность процесса замораживания мяса при относительно малой усушке. Так, при температуре воздуха -35°C продолжительность замораживания предварительно охлажденного мяса составляет 10—12 ч. Недостатками камеры являются сложность конструкции и значительная металлоемкость межрядных батарей; трудность их эксплуатации, что прежде всего относится к отводу талой воды при оттаивании; невозможность использования грузового объема камеры для хранения мороженого мяса в межсезонный период.

В проектах распределительных холодильников предусматриваются камеры замораживания с постаментными воздухоохладителями и воздуховодами. Оборудование таких камер (рис. 50) состоит из постаментного воздухоохладителя с осевыми вентиляторами и воздуховодов с продольными соплами. Постаментный воздухоохладитель обычно размещается у торцевой стены, граничащей с отапливаемым помещением. Такое расположение воздухоохладителя облегчает удаление талой воды при горячем оттаивании инея с теплопередающей площади поверхности обрешенных труб.

Охлажденный в воздухоохладителе воздух осевыми вентиляторами направляется в круглые воздуховоды.

Холодный воздух, выходя из сопел со скоростью 7—8 м/с, обдувает бедренные части полутуш. Скорость движения воздуха у бедренных частей полутуш составляет 1,5—2 м/с. Продолжительность замораживания охлажденного мяса в камере при средней температуре воздуха -30°C составляет 14—16 ч.

Достоинством таких камер является быстрое и равномерное замораживание мяса, а недостатком — повышенная металлоемкость и энергоемкость оборудования из-за наличия воздуховодов в камере.

На распределительных холодильниках эксплуатируются и камеры замораживания мяса туннельного типа

с вынужденным движением воздуха и ложным потолком. Эти камеры работают так же, как и камеры аналогичной конструкции, предназначенные для охлаждения мяса.

В камерах замораживания мяса проектная скорость выхода воздуха из щелей ложного потолка составляет 7—8 м/с, а у бедренных частей замораживаемых полутуш 1—1,2 м/с. При средней температуре воздуха в камере -30°C продолжительность замораживания охлажденного мяса равна 20—22 ч.

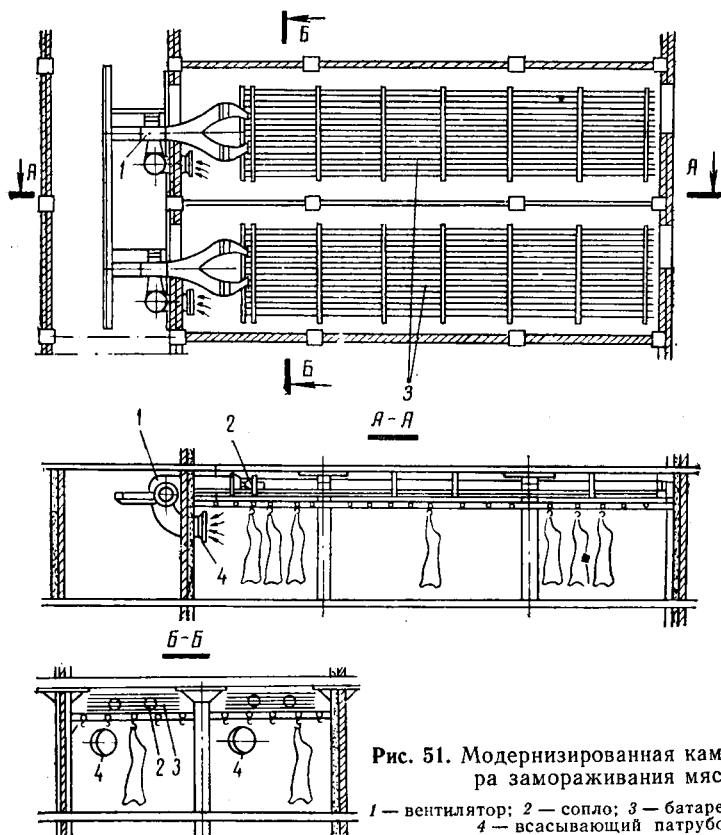
КАМЕРЫ С ЕСТЕСТВЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУХА

На холодильниках при мясокомбинатах функционируют камеры замораживания мяса, в которых холодильная обработка полутуш производится при естественном движении воздуха. Оборудование таких камер состоит из пристенных и потолочных батарей, изготовленных из гладких труб. Пристенные батареи располагают у стен между колоннами, а потолочные — над каркасом подвесных путей.

Отношение теплопередающей площади поверхности охлаждающих приборов к площади пола камеры составляет 3—4 м² на 1 м² площади пола.

Простота оборудования и отсутствие энергетических затрат на работу вентиляторов является достоинством камер замораживания мяса с естественным движением воздуха.

Камерам замораживания мяса свойственны серьезные недостатки. Процесс холодильной обработки мяса в таких камерах длителен и сопровождается повышенной усушкой, величина которой на 15—20% больше, чем в камерах замораживания с вынужденным движением воздуха. Полутуша мяса замораживается неравномерно. Различную продолжительность замораживания бедренной и лопаточной частей полутуши можно объяснить не только их неодинаковой толщиной, но и значительным возрастанием температуры по высоте камеры, достигающей 2—2,5° C на 1 м строительной высоты. Камеры замораживания мяса с пристенными и потолочными батареями имеют повышенную металлоемкость оборудования, превышающую в 2—4 раза металлоемкость оборудования



камер замораживания с вынужденным движением воздуха. Значительная длина труб, из которых монтируются пристенные и потолочные батареи камер замораживания, усложняет эксплуатацию холодильной установки.

В целях интенсификации процесса холодильной обработки мяса камеры замораживания с пристенными и потолочными батареями и естественным движением воздуха нуждаются в модернизации.

Модернизированная камера замораживания мяса показана на рис. 51. Для увеличения скорости движения воздуха в зоне расположения бедерной части полутуши монтируют вентиляторы в соче-

тании с бесканальной системой воздухораспределения. Средняя скорость движения воздуха у батарей должна составлять не менее 1—1,5 м/с, а около бедренной части полутуш — 0,4 м/с.

Одним из путей интенсификации процесса замораживания в камерах с естественным движением воздуха является использование радиационного теплообмена. Для этого охлаждающие батареи размещают между рядами подвесных путей. При таком расположении охлаждающих батарей каждая из замораживаемых полутуш оказывается в сфере циркуляционных воздушных потоков.

Оборудование камеры замораживания с межрядными радиационными батареями включает поддоны для сбора талой воды и систему обогреваемых дренажных трубопроводов. Межрядные радиационные батареи размещают в верхней зоне камеры возле толстых бедренных частей полутуш. Такое расположение батарей не только создает условия для радиационного теплообмена между бедренной частью и межрядной батареей, но и значительно улучшает равномерность распределения температуры по высоте камеры, что также способствует ускорению замораживания мяса.

В камерах с межрядными радиационными батареями продолжительность замораживания сократилась на 40—50% (с одновременным уменьшением усушки) по сравнению с продолжительностью замораживания в камерах, оборудованных пристенными и потолочными батареями.

Недостатком камер с межрядными радиационными батареями является трудность использования помещений для хранения грузов и повышенная металлоемкость охлаждающих приборов.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА КАМЕР ЗАМОРАЖИВАНИЯ МЯСА

При расчете камер замораживания мяса, если задана продолжительность цикла замораживания, производительность камеры, температура воздуха, а также начальная и конечная температуры мяса, то необходимо определить емкость камеры, ее площадь и размеры; требуемый коэффициент теплоотдачи от замораживаемого мяса; скорость движения воздуха в зоне расположения бедренной части замораживаемой полутуши, а также на выходе воздуха из сопел; количество воздуха; тепловую

нагрузку на холодильное оборудование камеры; теплопередающую площадь поверхности воздухоохладителя; аэродинамическое сопротивление в циркуляционном кольце и мощность электродвигателей.

Емкость камеры замораживания мяса определяют по уравнению (9), а площадь пола камеры — по формуле (11).

Если в камере устанавливают постаментный воздухоохладитель, то площадь камеры составляет

$$F'_c = n_d F_c,$$

где F'_c — строительная площадь камеры, м²;

n_d — коэффициент, учитывающий дополнительную площадь для постаментного воздухоохладителя (1,1—1,15);

F_c — строительная площадь камеры без учета установки в ней воздухоохладителя, м².

Длину пути, необходимую для размещения мяса, рассчитывают по уравнению (12).

В зависимости от площади камеры и с учетом сетки колонн холодильника находят длину и ширину камеры, где размещаются подвесные пути.

Приведенный коэффициент теплоотдачи при двухфазном замораживании мяса можно найти из формулы Планка

$$\alpha_{\text{пр}} = \frac{q_3 \rho \delta P}{\tau (t_{\text{кр}} - t_c)} - \frac{R}{P} \frac{\lambda_{3, \text{м}}}{\delta},$$

где q_3 — количество тепла, отводимого от 1 кг мяса при его замораживании от начальной ($t_{\text{нач}} = 4^\circ \text{C}$) до конечной ($t_{\text{кон}} = -18 \div -20^\circ \text{C}$) температуры, Дж/кг;

τ — продолжительность процесса замораживания определяют по формуле (10);

$t_{\text{кр}}$ — криоскопическая температура (температура начала замерзания соков в мясе), $^\circ \text{C}$;

$\lambda_{3, \text{м}}$ — коэффициент теплопроводности замороженного мяса, Вт/(м·К);

R и P — коэффициенты, зависящие от формы и соотношения размеров замораживаемого тела (для полутуши мяса $R = 0,0967$, $P = 0,3571$).

Продолжительность загрузки камер замораживания мяса и выгрузки мяса из них такая же, как и продолжительность загрузки и выгрузки камер охлаждения мяса.

Для камер однофазного замораживания мяса требуемый коэффициент теплоотдачи можно найти из формулы, предложенной И. Г. Чумаком (ОТИХП), для определения продолжительности однофазного замораживания мяса

$$\tau = 0,091 \frac{\delta\rho}{\alpha_{\text{пр}}} \left[c_0 \left(\frac{t_{\text{нач}} - t_c}{t_{\text{кр}} - t_c} \right)^{1,5} + \frac{c_{\omega}^2}{c_{\text{з.м}}} \left(\frac{t_{\text{кр}} - t_c}{t_{\text{кон}} - t_c} \right)^{1,02} \right],$$

где c_{ω} — полная теплоемкость мяса при замораживании, Дж/кг;
 $c_{\text{з.м}}$ — удельная теплоемкость замороженного мяса, Дж/(кг·К);
 $t_{\text{нач}} = 37-39^{\circ}\text{C}$;
 $t_{\text{кон}} = -18 \div -20^{\circ}\text{C}$.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией, зависящей от скорости движения воздуха в зоне бедра, равен

$$\alpha_k = \alpha_{\text{пр}} - \alpha_{\text{н}} - \alpha_s.$$

Скорость движения воздуха в зоне бедренной части полутуши находят из уравнения подобия для теплообмена при вынужденном движении воздуха. Для бедренной части полутуши уравнение подобия записывают в виде

$$\frac{\alpha_k \delta}{\lambda_b} = 0,33 \left(\frac{\omega_{\text{хм}} \delta}{\nu} \right)^{0,58}.$$

Откуда

$$\omega_{\text{хм}} = 6,73 \frac{\alpha_k^{1,72} \delta^{0,72} \nu}{\lambda_b^{1,42}}.$$

Начальную скорость воздуха, выходящего из сопел различной формы, находят по уравнению (1).

Суммарное количество воздуха, которое подается в камеру, определяют по формуле (15), а суммарную площадь всех щелей (сопел) — по уравнению (16).

Массу подаваемого воздуха рассчитывают по формуле

$$G_b = V_0 \rho_b.$$

где ρ_b — плотность воздуха, подаваемого в камеру, кг/м³.

Тепловую нагрузку на холодильное оборудование камеры замораживания определяют по уравнению (13).

Теплопередающую площадь поверхности воздухоохладителя находят по формуле (14).

После определения теплопередающей площади поверхности воздухоохладителя производится их подбор (по теплопередающей площади поверхности и производительности вентиляторов). Если промышленные образцы не подходят, то необходимо сконструировать нестандартный воздухоохладитель.

Аэродинамическое сопротивление в циркуляционном кольце камер замораживания складывается из падения давления на преодоление местных сопротивлений (возду-

хоохладитель, сопла, диффузор) и потери давления на трение в каналах и воздуховодах.

Мощность электродвигателей рассчитывают по уравнению (17).

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАМЕР ЗАМОРАЖИВАНИЯ МЯСА

Сравнительные показатели работы камер замораживания мяса приводятся в табл. 4.

ТА Б Л И Ц А 4

Показатели	Камеры однофазного замораживания мяса		
	туннельного типа с продольным движением воздуха	туннельного типа с поперечным движением воздуха	с системой воздушного душирования через межпутевые воздухоохладители
Площадь пола камеры, м ²	65	54	72
Емкость камеры, т	11,2	7,5	13
Продолжительность замораживания, ч	22	24	21
Площадь поверхности охлаждающих приборов, м ²	678	480	745
Мощность электродвигателей вентиляторов, кВт	13,2	18	4,4
Усушка, %	1,2	1,05	1,19
Удельные затраты металла, т на 1 т замороженного мяса	0,51	0,54	0,44
Съем мяса с 1 м ² площади пола, т в сутки	0,17	0,14	0,2
Удельный расход электроэнергии на привод вентиляторов воздухоохладителей, кВт·ч на 1 т	2,6	5,7	0,71
Оснащенность приборами охлаждения	10,5	8,9	10,5
Производительность камеры, т в год	950	635	1100
Тип охлаждающих приборов	Сухие поточные воздухоохладители	Сухие поточные воздухоохладители	Межпутевые воздухоохладители и пристенные батареи

Удельные затраты металла характеризуют конструктивное совершенство камер. Пониженные затраты металла в камере с системой воздушного душирования объясняются тем, что межпутевые воздухоохладители и пристенные батареи монтируются из труб с малым шагом оребрения (13,3 мм), а секции потолочных воздухоохладителей изготовлены из труб с шагом оребрения 22 мм. Применение труб с повышенным шагом оребрения, хотя и приводит к некоторому возрастанию металлоемкости камер, однако позволяет эффективно эксплуатировать воздухоохладители в камерах замораживания мяса.

В камерах с системой воздушного душирования через межпутевые воздухоохладители удельный расход электроэнергии на привод вентиляторов воздухоохладителей минимальный, а в камере туннельного типа с поперечным движением воздуха — максимальный. Максимальный удельный расход электроэнергии в камере туннельного типа с поперечным движением воздуха объясняется тем, что для создания оптимальной скорости движения воздуха требуется подавать значительное количество воздуха вентиляторами.

Оснащенность приборами охлаждения является минимальной в камерах туннельного типа с поперечным движением воздуха.

Очевидный дефицит теплопередающей площади поверхности в этих камерах является причиной увеличения продолжительности замораживания и уменьшения съема замороженного мяса.

Таким образом, анализ сравнительных показателей работы камер однофазного замораживания мяса показывает, что они не лишены ряда конструктивных и эксплуатационных недостатков.

ГЛАВА IV

ВОЗДУШНЫЕ МОРОЗИЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Воздушные морозильные аппараты получили широкое распространение для замораживания разнообразных продуктов растительного и животного происхождения. Замораживание продуктов в воздухе позволяет сохра-

нить их высокие питательные и вкусовые свойства, а также хороший товарный вид.

Воздушные морозильные аппараты состоят из грузового отсека и отсека воздухоохладителей. Обычно в грузовом отсеке воздушных морозильных аппаратов применяют туннельную систему воздухораспределения. В грузовом отсеке находится замораживаемый продукт, перемещаемый различными транспортными средствами, а в отсеке воздухоохладителей размещают секции, предназначенные для охлаждения воздуха, обогреваемый поддон для сбора талой воды, образующейся при оттаивании, а также вентиляторная установка.

В качестве транспортных средств для непрерывного или для периодического перемещения замораживаемых продуктов в грузовом отсеке применяют транспортеры, конвейеры, гравитационные устройства. Транспортные средства приводятся в движение электрическим или гидравлическим приводом с плавным или со ступенчатым регулированием частоты вращения, что позволяет изменять производительность морозильных аппаратов в зависимости от вида поступающего на замораживание продукта.

В зависимости от типа транспортных средств и способа замораживания пищевых продуктов в воздухе аппараты можно классифицировать на тележечные, конвейерные, гравитационные (проталкивающие) и флюидизационные. В тележечных, конвейерных и гравитационных воздушных морозильных аппаратах продукты можно замораживать как в мелкой расфасовке массой до 0,5 кг, так и в виде блоков массой до 10—12 кг. В флюидизационных морозильных аппаратах продукты замораживаются россыпью в воздухе или в специальной среде.

Некоторые продукты (рыба, мясо, творог) замораживают в специальных формах (блок-форма) или в противнях, которые целесообразно изготовлять из металла с высокой теплопроводностью. Толщина блоков должна быть 40—100 мм. Формы, в которых замораживают упакованные или неупакованные продукты, могут быть с крышками и без них.

Отсутствие крышек на блок-формах является причиной повышенной усушки продуктов при замораживании. Кроме того, в блок-формах без крышек не удастся полу-

чить блоки правильной формы с гладкой площадью поверхности, что затрудняет их затаривание, а также требует повышенной кубатуры охлаждаемых помещений (камер, трюмов) для хранения.

Отсек воздухоохладителя находится рядом с грузовым отсеком, над или под ним.

Секции воздухоохладителей изготавливают из гладких и оребренных труб. При использовании оребренных труб следует считаться с влиянием снеговой шубы, образующейся на их площади поверхности. Для уменьшения выпадения снеговой шубы при непрерывной работе аппарата (без остановки аппарата на оттаивание) приходится прибегать к различным техническим средствам. Снеговая шуба на площади поверхности оребренных батарей уменьшает холодопроизводительность воздухоохладителя, а также приводит к возрастанию его аэродинамического сопротивления. Чтобы обеспечить непрерывную работу воздушных морозильных аппаратов, батареи воздухоохладителей орошают незамерзающей жидкостью, которая поглощает влагу, а сама деконцентрируется. Влияние снеговой шубы на работу морозильного аппарата можно уменьшить, если охлаждающие секции воздухоохладителя выполнять из труб с переменным шагом оребрения. В этом случае первые по ходу движения воздуха охлаждающие секции монтируют из труб с большим шагом оребрения (20—30 мм), а последующие секции с меньшим (10—15 мм). Воздухоохладители некоторых аппаратов выполняют из нескольких (4—8) охлаждающих секций, находящихся в отдельных отсеках или в отсеках, разделенных изолированными перегородками. При таком расположении любую секцию в необходимое время можно отключить для оттаивания, а морозильный аппарат будет продолжать работать. Последовательное оттаивание секций таких аппаратов обеспечивает их длительную работу. Непрерывная работа аппаратов достигается устройством влагофильтров, которые выполняют в виде охлаждающих секций из гладких труб. Воздух сначала охлаждается и осушается в этой секции, а затем попадает в секции из оребренных труб.

Влагофильтры оборудуются отдельными поддонами и системой дренажа талой воды.

Вентиляторная установка, создающая вынужденное движение воздуха в аппарате, состоит из одного или из

нескольких осевых или центробежных вентиляторов. Если электродвигатели вентиляторов находятся в охлаждаемом контуре аппарата, то они должны быть герметичными.

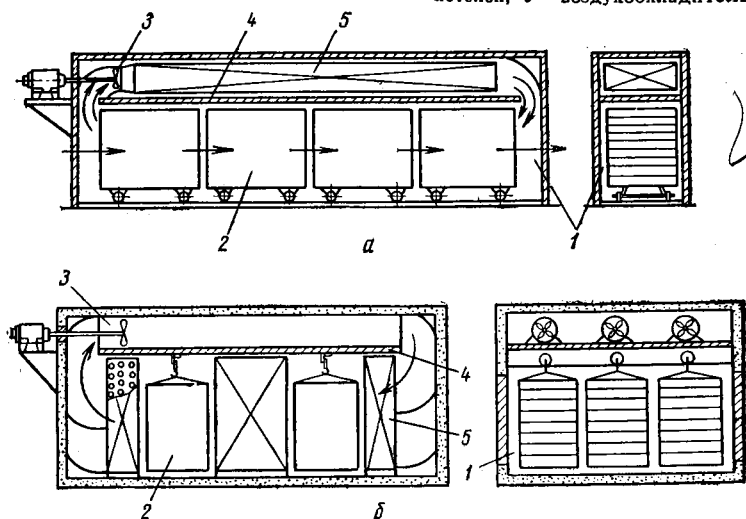
ТЕЛЕЖЕЧНЫЕ АППАРАТЫ

Тележечные аппараты бывают с продольным или с поперечным движением воздуха, а также с ручным и механизированным перемещением тележек или этажерок. Кроме того, они могут быть периодического и непрерывного действия. В аппаратах периодического действия тележки с продуктом загружаются и выгружаются периодически, а в аппаратах непрерывного действия — непрерывно.

Схема устройства аппарата с продольным движением воздуха показана на рис. 52, а. В грузовом отсеке находятся тележки, на полках которых размещены замораживаемые продукты. Направленное движение воздуха в аппарате создается ложным потолком, который является одновременно и поддоном воздухоохладителя.

Рис. 52. Схема устройства тележечного морозильного аппарата:

а — с продольным движением воздуха; б — с поперечным движением воздуха; 1 — грузовой отсек; 2 — этажерки или тележки; 3 — вентилятор; 4 — ложный потолок; 5 — воздухоохладитель.



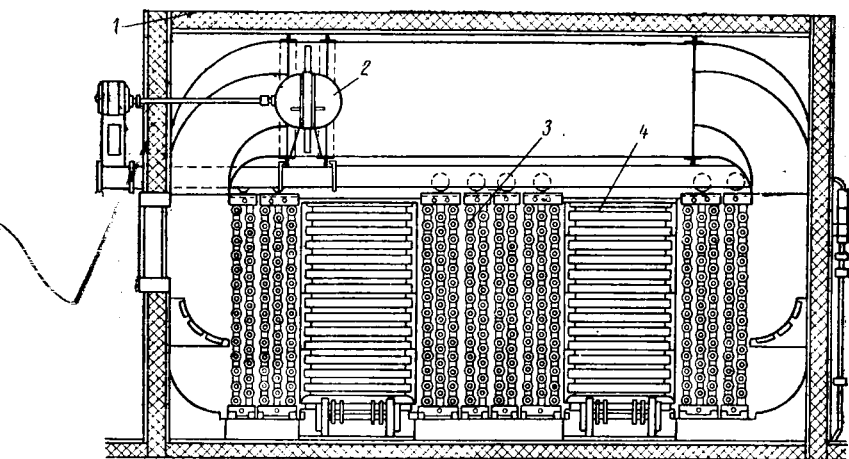


Рис. 53. Тележечный морозильный аппарат с ручным перемещением тележек марки СА:

1 — изолированный контур; 2 — реверсивный вентилятор; 3 — охлаждающие секции воздухоохладителя; 4 — тележки с продуктом.

Устройство аппарата с поперечным движением воздуха показано на рис. 52, б. Аппарат состоит из одного или нескольких грузовых отсеков, в которых находятся подвесные этажерки (или тележки) с продуктами. Воздух, подаваемый вентиляторами, движется в направлении, перпендикулярном продольной оси туннеля. В таких аппаратах секции воздухоохладителя образуют грузовые отсеки.

В тележечных аппаратах скорость движения воздуха равна 8—10 м/с. При одинаковой скорости движения воздуха в аппаратах с продольным движением воздуха воздух будет нагреваться больше, чем в аппаратах с поперечным движением.

При большой длине грузового отсека и малом количестве подводимого воздуха нагрев его в грузовом отсеке может увеличиваться до 6—8° С, что вызывает неравномерность замораживания продуктов в аппарате.

Тележечные морозильные аппараты с ручным перемещением тележек марок СА (рис. 53) состоят из изолированного контура, в котором

секции воздухоохладителя образуют грузовые отсеки. В них движутся тележки этажерочного типа, на полках которых устанавливают противни с замораживаемым продуктом. В аппарате установлен реверсивный вентилятор, создающий движение воздуха.

С секций воздухоохладителей снеговую шубу оттаивают горячими парами аммиака.

Тележечные аппараты используют для замораживания рыбы, субпродуктов, птицы, плодов, ягод и овощей.

Ручное перемещение тележек является существенным недостатком этих аппаратов. Стандартные детали и узлы позволяют изготавливать аппараты типа СА в широком диапазоне производительности.

ТАБЛИЦА 5

Показатели	Аппараты				
	СА-3	СА-4	СА-1	СА-5	СА-2
Производительность, т в сутки	3,3	6,6	10	13,3	20
Толщина продукта, мм	50—70	50—70	50—70	50—70	50—70
Емкость, кг	560	1120	1680	2240	3360
Количество, шт.					
тележек	2	4	6	8	12
противней	52	104	156	208	312
Площадь поверхности охлаждающих батарей, м ²	190	380	654	811	1242
Температура воздуха в аппарате, °С	—30	—30	—30	—30	—30
Скорость движения воздуха, м/с	5—6	5—6	5—6	5—6	5—6
Количество электродвигателей к вентиляторам, шт.	1	2	3	4	6
Мощность электродвигателей, кВт	2,8	5,6	8,4	11,2	16,8
Потребляемая мощность электродвигателя при —30°С, кВт	1,6	3,2	4,8	6,4	9,6
Продолжительность замораживания, ч	3,5—4	3,5—4	3,5—4	3,5—4	3,5—4
Габаритные размеры, мм					
длина	4710	4710	4710	4710	4710
ширина	1520	2640	3770	4900	7150
высота	3000	3000	3000	3000	3000
Масса, кг	2000	4500	6120	8120	11980

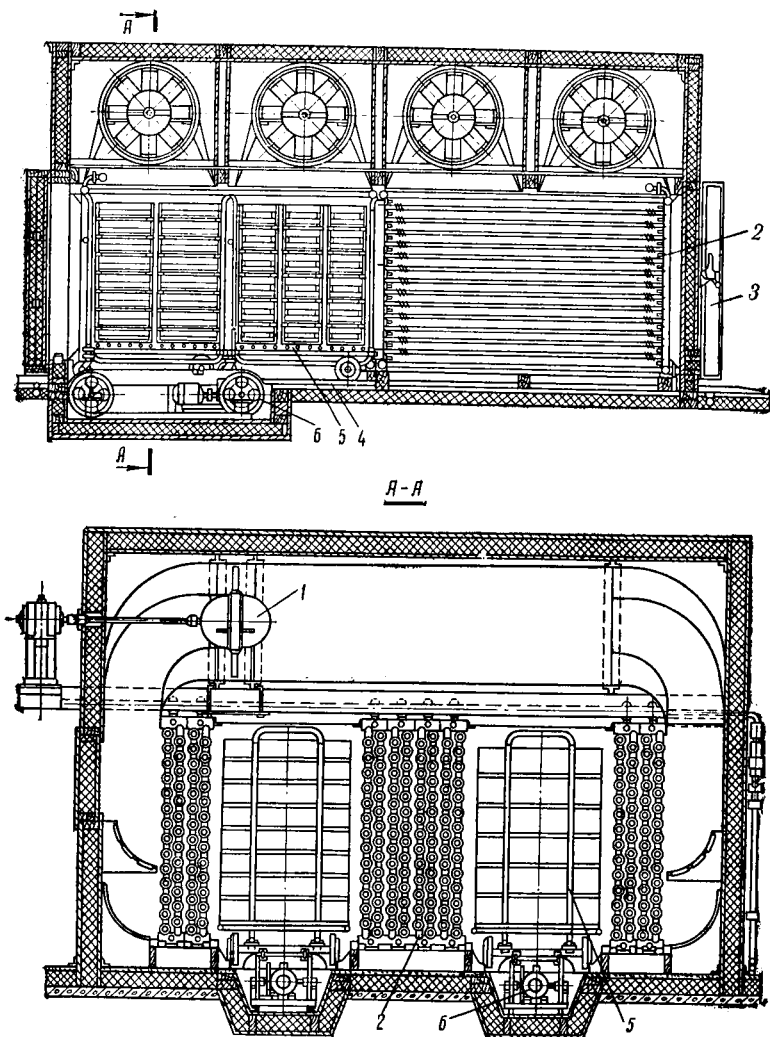


Рис. 54. Тележечный морозильный аппарат с механизированным перемещением тележек:

1 — вентиляторная установка; 2 — охлаждающие секции; 3 — изолированная дверь; 4 — рельсовый путь; 5 — тележки; 6 — устройство для передвижения тележек.

Техническая характеристика тележечных морозильных аппаратов с ручным перемещением тележек приведена в табл. 5.

Тележечный аппарат для замораживания блоков мяса с механизированным перемещением тележек (рис. 54) представляет собой изолированный контур, в котором охлаждающие секции образуют два туннеля. В туннелях размещается восемь тележек. В верхней части аппарата устанавливаются четыре реверсивных вентилятора, создающих усиленное движение воздуха.

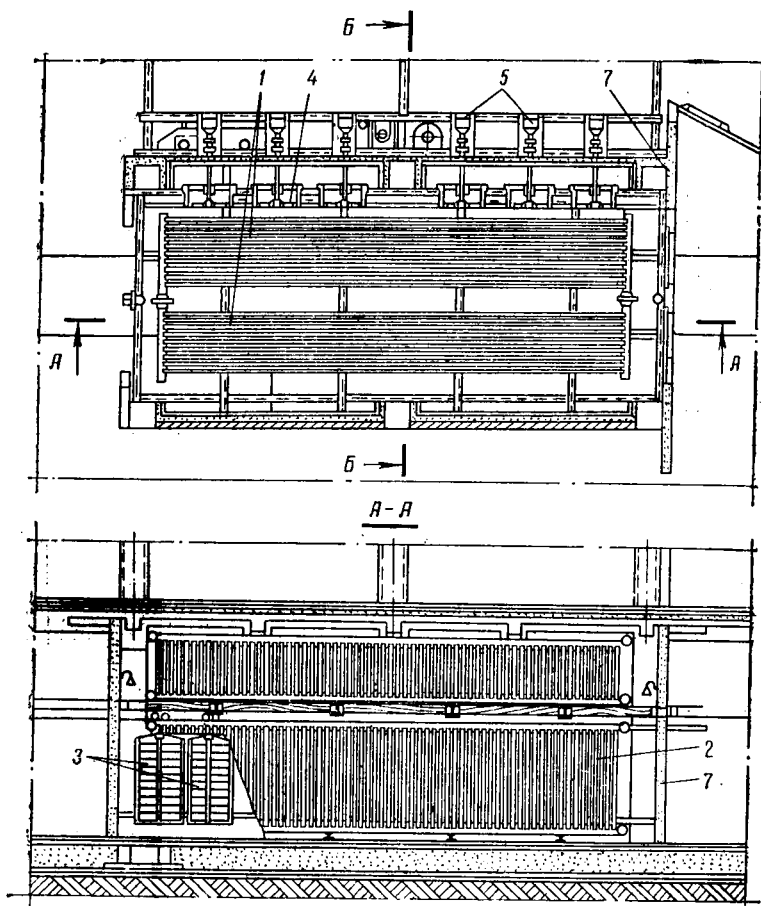
Тележки передвигаются по рельсам с помощью устройства (короткого конвейера), которое состоит из двух параллельных цепей, связанных между собой штангой. При включении конвейера штанга захватывает тележку и продвигает на расстояние, равное ее длине. Затем в аппарат вводится следующая тележка, которая после повторного включения конвейера проталкивает первую тележку. Таким образом, в каждый туннель загружают четыре тележки.

Охлаждающие секции выполнены из оребренных труб диаметром $32 \times 2,25$ мм с витыми ребрами высотой 30 мм и шагом навивки ребер 20 и 13,3 мм. После удаления жидкости из охлаждающих секций в дренажный ресивер снеговую шубу оттаивают горячими парами аммиака. Поддоны, установленные под секциями и снабженные электронагревателями, предназначены для сбора талой воды.

Достоинством аппарата является простота конструкции, а недостатком — повышенная металлоемкость и необходимость применения ручного труда.

Тележечные аппараты для замораживания блочных продуктов с механизированным перемещением этажерок (рис. 55) состоят из изолированного контура, где охлаждающими секциями образовано два грузовых отсека. По моно-рельсовым путям движутся подвесные этажерочные клетки, на полках которых установлены противни с рыбой.

В верхней части аппарата размещены основные воздухоохладители и шесть осевых вентиляторов, электродвигатели которых вынесены за охлаждаемый контур. Охлаждающие секции воздухоохладителей выполнены из гладких труб. Питание секций жидким аммиаком осу-



ществляют по безнасосной схеме с подачей холодильного агента сначала в верхние секции воздухоохладителя, а затем по переливным трубам агент сливается в дополнительные воздухоохладители.

Для равномерного распределения воздуха по высоте грузового отсека установлены направляющие аппараты.

Тележечный аппарат судового типа для замораживания рыбы с механизированным перемещением тележек (рис. 56) представляет собой изолиро-

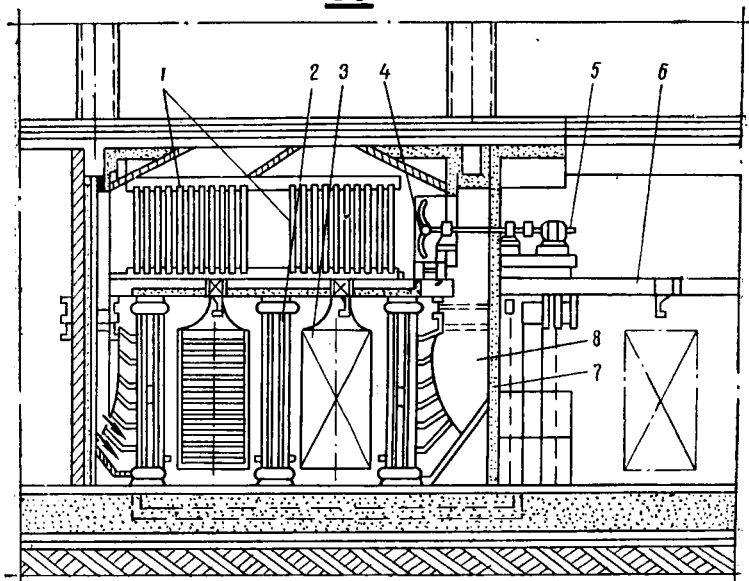


Рис. 55. Тележечный морозильный аппарат с механизированным перемещением этажерок:

1 — охлаждающие секции основных воздухоохладителей; 2 — охлаждающие секции дополнительных воздухоохладителей; 3 — подвесные этажерочные клетки; 4 — осевые вентиляторы; 5 — электродвигатели; 6 — монорельсовые пути; 7 — изолированный контур; 8 — направляющие аппараты.

ванный контур, расположенный таким образом, что грузовой отсек находится на верхней палубе, а воздухоохладитель и осевой вентилятор — на нижней. Электродвигатель вентилятора вынесен за охлаждаемый контур. Секции воздухоохладителя выполнены из гладких оцинкованных труб.

Воздух после вентилятора направляется к воздухоохладителю и, пройдя грузовой отсек, снова засасывается вентилятором. Движение воздуха в грузовом отсеке — продольное. В верхней части грузового отсека проложен путь с цепным конвейером для передвижения этажерок с полками. По обеим сторонам грузового отсека имеются окна с шиберами, закрывание и открывание которых

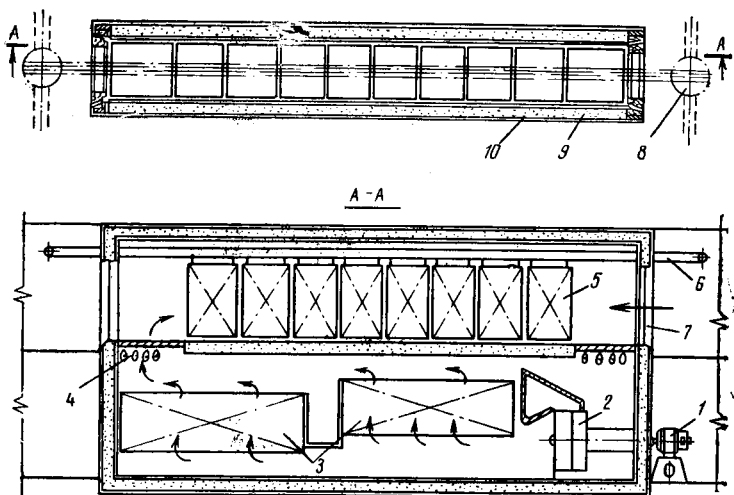


Рис. 56. Тележечный морозильный аппарат судового типа:

1 — электродвигатель; 2 — осевой вентилятор; 3 — воздухоохладитель; 4 — окна с шиберами; 5 — подвесные этажерки; 6 — путь с цепным конвейером; 7 — двери; 8 — поворотный круг; 9 — кожух; 10 — изолированный контур.

Рис. 57. Передвижной тележечный морозильный аппарат с механизированным перемещением тележек:

1 — стол для укладки продуктов; 2 — толкатель; 3 — привод цепного конвейера; 4 — рельсовый подвесной путь; 5 — этажерка; 6 — двери грузового отсека; 7 — передвижная тележка; 8 — вытягивающий механизм; 9 — глазурировочный аппарат; 10 — аммиачный ресивер; 11 — воздухоохладитель; 12 — вентилятор; 13 — электродвигатель вентилятора; 14 — стол для упаковки блоков.

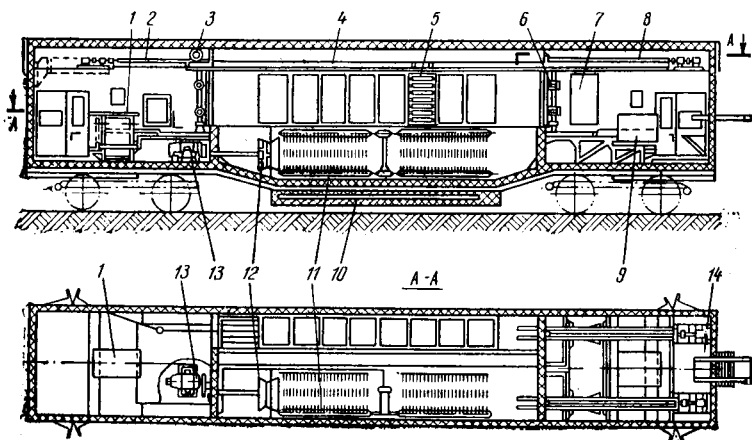


ТАБЛИЦА 6

Показатели	Аппараты			
	с механизированным перемещением тележек для замораживания мяса	с механизированным перемещением этажерок для замораживания блочных продуктов	судового типа	передвижные
Производительность				
кг/ч	625	—	—	—
т в сутки	—	25	50	16
Емкость, кг	2400	2400	6000	3200
Количество, шт.				
тележек	8	12	32	16
противней	208	—	576	192
Площадь поверхности охлаждающих батарей, м ²	880	548	1260	640
Температура воздуха в аппарате, °С	—32	—32	—35	—22
Скорость движения воздуха, м/с	5	6	8	8
Количество электродвигателей к вентиляторам, шт.	4	6	4	2
Мощность электродвигателей, кВт	16	16,8	44	28
Продолжительность замораживания, ч	3,2—4	3—4	4—6	5—6
Габаритные размеры, мм				
длина	4790	9500	9200	8920
ширина	5920	4750	1800	865
высота	3000	3390	4200	1600
Масса, кг	9000	26 000	8600	7800

сблокировано с положением дверей грузового отсека. Цепной конвейер приводится в движение через червячный редуктор электродвигателем. Скорость движения транспортера 0,132 м/с.

Высокая степень механизации и автоматизации процесса замораживания рыбы является достоинством тележечных аппаратов судового типа. Недостатки этих ап-

паратов — неравномерность замораживания рыбы вследствие значительного ($10-13^{\circ}\text{C}$) нагрева воздуха в изолированном контуре, повышенная металлоемкость воздухоохладителя, повышенная усушка рыбы, замораживаемой в формах без крышек.

Передвижные тележечные аппараты (рис. 57) обычно размещают в изолированном железнодорожном вагоне, в котором вдоль боковых стен расположено два грузовых отсека. По рельсовому подвесному пути движутся этажерки, на полках которых установлены противни с продуктом. В нижней части аппарата размещены секции воздухоохладителей и вентиляторы.

Компактность и универсальность аппарата являются его основными достоинствами, а повышенная металлоемкость и неравномерность замораживания — его недостатки.

Техническая характеристика тележечных морозильных аппаратов с механизированным перемещением тележек или этажерок приведена в табл. 6.

КОНВЕЙЕРНЫЕ АППАРАТЫ

В зависимости от способа крепления блок-формы к конвейеру, размера замораживаемого продукта и вида конвейера конвейерные морозильные аппараты классифицируют на аппараты с цепным конвейером для замораживания блочных продуктов с параллельной и диагональной подвеской блок-форм, а также зацеплением блок-форм с цепью конвейера; аппараты со спиральным конвейером для замораживания блоков и мелкоштучных продуктов любой формы (полуфабрикаты и готовые блюда); аппараты для замораживания расфасованных продуктов.

Аппараты с цепным конвейером

При замораживании продуктов применяют цепные конвейеры, которые для сокращения длины аппарата выполняют зигзагообразными. Схема устройства аппарата с таким конвейером показана на рис. 58. В формы, шарнирно подвешенные к конвейеру, укладывают замораживаемые продукты. При многократном изменении направления движения цепи форма остается все время в горизонтальном положении. Обратная ветвь цепи подает

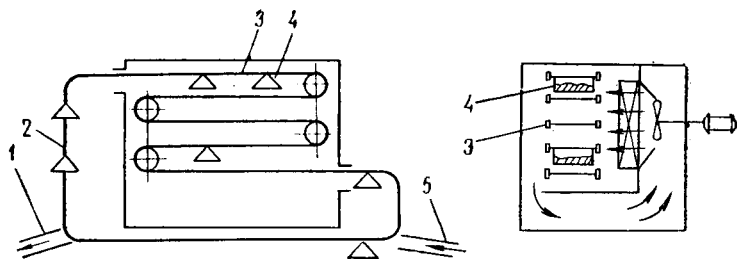
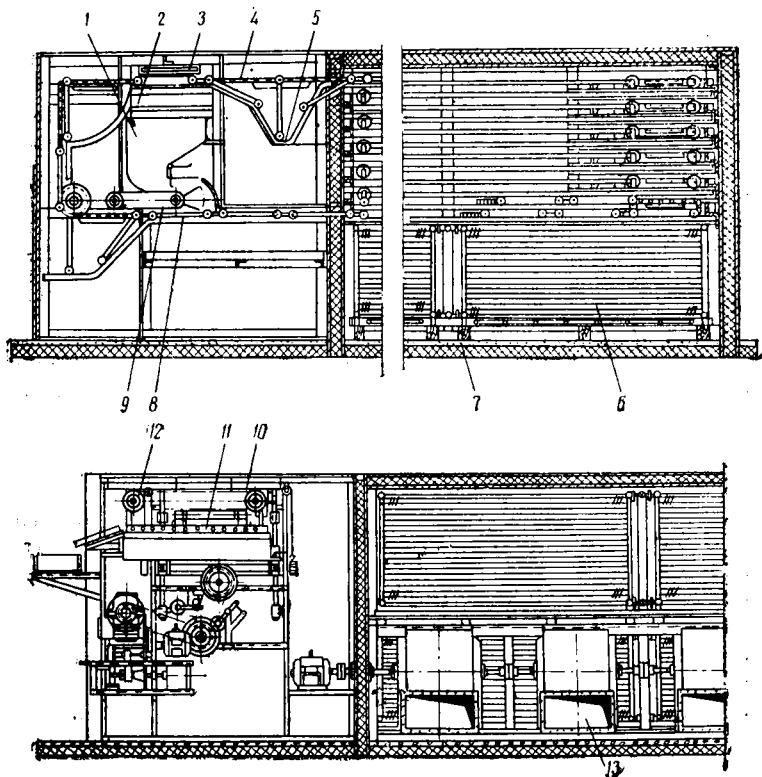


Рис. 58. Схема конвейерного морозильного аппарата с зигзагообразным конвейером:
1 — узел разгрузки; 2 — цепь; 3 — зигзагообразный конвейер; 4 — форма с про-
дуктом; 5 — узел загрузки.

Рис. 59. Конвейерный морозильный аппарат с параллельной подвес-
кой блок-форм, разработанный во ВНИХИ:

1 — загрузочный бункер; 2 — разгрузочный транспортер; 3 — нагреватель; 4 —
цепной конвейер; 5 — направляющие; 6 — воздухоохладитель; 7 — изолирован-
ный контур; 8 — блок-форма; 9 — питатель; 10 — ванна с водой; 11 — глазу-
ровочная площадка; 12 — проталкивающий транспортер; 13 — вентилятор.



свободные от продукта формы к месту их загрузки новой порцией продуктов. В таких аппаратах часто применяют поперечное движение воздуха.

Аппарат с параллельной подвеской блок-форм, разработанный во ВНИХИ (рис. 59), состоит из изолированного контура, цепного конвейера, образующего 12 горизонтальных ветвей, воздухоохладителя и восьми вентиляторов.

Цепи конвейеров через каждые 720 мм соединяют штангами, к которым одним торцовым концом шарнирно крепятся блок-формы. Сохраняя горизонтальное положение, блок-формы перемещаются снизу вверх.

Двухъярусные секции воздухоохладителя выполнены из оребренных труб с переменным шагом (20, 13,3 и 10 мм), что уменьшает влияние снеговой шубы на работу аппарата.

Движение воздуха в аппарате осуществляется вентиляторами с двусторонним всасыванием.

Ленточным транспортером рыба подается в загрузочный бункер. Затем ее загружают в блок-формы, четыре ролика которых движутся по направляющим. Блок-формы поступают в изолированный контур, где обдуваются холодным воздухом. При выходе из него блок-форма падает на направляющие, переворачивается и подводится для оттаивания под нагреватель. Блок замороженной рыбы выпадает из блок-формы на разгрузочный транспортер, который подает его затем к глазурировочной площадке. Блок-форма переворачивается и направляется к месту загрузки.

Достоинством аппарата является автоматизация и механизация процесса замораживания продукта. В результате механизации аппарата производительность труда увеличилась в 2—3 раза по сравнению с тележечными аппаратами. Недостатки аппарата — сложность конструкции и ненадежность работы конвейера, отсутствие крышек у форм.

В автоматизированных судовых морозильных аппаратах типа АСМА также применена параллельная подвеска блок-форм. Отличительной особенностью этих аппаратов является замораживание продуктов в закрытых блок-формах с крышками, что снижает усушку замораживаемых блоков рыбы. Блок-формы этого аппарата являются неотъемлемой частью конвейера.

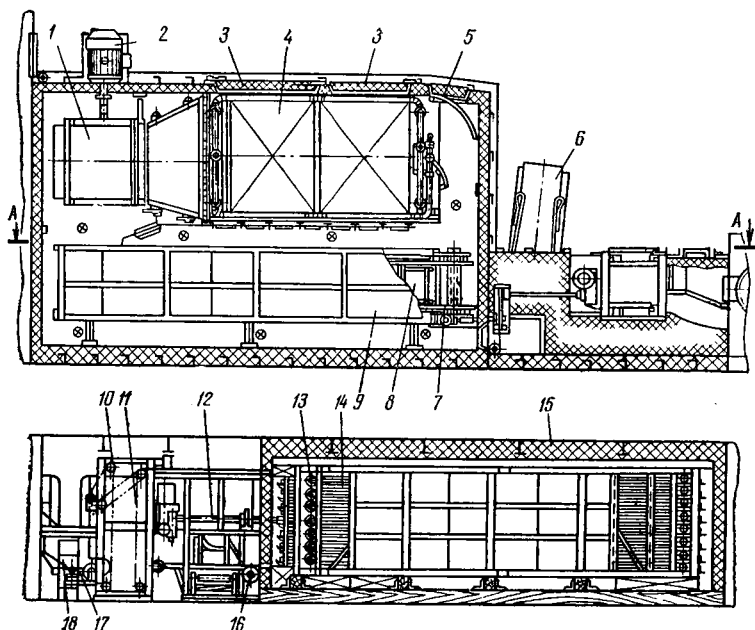


Рис. 60. Автоматизированный судовой морозильный аппарат типа АСМА:

1 — вентилятор; 2 — электродвигатель вентилятора; 3 — изолированные двери; 4 — воздухоохладитель; 5 — дверь; 6 — разгрузочный транспортер; 7 — опрокидыватель; 8 — блок форма; 9 — грузовой конвейер; 10 — элеватор; 11 — конвейерные цепи; 12 — привод конвейера; 13 — звездочки; 14 — направляющие; 15 — изолированный контур; 16 — электродвигатель конвейера; 17 — транспортер-питатель; 18 — бункер.

В состав аппарата типа АСМА (рис. 60) входят грузовой конвейер и секции воздухоохладителя с вентилятором.

Грузовой конвейер состоит из двух параллельных конвейерных цепей, направление движения которых меняется с помощью звездочек. Конвейер образует 16 горизонтальных ветвей. Из изолированного контура в теплое помещение через проемы в передней торцевой стенке аппарата выходят верхняя и нижняя ветви конвейера. Верхняя и нижняя ветви конвейера отгорожены сверху и снизу листами. Это предотвращает выход холодного воздуха из изолированного контура в помещение. В этом же

помещении блок-формы аппарата загружают продуктом и разгружают их.

С помощью пальцев цепи конвейера шарнирно соединены с блок-формами. Каждая блок-форма имеет четыре ролика, на которых она перемещается по направляющим. Перемещение блок-форм с одного яруса на другой происходит сверху вниз. Переход блок-форм с верхних направляющих на нижние происходит гравитационным способом.

Привод конвейера осуществляется от электродвигателя через двухступенчатый червячный редуктор и цепную передачу.

Между конвейером и бортом судна оставлен проход для обслуживания конвейера и наблюдения за его работой, а также проход между конвейером и воздухоохладителем — для обслуживания последнего.

Воздухоохладитель выполнен двухъярусным по высоте. Трубы воздухоохладителя расположены горизонтально, а секции изготовлены из труб с насадными прямоугольными ребрами и переменным шагом оребрения. С торцевой стороны воздухоохладителя находятся распределительные колонки для верхнего и нижнего ярусов батарей.

Подача жидкости по ярусам принята раздельной. Регулирование подачи жидкости в батареи воздухоохладителя осуществляется с помощью терморегулирующих вентилей. Пар холодильного агента из воздухоохладителя отводится с боковых сторон. Это позволяет исключить возникновение жидкостных пробок в батареях при бортовой и килевой качке судна.

Движение воздуха создается центробежным вентилятором с двусторонним всасыванием. Электродвигатель вентилятора вынесен за охлаждаемый контур аппарата.

Из моечной машины рыба поступает на бункерные весы, а затем в загрузочный бункер, из которого высыпается в блок-формы грузового конвейера. Заполненные блок-формы поступают в грузовой отсек. Скорость движения конвейера можно регулировать в пределах, которые соответствуют времени пребывания блок-формы в грузовом отсеке.

По выходе из аппарата блок-формы, шарнирно связанные с цепями конвейера только одной стороной, переворачиваются с помощью специального устройства. Пе-

ревернутая блок-форма подводится под нагреватель для оттаивания, после чего оттягивается крышка и подтаявший блок выпадает на разгрузочный транспортер. Снятые крышки переносят вручную к месту загрузки блок-форм, которые вновь переворачиваются и возвращаются к месту загрузки.

Достоинством аппарата является его механизация, что уменьшает трудовые затраты на единицу продукции. К недостаткам аппарата следует отнести нестандартные размеры и недостаточную жесткость блок-форм.

В модернизированном варианте аппарата типа АСМА осуществлено движение тяговых цепей конвейера и привода глазуровочного устройства с помощью гидравлического привода через двухступенчатый цилиндрический редуктор; размещены узлы загрузки и разгрузки с различных сторон аппарата; усовершенствована конструкция устройства для принудительного перехода блок-форм с одного яруса конвейера на другой; улучшено распределение воздушного потока; предусмотрена специальная камера между конвейером и бортом судна для замораживания крупной рыбы; уплотнены (из морозостойкой резины) места для входа блок-форм в изолированный контур и выхода их из него; автоматизировано снятие крышек с блок-форм; применено оттаивание крышек блок-форм с помощью кварцевых ламп.

Своеобразно выполнен скороморозильный аппарат АМА, в котором вертикальное перемещение блок-форм производится цепными конвейерами (лифтами), а горизонтальное — штангсовыми толкателями. Аппарат предназначен для замораживания продуктов блоками массой 10—12 кг в противнях.

Каркас изолированного контура аппарата АМА (рис. 61) сделан из профильной стали. Панели изолированного контура крепятся к каркасу.

Аппарат АМА разделен двумя стальными продольными перегородками на три отсека: в среднем отсеке находится воздухоохладитель и вентиляторная установка, а в боковых — грузовые конвейеры.

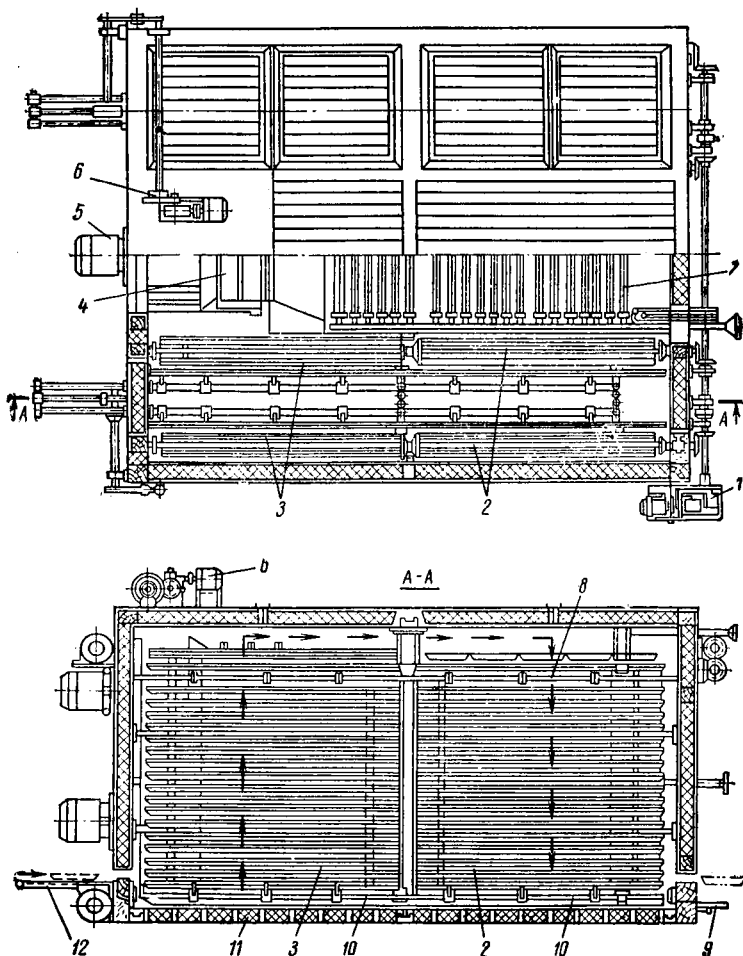
Воздухоохладитель выполнен из оребренных труб. Оттаивание секций воздухоохладителя производится горячими парами аммиака. Нагнетаемый вентиляторами воздух, проходя через воздухоохладители, охлаждается до -30°C , а затем поступает в грузовой отсек, где нагревается на $6-7^{\circ}\text{C}$.

Перемещение противней в грузовом отсеке осуществляется с помощью двух лифтов, состоящих из двух замкнутых пластинчатых цепей, внутренние ветви которых приводятся в движение насаженными на валы звездочками (рис. 62). К паре цепей прикреплены горизонтальные угольники, на которые опираются закраины против-

ней, и, таким образом, противни перемещаются на лифтах в висячем положении. К цепям крепятся 16 несущих угольников, на которых размещается по пять противней. Для прохода воздуха расстояние между противнями составляет 60 мм.

Рис. 61. Скороморозильный аппарат АМА:

1 — привод лифтов; 2 — лифт опускающий; 3 — лифт подъемный; 4 — вентиляционная установка; 5 — электродвигатель вентилятора; 6 — привод штанговых толкателей; 7 — секции воздухоохладителя; 8 — штанговый толкатель верхний; 9 — разгрузочное окно; 10 — штанговый толкатель нижний; 11 — изолированный контур; 12 — загрузочное окно.



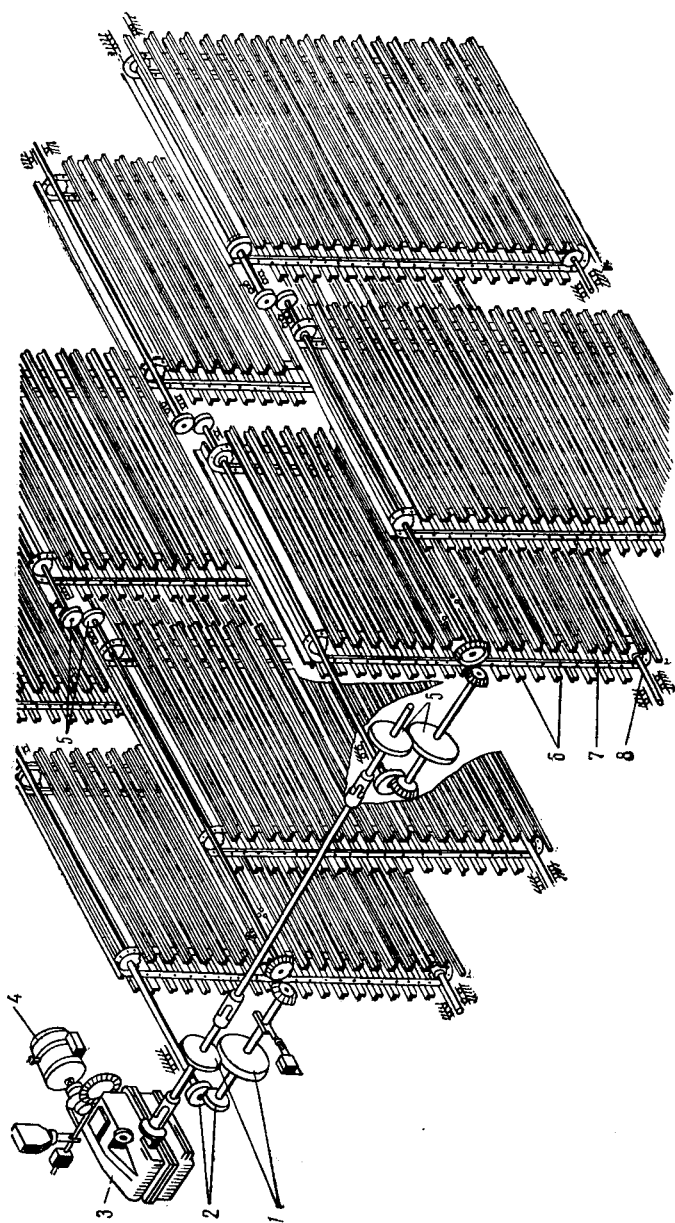


Рис. 62. Подъемные и опускающие лифты аппарата АМА:

1, 5 — цилиндрические шестерни; 2 — конические шестерни; 3 — червячный редуктор; 4 — электродвигатель; 6 — уголки неравнобокие; 7 — цепь; 8 — валы натяжные.

Горизонтальное перемещение противней при загрузке и разгрузке аппарата, а также при передаче их с подъемного на опускающий лифт осуществляется штанговым толкателем, состоящим из горизонтальных штанг трубчатого сечения с закрепленными на них лапами. С помощью лап толкатели входят в соприкосновение с противнями.

Ленточным транспортером рыбу подают в загрузочный бункер, а затем в противни, движущиеся по направляющим. Дозируют и разравнивают рыбу в противнях вручную. Поступление противней с рыбой в аппарат осуществляется циклично. При подаче противня к загрузочному окну толкатель вводит его в аппарат. При загрузке аппарата противнями счетчик импульсов включает привод лифтов, которые перемещают противни на высоту, равную 120 мм.

Чтобы предотвратить утечки воздуха, боковые промежутки между угольниками закрыты укрепленными на пластинах цепей ширмами. Кроме этого, в верхней и нижней частях грузового отсека, не занятых противнями, на некотором расстоянии друг от друга установлены поперечные защитные листы.

Достоинством аппарата является то, что импульсное перемещение замораживаемого продукта лифтами и толкателями по всем зонам грузового отсека устраняет неравномерность замораживания, которая имеет место в аппаратах других конструкций. Все электродвигатели аппарата установлены вне охлаждаемого контура, что упрощает обслуживание аппарата.

Аппарат имеет и серьезные недостатки. Размеры противней, в которых производится замораживание продуктов, не соответствуют размерам стандартной упаковочной тары. Противни не имеют крышек, а блоки замораживаются без их подпрессовки. Транспортировка противней с помощью лифтов и толкателей требует строгой фиксации их на несущих угольниках лифтов. Для исключения заклинивания противней они должны быть строго калиброваны. Так как при эксплуатации происходит деформация и износ противней, это требует их периодической замены.

К аппаратам с диагональной подвеской блок-форм и зацеплением их с цепью конвейера относят аппараты производственных рефрижераторов типов «Рембрандт» и «Спасск» рыбоконсервной базы типа «Наталья Ковшова», а также аппарат LBH.

Морозильный аппарат производственного рефрижератора типа «Рембрандт» предназначен для замораживания рыбы в блоках. В состав аппарата (рис. 63) входят цепной конвейер, несущий литые алюминиевые блок-формы, двухсекционный воздухоохладитель и осевые вентиляторы (по три на каждую секцию). Загрузка блок-форм продуктом и разгрузка их происходит на участках цепного конвейера. К конвейерным цепям блок-формы крепятся диагонально.

Конвейер состоит из двух параллельных цепей с шагом 122 мм. Длина каждой цепи в грузовом отсеке 72 м,

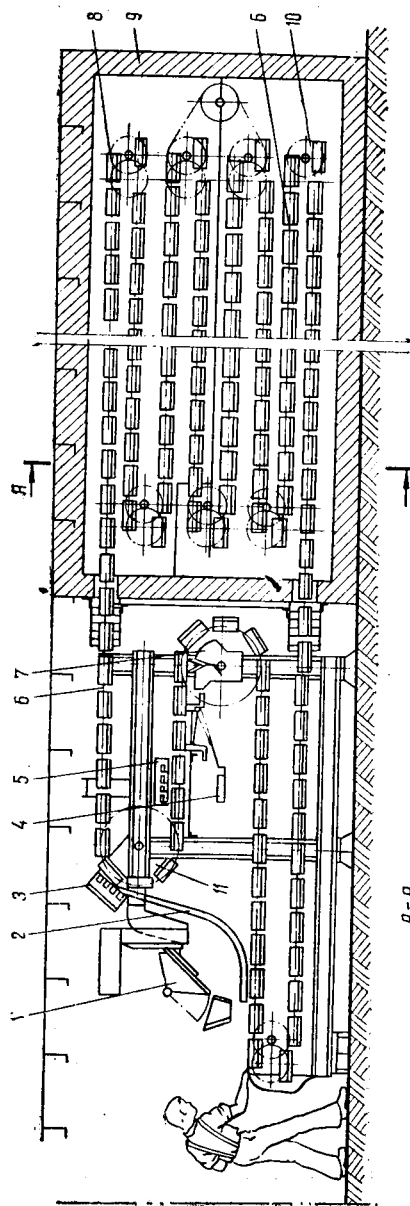
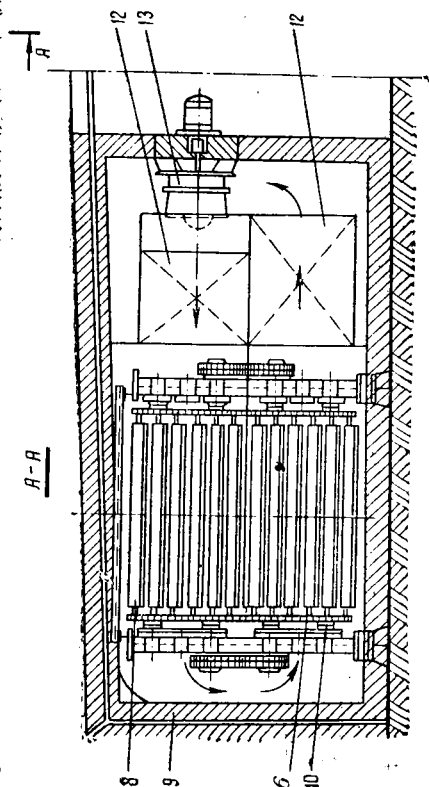


Рис. 63. Морозильный аппарат
производственного рефрижератора
типа «Рембрандт»:

1 — весовой бункер; 2 — направляющие
для возврата крышек; 3 — электронная
греватель крышек; 4 — разгрузочный
транспортер; 5 — электронный блок-форм;
6 — моечное устройство; 7 — цепной
конвейер; 8 — блок-форма;
9 — корпус аппарата; 10 — ведущая
звездочка; 11 — направляющие звезд-
очки; 12 — секция воздухоохлади-
теля; 13 — осевой вентилятор с электро-
двигателем.



вне его — 14 м. Цепь конвейера смонтирована на 20 звездочках. Конвейер приводится в движение от электродвигателя через вариатор скоростей, позволяющий изменять скорость движения конвейерной цепи от 0,0015 до 0,008 м/с.

Корпус блок-формы разделен по длине на две части. Блок-форма снизу оребрена (шаг ребер и их высота 25 мм), с торцовых сторон имеются приливы, используемые для закрепления пальцев несущей цепи и крепления роликов, свободно катящихся по направляющим. Оребренные крышки, индивидуальные для каждой из частей блок-формы, прижимаются пружинами и собачками. Крышки снимаются после открывания замков. С помощью пружин создается давление крышек на рыбу, уложенную в блок-форму.

Воздухоохладитель аппарата состоит из батарей, которые разделены по высоте на две секции, выполненные из оребренных труб с переменным шагом ребер. Соответственно этому грузовой отсек также разделен по высоте на две части. Воздух, засасываемый осевыми вентиляторами, проходит через верхнюю секцию воздухоохладителя, а затем направляется в верхнюю часть грузового отсека. Затем воздух устремляется вниз и, пройдя нижнюю секцию воздухоохладителя, вновь засасывается вентиляторами.

Такое размещение грузового конвейера и воздухоохладителя позволяет не освобождать весь конвейер от рыбы при оттаивании снеговой шубы. Перед подачей горячего аммиака в секции воздухоохладителя поднимают среднюю горизонтальную перегородку в канале между воздухоохладителем и грузовым конвейером и специальной вертикальной шторкой отделяют грузовой отсек от отсека воздухоохладителей. После подачи горячих паров аммиака в секции воздухоохладителей и включения вентиляторов воздух проходит через верхнюю секцию воздухоохладителя. Затем воздух по каналу направляется в нижнюю секцию воздухоохладителя и, пройдя вентиляторы, вновь поступает в верхнюю секцию, что значительно ускоряет процесс оттаивания.

Рыбу, предназначенную для замораживания, двумя транспортерами подают в весовые бункеры. Если масса взвешиваемой порции соответствует массе блока, то транспортер автоматически останавливается, прекращая

подачу рыбы. После освобождения весовых бункеров автоматически включаются транспортеры и начинается подготовка следующих порций. Рыбу разравнивают вручную, и блок-формы закрывают крышкой с пружинными замками.

Закрытые блок-формы через нижнее лабиринтное уплотнение поступают в грузовой отсек. Выйдя из отсека через верхнее лабиринтное уплотнение, блок-формы проходят под электрической грелкой, обогревающей крышки. Специальное устройство отстегивает замки крышек и снимает крышки, которые затем по направляющим опускаются к месту загрузки. Открытая блок-форма, огибая направляющую звездочку, подходит кверху дном под вторую электрическую грелку для обогрева днища. Блоки выпадают, а пустая блок-форма огибает следующую направляющую, проходя при этом через моечное устройство, где ополаскивается морской водой, переворачивается и вновь попадает на загрузку.

Автоматические устройства морозильного аппарата предназначены для защиты механизмов конвейерной системы от перегрузок (образование наледи на направляющих в месте входа блок-форм в грузовой отсек, заклинивание блок-форм).

Аппарат современен, механизирован и автоматизирован. Однако в аппарате приходится вручную довешивать порции рыбы, разравнивать рыбу в блок-форме и закрывать крышки.

Конструкция морозильного аппарата производственного рефрижератора типа «С п а с с к» (рис. 64) аналогична конструкции аппарата производственного рефрижератора типа «Рембрандт». Но конструкция блок-форм (рис. 65) и устройство для закрывания крышек у этого аппарата своеобразны.

Крышки блок-форм снимаются не по окончании холодильной обработки, а сразу после подмораживания блока, т. е. тогда, когда блок-форма пройдет первые два ряда конвейера. Последующие шесть рядов блок-форма движется открытой, что сокращает продолжительность замораживания.

Высота продольных бортов двухсекционных алюминиевых литых оребренных блок-форм 90 мм, а торцовых — 60 мм, что позволяет замораживать в них блоки толщиной соответственно 90—100 и 60—65 мм. При за-

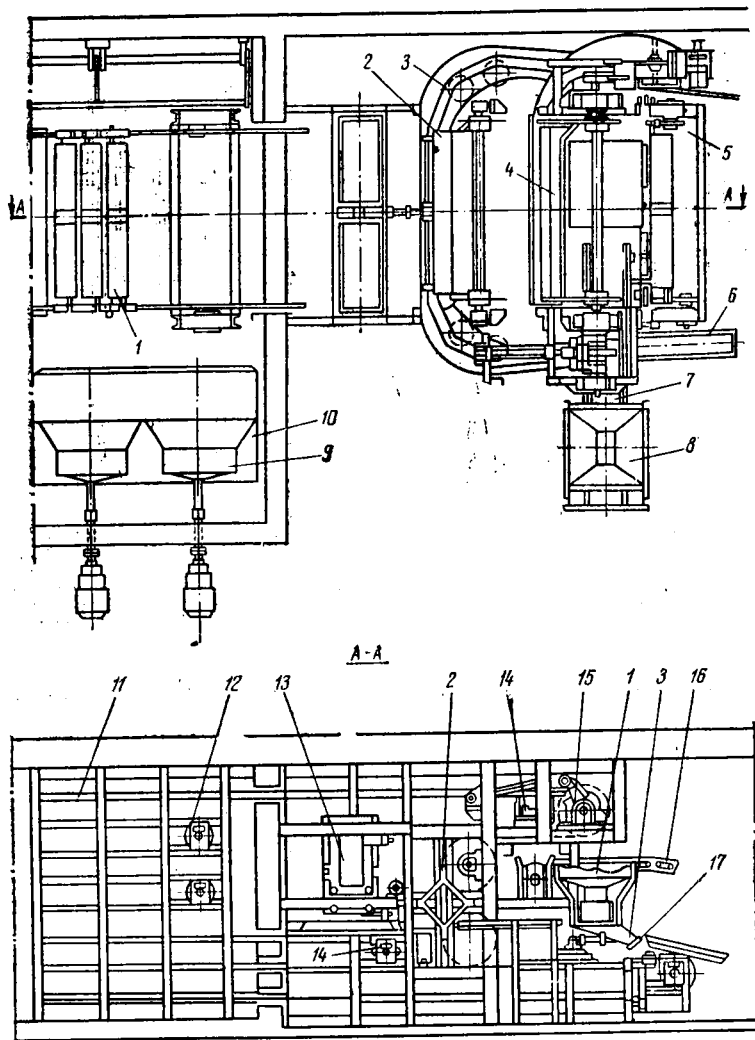


Рис. 64. Конвейерный морозильный аппарат производственного рефрижератора типа «Спасск»:

1 — блок-форма; 2 — ополаскиватель; 3 — конвейер, возвращающий крышки; 4 — пластинчатый конвейер; 5 — узел загрузки блок-формы; 6 — скат для крышек; 7 — транспортер подачи рыбы; 8 — расходный бункер; 9 — осевой вентилятор; 10 — воздухоохладитель; 11 — грузовой конвейер; 12 — звездочки рабочей цепи; 13 — узел снятия крышек; 14 — электрогрелки; 15 — привод грузовой цепи; 16 — роликовый транспортер; 17 — затвор.

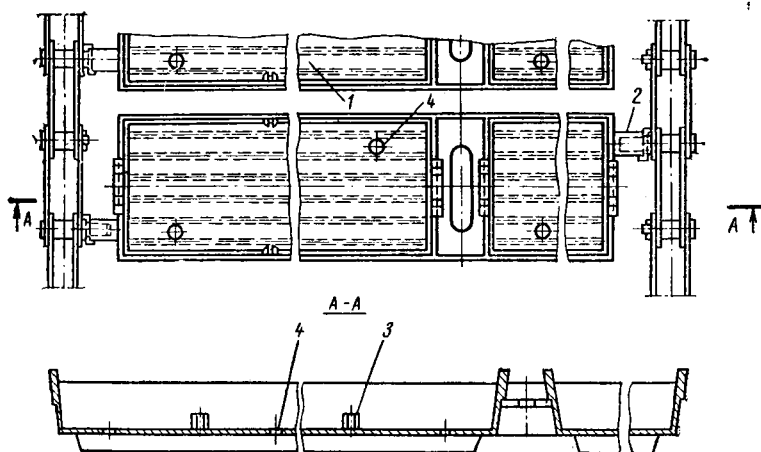


Рис. 65. Блок-форма конвейерного морозильного аппарата производственных рефрижераторов типа «Спасск»:

1 — корпус блок-формы; 2 — палец для крепления к цепи; 3 — прилив для вставки перегородок, делящих блок на три части; 4 — отверстие для выталкивания блоков.

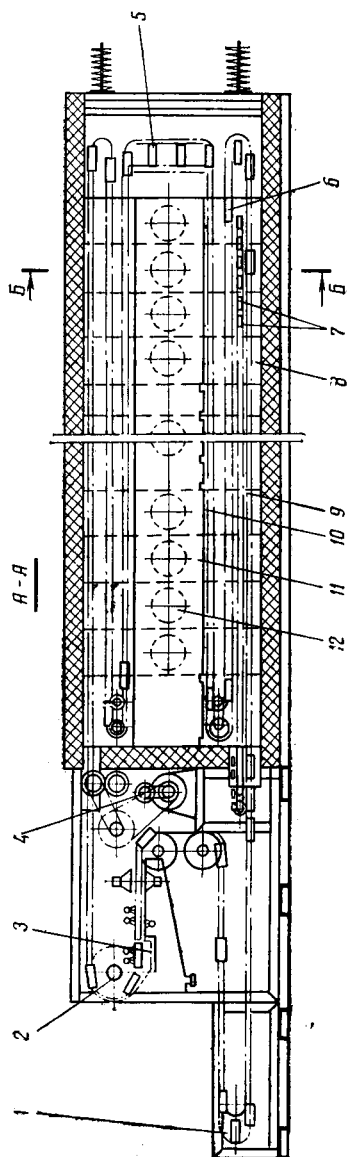
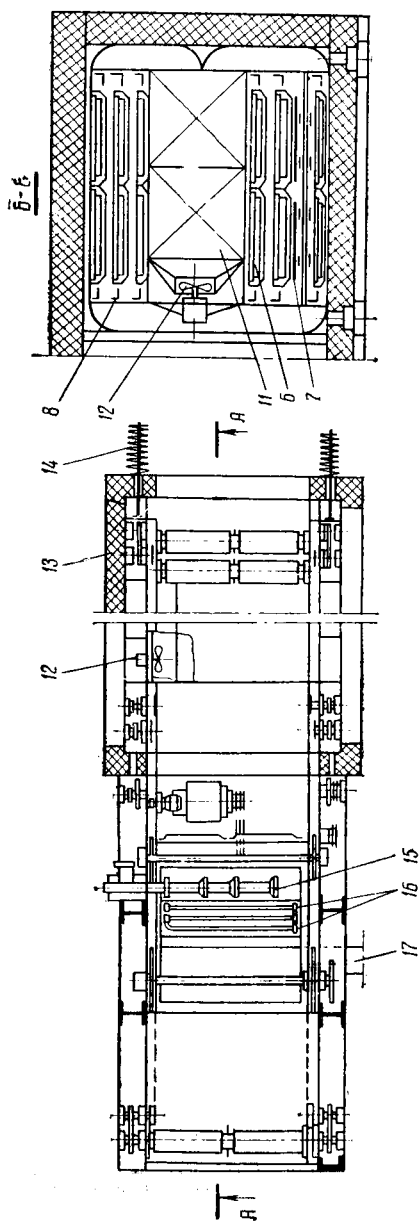
мораживании блоков толщиной 90—100 мм сменная крышка ложится на продольные борта блок-формы, а блоков 60—65 мм — на торцовые.

Взвешивание порций рыбы двухступенчатое. На первых (автоматических) весах взвешивают примерную порцию, а на вторых (ручных) — производится точное дозирование.

Привод конвейера и всех вспомогательных механизмов — гидравлический. Движение конвейера пульсирующее и регулируется в диапазоне 45—80 с на один такт.

Аппарат компактен, у него упрощены операции взвешивания и укладки рыбы в блок-формы, а гидравлический привод обеспечивает надежность работы пульсирующего конвейера.

Недостатки аппарата следующие: выравнивание рыбы в блок-формах и закрытие их крышками не механизированы; санитарной обработки крышек перед повторным их использованием не производится; блоки отепляются при выходе из грузового отсека; сложность синхронизирующих устройств, поломка которых приводит к длительным простоям аппарата; большие тепло- и



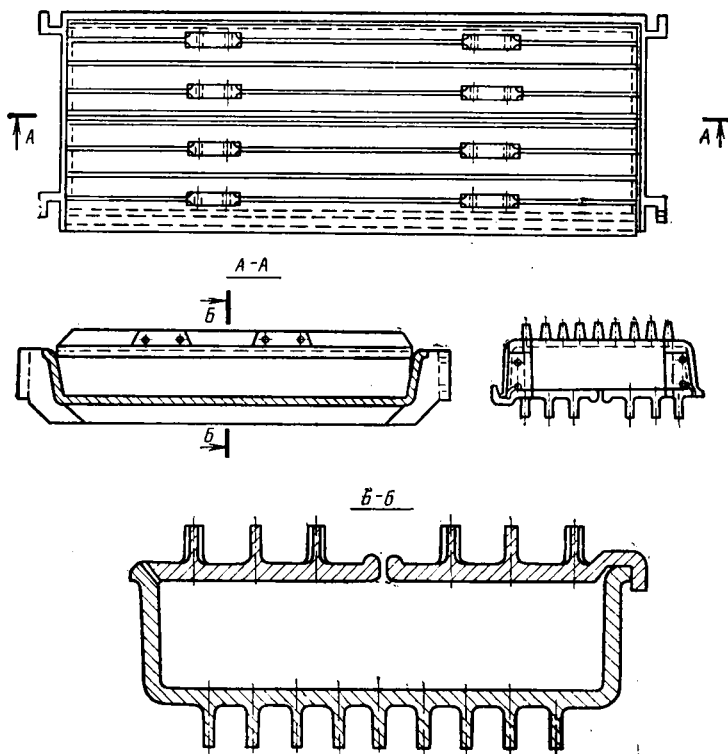


Рис. 67. Блок-форма конвейерного морозильного аппарата рыбоконсервной базы типа «Наталья Ковшова».

влажнопитоки через отверстия для входа конвейера в грузовой отсек и выхода из него.

Морозильный аппарат рыбоконсервной базы типа «Наталья Ковшова» (рис. 66) состоит из грузового конвейера и воздухоохладителя с

Рис. 66. Конвейерный морозильный аппарат рыбоконсервной базы типа «Наталья Ковшова»:

1 — приводная станция; 2 — поворотная станция; 3 — ванна; 4 — вариатор скоростей; 5 — вертикальный конвейер; 6 — блок-форма; 7 — крышка блок-формы; 8 — направляющая блок-формы; 9 — цепь грузового конвейера; 10 — поддон; 11 — воздухоохладитель; 12 — осевые вентиляторы; 13 — изолированный контур; 14 — натяжное устройство; 15 — устройство для сушки блок-форм; 16 — формунки для мойки блок-форм; 17 — транспортер разгрузки.

вентиляторами, которые размещены в изолированном контуре, разделенном по высоте на три яруса. В среднем ярусе размещен воздухоохладитель, а в нижнем и верхнем — грузовой конвейер. Такая компоновка позволила значительно уменьшить размеры аппарата.

При выходе ветвей грузового конвейера за пределы изолированного контура блок-формы промываются водой и загружаются рыбой, автоматически закрываются крышками, а замороженные блоки оттаиваются и удаляются из блок-форм.

Блок-формы (рис. 67) оребрены и шарнирно крепятся к звеньям цепи грузового конвейера; они спарены по длине и закрываются крышками. К наружным свободным концам сдвоенной блок-формы прикрепляются две рейки. На каждой рейке смонтировано по два ролика. Один ролик шарнирно связан цепью, а другой — свободно катится по направляющей. Таким образом, каждая пара блок-форм имеет по торцам два ведущих и два ведомых ролика.

Нижняя ветвь конвейера подает загруженные рыбой блок-формы в грузовой отсек, перед которым они автоматически закрываются крышками. Для этого парные полукрышки прикрепляют шарнирно к конвейеру (крышкоч носителю). Этот конвейер расположен над нижней ветвью грузового конвейера. При его движении крышка садится на блок-форму, закрывая и подпрессовывая блок рыбы. За время прохождения блок-формы по нижней ветви блок рыбы успевает сформироваться. Чтобы полукрышки не примерзали к блоку рыбы, их покрывают тонким слоем фторопласта.

Наклонным транспортером рыба подается в бункерные весы, которые при достижении заданной массы порцией останавливают транспортер загрузки. После корректировки (вручную) массы порции рыба высыпается в блок-формы и разравнивается. Блок-формы закрываются крышками и направляются на замораживание.

Для перемещения блок-форм с нижнего яруса на верхний служит вертикальный конвейер, звенья которого входят в зацепления с ведомыми роликами блок-форм, в то время как ведущие ролики передвигаются между звездочками с помощью цепи основного грузового конвейера. Пружинные натяжные станции конвейеров аппарата расположены у торцевой стенки.

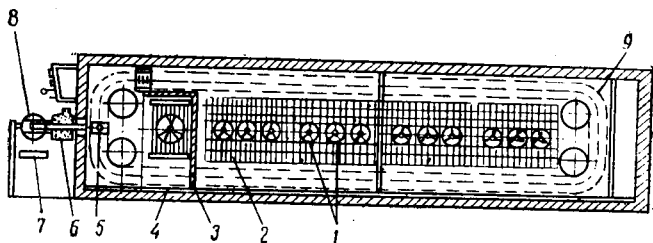


Рис. 68. Конвейерный морозильный аппарат ЛВН:

1 — осевые вентиляторы; 2 — оребренная секция воздухоохладителя; 3 — лабиринтное уплотнение; 4 — обогреваемый поддон; 5 — блок-форма; 6 — паровой ящик; 7 — разгрузочный конвейер; 8 — узел загрузки и выгрузки; 9 — цепь грузового конвейера.

По выходе из аппарата блок-формы переворачиваются и вводятся в устройство оттаивания. Подтаявшие блоки выпадают на наклонную плоскость и скатываются на транспортер разгрузки. Пустые блок-формы орошаются водой, переворачиваются и подаются на загрузку.

Грузовой конвейер приводится в движение электродвигателем через вариатор скоростей.

Охлажденный в воздухоохладителе воздух разделяется на два потока: один поток направляется к верхнему ярусу грузового отсека, а другой — к нижнему, где омывает блок-формы с рыбой. Для равномерного замораживания рыбы в sdвоенной блок-форме осевые вентиляторы через каждые 30 мин автоматически изменяют направление движения воздуха. Батареи воздухоохладителя оттаивают горячими парами аммиака. Для осмотра и ремонта аппарата боковые изолированные стенки делают разборными.

К достоинству аппарата относится интенсивное замораживание блока, что достигается оребрением блок-форм и поперечным движением воздуха в грузовом отсеке. В аппарате удачно автоматизированы и механизированы процессы загрузки и выгрузки.

Недостатками аппарата являются необходимость ручного довешивания порций.

В состав морозильного аппарата ЛВН (рис. 68) входят воздухоохладители, осевые вентиляторы, грузовой конвейер, несущий литые алюминиевые блок-формы, узел загрузки и выгрузки и основной привод.

Воздухоохладитель состоит из четырех секций: в первой секции (в камере отделения влаги) установлены гладкие трубы и два вентилятора, а в остальных секциях — оребренные трубы и три вентилятора.

Отсек, где размещена первая секция воздухоохладителя, предназначен для осушки блок-форм до их попадания в грузовой отсек, который отделен от других отсеков аппарата металлической перегородкой с лабиринтным уплотнением из морозостойкой резины.

Вентиляторы первой и четвертой секций расположены с одной стороны грузового конвейера, а вентиляторы второй и третьей секций — с противоположной, в результате чего обеспечивается изменение направления обдува блок-форм воздухом.

Передвижение грузового конвейера осуществляется гидравлическим приводом, в систему которого шестеренчатыми насосами подают масло.

Вне изолированного контура находится устройство для загрузки блок-форм рыбой и ее выгрузки.

Блок-формы не связаны жестко с цепями грузового конвейера, а вставлены в специальные захваты, которые продвигают их по направляющим. В процессе замораживания рыбы блок-формы все время находятся в плоскости, перпендикулярной направлению движения грузового конвейера.

Рыба, предназначенная для замораживания, питательным транспортером подается к весовому бункеру. Если порция рыбы имеет необходимую массу, то питательный транспортер автоматически останавливается. Точная дозировка порций производится вручную. Из бункера взвешенная порция рыбы высыпается в блок-форму и вручную разравнивается. Блок-форма автоматически закрывается крышкой с поворотными пружинами, позволяющими расширяться блоку при его замораживании. Затем блок-форма принимает вертикальное положение и вводится в зацепление с цепями конвейера.

Сначала блок-формы попадают в камеру отделения влаги. Влага, которая остается на блок-форме после их ополаскивания водой, стекает в поддон камеры отделения влаги. Так как поддон обогревается, вода не замерзает. В камере отделения влаги блок-формы обдуваются холодным воздухом. Часть воды, которая испаряется с площади поверхности блок-формы, в виде снеговой шу-

ТАБЛИЦА 7

Показатели	Аппарат с параллельной подвеской блок-форм			Аппараты с диагональной подвеской блок-форм			
	конструкции ВНИИХИ	типа АСМА	АМА	производственного рефрижератора типа «Рембрандт»	производственного рефрижератора типа «Спасск»	рыбokonсервной базы типа «Наталья Ковшова»	ЛВН
Производительность, т в сутки	40—50	25	25	25	25	20	22,5
Емкость, кг	6000	2100	1600	2000	2100	2500	1980
Количество, шт.							
блок-форм	334	180	—	100	180	250	198
противней	—	—	160	—	—	—	—
Площадь поверхности воздухоохладителя, м ²	2670	1950	1460	1800	1900	1400	1900
Температура воздуха в аппарате, °С	—30	—37	—30	—34	—35	—35	—35
Скорость движения воздуха, м/с	5—6	5—6	7	4—5	6	7	7
Количество вентиляторов, шт.	8	1	2	6	8	16	11
Производительность вентиляторов, м ³ /с	26,6	12,5	8,3	25	24	32	24
Мощность электродвигателей вентиляторов, кВт	40	30	20	29	22,4	44,8	35
Продолжительность замораживания, ч	3	2,5—3	3—3,5	3,2—4,2	3—4	3	3,8
Габаритные размеры, мм							
длина	13 000	8900	6100	10 200	9400	12 450	13 100
ширина	6000	5150	4800	6000	6450	2740	4000
высота	3000	2800	3200	2700	3000	2550	2600
Масса, кг	45 000	25 000	26 000	16 000	15 200	17 000	16 500

бы садится на площадь поверхности гладкотрубной секции воздухоохладителя. Горячее оттаивание гладкотрубной секции позволяет удалить снеговую шубу.

После замораживания рыбы блок-форма попадает в узел загрузки и выгрузки, автоматически выводится из зацепления с цепями грузового конвейера, переворачивается и передается в паровой ящик. После оттаивания и автоматического снятия крышек блок выпадает из блок-формы на разгрузочный конвейер и удаляется из аппарата.

Аппарат выполнен так, что его воздухоохладители могут охлаждаться как аммиаком, так и фреоном-22. В том случае, если холодильным агентом является аммиак, то аппарат работает по насосно-циркуляционной схеме, а если фреон — по безнасосной.

Техническая характеристика конвейерных морозильных аппаратов с цепным конвейером приведена в табл. 7.

Аппараты со спиральным конвейером

Особенностью морозильных аппаратов со спиральным конвейером является то, что для уменьшения габаритных размеров аппарата конвейер в грузовом отсеке аппарата выполняется не в виде одного или нескольких прямолинейных участков, а имеет сложную пространственную конфигурацию. При использовании таких конвейеров не требуется специальных устройств, которые передавали бы продукт или блок-формы с одного яруса на другой.

Аппараты со спиральным конвейером эффективны, универсальны и применяются для замораживания продуктов в блоках и мелкостучных продуктов любой формы.

На производственных рефрижераторах типа «Скрыплев» установлены морозильные аппараты со спиральным одноцепным конвейером для замораживания рыбы в блоках массой 10—12 кг (рис. 69).

Конвейер морозильного аппарата состоит из двух спиральных секций бесконечной цепи. На верхнем участке происходит оттаивание блок-форм и съем крышек с них, а на нижнем — оттаивание и выгрузка блоков, а также загрузка блок-форм рыбой, надевание и закрепление крышек.

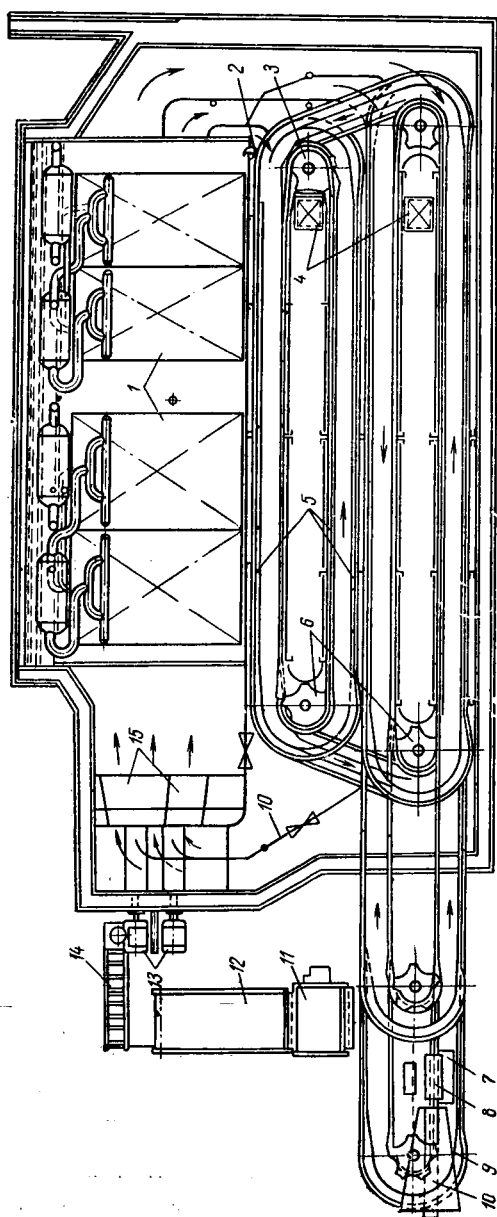


Рис. 69. Конвейерный морозильный аппарат со спиральным конвейером на производственном холодильнике типа «Скрыплев»:

1 — секция воздухоохладителя; 2 — направляющие штыри; 3 — направляющие звездочки цепи; 4 — люки; 5 — цепи конвейера; 6 — экраны; 7 — блок форма позиции загрузки; 8 — весовой бункер; 9 — транспортер; 10 — бункер питатель; 11 — глазурирующая ванна; 12 — ленточный конвейер; 13 — электродвигатели вентиляторов; 14 — ролик для глазурированных блоков; 15 — вентиляторы.

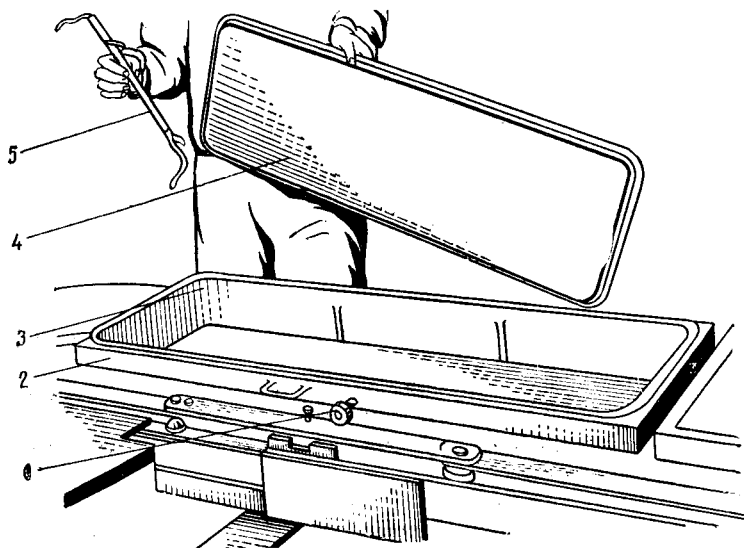


Рис. 70. Блок-форма морозильного аппарата со спиральным конвейером на производственном рефрижераторе типа «Скрыплев»:
 1 — конвейерная цепь; 2 — каретка; 3 — корпус блок-формы; 4 — крышка блок-формы; 5 — пружинный замок.

Рыба, подготовленная к замораживанию, поступает в бункер-питатель, откуда транспортером подается в весовой бункер, из которого порциями по 10 кг высыпается в проходящие блок-формы. Рыбу в блок-формах вручную разравнивают и закрывают крышками с пружинными замками. Блок-форма морозильного аппарата показана на рис. 70.

Цепь, на которой закреплены кассеты с вставленными в них блок-формами, наполненными рыбой, проходит в морозильный аппарат через окно. Сделав три витка в аппарате за время, в течение которого блоки приобретают необходимую прочность, вновь выходит за пределы изолированного контура. На этом участке крышки блок-форм подогреваются и с помощью специального приспособления освобождаются от замков. Крышки снимаются пневматическим устройством и подаются на ополаскивание. Открытые блок-формы вновь вводятся в изолированный контур аппарата.

Пройдя грузовой отсек, блок-формы с мороженой рыбой выводятся из аппарата, переворачиваются и обогреваются со стороны днища горячей водой. Блоки выпадают на транспортер, а затем направляются на глазурирование и упаковку в картонную тару. Блок-формы, освобожденные от рыбы, ополаскиваются и подаются к узлу загрузки.

Движение конвейера производится с помощью гидравлического привода.

Воздухоохладитель, состоящий из четырех секций, расположен рядом с конвейером. Секции воздухоохладителя изготовлены из оребренных труб и оттаивают их горячими парами аммиака. Поддоны, предназначенные для сбора талой воды, обогреваются теплым хладоносителем, который циркулирует в змеевиках, уложенных на дне поддона.

Для создания направленного движения воздуха в грузовом отсеке установлены щиты и экраны. Доступ к секциям воздухоохладителя обеспечивается через дверь в корпусе аппарата, а к конвейерной системе — через специальные люки.

Аппараты производственных рефрижераторов типа «Скрыплев» удобны в эксплуатации. Однако значительная длина рабочей цепи, достигающая 600 м, требует устройства сложной натяжной станции и тщательного наблюдения за работой конвейера.

Морозильные аппараты Гирофриз предназначены для замораживания мелкоштучных продуктов (котлеты, шницеля, бифштексы, кусковое мясо, рыбные палочки).

Аппарат (рис. 71) состоит из изолированного контура, воздухоохладителя, вентиляторов, устройства для мойки и сушки ленты, натяжного устройства и узла разгрузки.

Спиральный ленточный конвейер может перемещаться вокруг одного или двух барабанов. Лента конвейера по краям снабжена специальными звеньями, которые соединены между собой крестообразно круглыми стержнями. Отверстия в звеньях выполнены так, что лента может сжиматься и растягиваться. Ленту можно навивать на барабан диаметром около 2 м. Характерной особенностью такой ленты является и то, что продукт остается зафиксированным на ней при движении в аппарате. Это

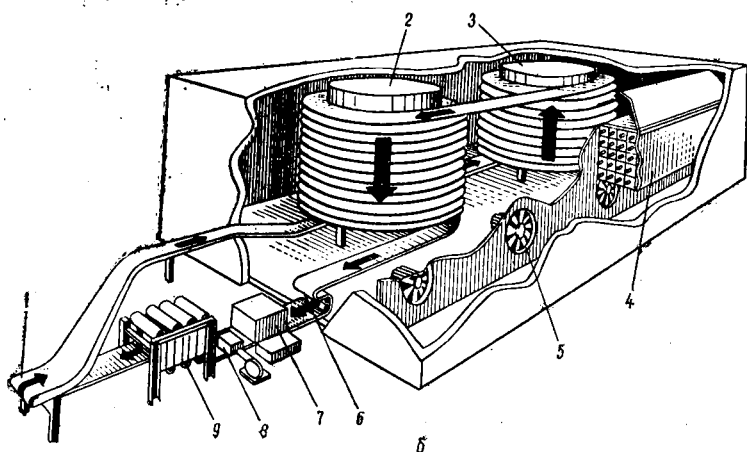
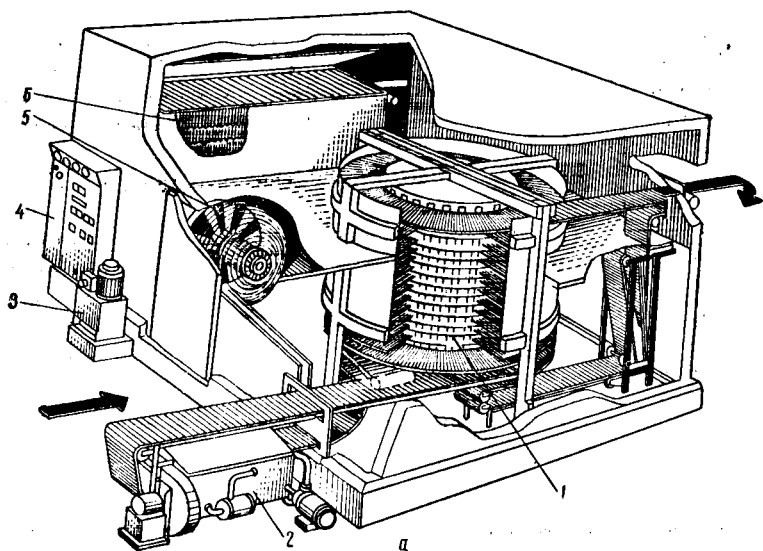


Рис. 71. Морозильные аппараты Гирофриз:

а — с одним барабаном: 1 — барабан; 2 — устройство для мойки ленты; 3 — преобразователь частоты; 4 — распределительный щит; 5 — вентилятор; 6 — воздухоохладитель;
б — с двумя барабанами: 1 — устройство для переворачивания ленты; 2 — второй барабан; 3 — первый барабан; 4 — воздухоохладитель; 5 — вентилятор; 6 — узел разгрузки; 7 — моечное устройство; 8 — вентилятор сушки ленты; 9 — натяжное устройство.

позволяет на одной ленте одновременно замораживать различные продукты, продолжительность холодильной обработки которых одинакова.

Барабан приводится в движение электрическим или гидравлическим приводом. Такой привод исключает необходимость применения промежуточных валов, подшипников и передач. Вращение барабана регулируют, изменяя количество подаваемой жидкости в гидравлический привод или преобразовывая частоту тока.

Скорость движения ленточного конвейера задается такой, чтобы продукт за время перемещения его в аппарате был заморожен.

Отсек с оребренными воздухоохладителями и осевыми вентиляторами находится рядом с грузовым отсеком. Охлаждение воздухоохладителей может производиться аммиаком (с применением насосно-циркуляционной схемы) или фреоном-22.

Холодный воздух в аппарате обдувает замораживаемые продукты сверху вниз или снизу вверх. Так как воздух в аппарате последовательно проходит через ярусы и постепенно насыщается влагой, это способствует уменьшению усушки замораживаемых продуктов. В аппаратах Гирофриз усушка на 40—50% меньше, чем усушка в воздушных морозильных аппаратах.

Аппарат оборудуется автоматическим устройством для мойки и сушки ленты. Лента сначала орошается теплой водой и дезинфицирующим раствором, а затем ополаскивается теплой водой. Вентилятор, установленный по ходу движения ленты за моечным устройством, подсушивает ленту.

После мойки и сушки ленты она проходит натяжное устройство, которое компенсирует изменение длины. Лента меняет линейные размеры при изменении температуры и вследствие износа. Для уменьшения износа ленты в аппарате предусмотрено специальное устройство, которое ее переворачивает. Узел разгрузки, оборудованный нейлоновым ножом, снимает продукт с ленты.

Простота эксплуатации, максимальная гигиеничность, интенсивность холодильной обработки, малая усушка являются основными достоинствами аппаратов типа Гирофриз. Техническая характеристика конвейерных морозильных аппаратов со спиральным конвейером приведена в табл. 8.

ТАБЛИЦА 8

Показатели	Конвейерные аппараты, установленные на производственных рефрижераторах типа «Скрып-лев»	Конвейерные аппараты Гирофриз
Производительность		
т в сутки	25	—
кг/ч (по мясным котлетам)	—	550
Емкость, кг	3200	250
Количество, шт.		
блок-форм	160	—
рабочих ярусов	—	17,5
Площадь поверхности охлаждающих батарей, м ²	1250	750
Температура воздуха в аппарате, °С	—33	—35
Скорость движения воздуха, м/с	5	5
Количество вентиляторов, шт.	5	3
Производительность вентиляторов, м ³ /с	25	10
Мощность электродвигателей вентиляторов, кВт	14	15
Продолжительность замораживания, ч	3,2	0,1—0,3
Габаритные размеры, мм		
длина	12 500	5 400
ширина	6 800	3 000
высота	2 700	2 750
Масса, кг	16 000	10 500

Аппараты для замораживания расфасованных продуктов

Широкое распространение получают конвейерные морозильные аппараты для замораживания в воздухе готовых блюд или полуфабрикатов, расфасованных на порции или упакованных в тару. В грузовом отсеке таких аппаратов продукт перемещается ленточными конвейерами, на специальных лотках, вмонтированных в цепной конвейер, или на стеллажах.

Аппарат для замораживания готовых блюд в упаковке, хлебобулочных изделий и мороженого (рис. 72) состоит из транспортеров загрузки и выгрузки, стеллажей для замораживания продуктов, гидравлического цилиндра, воздухоохладителя с осевыми вентиляторами, пульта автоматического контроля и управления.

Транспортером загрузки продукты, которые необходимо замораживать, направляются в аппарат и поступают на стеллажи. С помощью гидравлического цилиндра стеллажи приводятся в непрерывное движение. Продолжительность перемещения стеллажа с продуктом от позиции загрузки до позиции выгрузки составляет один полный цикл замораживания. Из аппарата замороженный продукт удаляется транспортером выгрузки. Загрузка стеллажей продуктами, а также разгрузка их производится одновременно, но на разных уровнях аппарата.

Двухсекционный воздухоохладитель изготовлен из оребренных труб и обслуживается осевыми вентиляторами, которые размещают в верхней части грузового отсека. Воздух всасывается вентиляторами и направляется через воздухоохладитель в нижнюю часть грузового отсека. Двигаясь в грузовом отсеке снизу вверх, холодный воздух омывает продукт и замораживает его. Воздухоохладитель оттаивают не чаще одного раза в неделю, так как поступления влаги от упакованных продуктов и через окна загрузки и выгрузки минимальны.

Технологические процессы в аппарате автоматизированы. Управление работой отдельных узлов морозильного аппарата производится электрическими блоками и электромагнитными гидравлическими клапанами.

Достоинствами аппарата являются высокая производительность, возможность замораживания упакованных продуктов, его компактность, механизация и автоматизация технологических процессов, а недостатками — сложная по конструкции и управлению кинематическая схема перемещения стеллажей.

Простым и надежным в работе является аппарат, в котором замораживание готовых блюд (рыбные палочки, изделия из картофеля, кусковая рыба или мясо) производится на ленте конвейера. Конвейер аппарата является продолжением технологического кон-

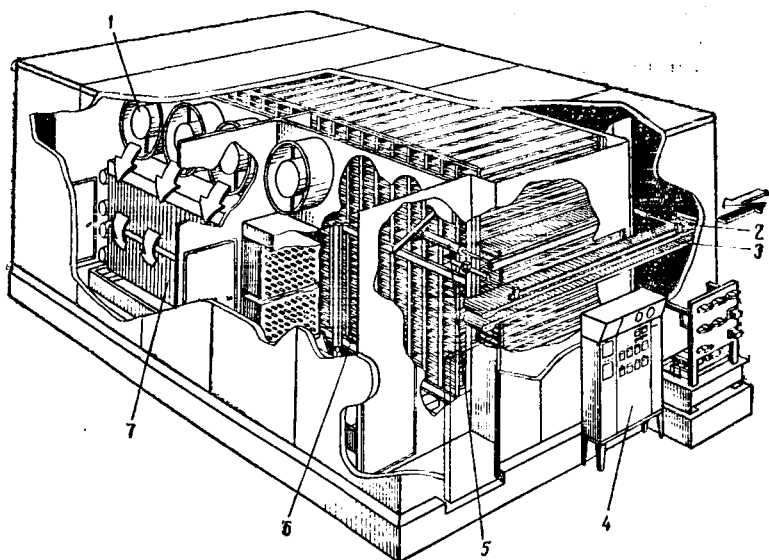
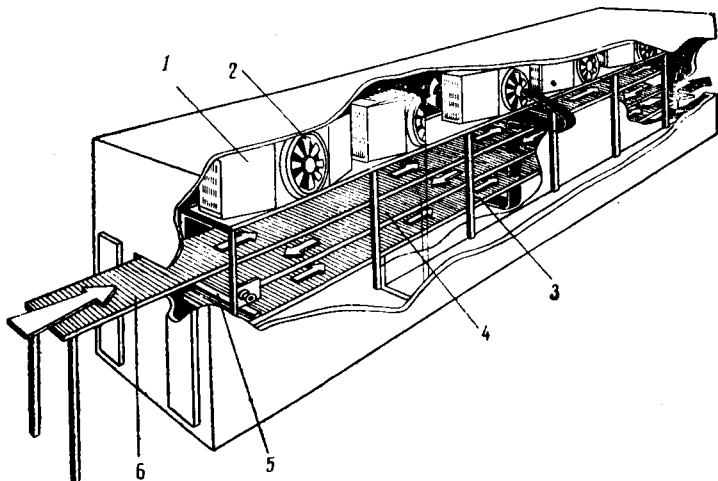


Рис. 72. Конвейерный морозильный аппарат для замораживания готовых блюд в упаковке, хлебобулочных изделий и мороженого:

1 — осевые вентиляторы; 2 — транспортер загрузки; 3 — транспортер выгрузки; 4 — пульт автоматического контроля и управления; 5 — гидравлический цилиндр; 6 — стеллажи; 7 — воздухоохладитель.

Рис. 73. Конвейерный морозильный аппарат для замораживания готовых блюд на ленте конвейера:

1 — воздухоохладитель; 2 — вентилятор; 3 — нижний конвейер; 4 — средний конвейер; 5 — желоб; 6 — верхний конвейер.



вейера, что исключает промежуточную перегрузку продукта.

Аппарат (рис. 73) состоит из трех сетчатых конвейеров с индивидуальным приводом, вентиляторов и ребренных воздухоохладителей.

Продукты, подлежащие замораживанию, лентой сетчатого конвейера направляются через окно загрузки в грузовой отсек аппарата. Если продукт, поступающий на холодильную обработку, имеет высокую начальную температуру и нуждается в предварительной холодильной обработке, то в аппарате предусматривают зону предварительного охлаждения.

Верхним конвейером продукт, обдуваемый холодным воздухом, транспортируется вдоль грузового отсека. Движение воздуха в отсеке направлено сверху вниз. В конце отсека подмороженный продукт с верхней ленты конвейера по специальному желобу, выполненному из нержавеющей стали, передается на ленту среднего конвейера, который перемещает продукт в направлении окна загрузки. На нижнем конвейере продукт окончательно замораживается и удаляется из аппарата через окно разгрузки, которое находится в торцовой стене аппарата напротив окна загрузки, что обеспечивает надежность движения продукта в аппарате. Скорость движения конвейера аппарата регулируется сменными приводными звездочками.

Секции воздухоохладителей, расположенных под грузовым отсеком, выполнены из труб с переменным шагом оребрения. Оттаивание воздухоохладителей производится горячим паром холодильного агента или теплой водой. Для обслуживания аппарат оборудован тремя дверцами, через которые можно попасть в охлаждаемый контур.

Достоинствами аппарата являются компактность, гигиеничность, надежность в работе, удобство и простота эксплуатации, а недостатками — поступление тепла и влаги через окна загрузки и выгрузки.

Техническая характеристика аппаратов для замораживания готовых блюд приведена в табл. 9.

Конвейерные аппараты для замораживания продуктов (птица, масло, хлебобулочные изделия, уложенные в картонные перфорированные ящики), упакованных в крупногабаритную тару, могут выполняться с сетчатым

ТАБЛИЦА 9

Показатели	Аппарат для замораживания готовых блюд в упаковке	Аппарат для замораживания готовых блюд
Производительность, т в сутки	0,6	0,6—1
Емкость, кг	300—500	300—500
Площадь поверхности воздухоохладителя, м ²	400	450
Температура воздуха в аппарате, °С	—35	—35
Скорость движения воздуха, м/с	5—6	4—5
Количество вентиляторов, шт.	8	4
Производительность вентиляторов, м ³ /с	8	10
Мощность электродвигателей, кВт	7,2	5,6
Продолжительность замораживания, мин	30—40	20—30
Габаритные размеры, мм		
длина	7600	8100
ширина	2600	3800
высота	3500	2700
Масса, кг	8500	9200

или с ленточным конвейером, с поперечным или с продольным движением воздуха.

Аппарат с сетчатым конвейером и поперечным движением воздуха (рис. 74, а) состоит из конвейера, двухсекционного воздухоохладителя, вентиляторной установки, скомпонованной на базе центробежных вентиляторов, приводов конвейера и вентиляторов.

Продукт, находящийся в таре, с загрузочного стола через окно специальными толкателями передается на ленту сетчатого конвейера, движение которого в грузовом отсеке аппарата шаговое (прерывистое). Управление движением конвейера, загрузочного стола и толкателей осуществляет реле времени, настройка которого зависит от вида замораживаемого продукта. Последова-

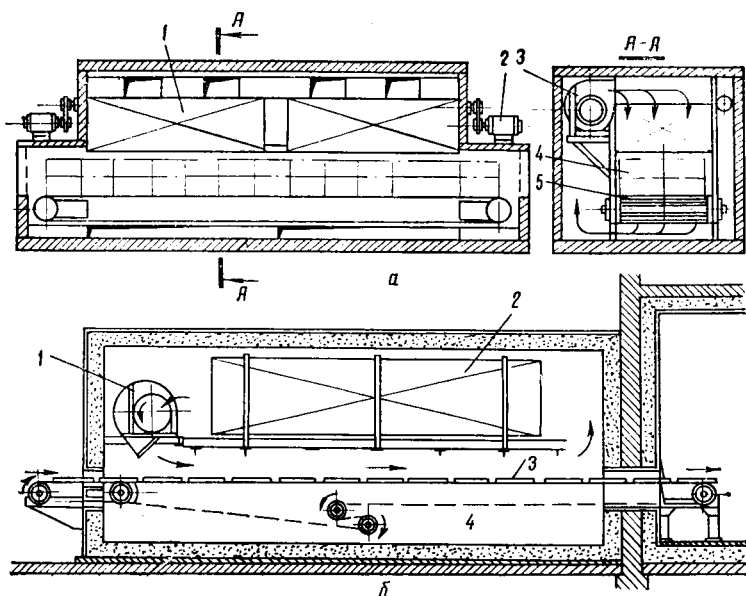


Рис. 74. Конвейерные морозильные аппараты для замораживания упакованных продуктов:

а — с сетчатым конвейером и поперечным движением воздуха: 1 — воздухоохладитель; 2 — привод вентиляторов; 3 — центробежный вентилятор; 4 — упакованный продукт; 5 — сетчатый конвейер; б — с ленточным конвейером и продольным движением воздуха: 1 — центробежный вентилятор; 2 — воздухоохладитель; 3 — упакованный продукт; 4 — ленточный конвейер.

тельно проходя путь от окна загрузки до окна выгрузки, продукт обдувается холодным воздухом, замораживается и с ленты сетчатого конвейера через окно передается на разгрузочный транспортер.

Воздухоохладители, которые выполнены из оребренных труб, расположены под грузовым отсеком. Для оттаивания воздухоохладителей конвейер из грузового отсека аппарата должен быть эвакуирован через съемную торцовую стенку. В этом случае перемещение конвейера вместе с приводом производится на специальных роликах. Так как продукт замораживается затаренным, усушка невелика. Для оттаивания аппарат останавливают не чаще одного раза в неделю.

Конструкция аппарата проста. В аппарате механизированы и автоматизированы технологические процес-

ТАБЛИЦА 10

Показатели	Конвейерные аппараты	
	с сетчатым конвейером и поперечным движением воздуха	с ленточным конвейером и продольным движением воздуха
Производительность, т в сутки	0,6—0,8	0,3—0,5
Емкость, кг	160	120
Площадь поверхности охлаждающих батарей, м ²	520	350
Температура воздуха в аппарате, °С	—30	—30
Скорость движения воздуха, м/с	3—4	3—3,5
Количество вентиляторов, шт.	4	2
Производительность вентиляторов, м ³ /с	6,2	4,8
Мощность электродвигателей вентиляторов, кВт	9,6	5,8
Продолжительность замораживания, мин	30—50	20—30
Габаритные размеры, мм		
длина	8400	6200
ширина	2800	2100
высота	2600	2600
Масса металлических частей, кг	9300	5200

сы. Сложность оттаивания, а также значительное аэродинамическое сопротивление циркуляционного кольца, требующее применения центробежных вентиляторов и повышенных энергетических затрат на их привод, снижают эффективность и экономичность его работы.

Аппарат с ленточным конвейером и продольным движением воздуха (рис. 74, б) состоит из конвейера, воздухоохладителя, центробежного вентилятора, приводов конвейера и вентилятора.

Упакованные продукты укладываются вручную на ленту конвейера, а затем через окно загрузки поступают в грузовой отсек аппарата. Непрерывно перемещаясь на конвейере, упакованный продукт обдувается холод-

ным воздухом, движение которого производится центробежным вентилятором. Замороженный продукт через окно разгрузки, совмещенное с грузовым проемом камеры, попадает в нее для длительного хранения.

Воздух охлаждается в воздухоохладителе, выполненном из труб с переменным шагом оребрения и расположенном над грузовым отсеком аппарата. Талая вода, образующаяся при оттаивании секций, собирается в обогреваемый поддон, который расположен непосредственно под воздухоохладителем.

Конструкция аппарата проста, он удобен в эксплуатации. Продольное движение воздуха и применение ручного труда снижают эффективность его работы.

Техническая характеристика конвейерных аппаратов для замораживания упакованных продуктов приведена в табл. 10.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА КОНВЕЙЕРНЫХ АППАРАТОВ

Если заданы производительность аппарата, вид продукта и размеры замораживаемого блока, средняя температура воздуха, начальная и конечная температуры продукта, направление и скорость движения воздуха в аппаратах, то при расчете конвейерных морозильных аппаратов необходимо определить объем и массу замораживаемого блока; продолжительность замораживания; емкость аппарата и количество блоков в нем; длину цепи и скорость движения грузового конвейера аппарата; число ветвей конвейера аппарата; количество движущегося воздуха; тепловую нагрузку; изменение температуры воздуха в аппарате и среднюю логарифмическую разность температур; необходимую площадь поверхности воздухоохладителя и его конструктивные размеры; аэродинамическое сопротивление циркуляционного кольца аппарата; мощность электродвигателей вентиляторов.

Так как в конвейерных морозильных аппаратах продукты обычно замораживаются в блок-формах, объем замороженного блока составит

$$V_{\text{бл}} = l_{\text{бл}} b_{\text{бл}} \delta_{\text{бл}}, \quad (18)$$

где $V_{\text{бл}}$ — объем замороженного блока, м³;
 $l_{\text{бл}}, b_{\text{бл}}, \delta_{\text{бл}}$ — длина, ширина, толщина блока, м.

Массу замораживаемого блока определяют по формуле

$$g_1 = V_{\text{бл}} \rho. \quad (19)$$

Продолжительность замораживания находят по формуле Планка

$$\tau = \frac{q_3 \rho}{t_{\text{кр}} - t_c} \delta_{\text{бл}} \left[R \frac{\delta_{\text{бл}}}{\lambda} + P \left(\frac{1}{\alpha} + \sum \frac{\delta_l}{\lambda_l} \right) \right], \quad (20)$$

где $\sum \frac{\delta_l}{\lambda_l}$ — сумма тепловых сопротивлений стенок блок-формы и слоев упаковки, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Коэффициент теплоотдачи от блок-формы при вынужденном движении воздуха можно подсчитать по формуле

$$\alpha = 0,032 \frac{\omega^{0,8} \lambda_{\text{в}}}{l_x^{0,2} \sqrt{0,8}},$$

где ω — скорость движения воздуха у блок-форм, $\text{м}/\text{с}$;
 l_x — линейный размер блок-формы в направлении движения воздуха, м .

Емкость аппарата, т. е. массу продукта, находящегося на конвейере аппарата, определяют по формуле

$$G = G' \tau. \quad (21)$$

Количество блоков в аппарате рассчитывают по уравнению

$$z_6 = \frac{G}{g_1}, \quad (22)$$

где z_6 — количество блоков в аппарате, шт.

Длину цепи грузового конвейера аппарата находят по формуле

$$L_{\text{ц}} = b_{\text{ф}} z_6,$$

где $L_{\text{ц}}$ — длина цепи грузового конвейера в аппарате, м ;
 $b_{\text{ф}}$ — расстояние между осями блок-форм, м .

Скорость движения грузового конвейера определяют по уравнению

$$\omega_{\text{к}} = \frac{L_{\text{ц}}}{\tau},$$

где $\omega_{\text{к}}$ — скорость движения грузового конвейера, $\text{м}/\text{с}$.

Число ветвей конвейера рассчитывают по формуле

$$z_{\text{в}} = \frac{L_{\text{ц}}}{L_{\text{к}}},$$

где $z_{\text{в}}$ — число ветвей конвейера, шт.;
 $L_{\text{к}}$ — длина ветвей конвейера, м.

По конструктивным соображениям длину ветви конвейера $L_{\text{к}}$ принимают равной 5—8 м, для того чтобы морозильные аппараты могли размещаться в холодильниках с сеткой колонн 6×6 м и 6×12 м.

Если предусмотрена загрузка аппарата продуктом и выгрузка замороженных блоков из аппарата с торцевой стены, то число ветвей должно быть четным.

Количество движущегося воздуха определяют по уравнению

$$V'_{\text{в}} = F_{\text{ж}} \omega,$$

где $V'_{\text{в}}$ — количество движущегося воздуха, м³/с;
 $F_{\text{ж}}$ — площадь живого сечения для прохода воздуха, м².

Площадь живого сечения равна при поперечном движении воздуха

$$F_{\text{ж}} = [(L_{\text{к}} + 2b_1) l_1 (z_{\text{в}} + 1)],$$

где b_1 — зазор между звездочкой грузового конвейера и изолированной торцевой стенкой аппарата, м;
 l_1 — зазор между блок-формами по высоте, предусмотренный для прохода воздуха, м;

при продольном движении воздуха

$$F_{\text{ж}} = [(l + 2b_2) l_1 (z_{\text{в}} + 1)],$$

b_2 — зазор между блок-формой и боковыми изолированными стенками аппарата, м.

Тепловую нагрузку на оборудование определяют по формуле

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{ф}} + Q_4,$$

где $Q_{\text{ст}}$ — тепловая нагрузка от стальных деталей конвейера, Вт;

$$Q_{\text{ст}} = m_{\text{ст}} c_{\text{ст}} \omega_{\text{к}} (t_1 - t_2),$$

$m_{\text{ст}}$ — масса 1 м грузового конвейера, кг;

$c_{\text{ст}}$ — удельная теплоемкость стали, Дж/(кг·К);

t_1 — температура стальных элементов грузового конвейера, нагретых вне грузового отсека, °С;

t_2 — температура стальных элементов грузового конвейера после их охлаждения в грузовом отсеке аппарата, °С;

$Q_{\text{ф}}$ — тепловая нагрузка от блок-форм, Вт;

$$Q_{\text{ф}} = m_{\text{ф}} c_{\text{б}} \omega_{\text{к}} (t_1 - t_2),$$

$m_{\text{ф}}$ — масса блок-форм, приходящаяся на 1 м грузового конвейера, кг;
 $c_{\text{б}}$ — удельная теплоемкость материала блок-формы, Дж/(кг·К).

Теплоприток от работы вентиляторов при определении тепловой нагрузки аппарата ориентировочно принимается (0,15—0,2) Q_2 .

Изменение температуры воздуха в аппарате рассчитывают по уравнению

$$\theta = \frac{Q_0}{V_{\text{в}} \rho_{\text{в}} c_{\text{в}}}.$$

Среднюю логарифмическую разность температур между воздухом и кипящим холодильным агентом определяют по формуле

$$\Delta t_m = \frac{\theta}{2,3 \lg \frac{t'_c - t_0}{t''_c - t_0}},$$

где t'_c — температура воздуха перед воздухоохладителем, °С;

$$t'_c = t_c + \frac{\theta}{2},$$

t''_c — температура воздуха после воздухоохладителя, °С;

$$t''_c = t_c - \frac{\theta}{2}.$$

Площадь поверхности воздухоохладителя находят по формуле (14).

Если не предусмотрено никаких других технических решений, то для уменьшения вредного влияния инея воздухоохладитель должен выполняться из нескольких секций, количество которых обычно не превышает трех.

Длину труб в каждой секции рассчитывают по уравнению

$$L_{\text{с.х}} = \frac{P_{\text{х}} F_{\text{во}}}{f_{\text{х}}},$$

где $L_{\text{с.х}}$ — длина труб в секции воздухоохладителя, м;

$P_{\text{х}}$ — доля общей площади поверхности воздухоохладителя, приходящаяся на секцию;

$f_{\text{х}}$ — площадь поверхности 1 м оребренной трубы с принятым шагом оребрения, характерным для данной секции, м².

Конструктивные размеры воздухоохладителя определяются площадью живого сечения канала, в котором размещаются секции.

Площадь живого сечения этого канала составляет

$$F_k = \frac{V_B}{w_n},$$

где F_k — площадь живого сечения канала, м²;
 w_n — скорость набегающего потока или скорость в канале при отсутствии секций, м/с (2,5—3 м/с).

Секции воздухоохладителей komponуются из отрезков труб, соединенных коллекторами или калачами. Длиной отрезка трубы $l_{тр}$ задаются, исходя из конструктивных соображений, тогда ширина канала составит

$$B_k = l_{тр} + 2l_3,$$

где B_k — ширина канала, м;
 $l_{тр}$ — длина трубы, м;
 l_3 — зазор между трубами секций и боковыми стенками канала, м.

Высоту канала определяют по формуле

$$H_k = \frac{F_k}{B_k},$$

где H_k — высота канала, м.

На такой высоте можно разместить

$$n_1 = \frac{H_k}{s_1} - 1 \text{ рядов труб,}$$

где n_1 — количество труб по высоте канала;
 s_1 — расстояние между трубами по высоте, м.

Длину труб в одном вертикальном ряду рассчитывают по уравнению

$$L_{тр} = n_1 l_{тр},$$

где $L_{тр}$ — длина труб в вертикальном ряду, м.

Количество вертикальных рядов труб в каждой секции находят из зависимости

$$m_x = \frac{L_{с.х}}{L_{тр}},$$

где m_x — количество вертикальных рядов труб в секции.

Значение m_x в каждой секции должно быть кратным единице.

Аэродинамическое сопротивление в циркуляционном кольце аппарата определяют по формуле

$$\Delta p = (\Delta p_{\text{во}} + \Delta p_{\text{гр}} + \Delta p_{\text{пов}} + \Delta p_{\text{диф}} + \Delta p_{\text{конф}} + \Delta p_{\text{вх}}) 1,1,$$

где Δp — аэродинамическое сопротивление в циркуляционном кольце аппарата, Па;

$\Delta p_{\text{во}}, \Delta p_{\text{гр}}, \Delta p_{\text{пов}}, \Delta p_{\text{диф}},$

$\Delta p_{\text{конф}}, \Delta p_{\text{вх}}$ — аэродинамическое сопротивление секций воздухоохладителя, в грузовом отсеке аппарата, поворотов, диффузора, конфузора при входе воздуха в вентилятор, Па;

1,1 — коэффициент, учитывающий аэродинамическое сопротивление трения воздуха в каналах.

Аэродинамическое сопротивление секций воздухоохладителя определяется из предположения, что на их площади поверхности находится снеговая шуба. Толщину снеговой шубы можно принять на первой секции 3 мм, на второй 2 мм, на третьей 1 мм.

Аэродинамическое сопротивление одной секции при шахматном расположении труб с навивными ребрами находят по формуле

$$\Delta p_x = 1,35 m_x \left(\frac{h}{d_n} \right)^{0,45} \left(\frac{U_x}{d_n} \right)^{-0,72} \text{Re}_x^{-0,24} \frac{(\omega'_x)^2}{2} \rho_v,$$

где Δp_x — аэродинамическое сопротивление секции, Па;

h — высота ребра, м;

d_n — наружный диаметр трубы, м;

U_x — расстояние между ребрами с учетом снеговой шубы, м;

ω_x — скорость движения воздуха в живом сечении секций, м/с;

$$\text{Re}_x = \frac{\omega'_x d_n}{\nu_v}.$$

Кинематическую ν_v вязкость определяют при температуре кипения холодильного агента в трубах воздухоохладителя.

Скорость движения воздуха в живом сечении секции находят из зависимости

$$\omega'_x = \Phi_x \omega_n,$$

где Φ_x — коэффициент сжатия, учитывающий расположение в сечении канала орбренных труб;

$$\Phi_x = \frac{\frac{s_1}{d_n} \left(1 - \frac{\delta_p}{U_x} \right)}{\frac{s_1}{d_n} - 1 + \left(\frac{s_1}{d_n} - 1 - \frac{2h}{d_n} \right) \frac{\delta_p}{U_x}},$$

δ_p — толщина ребра, м;

$$U_x = t - \delta_p - 2\delta_{cx},$$

t — шаг между ребрами, м;

δ_{cx} — толщина снеговой шубы, выпавшей на секции, м;

w_n — скорость движения набегающего потока воздуха, м/с.

Аэродинамическое сопротивление секций воздухоохладителя составит

$$\Delta p_{во} = \Sigma \Delta p_x.$$

Аэродинамическое сопротивление блок-форм в грузовом отсеке аппарата равно

$$\Delta p_{гр} = \xi_{\phi} n_{\phi} \frac{w^2}{2} \rho_v,$$

где ξ_{ϕ} — коэффициент местного сопротивления блок-формы;
 n_{ϕ} — количество форм, омываемых воздухом (при поперечном движении — 1—2 формы, а при продольном — $n_{\phi} = \frac{L_k}{b}$).

Аэродинамическое сопротивление поворотов составит

$$\Delta p_{пов} = n_{пов} \xi_{пов} \frac{w_{пов}^2}{2} \rho_v,$$

где $n_{пов}$ — количество поворотов, которые делает воздух в циркуляционном кольце аппарата;
 $\xi_{пов}$ — коэффициент местного сопротивления поворота;
 $w_{пов}$ — скорость движения воздуха в сечении поворота, м/с.

Аэродинамическое сопротивление диффузора определяют по формуле

$$\Delta p_{диф} = \xi_{диф} \frac{w_{диф}^2}{2} \rho_v,$$

где $\xi_{диф}$ — коэффициент местного сопротивления диффузора;
 $w_{диф}$ — скорость движения воздуха в сжатом сечении диффузора, м/с.

Аэродинамическое сопротивление конфузора рассчитывают по уравнению

$$\Delta p_{конф} = \xi_{конф} \frac{w_{конф}^2}{2} \rho_v,$$

где $\xi_{конф}$ — коэффициент местного сопротивления конфузора;
 $w_{конф}$ — скорость движения воздуха в сжатом сечении конфузора, м/с.

Аэродинамическое сопротивление при входе воздуха в вентилятор находят по формуле

$$\Delta p_{\text{вх}} = \xi_{\text{вх}} \frac{\omega_{\text{вх}}^2}{2} \rho_{\text{в}},$$

где $\xi_{\text{вх}}$ — коэффициент местного сопротивления при входе воздуха в вентилятор;

$\omega_{\text{вх}}$ — скорость движения воздуха во всасывающем окне вентилятора, м/с;

$$\omega_{\text{вх}} = \frac{4V_{\text{в}}}{\pi d_{\text{в}}^2 n_{\text{в}}},$$

$d_{\text{в}}$ — диаметр всасывающего окна вентилятора, м;

$n_{\text{в}}$ — количество вентиляторов, шт.

Для вычисления скорости движения воздуха во всасывающем окне надо подобрать вентиляторы или вентилятор. Подбор вентиляторов производится в зависимости от количества движущегося воздуха и примерного аэродинамического сопротивления в циркуляционном кольце аппарата (без учета сопротивления входа воздуха в вентилятор).

Для подобранного вентилятора находится диаметр всасывающего окна. Затем определяется $\Delta p_{\text{вх}}$ и уточняется аэродинамическое сопротивление в циркуляционном кольце аппарата. Мощность электродвигателей вентиляторов находят по формуле (17).

Уточнение тепловой нагрузки производится с учетом действительного теплопритока от работы вентиляторов.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

Отличительная особенность гравитационных аппаратов состоит в том, что перемещение кареток с блок-формами в грузовом отсеке происходит путем их проталкивания (гидравлическим или электрическим приводом) по специальным направляющим полкам (рельсам). В конце каждого ряда направляющих полок каретки выдвигаются на специальные механизмы. Формы с продуктом перемещаются вертикально сверху вниз с помощью этих механизмов, используя массу, т. е. гравитационно. Вертикальное перемещение кареток с блок-формами осуществляется с помощью гребенок или опускающих лифтов. Поэтому в этих аппаратах нет конвейерных цепей, поворотных и направляющих звездочек, люлек и тяжелых устройств. Это позволило уменьшить габарит-

ные размеры аппарата, снизить затраты металла на его изготовление, сократить расход электроэнергии на эксплуатацию, а также удачно решить вопрос загрузки аппарата продуктом и выгрузки продукта из него.

К гравитационным аппаратам относят аппараты марок ГКА, которые предназначены для замораживания пищевых продуктов: мяса и субпродуктов в блоках, рыбы в блоках и поштучно, творога в пачках и блоках,пельменей, готовых кулинарных изделий в блоках и порционно, кукурузы в початках, зеленого горошка и ягод в коробках и россыпью, перца и томатов.

Аппарат ГКА-2 (рис. 75) представляет собой изолированный контур, выполненный из сборных щитов с тепловой изоляцией из пенополистирола. В верхней части аппарата расположены грузовой отсек и вентиляторная установка, а в нижней — отсек воздухоохладителя. Для входа в грузовой отсек и осмотра внутренних узлов аппарата предусмотрены двери и люки. Загрузка аппарата продуктом, перемещение блок-форм, удаление замороженных блоков полностью автоматизированы.

По направляющим полкам перемещаются каретки с блок-формами. Число полок по высоте изменяется от 8 до 14.

Каретка представляет собой сварную рамку из углового железа с четырьмя роликами для ее движения по направляющим полкам каркаса. Каретка вмещает две сдвоенные блок-формы стандартного размера.

Около передней торцевой стенки аппарата установлен агрегат привода загрузочно-разгрузочного стола и гребенок.

Блок-формы с продуктом поступают к аппарату на ленточном транспортере. Подача блок-форм в аппарат и удаление их из аппарата производится укрепленным на шарнирах столом, который непрерывно движется вверх и вниз по двум вертикальным винтам с правой и левой резьбой, обеспечивающей автоматическое изменение направления движения при постоянно работающем электродвигателе.

Когда стол движется снизу вверх, рабочий вводит две блок-формы в каретку. В верхнем положении стола каретка с блок-формами подается рычагами через открытую заслонку верхнего окна на нулевую полку морозильного аппарата, сдвигая предыдущую каретку на

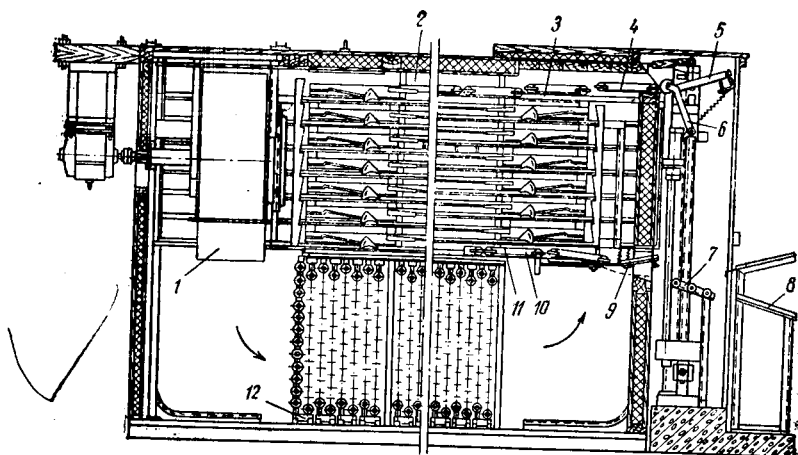
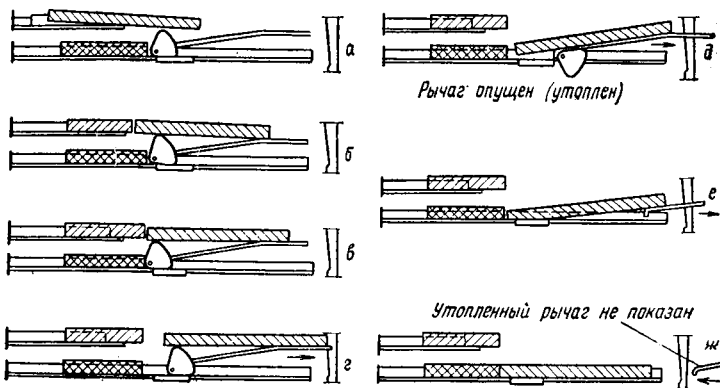


Рис. 75. Гравитационный морозильный аппарат ГКА-2:

1 — вентиляторная установка; 2 — грузовой отсек; 3 — гребенка; 4 — нулевая полка; 5 — стол; 6 — рычаг ввода каретки; 7 — плунитр; 8 — приемное устройство; 9 — заслонка нижнего окна; 10 — каретка; 11 — блок-форма; 12 — отсек воздухоохладителя.

Рис. 76. Схема перемещения кареток гравитационного морозильного аппарата ГКА-2:

а — прием каретки рычагом гребенок; б — переход каретки с полки каркаса на гребенки; в — полный переход каретки на гребенки и момент отхода гребенок; г — отход гребенок и начало опускания рычагов; д — полное опускание рычагов и переход каретки на нижележащую полку; е — сход каретки на нижележащую полку; ж — полный переход каретки на нижележащую полку.



верхние толкатели передних гребенок. После этого стол начинает опускаться, а заслонка верхнего окна закрывается. Затем каретка с блок-формами проходит последовательно по всем направляющим полкам зигзагообразный путь сверху вниз, опускаясь в конце каждой из них на следующую полку с помощью гребенок.

Схема перемещения кареток аппарата ГКА-2 представлена на рис. 76. Две гребенки отходят назад и плавно опускают находящиеся на зубьях каретки с четных полок на нечетные, а затем продвигают их по нечетным полкам назад. В это время две другие гребенки (со стороны вентилятора) принимают крайние каретки с этих полок на свои зубья. При следующем полукруге неподвижны первые гребенки, а вторые движутся, перемещая каретки по четным полкам вперед.

При опускании стол открывает заслонку нижнего окна и принимает выкатившуюся с последней полки каретку с блок-формами. При дальнейшем опускании стола наклонный неподвижный пюпитр входит в рамку каретки. Блок-формы с замороженным продуктом задерживаются на пюпитре и соскальзывают на приемную площадку. Пустая каретка остается на платформе опускающегося стола для повторной загрузки блок-формами.

Недостатки аппарата ГКА следующие: большие размеры аппарата не позволяют транспортировать его полностью собранным и отлаженным на заводе; механизм конвейера работает в сложных температурно-влажностных условиях; при оттаивании воздухоохладителя температура воздуха в аппарате повышается и детали механизма покрываются водой; при включении аппарата температура воздуха в нем понижается до -40°C и вода замерзает, что затрудняет работу конвейера.

По сравнению с аппаратом ГКА-2 в аппаратах ГКА-4 предусмотрен прочный собираемый на болтах каркас, все элементы которого выполнены на заводе.

Вместо четырех роликов скольжения каждая каретка снабжена двумя подшипниками.

Привод гребенок усилен и обеспечена его установка на каркас полностью собранным и отлаженным на заводе.

Конструкция гребенок и их направляющих улучшена. Ввод каретки в аппарат стал плавным и надежным.

Создан специальный узел, который подает блок-формы прямо с ленты транспортера. Платформа стола загрузки сделана почти горизонтальной, что облегчает ввод каретки в аппарат и исключает возможность сыпания свежего продукта при подъеме блок-форм.

Диапазон движения скоростей кареток расширен. Уменьшение цикла движения кареток очень важно для закаливания мороженого, замораживания пельменей и других продуктов.

Конструкция изолированного контура аппарата упрощена и улучшен доступ к узлам механизма конвейера. Для этого стены аппарата сдвинуты и образованы внутренние проходы.

В конструкции ГКА-4 предусмотрена одна дверь, через которую можно пройти к любому узлу внутри аппарата.

По сравнению с аппаратом ГКА-2 у аппарата ГКА-4 смонтирована более мощная вентиляторная установка, что позволило увеличить его производительность на 25%, изменена кинематическая схема аппарата, что повысило надежность его работы.

Гравитационные морозильные аппараты нашли применение на судах рыболовного флота.

Гравитационный морозильный аппарат для плавучих баз типа «Рыбацкая слава» (рис. 77) представляет собой изолированный контур, в средней части которого расположен грузовой отсек, а по бокам — воздухоохладители и вентиляторы с направляющими воздуховодами.

Аппарат предназначен для замораживания рыбы в блок-формах, закрывающихся шарнирно-закрепленными откидными крышками. Корпус и крышка блок-формы — оребрены. Крышки к блок-формам прижимаются натяжными пружинами.

Блок-формы скользят попарно по направляющим рельсам, выполненным из нержавеющей стали. При перемещении блок-форм по рельсам они надежно фиксируются, что исключает перекосы и заклинивание их во время качки.

В грузовом отсеке направляющие рельсы расположены двумя параллельными рядами в 14 ярусов по высоте. В конце направляющих рельс блок-формы выдвигаются на механизмы вертикального перемещения,

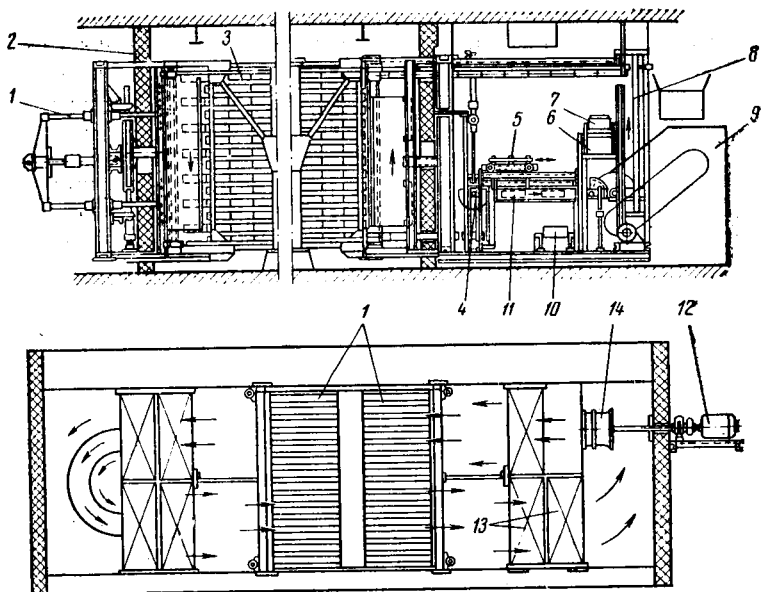


Рис. 77. Гравитационный морозильный аппарат для плавучих баз типа «Рыбацкая слава»:

1 — механизмы передвижения по вертикали и горизонтали; 2 — изолированный контур; 3 — блок-форма; 4 — подъемное и поворотное устройство; 5 — камера оттаивания; 6 — бункерные весы; 7 — питающий транспортер; 8 — подъемное устройство; 9 — глазурировочный аппарат; 10 — приемный транспортер; 11 — мощное устройство; 12 — электродвигатель; 13 — воздухоохладитель; 14 — вентилятор.

опускаются на один ряд, затем движутся в обратном направлении по рельсам этого ряда и снова опускаются на один ряд ниже, пока блок-форма с замороженной рыбой не выйдет по нижним рельсам из охлаждаемого контура аппарата.

Гидравлические толкатели и опускающие механизмы для горизонтального и вертикального перемещения блок-форм, установленные в торцевой части аппарата, работают попеременно.

Оребренные воздухоохладители аппарата располагают по обе стороны сдвоенного грузового конвейера. Каждый воздухоохладитель по вертикали разделен на две секции, а грузовой конвейер — металлическими щитами на два отсека. Чтобы организовать движение воз-

духа, в аппарате устанавливают восемь вентиляторов, которые приводятся в действие через эластичную муфту от электродвигателей, вынесенных за пределы изолированного контура морозильного аппарата. Направление движения воздуха поперечное по отношению к грузовому отсеку. Поток воздуха проходит через верхние части воздухоохладителей и грузового отсека, затем опускается и возвращается через нижние части воздухоохладителей и грузового отсека. Для избежания обледенения проемов морозильного аппарата в их контуре циркулирует подогретое масло.

Рыба взвешивается на двух бункерных весах (по числу одновременно загружаемых блок-форм), и порции (по 10—11 кг) высыпаются в пустые блок-формы. Рыбу выравнивают вручную, и блок-формы закрывают крышками. Подъемное устройство поднимает заполненные блок-формы на верхний ряд направляющих рельсов. В конце подъема прижимной замок крышки автоматически защелкивается, и она подпрессовывает рыбу. При дальнейшем передвижении блок-форм электрические конечные выключатели контролируют закрытие крышек.

В грузовом отсеке блок-формы движутся крышками вверх. После выхода из грузового отсека блок-формы переворачиваются и передвигаются крышками вниз по рельсам. Перевернутые блок-формы орошают теплой водой. Прижимные замки крышек автоматически отстегиваются, крышки откидываются и замороженные блоки выпадают на ленту приемного транспортера. Затем замороженные блоки направляются к глазурировочному аппарату и на упаковочный стол. Пустые блок-формы ополаскиваются морской водой, обдуваются (для подсушки) теплым воздухом, переворачиваются и направляются на загрузочный стол для повторного наполнения рыбой. Через каждые 32 с в аппарат подаются и выводятся две блок-формы.

Достоинства аппарата — максимальное использование кубатуры судна, расположение механизмов привода вне охлаждающего контура, механизация и автоматизация основных технологических процессов, наглядность работы. Основной недостаток аппарата — необходимость ручных операций при взвешивании рыбы и укладке ее в блок-формы.

Техническая характеристика гравитационных аппаратов приведена в табл. 11.

ТАБЛИЦА 11

Показатели	Аппарат ГКА	Аппарат для плавучих баз типа «Рыбачья слава»
Производительность, т в сутки	25*	50
Емкость, кг	2100	7000
Количество блок-форм, шт.	216	750
Площадь поверхности воздухоохладителя, м ²	1000	3000
Температура воздуха в аппарате, °С	—35	—35
Скорость движения воздуха, м/с	8	5—6
Количество вентиляторов, шт.	1	8
Производительность вентилятора, м ³ /с	10	25
Мощность электродвигателя вентилятора, кВт	17	46
Продолжительность замораживания, мин	40—420	210—240
Габаритные размеры, мм		
длина	8100	10 700
ширина	3 500	6 600
высота	3 250	2 800
Масса, кг	27 000	48 000

* Производительность аппарата ГКА по мясу и рыбе.

ФЛЮИДИЗАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

Флюидизационные морозильные аппараты предназначены для замораживания мелкоштучных пищевых продуктов (зеленый горошек, бобы, фасоль, крупные овощи и фрукты, нарезанные в виде ломтиков или кубиков, а также ягоды, рыбные палочки и др.), которые имеют одинаковую форму и незначительно различаются

размерами и массой отдельных частиц (кусков). В таких аппаратах продукты замораживают в потоке холодного воздуха, который подается снизу через специальную решетку (перфорированный поддон) в грузовой отсек. Движущийся воздух создает воздушную подушку и перемещает мелкоштучный продукт вдоль грузового отсека аппарата.

При замораживании продуктов в флюидизационных аппаратах энергетические затраты на привод вентиляторов зависят от скорости движения воздуха, продуваемого через решетку. Если размеры и масса единичного продукта увеличиваются, то возрастает скорость движения воздуха, его объем и масса. Для снижения энергетических затрат крупнокусковые продукты (размером более 40—50 мм) замораживают в плотном слое с механическим перемещением продукта через грузовой отсек. Замораживание крупнокусковых продуктов может производиться также и в промежуточной мелкодисперсной среде, взвешенной (флюидизированной) в движущемся потоке воздуха.

Флюидизационные морозильные аппараты бывают малой, средней и большой производительности.

Аппарат малой производительности

Такой аппарат (рис. 78) состоит из изолированного контура, воздухоохладителя, под которым расположен поддон с перфорированным дном, вибрационной решетки и центробежных вентиляторов.

Из технологического цеха влажный продукт транспортером через окно подается к загрузочному устройству аппарата, которое оборудовано вибрационной решеткой для подсушивания продукта. Подсушивание предотвращает примерзание влажного продукта к поддону с перфорированным дном. Попадая на поддон, продукт обдувается холодным воздухом и во взвешенном состоянии быстро замораживается. Образовавшаяся ледяная корочка сокращает усушку. Из аппарата замороженный продукт удаляется через разгрузочное окно и направляется для расфасовки и упаковки.

Движение воздуха в аппарате производится центробежными вентиляторами. Воздух нагнетается вентиляторами в грузовой отсек.

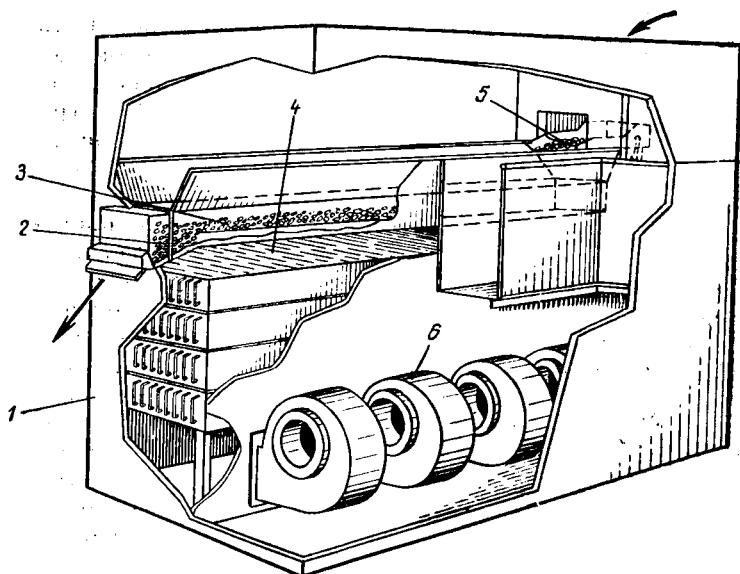


Рис. 78. Флюидизационный морозильный аппарат малой производительности:

1 — изолированный контур; 2 — поддон с перфорированным дном; 3 — продукт; 4 — воздухоохладитель; 5 — вибрационная решетка; 6 — центробежные вентиляторы.

Из воздухоохладителя воздух направляется к поддону с перфорированным дном. Воздухоохладитель аппарата оттаивается горячими парами аммиака.

В аппарате быстро замораживается мелкоштучный продукт, аппарат прост в эксплуатации и надежен в работе. Недостатком аппарата является необходимость периодических остановок для удаления снеговой шубы с площади поверхности воздухоохладителя.

Техническая характеристика флюидизационного морозильного аппарата малой производительности приведена ниже.

Производительность, т в сутки	0,6—0,8
Емкость, кг	100—150
Площадь поверхности охлаждающего воздухоохладителя, м ²	800
Температура воздуха в аппарате, °С	—25 : —30
Скорость движения воздуха в аппарате, м/с	4—5
Количество вентиляторов, шт.	4

Производительность вентиляторов, м ³ /с	10,5
Мощность электродвигателей, кВт	28
Продолжительность замораживания, мин	10–20
Габаритные размеры, мм	
длина	2400
ширина	2300
высота	3400
Масса, кг	3800

Аппарат средней производительности

В этом аппарате (рис. 79) воздухоохладитель состоит из четырех секций, отделенных друг от друга теплоизолированными перегородками. Секции воздухоохладителя имеют независимое питание жидким холодильным агентом. Такая компоновка воздухоохладителя позволяет оттаивать снеговую шубу горячим паром холодильного агента с каждой секции, не останавливая аппарат. Специальное командное устройство отключает секцию для оттаивания. При этом автоматически за-

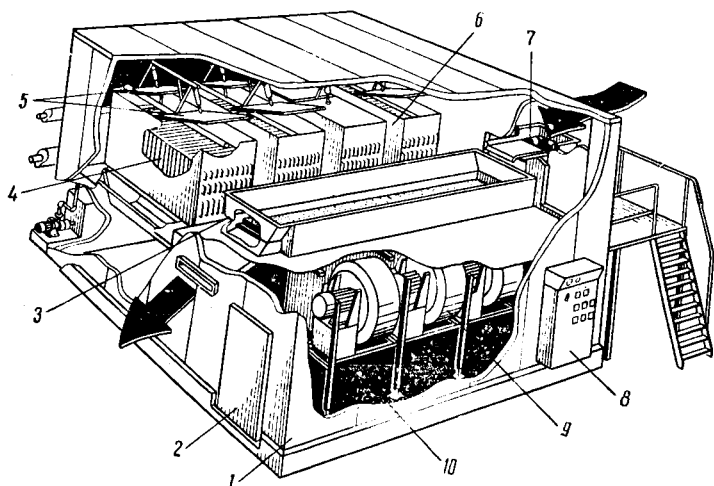


Рис. 79. Флюидизационный морозильный аппарат средней производительности:

1 — изолированный контур аппарата; 2 — дверь; 3 — поддон с перфорированным дном; 4 — секция воздухоохладителя; 5 — щиты для закрытия секций воздухоохладителя; 6 — теплоизолирующая перегородка; 7 — вибрационная решетка; 8 — щит; 9 — вентилятор; 10 — площадка для установки вентиляторов.

крывается щит (шибер) и прекращается движение холодного воздуха через секцию. Для ускорения оттаивания секция орошается теплой водой.

Техническая характеристика флюидизационного морозильного аппарата средней производительности приведена ниже.

Производительность (по жареному картофелю), т/ч	2,4
Емкость, кг	540
Площадь поверхности воздухоохладителя, м ²	1200
Температура воздуха в аппарате, °С	—30
Скорость движения воздуха в аппарате, м/с	4—5
Количество вентиляторов, шт.	4
Производительность вентиляторов, м ³ /с	25
Мощность вентиляторов, кВт	54
Продолжительность замораживания, мин	15—20
Габаритные размеры, мм	
длина	5600
ширина	6500
высота	4800
Масса, кг	16 000

Аппараты большой производительности

Флюидизационные аппараты большой производительности могут быть с орошаемым воздухоохладителем, многоярусными решетками, механическим приводом решеток, а также с промежуточной средой.

Аппарат с орошаемым воздухоохладителем (рис. 80) представляет собой изолированный контур с поддоном, воздухоохладителем, вентиляторами, каплеотделителями, теплообменником и реконцентратором этиленгликоля.

Орошение воздухоохладителя этиленгликолем исключает образование снеговой шубы на его площади теплопередающей поверхности и создает условия для длительной и эффективной работы аппарата.

Раствор этиленгликоля для орошения воздухоохладителя циркуляционным насосом забирается из поддона под перфорированным дном и направляется к оросительной гребенке. Поглощая из циркулирующего через воздухоохладитель воздуха влагу, раствор этиленгликоля деконцентрируется и для восстановления концентрации часть его направляется в реконцентратор. Пройдя через теплообменник, концентрированный раствор вновь сливается в поддон. Проходящий с большой ско-

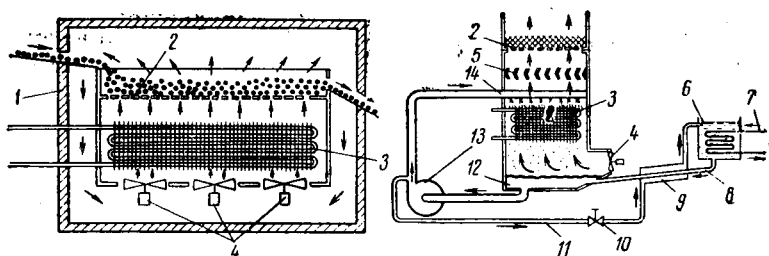
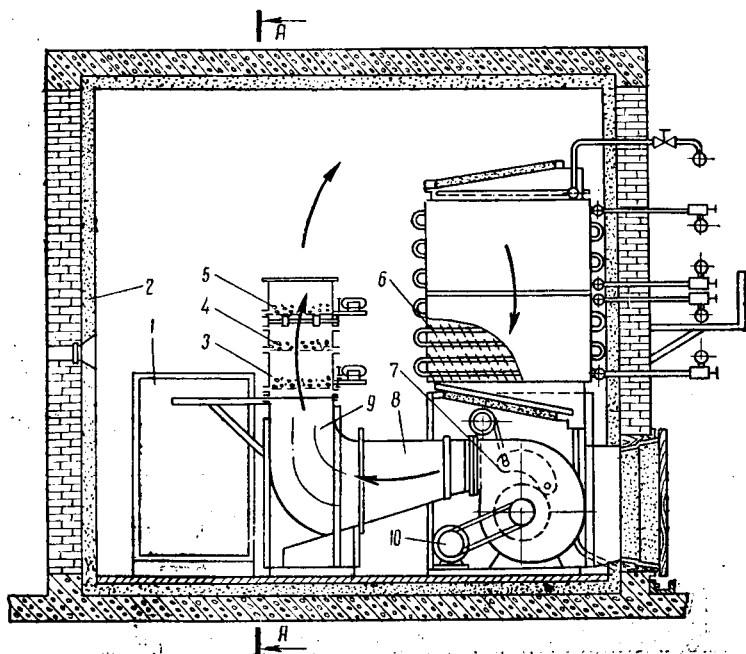


Рис. 80. Флюидизационный морозильный аппарат большой производительности с орошаемым воздухоохладителем:

1 — изолированный контур; 2 — поддоны с перфорированным дном; 3 — воздухоохладители; 4 — вентиляторы; 5 — каплеотделители; 6 — реконцентратор этиленгликоля; 7 — паровой змеевик для выпаривания воды из этиленгликоля; 8 — трубопровод для возврата этиленгликоля в поддон; 9 — теплообменник; 10 — вентиль; 11 — трубопровод для подачи этиленгликоля в концентратор; 12 — поддон с раствором этиленгликоля; 13 — циркуляционный насос; 14 — оросительная гребенка.



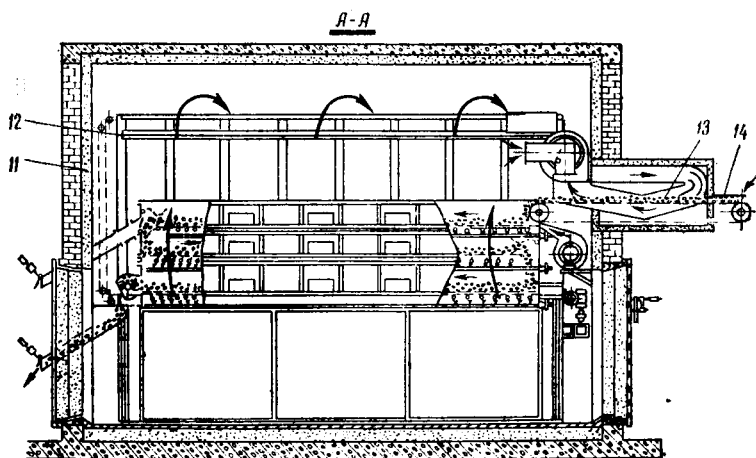
ростью воздух захватывает капельки этиленгликоля. Попадание капелек ядовитого раствора в грузовой отсек аппарата предотвращается каплеотделителями, установленными после воздухоохладителя.

Орошение воздухоохладителя раствором этиленгликоля, хотя и упрощает конструкцию аппарата и его автоматизацию, однако связано с необходимостью расхода энергии на работу реконцентратора и циркуляционного насоса.

Флюидизационный аппарат с многоярусными решетками (рис. 81) включает изолированный контур, состоящий из двух отсеков, устройство предварительного охлаждения и жалюзийные шторы, предназначенные для изменения количества воздуха и направления его движения, центробежные вентиляторы и воздухоохладитель.

Рис. 81. Флюидизационный морозильный аппарат большой производительности с многоярусными решетками:

1 — туннельный отсек; 2, 11 — изолированный контур; 3 — нижняя неподвижная решетка; 4 — средняя неподвижная решетка; 5 — верхняя неподвижная решетка; 6 — воздухоохладитель; 7 — центробежный вентилятор с электродвигателем; 8 — диффузор; 9 — воздухораспределительный канал; 10 — двухскоростной электродвигатель центробежного вентилятора; 12 — воздухоохладитель; 13 — устройство предварительного охлаждения и подсушки продукта; 14 — транспортер подачи продукта в аппарат.



В первом отсеке изолированного контура замораживаются мелкоштучные продукты, а во втором — крупнокусковые.

Продукт, подлежащий замораживанию, попадает в устройство предварительного охлаждения и подсушки. Это устройство оборудовано вибрационной решеткой и индивидуальным центробежным вентилятором, интенсивно обдувающим вибрационную решетку. Устройство предварительного охлаждения исключает намораживание и нагромождение теплого и влажного продукта в начальной части аппарата.

Если в аппарате замораживаются продукты небольших размеров (горошек, малина, резаная стручковая фасоль и др.), продолжительность замораживания которых мала, то используют только одну верхнюю решетку. При этом замороженный продукт выгружается через верхнее выпускное окно.

Крупнокусковые продукты, время замораживания которых относительно велико, замораживаются на трех решетках, последовательно ссыпаясь с решетки на решетку. В этом случае замороженный продукт удаляется через нижнее выпускное окно.

Регулирование направления движения потока продукта производится с помощью шиберов. Скорость движения потока продукта зависит от скорости и направления движения воздуха у решетки. Под каждой решеткой расположены жалюзийные шторки, предназначенные для регулирования движения воздуха.

Двухскоростные электродвигатели центробежных вентиляторов воздухоохладителей позволяют регулировать производительность вентилятора и скорость движения воздушного потока. Для точной регулировки скорости движения воздушного потока в аппарате имеются задвижки с дистанционным управлением. Воздух, нагнетаемый вентиляторами, проходит через диффузоры в воздухораспределительный канал и далее направляется к решеткам с продуктом, где он нагревается. Теплый воздух охлаждается в воздухоохладителе.

Воздухоохладитель состоит из восьми секций, расположенных в изолированном контуре. Секции оттаиваются водопроводной водой последовательно и независимо друг от друга. При оттаивании секции она ав-

томатически изолируется от грузового отсека аппарата передвижными закрывающимися шторками.

Достоинства аппарата — высокая универсальность, позволяющая замораживать в аппарате мелкоштучные и крупнокусковые продукты, непрерывность работы, компактность.

Аппарат с механическим приводом решетки (рис. 82), установленный в поточной линии замораживания гарнирного картофеля, состоит из изолированного контура, подсушивающей вибрационной решетки, бункера-дозатора, решетки механизма равномерного распределения продукта на ленте, вариатора скоростей, приспособления для мойки и сушки ленты, воздухоохладителя и вентиляторов.

Аппарат собирается из нескольких стандартных модулей. Постоянными в аппарате являются головной и хвостовой модули, длина которых равна 3,6 м. Количество средних модулей (длина модуля составляет 3 м) зависит от производительности аппарата. Модули легко транспортируются и собираются на месте эксплуатации аппарата.

В каждом модуле имеется свой воздухоохладитель и два высоконапорных вентилятора. Модули аппарата собираются с помощью болтов.

Из бункера-дозатора продукт попадает на решетку. Через окно загрузки, проходя зону подсушивания, продукт поступает в зону замораживания, где через плотный слой продукта продувается холодный воздух.

Из аппарата замороженный продукт направляется к месту разгрузки. В зависимости от вида продукта аппарат может оснащаться пневматическим, плиточным или шнековым транспортером разгрузки, который направляет замороженный продукт на фасовку, упаковку и далее на хранение.

Последовательное оттаивание секций воздухоохладителя, расположенных в изолированном контуре, создает условия для непрерывной работы аппарата.

Аппарат компактен, прост в монтаже и эксплуатации, позволяет быстро замораживать продукты, легко вписывается в технологические линии производства готовых продуктов и полуфабрикатов.

В аппаратах с промежуточной средой, состоящей из манной крупы, соли и сахара, можно

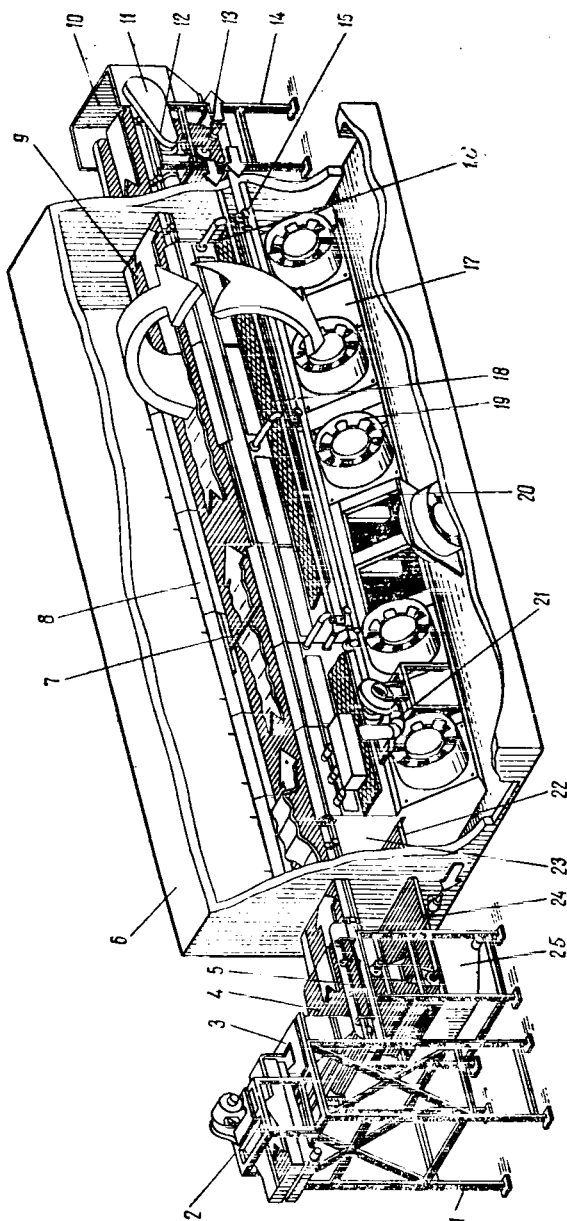


Рис. 82. Флюидизационный морозильный аппарат с механическим приводом решетки:

1, 14 — подставка; 2 — вибратор; 3 — бункер-дозатор; 4 — решетка механизма равномерного распределения продукта; 5 — обратное устройство; 6 — изолированный контур; 7 — механизм равномерного распределения продукта; 8 — направляющие; 9 — металлическая сетка; 10 — бункер; 11 — стопор; 12 — вибратор; 13 — паровой трубопровод; 15 — аммиачный трубопровод; 16 — водяной трубопровод; 17 — съемная крышка; 18 — сетка; 19 — вентилятор; 20 — дверь; 21 — центробежный вентилятор; 22 — линия возврата; 23 — воздухоохладитель; 24 — приспособление для подачи воды на ленту; 25 — приспособление для сушки ленты.

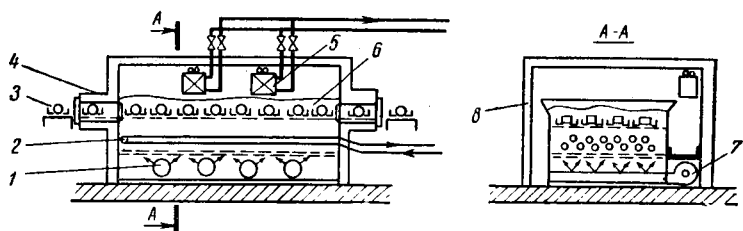


Рис. 83. Флюидизационный морозильный аппарат с промежуточной средой:

1 — перфорированный воздуховод; 2 — гладкотрубная змеевиковая батарея; 3 — транспортеры; 4 — окна; 5 — воздухоохладитель; 6 — промежуточная среда; 7 — центробежный вентилятор; 8 — изолированный контур.

замораживать крупные куски мяса, вторые блюда, томаты, абрикосы, дыни, цыплят.

Аппарат (рис. 83) состоит из изолированного контура, сетчатого транспортера, специальных окон (шлюзов) для загрузки и разгрузки продуктов, центробежных вентиляторов, гладкотрубной змеевиковой батареи и воздухоохладителей.

Через окно загрузки продукт попадает на сетчатый транспортер аппарата. Проходя через промежуточную среду, взвешенную в воздухе (высота флюидизированного слоя 400—500 мм), продукт быстро замораживается и через окно разгрузки удаляется из аппарата. Если продукт не упакован, то он направляется для расфасовки и упаковки.

Движение воздуха в аппарате создается центробежными вентиляторами, которые через перфорированные воздуховоды направляют его в грузовой отсек аппарата.

Охлаждение промежуточной среды производится гладкотрубной змеевиковой батареей, расположенной под конвейером.

Воздухоохладители, которые работают при пониженной температуре кипения холодильного агента (для этой цели в схеме холодильной установки можно предусмотреть эжекторы), расположены в верхней части аппарата. Проходя через воздухоохладители, воздух переохлаждается. Охлаждение воздуха до температуры ниже, чем температура смеси, исключает прилипание частиц к поверхности продукта и их унос из аппарата.

Аппараты с промежуточной средой универсальны, компактны, малоэнергоёмки.

Техническая характеристика флюидизационных аппаратов большой производительности приведена в табл. 12.

ТАБЛИЦА 12

Показатели	Флюидизационные морозильные аппараты			
	с орошаемым воздухоохладителем	с многоярусными решетками	с механическим приводом решетки	с промежуточной средой
Производительность, т/ч	3*	1	2—8	1
Ёмкость, кг	600—700	240	240	200
Площадь поверхности воздухоохладителя, м ²	1800	1200	1800	800
Температура воздуха в аппарате, °С	—28	—30	—30	—30
Скорость воздуха, м/с	3—4	3—5	4—5	0,5—1
Количество вентилято- ров, шт.	4	8	6	4
Производительность вентиляторов, м ³ /с	40	24	24	6
Мощность электродвига- телей вентиляторов, кВт	80	60	30—100	12
Продолжительность за- мораживания, мин	3—5	10—20	14—30	20—30
Габаритные размеры, мм				
длина	5 600	8 450	10 200	6400
ширина	6 500	5 650	6 500	4200
высота	4 800	5 600	5 200	3400
Масса, кг	24 000	16 000	18 000	8000

* Производительность аппарата указана по зеленому горошку.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ФЛЮИДИЗАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

Рассчитывая флюидизационный морозильный аппарат, если задана его производительность, температура воздуха, а также начальная и конечная температу-

ры продукта, необходимо определить оптимальную скорость воздуха в грузовом отсеке аппарата; коэффициент теплоотдачи от поверхности продукта; теплоприток от продукта; площадь решетки и ориентировочные размеры аппарата; объем и массу движущегося воздуха, продолжительность замораживания продукта в аппарате; аэродинамическое сопротивление флюидизационного слоя продукта и решетки.

Оптимальную скорость движения воздуха в грузовом отсеке флюидизационного аппарата определяют по формуле

$$\omega_{\text{опт}} = 2,25 + 1,95 \lg G_{\text{ед}},$$

где $\omega_{\text{опт}}$ — оптимальная скорость движения воздуха в грузовом отсеке флюидизационного аппарата, м/с;

$G_{\text{ед}}$ — масса единичного продукта, г.

Для устойчивой работы флюидизационного аппарата должно быть выполнено условие

$$\omega'_{\text{кр}} < \omega_{\text{опт}} < \omega''_{\text{кр}},$$

где $\omega'_{\text{кр}}$ — начальная скорость флюидизации, м/с;

$$\omega'_{\text{кр}} = \frac{v_{\text{в}}}{d_{\text{з}}} \cdot \frac{\text{Ar}}{1400 + 5,22 \sqrt{\text{Ar}}},$$

Ar — критерий Архимеда;

$$\text{Ar} = \frac{g d_{\text{з}} \rho_{\text{пр}}}{v_{\text{в}}^2 \rho_{\text{в}}},$$

g — ускорение свободного падения, м/с²;

$\rho_{\text{пр}}$ — плотность продукта, кг/м³;

$\omega''_{\text{кр}}$ — критическая скорость флюидизации или скорость, при которой возможен унос частиц продукта из слоя, м/с;

$$\omega''_{\text{кр}} = \frac{v_{\text{в}}}{d_{\text{з}}} \cdot \frac{\text{Ar}}{18 + 0,6 \sqrt{\text{Ar}}}.$$

Если в аппарате предполагается замораживание продуктов и в плотном слое, то скорость движения воздуха в грузовом отсеке аппарата обычно принимают равной оптимальной скорости флюидизации, т. е. $\omega_{\text{опт}}$.

Коэффициент теплоотдачи от поверхности продукта находят по формуле

$$\alpha = 0,62 \frac{\lambda}{d_{\text{з}}^{0,5}} \cdot \frac{\omega_{\text{опт}}^{0,5}}{v_{\text{в}}^{0,5}}.$$

Теплоприток от продукта составит

$$Q_2 = G' q_3.$$

Площадь решетки можно найти по формуле

$$F_p = \frac{Q_2}{\omega_{\text{опт}} \rho_B c_B \Delta t_B},$$

где F_p — площадь решетки, м²;
 Δt_B — температура нагрева воздуха во флюидизационном слое, °C (1—3° C).

По конструктивным и компоновочным соображениям аппарат целесообразно проектировать для замораживания как в флюидизационном, так и в плотном слоях. С этой целью решетку можно выполнить в виде ленты транспортера

$$F_p = L_p B_p,$$

где L_p , B_p — длина и ширина решетки, м.

Высоту неподвижного слоя продукта на решетке H_0 принимают ориентировочно 0,04—0,06 м.

Количество продукта, загруженного на решетку аппарата, определяют по формуле

$$G_{\text{пр}} = F_p H_0 \rho_{\text{пр}},$$

где $G_{\text{пр}}$ — количество продукта, загруженного на решетку аппарата, кг.

Объем движущегося воздуха составит

$$V_B = F_p \omega_{\text{опт}}.$$

Массу движущегося воздуха рассчитывают по уравнению.

$$G_B = V_B \rho_B.$$

Тепло, отводимое от продукта воздухом, находят по формуле

$$Q_B = G_B c_B \Delta t_B,$$

где Q_B — тепло, отводимое от продукта воздухом, Вт.

При расчете флюидизационного аппарата должно быть выполнено равенство

$$Q_2 = Q_B = Q_{\text{пр}},$$

где $Q_{\text{пр}}$ — тепло, отводимое от площади поверхности продукта, находящегося на решетке, воздухом, Вт;

$$Q_{\text{пр}} = \alpha F_{\text{пр}} \Delta t_m,$$

$F_{\text{пр}}$ — площадь поверхности сферических частиц, находящихся в флюидизационном слое, м^2 ;

$$F_{\text{пр}} = \frac{6G_{\text{пр}}}{\rho d_3}.$$

Если $Q_2 \neq Q_{\text{в}}$, то следует изменить Δt_m так, чтобы расхождение не превышало $\pm 10\%$.

Если же тепло, отводимое воздухом от площади поверхности продукта, находящегося на решетке, значительно меньше, чем это требуется по тепловому балансу, то необходимо увеличить $Q_{\text{пр}}$.

В связи с тем, что коэффициент теплоотдачи от частицы замораживаемого продукта к воздуху определяется оптимальной скоростью флюидизации, а температурный перепад — оптимальным нагревом воздуха в слое $\Delta t_{\text{в}}$, тепло, отводимое от площади поверхности продукта, можно увеличить за счет увеличения площади поверхности продукта, а следовательно, и массы продукта, находящегося на решетке. Тогда

$$F'_{\text{пр}} = \frac{Q_2}{\alpha \Delta t_m},$$

где $F'_{\text{пр}}$ — площадь поверхности продукта, находящегося на решетке, м^2 ;

$$G'_{\text{пр}} = \frac{F'_{\text{пр}} \rho d_3}{6},$$

$G'_{\text{пр}}$ — количество продукта, находящегося на решетке, кг.

Высоту слоя продукта определяют по формуле:

$$H'_0 = \frac{G'_{\text{пр}}}{\rho_{\text{пр}} F_{\text{р}}},$$

где H'_0 — высота слоя продукта, м.

Действительную температуру воздуха на выходе из слоя замораживаемого продукта находят из соотношения

$$t'_{\text{в}_2} = t_{\text{к}} + (t_{\text{в}_1} - t_{\text{к}}) e^{-n},$$

где $t'_{\text{в}_2}$ — действительная температура воздуха на выходе из слоя замораживаемого продукта, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{в}_1}$ — температура воздуха, входящего в флюидизационный слой, $^{\circ}\text{C}$;

$$n = \frac{\alpha_{\text{пр}} F'_{\text{пр}}}{G'_{\text{пр}} c_{\text{пр}}};$$

где $c_{\text{пр}}$ — удельная теплоемкость продукта, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$.

Продолжительность замораживания продуктов сферической формы в аппарате определяют из выражения

$$\tau = \frac{q_3 \rho_{\text{пр}} d_3}{6 (t_{\text{кр}} - t_c)} \left(\frac{d_3}{4\lambda_m} + \frac{1}{\alpha} \right),$$

где λ_m — теплопроводность замороженного продукта, Вт/(м·К).

Емкость аппарата находится по формуле (21).

Если масса продукта, найденная из условий теплового баланса, $G'_{\text{пр}} > G$, то очевидно, что именно эта масса и будет определять емкость флюидизационного аппарата. При необходимости уточняются параметры работы флюидизационного аппарата, если $t'_{\text{в}_2}$ значительно отличается от $t_{\text{в}_2}$.

Действительную скорость в грузовом отсеке аппарата, которая должна быть меньше $w'_{\text{кр}}$, определяют по формуле

$$w_{\text{опт.д}} = \frac{Q_2}{F_p \rho_v c_v (t'_{\text{в}_2} - t_{\text{в}_1})},$$

где $w_{\text{опт.д}}$ — действительная скорость в грузовом отсеке аппарата, м/с.

Действительный критерий Рейнольдса рассчитывают по уравнению

$$\text{Re}_d = \frac{w_{\text{опт.д}} d_3}{\nu},$$

где Re_d — действительный критерий Рейнольдса.

Пористость флюидизационного слоя находят из зависимости

$$\varepsilon = \left(\frac{18\text{Re}_d + 0,36\text{Re}_d^2}{\text{Ar}} \right)^{0,21},$$

где ε — пористость флюидизационного слоя.

Для характеристики флюидизационного слоя необходимо знать его высоту

$$H_{\text{ф}} = H_0 \frac{1 - \varepsilon_0}{1 - \varepsilon},$$

где $H_{\text{ф}}$ — высота флюидизационного слоя, м;
 ε_0 — пористость неподвижного слоя;

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{пз}}},$$

$\rho_{\text{н}}$ — насыпная плотность замораживаемого продукта, кг/м³.

Аэродинамическое сопротивление флюидизационного слоя находится из зависимости

$$\Delta p_{\text{сл}} = 1,67 \left(\text{Re}_d \frac{H}{d_s} \right)^{0,2} \frac{G'_{\text{пр}}}{F_p},$$

где $\Delta p_{\text{сл}}$ — аэродинамическое сопротивление флюидизационного слоя, Па.

Аэродинамическое сопротивление решетки с диаметром отверстий 3 мм и живым сечением для прохода воздуха $E=0,308 \text{ м}^2/\text{м}^2$ можно найти по эмпирической формуле

$$\Delta p_p = 13,72 w_{\text{опт.д}}^2 - 43,12 w_{\text{опт.д}} + 119,36,$$

где Δp_p — аэродинамическое сопротивление решетки, Па.

В дальнейшем производится тепловой расчет аппарата, находится площадь теплопередающей поверхности воздухоохладителя, определяется суммарное аэродинамическое сопротивление циркуляционного кольца, производится подбор вентиляторов с уточнением тепловой нагрузки на воздухоохладитель и при необходимости корректируется площадь его теплопередающей поверхности.

ГЛАВА V

АППАРАТЫ БЕСКОНТАКТНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Аппараты бесконтактного замораживания предназначены для замораживания блочных и мелкоштучных продуктов как упакованных в тару, так и неупакованных.

Такие аппараты компактны, интенсивны и обладают лучшими по сравнению с воздушными морозильными аппаратами сравнительными показателями.

К аппаратам с бесконтактным замораживанием относят плиточные аппараты и аппараты для замораживания упакованных продуктов жидкими хладоносителями.

ПЛИТОЧНЫЕ АППАРАТЫ

Плиточные морозильные аппараты предназначены для замораживания различных пищевых продуктов в блоках: мяса, субпродуктов, промысловых рыб, рыбного филе и фарша, творога в блоках и брикетах мелкой расфасовки, овощных и фруктовых пюре.

Продукты, замороженные в плиточных морозильных аппаратах, имеют правильную форму и легко упаковываются. При транспортировке и хранении таких продуктов эффективно используется грузовой объем транспортных средств и камер хранения стационарных холодильников.

В плиточных морозильных аппаратах упакованный или неупакованный продукт замораживается, находясь в контакте с подвижными морозильными плитами или с вращающимися барабанами. Морозильные плиты, перемещаемые гидравлическим или электрическим приводом, а также энергией жидкости, плотно (с давлением 10—100 кПа) прижимаются к продукту, что обеспечивает формовку и подпрессовку продукта, его хороший тепловой контакт с площадью поверхности морозильных плит. Плиты и барабаны аппарата охлаждаются кипящим холодильным агентом (испарительная система) или хладоносителем, охлажденным в испарителе. В испарительную систему плиточного морозильного аппарата холодильный агент может подаваться под разностью давлений конденсации и кипения или циркуляционными насосами.

Аппараты могут обслуживаться индивидуальными или центральными холодильными установками. Отсутствие промежуточной воздушной среды в плиточных морозильных аппаратах позволяет уменьшить перепад температур и интенсифицировать теплообмен между замораживаемым продуктом и холодильным агентом (хладоносителем), а также отказаться от громоздких и металлоемких воздухоохладителей и энергоемких вентиляторов. Поэтому плиточные морозильные аппараты интенсивны, компактны и экономичны. По сравнению с воздушными морозильными аппаратами съем замороженного продукта с 1 м² площади пола, занимаемой плиточными морозильными аппаратами, примерно в 1,5—2 раза больше, а энергетические затраты и масса этих аппаратов на 30—40% меньше.

В зависимости от расположения морозильных плит и их конструкции аппараты бывают горизонтально-плиточные (аппараты с горизонтальным расположением плит), вертикально-плиточные (аппараты с вертикальным расположением плит), роторные (аппараты с радиальным расположением плит), а также аппараты барабанного типа.

Горизонтально-плиточные аппараты

Эти аппараты применяют для замораживания филе. В таких аппаратах продукт, находящийся между плитами, замораживается в противнях. Большинство горизонтально-плиточных морозильных аппаратов — устройства периодического действия с ручной и механизированной загрузкой и выгрузкой продукта. Некоторые аппараты выполняются с периодическим перемещением блок-форм с продуктом по морозильным плитам. Горизонтально-плиточные морозильные аппараты выпускаются с числом плит от 6 до 21 шт.

Горизонтально-плиточные морозильные аппараты состоят из изолированного контура (шкафа) с дверьми, рамы (каркаса), морозильных плит, гидравлического или механического привода, предназначенного для перемещения морозильных плит. Привод может размещаться в верхней или в нижней части аппарата. В некоторых аппаратах гидравлический привод (гидравлические цилиндры) размещают сбоку (рядом с морозильными плитами), что позволяет выполнять аппарат компактным. Давление подпрессовки на продукт поддерживается постоянным с помощью специального клапана, который автоматически перепускает масло из гидравлических цилиндров в емкость. Такой клапан не допускает увеличения давления на продукт при возрастании его объема в процессе замораживания.

Горизонтально-плиточный аппарат с ручной загрузкой и выгрузкой продукта (рис. 84) состоит из изолированного контура, морозильных плит, съемных щитов, двухслойной шторы, гидравлических цилиндров, предназначенных для перемещения морозильных плит, и вертикальных коллекторов, которые нужны для подачи жидкого холодильного агента в плиты и отвода парожидкостной смеси из них.

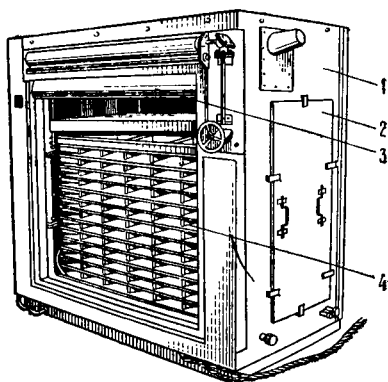


Рис. 84. Горизонтально-плиточный аппарат с ручной загрузкой и выгрузкой продукта:

1 — изолированный контур; 2 — съемные щиты; 3 — двухслойная штора; 4 — морозильная плита.

В аппарате размещено 14 морозильных плит (размером 1715×875 мм), расстояние между которыми может меняться от 60 до 100 мм. Во внутренних каналах морозильных плит циркулирует холодильный агент, который подводится к плитам и отводится от вертикальных коллекторов с помощью сильфонных металлорукавов. К подающему вертикальному коллектору аппарата холодильный агент направляется из ресивера циркуляционным насосом.

Съемные щиты предназначены для осмотра и ремонта отдельных узлов аппарата (сильфонных металлорукавов, ограничительных болтов, фиксирующих расстояние между морозильными плитами, и др.).

Изолированный контур закрыт двухслойной шторой, один край которой жестко прикреплен к аппарату, а другой — соединен с барабаном ручного привода подъема шторы. Между слоями шторы свободно уложен натяжной полый валик, обеспечивающий равномерное натяжение шторы и постоянный воздушный зазор между ее слоями.

Поршни гидравлических цилиндров, связанные с траверсой, передают усилие морозильным плитам через загрузочную раму со сферическим шарниром.

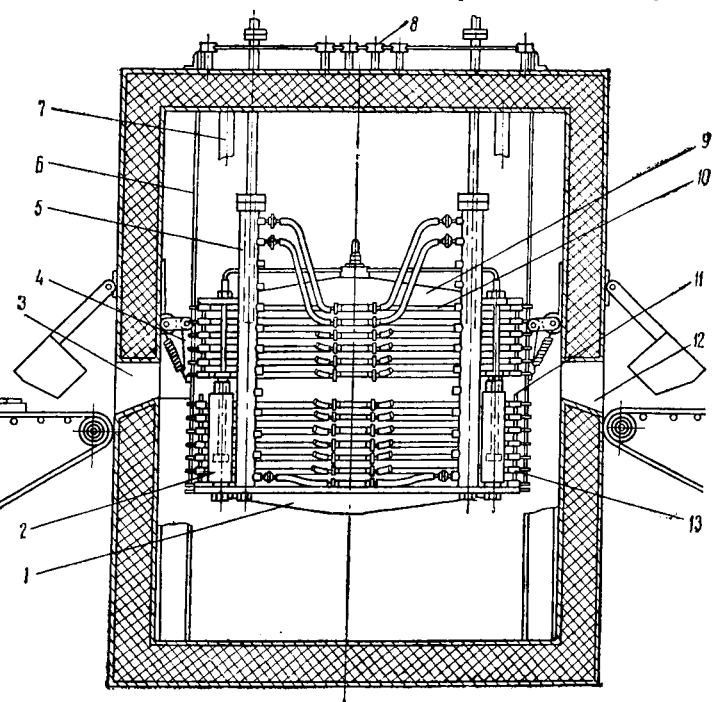
Продукт, подлежащий замораживанию, укладывается в противни, которые вручную устанавливают на морозильные плиты аппарата. После замораживания продукта противни вручную извлекаются из аппарата, чтобы удалить замороженные блоки.

Достоинствами аппарата являются его компакт-

ь, интенсивность процесса замораживания, хорошая
омерная подпрессовка блоков с продуктом, а недо-
ком — необходимость применения ручного труда
загрузке аппарата и выгрузке противней с про-
том.

Горизонтально-плиточный морозиль-
аппарат с подвижными морозильны-
плитами показана на рис. 85. Отличительной
енностью аппарата является то, что загрузка аппа-
коробками с продуктом и разгрузка плит произво-
я на постоянном уровне, что создает возможность
ещения погрузочно-разгрузочных операций по вре-
и выполнения их с помощью транспортеров. Кро-
того, в аппарате отсутствуют двери изолированного

85. Горизонтально-плиточный аппарат с подвижными морозиль-
ными плитами:
нижняя площадка; 2 — гидравлический цилиндр; 3 — разгрузочная щель;
ючок; 5 — жидкостный коллектор; 6 — трос; 7 — упор; 8 — устройста
одъема и опускания плит; 9 — верхняя площадка; 10 — морозильная пли-
— сменный ограничительный штифт; 12 — загрузочная щель; 13 — смен-
ные ограничительные штифты.



контура, открывающиеся на всю высоту морозильных плит. Коробки с продуктом поступают в аппарат и укладываются из него через узкие щели, что значительно уменьшает поступление тепла и влаги в грузовой отсек.

Аппарат состоит из нескольких морозильных плит, разделенных четырьмя гидравлическими цилиндрами, расположенными между верхней и нижней площадками.

Для перемещения морозильных плит вверх или вниз используют тросы, которые закреплены по углам площадок болтами. Гидравлические цилиндры закреплены на нижней площадке, а их штоки — на верхней площадке. Штоки, которые служат и для подачи масла в гидравлический цилиндр, выполнены полыми.

На нижней площадке установлены жидкостные и паровые коллекторы, соединенные гибкими шлангами с морозильными плитами. К холодильной установке коллектор подсоединяется с помощью трубы, проходящей через крышку изолированного контура аппарата.

Для загрузки аппарата продуктом на уровне одной из щелей в изолированном контуре смонтирован загрузочный транспортер. У другой щели находится разгрузочный транспортер.

В зависимости от высоты коробок с замораживаемым продуктом расстояние между морозильными плитами может регулироваться с помощью сменных ограничительных штифтов.

В гидравлический цилиндр под давлением подается масло. С помощью штоков и тросов морозильные плиты поднимаются вверх до тех пор, пока верхняя площадка не коснется упоров. При этом нижняя площадка располагается несколько выше щелей. Валики поворачивают рычаги, и крючки захватывают первую (нижнюю) морозильную плиту.

Давление масла в гидравлических цилиндрах уменьшается, и под действием тяжести плит конструкция опускается вниз, повисая на крючках. Когда первая морозильная плита будет находиться у уровня нижней кромки щелей, загрузочный транспортер подает коробки, которые заполняют первую морозильную плиту. После окончания загрузки этой морозильной плиты валик поворачивается, увеличивая угол между рычагами и крючками, и вторая морозильная плита опускается, освобождая коробки с продуктом. В этот момент пружина отводит

крючок от морозильной плиты, а нижняя и верхняя площадки сближаются, подпрессовывая продукт, находящийся в коробках.

Давление масла в гидравлических цилиндрах вновь уменьшается, и плиты опускаются так, что при повороте валика уже третья морозильная плита повисает на крючках, а вторая опускается до уровня загрузки. Таким образом загружаются все морозильные плиты аппарата. Когда аппарат загружен коробками с продуктом, морозильные плиты вновь с помощью штоков и тросов поднимаются вверх до упора. При обратном движении плит коробки с замороженным продуктом удаляют и загружают их новой партией коробок.

Достоинства аппарата: замораживание продукта начинается сразу же после его поступления на морозильную плиту, а расположение разгрузочной и загрузочной щелей на одном уровне позволяет механизировать погрузочно-разгрузочные операции; в аппарате отсутствуют двери, что резко сокращает тепло- и влагопритоки в грузовой отсек аппарата.

Горизонтально-плиточный аппарат с периодическим перемещением блок-форм с продуктом (рис. 86) состоит из изолированного контура, гидравлических цилиндров, транспортера загрузки, автоматических дозирующих весов, подъемного лифта, автоматического толкателя.

Стенки изолированного контура обшиты листами из нержавеющей стали. В изолированном контуре для удобства обслуживания имеются двери с уплотненными прокладками.

Аппарат имеет три гидравлических цилиндра двойного действия. Два цилиндра предназначены для автоматического подъема и опускания морозильных плит, а третий служит приводом загрузочного механизма. Последовательность работы гидравлических цилиндров осуществляется с помощью соленоидных клапанов. Импульс на срабатывание соленоидных клапанов подается конечными микровыключателями.

Продукт с помощью транспортера загрузки подается на автоматические дозирующие весы, а затем в блок-формы, которые могут быть с крышками и без них.

Если продукт упакован, то он, минуя автоматические дозирующие весы, с помощью автоматического устрой-

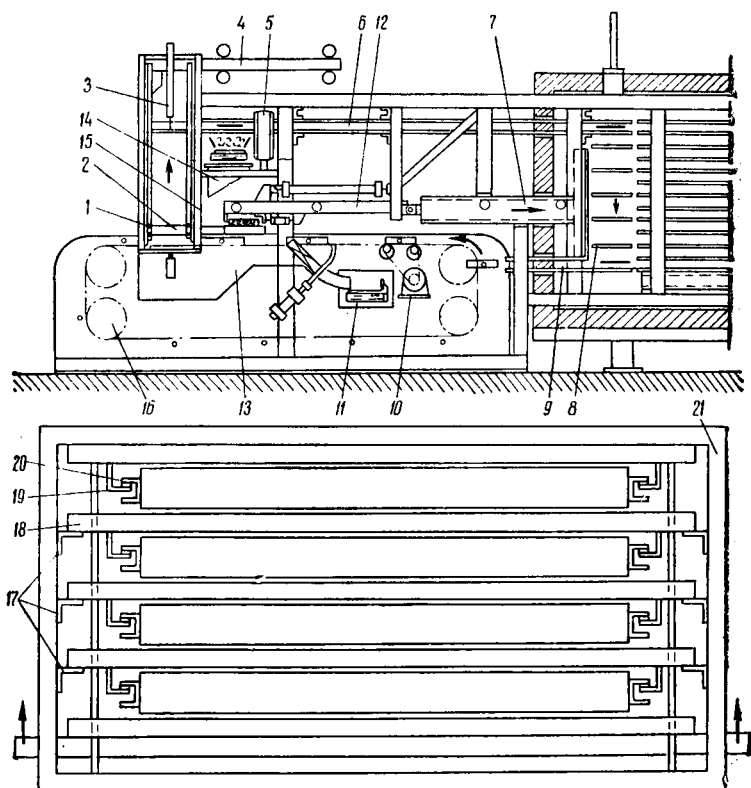


Рис. 86. Горизонтально-плиточный аппарат с периодическим перемещением блок-форм с продуктом:

1 — транспортер загрузки; 2 — блок-форма; 3 — подъемный лифт; 4, 15 — автоматические толкатели; 5 — автоматические дозирующие весы; 6 — осушающие плиты; 7 — толкающие устройства; 8 — гидравлические опускающиеся лифты; 9 — оттаивательные плиты; 10 — виброустройство; 11 — приемный продукт в блок-форму; 12 — автоматическое устройство для подачи упакованного продукта в блок-форму; 13 — моечное устройство; 14 — желоб; 16 — устройство для перемещения блок-форм к месту разгрузки; 17 — опоры для морозильных плит; 18 — морозильные плиты; 19 — рельсы; 20 — ролики блок-форм; 21 — изолированный контур.

ства и проталкивающего механизма сразу же укладывается в блок-формы. Заполненная блок-форма с помощью подъемного лифта поднимается на уровень верхних направляющих. На пути движения блок-формы с продуктом находится устройство для ее осушки —

осушающие плиты. Когда блок-формы зафиксированы в положении загрузки, чувствительный элемент подает сигнал, и автоматический толкатель передвигает блок-форму в проем между верхними морозильными плитами. Загрузка аппарата блок-формами продолжается до тех пор, пока проем не будет полностью заполнен.

После каждого цикла перемещения блок-форм морозильные плиты опускаются с помощью подъемных траверс. Морозильные плиты устанавливаются на опоры таким образом, что положение каждой плиты точно зафиксировано. К нижним стенкам морозильных плит приварены рельсы, по которым на роликах перемещается блок-форма.

При перемещении блок-формы не соприкасаются с морозильными плитами. После каждого цикла перемещения подъемная траверса движется вверх до тех пор, пока морозильные плиты плотно не прижмутся к блок-формам. Контакт между морозильными плитами и блок-формами сохраняется до следующего цикла.

Перемещение блок-формы с одного ряда морозильных плит на другой осуществляется с помощью гидравлических опускающихся лифтов, а продольное движение блок-форм с продуктом по рельсам — с помощью толкающих устройств. Таким образом, блок-форма с продуктом совершает зигзагообразный путь сверху вниз.

После замораживания продукта блок-формы направляются к оттаивательным плитам, откуда с помощью специального устройства блок-форма подается к месту разгрузки. При этом блок-форма поворачивается на 180° и блок замороженного продукта выпадает из нее на приемный транспортер.

Затем пустая блок-форма поступает к моечному устройству и возвращается оттуда снова к месту загрузки.

Морозильный аппарат снабжен электронным регулирующим устройством, управляющим всей работой аппарата.

Полная механизация и автоматизация аппарата является его достоинством. Четкая работа всех узлов аппарата требует применения большого количества автоматических средств, что усложняет эксплуатацию аппарата и снижает надежность его работы.

Горизонтально-плиточный аппарат стационарного типа с механизированной загрузкой аппарата и выгрузкой продукта, предназначенный для замораживания продуктов в мелкой расфасовке (в коробках, пакетах) или блочных продуктов (рис. 87), состоит из изолированного контура, морозильных плит, гидравлических приводов, шлангов для подачи холодильного агента, микровыключателей, автоматических толкателей, захвата и соленоидных клапанов.

Стенки изолированного контура морозильного аппарата обшиты листами из нержавеющей стали. В изолированном контуре имеется девять дверей с прокладками.

Упакованный продукт транспортером перемещается к месту загрузки. Когда в месте загрузки накопится

Рис. 87. Горизонтально-плиточный аппарат стационарного типа с механизированной загрузкой и выгрузкой продукта:

1 — электронный регулирующий щит; 2 — чувствительный элемент; 3 — автоматический толкатель; 4 — гидравлический насос; 5 — морозильные плиты; 6 — коллектор; 7 — шланги для подачи холодильного агента; 8 — гидравлический подъемный цилиндр; 9 — изолированный контур.

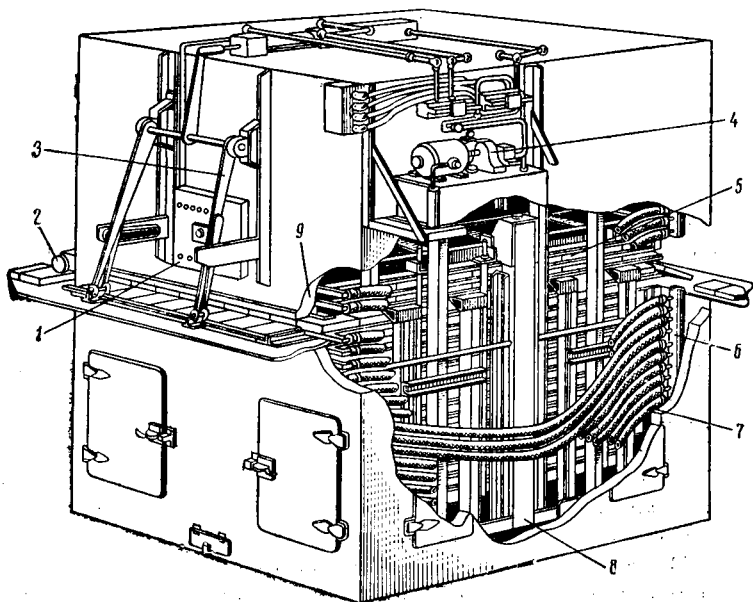


Рис. 88. Горизонтально-плиточный аппарат с боковым расположением гидравлических цилиндров:

1 — гидравлический цилиндр; 2 — питающий гибкий шланг; 3 — морозильная плита; 4 — рама.

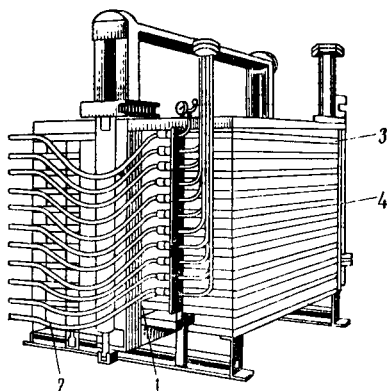
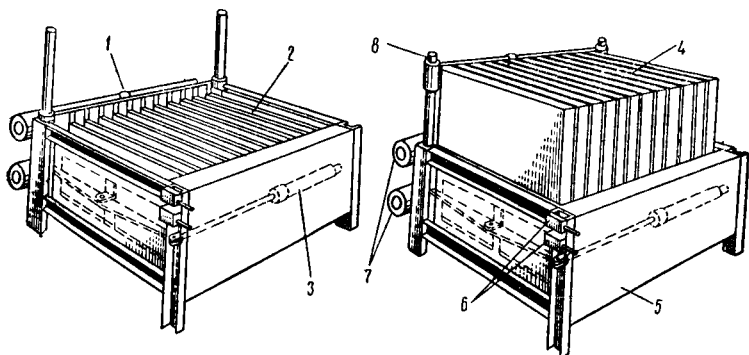


Рис. 89. Вертикально-плиточный аппарат с подвижными плитами:

1 — стальная рама; 2 — вертикальные морозильные плиты; 3 — гидравлический цилиндр; 4 — замораживаемые блоки; 5 — боковые стенки; 6 — приборы управления гидравлическим приводом; 7 — коллекторы холодильного агента; 8 — вертикальные направляющие.



несколько пакетов, чувствительный элемент подает сигнал. При этом автоматический толкатель передвигает эти пакеты в проем между верхними морозильными плитами аппарата. Морозильные плиты загружают до тех пор, пока проем между ними не будет полностью заполнен пакетами. Затем морозильные плиты аппарата автоматически поднимаются, открывая проем между следующими морозильными плитами для их загрузки продуктом.

Когда весь аппарат заполнится продуктом, морозильные плиты сжимаются и находятся в таком состоянии до тех пор, пока не закончится замораживание продукта. После окончания замораживания продукта загрузка аппарата повторяется. При этом замороженные пакеты

выталкиваются из аппарата с противоположной стороны.

Аппарат снабжен электронным регулирующим щитом, управляющим всей работой аппарата.

Достоинствами аппарата являются его компактность, универсальность, гигиеничность, надежность в работе, удобство обслуживания и простота эксплуатации, а недостатками — большие поступления тепла и влаги через окна загрузки и выгрузки, периодические

ТАБЛИЦА 13

Показатели	Горизонтально-плиточные аппараты				
	с ручной загрузкой и выгрузкой продукта	с подвижными морозильными плитами	с периодическим перемещением блок-форм с продуктом	стационарного типа с механизированной загрузкой аппарата	с боковым расположением гидравлических цилиндров
Производительность, т в сутки	6	6	50	40	5—7
Емкость, кг	780	600	2500	600	400
Количество морозильных плит, шт.	14	13	5	10	11
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	5—9	—	5—6	5	5
Температура кипения холодильного агента, °С	—40	—40	—40	—40	—30 ÷ —40
Конечная температура в центре блока, °С	—23	—20	—23	—20	—18 ÷ —23
Продолжительность замораживания, мин	150	150	100—120	—	100—120
Давление подпрессовки, кПа	1—3	1—3	—	—	1—3
Габаритные размеры, мм					
длина	1390	1400	18 400	3500	1400
ширина	2545	2100	3760	2800	2200
высота	2204	2800	1800	3600	1930
Масса, кг	4673	3400	28 000	5800	3800

остановки для снятия с площади поверхности морозильных плит снеговой шубы.

Горизонтально-плиточный аппарат с боковым расположением гидравлических цилиндров показан на рис. 88. Морозильные плиты аппарата, выполненные из стойкого к коррозии алюминиевого сплава, смонтированы на специальной раме. Равномерное распределение холодильного агента по морозильным плитам осуществляется с помощью питающих гибких шлангов и специальных распределителей. При остановке компрессора, обслуживающего аппарат, срабатывает заблокированный с магнитным пускателем соленоидный вентиль, установленный перед терморегулирующим вентилем, и подача холодильного агента в аппарат автоматически прекращается.

Перемещение морозильных плит по вертикали осуществляется боковыми гидравлическими цилиндрами, масло в которые подается с помощью насоса, расположенного в нижней части аппарата. Необходимое при замораживании морозильных плит давление на продукт осуществляется автоматически пневмоустройством, которое включает или выключает насос.

В аппаратах продукты замораживаются в виде блоков, упакованных в полиэтиленовую пленку.

Жидкий холодильный агент в морозильные плиты аппарата может подаваться как насосом, так и под разностью давлений конденсации и кипения. Если жидкий холодильный агент подается под разностью давлений, то над аппаратом монтируется отделитель жидкости.

Основное достоинство аппарата — его компактность, а недостаток — отсутствие механизированной загрузки и выгрузки грузового отсека.

Техническая характеристика горизонтально-плиточных аппаратов приведена в табл. 13.

Вертикально-плиточные аппараты

Продукты, которые замораживаются в вертикально-плиточных аппаратах, загружаются специальным дозирующим бункером или транспортером в пространство между плитами. Отдельные куски продуктов занимают произвольное положение, а поэтому замороженные блоки имеют ухудшенный товарный вид и воздушные прослойки. Плохая укладка продуктов приводит к уменьшению контакта их с морозильными плитами, что удлинняет продолжительность замораживания блока.

Вертикально-плиточные аппараты бывают с нижней, верхней или с боковой выгрузкой. При нижней выгрузке аппарат оборудуется отодвигающейся платформой

или раскрывающимся створчатым дном, при верхней — поднимающимися пластинами, а при боковой разгрузке — открывающейся стенкой.

Вертикально-плиточный аппарат состоит из рамы, вертикальных морозильных плит, их привода, а также узла разгрузки. Обычно у вертикально-плиточных аппаратов отсутствует изолированный контур, что увеличивает тепловую нагрузку на холодильное оборудование, обслуживающее такие аппараты.

В вертикально-плиточных аппаратах морозильные плиты могут перемещаться гидравлическим приводом или хладоносителем. Конструктивно вертикально-плиточные аппараты могут выполняться со всеми подвижными морозильными плитами или с неподвижными и подвижными.

Вертикально-плиточный аппарат с подвижными плитами представлен на рис. 89. На раме аппарата монтируются вертикальные морозильные плиты, охлаждаемые холодильным агентом, который подается к морозильным плитам и отводится от них с помощью гибких шлангов. После загрузки аппарата продуктом морозильные плиты сдвигаются на определенное расстояние, которое фиксируется кассетами, заранее вставленными между плитами. Это расстояние и определяет толщину блока. Давление замораживаемого продукта на морозильные плиты компенсируется гидравлическим устройством.

Несколько таких аппаратов обслуживается специальными разгрузочными тележками, имеющими перегородки по числу замороженных блоков в аппарате. После оттаивания замороженных блоков морозильные плиты раздвигаются и подтаявшие блоки выпадают на разгрузочную тележку, на которой они и транспортируются в камеру хранения.

Вертикально-плиточный аппарат с одной неподвижной (средняя) и двумя подвижными (боковая) плитами показан на рис. 90. Тяговые пружины прижимают подвижные плиты, раздвигаемые гидравлическими приводами, к неподвижной плите. К коллекторам аппарата подвижные плиты присоединены гибкими резиновыми шлангами, а неподвижные — стальными патрубками. Морозильный аппарат закрывается верхними и нижними откидными

Рис. 90. Вертикально-плиточный аппарат с одной неподвижной и двумя подвижными плитами:

1 — рама; 2 — морозильные секции.

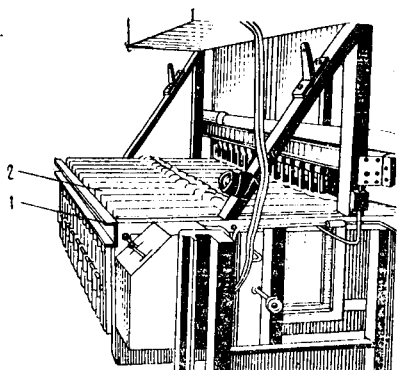
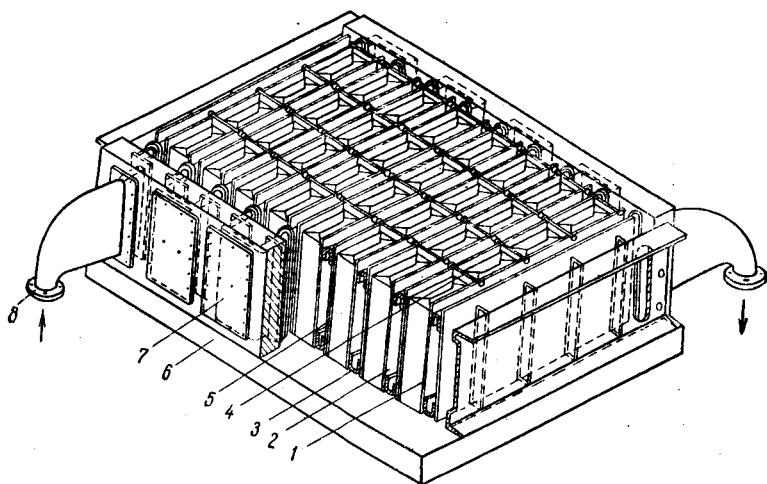


Рис. 91. Мембранный морозильный аппарат:

1 — резиновая манжета; 2 — мембранная камера; 3 — ограничитель; 4 — блок мяса; 5 — стальная мембрана; 6 — подвижное дно; 7 — коллектор; 8 — патрубок для хладагента.



крышками, укрепленными на раме, которые также поднимает и опускает гидравлический привод.

Все автоматические приборы управления аппаратом находятся на пульте. Часовой механизм аппарата позволяет регулировать продолжительность замораживания от 40 мин до 4 ч.

Через специальные желоба сырье из загрузочной тележки поступает в пространство между плитами аппарата. После окончания загрузки аппарата продуктом

пружины прижимают подвижные плиты к неподвижным. Затем аппарат закрывается верхними откидными крышками. Для подпрессовки замораживаемых блоков рама опускается примерно на 80 мм, и аппарат подключается к системе охлаждения морозильных секций холодильным агентом или хладоносителем. После того как блоки заморожены, в плиты подается горячий пар (при непосредственной системе охлаждения) или теплый хладоноситель. Происходит оттаивание блоков, примерзших к плитам. После окончания оттаивания плиты раздвигаются, образуя зазор между ними и подтаявшим продуктом, а затем блоки (сбоку) удаляются из аппарата.

Из аппарата замороженные блоки выгружаются в тележку, а затем направляются на глазурирование и упаковку.

Аппарат компактен, у него механизированы загрузка и выгрузка продуктов. Однако отсутствие изолированного контура и необходимость обогрева морозильных плит являются причиной повышенной тепловой нагрузки и возрастания стоимости эксплуатации аппарата.

Мембранный морозильный аппарат (рис. 91) выполняется в виде прямоугольной коробки с подвижным дном и съемной легкой крышкой, изготовленной из резины. Продольные стенки коробки служат каркасом, а поперечные — коллекторами. Во внутренней полости коробки установлены вертикальные морозильные плиты, которые состоят из двух стальных мембран, соединенных между собой и с коллекторами резиновыми манжетами.

В пространство между плитами (мембранные камеры) насосом подается охлажденный хладоноситель, под давлением которого стальные мембраны раздвигаются. Для ограничения перемещения стальных мембран в аппарате имеются специальные вертикальные перегородки (ограничители), расположенные перпендикулярно стальным мембранам. Ограничители опираются цапфами на кромки стальных мембран и не мешают их свободному перемещению. Стальные мембраны и ограничители являются стенками для 48 форм, в которых происходит формирование и замораживание мясных блоков. Толщина замороженного блока, которая зависит от расстояния между мембранными камерами,

составляет 100 мм. В процессе загрузки аппарата мясом и выгрузки замороженного блока расстояние между мембранными камерами увеличивается до 120 мм.

Для уменьшения теплопритоков корпус аппарата изолирован снаружи и облицован алюминиевыми листами.

Специальное устройство, состоящее из электродвигателя с редуктором и блоков с тросами, служит для открытия и закрытия подвижного дна аппарата.

Взвешенная порция продукта по специальному желобу сыпается в ковш загрузочного устройства. Загрузка аппарата производится с помощью питателя, который выполнен в виде прямоугольной чаши с патрубками. Когда питатель находится над аппаратом и патрубки с мешками вошли в формы, из ковша мясо сыпается в чашу питателя и далее в формы.

После окончания загрузки аппарата в мембранные камеры подается хладоноситель, охлажденный в испарителе. Стальные мембраны плотно прижимаются к упакованному продукту, формируя и замораживая мясные блоки. Когда замораживание мясных блоков закончено, насос откачивает хладоноситель из мембранных камер, создавая в них разрежение.

Под действием разности давлений (в мембранных камерах и вне их) стальные мембраны отодвигаются от продукта, освобождая замороженные блоки, которые удаляются из аппарата при открывании подвижного дна.

Замороженные блоки ленточным транспортером направляются в камеры хранения.

В модернизированном мембранном морозильном аппарате (рис. 92) мембранные камеры заменены полыми цельнометаллическими сварными морозильными плитами, изготовленными из нержавеющей стали. Морозильные плиты связаны между собой шарнирными звеньями цепи. Для циркуляции хладоносителя морозильные плиты последовательно соединены резиновыми патрубками-компенсаторами, которые заменили резиновые манжеты. Морозильные плиты перемещаются с помощью пневматического цилиндра.

Техническая характеристика вертикально-плиточных аппаратов приведена в табл. 14.

ТАБЛИЦА 14

Показатели	Вертикально-плиточный аппарат с одной неподвижной и двумя подвижными плитами	Мембранный морозильный аппарат
Производительность, т в сутки	6	2
Емкость, кг	750	750
Количество морозильных плит, шт.	12	—
Температура теплоотводящей среды, °С	—38	—27
Конечная температура в центре блока, °С	—22	—15
Продолжительность замораживания, мин	150—180	240—250
Габаритные размеры, мм		
длина	1720	2850
ширина	2150	1680
высота	2265	2100
Масса, кг	4200	1800

Роторные аппараты

Аппараты с радиальным расположением плит получили название роторных морозильных аппаратов. В них удачно сочетаются преимущества воздушных и плиточных морозильных аппаратов: процесс замораживания непрерывен, загрузка и выгрузка механизированы, замораживание интенсивное, блоки хорошо подпрессованы.

Роторные морозильные аппараты предназначены для замораживания пищевых продуктов, упакованных в тару (жилованного мяса, субпродуктов, промысловых рыб, рыбного филе и фарша, творога в блоках и брикетах

Рис. 92. Модернизированный мембранный морозильный аппарат:

1 — морозильные плиты; 2 — площадка для обслуживания; 3 — пневмоцилиндр для перемещения морозильных плит; 4 — пневмоцилиндр для опускания и поднятия подвижного дна; 5 — подвижное дно аппарата.

в мелкой расфасовке, а также овощей, фруктов и других продуктов в виде блока). При замораживании продукт находится в непосредственном контакте с морозильными плитами, которые соединены в секции, укрепленные на валу ротора. Такое расположение секций позволяет устанавливать их в любой позиции, а также механизировать и автоматизировать загрузку и выгрузку продуктов в условиях непрерывности замораживания.

В роторных морозильных аппаратах продукт замораживается в кассетах, рассчитанных на несколько блоков. Упакованные продукты не примерзают к кассетам и плитам, что исключает оттаивание блоков при их выгрузке из аппарата.

В зависимости от производительности аппарата ротор собирают из самостоятельных секций, что позволяет загружать и разгружать одну из секций продуктом, в то время как в остальных секциях процесс замораживания может продолжаться. Вал ротора предназначен для крепления секций, приведения их в движение и является одним из основных узлов аппарата. Вал ротора выполнен пустотелым и используется для подачи холодильного агента или хладоносителя в морозильные плиты и отвода его из них. Внутренняя полость вала разделена заглушкой на правую и левую части. В правую часть подается холодильный агент, а из левой он отводится. В торцах вала установлены сальники, обеспечивающие уплотнение системы.

Роторные морозильные аппараты (МАР), состоящие из 23 автономных двухплиточных секций, предназначены для замораживания рыбы.

Морозильные секции первых роторных аппаратов типа МАР были изготовлены из нержавеющей стали и охлаждались хладоносителем. В последующих конструкциях этих аппаратов морозильные секции были переведены на непосредственное охлаждение кипящим аммиаком, что позволило интенсифицировать процесс замораживания блоков и сократить продолжительность их холодильной обработки по сравнению с аппаратами, плиты которых охлаждались хладоносителем, на 20—25%.

В морозильные секции роторных аппаратов холодильный агент обычно подается циркуляционным насо-

сом. Применение насосно-циркуляционного способа подачи позволяет повысить коэффициент теплоотдачи кипящего жидкого аммиака к морозильным секциям и сократить продолжительность замораживания продуктов в аппарате.

Морозильные аппараты типа МАР могут выпускаться как в одинарном, так и в спаренном варианте. В одинарном варианте каждый аппарат имеет индивидуальную насосную станцию, транспортер выгрузки и площадку обслуживания. При спаренном варианте аппараты имеют одну насосную станцию, общий транспортер выгрузки замороженных блоков и общую площадку обслуживания.

На базе аппаратов типа МАР для замораживания мясных продуктов был разработан автоматизированный роторный аппарат типа АРСА-10, а для замораживания рыбы — АРСА-3-15Р.

Аппарат АРСА-10 состоит из 27 автономных двухплиточных секций, охлаждаемых жидким аммиаком.

В аппарате АРСА-3-15Р блоки рыбы замораживаются в автономных трехплиточных секциях, применение которых позволило рационально использовать их охлаждающую площадь поверхности, так как количество плит в секции возросло на одну, а масса продукта, загружаемого в секцию, увеличилась в 2 раза. Производительность аппарата возросла на 30% при незначительном изменении габаритных размеров по сравнению с аппаратами, морозильные секции которых состоят из двух плит. Морозильные секции аппарата АРСА-3-15Р могут охлаждаться кипящим аммиаком или фреоном.

Все роторные морозильные аппараты являются устройствами пульсирующего действия.

Автоматизированный роторный аппарат типа АРСА-3-15Р показан на рис. 93. Основными рабочими элементами аппарата являются радиально расположенные относительно вала трехплиточные секции, в которых замораживается продукт, механизмы открытия секций и поворота ротора, загрузочное устройство, механизмы отсекающих и срыва блоков, транспортер выгрузки блоков, кантователь и насосная станция.

Каждая секция аппарата состоит из средней, верхней и нижней морозильных плит. Морозильные плиты

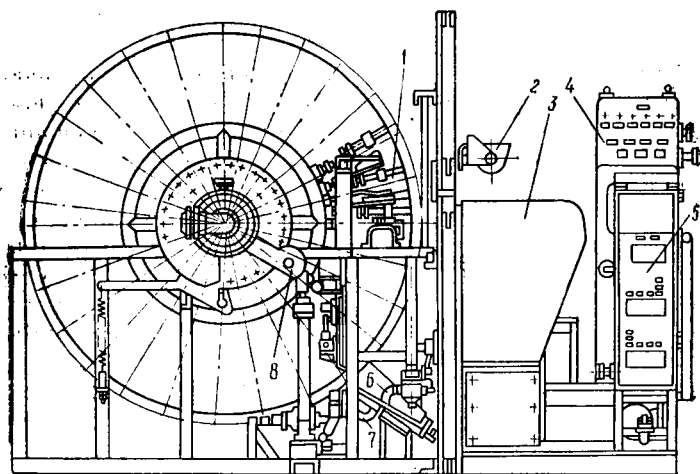


Рис. 93. Автоматизированный роторный морозильный аппарат типа АРСА-3-15Р:

1 — механизм открытия морозильной секции; 2 — дозирующее устройство; 3 — загрузочное устройство; 4 — приборы управления электрической системы (шкаф); 5 — приборы управления гидравлической системой (шкаф); 6 — транспортер выгрузки блоков; 7 — механизм срыва блоков; 8 — механизм поворота блоков.

изготавливаются из специального алюминиевого профиля. По каналам морозильных плит циркулирует холодильный агент, подача которого в каждую морозильную плиту и отвод из нее производится через специальные штуцеры, приваренные к морозильным плитам. Для равномерной подачи холодильного агента установлена дроссельная шайба с калиброванным отверстием диаметром 4 мм.

Средняя морозильная плита является неподвижной относительно вала ротора и жестко крепится на кронштейнах, которые находятся на дисках вала ротора. Верхняя и нижняя морозильные плиты притягиваются к средней пружинами, установленными с двух сторон секции. Фиксирование верхней и нижней морозильных плит относительно средней морозильной плиты производится с помощью штырей, входящих в валики, которые закреплены на средней морозильной плите. При работе аппарата подлежащий замораживанию продукт загружается в пространство между плитами.

Механизм открытия состоит из валиков с кулачками. Поворот валиков осуществляется под действием штока гидравлических цилиндров, предназначенных для открытия секций. Кулачки, закрепленные на кольцах валика, передают усилие на верхнюю (или нижнюю) морозильную плиту через специальные пальцы, приваренные к плите и, поднимая (или опуская) морозильную плиту, увеличивают расстояние между ними. Условный проход в момент раскрытия секций составляет 100 мм. Рабочие пружины секции растягиваются, что позволяет при обжатиі блоков создать необходимое давление на продукт для подпрессовки.

Механизм поворота ротора состоит из водила и диска, гидравлического цилиндра и фиксатора.

Водило с помощью втулки насажено на обечайку левого коллектора вала ротора. От осевых перемещений водило предохраняют два полукольца, вставленных в кольцевой паз стакана коллектора вала и соединенных между собой винтами. К фланцу левого коллектора болтовыми соединениями прикреплен диск, в котором имеются отверстия (по числу секций).

Движущим элементом механизма поворота ротора является гидравлический цилиндр, хвостовик которого с помощью пальца шарнирно закреплен между двумя кронштейнами, приваренными к раме аппарата. На шток гидравлического цилиндра накинута вилка, зафиксированная штифтом. С помощью пальца вилка соединена с рычагом водила. На нем шарнирно сидит собачка, зафиксированная в определенном положении пружиной. При движении штока гидравлического цилиндра вверх водило, вращаясь вместе с обечайкой, поворачивается на валу ротора таким образом, что собачка упирается в палец, поворачивает ротор аппарата, устанавливая следующие секции в позицию загрузки. При обратном движении штока цилиндра собачка выходит из зацепления с пальцем диска и скользит по нижерасположенным пальцам, возвращаясь пружиной в первоначальное положение. Поскольку собачка не зацепляется с пальцем диска, ротор не вращается, оставаясь в том положении, в котором он оказался после поворота.

Фиксатор представляет собой рычаг, сидящий с помощью втулки на пальце, который прикреплен к раме

аппарата. Один конец рычага удерживается пружиной, соединенной винтом и гайкой с рамой.

Загрузочное устройство представляет собой подвижной стол, который может перемещаться по вертикали, обеспечивая загрузку верхних и нижних секций. Горизонтальное перемещение подвижного стола осуществляется гидравлическим приводом через реечное зацепление. Механизмы автоматики (конечные выключатели) обеспечивают периодическое движение подвижного стола вперед для загрузки и назад в исходное положение.

Механизм отсекателей удерживает блоки в секции при загрузке подвижного стола и его возвращении в исходное положение. Механизм состоит из валиков с флажками и гидравлических цилиндров. По окончании загрузки секции гидравлический цилиндр поворачивает валик так, что флажки упираются в кассету и удерживают блок в секции. После этого механизм отсекателей возвращается в исходное положение.

Механизм срыва блоков, расположенный в нижней части аппарата, состоит из вала с рычагами, которые при повороте вала сдвигают замороженные блоки к центру ротора и удерживают их от произвольного выпадания. Когда секция находится на позиции выгрузки, рычаги механизма срыва блоков быстро возвращаются в исходное положение. Замороженные блоки соскальзывают на лоток транспортера выгрузки блоков. Выпавшие блоки сдвигаются в кантователь. Внизу лотка установлены контрольные устройства, фиксирующие выпадение блока.

Транспортер выгрузки блоков состоит из винта, ходовой гайки и скребка. Вращение винта осуществляется гидравлическим приводом.

С транспортера выгрузки блоки попадают в кантователь, который, поворачиваясь вокруг оси, подает блоки на упаковочный стол. Кантователь приводится в движение гидравлическим цилиндром.

Насосная станция аппарата является автономной. Производительность насоса 18 л/мин при рабочем давлении 400—500 кПа.

На базе аппарата АРСА-3-15Р разработан унифицированный роторный морозильный аппарат марки УРМА, предназначенный для блочного замораживания разнообразных пищевых продуктов. В этом

аппарате продукт замораживается по заранее заданной программе (циклограмме), которую можно изменить в зависимости от вида замороженного продукта, температуры и вида теплоотводящей среды (фреона или аммиака), а также от толщины замораживаемых блоков.

В целях повышения надежности работы все элементы управления расположены за пределами охлаждаемого контура. Процессы разгрузки аппарата и вывода замороженных блоков за его пределы в аппарате типа УРМА полностью механизированы.

Основные достоинства роторных морозильных аппаратов следующие: продолжительность домораживания снижена в 1,5—2 раза по сравнению с воздушными морозильными аппаратами; непрерывность процесса замораживания создает равномерную нагрузку на холодильную установку и облегчает регулирование режима ее работы; механизация и автоматизация работы аппаратов значительно облегчает труд обслуживающего персонала, создает высокую культуру производства и хорошие санитарно-гигиенические условия; хорошая подпрессовка блоков обеспечивает ровные площади поверхности, строгие геометрические формы и плотность блока, что повышает емкость охлаждаемых помещений на 10—15%; предварительная упаковка продукта перед его замораживанием исключает оттаивание блоков при разгрузке, что уменьшает теплопритоки и улучшает качество продукта; вследствие отсутствия глазуковки блоков улучшается качество продукта и снижается тепловая нагрузка на холодильное оборудование, габаритные размеры, масса и энергетические затраты роторных морозильных аппаратов примерно на 30—40% меньше, чем воздушных морозильных аппаратов такой же производительности; роторные морозильные аппараты выпускаются в собранном виде, что сокращает время и удешевляет стоимость монтажных работ.

Аппарат «Кюльавтомат» (ГДР) предназначен для замораживания рыбы, рыбного филе, фарша. Охлаждение морозильных плит аппарата холодильным агентом, кипящим при низких температурах ($-62 \div -65^{\circ}\text{C}$), позволило значительно интенсифицировать процесс замораживания блоков рыбы.

Морозильный аппарат (рис. 94) состоит из изолированного контура, морозильных плит, загрузочного уст-

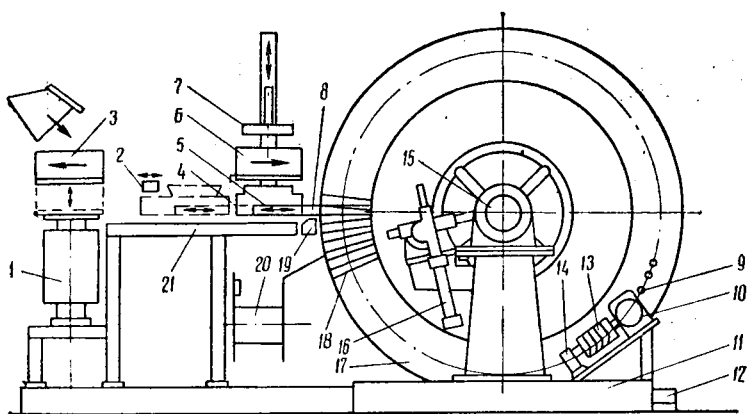


Рис. 94. Роторный морозильный аппарат «Кюльавтомат» (ГДР):

1 — весы; 2 — устройство вытягивания; 3 — дозирующее устройство; 4 — кассеты; 5 — толкатель; 6 — заслонка; 7 — затвор; 8 — полиэтиленовые листы; 9 — штифты; 10 — редуктор; 11 — рама; 12 — поддон; 13 — текстолитовый кулачок; 14 — гидравлический привод ротора; 15 — пустотелый вал ротора; 16 — механизм разгрузки; 17 — кожух; 18 — морозильные плиты; 19 — лотки; 20 — транспортер разгрузки; 21 — разгрузочное устройство.

ройства (весы, дозирующее устройство, толкатель, заслонка, затвор и полиэтиленовые листы), механизма разгрузки, вала ротора с дисками для крепления 60 морозильных плит, транспортера разгрузки, гидравлического привода аппарата.

Аппарат монтируется на раме с поддоном для сбора талой воды, образующейся при оттаивании морозильных плит. Из-за конденсации влаги, находящейся в воздухе, который попадает в изолированный контур аппарата, морозильные плиты покрываются снеговой шубой. Плиты могут перемещаться в радиальном направлении от центра ротора, что позволяет компенсировать увеличение объема продукта при замораживании.

Блоки замораживаются в ячейках размером $800 \times 250 \times 60$ мм.

По каналам морозильных плит циркулирует жидкий холодильный агент, который подается в плиты через пустотелый вал ротора насосом. Из морозильных плит парожидкостная смесь удаляется также через пустотелый вал, разделенный на камеры. В морозильные плиты жидкий холодильный агент направляется через

трубки с диафрагмами, которые необходимы для равномерного распределения агента. Парожидкостная смесь отводится через паровые патрубки и кольцевой коллектор.

Ротор приводится в движение гидравлическим приводом через редуктор и текстолитовый кулачок, профиль которого выбран так, что при зацеплении его со штифтом ротор вращается прерывисто и фиксируется в положениях загрузки и выгрузки аппарата.

Морозильный аппарат работает автоматически по заданной программе.

Порция рыбы поступает в два дозирующих устройства, установленные на весах. После взвешивания порции гидравлический привод перемещает дозирующее устройство для разгрузки. Специальное устройство вытягивает заслонки, и рыба поступает в кассеты. Дозирующее устройство, переходя в позицию загрузки, захватывает заслонки. С помощью затвора кассеты закрываются частично. В кассете расположены толкатели. Со стороны ротора к кассетам прикреплены лотки из нержавеющей стали и полиэтиленовые листы (размеры их равны размерам морозильной ячейки). Перед загрузкой рыбы в аппарат кассеты, выдвигаясь в сторону ротора, перемещают лотки и листы в пространство между плитами. Толкатели, которые двигаются внутри кассет, загружают рыбу в ячейки. Кассеты вместе с лотком и полиэтиленовым листом в течение 20 с остаются в положении загрузки, не допуская выпадения рыбы из ячеек. Перед поворотом ротора толкатель останавливается перед кассетами. Ротор поворачивается на 6°, и следующие ячейки переходят в положение загрузки, а толкатели возвращаются в исходное положение. Механизм разгрузки с помощью металлических стержней через отверстие в корпусе ротора выгружает замороженные блоки на транспортер разгрузки.

Несмотря на непосредственный контакт продукта с морозильными плитами, имеющими низкую температуру, замороженные блоки легко, без предварительного оттаивания, удаляются механизмом разгрузки из аппарата. Это объясняется тем, что силы сцепления переохлажденного льда с гладкой площадью поверхности морозильных плит незначительны. Морозильный аппарат удобен и прост в обслуживании.

Техническая характеристика роторных морозильных аппаратов приведена в табл. 15.

ТАБЛИЦА 15

Показатели	Роторные морозильные аппараты типов				
	МАР	АРСА-10	АРСА-3-15Р	УРМА	«Кюльав-томат» (ГДР)
Производительность, т в сутки	8	10—11	15	15—22	30
Емкость, кг	1012	1080	1320	1320	600
Число морозильных секций, шт.	23	27	15	15	—
Количество, шт.					
плит в каждой секции	2	2	3	3	60*
блоков	—	—	—	—	120
Температура теплоотдающей среды, °С	—28	—40	—40	—40	—65
Конечная температура замораживаемого блока, °С	—18	—18	—23	—22	—25
Продолжительность замораживания, мин	120	60—90	60—80	60—80	50—55
Габаритные размеры, мм					
длина	4345	4300	4900	5000	4500
ширина	4000	4000	4200	5200	3500
высота	2360	2360	2500	2620	2600
Масса, кг	7500	8000	8500	8000	5000

* Количество плит в аппарате.

Морозильные аппараты барабанного типа

Морозильные аппараты барабанного типа предназначены для замораживания мелкоштучных неупакованных продуктов, влажных продуктов неправильной формы и жидких продуктов. Замораживающим элементом этих аппаратов является вращающийся цилиндрический барабан, в пространство между стенками которого подается холодильный агент или хладоноситель (через

Рис. 95. Морозильный аппарат барабанного типа для замораживания мелкоштучных неупакованных продуктов:

1 — цилиндрический барабан; 2 — изолированный контур; 3 — лопастное колесо; 4 — разгрузочный конвейер; 5 — загрузочный транспортер; 6 — охлаждающий змеевик.

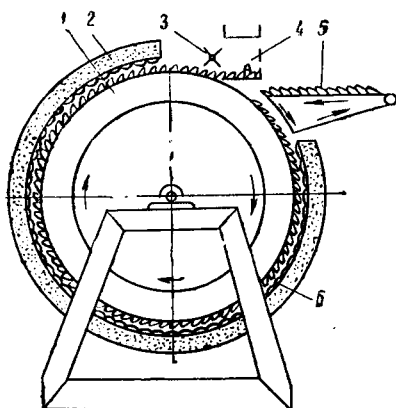
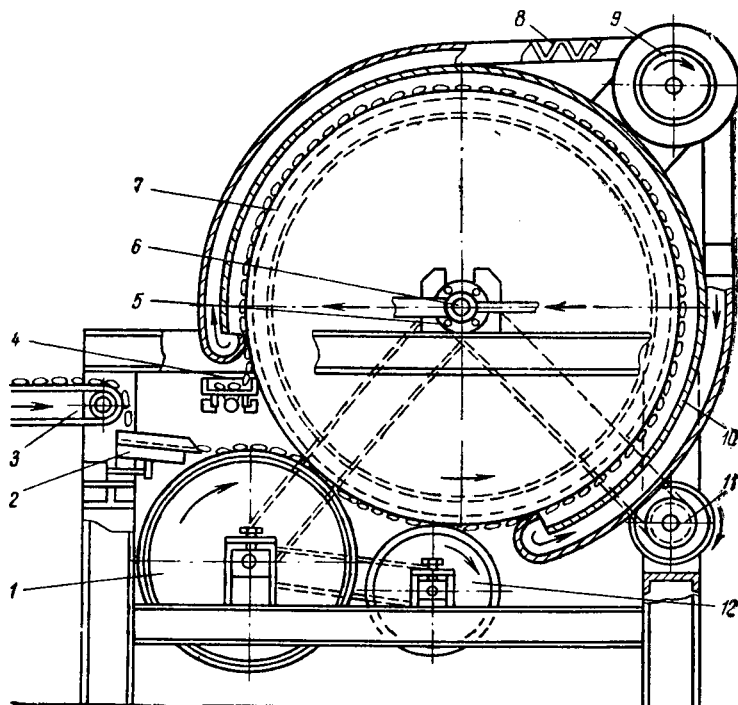


Рис. 96. Морозильный аппарат барабанного типа для замораживания влажных продуктов неправильной формы:

1 — питающий барабан; 2, 4 — вибротетки; 3 — входной конвейер; 5 — подшипники; 6 — вал; 7 — замораживающий барабан; 8 — воздухоохладитель; 9 — вентилятор; 10 — кожух; 11 — электродвигатель; 12 — прижимной барабан.



пустотелый вал со специальным сальниковым уплотнением).

В состав морозильного аппарата барабанного типа для замораживания мелкоштучных неупакованных продуктов (рис. 95) входят цилиндрический барабан, охлаждающий змеевик, загрузочный транспортер, разгрузочное устройство. Барабан расположен в изолированном контуре. Зазор между барабаном и изолированным контуром равен 50 мм. Приводом барабана аппарата служит электродвигатель мощностью 0,5 кВт, соединенный с вариатором скоростей. Внутри изолированного контура проходит змеевик, охлаждающий зазор.

Разгрузочное устройство состоит из ножа, лопастного колеса и разгрузочного конвейера. Нож изготовлен из нержавеющей стали шириной 100 мм и усилен алюминиевым ребром. Вращение лопастного колеса согласовано с движением конвейера таким образом, что один его оборот соответствует определенному расстоянию движения ленты. Разгрузочный конвейер соединяет аппарат с глазу ровочной или с упаковочной машиной. Лопастное колесо и разгрузочный конвейер имеют свои приводы.

Подлежащий замораживанию продукт находится на загрузочном транспортере. Продукт подается на барабан и в течение некоторого времени движется, находясь между лентой загрузочного транспортера и площадью поверхности барабана. Транспортер слегка прижимает продукт к площади поверхности барабана, и он примерзает к ней. С барабана замороженный продукт удаляется ножом, а лопастное колесо направляет его на разгрузочный конвейер, который транспортирует этот продукт для последующей глазу ровки и упаковки в тару.

Аппарат компактен, механизирован, просто встраивается в технологические линии по производству мелкоштучных замороженных пищевых продуктов.

Морозильный аппарат барабанного типа для замораживания влажных продуктов неправильной формы (куски мяса, пирожки, креветки) состоит из замораживающего барабана, закрепленного на валу и вращающегося в подшипниках, вибрлотка, входного конвейера, питающего и прижимного барабанов, кожуха и воздухоохладителя (рис. 96).

Для уменьшения объема, в котором кипит холодильный агент, замораживающий барабан имеет кольцевое пространство. Подача холодильного агента в кольцевое пространство и удаление пара из него производится через общую цапфу, расположенную на одной из торцовых сторон замораживающего барабана. Цапфа используется для размещения привода вращения замораживающего барабана. Чтобы аппарат мог работать эффективно без изоляции, вокруг замораживающего барабана предусмотрен кожух, куда с помощью центробежного вентилятора направляется поток холодного воздуха. Охлаждение воздуха производится змеевиковой батареей. Холодный воздух обдувает замораживаемый продукт, находящийся на площади поверхности замораживающего барабана.

Подача продукта осуществляется с помощью входного конвейера, виброток и питающего барабана, который выполнен многослойным и состоит из стальной обечайки и упругого материала. Привод барабанов осуществляется от общего электродвигателя, и скорости вращения их примерно одинаковы. Разгрузка продукта из аппарата происходит с помощью наклонного виброток, на котором закреплен нож.

По входному конвейеру продукт поступает на виброток, где равномерно распределяется и за счет его наклона попадает на площадь поверхности питающего барабана. Положение питающего барабана относительно замораживающего барабана, а также расстояние между ними регулируются в зависимости от толщины кусков замораживаемого продукта.

Питающий и прижимной барабаны вращаются в одну сторону, противоположную направлению вращения замораживающего барабана. Так как температура кипения холодильного агента в пространстве замораживающего барабана низкая ($-55 \div -65^{\circ}\text{C}$), при соприкосновении с его площадью поверхности влажный продукт мгновенно примерзает к ней. Прижимным барабаном продукт слегка подпрессовывается и, плотно прижатый к площади поверхности замораживающего барабана, быстро замораживается. Этому также способствует и то, что находясь на замораживающем барабане, он обдувается холодным воздухом, температура которого $-40 \div -45^{\circ}\text{C}$.

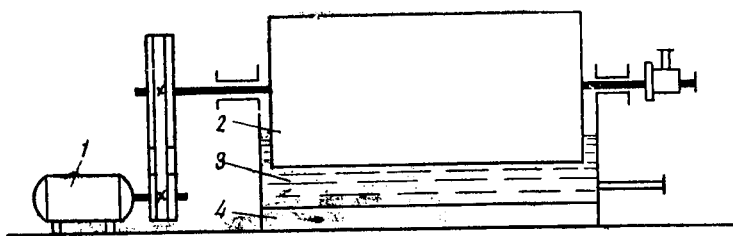


Рис. 97. Морозильный аппарат барабанного типа для замораживания жидких пищевых продуктов:

1 — привод; 2 — барабан; 3 — ванна с продуктом; 4 — рама.

Аппарат компактен, интенсивен, процесс замораживания продуктов в нем механизирован и автоматизирован. К недостаткам аппарата можно отнести ограниченность продуктов, которые могут замораживаться в нем, а также повышенную усушку.

Морозильный аппарат барабанного типа для замораживания жидких пищевых продуктов (рис. 97) состоит из барабана, ванны с продуктом, привода и рамы.

Под барабаном располагают ванну с продуктом, которая устанавливается так, что часть замораживающей площади поверхности барабана, охлаждаемая кипящим аммиаком или фреоном, находится в ней и погружена в жидкий продукт. При вращении барабана он непрерывно смачивается жидким продуктом, который примерзает к его площади поверхности. В зависимости от вида продукта и частоты вращения барабана меняется толщина замораживаемого слоя.

Перед входом барабана в ванну вдоль его образующей установлена специальная вращающаяся фреза, которая приводится в движение от общего привода через зубчатую передачу. Зазор между фрезой и металлической площадью поверхности барабана минимален. Снятый с барабана фрезой замороженный слой попадает в приемный бункер, и разгрузочным транспортером продукт выводится из аппарата.

Аппарат компактен, интенсивен, позволяет непрерывно замораживать жидкие пищевые продукты. Эффективность работы аппарата во многом зависит от того,

насколько чисто фреза снимает слой замороженного продукта с замораживающей поверхности барабана.

Техническая характеристика морозильных аппаратов барабанного типа приведена в табл. 16.

ТАБЛИЦА 16

Показатели	Аппараты для замораживания продуктов		
	мелкоштучных неупакованных	неправильной формы	жидких
Производительность, кг/ч	200—250	200—250	100
Емкость, кг	50—60	50—60	20
Температура теплоотводящей среды, °С	—35	—55 ÷ —65	—30
Конечная температура замораживаемого продукта, °С	—18	—18	—20
Продолжительность замораживания, мин	5—20	5—15	3—5
Габаритные размеры, мм			
длина	1800	2100	3400
ширина	2000	3200	1800
высота	2600	3000	2600
Масса, кг	1100	1800	800

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПЛИТОЧНЫХ АППАРАТОВ

При расчете плиточных морозильных аппаратов периодического действия должны быть заданы: производительность аппарата, расположение плит, размеры замораживаемого блока, вид и температура теплоотводящей среды, вид замораживаемого продукта, а также его начальная и конечная температуры.

Основы расчета плиточных морозильных аппаратов приведены для случая охлаждения горизонтальных плит кипящим холодильным агентом и хладоносителем.

При охлаждении морозильных плит горизонтально-плиточного аппарата кипящим холодильным агентом, подаваемым в аппарат насосом, необходимо определить объем и массу замораживаемого блока; продолжительность замораживания блока и количество циклов рабо-

ты аппарата в течение суток; емкость аппарата и количество блоков, находящихся в нем; количество морозильных плит; тепловую нагрузку; емкость испарительной системы аппарата; количество холодильного агента, циркулирующего в морозильных плитах аппарата; гидравлическое сопротивление испарительной системы морозильного аппарата; диаметр дроссельной шайбы, установленной при входе холодильного агента в морозильную плиту; производительность циркуляционного насоса; падение давления в испарительной системе.

Объем замораживаемого блока находят по формуле (18).

Массу замораживаемого блока определяют по формуле (19).

Продолжительность замораживания блока рассчитывают по формуле Планка (20). Значение коэффициента теплоотдачи от кипящего холодильного агента к морозильной плите, входящее в формулу (20), в зависимости от его вида (аммиак, фреон-22 или фреон-12) можно найти из уравнения вида

$$\alpha = f(q_{\text{ср}}),$$

где $q_{\text{ср}}$ — средний тепловой поток от замораживаемого блока к площади поверхности морозильной плиты, Вт/м²;

$$q_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{бл}}}{2F_{\text{бл}} \tau}, \quad (23)$$

$Q_{\text{бл}}$ — количество тепла, отводимое от блока при его замораживании в аппарате, Дж;

$$Q_{\text{бл}} = q_3 g_1,$$

$F_{\text{бл}}$ — площадь соприкосновения блока с морозильной плитой аппарата, м²;

$$F_{\text{бл}} = lB.$$

В уравнение (20) входит неизвестное значение продолжительности замораживания блока, зависящее от коэффициента теплоотдачи. Задаваясь продолжительностью замораживания блока, вычисляют по уравнению (23) средний тепловой поток от замораживаемого блока к площади поверхности морозильной плиты, а затем и коэффициент теплоотдачи от кипящего холодильного агента к морозильной плите.

Подставляя найденное значение коэффициента теплоотдачи от кипящего холодильного агента к морозиль-

ной плите в формулу (20), определяют продолжительность замораживания блока.

Если вычисленная по формуле Планка продолжительность замораживания блока хорошо согласуется ($\pm 5\%$) с принятой, то задача решена. Если же расхождение более 5% , то необходимо принять новое значение продолжительности замораживания, повторяя решение до тех пор, пока не будет достигнуто хорошее совпадение принятой и вычисленной величин.

А. В. Степанова и В. Б. Ржевская (ЛТИХП) показали, что формула Планка не позволяет точно вычислить продолжительность замораживания блоков в плиточных морозильных аппаратах. Продолжительность процесса холодильной обработки блоков в плиточных морозильных аппаратах они предложили находить как сумму продолжительностей замораживания блока до криоскопической температуры в центре и домораживания блока до конечной температуры в центре

$$\tau = \tau_1 + \tau_2,$$

где τ_1 — продолжительность замораживания блока до криоскопической температуры в центре, с;

$$\tau_1 = \frac{\left(\frac{\delta}{2}\right)^2 q'_3 \rho}{2\lambda_o (t_{кр} - t_{нач})} \left[1 - \frac{\lambda_3 (t_{нач} - t_c)}{2\lambda_o (t_{кр} - t_{нач})} \ln \times \right. \\ \left. \times \left(1 + \frac{2\lambda_o (t_{кр} - t_{нач})}{\lambda_3 (t_{кр} - t_c)} \right) \right],$$

q'_3 — количество тепла, отводимое от продукта при его замораживании от начальной температуры до криоскопической температуры, Дж/кг;

λ_o, λ_3 — теплопроводность охлажденного и замороженного продукта, Вт/(м·К);

τ_2 — продолжительность домораживания блока до конечной температуры в центре, с;

$$\tau_2 = \frac{Fo \left(\frac{\delta}{2}\right)^2}{a_m},$$

a_m — температуропроводность замороженного продукта, м²/с.

Величина критерия Fo зависит от безразмерной температуры θ (рис. 98), значение которой находят по формуле

$$\theta = \frac{t_k - t_c}{t_{кр} - t_c}.$$

Так как между блоком и морозильной плитой могут находиться воздушные прослойки, которые удлиняют про-

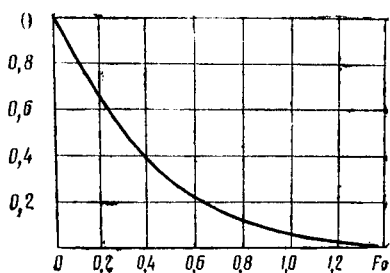


Рис. 98. График зависимости безразмерной температуры θ от критерия Fo .

должительность холодильной обработки продукта в аппарате, действительная продолжительность замораживания составит

$$\tau_d = \frac{\tau}{\varphi_0},$$

где τ_d — действительная продолжительность замораживания блока, с;
 φ_0 — коэффициент, учитывающий возрастание продолжительности замораживания блока, вследствие неплотного контакта площади продукта и морозильной плиты ($\varphi_0 = 0,85-0,9$).

Количество циклов работы аппарата в течение суток определяют по формуле

$$n_c = \frac{\tau_c}{\tau_{\text{ц}}}.$$

где n_c — количество циклов работы аппарата в течение суток;
 τ_c — продолжительность работы аппарата в течение суток, ч ($\tau_c = 22$ ч);
 $\tau_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла работы аппарата с учетом времени загрузки аппарата продуктом и времени выгрузки замороженных блоков, ч.

Продолжительность цикла работы аппарата находят по формуле (10), принимая $\tau_{\text{з.в}} = 0,25 \div 0,33$ ч.

Емкость аппарата определяют по уравнению

$$G = \frac{G'}{n_c}.$$

Количество блоков в аппарате рассчитывают по формуле (22).

Тогда количество морозильных плит в аппарате

$$n_{\text{п}} = \frac{z_6}{z_{\text{п}}} + 1,$$

где $n_{\text{п}}$ — количество морозильных плит в аппарате, шт.;
 $z_{\text{п}}$ — количество блоков, находящихся на одной морозильной плите.

Тепловую нагрузку определяют по уравнению

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_{\text{п}},$$

где Q_n — тепловая нагрузка от металла морозильных плит при их охлаждении, Вт;

$$Q_n = \frac{G_n c_n n_n (t_1 - t_c)}{\tau_d},$$

G_n — масса одной плиты, кг;

c_n — удельная теплоемкость материала плит, Дж/(кг·К).

Емкость испарительной системы аппарата находится для того, чтобы можно было рассчитать и подобрать циркуляционный и дренажный ресиверы, обслуживающие аппарат. Емкость испарительной системы аппарата находят по формуле

$$V_{ис} = V_n + V_k + V_{ш},$$

где $V_{ис}$, V_n , V_k , $V_{ш}$ — емкость испарительной системы аппарата, морозильных плит, коллекторов, гибких шлангов, м³.

Емкость морозильных плит определяют по уравнению

$$V_n = \kappa b_k h_k l_k n_n,$$

где κ — количество каналов в плите, шт.;

b_k , h_k , l_k — ширина, высота, длина канала плиты, м.

Емкость коллекторов рассчитывают по формуле

$$V_k = \frac{\pi}{4} l_{кл} (d_1^2 + d_2^2),$$

где $l_{кл}$ — длина коллектора, м;

d_1 , d_2 — внутренний диаметр жидкостного и парового коллекторов, м.

Емкость гибких шлангов находят по уравнению

$$V_{ш} = \frac{\pi}{4} (d'_{ш} + d''_{ш}) n_n l_{ш},$$

где $d'_{ш}$ — внутренний диаметр гибкого шланга, по которому жидкость поступает в морозильную плиту, м;

$d''_{ш}$ — внутренний диаметр гибкого шланга, по которому парожидкостная смесь отводится из морозильной плиты, м;

$l_{ш}$ — длина гибкого шланга, м.

Количество жидкого холодильного агента, циркулирующего в морозильных плитах аппарата, определяют по формуле

$$G'_a = G_a n',$$

где G'_a , G_a — количество жидкого холодильного агента, циркулирующего и испаряющегося в морозильных плитах аппарата, кг/с;

$$G_a = \frac{Q_0}{r_a},$$

r_a — теплота парообразования жидкого холодильного агента при температуре кипения, Дж/кг;

n' — кратность циркуляции.

Гидравлическое сопротивление испарительной системы морозильного аппарата находят по уравнению

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7,$$

где ΔP — гидравлическое сопротивление испарительной системы морозильного аппарата, Па;

$\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3, \Delta P_4, \Delta P_5, \Delta P_6, \Delta P_7$ — гидравлические сопротивления каналов морозильных плит, поворотов, каналов в морозильных плитах, гибкого шланга, по которому парожидкостная смесь отводится из морозильной плиты, парового коллектора, жидкостного коллектора, гибкого шланга, по которому жидкость подается к морозильной плите, дроссельной шайбы, установленной при входе холодильного агента в морозильную плиту, Па.

Гидравлическое сопротивление каналов морозильных плит определяют по уравнению

$$\Delta P_1 = 78,5 \lambda_{\text{тр}} \frac{v'' - v'}{r_a^2} \left(\frac{L'_n}{d_3} \right)^3 q^2 n' \left(1 + \frac{v'}{v'' - v'} 2n' \right),$$

где $\lambda_{\text{тр}}$ — коэффициент трения жидкого холодильного агента;
 v'', v' — удельный объем сухого насыщенного пара и жидкого холодильного агента при температуре кипения, м³/кг;

L'_n — длина пути, который проходит аммиак в плите, м;

$$L'_n = l_k \kappa',$$

κ' — количество каналов в одном параллельном ряду, шт.;

$$\kappa' = \frac{\kappa}{\Pi},$$

Π — количество параллельных рядов в плите, шт.;

$$d_3 = \frac{4bh}{2(b+h)};$$

$$q = \frac{G_a r_a}{L_n B_n n_n},$$

L_n, B_n — длина и ширина морозильных плит, м.

Гидравлическое сопротивление поворотов в морозильных плитах рассчитывают по формуле

$$\Delta P_2 = \xi_n n \frac{w_n^2}{2} \cdot \frac{1}{v_{cp}},$$

где w_n — скорость движения парожидкостной смеси в каналах морозильных плит, м/с;

$$w_n = \frac{G'_a v_{cp}}{\Pi b h n_n},$$

v_{cp} — средний удельный объем холодильного агента в плите, м³/кг;

$$v_{cp} = \left(1 + \frac{1}{n'}\right) v' + \frac{1}{n'} v''.$$

Гидравлическое сопротивление гибкого шланга, по которому парожидкостная смесь отводится из морозильной плиты, определяют по уравнению

$$\Delta P_3 = \left(\lambda_{тр} \frac{l_{ш}}{d''_{ш}} + \Sigma \xi_{ш} \right) \frac{(w''_{ш})^2}{2v_{cp}},$$

где $\Sigma \xi_{ш}$ — местные сопротивления гибкого шланга;

$$\Sigma \xi_{ш} = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3,$$

ξ_1, ξ_2, ξ_3 — коэффициенты местного сопротивления входа парожидкостной смеси в гибкий шланг из морозильной плиты, поворота парожидкостной смеси в гибком шланге, выхода парожидкостной смеси из гибкого шланга в паровой коллектор;

$w''_{ш}$ — скорость движения парожидкостной смеси в гибком шланге, м/с;

$$w''_{ш} = \frac{4G'_a v_{cp}}{\pi (d''_{ш})^2 n_n}.$$

Гидравлическое сопротивление парового коллектора находят по формуле

$$\Delta P_4 = \left(\lambda_{тр} \frac{l}{d_2} + \xi_k \right) \frac{(w''_k)^2}{2v_{cp}},$$

где ξ_k — коэффициент местного сопротивления поворота холодильного агента в коллекторе;

w''_k — средняя скорость движения парожидкостной смеси в паровом коллекторе, м/с;

$$w''_k = \frac{4G'_a v_{cp}}{2\pi d_2^2}.$$

Гидравлическое сопротивление жидкостного коллектора рассчитывают по уравнению

$$\Delta P_5 = \left(\lambda_{тр} \frac{l}{d_1} + \xi_k \right) \frac{(w'_k)^2}{2v'},$$

где w'_k — средняя скорость движения жидкого холодильного агента в жидкостном коллекторе, м/с;

$$w'_k = \frac{4G'_a v}{2\pi d_1^2}.$$

Гидравлическое сопротивление гибкого шланга, по которому жидкость подается к морозильной плите, определяют из зависимости

$$\Delta P_6 = \left(\lambda_{тр} \frac{l}{d'_{ш}} + \Sigma \xi_{ш} \right) \frac{(w'_{ш})^2}{2v'},$$

где $w'_{ш}$ — скорость жидкого холодильного агента в гибком шланге, по которому жидкость подается к морозильной плите, м/с;

$$w'_{ш} = \frac{4G'_a v}{\pi (d'_{ш})^2}.$$

Гидравлическим сопротивлением дроссельной шайбы, установленной при входе холодильного агента в морозильную плиту, обычно задаются ($\Delta P_7 = 15-20$ кПа).

Диаметр дроссельной шайбы находят по формуле

$$d_{ш} = \sqrt[3]{\frac{4G'_a}{n_{п} \mu_0 f \sqrt{\frac{2\Delta P_7}{v'}}}},$$

где $d_{ш}$ — диаметр дроссельной шайбы, установленной при входе холодильного агента в морозильную плиту, м;
 μ_0 — коэффициент расхода.

Производительность циркуляционного насоса рассчитывают по уравнению

$$V'_{ц.н} = G'_a v',$$

где $V'_{ц.н}$ — производительность циркуляционного насоса, м³/с.

Падение давления в испарительной системе морозильного аппарата определяют по формуле

$$\Delta P_{\Pi} = \left(\Delta P + \frac{H}{v'} 9,8 \right) a_{д.п.},$$

где ΔP_{Π} — падение давления в испарительной системе, Па;
 H — высота подъема жидкого холодильного агента к морозильным плитам аппарата, м.

В зависимости от $V'_{ц.н}$ и ΔP_{Π} производится подбор циркуляционного насоса, обслуживающего морозильный аппарат.

При охлаждении морозильных плит горизонтально-плиточного аппарата хладоносителем находят объем и массу замораживаемого блока, а продолжительность замораживания можно вычислить по формуле Планка. Тогда коэффициент теплоотдачи от хладоносителя к пустотелой морозильной плите находят по формуле

$$\alpha = \frac{Nu_f \lambda_s}{d_3},$$

где Nu_f — критерий Нуссельта;

$$Nu_f = 0,15 Re_f^{0,33} Pr_f^{0,43} Gr_f^{0,1},$$

Re_f — критерий Рейнольдса;

$$Re_f = \frac{w_s d_3}{\nu_s},$$

w_s — скорость движения хладоносителя в пустотелой морозильной плите, м/с;

$$w_s = \frac{\pi d_{ш}^2}{4 \delta_{п} B_{п}},$$

$w_{ш}$ — скорость движения хладоносителя в гибком шланге, м/с;
 $\delta_{п}$ — высота канала плиты для циркуляции хладоносителя¹, м;

$$d_3 = \frac{4 \delta_{п} B_{п}}{2 (\delta_{п} + B_{п})},$$

¹ Размерами полой морозильной плиты $\delta_{п}$ и $B_{п}$, а также скоростью движения хладоносителя в гибком шланге $w_{ш}$ и его диаметром необходимо задаться. Внутренний диаметр гибкого шланга составляет 20—30 мм. Обычно скорость движения хладоносителя в гибком шланге равна 0,5—0,7 м/с.

ν_s — кинематическая вязкость хладоносителя, $\text{м}^2/\text{с}$;
 Pr_f — критерий Прандтля;

$$\text{Pr}_f = \frac{\nu_s}{a_s},$$

a_s — температуропроводность хладоносителя, $\text{м}^2/\text{с}$;
 Gr_f — критерий Грасгофа;

$$\text{Gr}_f = \frac{g d_s^3 \beta_s \Delta t_{s0}}{\nu_s^2},$$

β_s — коэффициент объемного расширения хладоносителя, $1/\text{К}$;
 Δt_{s0} — оптимальный нагрев в пустотелой морозильной плите, $^\circ\text{С}$ ($\Delta t_{s0} = 1-3^\circ\text{С}$).

После того как найдена продолжительность замораживания блока, следует определить действительную продолжительность замораживания, количество циклов работы аппарата в течение суток, емкость аппарата, количество блоков и морозильных плит, а также тепловую нагрузку.

Количество хладоносителя, циркулирующего в пустотелых морозильных плитах аппарата, составит

$$G_s = \frac{\pi d_{\text{ш}}^2}{4} \omega_{\text{ш}} \rho_s n_{\text{п}},$$

где G_s — количество хладоносителя, циркулирующего в пустотелых морозильных плитах аппарата, $\text{кг}/\text{с}$;

ρ_s — плотность хладоносителя, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Тогда объем хладоносителя, циркулирующего в пустотелых морозильных плитах аппарата, определяют по формуле

$$V_s = \frac{G_s}{\rho_s},$$

где V_s — объем хладоносителя, циркулирующего в пустотелых морозильных плитах аппарата, $\text{м}^3/\text{с}$.

Температуру нагрева хладоносителя в полой морозильной плите аппарата

$$\Delta t_s = \frac{Q_0}{G_s c_s},$$

где Δt_s — температура нагрева хладоносителя в пустотелой морозильной плите аппарата, $^\circ\text{С}$;

c_s — удельная теплоемкость хладоносителя, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Если температура нагрева хладоносителя в пустотелой морозильной плите больше оптимальной температуры нагрева, то необходимо увеличить количество циркулирующего хладоносителя. Для этого нужно задаться новым повышенным значением скорости движения хладоносителя в гибком шланге или увеличить его внутренний диаметр. Увеличение количества циркулирующего хладоносителя приведет к возрастанию скорости его движения в пустотелых морозильных плитах, что потребует уточнения коэффициента теплоотдачи α и продолжительности замораживания блока τ .

Если температура нагрева хладоносителя в пустотелой морозильной плите меньше оптимальной температуры нагрева, то необходимо уменьшить количество циркулирующего хладоносителя. Для этого принимают новое, меньшее значение скорости движения хладоносителя в гибком шланге, оставляя постоянной скорость движения хладоносителя в морозильной плите аппарата. С этой целью в пустотелых морозильных плитах предусматриваются перегородки.

Скорость движения хладоносителя в гибком шланге при наличии в морозильных плитах перегородок находят по формуле

$$\omega_{\text{шл}} = \omega_{\text{п}} \frac{4F'_{\text{п}}}{\pi d_{\text{ш}}^2},$$

где $\omega_{\text{шл}}$ — скорость хладоносителя в гибком шланге при наличии в морозильных плитах перегородок, м/с;

$F'_{\text{п}}$ — сечение канала морозильной плиты для прохода хладоносителя, м²;

$$F'_{\text{п}} = \delta_{\text{п}} B'_{\text{п}},$$

$B'_{\text{п}}$ — расстояние между перегородками в морозильной плите, м.

Количество хладоносителя, циркулирующего в морозильных плитах, определяют по уравнению

$$G_{\text{со}} = \frac{\pi d_{\text{ш}}^2}{4} \omega_{\text{шл}} \rho_{\text{с}} n_{\text{п}},$$

где $G_{\text{со}}$ — количество хладоносителя, циркулирующего в морозильных плитах, кг/с.

Объем хладоносителя, циркулирующего в морозильных плитах, рассчитывают по формуле

$$V_{\text{со}} = \frac{G_{\text{со}}}{\rho_{\text{с}}},$$

где V_{so} — объем хладоносителя, циркулирующего в морозильных плитах, $\text{м}^3/\text{с}$.

Фактический нагрев хладоносителя в морозильной плите аппарата составит

$$\Delta t_{so} = \frac{Q_0}{G_{so} c_s}.$$

Гидравлическое сопротивление охлаждающей системы аппарата определяют по уравнению

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3.$$

Гидравлическое сопротивление морозильных плит рассчитывают по формуле

$$\Delta P_1 = \left(\lambda_{\text{тр}} \frac{L}{d'_9} + n_{\text{пов}} \xi_{\text{п}} \right) \frac{\omega_{\text{п}}^2}{2} \rho_s,$$

где d'_9 — эквивалентный диаметр канала морозильной плиты, м;

$$d'_9 = \frac{4B'_\text{п} \delta_\text{п}}{2(B'_\text{п} + \delta_\text{п})},$$

$n_{\text{пов}}$ — количество поворотов хладоносителя в плите.

Гидравлическое сопротивление гибких шлангов, подводящих хладоноситель к морозильной плите и отводящих его от нее, находят из зависимости

$$\Delta P_2 = 2 \left(\lambda_{\text{тр}} \frac{l_{\text{ш}}}{d_{\text{ш}}^2} + \Sigma \xi_{\text{ш}} \right) \frac{\omega_{\text{ш}}^2}{2} \rho_s.$$

Гидравлическое сопротивление подающего и обратного коллекторов хладоносителя определяют по уравнению

$$\Delta P_3 = 2 \left(\lambda_{\text{тр}} \frac{l_{\text{к}}}{d_{\text{к}}} + \xi_{\text{к}} \right) \frac{\omega_{\text{к}}^2}{2} \rho_s,$$

где $d_{\text{к}}$ — внутренний диаметр коллекторов, м;

$\omega_{\text{к}}$ — скорость движения хладоносителя в коллекторах, $\text{м}/\text{с}$;

$$\omega_{\text{к}} = \frac{4V_{so}}{\pi d_{\text{к}}^2}.$$

Падение давления в охлаждающей системе рассчитывают по формуле

$$\Delta P_{\text{н}} = \Delta P_{\text{т}0}.$$

В зависимости от V_{so} и ΔP_n производится подбор насоса для циркуляции хладоносителя в морозильных плитах аппарата.

АППАРАТЫ ДЛЯ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПРОДУКТОВ ЖИДКИМИ ХЛАДОНОСИТЕЛЯМИ

В последние годы для замораживания пищевых продуктов были созданы механизированные высокопроизводительные аппараты с непрямым контактом продукта и хладоносителя. В таких аппаратах тепло от замораживаемого продукта к жидкому хладоносителю передается или через металлическую ленту движущегося конвейера, или через герметичную влагонепроницаемую упаковку, плотно облегающую (без воздушных прослоек) продукт. Чтобы упаковка плотно прилегала к продукту, из нее удаляется воздух.

Аппараты бесконтактного замораживания бывают для замораживания упакованных продуктов в жидком хладоносителе; продуктов на стальной ленте, орошаемой жидким хладоносителем; продуктов в металлических формах, погружаемых в жидкий хладоноситель.

Аппарат для замораживания упакованных продуктов в жидком хладоносителе

Аппарат для замораживания упакованных продуктов жидким хладоносителем, используемый для холодильной обработки тушек птицы (рис. 99), состоит из загрузочного и разгрузочного гидравлических затворов, выталкивателей, транспортной ленты с клетями, охлаждающей ванны, разгрузочного транспортера с вентиляторами, циркуляционных насосов, испарителей, распределительных коллекторов, перфорированных поддонов, изолированного контура.

Тушки птицы, подлежащие замораживанию, направляются к загрузочному гидравлическому затвору, где с помощью насоса постоянно поддерживается уровень хладоносителя с тем, чтобы воздух не мог проникнуть внутрь аппарата. После того как тушки птицы попадут в левую часть загрузочного затвора, срабатывает выталкиватель, который погружает тушки в хладоноситель, а затем подает их в пустую клеть транспортной

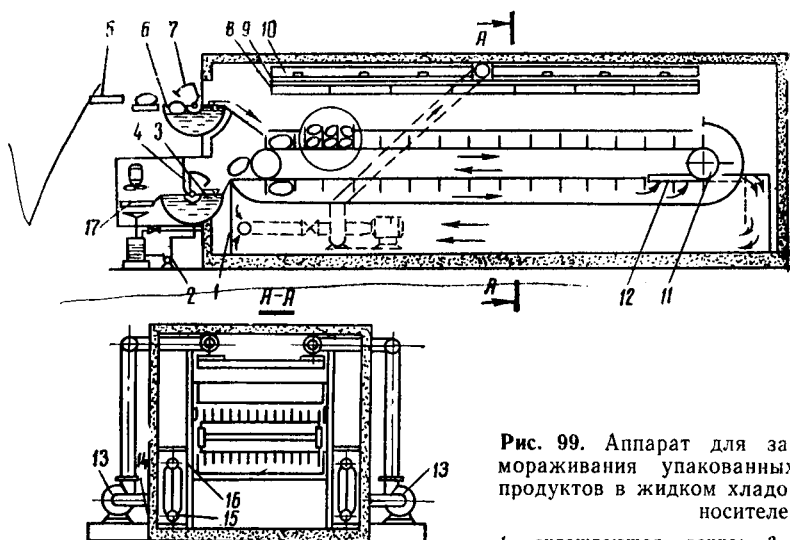


Рис. 99. Аппарат для замораживания упакованных продуктов в жидком хладоносителе:

1 — охлаждающая ванна; 2 — насос для поддержания уровня в загрузочном гидравлическом затворе; 3 — разгрузочный гидравлический затвор; 4 — выталкиватель; 5 — транспортер для подачи тушек птицы к загрузочному гидравлическому затвору; 6 — загрузочный гидравлический затвор; 7 — выталкиватель; 8 — перфорированный поддон; 9 — фильтры; 10 — распределительный коллектор; 11 — транспортная лента с клетями; 12 — водосливное отверстие; 13 — циркуляционные насосы; 14 — изолированный контур; 15 — испаритель; 16 — бак испарителя; 17 — разгрузочный транспортер с вентиляторами.

ленты, занимающей исходную позицию для загрузки. Клеть образована специальными перегородками, которые перемещают тушки.

Проходя по верхнему участку транспортной ленты, тушки птицы обильно орошаются хладоносителем, а затем поступают в охлаждающую ванну с хладоносителем. Когда тушки достигнут конца охлаждающей ванны, они направляются в разгрузочный гидравлический затвор, из которого их удаляет выталкиватель.

После выхода замороженного продукта из аппарата он попадает на разгрузочный транспортер, обдуваемый вентилятором. Капли хладоносителя, оставшиеся на площади поверхности замороженных тушек, сдуваются воздушной струей и собираются в специальный поддон. Из поддона хладоноситель направляется в загрузочный затвор. Замороженные тушки попадают под водяной душ, подсушиваются вторым вентилятором.

С помощью двух циркуляционных насосов хладоноситель засасывается из испарителей и поступает в распределительные коллекторы, а затем в перфорированные оросительные поддоны. Хладоноситель, стекая тонкими струями на тушки птицы, направляется в охлаждающую ванну и через водосливные отверстия вновь попадает в испаритель. В аппарате осуществляется противоточное движение хладоносителя по отношению к движению тушек птицы, что улучшает теплообмен при замораживании.

Несомненным достоинством аппарата является использование нижней ветви транспортной ленты, в связи с чем его производительность увеличивается. Конструкция аппарата позволяет избежать деконцентрации хладоносителя. Аппарат надежно защищен от проникновения влажного воздуха. Контакт с воздухом имеют только выталкиватели и левые стороны гидравлических затворов. Температура хладоносителя загрузочного гидравлического затвора — положительная, так как через него проходят в аппарат тушки птицы, температура которых $4-6^{\circ}\text{C}$. Следовательно, конденсация влаги и ее поступление в хладоноситель — незначительны. Конденсация пара, находящегося в воздухе, возможна только в той части гидравлического затвора, которая соприкасается с наружным воздухом. Площадь поверхности контакта хладоносителя не превышает $0,5\text{ м}^2$, а вместе с поверхностью выталкивателя и поверхностью капель хладоносителя она составляет не более $1,5\text{ м}^2$, что практически не влияет на деконцентрацию основной массы хладоносителя, циркулирующего в аппарате. Поэтому отсутствует необходимость устанавливать реконцентратор хладоносителя, что значительно удешевляет эксплуатацию аппарата. Потери хладоносителя в аппарате минимальны, так как хладоноситель, сдуваемый с тушек, возвращается в испарители.

Вследствие того, что охлаждающие секции испарителей расположены непосредственно в аппарате, отсутствуют дополнительные циркуляционные насосы. Однако применение в качестве теплоотводящей среды жидкого хладоносителя вызывает коррозию элементов аппарата. Техническая характеристика аппарата для замораживания упакованных продуктов в жидком хладоносителе приведена ниже.

Производительность, кг/ч	1000
Емкость, кг	700
Температура, °С	
теплоотводящей среды	—30
замороженного продукта	—18
Продолжительность замораживания, мин	40—50
Габаритные размеры, мм	
длина	8500
ширина	3200
высота	2600
Масса, кг	4800

Аппараты для замораживания продуктов на стальной ленте, орошаемой жидким хладоносителем

Эти аппараты применяют для замораживания готовых блюд, кусковых мясных продуктов и фарша, жидких и полужидких продуктов.

Аппарат для замораживания готовых блюд (рис. 100) состоит из конвейера, лента которого выполнена из нержавеющей стали, оросительных трубопроводов с форсунками, поддона, натяжного устройства и изолированного контура.

На ленте конвейера через окно загрузки продукт подается в отсек аппарата. В грузовом отсеке лента конвейера с помощью оросительных трубопроводов с форсунками снизу оmyвается холодным хладоносителем, который охлаждает ленту и замораживает продукт. Для предотвращения попадания жидкого хладоносителя на замораживаемый продукт лента снабжена боковыми резиновыми направляющими, которые также предотвращают ее соскальзывание с барабанов конвейера. Плотное прилегание ленты к площади поверхности барабанов достигается натяжным устройством, которое, автоматически натягивая ленту, обеспечивает надежную работу конвейера.

Отепленный в грузовом отсеке хладоноситель собирается в поддон, из которого насосом направляется для охлаждения в испаритель холодильной установки, обслуживающей аппарат.

С ленты конвейера замороженный продукт легко удаляется в тот момент, когда она начинает деформироваться. Лента без продукта выходит из изолированного контура, нагревается, орошается водой и подсуши-

вается, а затем на нее вновь укладывается замораживаемый продукт.

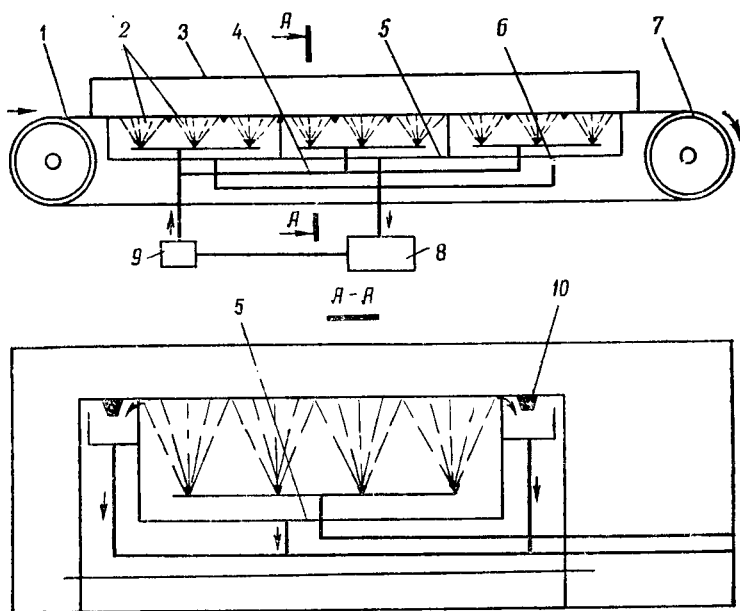
Грузовой отсек аппарата собирается из изолированных секций длиной 3600 мм. В каждой такой секции имеются двери для обслуживания аппарата. Для охлаждения внутреннего объема грузового отсека иногда устанавливают батареи или воздухоохладители.

Конструкция аппарата проста, он компактен, обеспечивает быстрое замораживание продуктов. Специальные антикоррозионные покрытия аппарата предотвращают коррозионный износ его узлов.

Аппарат для замораживания кусковых мясных продуктов (биштексы, филейные вырезки, брикеты мясного фарша) на стальной ленте, орошаемой жидким хладоносителем (рис. 101), состоит из за-

Рис. 100. Аппарат для замораживания готовых блюд на стальной ленте, орошаемой хладоносителем:

1 — конвейер; 2 — оросительные трубопроводы с форсунками; 3 — изолированный контур; 4 — трубопровод подачи хладоносителя; 5 — поддон; 6 — трубопровод отвода отпеленного хладоносителя к испарителю; 7 — барабан; 8 — испаритель; 9 — насос; 10 — боковые резиновые направляющие.



грузочного транспортера, стальной ленты с натяжной и приводной станциями, охлаждающего и переворачивающего устройств, приемного лотка, электродвигателя с вариатором скоростей и изолированного контура. Охлаждающее устройство аппарата представляет собой ванну, расположенную под верхней ветвью стальной ленты. Пластмассовые опоры поддерживают стальную ленту. В ванне также размещены перфорированные трубы, предназначенные для орошения стальной ленты.

На загрузочный транспортер вручную укладывают продукт, подлежащий замораживанию. С загрузочного транспортера продукт направляется на стальную ленту аппарата, которая снизу орошается холодным хладоносителем. На стальной ленте продукт движется до переворачивающего устройства, состоящего из бесконечной цепи со скребками, наклонного ножа, прижатого к стальной ленте, и изогнутого спускового лотка. Продукты подмораживаются с одной стороны. Наклонным ножом и скребками продукты переворачиваются и сбрасываются на спусковой лоток. Затем перевернутый продукт домораживается и по приемному лотку попадает на стол фасовки и упаковки.

Для охлаждения стальной ленты применяется 50%-ный водный раствор пропиленгликоля, который насосом подается в перфорированные трубы. Выходя из перфорированных труб, раствор пропиленгликоля орошает стальную ленту.

Отепленный раствор собирается в ванне и самотеком поступает в испаритель, который размещен в изолированном контуре морозильного аппарата.

Достоинством аппарата является быстрое замораживание тонких неупакованных продуктов. К недостаткам следует отнести повышенные габаритные размеры и малый съем замороженного продукта с 1 м² площади, занимаемой аппаратом.

Аппарат для замораживания жидких или полужидких продуктов (соки, пюре, бульоны) на стальной ленте, орошаемой жидким хладоносителем (рис. 102), состоит из узлов загрузки и выгрузки, стальной конвейерной ленты с желобами, оросительных трубопроводов с форсунками, поддона, испарителя, насоса для подачи хладоносителя, барабанов конвейера,

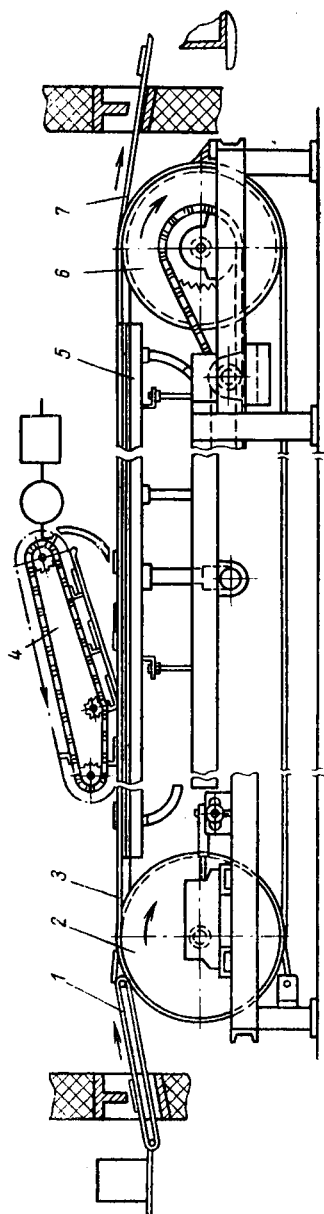
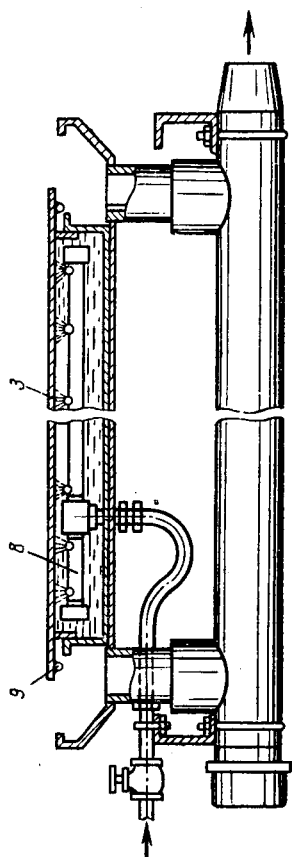


Рис. 101. Аппарат для замораживания кусковых мясных продуктов на стальной ленте, орошаемой хладосителем:

1 — загрузочный транспортер, 2 — натяжная станция; 3 —



стальная лента; 4 — переворачивающее устройство; 5 — охлаждающее устройство; 6 — приводная труба; 7 — приемный лоток; 8 — перфорированная труба; 9 — резиновый бортик.

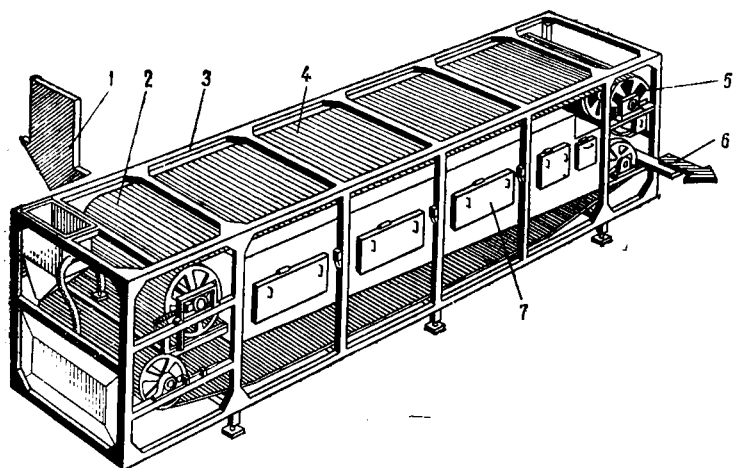


Рис. 102. Аппарат для замораживания жидких и полужидких продуктов на стальной ленте, орошаемой хладоносителем:

1 — узел загрузки продукта; 2 — стальная конвейерная лента с желобами; 3 — рама аппарата; 4 — изолированный контур; 5 — барабан конвейера; 6 — узел выгрузки замороженных продуктов; 7 — лаз для обслуживания аппарата.

его привода, пульта управления и изолированного контура.

С помощью узла загрузки, состоящего из бака и насоса, жидкий или полужидкий продукт подается в грузовой отсек аппарата, где заполняет желоба стальной ленты. Высота и ширина желоба, образованного специальными ребрами, равна 20 и 8 мм. Длина замороженного бруска может меняться (от 40 до 100 мм) с помощью перегородок, установленных в желобах.

Продукт в желобах быстро и непрерывно замораживается, когда лента орошается снизу раствором холодного хладоносителя (пропиленгликолем) с помощью оросительных трубопроводов с форсунками. Отопленный пропиленгликоль собирается в поддоне и насосом для подачи хладоносителя направляется в индивидуальный испаритель для охлаждения.

Из желобов конвейерной ленты бруски замороженного продукта удаляются при ее деформации. Свободная от продукта лента, двигаясь вне изолированного контура аппарата, нагревается, а затем проходит санитарную обработку и вновь загружается продуктом.

Приборы автоматического контроля и управления располагаются на пульте, смонтированном рядом с изолированным контуром аппарата.

Изолированный корпус аппарата собирается из панелей, изолированных пенополиуретаном.

Аппарат позволяет быстро и без потерь замораживать жидкие и полужидкие продукты. Он компактен, механизирован и автоматизирован. Все узлы аппарата, соприкасающиеся с продуктом и хладоносителем, изготовляются из высококачественной нержавеющей стали, что приводит к возрастанию его стоимости.

Техническая характеристика аппаратов для замораживания продуктов на стальной ленте, орошаемой жидким хладоносителем, приведена в табл. 17.

ТАБЛИЦА 17

Показатели	Аппараты для замораживания на стальной ленте, орошаемой жидким хладоносителем, продуктов		
	готовых блюд (без упаковки)	кусовых мясных продуктов и фарша (без упаковки)	жидких или полужидких
Производительность, кг/ч	300—600	200—300	1000—1200
Емкость, кг	100—150	60	40—60
Температура, °С			
хладоносителя	—35— —38	—40	—38
замороженного продукта	—18	—18	—18
Продолжительность замораживания, мин	10—30	20—40	3—4
Габаритные размеры, мм			
длина	10 000—12 000	10 400	5000
ширина	1600—3000	1800	2500
высота	2000—3600	3400	3600
Масса, кг	2400—2800	2800	2400

Аппарат для замораживания продуктов в металлических формах, погружаемых в жидкий хладоноситель

Аппарат для замораживания жидких и полужидких пищевых продуктов (овощные и фруктовые соки, томат-паста, фруктовые пюре) в формах, погружаемых в ван-

ну с хладоносителем (рис. 103), состоит из сварной рамы, приводных и натяжных звездочек, приводного устройства, грузового (рабочего) конвейера с формами, ванны с хладоносителем, наполнителя, разгрузочного конвейера и моющего устройства.

Сварная рама снабжена шестью регулируемыми ножками.

Приводные и натяжные звездочки установлены на общем валу. На одной приводной звездочке по окружности укреплены пальцы.

Приводное устройство состоит из гидравлического цилиндра, шток которого движется в направляющих, и качающегося толкателя.

При рабочем ходе штока толкатель упирается в один из пальцев, находящихся на боковой поверхности приводной звездочки. После поворачивает звездочку на один шаг.

Пластинчатые цепи грузового конвейера перемещают металлические формы и извлекатели, предназначенные для выемки замороженных блоков из форм.

При повороте приводной звездочки на один шаг форма останавливается под наполнителем. Извлекатели в момент заполнения форм продуктом должны быть в ней. Заполненные продуктом формы вместе с извлекателем продвигаются вперед и погружаются в ванну с холодным хладоносителем, где продукт замораживается. Форма затем подается на оттаивание. При следующем ходе цепи извлекатели, вмороженные в продукт, специальным механизмом поднимаются и вытягивают подтаявший блок из формы. В момент нахождения блока под разгрузочным конвейером извлекатели поворачиваются на 180° и выходят из зацепления с блоком. Блок падает на выходной транспортер, а извлекатели вводятся в форму.

Холостая ветвь грузового конвейера используется для санитарной обработки форм и извлекателей. В состав моющего устройства входит бак для приготовления моющего раствора и центробежный насос. Моющий раствор разбрызгивается форсунками, орошая формы и извлекатели, которые затем промываются.

Чистые формы стерилизуются паром и поступают к наполнителю.

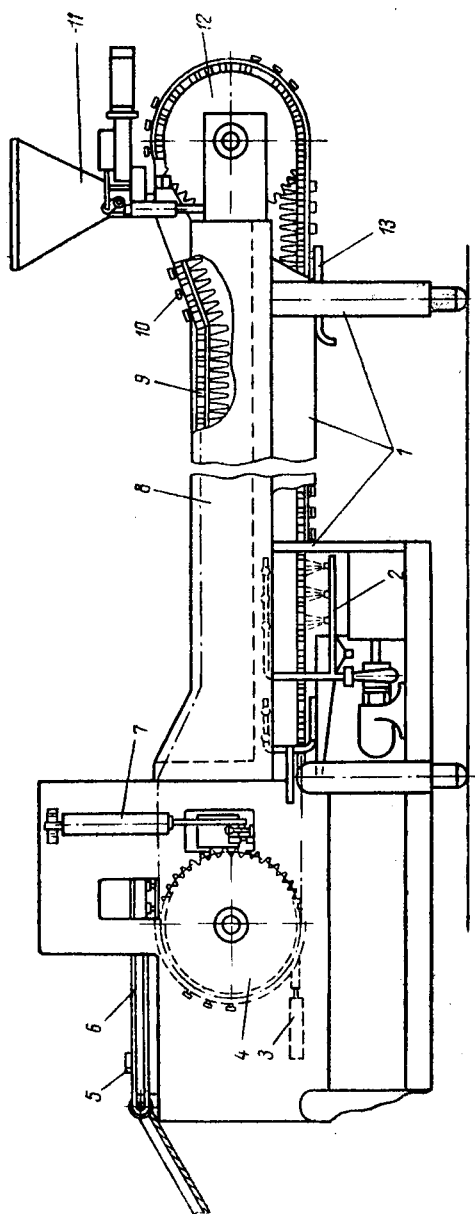


Рис. 103. Аппарат для замораживания жидких и полужидких пищевых продуктов в формах, погружаемых в ванну с хладоносителем:

1 — рама аппарата; 2 — приводное устройство; 3 — приводное устройство; 4 — приводные звездочки; 5 — замораживаемый блок; 6 — разгрузочный конвейер; 7 — подъемник ванны оттаивания; 8 — ванна с хладоносителем; 9 — грузовой (рабочий) конвейер с формами; 10 — извлекатель; 11 — наполнитель; 12 — натяжные звездочки; 13 — стерилизатор.

К достоинствам аппарата относят непрерывность работы и хорошую санитарную обработку узлов, непосредственно соприкасающихся с продуктом.

Техническая характеристика аппарата для замораживания продуктов в металлических формах, погружаемых в жидкий хладоноситель, приведена ниже.

Производительность, кг/ч	300
Емкость, кг	60—75
Температура, °С	
теплоотводящей среды	—40
замороженного продукта	—20
Продолжительность замораживания, мин	10—15
Габаритные размеры, мм	
длина	7600
ширина	2100
высота	3000
Масса, кг	3650

ГЛАВА VI

АППАРАТЫ КОНТАКТНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В аппаратах контактного замораживания пищевых продуктов (контактные аппараты) происходит непосредственный интенсивный отвод тепла от замораживаемого продукта к теплоотводящей среде (жидкий азот и воздух — криогенные жидкости, углекислота, фреон-12, прошедший специальную химическую очистку, а также хладоноситель — водный раствор хлористого натрия). При непосредственном контакте пищевого продукта с теплоотводящей средой она должна не вызывать нежелательного ухудшения качества замороженного продукта.

Сравнительные показатели дают основание полагать, что стоимость замораживания пищевых продуктов в контактных аппаратах с криогенной жидкостью выше, чем в воздушных и плиточных морозильных аппаратах.

В зависимости от вида теплоотводящей среды, которую применяют для холодильной обработки пищевых продуктов, аппараты контактного замораживания бывают криогенные, углекислотные, фреоновые, а также аппараты для замораживания продуктов хладоносителями.

КРИОГЕННЫЕ АППАРАТЫ

В криогенных аппаратах в качестве теплоотводящей среды обычно применяют жидкий азот, а иногда и жидкий воздух. При замораживании в этих аппаратах продукт погружается в жидкий азот или орошается им. По этому признаку криогенные аппараты можно классифицировать на иммерсионные аппараты (погружение продуктов в ванну с жидким азотом), а также на аппараты с распылением жидкого агента в грузовом отсеке.

Иммерсионные аппараты

Эти аппараты состоят из изолированной ванны, в которой находится жидкий азот, и конвейера для перемещения замораживаемого продукта в аппарате.

Достоинства иммерсионных аппаратов — высокая интенсивность замораживания, компактность и простота устройства.

При погружении теплого продукта в ванну с жидким азотом в нем вследствие высокой скорости замораживания и большой неравномерности температур по объему возникают значительные внутренние напряжения, которые нарушают структуру продукта, вызывая его растрескивание и расслоение. В таких аппаратах удельный расход жидкого азота достигает 2 кг и более на 1 кг замороженного продукта. Возрастание удельного расхода азота приводит к увеличению стоимости замораживания продукта. В этих аппаратах трудно регулировать температуру замораживаемого продукта, который обычно имеет неодинаковые геометрические размеры и форму.

Аппарат для замораживания расфасованных пищевых продуктов с погружением их в ванну с жидким азотом (рис. 104) состоит из грузового конвейера, ванны с жидким азотом, вытяжных трубопроводов, загрузочного и разгрузочного столов, изолированного контура, выполненного из нержавеющей стали и теплоизоляционного материала.

Продукт после расфасовочного автомата поступает на загрузочный стол, который передает его на грузовой конвейер. Находясь на грузовом конвейере, продукт погружается в ванну с жидким азотом и быстро замора-

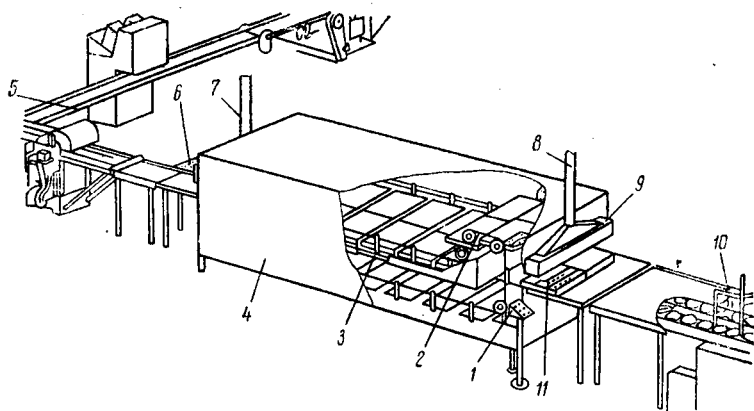
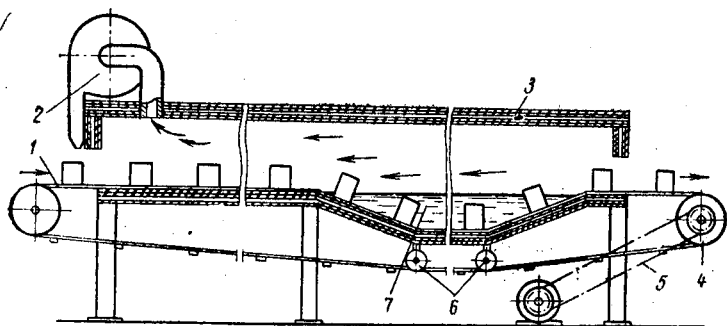


Рис. 104. Иммерсионный аппарат для замораживания расфасованных пищевых продуктов:

1 — пульт управления; 2 — грузовой конвейер; 3 — ванна с жидким азотом; 4 — изолированный контур; 5 — линия упаковки замороженных продуктов; 6 — разгрузочный стол; 7, 8 — вытяжные трубопроводы; 9 — приемный коллектор; 10 — расфасовочный автомат; 11 — загрузочный стол.

Рис. 105. Иммерсионный аппарат с зоной предварительного охлаждения продуктов:

1 — грузовой конвейер; 2 — вытяжной вентилятор; 3 — изолированный контур; 4 — барабан; 5 — цепная передача; 6 — направляющие ролики; 7 — ванна с жидким азотом.



живается. Затем продукт с грузового конвейера передается на разгрузочный стол, а с него на линию упаковки.

Газообразный азот, образовавшийся при кипении жидкости в ванне, из грузового отсека аппарата удаля-

ется с помощью вытяжных трубопроводов. Уровень жидкого азота в ванне автоматически поддерживается регулятором. В ванну азот поступает из бака с жидким азотом. Аппарат компактен, интенсивен, малоэнергоемок. Процессы расфасовки, замораживания и упаковки замороженного продукта аппарата автоматизированы и механизированы.

Недостатки аппарата — значительный расход азота, растрескивание и деформация продукта, повышенные теплопритоки в грузовой отсек через окно загрузки продукта в аппарат и выгрузки замороженного продукта из аппарата.

Уменьшение расхода жидкого азота с одновременным сокращением деформации замороженного продукта достигается в иммерсионном аппарате с зоной предварительного охлаждения продукта (рис. 105), состоящем из грузового конвейера, ванны с жидким азотом, вытяжного вентилятора, привода грузового конвейера и изолированного контура.

Продукт, который необходимо заморозить, грузовым конвейером направляется в грузовой отсек, состоящий из зоны предварительного охлаждения продукта (длина 5000 мм) и иммерсионной зоны (длина 2500 мм).

В зоне предварительного охлаждения продукт обдувается газообразным азотом, охлаждается и подмораживается. Затем продукт медленно погружается в ванну с жидким азотом, глубина которой 550 мм, а поддерживаемый поплавковым регулятором уровень жидкого азота в ней 300—400 мм. Из ванны замороженный продукт направляется к разгрузочному окну, через которое он удаляется из грузового отсека аппарата.

Длина наклонных участков между ванной и разгрузочным окном 900 мм, а между горизонтальной ветвью конвейера и дном ванны (наклонный участок) — 1800 мм.

Движение газообразного азота в зоне предварительного охлаждения продукта производится вытяжным вентилятором, установленным на входном конце аппарата. Выходящий из вентилятора газообразный азот создает газовую завесу у загрузочного окна аппарата, что уменьшает теплоприток в грузовой отсек аппарата. В аппарате предусмотрено два вытяжных вентилятора, работающих попеременно: один вытяжной вентилятор работает, а другой обогревается теплым воздухом.

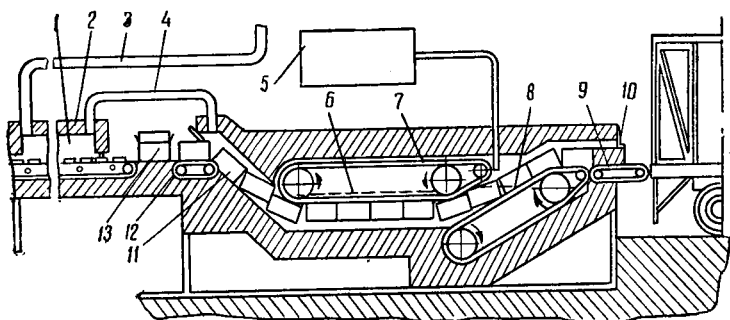


Рис. 106. Иммерсионный аппарат для замораживания упакованных продуктов:

1 — камера предварительного охлаждения продуктов в упаковочном автомате; 2 — упаковочный автомат; 3 — вытяжной трубопровод; 4 — вытяжной трубопровод для подачи газообразного азота из грузового отсека аппарата в упаковочный автомат; 5 — бак жидкого азота; 6 — ванна с жидким азотом; 7, 8 — грузовые конвейеры; 9 — разгрузочный конвейер; 10 — разгрузочное окно; 11 — желоб; 12 — загрузочный конвейер; 13 — упакованный продукт.

Применение зоны предварительного охлаждения продукта позволило улучшить показатели работы таких аппаратов по сравнению с иммерсионными аппаратами, у которых ее нет. Однако основной недостаток, присущий иммерсионным аппаратам, — повышенный расход жидкого азота — и в аппаратах с зоной предварительного охлаждения, хотя и уменьшен, но не устранен.

Аппараты с погружением продуктов в ванну с жидким азотом могут применяться для замораживания пищевых продуктов в упаковке (рис. 106). Такие аппараты, устанавливаемые непосредственно за упаковочными автоматами, состоят из двух грузовых конвейеров, ванны с жидким азотом, загрузочного и разгрузочного конвейеров, вытяжных трубопроводов для газообразного азота, привода и изолированного контура.

Из упаковочного автомата картонные коробки, которые предохраняют продукт от резкого воздействия низких температур, поступают на загрузочный конвейер. Коробки с продуктом сталкиваются в желоб для подачи продуктов в ванну с жидким азотом. Загрузочный конвейер и желоб в аппарате служат зоной предварительного охлаждения продукта. Двигаясь по желобу под дей-

ствием собственной массы, коробки обдуваются влажным паром азота, удаляемым из ванны, а находящийся в коробках продукт при этом охлаждается и подмораживается. Движение коробок в грузовом отсеке аппарата осуществляется двумя конвейерами, которые перемещают коробки с продуктом через ванну с жидким азотом, а затем передают их на разгрузочный конвейер. Через окно разгрузки продукты удаляются из аппарата. Размеры этого окна минимальны, в результате чего уменьшаются утечки газообразного азота из грузового отсека аппарата.

Жидкий азот подается в ванну по трубопроводу из бака жидкого азота, а газообразный — отводится по вытяжному трубопроводу сначала в камеру упаковочного автомата, где используется для предварительного охлаждения продуктов перед упаковкой, а затем направляется для охлаждения продукта на конвейерной линии, которая расположена перед упаковочным автоматом.

В щелях и порах упаковочного материала коробок содержится неиспарившийся жидкий азот, что способствует сохранению низкой температуры продукта.

ТАБЛИЦА 18

Показатели	Иммерсионные аппараты		
	для замораживания расфасованных пищевых продуктов	с зоной предварительного охлаждения продукта	для замораживания пищевых продуктов в упаковке
Производительность, кг/ч	100	300	200
Емкость, кг	6—10	60—80	50—60
Температура, °С			
теплоотводящей среды	—196	—196	—196
замороженного продукта	—20	—20	—20
Продолжительность замораживания, мин	4—10	10—15	15—20
Габаритные размеры, мм			
длина	5400	8200	7200
ширина	1800	2100	1840
высота	2300	2800	2100
Масса, кг	1300	2000	1760

Достоинства аппарата — при замораживании упакованного продукта уменьшается вредное влияние на него низких температур; азот, сорбированный упаковочным материалом, позволит транспортировать замороженный продукт в изотермическом транспорте без его охлаждения. Недостатком аппарата является повышенный расход жидкого азота и сложность транспортной системы, предназначенной для перемещения продукта в грузовом отсеке.

Техническая характеристика иммерсионных аппаратов приведена в табл. 18.

Аппараты с распылением жидкого азота в грузовом отсеке

В промышленной практике криогенного замораживания пищевых продуктов наибольшее распространение получили аппараты, в которых происходит распыление жидкого азота в грузовом отсеке. Жидкий азот может непосредственно распыляться над продуктом, орошая его (аппараты с орошением продукта) или впрыскиваться в поток газообразного азота, понижая его температуру (аппараты с замораживанием продукта в газообразном азоте).

Аппараты с орошением продуктов жидким азотом могут иметь от двух до трех зон. В первой зоне происходит предварительное охлаждение и подмораживание продукта газообразным азотом, во второй — замораживание продукта при орошении его жидким азотом и в третьей (если она предусматривается) — выравнивание температуры в замороженном продукте. Первая и третья зоны составляют газовую часть аппарата.

В аппаратах с распылением жидкого азота в грузовом отсеке устранены многие недостатки, свойственные аппаратам с погружением продукта в ванну с жидким азотом.

Целесообразность использования аппаратов с распылением жидкого азота в грузовом отсеке обуславливается пониженным расходом жидкого азота 1—1,2 кг на 1 кг продукта, низкими капитальными затратами, отсутствием металлоемких ванн с жидким азотом, небольшими габаритными размерами и несложностью конструкции, возможностью организации непрерывно-

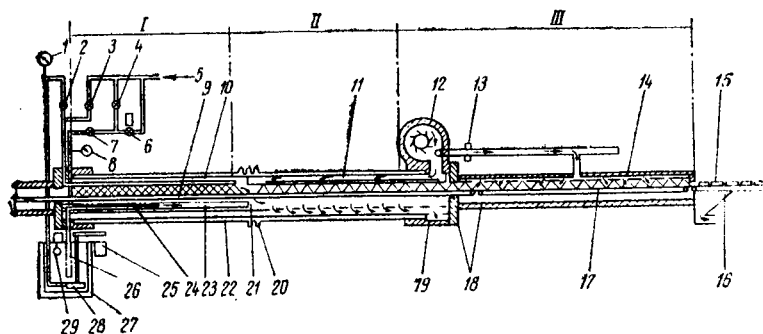


Рис. 107. Криогенный аппарат с распылением жидкого азота в грузовом отсеке и горизонтальным расположением конвейера, предназначенный для замораживания неупакованных мелкоштучных продуктов:

1, 8 — контрольный манометр; 2, 3 — запорный вентиль; 4, 6 — соленоидный вентиль; 5 — трубопровод подачи азота из бака жидкого азота; 7 — вспомогательный соленоидный вентиль; 9 — грузовой конвейер зоны орошения; 10 — коллектор с форсунками; 11 — нагнетательный канал для газообразного азота; 12 — циркуляционный вентиль для движения газообразного азота; 13 — нагнетательный канал для отвода газообразного азота в зону предварительного охлаждения; 14 — нагнетательный канал распределения газообразного азота; 15 — транспортер загрузки; 16 — канал отвода отработавшего газа; 17 — грузовой конвейер зоны предварительного охлаждения; 18 — изолированный контур; 19 — всасывающий канал вентилятора для движения газообразного азота; 20 — компенсационное соединение; 21 — поток газообразного азота из зоны орошения жидким азотом в зону циркуляции; 22 — вакуумная теплоизоляция; 23 — поддон для жидкого азота; 24 — трубопровод слива жидкого азота из поддона; 25 — электродвигатель привода насоса; 26 — фильтр; 27 — питающий резервуар; 28 — насос; 29 — поплавковый регулятор; I — зона предварительного охлаждения; II — зона орошения; III — зона выравнивания температур.

сти процесса, простотой автоматизации процесса, возможностью регулирования режимов работы аппарата. Режим работы аппарата регулируется переменной скоростью движения грузового конвейера, а также переменным количеством криогенной жидкости, распыленной в грузовой отсеке.

В зависимости от расположения конвейера и его вида аппараты можно классифицировать на аппараты с горизонтальным и наклонным расположением грузового конвейера, а также аппараты с винтовым конвейером.

Криогенный аппарат с распылением жидкого азота в грузовом отсеке и горизонтальным расположением конвейера, предназначенный для замораживания неупакованных мелкоштучных продуктов (рис. 107), состоит из изолированного контура, грузовых конвейеров, коллектора с

форсунками для орошения продуктов жидким азотом, питающего резервуара, циркуляционных вентиляторов для движения газообразного азота, системы нагнетательных каналов для движения и организации циркуляции газообразного азота, каналов отвода отработавшего газа, компенсационного соединения, поддона для жидкого азота и насоса.

Изолированный контур морозильного аппарата выполнен цилиндрической формы с двойными стенками из нержавеющей стали. Кольцевое пространство между стенками изолированного контура откакуммировано и служит тепловой (вакуумной) изоляцией. Остаточное давление в кольцевом пространстве аппарата поддерживается в пределах 150—600 Па с помощью вакуум-насоса. В металлическом корпусе аппарата, для исключения температурных деформаций, предусмотрены компенсационные соединения.

С торцовых сторон изолированного контура аппарата находятся крышки, в которых имеются узкие окна для загрузки и выгрузки продукта. Ширина окон соответствует ширине конвейерной ленты, а высота зависит от толщины замораживаемых продуктов.

В грузовом отсеке аппарата для перемещения замораживаемых продуктов находятся два грузовых конвейера: грузовой конвейер зоны предварительного охлаждения и грузовой конвейер зоны орошения. Сетчатая лента грузовых конвейеров изготовлена из нержавеющей стали. Электрический привод грузовых конвейеров снабжен устройством, позволяющим изменять скорость движения конвейерной ленты от 1 до 2 м/мин. Грузовые конвейеры можно извлекать из изолированного контура для мойки и чистки.

Коллектор с форсунками расположен у разгрузочного окна аппарата. Циркуляционный вентилятор для движения газообразного азота расположен с наружной стороны изолированного контура.

Нагнетательные каналы, предназначенные для равномерного распределения газообразного азота, позволяют подавать газообразный азот к загрузочному и разгрузочному окнам, что предотвращает проникновение теплого наружного воздуха в аппарат. Работа загрузочного и разгрузочного конвейеров синхронизирована с работой грузовых конвейеров аппарата.

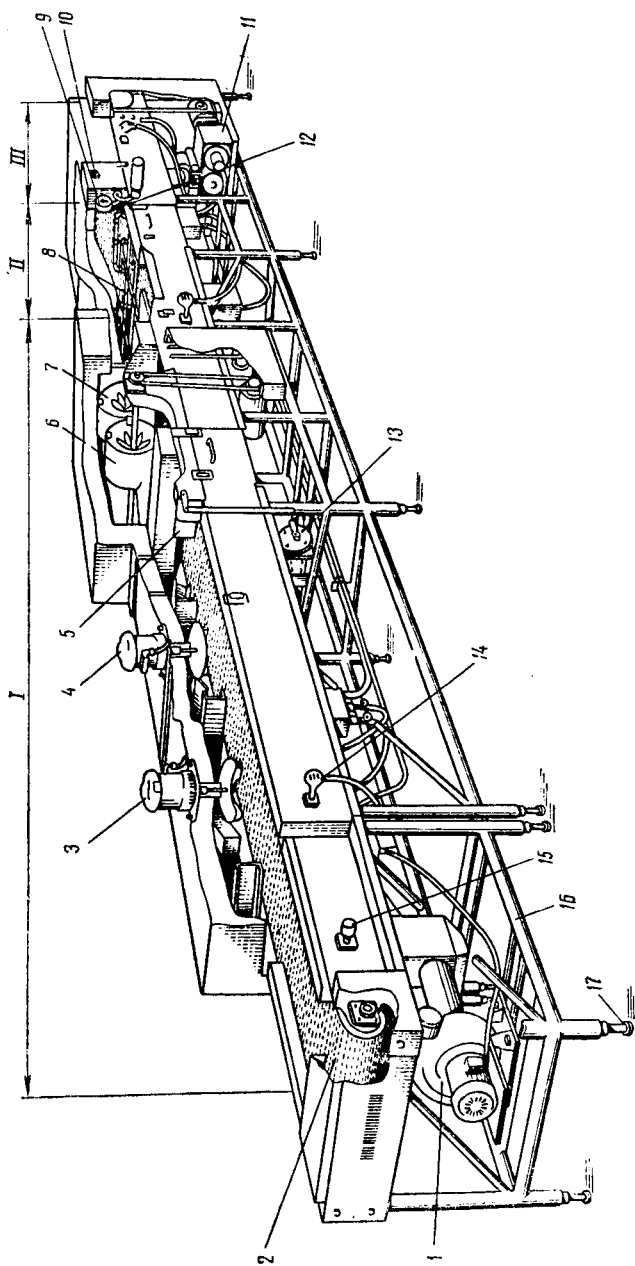


Рис. 108. Передвижной криогенный аппарат с интенсивным движением газообразного азота: 1 — вытяжной вентилятор; 2 — грузовой конвейер; 3, 4 — циркуляционные вентиляторы для поперечного движения газообразного азота; 5 — шifter; 6, 7 — циркуляционные вентиляторы для продольного движения газообразного азота; 8 — коллектор с форсунками; 9 — манометр; 10 — регулирующий вентиль; 11-13 — электродвигатели; 14, 15 — термометры; 16 — металлическая рама; 17 — регулировочные винты; I — зона предварительного охлаждения; II — зона орошения; III — зона выравнивания температур.

Продукт, подлежащий замораживанию, подается на ленту грузового конвейера зоны предварительного охлаждения, где продукт частично охлаждается газообразным азотом. Охлажденный продукт с грузового конвейера зоны предварительного охлаждения переходит на грузовой конвейер зоны орошения. В зоне циркуляции газообразного азота по мере продвижения продукта он охлаждается и частично подмораживается. Попадая в зону орошения жидким азотом, продукт окончательно замораживается. С помощью разгрузочного конвейера замороженный продукт подается на стол для расфасовки и упаковки. Во время прохождения продукта по разгрузочному конвейеру происходит выравнивание температуры продукта.

Питающий резервуар расположен вне изолированного контура аппарата.

Жидкий азот из бака через дроссельное устройство подается в питающий резервуар, уровень жидкого азота в котором поддерживается с помощью датчика уровня и соленоидного вентиля. Из питающего резервуара жидкий азот попадает в коллектор с форсунками, которые направляют жидкий азот на продукт. Жидкий азот, который не успел испариться, собирается в поддоне и оттуда стекает в питающий резервуар для повторного использования.

Достоинством аппарата является небольшой расход жидкого азота; уменьшение расхода азота, идущего на замораживание продукта, достигнуто увеличением зоны циркуляции газообразного азота, что привело к увеличению длины аппарата и необходимости применения двух грузовых конвейеров.

Уменьшение длины аппарата можно достигнуть увеличением скорости движения газообразного азота. Передвижной криогенный аппарат с интенсивным движением газообразного азота (рис. 108) состоит из изолированного контура, металлической рамы, грузового конвейера, коллекторов с форсунками, циркуляционных вентиляторов для продольного и поперечного движения газообразного азота, бака с жидким азотом, шиберов для регулирования скорости движения газообразного азота, поддона для сбора жидкого азота, насоса, электродвигателей, привода грузового конвейера.

Изолированный контур морозильного аппарата выполняют из нержавеющей стали и пенополиуретана толщиной 100 мм. В торцовых стенах аппарата расположены окна для входа продукта в аппарат и выхода из него. Ширина окон соответствует ширине грузового конвейера, а высота — толщине замораживаемого продукта.

Металлическая рама, на которой собирается морозильный аппарат, имеет ножки с регулировочными винтами. Установка аппарата производится непосредственно на пол помещения без устройства фундамента.

Конвейер аппарата приводится в движение электродвигателем, снабженным вариатором скоростей. Скорость движения ленты конвейера может меняться от 2 до 12 м/мин.

Аппарат оснащен циркуляционными вентиляторами для продольного и поперечного движения газообразного азота. Вытяжной вентилятор для отсоса газообразного азота расположен с наружной стороны аппарата у загрузочного окна. С помощью вытяжного вентилятора у загрузочного окна создается газовая завеса.

Работа загрузочного и разгрузочного конвейеров синхронизирована с работой грузового конвейера аппарата.

Аппарат собирается из разборных секций, что обеспечивает возможность его быстрого монтажа и ремонта.

Жидкий азот из бака, давление в котором составляет 200—240 кПа, направляется к регулирующему вентилю и далее — к коллекторам с форсунками. Часть жидкого азота, которая не успела испариться при замораживании продукта, собирается в поддоне, из которого жидкость насосом перекачивается в коллектор с форсунками для повторного орошения продукта.

Продукт, подлежащий замораживанию, с помощью загрузочного конвейера попадает на ленту грузового конвейера.

В зоне предварительного охлаждения скорость газообразного азота равна 20—30 м/с. Продукт в этой зоне охлаждается и частично подмораживается. В зоне орошения продукта жидким азотом происходит его окончательное замораживание.

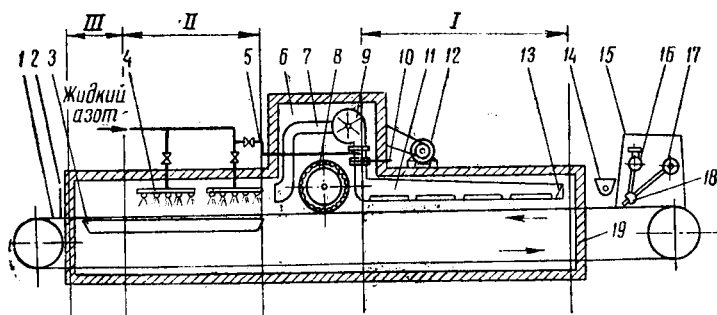


Рис. 109. Криогенный аппарат для замораживания пельменей:

1 — лента грузового конвейера; 2 — шторка; 3 — поддон; 4 — коллектор с форсунками для распыления жидкого азота; 5 — трубопровод подачи жидкого азота в нагнетательный канал с щелевыми соплами; 6 — надстройка над грузовым отсеком; 7 — всасывающий канал; 8 — штампочный барабан; 9 — циркуляционный вентилятор; 10 — шибер; 11 — нагнетательный канал с щелевыми соплами; 12 — электродвигатель; 13 — поворотная заслонка; 14 — устройство для посыпания мукой тестовой трубки; 15 — корпус пельменного автомата; 16 — тестовый коллектор; 17 — фаршевый коллектор; 18 — фильера для получения тестовой трубки с фаршевой начинкой; 19 — изолированный контур; I — зона предварительного охлаждения; II — зона выравнивания температур.

Разгрузочным конвейером замороженный продукт подается на расфасовку и упаковку.

Аппарат компактен, легко монтируется, прост в эксплуатации. Применение мощных вентиляторов для продольной и поперечной циркуляции газообразного азота приводит к возрастанию расхода электроэнергии на их привод.

Криогенные аппараты с распылением азота в грузовом отсеке и горизонтальным расположением конвейера применяют и для замораживания пельменей и фрикаделек. При этом удачно сочетаются непрерывность производства с поточностью замораживания.

Аппарат (рис. 109) состоит из изолированного контура, грузового конвейера, циркуляционного вентилятора для движения газообразного азота, шиберов, бака с жидким азотом, системы питания аппарата жидким азотом, коллекторов с форсунками для распыления жидкого азота, поддона, насоса, пельменного автомата (штамповка пельменей), электродвигателя с вариатором скоростей.

В торцовых стенах изолированного контура имеются окна для входа и выхода ленты грузового конвейера. Ширина окон соответствует ширине ленты, а высота — толщине замораживаемого продукта. Лента грузового конвейера выходит из грузового отсека аппарата на длину, достаточную для установки пельменного автомата. На ленту грузового конвейера укладывают тестовую трубку с фаршевой начинкой, подмораживают ее и штампуют пельмени с последующим их замораживанием и выравниванием температуры. Скорость движения ленты грузового конвейера изменяется от 2,5 до 5 м/мин. Грузовой конвейер можно извлечь для мойки и чистки.

Циркуляционный вентилятор для движения газообразного азота расположен в средней части аппарата.

В зоне предварительного охлаждения продукта размещается нагнетательный канал прямоугольного сечения длиной 2,5 м с щелевыми соплами. Нагнетательный канал оборудован двумя шиберами, позволяющими регулировать количество подаваемого газообразного азота, который охлаждается жидким азотом, распыляемым в канале. Температура охлаждаемого газообразного азота, выходящего из щелевых сопел, — $120 \div 130^{\circ}\text{C}$.

Жидкий азот из бака (емкостью 15 м³), расположенного вне аппарата, через дроссельное устройство подается в коллекторы с форсунками, снабженными специальными винтами для регулирования подачи и распыления жидкого азота.

Для сбора избыточного жидкого азота установлен поддон, из которого жидкий азот перекачивается насосом в коллекторы с форсунками для повторного использования.

Выходя из пельменного автомата, тестовые трубки, начиненные фаршем, ложатся на стальную ленту грузового конвейера. Сначала они охлаждаются газообразным азотом, а затем направляются к штамповочному барабану, формирующему пельмени, которые направляются в зону орошения жидким азотом. Замороженные пельмени проходят зону выравнивания температуры и удаляются из аппарата для расфасовки и упаковки.

Аппарат позволяет организовать непрерывное поточное производство замороженных пельменей. Недостатки аппарата: высокая стоимость замораживания пельме-

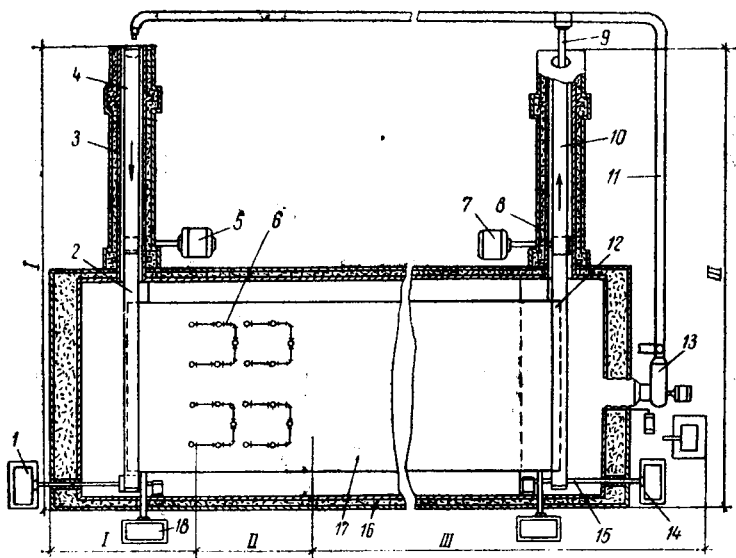


Рис. 110. Криогенный аппарат П-образной формы для замораживания продуктов:

1, 14 — электродвигатели привода промежуточного конвейера; 2, 12 — промежуточные конвейеры; 3 — загрузочный туннель; 4 — транспортер загрузки; 5 — электродвигатель транспортера загрузки; 6 — коллектор с форсунками; 7 — электродвигатель транспортера разгрузки; 8 — разгрузочный туннель; 9 — нагнетательный канал подачи газообразного азота; 10 — транспортер разгрузки; 11 — нагнетательный канал для распределения газообразного азота; 13 — вытяжной вентилятор; 15 — грузовой отсек; 16 — изолированный контур; 17 — грузовой конвейер; 18 — электродвигатель привода грузового конвейера; I — зона предварительного охлаждения; II — зона орошения; III — зона выравнивания температур.

ней, возможность замораживания продукта только одного вида.

В криогенном аппарате П-образной формы с горизонтальным расположением конвейера, предназначенном для замораживания упакованных и неупакованных продуктов, транспортер загрузки используется для предварительного охлаждения продукта, а транспортер разгрузки — для выравнивания температуры замороженного продукта (рис. 110).

В состав аппарата входят транспортеры загрузки и разгрузки, грузовой и промежуточные конвейеры, коллектор с форсунками, вытяжной вентилятор, система нагнетательных каналов подачи газообразного азота,

шибер, изолированный контур, вакуум-насос и электродвигатели.

Аппарат имеет П-образную форму. К одной из боковых сторон грузового отсека аппарата примыкают загрузочный и разгрузочный туннели, в которых находятся загрузочный и разгрузочный транспортеры. Поперечное сечение туннелей имеет прямоугольную форму с минимальными размерами загрузочного и разгрузочного окон для уменьшения теплопритока в аппарат. Изоляция туннелей выполнена из многослойного полиуретана.

Изолированный контур грузового отсека аппарата в поперечном сечении имеет форму тора. Пространство между наружной и внутренней обечайками его отвакуумировано и является тепловой изоляцией грузового отсека. Наружная обечайка выполнена из обычной конструкционной стали, а внутренняя — из нержавеющей.

В загрузочный и разгрузочный туннели вытяжным вентилятором, который в этом аппарате является циркуляционным, по нагнетательным каналам подачи газообразного азота направляется холодный газ. Температура газа в туннелях $-20 \div -30^{\circ}\text{C}$. В грузовом отсеке аппарата находится грузовой конвейер, на котором производится орошение замораживаемого продукта жидким азотом. В грузовой отсек аппарата жидкий азот подается из бака по трубопроводу. Давление жидкого азота в трубопроводе и коллекторе с форсунками, распыляющими азот, 103 кПа.

Верхняя и нижняя перегородки грузового отсека, резко уменьшая поперечное живое сечение, позволяют (при сравнительно небольшом количестве циркулирующего газообразного азота) создать высокую скорость движения газа без применения циркуляционных вентиляторов.

Из грузового отсека газ направляется к отсасывающему вентилятору. Газовый поток, выходящий из отсасывающего вентилятора, частично направляется в загрузочный и разгрузочный туннели, а частично по вытяжному трубопроводу выходит в атмосферу.

Количество циркулирующего газообразного азота регулируется шибером, установленным у отсасывающего вентилятора.

Продукт, подлежащий замораживанию, транспортером загрузки направляется в соответствующий туннель,

где он, обдуваясь азотом, охлаждается. Охлажденный продукт передается на первый промежуточный конвейер, которым он направляется в грузовой отсек аппарата. Попадая на грузовой конвейер, продукт поступает в зону орошения, а затем направляется в ту часть аппарата, где с большей скоростью движется холодный газ. В этих зонах продукт замораживается. В то время, когда продукт движется по промежуточному конвейеру и транспортеру разгрузки, происходит выравнивание температуры в его объеме. Если продукт не расфасован и не упакован, то он направляется к соответствующим автоматам, которые быстро расфасовывают и упаковывают его.

Достоинства аппарата — компактность, отсутствие циркуляционных вентиляторов, пониженный расход электроэнергии на создание движения газообразного азота в циркуляционном кольце. Недостатком аппарата является сложность транспортной системы, предназначенной для перемещения продукта при его замораживании.

В криогенных аппаратах, в которых замораживаемый продукт непосредственно орошается азотом, трудно замораживать продукты, которые имеют повышенные габаритные размеры (готовые блюда, крупнокусковое мясо и др.). Такие продукты растрескиваются и деформируются при быстром замораживании жидким азотом, несмотря на наличие в аппаратах зоны предварительного охлаждения. Увеличение времени пребывания крупнокусковых продуктов в зоне предварительного охлаждения приводит или к возрастанию длины грузового отсека, или (при уменьшении скорости движения грузового конвейера) к резкому снижению производительности аппарата.

Поэтому крупнокусковые продукты целесообразно замораживать в газообразном азоте при его многократной циркуляции. В таких аппаратах жидкий азот при атмосферном давлении подается в поток газообразного холодильного агента, в котором жидкость испаряясь понижает температуру газа.

Криогенный аппарат для замораживания крупнокусковых продуктов в среде газообразного азота (рис. 111) состоит из грузового конвейера, транспортеров загрузки и разгрузки,

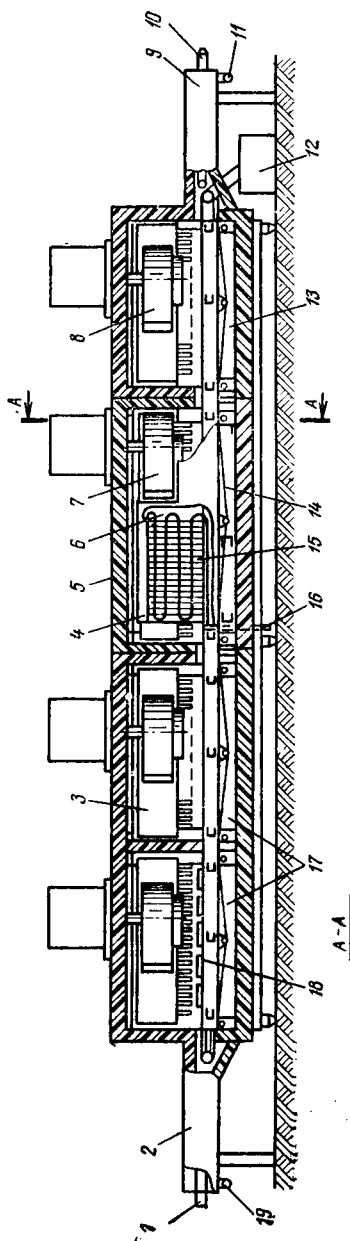
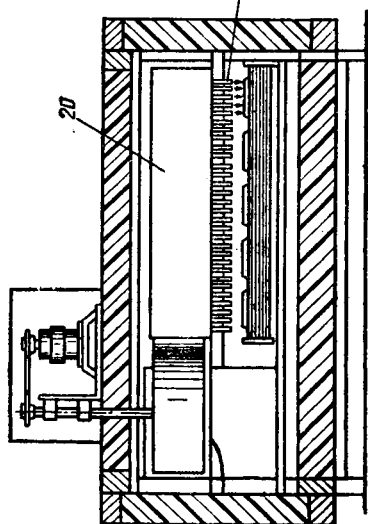


Рис. 111. Криогенный аппарат для замораживания крупнокусковых продуктов в среде газообразного азота:

1 — транспортер загрузки; 2 — туннель загрузки; 3 — секция предварительного охлаждения; 4 — секция замораживания; 5 — изолированный контур; 6 — зона испарения жидкого азота; 7 — циркуляционный вентилятор; 8 — секция выравнивания температуры; 9 — туннель разгрузки; 10 — транспортер разгрузки; 11, 19 — канал отвода газообразного азота; 12 — привод грузовой конвейера; 13, 14, 17 — нижняя часть грузовой отсека; 15 — охлаждающая батарея; 16 — трубопровод подачи жидкого азота; 18 — грузовой конвейер; 20 — нагревательный канал; 21 — сопло.



туннелей загрузки и разгрузки, охлаждающей батареи, трубопровода подачи жидкого азота, циркуляционных вентиляторов, нагнетательных каналов с соплами, вытяжных трубопроводов для отвода отработанного газообразного азота, привода грузового конвейера и изолированного контура.

Грузовой отсек морозильного аппарата смонтирован из четырех секций. Две секции образуют зону предварительного охлаждения продукта, третья секция является зоной замораживания, а четвертая — зоной выравнивания температуры.

Изолированный контур аппарата состоит из листов армированного стекловолокна (наружная обшивка), пенополиуретана (теплоизоляция) и листов нержавеющей стали (внутренняя обшивка). С торцовых сторон грузового отсека аппарата находится загрузочный и разгрузочный туннели с соответствующими транспортерами. В грузовом отсеке аппарата установлен грузовой конвейер, сетчатая лента которого выполнена из нержавеющей стали. Скорость движения грузового конвейера может регулироваться вариатором скоростей в широких пределах. На сетчатой ленте грузового конвейера замораживаются крупнокусковые продукты, которые в зоне замораживания обдуваются холодным газообразным азотом.

Охлаждающая батарея выполнена в виде змеевика с открытым верхним концом. В охлаждающую батарею жидкий азот подается с помощью соленоидного вентиля, управляемого датчиком температуры.

Выходя из верхнего открытого конца змеевика, жидкий азот испаряется, а образовавшийся газообразный азот циркуляционным вентилятором направляется в нагнетательный канал с соплами. Газообразный азот, скорость движения которого 30—35 м/с, обдувает крупнокусковый продукт, перемещаемый сетчатой лентой грузового конвейера. После этого газообразный азот поступает в нижнюю часть грузового отсека и далее направляется к батарее для охлаждения.

Движение газообразного азота в зонах предварительного охлаждения и выравнивания температуры также производится циркуляционными вентиляторами, нагнетательными каналами с соплами. В эти зоны газообразный азот перетекает из зоны замораживания через спе-

циальные окна, расположенные в перегородках между секциями.

Для регулирования количества перетекающего азота окна оборудованы шиберами, управление которыми производится дистанционно (вручную или автоматически) в зависимости от температуры газообразного азота в зонах. В первой секции температура газообразного азота $-17 \div -45^\circ \text{C}$, во второй — $-45 \div -128^\circ \text{C}$, а в третьей — $-156 \div -184^\circ \text{C}$.

Из грузового отсека аппарата отработанный газообразный азот по вытяжному трубопроводу удаляется в атмосферу.

В аппарате отсутствует вытяжной вентилятор. Так как в грузовом отсеке поддерживается избыточное давление газообразного азота, проникновение теплого наружного воздуха в грузовой отсек аппарата исключено.

Аппарат компактен, интенсивен, в нем можно замораживать как мелкоштучные, так и крупнокусковые продукты. Недостатки аппарата — повышенная металлоемкость из-за необходимости установки охлаждающей батареи; увеличенные энергетические затраты на привод циркуляционных вентиляторов; возросшая по сравнению с аппаратами, в которых происходит орошение продуктов жидким азотом, усушка.

Техническая характеристика криогенных аппаратов с горизонтальным расположением грузового конвейера приведена в табл. 19.

Криогенный аппарат с наклонным расположением конвейера, предназначенный для замораживания неупакованных продуктов (рис. 112), состоит из наклонного грузового конвейера, сборного изолированного контура, коллектора с форсунками, циркуляционных и вытяжного вентиляторов, электродвигателя привода грузового конвейера, газосборника.

Изолированный контур аппарата монтируется из сборных секций. В зависимости от вида замороженного продукта и производительности можно изменить количество сборных секций, входящих в состав аппарата. Каждая секция в сечении П-образной формы, причем ее верхняя часть съемная, что позволяет обслуживать и ремонтировать любой узел грузового конвейера. Зазоры между секциями уплотняются прокладками из ни-

ТАБЛИЦА 19

Показатели	Криогенные аппараты с горизонтальным расположением грузового конвейера				
	для замораживания неупакованных мелкостучных продуктов	передвижной с интенсивным движением газообразного азота	для замораживанияпельменейи фрикаделек	П-образной формы для замораживания упакованных и неупакованных продуктов	для замораживания крупнокусковых продуктов
Производительность, кг/ч	450—1820	130—1360	200—300	100	600
Емкость, кг	100—400	40—450	20—30	10—15	40—60
Температура, °С					
теплоотводящей среды	—196	—196	—196	—196	—184
замороженного продукта	—20	—20	—20	—20	—20
Продолжительность замораживания, мин	3—15	5—20	4—6	2—6	6—15
Габаритные размеры, мм					
длина	10 360—14 450	7850—16 000	12 400	4800	12 000
ширина	1450—2130	1120—1660	1200	1850	4200
высота	1780—4540	1560—1630	1450	2200	2400
Масса, кг	1360—4540	1800—3400	1200	1670	1850

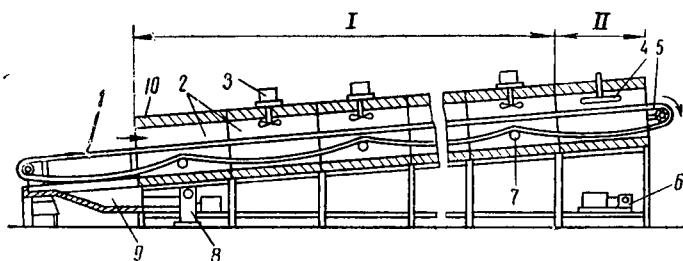


Рис. 112. Криогенный аппарат с наклонным расположением грузового конвейера, предназначенный для замораживания неупакованных продуктов:

1 — грузовой конвейер; 2 — сборные секции; 3 — циркуляционный вентилятор; 4 — коллектор с форсунками; 5 — ведущий барабан; 6 — электродвигатель привода грузового конвейера; 7 — несущие ролики; 8 — вытяжной вентилятор; 9 — газосборник; 10 — изолированный контур; I — зона предварительного охлаждения; II — зона орошения.

флона с внутренней стороны грузового отсека и прокладками из винила с наружной стороны.

В грузовом отсеке находится наклонный грузовой конвейер, приводимый в движение электродвигателем через вариатор скоростей, который позволяет изменять скорость движения ленты грузового конвейера от 2 до 6 м/мин. Загрузка грузового конвейера продуктом производится в нижней части грузового отсека, а выгрузка — в верхней.

В зоне орошения находится коллектор с форсунками, предназначенными для распыления жидкого азота, который подается по трубопроводу из бака.

Количество жидкого азота регулируется так, чтобы он полностью испарился, орошая замораживаемый продукт. Газообразный азот образуется при испарении жидкости.

Движение газа производится индивидуальными циркуляционными вентиляторами, которые находятся в каждой сборной секции. Движение газообразного азота со скоростью 25—30 м/с происходит только в верхней зоне грузового отсека, разделенного перегородками сборных П-образных секций на две части.

Газообразный азот, опускаясь по наклонному грузовому отсеку, собирается в газосборнике, откуда отработанный азот удаляется вытяжным вентилятором, создающим газовую завесу у загрузочного окна. Газовая за-

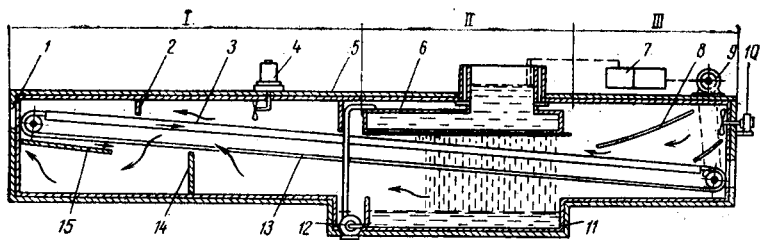


Рис. 113. Криогенный аппарат с наклонным расположением грузового конвейера и перфорированным лотком:

1 — окно загрузки; 2 — перегородка для изменения направления потока газообразного азота; 3 — перфорированный лоток; 4 — циркуляционный вентилятор; 5 — изолированный контур; 6 — верхний бак с жидким азотом; 7 — пульт управления; 8 — отражатели; 9 — электродвигатель и вариатор скоростей для привода грузового конвейера; 10 — циркуляционный вентилятор; 11 — нижний бак с жидким азотом; 12 — насос для перекачки азота; 13 — грузовой конвейер; 14, 15 — перегородки; I — зона предварительного охлаждения; II — зона орошения; III — зона выравнивания температур. Стрелки показывают направление движения газового потока в грузовом отсеке.

веса предотвращает попадание теплого воздуха в грузовой отсек аппарата, а также охлаждает поступающий на замораживание продукт.

Грузовой конвейер сначала направляет продукт в зону предварительного охлаждения. В этой зоне продукт, обдуваемый холодным газообразным азотом, охлаждается и подмораживается. Поступая в верхнюю часть грузового отсека, продукт быстро замораживается и выводится из аппарата для упаковки.

Достоинствами аппарата являются рациональная схема сбора и удаления отработанного газообразного азота, простота монтажа, ремонта и обслуживания, возможность замораживания широкого ассортимента продуктов. Недостаток аппарата — отсутствие зоны выравнивания температуры.

Криогенный аппарат с наклонным расположением конвейера и перфорированным лотком предназначен для замораживания разнообразных мелкоштучных продуктов. Особенностью конструкции такого аппарата является устройство специального перфорированного лотка, длина которого равна длине грузового конвейера, а также применение специального бака в качестве орошителя продукта жидким азотом (рис. 113).

Аппарат состоит из изолированного контура, циркуляционных вентиляторов, наклонного грузового конвейера, перфорированного лотка, верхнего и нижнего баков с жидким азотом, насоса для перекачки азота, электродвигателя и вариатора скоростей для привода грузового конвейера.

Изолированный контур аппарата собирается из сборных панелей. В грузовом отсеке аппарата имеются зоны предварительного охлаждения, орошения и выравнивания температуры.

В зонах предварительного охлаждения и выравнивания температуры для создания движения газообразного азота установлены циркуляционные вентиляторы, которые вместе с отражателями и перегородками обеспечивают интенсивный и равномерный обдув сетчатой ленты наклонного грузового конвейера. Сетчатая лента грузового конвейера изготовлена из нержавеющей стали. Нагруженная продуктом лента грузового конвейера опирается на перфорированный лоток и скользит по нему. Перфорированный лоток делит грузовой отсек аппарата на верхнюю и нижнюю части. Лоток изготовлен из листовой стали с большим количеством отверстий, через которые может проходить как жидкий азот, так и поток движущегося холодного газа.

В зоне орошения установлен бак, в который подается жидкий азот. Бак служит для непрерывного орошения продукта, транспортируемого грузовым конвейером через эту зону аппарата. Дно бака состоит из двух металлических листов: один неподвижный, а другой подвижный. На этих листах имеется большое количество соосных отверстий. При смещении листов меняется живое сечение отверстий, а следовательно, и плотность орошения продукта жидким азотом, которая выбрана так, что часть жидкости, орошающей продукт, не испаряется. Эта жидкость стекает в нижний бак, являющийся поддоном. Из нижнего бака жидкость насосом перекачивается в верхний бак.

Изменяя плотность орошения продукта жидким азотом и скорость движения грузового конвейера, можно регулировать производительность аппарата и режим холодильной обработки разнообразных мелкоштучных продуктов. В аппарате создается избыточное давление газообразного азота. Отработанный газообразный азот

удаляется из грузового отсека через окна загрузки и выгрузки, создавая тем самым газовую завесу.

Продукт охлаждается и подмораживается в зоне предварительного охлаждения. Обильно смачиваемый жидким азотом, он быстро замораживается в зоне орошения. В зоне выравнивания температуры с площади поверхности замороженного продукта испаряется избыточная жидкость, а потом происходит выравнивание температуры в его объеме. Замороженный продукт направляется на расфасовку и упаковку.

Достоинства аппарата — надежная работа грузового конвейера, равномерное орошение замораживаемого продукта жидким азотом, рациональная организация движения азота в газовой части аппарата, простота конструкции. Недостатком аппарата является несколько повышенный расход жидкого азота.

Техническая характеристика криогенных аппаратов с наклонным расположением грузового конвейера приведена в табл. 20.

В качестве транспортного устройства в криогенных морозильных аппаратах можно использовать винтовые

ТАБЛИЦА 20

Показатели	Криогенные аппараты с наклонным расположением грузового конвейера	
	для замораживания неупакованных продуктов	для замораживания мелкостучных продуктов
Производительность, кг/ч	400—800	800
Емкость, кг	40—80	40—50
Температура, °C		
теплоотводящей среды	—196	—196
замороженного продукта	—20	—20
Продолжительность замораживания, мин	6—10	3—5
Габаритные размеры, мм		
длина	1200	13 200
ширина	1400	1650
высота	1800	3200
Масса, кг	1700	2100

конвейеры. В таких аппаратах отсутствуют циркуляционные вентиляторы, своеобразно решается подача криогенной жидкости в грузовой отсек аппарата. Применение винтового конвейера упрощает транспортную систему аппарата, позволяет легко решить вопрос о загрузке и разгрузке его продуктом. В аппаратах нет устройств, предназначенных для натяжения ленты конвейера, а отсутствие его обратной ветви и приводных барабанов позволяет выполнить грузовой отсек аппарата очень компактным.

Криогенные аппараты с винтовым конвейером позволяют замораживать продукты, которые подаются навалом. При замораживании такие продукты не сминаются, а слипшиеся куски в процессе транспортировки отделяются друг от друга.

В грузовом отсеке аппарата винтовой конвейер может располагаться не только наклонно, но и вертикально.

Криогенный аппарат с наклонным винтовым конвейером (рис. 114) состоит из изолированного контура, подставок, наклонного винтового конвейера, электродвигателя с приводом, загрузочного и разгрузочных окон, форсунок, бака с жидким азотом и расширительных камер.

Между внутренней и наружной обшивками изолированного контура уложена теплоизоляция. Внутренняя обшивка изготовлена из листовой нержавеющей стали, а наружная — из листового алюминия или же из нержавеющей стали. В верхней части изолированного контура имеется крышка, которая обеспечивает доступ к внутренним узлам аппарата. В изолированном контуре находится наклонный винтовой конвейер. Для того чтобы частицы замораживаемого продукта не прилипали к этому конвейеру и внутренней обшивке изолированного контура, их поверхности покрыты слоем нифлона. Вариатор скоростей позволяет изменять частоту вращения винта конвейера.

Загрузочное окно предназначено для поступления продукта в аппарат. Из аппарата замороженный продукт удаляется через разгрузочное окно, находящееся на верхнем конце изолированного контура.

По всей длине изолированного контура в непосредственной близости от винтового наклонного конвейера

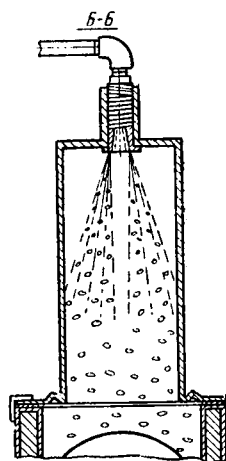
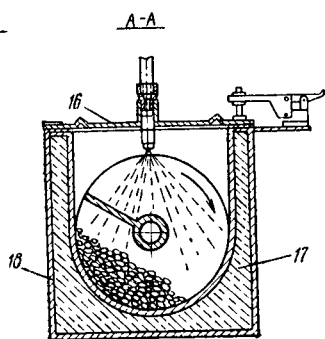
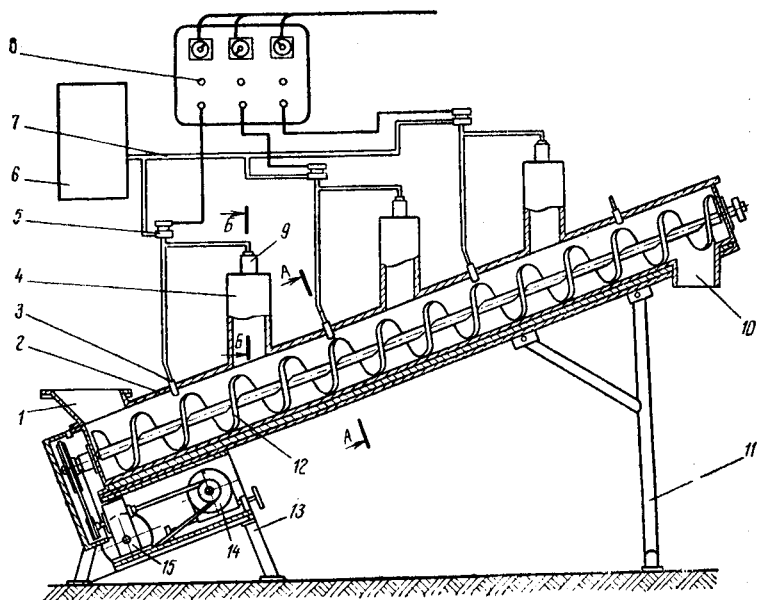


Рис. 114. Криогенный аппарат с наклонным винтовым конвейером:
 1 — загрузочное окно; 2 — изолированный контур; 3 — форсунки; 4 — расширительная камера; 5 — соленоидный вентиль; 6 — бак с жидким азотом; 7 — трубопровод; 8 — пульт управления; 9 — форсунка; 10 — разгрузочное окно; 11, 13 — подставки; 12 — наклонный винтовой конвейер; 14 — электродвигатель; 15 — вариатор скоростей; 16 — крышка; 17 — теплоизоляция; 18 — наружная обшивка изолированного контура.

расположены форсунки. Жидкий азот в них подается по трубопроводам из бака. Между форсунками, а также по всей длине изолированного контура, установлены расширительные камеры со своими форсунками, которые смонтированы на некотором расстоянии от наклонного винтового конвейера. Распыленный в расширительной камере жидкий азот превращается в газ. В результате комбинированной подачи азота в грузовой отсек аппарата продукт сначала орошается жидким азотом, а затем обдувается газообразным. Подача жидкого азота к форсункам производится с помощью соленоидных вентилей. Газообразный азот можно использовать для предварительного охлаждения и выравнивания температуры продукта, когда он находится на транспортерах загрузки и разгрузки.

Продукт, предварительно охлажденный на транспортере загрузки, через окно попадает в грузовой отсек аппарата. Транспортируемый наклонным винтовым конвейером продукт попеременно или орошается жидким азотом, или обдувается газом, что обеспечивает его быстрое замораживание. Замороженный продукт через окно ссыпается на транспортер разгрузки, на котором происходит выравнивание его температуры.

Аппарат с наклонным винтовым конвейером компактен, конструкция его проста, в нем можно замораживать продукты навзлом. Вследствие отсутствия в аппарате циркуляционных вентиляторов значительно сокращается расход электроэнергии. Недостатком аппарата является повышенный расход жидкого азота, что объясняется несколько худшим использованием газообразного азота, чем в аппарате с интенсивным движением газа.

В криогенных аппаратах с вертикальным винтовым конвейером (рис. 115) движение газообразного азота осуществляется с помощью каналов и автоматических заслонок. Такие аппараты используют для быстрого замораживания мясных продуктов, готовых блюд, а также для закаливания мороженого.

Аппарат состоит из цилиндрического изолированного контура, вертикального винтового конвейера, электродвигателя привода вертикального винтового конвейера, загрузочного и разгрузочного туннелей, каналов для

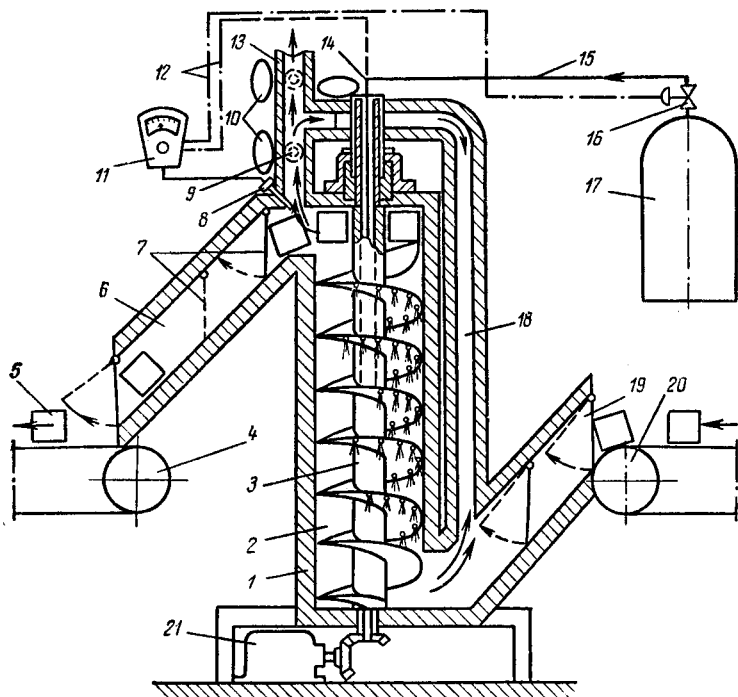


Рис. 115. Криогенный аппарат с вертикальным винтовым конвейером:

1 — цилиндрический изолированный контур; 2 — грузовой отсек; 3 — вертикальный винтовой конвейер; 4 — транспортер разгрузки; 5 — замороженный продукт; 6 — разгрузочный туннель; 7 — подъемные перегородки; 8 — датчик температуры; 9, 18 — канал для циркуляции газообразного азота; 10 — автоматическая задвижка; 11 — регулятор температуры; 12 — линия связи; 13 — канал отвода газообразного азота; 14 — патрубок подачи жидкого азота в пустотелый винт; 15 — трубопровод подачи жидкого азота к пустотелому винту; 16 — регулирующий вентиль; 17 — бак с жидким азотом; 19 — загрузочный туннель; 20 — транспортер загрузки; 21 — электродвигатель привода винтового конвейера. Стрелки показывают направление движения газового потока.

циркуляции и отвода газообразного азота, оборудованных автоматическими заслонками, бака с жидким азотом.

Изолированный контур морозильного аппарата имеет цилиндрическую форму. В пространство между внутренней и наружной металлическими обечайками уложена теплоизоляция.

В грузовом отсеке расположен вертикальный винтовой конвейер. Пустотелый винт этого конвейера

ТАБЛИЦА 21

Показатели	Криогенные аппараты с винтовым конвейером	
	наклонным	вертикальным
Производительность, кг/ч	300	250
Емкость, кг	50—100	30
Температура, °С		
теплоотводящей среды	—196	—196
замороженного продукта	—20	—20
Продолжительность замораживания, мин	10—20	10—20
Габаритные размеры, мм		
длина	6000	3200
ширина	1100	1350
высота	3600	3500
Масса, кг	1280	1200

приводится во вращение электродвигателем через коническую зубчатую передачу.

В грузовой отсек аппарата продукт попадает через загрузочный туннель, а удаляется из него через разгрузочный. В туннелях установлены перегородки, препятствующие проникновению теплого воздуха в грузовой отсек, а также выходу газообразного азота наружу. При прохождении замороженного продукта по туннелям перегородки поднимаются, пропуская его, а затем вновь опускаются. Продукт орошается жидким азотом, который впрыскивается через пустотелый винт с отверстиями. В этот винт жидкий азот поступает из бака по трубопроводу, на котором расположен регулирующий вентиль.

Орошение продукта жидким азотом производится через отверстие, находящееся на нижней спиральной плоскости винта. В зависимости от количества подаваемого азота температуру регулируют датчиком, находящимся в канале для циркуляции газообразного азота.

Направление движения газообразного азота в аппарате изменяется автоматическими задвижками, установленными на каналах для циркуляции и отвода газообразного азота.

Транспортером загрузки продукт направляется к соответствующему туннелю. Скатываясь в грузовой от-

сск аппарата, продукт предварительно охлаждается газообразным азотом и попадает на вертикальный винтовой конвейер. Находясь на этом конвейере, продукт непрерывно орошается жидким азотом, замораживается и направляется в разгрузочный туннель, где происходит выравнивание температуры замороженного продукта. Транспортёром разгрузки продукт перемещается для упаковки и укладки в тару.

Аппарат компактен, малоэнергоёмок, конструкция его проста. Повышенный расход жидкого азота является недостатком аппарата.

Техническая характеристика криогенных аппаратов с винтовым конвейером приведена в табл. 21.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА АППАРАТА С РАСПЫЛЕНИЕМ ЖИДКОГО АЗОТА В ГРУЗОВОМ ОТСЕКЕ

При расчете криогенного аппарата с распылением жидкого азота в грузовом отсеке, если заданы производительность аппарата, вид и размеры замораживаемого продукта, начальная и конечная температура продукта, то необходимо определить продолжительность пребывания продукта в грузовом отсеке аппарата; ёмкость аппарата; площадь поверхности ленты грузового конвейера; длину грузового конвейера; габаритные размеры изолированного контура; тепловую нагрузку; общий расход жидкого азота и избыточное количество жидкого азота, орошающего продукт; количество форсунок; удельный расход жидкого азота; производительность отсасывающего вентилятора; количество газообразного азота, движущегося в зоне предварительного охлаждения; количество газообразного азота, движущегося в зоне выравнивания температур.

Продолжительность пребывания продукта в грузовом отсеке аппарата находят из зависимости

$$\tau_a = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3,$$

где τ_a — продолжительность пребывания продукта в грузовом отсеке аппарата, с;

τ_3 — продолжительность пребывания продукта в зоне выравнивания температур, с.

Продолжительность замораживания продукта до криоскопической температуры в зоне предварительного охлаждения τ_1 можно определить по формуле

Планка (20). Величины коэффициентов R и P находят по справочным данным в зависимости от отношения длины и ширины единичного продукта к его толщине.

Количество тепла, отводимое от продукта при его холодильной обработке в зоне предварительного охлаждения $q_{з1}$, зависит от его вида, а также от начальной и криоскопической температур.

Температуру теплоотводящей среды (газообразного азота) в зоне предварительного охлаждения рассчитывают по уравнению

$$t_{c1} = \frac{t_r + t_0}{2},$$

где t_{c1} — температура теплоотводящей среды в зоне предварительного охлаждения, °C;

t_r — температура отработанного газообразного азота, удаляемого из зоны предварительного охлаждения, величиной которой необходимо задаваться, °C (−20÷−30° C).

Чтобы определить t_1 , находят коэффициент теплоотдачи от продукта к газообразному азоту.

Критерий Нуссельта для условий теплообмена продукта и газообразного азота в зоне предварительного охлаждения рассчитывают по формуле

$$Nu = 0,0296 Re^{0,8} Pr^{0,43}. \quad (24)$$

При определении значения критерия Рейнольдса, входящего в уравнение (24), скоростью движения газообразного азота в зоне предварительного охлаждения следует задаться ($w' = 20\text{—}35$ м/с), а за определяющий размер принять эквивалентный диаметр единичного продукта, замораживаемого в криогенном аппарате.

Продолжительность домораживания продукта в зоне орошения t_2 также находится по формуле Планка. Количество тепла, отводимое от продукта при его домораживании в зоне орошения $q_{з2}$, зависит от конечной температуры замороженного продукта. Температура теплоотводящей среды в зоне орошения равна температуре кипения жидкого азота в зоне орошения t_0 . Коэффициент теплоотдачи от продукта к жидкому азоту, который орошает продукт, находится по формуле

$$\alpha_2 = 25,06 \lambda'' \left(\frac{c'' \Delta t_a}{r} \right)^{-0,6} \left(\frac{\rho' - \rho''}{\sigma'} \right)^{0,5}, \quad (25)$$

где α_2 — коэффициент теплоотдачи от продукта к жидкому азоту, который орошает продукт, Вт/(м²·K);

λ'' — теплопроводность газообразного азота, Вт/(м·K);

c'' — удельная теплоемкость газообразного азота, Дж/(кг·К);
 Δt_a — разность температур между продуктом, поступающим в зону орошения, и кипящим азотом, °С;
 ρ' — плотность жидкого азота, кг/м³;
 ρ'' — плотность насыщенного пара азота при температуре кипения, кг/м³;
 σ' — поверхностное натяжение жидкого азота, Н/м.

Формула (25) справедлива для условий

$$0,2 < \frac{c'' \Delta t}{r} < 2,4.$$

Продолжительность пребывания продукта в зоне выравнивания температур τ_3 равна продолжительности замораживания продукта до криоскопической температуры в зоне предварительного охлаждения, т. е. $\tau_3 = \tau_1$. Если по условиям проектирования необходимо уменьшить длину аппарата, то принимают $\tau_3 = (0,5 \div 0,75) \tau_1$ или вообще отказываются от зоны выравнивания температур в аппарате, полагая $\tau_3 = 0$.

Емкость аппарата или массу продукта, находящегося на ленте грузового конвейера, определяют по формуле (21).

Площадь поверхности ленты грузового конвейера рассчитывают по уравнению

$$F_{\text{кн}} = \frac{G}{g_f},$$

где $F_{\text{кн}}$ — площадь ленты грузового конвейера, м²;
 g_f — масса продукта, размещаемого на 1 м² площади поверхности ленты грузового конвейера, кг/м².

Длину грузового конвейера находят по формуле

$$L_{\text{кн}} = \frac{F_{\text{кн}}}{B_{\text{кн}}},$$

где $L_{\text{кн}}$, $B_{\text{кн}}$ — длина и ширина грузового конвейера, м.

По габаритным размерам находят наружную теплопередающую поверхность изолированного контура. В зависимости от величины наружной теплопередающей поверхности изолированного контура находится теплоприток Q_1 .

Длину изолированного контура рассчитывают по уравнению

$$L_a = L_{\text{кн}} + D_6 + 2\delta_n + 2\delta_z,$$

где L_a — длина изолированного контура аппарата, м;

D_6 — диаметр барабана грузового конвейера, м;
 δ_n — толщина слоя изоляционного материала, м;
 δ_3 — зазор между барабаном и торцевой стенкой изолированного контура, м.

Ширину изолированного контура определяют по формуле

$$B_a = B_k + 2\delta_n + 2\delta'_3,$$

где B_a — ширина изолированного контура, м;
 δ'_3 — зазор между грузовым конвейером и боковой стенкой изолированного контура, м.

Высоту изолированного контура рассчитывают по уравнению

$$H_a = D_6 + h_b + \delta''_3 + \delta'''_3 + \delta^{IV}_3 + 2\delta_n,$$

где H_a — высота изолированного контура, м;
 h_b — размер циркуляционного вентилятора по высоте изолированного контура, м;
 $\delta''_3, \delta'''_3, \delta^{IV}_3$ — зазоры между циркуляционным вентилятором и лентой грузового конвейера, между циркуляционным вентилятором и верхней крышкой изолированного контура, между обратной ветвью грузового конвейера и нижней крышкой изолированного контура, м.

Тепловую нагрузку находят по формуле

$$Q_0 = a_{д.п} Q_1 + Q_2 + Q_4,$$

где $a_{д.п} = 1,4-1,5$.

Для криогенных аппаратов Q_4 ориентировочно принимают $(0,1-0,15) Q_2$.

Общий расход жидкого азота находят по формуле

$$G_{аз} = \frac{Q'_a}{r}, \quad (26)$$

где $G_{аз}$ — общий расход жидкого азота, кг/с;
 Q'_a — тепловая нагрузка, отводимая жидким азотом при доморазживании продукта в зоне орошения, Вт;

$$Q'_a = G' q_{з_2},$$

где $q_{з_2}$ — количество тепла, отводимого от замораживаемого продукта в зоне орошения, Дж/кг.

Тепловую нагрузку, которую можно отвести газообразным азотом, определяют по уравнению

$$Q''_a = Q_0 - Q'_a,$$

где Q''_a — тепловая нагрузка, которую можно отвести газообразным азотом, Вт.

Действительную тепловую нагрузку, отводимую газообразным азотом, находят из выражения

$$Q''_{a,д} = G_{аз} c (t_r - t_0),$$

где $Q''_{a,д}$ — действительная тепловая нагрузка, отводимая газообразным азотом, Вт;

t_r — температура газообразного азота, уходящего из грузового отсека аппарата, °С.

Если $Q''_{a,д} = Q''_a$ (расхождение не должно превышать $\pm 10\%$), значит предварительно принятые условия работы криогенного аппарата (температура отработанного газообразного азота, удаленного из аппарата, а также возможность замораживания продукта в зоне предварительного охлаждения до криоскопической температуры) при найденном по формуле (26) общем расходе азота $G_{аз}$ были выбраны правильно.

Если $Q''_{a,д} \neq Q''_a$, то, изменяя общий расход жидкого азота (методом последовательного приближения), добиваются равенства между $Q''_{a,д}$ и Q''_a при новом значении $G_{аз,д}$ (действительный расход жидкого азота в аппарате, кг/с).

В аппарате можно предусмотреть подачу на орошение продукта избыточного количества жидкого азота с последующей рециркуляцией неиспарившейся жидкости с помощью насоса. В этом случае избыточное количество жидкого азота, орошающего продукт (подаваемого к коллектору с форсунками), составит

$$G_{аз,н} = G_{аз,д} n,$$

где $G_{аз,н}$ — избыточное количество жидкого азота, орошающего продукт, кг/с ($n=1,15-1,2$).

Количество форсунок составит для аппарата с избыточным количеством жидкого азота, орошающего продукт

$$n_{ф} = \frac{G_{аз,н}}{g_{ф}},$$

где $n_{ф}$ — количество форсунок, шт.;

$g_{ф}$ — производительность одной форсунки, кг/с;

для аппаратов без рециркуляции жидкого азота

$$n_{\Phi} = \frac{G_{\text{аз.д.}}}{g_{\Phi}}.$$

Удельный расход жидкого азота определяют по формуле

$$g_a = \frac{G_{\text{аз.д.}}}{G'}.$$

где g_a — удельный расход жидкого азота, кг/кг.

Производительность отсасывающего вентилятора

$$V_{\text{о.в.}} = G_{\text{аз.д.}} v_{\Gamma},$$

где $V_{\text{о.в.}}$ — производительность отсасывающего вентилятора, м³/с;
 v_{Γ} — удельный объем газообразного азота, удаляемого отсасывающим вентилятором (находится при температуре t_0), м³/кг.

Количество газообразного азота, движущегося в зоне предварительного охлаждения, составит

$$V'_{\text{а.п.}} = F_{\text{з.п.}} w',$$

где $V'_{\text{а.п.}}$ — количество газообразного азота, движущегося в зоне предварительного охлаждения, м³/с;
 $F_{\text{з.п.}}$ — живое сечение зоны предварительного охлаждения для прохода газообразного азота, м²;
 w' — скорость движения газообразного азота в зоне предварительного охлаждения, м/с.

Количество газообразного азота, движущегося в зоне выравнивания температуры, определяют по формуле

$$V'_{\text{а.в.}} = F_{\text{з.в.}} w'',$$

где $V'_{\text{а.в.}}$ — количество газообразного азота, движущегося в зоне выравнивания температуры, м³/с;
 $F_{\text{з.в.}}$ — живое сечение зоны выравнивания температуры для прохода газообразного азота, м²;
 w'' — скорость движения газообразного азота в зоне выравнивания температуры, м/с.

Рассчитав аэродинамическое сопротивление в циркуляционном канале зоны предварительного охлаждения и зная количество движущегося газообразного азота $V'_{\text{а.п.}}$, можно подобрать циркуляционные вентиляторы, обслуживающие эту зону.

Аналогично подбирают циркуляционные вентиляторы, обслуживающие зону выравнивания температуры.

Для подбора отсасывающего вентилятора необходимо рассчитать аэродинамическое сопротивление системы отвода газообразного азота. Зная аэродинамическое сопротивление этой системы и производительность отсасывающего вентилятора, можно произвести его подбор.

По формуле (17) производится расчет мощности электродвигателей для всех вентиляторов.

УГЛЕКИСЛОТНЫЕ АППАРАТЫ

Мелкоштучные продукты могут замораживаться в теплоотводящей среде, состоящей из смеси газообразной и мелкодисперсной твердой углекислоты (сухого льда), которая при атмосферном давлении, а именно такое давление и имеет место в грузовых отсеках углекислотных аппаратов, может находиться в газообразном или в твердом состоянии. Смесь газообразной и твердой углекислоты (твердая фаза напоминает обычный снег) получается из жидкой углекислоты, которая дросселируется в грузовой отсек аппарата.

В грузовом отсеке такая смесь с помощью циркуляционных вентиляторов движется с большой скоростью (25—35 м/с), обдувая замораживаемые продукты. Продукт, находящийся в потоке смеси, замораживается вследствие конвективного и контактного теплообмена.

В грузовом отсеке углекислотного аппарата движется смесь, состоящая (по объему) из снежной массы (50%) и газообразной углекислоты (50%). Такое соотношение объемов получается в том случае, если температура смеси в грузовом отсеке составляет $-65 \div -73^{\circ}\text{C}$. При более низкой температуре твердая углекислота не успевает сублимировать и образующиеся излишки твердой фазы в виде плотной снежной массы оседают на дно грузового отсека, затрудняя работу аппарата. Рабочий запас жидкой углекислоты находится в баке (при температуре -18°C и давлении 3000 кПа). В грузовой отсек жидкость впрыскивается с помощью форсунок специальной конструкции, расположенных на коллекторах, которые соединены с баком жидкой углекислоты системой трубопроводов.

При работе углекислотного аппарата автоматически поддерживают оптимальную температуру смеси в грузовом отсеке, чтобы исключить засорение форсунок.

Углекислотные аппараты применяют для замораживания мелкоштучных пищевых продуктов (котлеты, бифштексы, кусковое мясо и др.).

Углекислотный аппарат для замораживания кулинарных изделий (рис. 116) состоит из изолированного контура, трехсекционного грузового конвейера, электропривода с вариатором скоростей, циркуляционных вентиляторов, коллекторов с форсунками, бака с жидкой углекислотой.

В грузовой отсек аппарата продукты поступают на загрузочном конвейере, расположенном у торцевой стены изолированного контура. Продукт замораживается на трехсекционном грузовом конвейере, который имеет электрический привод с вариатором скоростей, что позволяет изменять скорость грузового конвейера от 2 до 6 м/мин. Ленты трехсекционного грузового конвейера изготовлены из нержавеющей стали и обдуваются смесью, состоящей из газообразной и твердой углекислоты.

Движение смеси в грузовом отсеке аппарата производится тремя циркуляционными вентиляторами. Направление движения смеси — поперечное относительно трехсекционного грузового конвейера. Скорость движения смеси 30 м/с.

Смесь газообразной и твердой углекислоты получается из жидкой углекислоты, которая находится в баке. Жидкая углекислота с помощью коллекторов и форсунок впрыскивается в грузовой отсек аппарата. Температура смеси в грузовом отсеке аппарата поддерживается автоматически.

Схема автоматического регулирования температуры показана на рис. 117. Автоматическое регулирование температуры смеси производится с помощью регулятора температуры, реле времени, а также двух соленоидных вентилях. Соленоидный вентиль CB_1 установлен на жидкостном трубопроводе, а CB_2 — на газовом трубопроводе.

Если в грузовом отсеке аппарата температура смеси достигает своего нижнего предела, т. е. -73°C , то регулятор температуры воздействует на соленоидный вентиль CB_2 , и он открывается. Одновременно с этим от импульса регулятора температуры закрывается соленоидный вентиль CB_1 , прекращая поступление жидкой

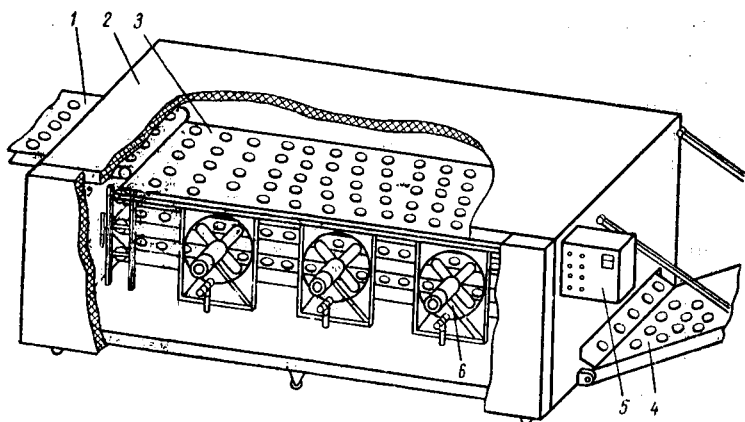
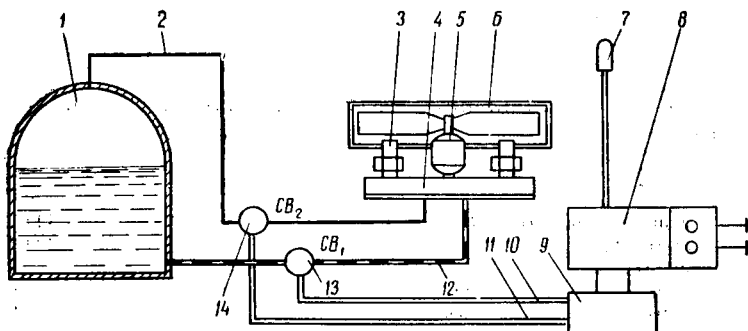


Рис. 116. Углекислотный аппарат для замораживания кулинарных изделий:

1 — загрузочный транспортер; 2 — изолированный контур; 3 — верхняя секция грузового конвейера; 4 — разгрузочный транспортер; 5 — пульт; 6 — циркуляционные вентиляторы с коллекторами.

Рис. 117. Схема автоматического регулирования температуры смеси углекислотного аппарата для замораживания кулинарных изделий:

1 — бак; 2 — газовый трубопровод; 3 — форсунка; 4 — коллектор; 5 — циркуляционный вентилятор; 6 — камера циркуляционного вентилятора; 7 — датчик температуры; 8 — регулятор температуры; 9 — реле времени; 10, 11 — линии связи; 12 — жидкостный трубопровод; 13, 14 — соленоидные клапаны.



углекислоты из бака. В течение определенного периода реле времени оставляет соленоидный вентиль CB_2 открытым; в коллекторах и форсунках поддерживается высокое давление (3000 кПа), что гарантирует также удаление жидкой углекислоты из системы в грузовой отсек и продувку форсунок газом.

По истечении времени уставки реле времени закрывает и соленоидный вентиль CB_2 . Когда температура смеси в грузовом отсеке возрастет до -65°C , регулятор температуры открывает соленоидный вентиль CB_2 . Давление в коллекторах и форсунках возрастает, и форсунки вновь продуваются газом. Реле времени закрывает соленоидный вентиль CB_2 и открывает соленоидный вентиль CB_1 , обеспечивая подачу жидкой углекислоты к форсункам.

С загрузочного транспортера продукт попадает на верхнюю секцию грузового конвейера. С верхней секции замораживаемый продукт передается на среднюю с помощью передающей пластины. Аналогичным образом продукт переходит на нижнюю секцию грузового конвейера. Замороженный продукт передается на наклонный разгрузочный транспортер, с помощью которого он направляется к транспортеру упаковочного автомата.

Аппарат прост и надежен в работе, обладает малой металлоемкостью, быстро монтируется и хорошо вписывается в технологические линии по производству замороженных кулинарных изделий. Все основные процессы такого аппарата автоматизированы и механизированы.

Недостатком аппарата является повышенный расход электроэнергии на привод циркуляционных вентиляторов, которые создают движение смеси с высокой плотностью.

Техническая характеристика углекислотного аппарата для замораживания кулинарных изделий приведена ниже.

Производительность, кг/ч	800
Емкость, кг	200
Температура, $^{\circ}\text{C}$	
теплоотводящей среды	-73
замороженного продукта	-20

Продолжительность замораживания, мин	20—40
Габаритные размеры, мм	
длина	12 000
ширина	2400
высота	3000
Масса, кг	2800

ФРЕОНОВЫЕ АППАРАТЫ

Во фреоновых аппаратах так же, как и в криогенных, обычно замораживают мелкоштучные пищевые продукты. Замораживание таких продуктов во фреоновых аппаратах имеет свои специфические особенности. Особенностью таких аппаратов является и то, что фреон, находящийся в грузовом отсеке и соприкасающийся с пищевыми продуктами, проходит тщательную очистку, которая исключает его вредное влияние на замораживаемый продукт. В аппаратах такой фреон используется многократно: испаряясь при контакте с замораживаемым продуктом, он вновь превращается в жидкость в конденсаторе-испарителе. Таким образом, фреон в аппарате служит промежуточной теплопередающей средой между замораживаемым продуктом и кипящим в конденсаторе-испарителе холодильным агентом, что исключает попадание примесей и прежде всего масла в очищенный фреон. Масло обычно циркулирует в системе холодильной установки. Однако промежуточная теплопередающая среда является причиной дополнительного температурного перепада между замораживаемым в аппарате продуктом и кипящим в конденсаторе-испарителе холодильным агентом. Вследствие этого холодильная установка аппарата работает при пониженной температуре кипения.

Фреоновый аппарат для замораживания разнообразных мелкоштучных продуктов (зеленый горошек, малина, клубника, рыбные палочки, куриные ножки и т. д.) состоит из изолированного контура, рамы, грузозачного и разгрузочного туннелей, транспортеров загрузки и разгрузки, грузового конвейера, электродвигателя с вариатором скоростей, лотка с жидким фреоном, орошающего устройства, поддона, насоса и конденсатора-испарителя (рис. 118).

Наружная обшивка изолированного контура изготовлена из листового пластика, а внутренняя — из листов нержавеющей стали. Между обшивками уложен теплоизоляционный слой, выполненный из пенополиуретана,

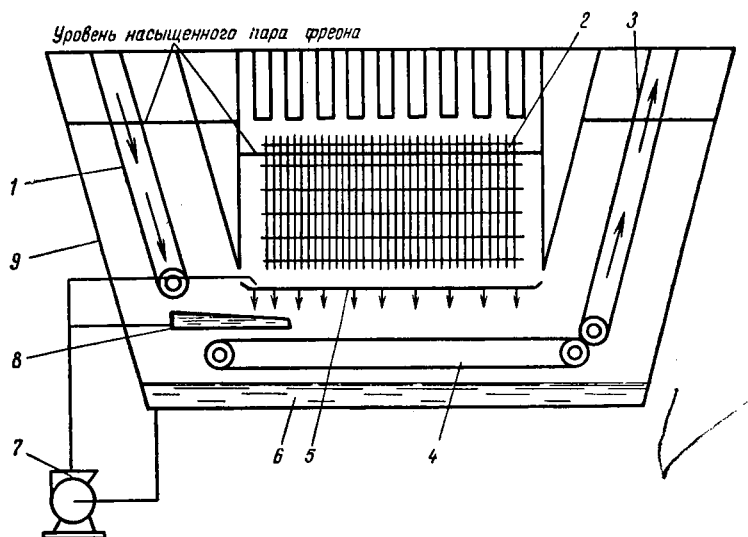
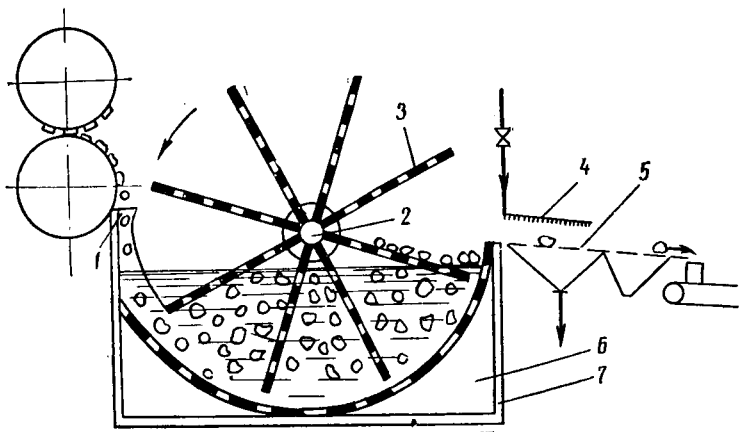


Рис. 118. Фреоновый аппарат для замораживания мелкоштучных продуктов:

1 — загрузочный туннель; 2 — конденсатор — испаритель; 3 — разгрузочный туннель; 4 — грузовой конвейер; 5 — орошающее устройство; 6 — поддон; 7 — насос; 8 — лоток; 9 — изолированный контур.

Рис. 119. Аппарат для замораживания мелкоштучных продуктов хладоносителем:

1 — загрузочная воронка; 2 — пустотелый вал; 3 — вращающиеся перфорированные лопасти; 4 — ороситель; 5 — вибрирующее сито; 6 — ванна с хладоносителем; 7 — изолированный контур.



Изолированный контур аппарата смонтирован на раме. У торцовых стен изолированного контура находятся транспортеры загрузки и разгрузки, расположенные в соответствующих туннелях.

Грузовой конвейер находится в нижней части аппарата. Лента грузового конвейера изготовлена из нержавеющей стали и приводится в движение электродвигателем через вариатор скоростей, который позволяет изменить скорость ее движения от 1 до 5 м/мин. Доступ к ленте для ее санитарной обработки производится через съемную часть изолированного контура.

С транспортера загрузки замораживаемый продукт попадает на грузовой конвейер, пройдя через лоток с жидким фреоном, который подается орошающим устройством. Избыток неиспарившегося жидкого фреона собирается в поддоне, из которого удаляется насосом. Парообразный фреон, образующийся при орошении продукта жидким фреоном, конденсируется в конденсаторе-испарителе.

Замораживаемый продукт подается на транспортер загрузки, который направляет его в загрузочный туннель и далее в лоток. Из орошающего устройства в лоток поступает жидкий фреон, который испаряется и подмораживает продукт. На площади поверхности подмороженного продукта образуется тонкая ледяная корочка, которая предотвращает спекание мелкоштучного продукта на ленте грузового конвейера и уменьшает его усушку. Подмороженный продукт, ссыпаясь из лотка на ленту грузового конвейера, обильно орошенный жидким фреоном, быстро замораживается. Транспортером разгрузки удаляется замороженный продукт из грузового отсека аппарата. Во время нахождения продукта на транспортере разгрузки избыточный фреон испаряется с площади поверхности продукта и выравнивается его температура по объему.

Пар фреона, образующийся в грузовом отсеке аппарата, отводится в конденсатор-испаритель, где пар конденсируется, а образовавшаяся жидкость вновь сливается в орошающее устройство, куда также насосом подается жидкость из поддона.

Визуальный контроль за работой аппарата производится через специальные смотровые стекла, имеющиеся в изолированном контуре.

Аппарат компактен, прост в монтаже, замороженные в нем продукты обладают хорошим внешним видом и отличными вкусовыми качествами, а усушка их минимальна. При эксплуатации аппарата необходимо следить за его герметичностью и добавлять жидкий фреон, который теряется при замораживании продукта.

Техническая характеристика фреонового аппарата для замораживания мелкоштучных продуктов приведена ниже.

Производительность, кг/ч	600
Емкость, кг	30—50
Температура, °С	
теплоотводящей среды	—30
кипения холодильного агента в конденсаторе-испарителе	—43
замороженного продукта	—20
Продолжительность замораживания, мин	5—20
Габаритные размеры, мм	
длина	10 200
ширина	2 100
высота	3 300
Масса, кг	1 800

АППАРАТЫ ДЛЯ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПРОДУКТОВ ХЛАДОНОСИТЕЛЯМИ

Конструкция аппаратов замораживания продуктов хладоносителями проста, они интенсивны и обладают малой металло-и энергоемкостью. Так как в аппарате нет летучей среды, отсутствует и необходимость в герметизации грузового отсека, что упрощает загрузку продуктом и разгрузку аппарата.

Аппараты для замораживания продуктов хладоносителями применяют для холодильной обработки рыбы, перца, баклажанов, а также мелкоштучных продуктов.

Аппарат для замораживания мелкоштучных продуктов (фрикадельки или пельмени) хладоносителем (рис. 119) состоит из изолированного контура, ванны с хладоносителем, вращающихся перфорированных лопастей, загрузочной воронки, вибрирующего сита, оросителя, электропривода.

Крышка изолированного контура изготовлена съемной для санитарной обработки грузового отсека аппарата. В грузовом отсеке аппарата находится ванна с хладоносителем (раствор хлористого натрия), который

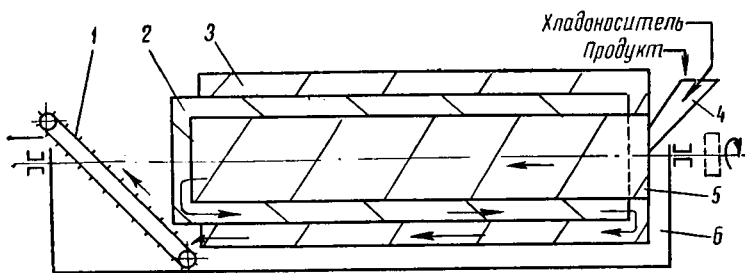


Рис. 120. Барабанный аппарат для замораживания продуктов хладоносителем:

1 — разгрузочный транспортер; 2 — средний барабан; 3 — наружный барабан; 4 — загрузочная воронка; 5 — внутренний барабан; 6 — изолированная ванна с хладоносителем. Стрелки показывают направление движения мелкоштучных продуктов.

подается в ванну через пустотелый вал с закрепленными вращающимися перфорированными лопастями. При замораживании продукта он нагревает хладоноситель. Из ванны отепленный хладоноситель удаляется через специальный сливной патрубок. Движение хладоносителя в аппарате и трубопроводах, соединяющих аппарат с испарителем, производится насосом.

В грузовой отсек аппарата продукт попадает через загрузочную воронку и удаляется из него вращающимися перфорированными лопастями. Вибрирующее сито и ороситель, через который на продукт подается вода, предназначены для удаления жидкого хладоносителя с замороженного продукта. Время пребывания продукта в аппарате зависит от частоты вращения перфорированных лопастей, которое с помощью привода (обычно вариатора скоростей или сменных шестерней) изменяется от 0,005 до 0,05 с⁻¹.

Через загрузочную воронку замораживаемый продукт попадает в грузовой отсек аппарата. Вращающиеся перфорированные лопасти перемещают продукт в ванне с хладоносителем. Продукт, погруженный в холодный хладоноситель, замораживается и поступает на вибрирующее сито. Для удаления пленки хладоносителя площадь поверхности продукта орошается водой, подаваемой оросителем. Замороженный продукт направляется к транспортеру разгрузки, который направляет его на расфасовку и последующую упаковку.

Конструкция аппарата проста и надежна в работе. Применение в качестве хладоносителя раствора хлористого натрия не позволяет уменьшить температуру теплоотводящей среды ниже -20°C , что является причиной повышенной продолжительности замораживания мелкоштучных продуктов в аппарате.

Своеобразно устроен барабанный аппарат для замораживания мелкоштучных неупакованных продуктов, которые могут поступать навалом (рис. 120). Аппарат состоит из изолированной ванны, трех барабанов со спиральными перфорированными направляющими, электродвигателя, вариатора скоростей, загрузочной воронки и разгрузочного транспортера.

Ванна аппарата изолирована пенополиуретаном. В ванне находятся три барабана, которые медленно вращаются электродвигателем через вариатор скоростей. На внутренней площади поверхности барабанов имеются спиральные перфорированные направляющие, предназначенные для организации направленного движения мелкоштучных продуктов при их замораживании в аппарате. В аппарат продукты вместе с хладоносителем поступают через загрузочную воронку. Отопленный хладоноситель удаляется из ванны через патрубок. Хладоноситель (хлористый натрий) охлаждается в испарителе холодильной установки. Движение хладоносителя по циркуляционному кольцу «аппарат — испаритель — аппарат» производится насосом. Перед поступлением в испаритель хладоноситель проходит через фильтр для его очистки от загрязнений, которые попадают в него при контакте с замораживаемым продуктом. Из изолированной ванны продукты, замороженные в аппарате, удаляются разгрузочным транспортером.

Продукт вместе с охлажденным хладоносителем поступает во внутренний барабан через загрузочную воронку и движется вдоль его оси в сторону разгрузочного транспортера. Пройдя внутренний барабан, продукт и хладоноситель переходят в средний барабан, где также движутся вдоль оси, но уже в противоположном направлении. Из наружного барабана замороженный продукт сыпается в ячейки разгрузочного транспортера, с помощью которого продукт удаляется из изолированной ванны и направляется для расфасовки и упаковки.

ТАБЛИЦА 22

Показатели	Аппарат для замораживания мелкоштучных продуктов	Барабанный аппарат
Производительность, кг/ч	200	200
Емкость, кг	100	100
Температура, °С		
теплоотводящей среды	—20	—20
замороженного продукта	—15	—15
Продолжительность замораживания, мин	30	20—30
Габаритные размеры, мм		
длина	3800	8600
ширина	2400	2600
высота	2700	3000
Масса, кг	1600	1760

Достоинствами аппарата являются простота конструкции, надежность работы, несложность эксплуатации, а недостатками — повышенный расход нержавеющей стали, идущей для изготовления узлов аппарата, и де-концентрация хладоносителя, который непосредственно соприкасается с влажным воздухом.

Техническая характеристика аппаратов для замораживания продуктов хладоносителем приведена в табл. 22.

ГЛАВА VII

ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОРОЖЕНЫХ ПРОДУКТОВ

В настоящее время на холодильных предприятиях, а также на предприятиях пищевой промышленности получают распространение поточные линии для производства мороженных продуктов. Применение поточных линий позволяет механизировать как технологические процессы, так и промежуточные транспортные операции и погрузочно-разгрузочные работы.

Непременным требованием, предъявляемым к по-

точным линиям, является их высокая надежность в работе.

Поточные линии можно классифицировать по виду готового замороженного продукта на поточные линии для производства мороженого блочного мяса и мороженных мясных продуктов; мороженой рыбы и мороженных рыбных продуктов; мороженных овощного пюре, картофеля, овощных гарниров, картофельных котлет и ягод; а также мороженого.

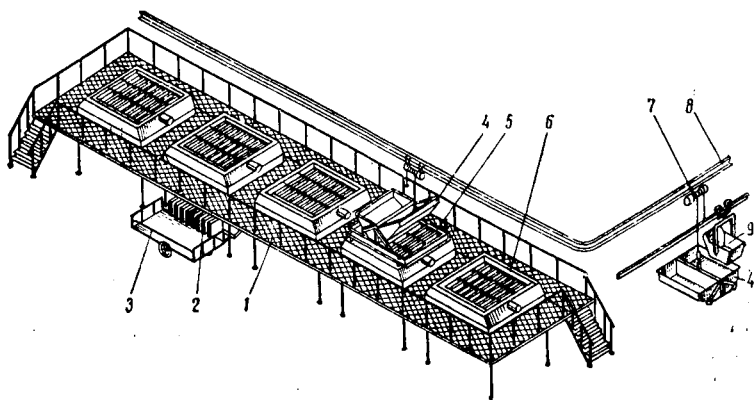
ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОРОЖЕНОГО БЛОЧНОГО МЯСА И МОРОЖЕНЫХ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

В линии для производства блочного мяса предусмотрена механизация процесса производства мороженого жилованного мяса и мякотных субпродуктов в виде блоков, начиная с подготовки сырья и кончая упаковкой готовой продукции.

В состав поточной линии (рис. 121) входят мерный ковш, загрузочный ковш, мембранный морозильный аппарат, электротельфер, подвесной путь, питатель, площадка для обслуживания, тележки для приема блоков.

Рис. 121. Поточная линия для производства мороженого блочного мяса:

1 — площадка для обслуживания; 2 — блок мяса; 3 — тележка для приема блоков; 4 — загрузочный ковш; 5 — питатель; 6 — мембранный морозильный аппарат; 7 — электротельфер; 8 — подвесной путь; 9 — мерный ковш.



С помощью этого оборудования на линии производят технологические операции по производству мороженных блоков.

Мерный ковш (дозатор) служит для доставки жилованного мяса из цеха подготовки сырья в загрузочный ковш. Мерный ковш перемещается по подвесным путям с помощью электротельфера.

Загрузочный ковш, состоящий из двух половин, устанавливается на раму питателя, по которому может передвигаться. Загрузочный ковш с помощью электротельфера раскрывается для перегрузки продукта в питатель. Загрузочный ковш и питатель передвигаются вдоль линии мембранных морозильных аппаратов.

Подвесные пути, по которым перемещается загрузочный ковш и питатель, выполнены из двутавровых балок. Тележки электротельферов приспособлены для движения по двутавровой балке с малым радиусом закругления (около 700 мм).

Площадка для обслуживания необходима для осмотра мембранных морозильных аппаратов, питателя и загрузочного ковша и наблюдения за их работой. Для приема замороженных блоков и доставки их в камеры хранения используются грузовые тележки.

Питатель состоит из цельносварной чаши с закрепленной посередине траверсой. На чаше укреплены направляющие штанги. Чаша разделена уголками и перемычками на правильные прямоугольники по размеру и числу пакетов в мембранном морозильном аппарате. В перемычках находятся оси, на которых эксцентрично подвешены качающиеся плоскости — лепестки. В свободном положении концы лепестков соприкасаются между собой, образуя конусообразную форму. В верхней части каждого лепестка приварены две ограничительные стойки, которые во время опускания питателя обеспечивают поворот лепестков на некоторый угол. Поворот лепестков на небольшой угол обеспечивает автоматическое расправление пакетов и последующее их удержание в расправленном положении до конца загрузки продукта.

Отвешенная порция жилованного мяса, необходимая для загрузки одного мембранного морозильного аппарата, по специальному спуску подается в мерный ковш, который доставляет эту порцию в загрузочный ковш.

Электротельфер перемещает загрузочный ковш с продуктом и устанавливает его над мембранным морозильным аппаратом таким образом, чтобы при опускании питателя его патрубки с мешками вошли в блокообразователи аппарата.

После этого ковш переворачивается и находящиеся в нем продукты попадают в чашу питателя, откуда по патрубкам направляются в бумажные мешки, которые под их тяжестью соскальзывают на дно аппарата. Питатель направляется за следующей порцией продукта, а аппарат подключается к охлаждающей системе для замораживания блоков мяса.

Для приема замороженных блоков из аппарата служит тележка, которая перевозит замороженные блоки мяса в камеры хранения.

Использование поточной линии с мембранными морозильными аппаратами приводит к снижению затрат по замораживанию, а также к улучшению качества продукта. Мембранный морозильный аппарат работает циклично. При включении в линию нескольких аппаратов достигается непрерывное производство замороженных блоков. Недостатком линии является повышенный расход электроэнергии.

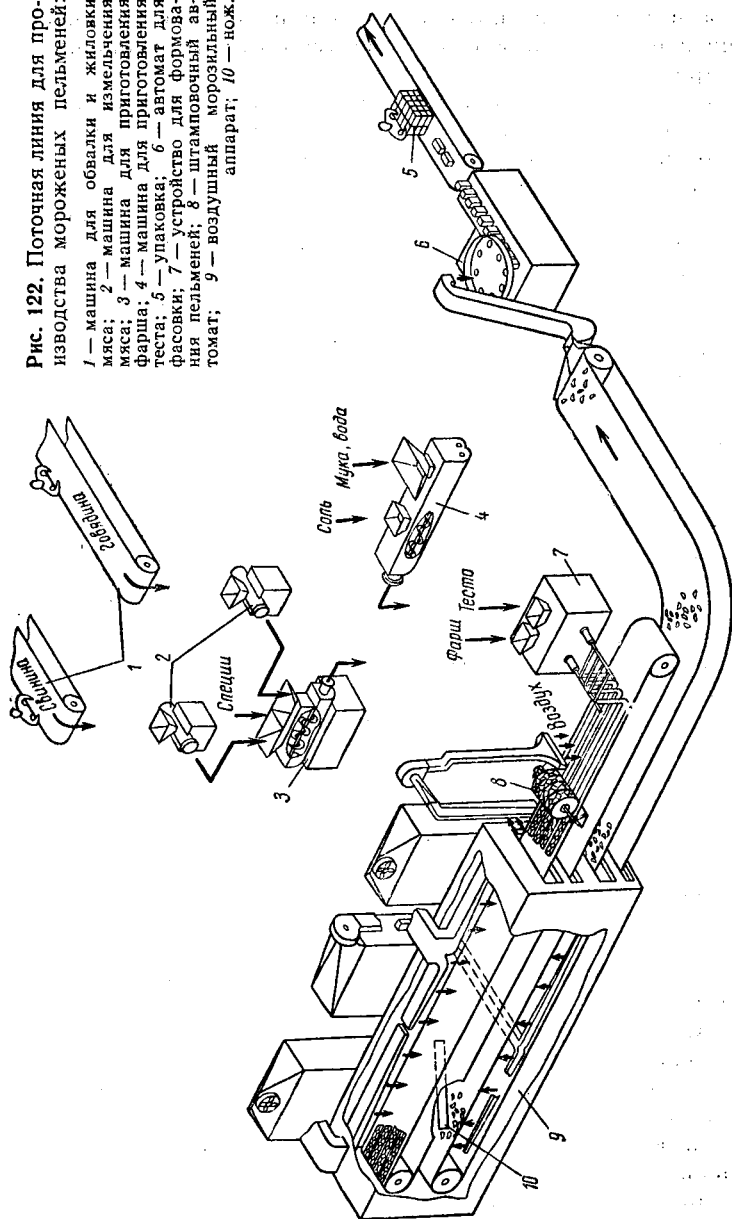
Линию, предназначенную для производства мороженных пельменей, можно использовать и для производства мороженных фрикаделек.

В состав линии (рис. 122) входят машины для обвалки и жиловки мяса, машина для измельчения мяса, машины для приготовления фарша и теста, штамповочный автомат, воздушный морозильный аппарат, автомат для фасовки и упаковки мороженных пельменей.

Мясо после обвалки и жиловки поступает в машину для измельчения, где происходит его предварительная подготовка (измельчение). Измельченное мясо направляется в машину для приготовления фарша. В эту же машину загружают все необходимые добавки (специи). В машине для приготовления теста из отдельных компонентов (мука, вода, меланж и соль) формируется тестовая масса. Приготовленные фарш и тесто направляются к штамповочному автомату, откуда на стальную ленту грузового конвейера выходят тестовые трубки, начиненные мясным фаршем. Попадая под барабан штамповочного автомата, тестовые трубки превраща-

Рис. 122. Поточная линия для производства мороженных пельменей:

1 — машина для обвалки и жиловки мяса; 2 — машина для измельчения фарша; 3 — машина для приготовления теста; 4 — машина для упаковки фарша; 5 — упаковщик; 6 — автомат для фасовки; 7 — устройство для формования пельменей; 8 — штамповочный аппарат; 9 — воздушный морозильный аппарат; 10 — нож.



ются в пельмени, которые стальной лентой грузового конвейера направляются к воздушному морозильному аппарату.

В воздушный морозильный аппарат отштампованные пельмени попадают через узкое окно загрузки, расположенное в его торцевой стене. В грузовом отсеке аппарата пельмени, находящиеся на верхней ветви конвейера, в течение 3—4 мин подмораживаются и крепко примерзают к стальной ленте. Процесс подмораживания заканчивается через 4—6 мин на нижней (обратной) ветви конвейера. Подмороженные пельмени снимаются ножом с нижней ветви конвейера и попадают на сетчатый конвейер, где осуществляется их доморозивание. Скорость движения сетчатого конвейера принимается с таким расчетом, чтобы пельмени при выходе из воздушного аппарата имели температуру -18°C .

Морозильный аппарат комплектуется двумя воздухоохладителями. Первый воздухоохладитель оборудуется системой воздухораспределения для обдувания как верхней, так и нижней ветви грузового конвейера. Второй воздухоохладитель предназначен для обслуживания доморозивающего сетчатого конвейера. При этом следует обдувать пельмени холодным воздухом снизу вверх. Замороженные пельмени сетчатым конвейером подаются на фасовку и упаковку в мелкие коробочки массой 500 г с последующей укладкой их в картонные короба. Упакованные в короба пельмени электротележками доставляются в камеры хранения мороженой продукции.

Достоинством линии является механизация и автоматизация производства, замораживания, расфасовки и упаковки мороженных пельменей, а недостатком — повышенная металлоемкость воздушного морозильного аппарата.

Линия производства замороженных полуфабрикатов (мясные котлеты) состоит из машины для обвалки и жиловки мяса, хлеборезки, дозатора воды, волчка для измельчения хлеба, ванны для хлебной массы, насоса для перекачки хлебной массы в смеситель, волчка для измельчения мяса, фаршемешалки, котлетного автомата, воздушного морозильного аппарата и стола для упаковки готовой продукции.

ТАБЛИЦА 23

Показатели	Поточные линии для производства		
	блочного мяса	мороженых пельменей	мясных котлет
Производительность, кг/ч	450	300	300—500
Тип морозильного аппарата	Мембранный	Воздушный	Воздушный
Количество морозильных аппаратов, шт.	5	1	1
Температура, °С			
теплоотводящей среды	—30	—35	—35
замороженного продукта	—10	—18	—18

Говядина поступает по транспортеру к машине для обвалки и жиловки, а котлетная мякоть направляется в волчок для измельчения. Одновременно на хлеборезке нарезается ржаной хлеб, который вместе с необходимым количеством воды доставляется в волчок для измельчения. Измельченная хлебная масса поступает в ванну для хлебной массы. Приготовление фарша осуществляется в фаршемешалке непрерывного действия, куда последовательно загружают мясо и вспомогательные продукты. Для понижения температуры фарша при перемешивании в фаршемешалку добавляют дробленый или чешуйчатый лед вместо воды. Для добавки в фаршемешалку вспомогательных продуктов используют массовые и объемные дозаторы. Приготовленный фарш формуют на котлетных автоматах. Отштампованные котлеты транспортером подаются на ленту воздушного морозильного аппарата. На упаковочном столе замороженные котлеты укладывают вручную в металлические ящики с вкладышами и направляют в камеры хранения мороженой продукции.

Достоинство линии — механизация и поточное производство мороженых котлет, а недостаток — применение ручного труда на ряде операций (жиловка, укладка готовой продукции).

Техническая характеристика поточных линий для производства мороженого блочного мяса и мороженых мясных продуктов приведена в табл. 23.

ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОРОЖЕНОЙ РЫБЫ И МОРОЖЕНЫХ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ

Применение поточных линий для производства мороженой рыбы и мороженных рыбных продуктов позволяет механизировать и автоматизировать основные процессы производства, улучшать качество рыбных продуктов и сокращать потери сырья. К поточным линиям предъявляются требования, главные из которых являются надежность работы, компактность, высокая механизация и автоматизация технологических процессов, минимальный расход пресной воды, интенсивность процесса холодильной обработки, удобство монтажа, эксплуатации и ремонта.

Линия для производства мороженого китового мяса в блоках (рис. 123) комплектуется загрузочным транспортером (шнекового типа), дозирующим устройством, загрузочными тележками, плиточным морозильным аппаратом, разгрузочными тележками, подъемником, разгрузочным транспортером, глазурировочным аппаратом, упаковочным столом и зашивочной машиной.

Мелконарезанное китовое мясо загрузочным транспортером подается к дозирующему устройству. Далее сырье поступает в загрузочные тележки, которые транспортируют его к плиточным морозильным аппаратам.

Емкость 12 секций загрузочной тележки соответствует емкости форм плиточного морозильного аппарата. Загрузочная тележка перемещается по рельсам с зубчатой рейкой, которые смонтированы на рамах плиточных морозильных аппаратов. Ведущие шестерни загрузочной тележки, входящие в зацепление с рейкой, соединены через редуктор с ходовым электродвигателем, питание которого производится с помощью гибкого кабеля, наматываемого на самосматывающий барабан. Замороженные блоки выгружаются из аппарата в разгрузочную тележку, выполненную в виде подъемной платформы с 12 приемными лотками.

Для точной установки блоков на приемные лотки на раме разгрузочной тележки смонтированы направляющие. Контрольное устройство при задержке одного или нескольких блоков в аппарате подает звуковой сигнал.

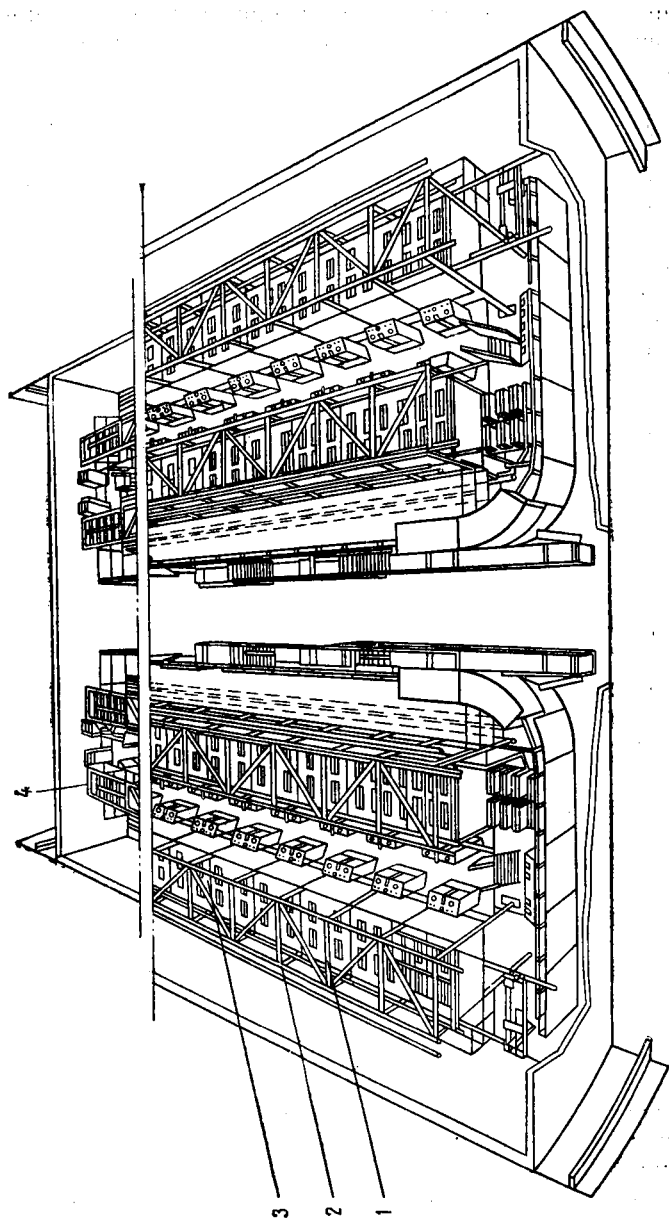


Рис. 123. Поточная линия для производства мороженого китового мяса в блоках:
 1 — рама морозильных аппаратов; 2 — рельсы с зубчатой рейкой; 3 — вертикально-плиточный морозильный аппарат; 4 — загруз-

Управление работой тележки при приемке блоков, остановке ее под разгружаемым аппаратом и отправлении к подъемнику ведется с пульта управления плиточного морозильного аппарата программным реле. При необходимости управление работой разгрузочной тележки может производиться и вручную.

Подъемник, разгружающий тележку, представляет собой передвижную раму, на которой расположено два захвата с гидравлическим приводом. Рама подъемника перемещается по рельсам с зубчатой рейкой. Управление подъемником сосредоточено на пульте, где установлен шестипозиционный переключатель фиксаторов остановки подъемника точно над выгружаемыми блоками. Работа подъемника синхронизирована с работой разгрузочного транспортера, поэтому обеспечено точное опускание блоков в гнезда разгрузочного транспортера.

Разгрузочный транспортер подачи замороженных блоков к упаковочным столам представляет цепь, движущуюся на роликах по дну желоба. Вертикальные пальцы цепи поддерживают блок на двух точках.

На пути к упаковочным столам разгрузочный транспортер проходит глазурировочный аппарат, в котором замороженные блоки, орошаясь пресной холодной водой, глазурируются. На упаковочных столах глазурированные блоки упаковывают в бумажные шестислойные мешки, которые зашивают на машине, после чего они по роликовому конвейеру поступают на взвешивание. Взвешенные блоки через направляющее устройство и через один из двух винтовых спусков подаются в камеры хранения мороженой продукции.

Все управление аппаратами сосредоточено на пульте, четыре позиции которого соответствуют режимам замораживания, оттаивания, разгрузки и загрузки. По окончании каждого процесса на световом табло загорается соответствующий сигнал. Часовой механизм пульта позволяет устанавливать продолжительность замораживания от 40 мин до 6 ч.

Для автоматического управления работой аппарата пульт оборудован программными датчиками, которые производят все необходимые переключения гидравлической системы и электрических схем: включают и выключают соответствующие соленоидные вентили и контакты, а также сигнальные и блокирующие устройства.

Основной недостаток этих линий — повышенные теплопритоки из-за отсутствия наружной теплоизоляции аппаратов, а также из-за частичного смещения теплого и холодного хладонотеплоносителей при оттаивании мороженных блоков перед выгрузкой.

Линия для производства мороженных блоков из неразделанной рыбы (рис. 124) состоит из рамы с блок-формами, горизонтально-плиточного морозильного аппарата, прессующего устройства, устройства для подсушки блок-форм, гидротолкателя, элеватора, опрокидывателя, выталкивающего устройства и разгрузочного транспортера.

Порция продукта загружается в блок-формы с помощью дозирующих весов. Заполненные продуктом блок-формы закрываются крышками и опускаются вниз, а сверху на их место для загрузки подходит следующая рама с пустыми блок-формами. Время загрузки блок-форм составляет 15 с. Рама с загруженными блок-формами движется к горизонтально-плиточному морозильному аппарату. По мере движения рамы с помощью прессующего устройства происходит подпрессовывание блоков. Затем рама с блок-формами проходит через устройство для подсушки. После этого рама вводится на нижнюю полку аппарата и проходит по всем плитам зигзагообразный путь снизу вверх, переходя в конце каждой плиты на следующий уровень с помощью элеваторов и гидротолкателей.

При передвижении блок-форм в аппарате плиты автоматически поднимаются, а после совершения цикла снова опускаются. По выходе блок-форм из аппарата она освобождается от крышки, и на элеваторе опускается до уровня разгрузки. Затем блок-форма попадает в опрокидыватель, который вместе с ней поворачивается на 180° , а выталкивающее устройство удаляет замороженный блок из блок-формы. Мороженный блок далее попадает на разгрузочный транспортер. По пути к упаковочному столу мороженные блоки проходят через глазурировочный аппарат, в котором они орошаются пресной водой и глазурируются. Затем глазурированные блоки попадают на упаковочные столы для упаковки в картонные коробки.

Недостатком линии является сложность кинематической схемы, что снижает надежность ее работы.

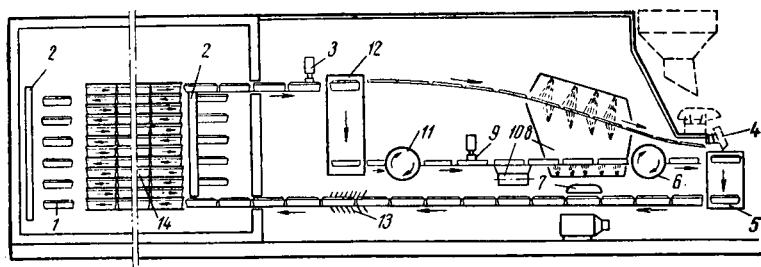


Рис. 124. Поточная линия для производства мороженных блоков из неразделанной рыбы:

1 — элеватор; 2 — гидротолкатель; 3 — узел снятия крышек; 4 — узел для загрузки блок-форм и закрытия крышек; 5 — разгрузочный транспортер; 6 — опрокидыватель; 7 — прессующее устройство; 8 — устройство для мойки блок-форм; 9 — выталкивающее устройство; 10 — разгрузочный транспортер; 11 — опрокидыватель; 12 — элеватор; 13 — устройство для подсушки блок-форм; 14 — горизонтально-плиточный морозильный аппарат.

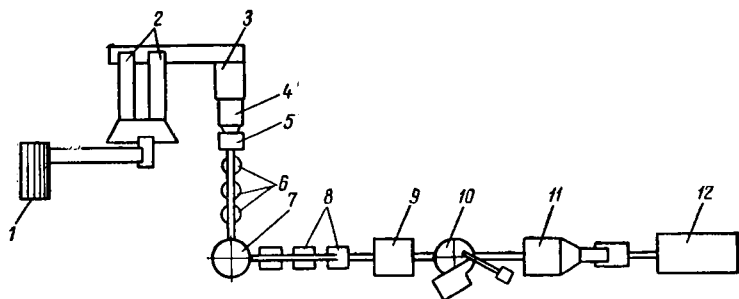


Рис. 125. Поточная линия производства пищевого мороженого рыбного фарша:

1 — моечная машина; 2 — филетировочная машина; 3 — транспортер для осмотра рыбы; 4 — сепаратор; 5 — приемный бункер; 6 — промывочные баки; 7 — промежуточный бак; 8 — центрифуги; 9 — куттер; 10 — бункер; 11 — наполнительная машина; 12 — горизонтально-плиточный морозильный аппарат.

Рис. 126. Поточная линия для производства мороженого овощного пюре:

1 — моечная машина; 2 — очистительная и разделочная машина; 3 — бланширователи; 4 — протирающая машина; 5 — дозирующее и перемешивающее устройство; 6 — наполнитель; 7 — морозильный аппарат с непрямым контактом; 8 — упаковочный автомат; 9 — камера хранения.



ТАБЛИЦА 24

Показатели	Поточные линии для производства		
	мороженого китового мяса в блоках	замороженных блоков нераз- деланной рыбы	пищевого моро- женого рыбного фарша
Производитель- ность, кг/ч	3000	1200	300
Тип морозильного аппарата	Вертикаль- но-плиточ- ный	Горизон- тально-пли- точный	Горизон- тально-пли- точный
Количество моро- зильных аппара- тов, шт.	11	1	1
Температура, °С			
теплоотво- дящей среды	—40	—40	—40
заморожен- ного продук- та	—20	—22	—22

Для переработки мелкой рыбы предназначена ли-
ния производства пищевого мороженого
рыбного фарша (рис. 125), в состав которой вхо-
дят моечная машина, филетировочные машины, транс-
портёр для осмотра рыбы, сепаратор, приёмный бункер,
промывочные баки, центрифуги, куттер, бункер напол-
нительной машины, горизонтально-плиточный морозиль-
ный аппарат и соединительные транспортеры.

Свежая рыба после мойки подается к филетировоч-
ным машинам, из которых филе попадает на транспор-
тер для осмотра, где производится его окончательная
считка. После очистки и осмотра филе подается в се-
паратор для выработки фарша. Из сепаратора фарш
подается в приёмный бункер, из которого насосом по
трубопроводам перекачивается в промывочные баки,
где происходит его смешивание с водой и промывка.
В баках имеются мешалки, приводимые во вращение
от электродвигателей. Переходя из одного бака в дру-
гой, фарш промывается водой, которая потом частич-
но удаляется. В баки вода подается охлажденной
до 5° С.

Из промывочного бака смесь фарша с остатками воды направляется в центрифуги для ее обезвоживания до остаточной влажности. Охлажденный и обезвоженный фарш шнековым транспортером передается в куттер для тонкого измельчения, где фарш также охлаждается. После измельчения фарш передается специальным разгрузочным транспортером в бункер наполнительной машины. С помощью наполнительной машины фарш расфасовывается в полиэтиленовые пакеты массой по 10 кг. Упакованный фарш замораживается в горизонтально-плиточном морозильном аппарате.

Достоинство линии — высокая степень механизации и автоматизации и хорошее качество продукции. Большой расход пресной воды является недостатком линии (расход пресной воды при промывке фарша составляет около 50 м³ в сутки).

Техническая характеристика поточных линий для производства мороженой рыбы и мороженных рыбных продуктов приведена в табл. 24.

ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОРОЖЕНЫХ ОВОЩНОГО ПЮРЕ, КАРТОФЕЛЯ, ОВОЩНЫХ ГАРНИРОВ, КАРТОФЕЛЬНЫХ КОТЛЕТ И ЯГОД

Применение линий для производства мороженого овощного пюре позволяет выпускать продукт как в мелкой расфасовке массой 0,3—0,5 кг, идущей для продажи населению, так и в крупной расфасовке массой 4—5 кг, предназначенной для снабжения сети общественного питания.

Линия (рис. 126) комплектуется моечной машиной, бланширователем, протирачной машиной, дозирующим и перемешивающим устройствами, наполнителем и морозильным аппаратом с непрямым контактом.

Отсортированные морковь, томаты и свеклу направляют в моечную машину, а затем в бланширователь, где овощи обрабатывают острым паром температурой 105—110° С с последующим размельчением в бланширователях.

В протирачных машинах бланшированную морковь и свеклу, а также томаты, которые не подвергают тепловой обработке, протирают сначала через сито диа-

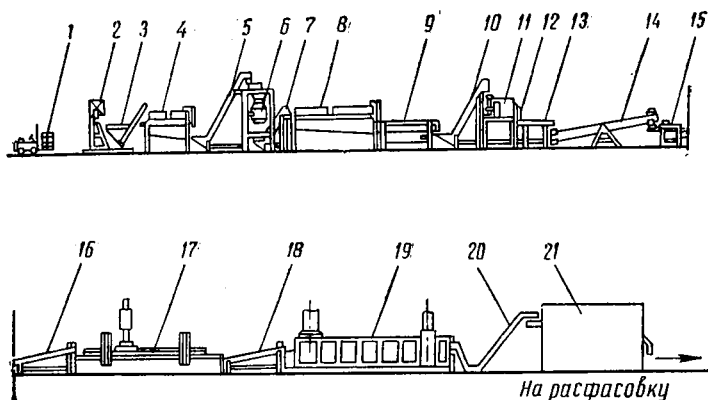


Рис. 127. Поточная линия для производства мороженого картофеля:

1 — электропогрузчик; 2 — контейнероопрокидыватель; 3 — бункер; 4 — моечная машина; 5, 10 — ковшевые элеваторы; 6 — установка для паровой обработки картофеля; 7 — разгрузочный скребковый транспортер; 8 — моечная машина; 9 — сборный транспортер; 11 — машина для удаления минеральных примесей; 12 — резальная машина; 13 — сортировочная машина; 14 — бланшироваль; 15, 18 — промежуточные транспортеры; 16 — ленточный транспортер; 17 — обжарочная печь; 19 — охладитель; 20 — скребковый транспортер; 21 — флюидизационный морозильный аппарат.

метром отверстий 1,5, а затем через сито диаметром отверстий 0,8 мм.

В дозирующих и перемешивающих устройствах получают однородную массу. Подготовленную таким образом овощную смесь подают в наполнитель, а затем в морозильные аппараты с непрямым контактом.

Замороженное овощное пюре упаковывают в полиэтиленовые мешочки, укладывают в картонные коробки и направляют в камеры хранения, где овощное пюре может находиться до 12 месяцев.

Достоинством линии является возможность поточного производства высококачественного мороженого пюре, а недостатком — применение ручного труда на сортировке и доочистке овощей.

Линия для производства мороженого картофеля (полуфабриката) (рис. 127) комплектуется электропогрузчиком, контейнероопрокидывателем, моечной машиной, ковшевым элеватором, установкой для паровой обработки картофеля, системой транс-

портеров, машиной для удаления минеральных примесей, резальной машиной, сортировочной машиной, бланширователем, обжарочной печью, охладителем и флюидизационным морозильным аппаратом.

На оборудовании линии производятся следующие технологические операции. Откалиброванный картофель загружают в контейнеры и электропогрузчиком с вилочным захватом подают в контейнероопрокидыватель, находящийся в начале линии. Из контейнера картофель сыпается в бункер, из которого транспортером направляется в моечную машину, представляющую собой вращающийся барабан с укрепленными на его внутренней поверхности щеточными стержнями, с помощью которых клубни перемещаются, переворачиваются и очищаются от приставшей к ним земли. Ковшевым элеватором вымытые клубни подаются в установку для паровой обработки картофеля. Пропаренные клубни автоматически выгружаются в приемный бункер разгрузочного скребкового транспортера, которыми они подаются для очистки в моечную машину барабанного типа. Очищенный картофель поступает для доочистки на сборный транспортер, откуда подается в машину для удаления минеральных примесей, представляющую собой камеру (емкость около 20 л). Вода, которая подается в камеру снизу и циркулирует по замкнутому контуру, приводит картофель во взвешенное состояние, а тяжелые примеси опускаются в отстойник, расположенный в нижней части машины.

Освобожденные от посторонних примесей клубни картофеля подают в резальную машину, где они нарезаются сначала на пластины, а потом на столбики. Нарезанные столбики картофеля направляются в сортировочную машину, в которой они отсортировываются по толщине с помощью восьми резиновых роликов, вращающихся навстречу друг другу. Стандартные (по толщине) столбики поступают в бланширователь.

Бланширователь представляет собой установленный под углом 35° цилиндр длиной 5600 мм, внутри которого помещен шнек. Бланшировку производят горячей водой. Бланшируют картофель до полуготовности. Из бланширователя картофель попадает на сортировочную машину. Затем ленточным транспортером столбики картофеля подаются в обжарочную печь. Передвигаясь

в печи по сетчатому транспортеру, картофель обжаривается. Режим обжаривания регулируется с пульта управления, а скорость движения транспортера — вариатором скоростей. Обжаренный картофель поступает в охладитель.

Охладитель выполнен в виде металлической камеры, внутри которой находится три ленточных транспортера, расположенных друг над другом. Обжаренный картофель охлаждается холодным воздухом, перемещаясь с одного транспортера на другой. Охлажденный до 8° С, обжаренный картофель транспортером направляется в флюидизационный морозильный аппарат. Замороженный картофель-полуфабрикат расфасовывают в пакеты из термосваривающихся полимерных пленок или в картонные коробки массой по 500 г с последующей укладкой их в картонные или фанерные ящики. Упакованный в тару продукт электротележками доставляется в камеры хранения мороженой продукции.

Достоинствами линии являются высокий уровень механизации и автоматизации технологических процессов, хорошее качество готовой продукции, использование высокопроизводительного оборудования, а недостатком — сложная система транспортировки продукта.

В линию для производства мороженых овощных гарниров (рис. 128) входят опрокидыватель контейнера, моечная машина, транспортеры, бланширователь, моечно-очистительная машина, флюидизационный морозильный аппарат и расфасовочно-упаковочный автомат.

Отсортированные морковь и свекла поступают в контейнеры, откуда опрокидыватель направляет их в моечную машину барабанного типа. Вымытые овощи транспортером подают в бланширователь, а затем в моечно-очистительную машину. Скребковый транспортер наклонного типа направляет очищенные овощи в овощерезку. Нарезанные овощи проходят сортировочную машину, где мелкие части отделяются, а отсортированные кусочки транспортер подает в морозильный аппарат. Замороженные овощи расфасовываются и упаковываются в пакеты или в картонные коробки массой 0,5 кг с последующей укладкой их в картонные или в фанерные ящики и направляют в камеру хранения мороженых продуктов.

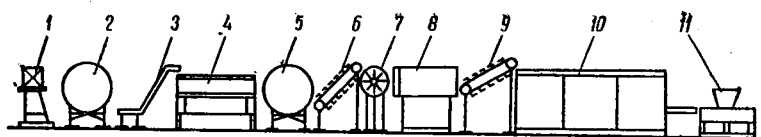
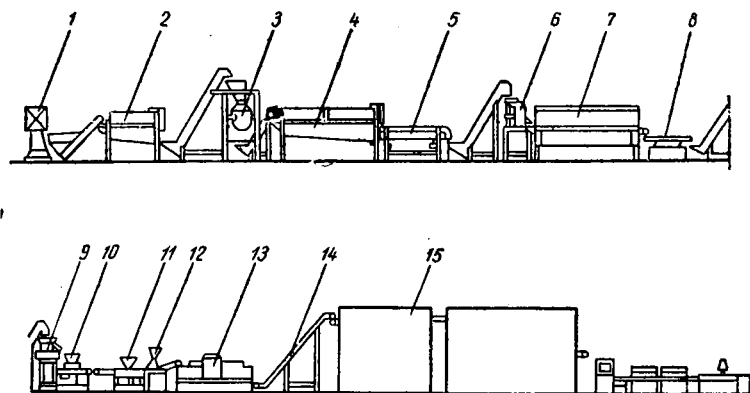


Рис. 128. Поточная линия для производства мороженных овощных гарниров:

1 — контейнероопрокидыватель; 2 — моечная машина; 3 — транспортер; 4 — бланширователь; 5 — моечно-очистительная машина; 6, 9 — скребковые транспортеры; 7 — овощерезка; 8 — сортировочная машина; 10 — флюидизационный морозильный аппарат; 11 — расфасовочно-упаковочный автомат.

Рис. 129. Поточная линия производства мороженных картофельных котлет:

1 — контейнероопрокидыватель; 2 — моечная машина; 3 — установка для паровой обработки картофеля; 4 — моечно-очистительная машина; 5 — транспортер для доочистки; 6 — резальная машина; 7 — аппарат для бланширования; 8 — вибрационная машина; 9 — картофелемялка; 10 — формовочный агрегат; 11 — аппарат для льезонирования (смачивания); 12 — панировочный аппарат; 13 — обжарочная печь; 14 — наклонный транспортер; 15 — воздушный морозильный аппарат.



Достоинствами линии являются компактность, технологические процессы механизированы и автоматизированы, а недостатком — необходимость тщательной сортировки овощей, направляемых для технологической переработки.

Линия для производства мороженных картофельных котлет (рис. 129) комплектуется контейнероопрокидывателем, моечной машиной, про-

жуточными транспортерами, установкой для паровой обработки картофеля, моечно-очистительной машиной, аппаратом для бланширования, вибрационной машиной, картофелемялкой, формовочным агрегатом, аппаратом для льезонирования (смачивания), панировочным аппаратом, обжарочной печью, аппаратом для охлаждения и замораживания котлет и расфасовочно-упаковочным автоматом.

Отсортированный по качеству и откалиброванный по размеру картофель загружается в контейнеры и электропогрузчиком с вилочным захватом подается в контейнероопрокидыватель. Из контейнера картофель механически высыпается в бункер-накопитель, из которого транспортером попадает в моечную машину. Отмытые от грязи клубни скребковым транспортером подаются в установку для паровой обработки картофеля. Очищенный картофель попадает на транспортер для доочистки и осмотра. Доочищенные клубни поступают в резальную машину, с помощью которой они нарезаются.

Нарезанный картофель поступает в аппарат для бланширования, где проваривается до полной готовности водой, подогреваемой барботирующим паром. Из этого аппарата нарезанный картофель направляется на вибрационную машину для удаления излишка воды и отсортирования мелочи. Затем на транспортерах вареный картофель охлаждается, и после добавок (по рецептуре) вся масса поступает в картофелемялку. Тщательно перемешанная и протертая пюреобразная картофельная масса проталкивается шнеком к выходу из картофелемялки, где установлена решетка с отверстиями диаметром 2,5 мм. Эта масса попадает в бункер формовочного агрегата, состоящего из трех рифленых валиков, под которыми находятся матрицы с двумя формующими отверстиями диаметром 75 мм. Ниже выходных формующих отверстий расположен нож — натянутая стальная проволока диаметром 0,5 мм. Рифленые валики захватывают картофельную массу и подают ее в цилиндр матрицы. В момент остановки валиков включается нож, который срезает у основания отверстия столбик картофельной массы. Сформованные котлеты транспортером направляются в аппарат для льезонирования поверхности. Котлеты, проходя по сетке транспортера под ем-

костью с перфорированным дном, обильно смачиваются льезоном и подаются в панировочный аппарат. Панированные сухарной крошкой котлеты поступают в обжарочную печь. Обжаренные котлеты наклонным транспортером направляются для замораживания в воздушном морозильном аппарате с предварительным охлаждением. Замороженные котлеты поступают в расфасовочно-упаковочный автомат. Упакованные мороженые котлеты доставляют в камеры хранения мороженой продукции.

Достоинство линии — высокий уровень механизации и автоматизации, хорошее качество и товарный вид замороженных картофельных котлет, а недостаток — применение на операции доочистки ручного труда.

Линия для производства мороженых ягод в мелкой расфасовке (рис. 130) состоит из ленточного транспортера, моечной машины, сетчатого транспортера — стекателя, элеватора, флюидизационного морозильного аппарата и расфасовочного автомата.

Отсортированные ягоды ленточным транспортером подают в моечную машину флотационного типа. Для стекания воды с ягод их помещают на транспортер-стекатель. Элеватором ягоды подают в флюидизационный морозильный аппарат. В расфасовочном автомате происходит формовка коробок и расфасовка ягод с последующей заклеивкой коробок, которые укладываются в картонные коробки и направляются в камеру хранения мороженых грузов.

К достоинству линии следует отнести компактность оборудования и высокое качество мороженой продук-

Рис. 130. Поточная линия для производства мороженых ягод в мелкой расфасовке:

1 — ленточный транспортер (инспекционный); 2 — моечная машина; 3 — сетчатый транспортер-стекатель; 4 — элеватор; 5 — флюидизационный морозильный аппарат; 6 — расфасовочный автомат.

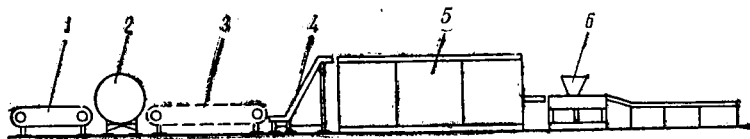


ТАБЛИЦА 25

Показатели	Поточные линии для производства				
	морожено- го овощно- го пюре	мороже- ного карто- феля	мороже- ных овощ- ных гарни- ров	мороже- ных карто- фельных котлет	мороже- ных ягод
Производитель- ность, кг/ч	200	1000	200	500—600	300
Тип морозильного аппарата	Бескон- тактного замора- живания	Флюиди- зацион- ный	Флюиди- зацион- ный	Воздуш- ный	Флюиди- зацион- ный
Количество моро- зильных аппара- тов, шт.	1—2	1	1	1	1
Температура, °С					
теплоотво- дящей среды	—40	—35	—35	—40	—35
заморожен- ного продук- та	—18	—18	—18	—18	—18

ции. Недостатком линии является необходимость при-
менения ручного труда на операции сортировки ягод.

Техническая характеристика поточных линий для
производства мороженого овощного пюре, картофеля,
овощных гарниров, картофельных котлет и ягод приве-
дена в табл. 25.

ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОРОЖЕНОГО

Линия для производства мороженого
в вафельных стаканчиках (рис. 131) комплек-
туется фризером непрерывного действия, расфасовоч-
ным автоматом, воздушным морозильным аппаратом,
автоматом для заправки мороженого в вафельных ста-
канчиках.

Во фризере непрерывного действия происходит за-
мораживание и взбивание смеси мороженого; в расфа-
совочном автомате — расфасовка мороженого в вафель-
ные стаканчики, накрывание их бумажной крышкой и
подача партиями (по восемь стаканчиков) на замора-

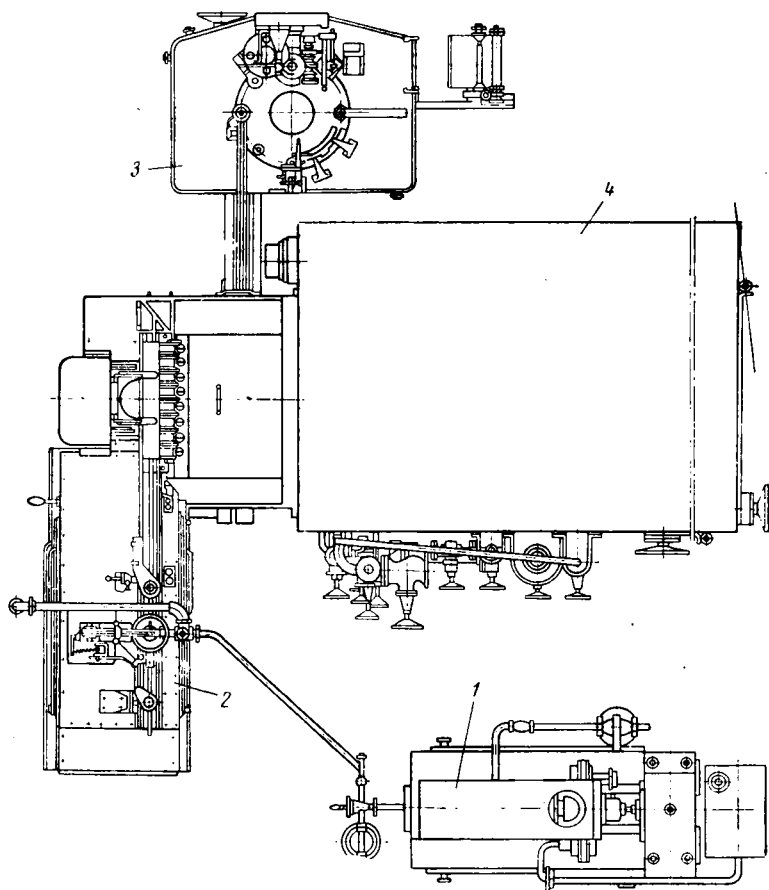


Рис. 131. Поточная линия для производства мороженого в вафельных стаканчиках:

1 — фризёр непрерывного действия; 2 — расфасовочный автомат; 3 — автомат для заправки мороженого в вафельных стаканчиках; 4 — воздушный морозильный аппарат.

живание; в воздушном морозильном аппарате — закаливание порций мороженого и подача их на заправку; в автомате для заправки мороженого — заворачивание вафельных стаканчиков с закаленным мороженым в обертку и подача их на упаковку в картонные коробки.

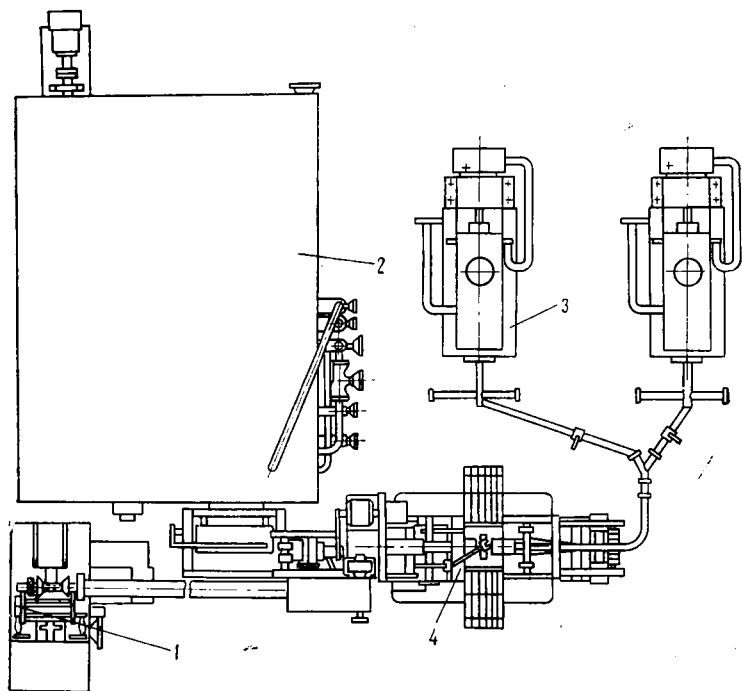
Достоинство линии — поточность производства, автоматизация и механизация процесса производства мороженого в вафельных стаканчиках.

Линии для производства брикетного мороженого на вафлях (рис. 132) состоят из двух фризеров непрерывного действия, формовочно-резальной машины, воздушного морозильного аппарата и автомата для заправки мороженого.

Во фризерах непрерывного действия происходит замораживание и взбивание смеси мороженого; на формовочно-резальной машине — образование непрерывного батона мороженого прямоугольного сечения, укладки вафли, обрезка батона определенной длины, разрезка

Рис. 132. Поточная линия для производства брикетного мороженого на вафлях:

1 — автомат для заправки мороженого; 2 — воздушный морозильный аппарат; 3 — фризер непрерывного действия; 4 — формовочно-резальная машина.



закаленного батона на шесть порционных брикетов с передачей к автомату для заправки; в воздушном морозильном аппарате — закалка батонов; в автомате для заправки мороженого — заправка брикетов мороженого в соответствующую бумажную упаковку и передача на укладку в короба.

Достоинства линии — компактность и полная автоматизация производственных процессов, а недостатков — потери сырья при отрезке и распиловке батонов.

Для производства эскимо применяют автоматическую поточную линию с карусельным эскимогенератором (рис. 133).

В состав линии, предназначенной для выпуска глазурированного и завернутого эскимо массой 100 г, входят дозатор, карусельный эскимогенератор, насосы холодного и теплого хладоносителя, автоматический установщик, устройство выемки и подача на глазирование, ванна, бачок для глазированной смеси, транспортер, заверточная машина, устройство для мойки, насос.

Фризер непрерывного действия, расположенный рядом с карусельным эскимогенератором, prepares смесь мороженого, которая по трубопроводу поступает в дозатор. Затем смесь мороженого направляется в формочки карусельного эскимогенератора. Семь формочек вращающегося круга одновременно заполняются смесью мороженого в тот момент, когда они проходят под дозатором.

Заполненные смесью мороженого формы охлаждаются холодным хладоносителем.

Хладоноситель, охлажденный до температуры $-40 \div -42^{\circ}\text{C}$, циркулирует у форм со смесью мороженого. Охлаждение хладоносителя производится в индивидуальном испарителе, а его подача в нижнюю цилиндрическую часть карусельного эскимогенератора производится насосом холодного хладоносителя.

Когда формочки со смесью мороженого проходят в отсеке (ванне) с холодным хладоносителем, смесь закаливается и затвердевает. В формочки с затвердевшей смесью автоматический установщик вставляет деревянные палочки, и формочки, в которых находится закаленное эскимо, переходят в отсек теплого хладоносителя, где формочки орошаются нагретым хладоносителем, подаваемым к формочкам с помощью насоса

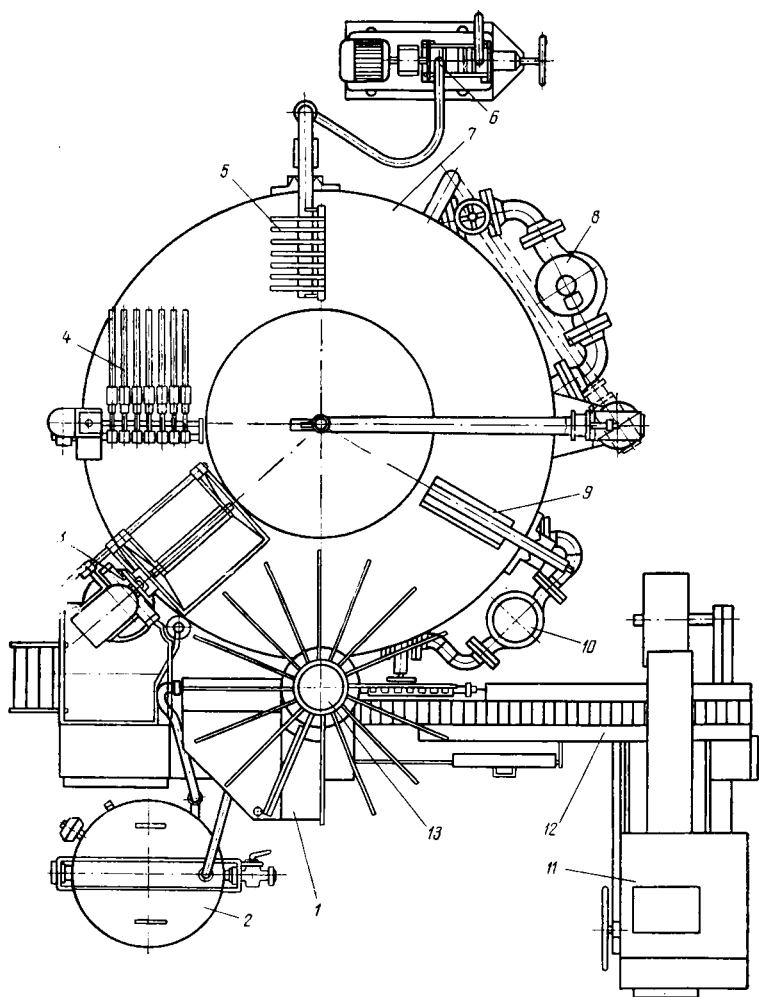


Рис. 133. Автоматическая поточная линия с карусельным эскимогенератором для производства эскимо:

1 — ванна; 2 — бачок; 3 — дозатор; 4 — автоматический устанавливатель; 5 — гребенка для отсасывания воды из формочек; 6 — насос; 7 — карусельный эскимогенератор; 8 — насос холодного хладоносителя; 9 — устройство для мойки; 10 — насос теплого хладоносителя; 11 — заверточная машина; 12 — транспортер; 13 — устройство выемки и подачи на глазурование.

ТАБЛИЦА 26

Показатели	Поточные линии для производства		
	мороженого в вафельных стаканчиках	брикетного мороженого на вафлях	эскимо
Производительность, кг/ч	250	450	800
Тип морозильного аппарата	Воздушный	Воздушный	С непрямым контактом
Количество морозильных аппаратов, шт.	1	1	1
Температура, °С			
теплоотводящей среды	—26	—33	—40 : —42
закаленного мороже- ного	—12	—15	—8

теплого хладоносителя. Нагрев хладоносителя производится в отсеке электронагревателями мощностью 28 кВт.

В формочках, орошаемых теплым хладоносителем температурой 18—20° С, смесь подтаивает, и устройство выемки захватывает палочки, последовательно извлекает порции эскимо из форм, а затем погружает их в ванну с глазуровочной смесью. Подогретая глазуровочная смесь в ванну непрерывно подается из бачка насосом для циркуляции этой смеси.

После глазуровки порция эскимо попадает в ячейку транспортера и направляется к заверточной машине, которая завертывает каждую порцию эскимо в специальную бумагу, плотно закатывая боковой и два торцовых шва.

После этого упакованная продукция направляется для ручной укладки в картонную тару.

Санитарная обработка формочек производится в конце каждой смены с помощью устройства для мойки. Формочки несколько раз промываются теплой водой, которая удаляется из них насосом.

Достоинством линии является компактность, надежность в работе, высокое качество и хороший внешний вид готовой продукции, а недостатком — применение ручного труда при укладке эскимо в картонную тару.

Техническая характеристика поточных линий для производства мороженого приведена в табл. 26.

ХОЛОДИЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КАМЕР ХРАНЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Технологические режимы холодильного хранения пищевых продуктов определяются видом холодильной обработки, свойствами и упаковкой продукта. Камеры хранения оснащаются оборудованием для охлаждения воздуха, увлажнительными устройствами, оборудованием для создания и поддержания состава газовой среды, фильтрами и озонаторами.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА

В камерах хранения с вынужденным движением воздуха охлаждение воздушной среды производится воздухоохладителями, а в камерах с естественным движением — батареями. Тип приборов, предназначенных для охлаждения воздуха в камерах хранения, зависит от системы охлаждения (воздушная, батарейная или смешанная). Если воздух в камере хранения охлаждается воздухоохладителем (или воздухоохладителями), то система охлаждения камер — воздушная. Когда воздух в камере охлаждается батареями, система охлаждения — батарейная. В камерах хранения воздух может охлаждаться воздухоохладителями и батареями и в этом случае система охлаждения — смешанная.

Воздухоохладители

На отечественных холодильниках в камерах хранения широкое распространение получили подвесные и навесные воздухоохладители, которые занимают малый грузовой объем, а распределение воздуха без применения каналов позволяет уменьшить мощность электродвигателей вентиляторов. Автоматическое оттаивание воздухоохладителей упрощает их эксплуатацию.

Подвесные воздухоохладители (рис. 134) состоят из трех частей, смонтированных на общих швеллерных балках, которые используются и для подвески аппаратов к потолку. В средней части размещены два вентилятора, а в двух крайних — трубы диаметром

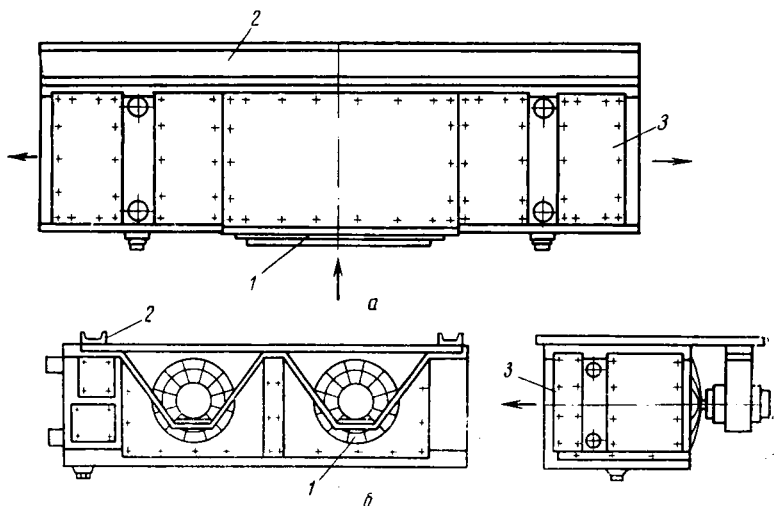


Рис. 134. Подвесные воздухоохладители с вертикальным (а) и горизонтальным (б) расположением вентиляторов:
1 — вентилятор; 2 — швеллерная балка; 3 — направляющий аппарат.

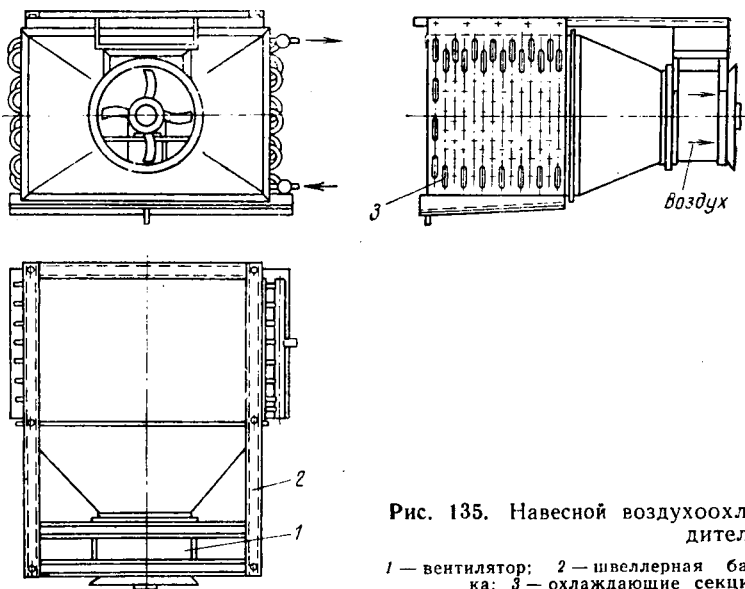


Рис. 135. Навесной воздухоохладитель:

1 — вентилятор; 2 — швеллерная балка; 3 — охлаждающие секции.

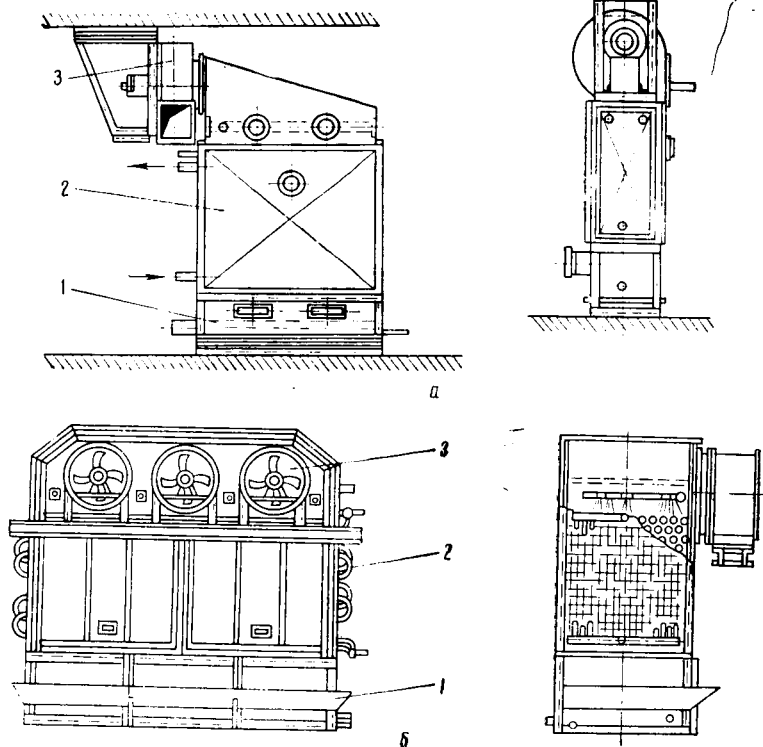


Рис. 136. Вертикальные постаментные воздухоохладители:

а — с центробежным вентилятором: 1 — поддон; 2 — охлаждающие секции; 3 — центробежный вентилятор; *б* — с осевыми вентиляторами; 1 — поддон; 2 — охлаждающие секции; 3 — осевой вентилятор.

25×2,5 мм, оребренные стальными пластинчатыми ребрами толщиной 0,4 мм.

Навесные воздухоохладители бывают с поверхностью охлаждения 75 и 200 м² и непосредственным охлаждением аммиаком или хладоносителем (рис. 135). Для воздухоохладителей используются трубы с поперечно-спиральным оребрением. Охлаждающие секции воздухоохладителей оцинкованы горячим способом. Предусмотрено оттаивание секций воздухоохладителей

ТАБЛИЦА 27

Показатели	Воздухоохладители			
	подвесные	навесные	с поперечно-спиральным оребрением	вертикальные постаментные
Площадь поверхности охлаждения, м ²	50—150	75—200	84—250	100—460
Холодопроизводительность при $\Delta t = 10^\circ \text{C}$, Вт	5800—17 400	9500—25 300	8000—25 000	6950—53 500
Шаг ребер, мм	8,6—13,4	10—16	10—16	13,3—20
Мощность электронагревателей, кВт	8,6—12	0,6—4	0,6—12	1,7—4
Расход воздуха, м ³ /с	0,668—2,07	0,835—5,56	2,2—9,73	1,3—5
Масса, кг	340—888	1420—2335	613—2300	1890—8940

и обогрев поддонов горячими парами аммиака или теплым хладоносителем.

Для оснащения камер хранения разработаны воздухоохладители с поперечно-спиральным оребрением из труб диаметром 25 и 38 мм. Такие воздухоохладители могут работать при температуре охлаждения воздуха от $+5$ до -40°C как в системах с непосредственным кипением аммиака (насосные и безнасосные), так и в системах с хладоносителями.

Привод осевых вентиляторов воздухоохладителей с поперечно-спиральным оребрением осуществляется асинхронными электродвигателями с короткозамкнутыми роторами. Воздухоохладители снабжены устройством для обогрева поддона (горячие пары холодильного агента, теплый рассол или электронагреватели).

В камерах хранения применяют и вертикальные постаментные воздухоохладители (рис. 136) с центробежными или осевыми вентиляторами. Такие воздухоохладители состоят из вертикальных секций, выполненных из труб со спиральными ребрами. В верхней части вертикальных постаментных воздухоохладителей смонтированы центробежные или осевые вентиляторы, а в нижней части — обогреваемый поддон. Чтобы обеспечить надежный обогрев поддона, его основание изолиру-

ется со стороны пола. Поддон имеет патрубок для отвода талой воды. Оттаивание вертикальных постаментных воздухоохладителей производится горячим паром холодильного агента или орошением секций водой температурой 20—40° С. Оросительное устройство выполнено в виде центрального коллектора с патрубками, на которых смонтированы угловые форсунки.

Техническая характеристика воздухоохладителей приведена в табл. 27.

Батарей

В зависимости от вида труб батареи бывают оребренными и гладкотрубными. Вследствие применения оребренных батарей уменьшается расход труб, снижается металлоемкость охлаждающих приборов, а также сокращается масса холодильного агента, находящегося в испарительной системе. В последние годы на отечественных холодильниках стали применять батареи, выполненные и в виде панелей. В зависимости от конструктивного исполнения батареи могут быть змеевиковые и коллекторные. Коллекторные батареи бывают с горизонтальным и вертикальным расположением труб. Батареи могут быть пристенные, расположенные вдоль наружных или внутренних стен камеры, а также потолочные, — расположенные на потолке охлаждаемого помещения. По виду охлаждающей среды батареи подразделяют на батареи непосредственного охлаждения и с хладоносителем.

На отечественных холодильниках камеры хранения оснащаются оребренными батареями трех типов, коллекторными однорядными пристенными и потолочными; змеевиковыми однорядными пристенными и потолочными; коллекторными однорядными потолочными с разреженным шагом ребер. Для компоновки таких батарей предусмотрены секции однокolleкторные, змеевиковые хвостовые и головные, средние, двухколлекторные и змеевиковые (рис. 137).

Техническая характеристика секций для оребренных батарей приведена в табл. 28.

При проектировании камер хранения с батареями важно правильно разместить охлаждающие приборы. При любом размещении батарей они должны отвести

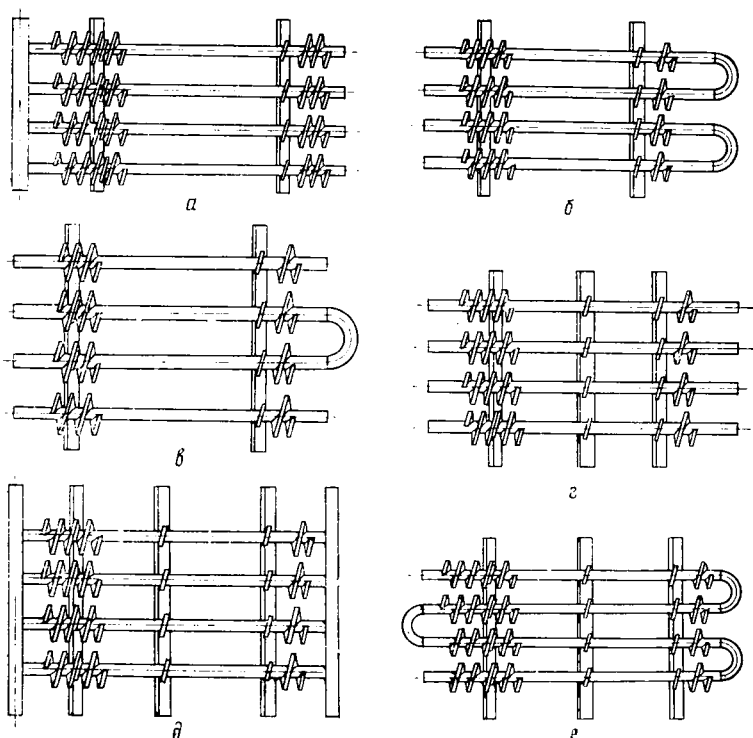
ТАБЛИЦА 28

Показатели	Секции									
	одноколлекторные длиной 2750 мм	змеевиковые головные длиной 2750 мм	змеевиковые хвостовые длиной 2750 мм	средние длиной, мм			двухколлекторные длиной, мм		змеевиковые длиной, мм	
				300	450	6000	2000	4250	2000	4250
Площадь поверхности охлаждения, м ²										
при шаге ребер 20 мм				18,4	—	36	9,15	—	9,15	—
число труб 4	16,85	16,85	168,5	—	39	—	—	39,1	—	39,1
число труб 6	25,1	25,1	25,1	—	—	—	—	—	—	—
при шаге ребер 30 мм				12,75	—	25,3	6,4	—	6,4	—
число труб 4	11,7	11,7	11,7	—	—	—	—	—	—	—
число труб 6	17,5	17,5	17,5	—	27	—	—	27,1	—	27,1
Масса секций, кг										
при шаге ребер 20 мм				98,2	—	272	74,8	—	68	—
число труб 4	94,4	90,4	91	—	20,9	—	—	219	—	212
число труб 6	136,2	136,2	136,4	—	—	—	—	—	—	—
при шаге ребер 30 мм				76,1	—	167	60	—	52,6	—
число ребер 4	74,2	70,7	70,8	—	—	—	—	—	—	—
число ребер 6	110,6	105,5	105,6	—	162	—	—	173	—	162
Высота, мм										
при числе труб 4	640	640	640	640	—	1280	640	—	640	—
при числе труб 6	960	960	960	—	960	—	—	960	—	960
Средний коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² ·К)	5,2	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	4,8	4,8	3,8	3,8

все теплопритоки, проникающие в помещение и возникающие в нем. Однако влияние теплопритоков через ограждения помещения на колебания температуры и влажности воздуха в грузовом объеме камеры будет наименьшим, если батареи будут размещены на пути теплопритоков. При таком размещении батарей они локализируют притоки тепла и влаги в месте их проникновения и не допускают их внутрь охлаждаемого помещения. Очевидно, что батареи прежде всего должны размещаться на тех ограждениях, через которые проникает наибольшее количество тепла. В соответствии с этим батареи целесообразно распределять по всей поверхности ограждений с наибольшими теплопритоками. Наиболее просто

Рис. 137. Секции для компоновки оребренных батарей:

а — однокolleкторная; *б* — змеевиковая хвостовая; *в* — змеевиковая головная; *г* — средняя; *д* — двухколлекторная; *е* — змеевиковая.



это можно выполнить, если батареи изготовлены из гладких труб. Гладкотрубные батареи рекомендуется равномерно распределять по потолку и наружным стенам камер с шагом между трубами 180—300 мм на расстоянии 120—150 мм от плоскости ограждения.

Если оребренные пристенные батареи не закрывают всю площадь стены, то их размещают в верхней зоне камеры на расстоянии 150—200 мм от плоскости стены. Холодный воздух, спускающийся вниз от охлаждающих приборов, создает у стены холодную воздушную завесу.

Оребренные потолочные батареи обеспечивают равномерное распределение температуры в грузовом объеме камеры. В то же время такое расположение потолочных батарей создает трудности при снятии снеговой шубы с их поверхности. Кроме того, из-за размещения на потолке охлаждающих приборов уменьшается высота штабеля груза и сокращается грузовой объем камеры.

Наличие в камерах батарей, температура поверхности которых ниже температуры воздуха помещения, приводит к установлению в нем относительной влажности воздуха ниже 100%, а следовательно, к возрастанию усушки.

Для уменьшения усушки продукта батареи иногда выносят из грузового объема камеры хранения в так называемую воздушную теплозащитную рубашку (рис. 138), где поддерживается такая же температура, как и в камере хранения. В результате этого отсутствует теплообмен между воздухом в рубашке и воздухом в камере.

Батареи, предназначенные для отвода наружных теплопритоков, расположены в верхней части воздушной теплозащитной рубашки.

Разновидностью воздушной теплозащитной рубашки следует считать ледяные экраны (рис. 139), которые устанавливаются на расстоянии 400 мм от пристенных батарей. Такие экраны изготовляют из деревянных рам, обтянутых грубой тканью: мешковиной, бязью или брезентом. После сборки рам на поверхностях ткани со стороны камеры намораживается слой льда толщиной 10—20 мм в течение 10—15 дней. В состав оборудования, используемого для намораживания льда, входит насосная установка, бак с водой (емкостью 200—300 л), система гибких шлангов с водораспылителями.

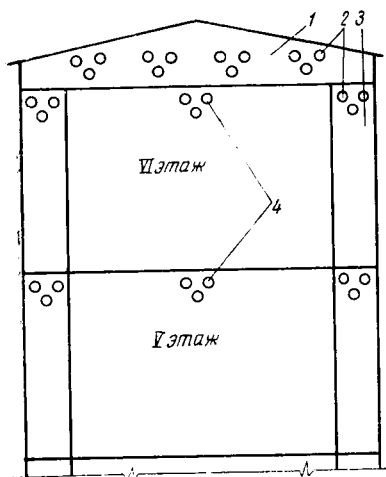
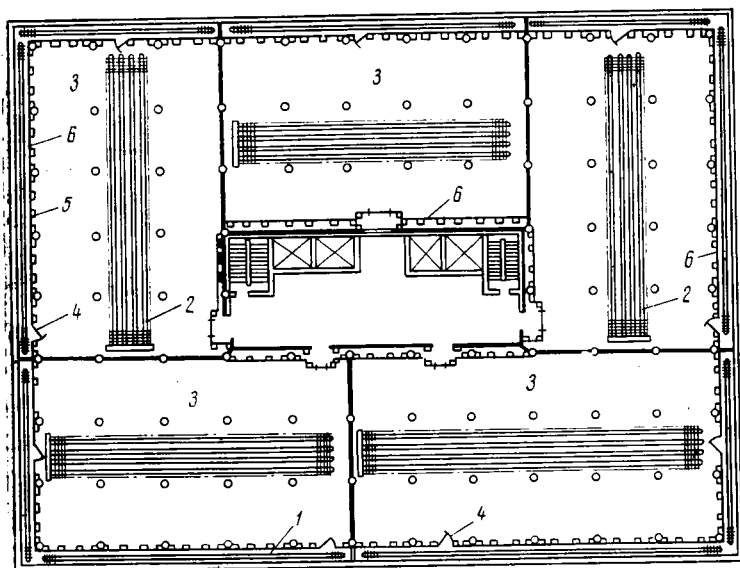


Рис. 138. Холодильник с воздушной теплозащитной рубашкой:

1 — чердачное помещение; 2, 4 — оребренные батареи; 3 — воздушная теплозащитная рубашка.

Рис. 139. Камеры хранения с ледяными экранами:

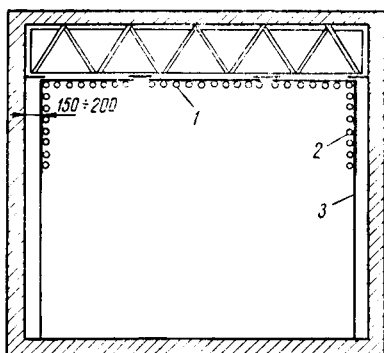
1 — пристенные оребренные батареи; 2 — потолочная батарея; 3 — камера хранения; 4 — дверь; 5 — стойки для крепления деревянных рам; 6 — ледяные экраны.



В процессе эксплуатации камер с ледяными экранами происходит сублимация замороженного льда. По мере сублимации льда с поверхности ледяных экранов производится периодическое восстановление ледяной корки.

Рис. 140. Камера хранения с панельными батареями:

- 1 — потолочная панельная батарея;
2 — пристенная панельная батарея;
3 — паронепроницаемая ткань.



Внутренние теплопритоки, а также теплопритоки через перекрытие отводятся потолочными батареями, находящимися в камере. Для уменьшения усушки штабеля груза покрывают слоем ткани, на которую также намораживают корку льда толщиной 20—30 мм. В камерах с ледяными экранами устанавливается повышенная относительная влажность до 90%, массовые потери уменьшаются примерно в 2 раза.

Панельные батареи устанавливаются в камере так, что они образуют воздушную теплозащитную рубашку (рис. 140). Комплекс, состоящий из панельных батарей и теплоизоляционных конструкций камеры, образует панельную систему охлаждения. Панельные батареи образуют подвесной потолок. Батареи, расположенные у наружных стен с отступом от их поверхности на расстоянии 150—200 мм, образуют воздушный продух, который выполняет роль воздушной теплозащитной рубашки.

Панельные батареи изготовляют из гладких труб с наружным диаметром 38 мм, к которым привариваются стальные листы толщиной 1,5—2 мм.

Для уменьшения металлоемкости панельные батареи можно выполнять в виде льдотрубных батарей из гладких труб диаметром 25 или 38 мм с шагом 300 мм. На каркасе батареи на деревянных рамках крепится ткань или другой листовый материал, на котором намораживается слой льда толщиной 40—50 мм. Ледяной экран образуется распылением воды через форсунки так, чтобы лед заполнил пространство между трубами.

УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Увлажнение воздуха в камерах хранения производится с целью регулирования его относительной влажности, которую можно повысить увеличением температуры

поверхности охлаждающих приборов, уменьшением их теплопередающей поверхности, а также подачей влаги в воздух охлаждаемого помещения.

Чтобы увеличить относительную влажность воздуха в камерах хранения, используют устройства для увлажнения воздуха водой или паром.

Устройства для увлажнения воздуха водой

Увлажнение воздуха водой производится форсунками или механическими распылителями.

Увлажнительное устройство, распыляющее воду с помощью пневматических форсунок (рис. 141), состоит из форсунок, трубопроводов для подачи сжатого воздуха и подачи воды к форсункам, бачка с шаровым клапаном и сетчатого фильтра.

Сжатый воздух подается воздушным компрессором к форсункам. От масла воздух очищается маслоотделителем. Вода из водопровода направляется в бачок, а затем — к форсункам. Сжатый воздух, расширяясь при выходе, может охладить форсунки на несколько градусов и заморозить воду в них даже при положительной температуре воздуха в камере.

Для предотвращения замерзания воды все подводящие трубопроводы и форсуночные стояки, расположенные в холодильных камерах, обогревают электронагревателями.

Перед форсунками устанавливают фильтры, предохраняющие их от засорения. Для уменьшения трения воды и устранения образования воздушных пузырьков и пробок, влияющих на равномерность ее разбрызгивания отдельными форсунками, подводящие водяные трубопроводы к ним должны быть отрегулированы по уровню. Кроме того, запорные вентили позволяют при необходимости выравнивать подачу воды к ним. Форсунки бывают с внутренним и внешним смещением.

Вследствие смешения сжатого воздуха с водой в форсунке образуется водно-воздушная смесь, которая нагнетается через ее выходное отверстие в камеру хранения. При таких форсунках давление воды должно быть не более чем на 100—150 кПа ниже давления воздуха. Во избежание возможного загрязнения питьевой воды сжатым воздухом присоединение форсунок внутреннего

смешения непосредственно к водопроводной сети запрещается.

В форсунках внешнего смешения воздух и вода нагнетаются в корпус форсунки через отдельные отверстия и смешиваются за ее пределами. Это устраняет возможность обратного тока воздуха в водяную магистраль. Уровень воды в бачке поддерживается ниже выходного отверстия форсунок. В этом случае вода подсасывается вследствие эжектирующего действия струи воздуха, выходящего из форсунки. Вода направляется к выходному отверстию, откуда она вместе с воздухом в виде мельчайших туманообразных капелек нагнетается в грузовой объем камеры хранения. Для увеличения производительности форсунок вода в них может подаваться с небольшим избыточным давлением (до 10 кПа).

В последнее время для увлажнения воздуха в камерах хранения стали применяться форсунки с непосредственным распылением воды высокого давления (5000—6000 кПа), которое поддерживается насосом. Производительность насоса соответствует производительности форсунок. Для уменьшения износа форсунок, работающих при высоком давлении воды, кромки их выходных отверстий изготовляют из специальных твердых сплавов (карбидов). Ввиду малых диаметров выходных отверстий необходимо применять сложные фильтры тонкой очистки воды.

Автоматическое увлажнительное устройство с механическим распылением воды (рис. 142) состоит из ротационного влагораспылителя, коробки управления, регулятора влажности и чувствительного элемента.

Назначение ротационного влагораспылителя — разбрызгивание и подача мелкодисперсных частиц воды в количестве от 2 до 6 кг/ч в грузовой объем камеры хранения. Основным элементом ротационного влагораспылителя является плексигласовый сосуд, в котором с помощью поплавкового регулятора поддерживается постоянный уровень воды. В плексигласовый сосуд помещается конус с разбрызгивающим диском, который вращается электродвигателем мощностью 0,18 кВт и частотой вращения 46,5 с⁻¹. Под действием центробежной силы вода через конус попадает на разбрызгивающий диск, с которого она с большой скоростью отбрасывается на рас-

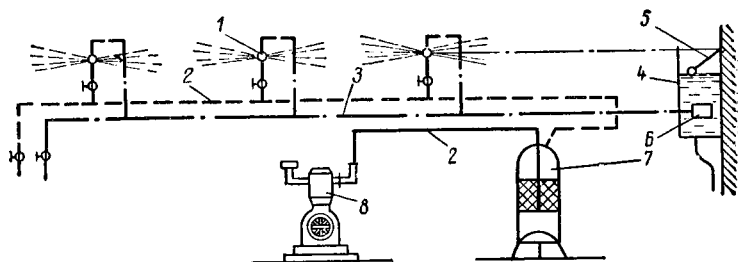


Рис. 141. Увлажнительное устройство, распыляющее воду с помощью пневматических форсунок:

1 — форсунки; 2 — трубопровод для подачи сжатого воздуха; 3 — трубопровод для подачи воды к форсункам; 4 — бачок; 5 — шаровый клапан; 6 — сетчатый фильтр; 7 — маслоотделитель; 8 — воздушный компрессор.

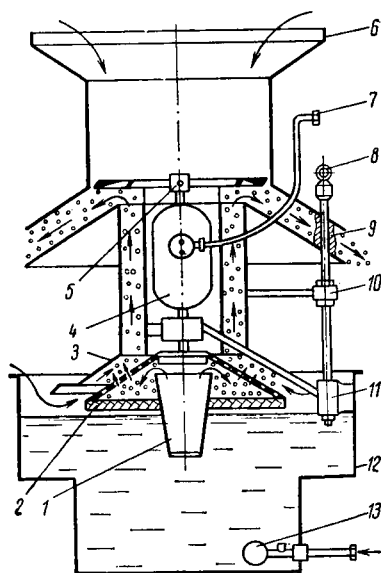


Рис. 142. Ротационный влагораспылитель автоматического увлажнительного устройства с механическим распылителем воды:

1 — конус; 2 — разбрызгивающий диск; 3 — распылитель; 4 — электродвигатель; 5 — вентилятор; 6 — диффузор; 7 — кабель; 8 — кольцо; 9 — втулка; 10 — опорное кольцо; 11 — стойка; 12 — плексигласовый сосуд; 13 — поплавковый регулятор.

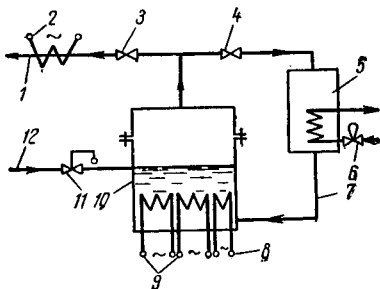


Рис. 143. Устройство для увлажнения воздуха паром с применением конденсатора:

1 — подводящий трубопровод; 2 — электронагреватель для перегрева пара в подводящем трубопроводе; 3, 4 — запорные вентили; 5 — конденсатор; 6 — водорегулятор; 7 — возвратный трубопровод; 8 — электронагреватель воды; 9 — рабочие электронагреватели; 10 — кипятыльник; 11 — регулятор уровня; 12 — трубопровод подачи воды.

пылитель и превращается в водяную пыль. Под действием воздушного потока, создаваемого вентилятором, смонтированным на оси электродвигателя, мелкодисперсная влага поступает в камеру. Для питания ротационных влагораспылителей водой к ним подводятся водяные трубопроводы.

Коробка управления состоит из предохранителя электрической цепи с тепловой защитой, пускателя, переключателя с автоматического управления на ручное и контрольной лампочки. Все элементы коробки управления смонтированы в металлическом футляре, который крепится к стене или колонне камеры. При ручном управлении увлажнительным устройством включение и выключение ротационного влагораспылителя производятся с помощью кнопок пускателя, а при автоматическом — от регулятора влажности.

Достоинствами автоматического увлажнительного устройства с ротационным распылителем воды являются небольшие габаритные размеры, высокая точность регулирования относительной влажности воздуха помещения, небольшие энергетические затраты, простота монтажа.

Устройства для увлажнения воздуха паром

На холодильниках применяют устройства для увлажнения воздуха паром, который получают с помощью электронагревателей. Такие установки бывают с конденсатором и автоматическим парогенератором.

В состав устройства для увлажнения воздуха паром с применением конденсатора (рис. 143) входят кипятильник, предназначенный для получения пара, и конденсатор, служащий для конденсации избыточного пара, который образуется тогда, когда уменьшается его подача в воздух камеры. Конденсация пара производится водой, подаваемой в конденсатор. Количество подаваемой воды автоматически регулируется водорегулятором. Образующаяся в конденсаторе жидкость (конденсат) по возвратному трубопроводу вновь направляется в кипятильник. Уровень воды в кипятильнике поддерживается регулятором уровня, расположенным на трубопроводе подачи воды. В кипятильнике вода кипит за счет тепла, подводимого к ней рабочими электронагревателями.

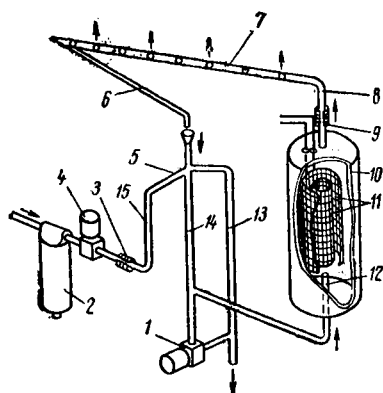


Рис. 144. Устройство для увлажнения воздуха паром с автоматическим парогенератором:

1 — сливной соленоидный вентиль; 2 — керамический фильтр; 3, 9 — диафрагмы; 4 — соленоидный вентиль; 5 — воронка; 6 — конденсатоотводчик; 7 — распределительный перфорированный трубопровод; 8 — трубопровод; 10 — автоматический парогенератор; 11 — концентрические сетки; 12, 14, 15 — система питающих трубопроводов; 13 — переливная трубка.

Применение устройства для увлажнения воздуха паром с конденсатором позволяет эффективно использовать воду и поддерживать относительную влажность воздуха (до 95%) в камерах с температурой от 0°С и выше. Расход электроэнергии на производство пара и необходимость охлаждения конденсатора водой — причины повышенной стоимости эксплуатации такой установки.

Установка для увлажнения воздуха паром с использованием автоматического парогенератора показана на рис. 144. В этой установке вода, питающая автоматический парогенератор, проходит последовательно через керамический фильтр, соленоидный вентиль и диафрагму. По системе питающих трубопроводов вода поступает в автоматический парогенератор, где установлены две концентрические сетки, являющиеся электронагревателями. В верхней части парогенератора предусмотрено пространство для сбора пара, а нижняя часть служит для накопления периодически удаляемого водяного камня. Образующийся в автоматическом парогенераторе пар давлением 2—2,5 кПа проходит через диафрагму и поступает в распределительный перфорированный паропровод, установленный в потоке увлажняемого воздуха. Конденсат, который образуется в распределительном перфорированном трубопроводе, по конденсатоотводчику стекает в воронку и вновь возвращается в автоматический парогенератор. Уровень воды в нем поддерживается с помо-

щью переливной трубки. Для удаления воды из автоматического парогенератора предусмотрен специальный сливной соленоидный вентиль.

Установка для увлажнения воздуха паром с автоматическим парогенератором компактна, проста по устройству, надежна в работе. Необходимость расхода электроэнергии на производство пара приводит к возрастанию стоимости увлажнения воздуха в камерах с автоматическим парогенератором.

Увлажнение воздуха в камерах с отрицательными температурами водяным паром или водой встречает большие трудности из-за возможного замерзания воды или конденсата в трубах и вследствие повышенного образования снеговой шубы на теплопередающей площади поверхности приборов охлаждения.

На Ленхладокombинате применяется устройство для увлажнения воздуха в ограниченном объеме камеры, в которой поддерживается отрицательная температура. Обычно для этой цели используется воздушный продух между штабелями груза и стеной, на которой размещены охлаждающие приборы. В результате увлажнения в продухе образуется зона насыщенного воздуха, создающая барьер, препятствующий движению влаги из грузового объема камеры к охлаждающим приборам.

Подача пара в воздушный продух осуществляется через патрубки (один патрубок на шестиметровый пролет камеры). Выходящий из патрубков пар увлекается и поглощается движущимся воздухом. Движение воздуха (сверху вниз) производится осевым вентилятором, который направляет его в воздуховод с соплами.

Пар, предназначенный для увлажнения воздуха, из котельной в холодильник направляется по паровой магистрали. Затем через редуцируемый клапан пар поступает в коллектор. Давление пара в паровой магистрали должно быть не ниже 150 кПа. Конденсат, образующийся в коллекторе и трубопроводах, отводится через конденсатоотводчик. Для отвода конденсата трубопроводы монтируются с уклоном в сторону конденсатоотводчика и изолируются.

В камерах, оборудованных установкой для активного увлажнения воздуха в ограниченном объеме, влажность воздуха поддерживается на уровне 96—98%. Из общей массы подаваемого пара только 10—12% поглощается

воздухом, а основное количество конденсируется на теплопередающей площади поверхности охлаждающих приборов и других холодных поверхностях камеры хранения. Увлажнение воздуха в воздушном потоке приводит к интенсивному образованию снеговой шубы на площади поверхности пристенных батарей. Для удаления снеговой шубы батареи оттаивают через каждые 2—3 дня. В этом случае образовавшаяся на пристенных батареях снеговая шуба имеет небольшую толщину и продолжительность ее оттаивания не превышает 40—50 мин.

К недостаткам такого устройства следует отнести сложность системы трубопроводов, трудность эксплуатации охлаждающих приборов, необходимость создания вынужденного движения воздуха в воздушном потоке.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Если при расчете увлажнительных устройств в камерах хранения заданы температура воздуха в охлаждаемом помещении, технологически необходимая относительная влажность воздуха в камере, система охлаждения, площадь поверхности охлаждающих приборов, вид, количество и площадь поверхности груза, хранящегося в камере, то необходимо определить равновесную относительную влажность воздуха, которая устанавливается в камере при влагонепритоке только от усушки хранимых в охлаждаемом помещении пищевых продуктов; количество влаги, которое необходимо подавать в помещение для поддержания технологически необходимой относительной влажности воздуха в камере; необходимое количество устройств, предназначенных для подачи влаги в камеру для увлажнения воздуха.

Равновесную относительную влажность воздуха находят из зависимости

$$\Phi'_k = \frac{f(F) + \Phi'_0 M'}{f(F) + M'}.$$

где Φ'_k — равновесная относительная влажность воздуха;

$$f(F) = \frac{\beta_n F_n}{\beta_0 F_0},$$

β_0 — коэффициент конденсации на поверхности охлаждающих приборов;

F_o — площадь поверхности охлаждающих приборов, m^2 ;

Φ'_0 — минимальная относительная влажность воздуха в камере при отсутствии в ней влагопритоков;

$$\Phi'_0 = \frac{p''_0}{p_k},$$

p''_0 — давление насыщенного водяного пара у площади поверхности охлаждающих приборов, значение которого находится при средней температуре поверхности охлаждающих приборов, Па;

p''_k — давление насыщенного водяного пара при температуре воздуха камеры, Па;

M' — постоянная величина для помещения с определенной температурой и определенной скоростью движения воздуха;

$$M' = 1 + \frac{b_{\pi}}{A_{\pi c}},$$

b_{π} — коэффициент линейной зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры (в интервале температур от ± 0 до $-10^{\circ}C$ $b_{\pi}=0,246$);

$A_{\pi c}$ — психрометрический коэффициент.

Если $\Phi'_k < \Phi_k$, то воздух в камере нужно увлажнять.

Количество влаги, которое необходимо подавать в помещение для поддержания технологически необходимой относительной влажности воздуха, можно найти по выражению

$$W_{увл} = (\Phi_k - \Phi'_k) \frac{p''_k \beta_0 F_0 [f(F) + M']}{M'}.$$

Необходимое количество устройств, предназначенных для подачи влаги в воздух камеры, составит

$$n_y = \frac{W_{увл}}{g_y},$$

где n_y — необходимое количество устройств (механических ротационных влагораспылителей), предназначенных для подачи влаги в воздух камер, шт.;

g_y — количество влаги (воды), распыляемой одним механическим ротационным распылителем, кг/с.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СРЕДЫ

При создании в камерах газового состава среды искусственным путем применяют газогенераторные установки, в которых необходимую газовую смесь по-

лучают при сжигании природного газа. Такие установки обычно состоят из двух независимых блоков — газогенератора и блока очистки, которые могут работать совместно или индивидуально на одну или несколько камер. Газогенератор включается в период вывода камеры на заданный режим при нарушении ее герметичности и частичной выгрузке фруктов. При нормальной стационарной работе камеры включается только блок очистки.

В газогенераторной установке производительностью до 50 м³/ч газовая среда получается в результате сжигания природного газа.

Газогенератор представляет собой бестопочную камеру сгорания, снабженную катализатором. Газовая среда, образовавшаяся в камере сгорания, охлаждается воздухом и водой и через систему четырехходовых кранов поступает в один из фильтров блока очистки. Очищенная газовая среда направляется в камеру хранения.

Газогенераторная установка производительностью 60 кг/ч состоит из газогенератора и двух блоков очистки. Источником снабжения природным газом для газогенераторной установки может служить газопровод среднего давления, находящийся на территории холодильника, или специальный резервуар подземного или наземного хранения очищенного газа. Давление газа перед горелкой должно составлять 5 кПа. Блок очистки состоит из двух адсорберов с активированным углем. В то время как один адсорбер работает в режиме поглощения углекислого газа, во втором — производится регенерация активированного угля с помощью наружного воздуха, подаваемого в адсорбер вентилятором (расход воздуха составляет около 100—120 м³/ч).

Техническая характеристика газогенераторных установок приведена в табл. 29.

Регулирование газового состава среды может производиться с применением диффузионных газообменников. Газовый состав среды регулируется с помощью силиконо-каучуковой пленки, обладающей различной проницаемостью для газов: большей для углекислого газа и меньшей для кислорода и азота. Стенки пленок образуют ряд параллельных каналов, через которые с помощью вентиляторов циркулирует газовая среда камеры. В результате диффузии газов через пленку из циркулирующего воздуха удаляются избытки угле-

ТАБЛИЦА 29

Показатели	Газогенераторные установки производительностью, м ³ /ч	
	до 50	60
Расход		
природного газа, м ³ /ч	3—5	6
сжиженного газа, кг/ч	2,4—4,6	2
воды, м ³ /ч	0,5	1,4
Состав газовой среды, %		
углекислый газ	14	9—13
кислород	20	0,5—3
Температура газовой среды, °С	10—20	10—20
Относительная влажность, %	90—100	90—100

кислого газа, вредные душистые вещества и частично азот. Вместо них в очищенный воздух подводится некоторое количество кислорода из атмосферы. Специальные распорные кольца ограничивают расширение каналов и улучшают контакт газовой среды с пленкой.

Регулирование диффузионной поверхности газообменника производится зажимами, установленными на гибких пластмассовых трубках, соединяющих каналы с распределительным газовым коллектором. Вентиляторы, расположенные под диффузионным газообменником, создают циркуляцию воздуха с наружной стороны каналов и обеспечивают сдувание избытка углекислого газа и вредных душистых веществ в атмосферу. На входе газовой среды в диффузионный газообменник предусматривается фильтр тонкой очистки для предохранения внутренних стенок каналов от засорений. Влага, образующаяся в фильтре, вследствие конденсации водяного пара из газовой среды собирается в поддоне и удаляется через гидравлический затвор в канализацию.

Достоинство регулирования газового состава среды с применением диффузионных теплообменников — это отсутствие газогенератора, что упрощает и удешевляет оборудование камер. Однако при использовании диффузионных газообменников возрастает продолжительность создания необходимого состава газовой среды в камерах при ее первоначальной загрузке фруктами. Кроме того, в камерах с диффузионными теплообменниками нежела-

тельна частичная загрузка и выгрузка фруктов в процессе их хранения.

Выбор того или иного способа и оборудования для создания и поддержания необходимых газовых режимов зависит от принятого состава газовой среды, степени герметичности камеры, энергетических ресурсов и экономических соображений.

ФИЛЬТРЫ

При наличии в воздухе большого количества загрязнений, особенно при содержании некоторых видов пыли, не смачиваемых водой (сажа, угольная пыль), очистка воздуха производится с помощью фильтров контактного действия.

В таких фильтрах воздух очищается при проходе запыленного воздуха через многочисленные, бессистемно расположенные пустоты в пористых материалах (металлическая стружка, кокс, фарфоровые или металлические кольца, синтетические волокна, материал, бумага).

В фильтрах контактного действия широко применяют смачивание фильтрующей поверхности специальными сортами масел, а также металлических решеток чистой водой или водой с примесью эмульгаторов.

ОЗОНАТОРЫ

Озон получается в озонаторах передвижного или стационарного типов. В озонаторах при электрическом разряде высокого напряжения, происходящем в воздухе, происходит расщепление молекул двуатомного кислорода воздуха с образованием трехатомного озона.

В состав передвижного озонатора (рис. 145) входят корпус, разрядная камера, вентилятор, вариатор напряжения, высоковольтный трансформатор, предохранитель, сигнальная лампа, вольтметр, выключатель, переключатель напряжения, штепсельная вилка, блок-контакт, съемная крышка и ручки.

Разрядная камера озонатора представляет собой трубчатую конструкцию, состоящую из восьми металлических трубок электродов.

В каждую металлическую трубку на фиксаторы установлены стеклянные трубки, имеющие на внутренней

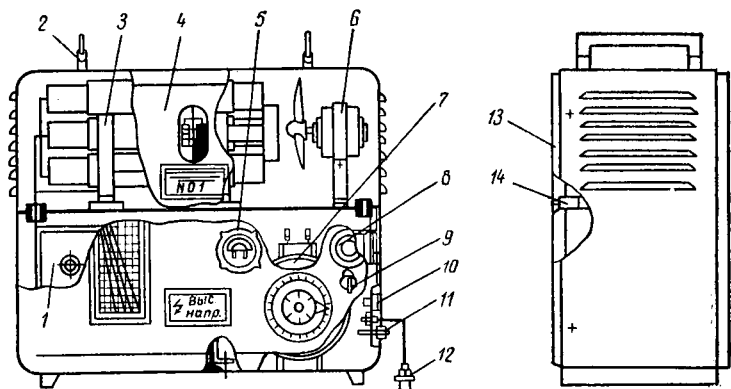


Рис. 145. Передвижной озонатор:

1 — высоковольтный трансформатор; 2 — ручки; 3 — камера; 4 — корпус; 5 — вольтметр; 6 — вентилятор; 7 — вариатор напряжения; 8 — сигнальная лампа; 9 — выключатель; 10 — переключатель напряжения; 11 — предохранитель; 12 — штепсельная вилка; 13 — съемная крышка; 14 — блок-контакт.

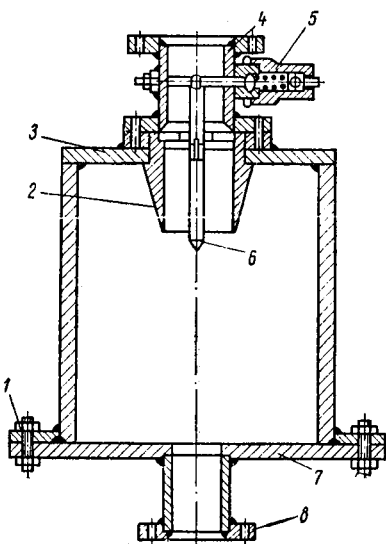


Рис. 146. Стационарный озонатор:

1 — заземляющая клемма; 2 — направляющая потока; 3 — корпус; 4 — устройство ввода обрабатываемой среды; 5 — устройство ввода высокого напряжения; 6 — электрод малого радиуса кривизны; 7 — электрод-пластина; 8 — устройство вывода обрабатываемой среды.

поверхности токопроводящее покрытие, к которому подводится переменный ток высокого напряжения с помощью разъемных контактов.

Высоковольтный газовый разряд коронарного типа возникает в тонком кольцевом пространстве между металлическими и стеклянным электродами. Воздух вентилятором направляется в разрядную камеру и в зоне раз-

ТАБЛИЦА 30

Показатели	Озонаторы	
	передвижной	стационарный
Производительность по озону, г/ч	До 12	5—30
Температура воздуха, °С	+30 ÷ —45	+30 ÷ —20
Относительная влажность воздуха, %	До 95	80—90
Потребляемая мощность, Вт	До 200	До 500

ряда озонируется. Озоно-воздушная смесь поступает в камеру.

Производительность генератора по озону регулируется с помощью вариатора напряжения.

Стационарный озонатор с использованием каскадной формы электрического разряда, возбуждаемого в неоднородных электрических полях при давлениях близких к атмосферному (рис. 146), состоит из корпуса, устройства ввода обрабатываемой среды, устройства ввода высокого напряжения, электрода малого радиуса кривизны, электрода-пластины, устройства вывода обрабатываемой среды, направляющей потока и заземляющей кнопки.

Корпус озонатора выполнен из диэлектрика (оргстекло или винипласт) в виде цилиндра с фланцами. В корпусе находится электрод малого радиуса кривизны, на который через устройство ввода подается высокое напряжение.

Озонируемый воздух вентилятором через устройство ввода обрабатываемой среды и направляющую потока попадает в корпус озонатора, в котором возбуждаются электрические разряды каскадного типа. Направляющая потока обеспечивает движение воздуха вдоль электрических разрядов и он озонируется.

Из корпуса озонатора воздух, обогащенный озоном, выходит через устройство вывода и направляется в камеру хранения.

Такие озонаторы могут быть скомпонованы в агрегаты, устанавливаемые в воздуховоде или в отдельном кожухе.

Техническая характеристика озонаторов приведена в табл. 30.

УСТАНОВКИ ДЛЯ РАЗМОРАЖИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Размораживание — это завершающий процесс холодильной обработки пищевых продуктов, целью которого является максимальное восстановление их первоначальных свойств. При размораживании пищевые продукты нагревают до температуры, при которой возможна их дальнейшая технологическая обработка.

Используемые в настоящее время установки для размораживания пищевых продуктов по способу подвода тепла к размораживаемому продукту можно классифицировать на установки с теплоподводом к поверхности и объему продукта.

УСТАНОВКИ С ТЕПЛОПОДВОДОМ К ПОВЕРХНОСТИ ПРОДУКТА

Для размораживания пищевых продуктов используют установки для размораживания пищевых продуктов в потоке воздуха и в потоке влажного воздуха; в вакууме и воде, а также установки для комбинированного размораживания пищевых продуктов в воде и воздухе.

Установки для размораживания пищевых продуктов в потоке воздуха (рис. 147) получили широкое распространение на мясокомбинатах. В состав установки входят каналы с соплами диаметром 40 мм, предназначенные для подачи теплого воздуха в камеру. Каналы с соплами размещены между подвесными путями под их каркасом. Каждый канал обслуживается самостоятельным вентиляционно-отопительным агрегатом, состоящим из калорифера и вентилятора, установленных на каркасе подвесного пути. Система воздухораспределения позволяет производить размораживание мяса при загрузке любой нитки подвесных путей камеры.

Скорость размораживания мяса в таких установках относительно невелика и ограничена максимально допустимой температурой поверхностного слоя продукта.

Установки для размораживания пищевых продуктов в потоке влажного воздуха (рис. 148) получили широкое распространение для

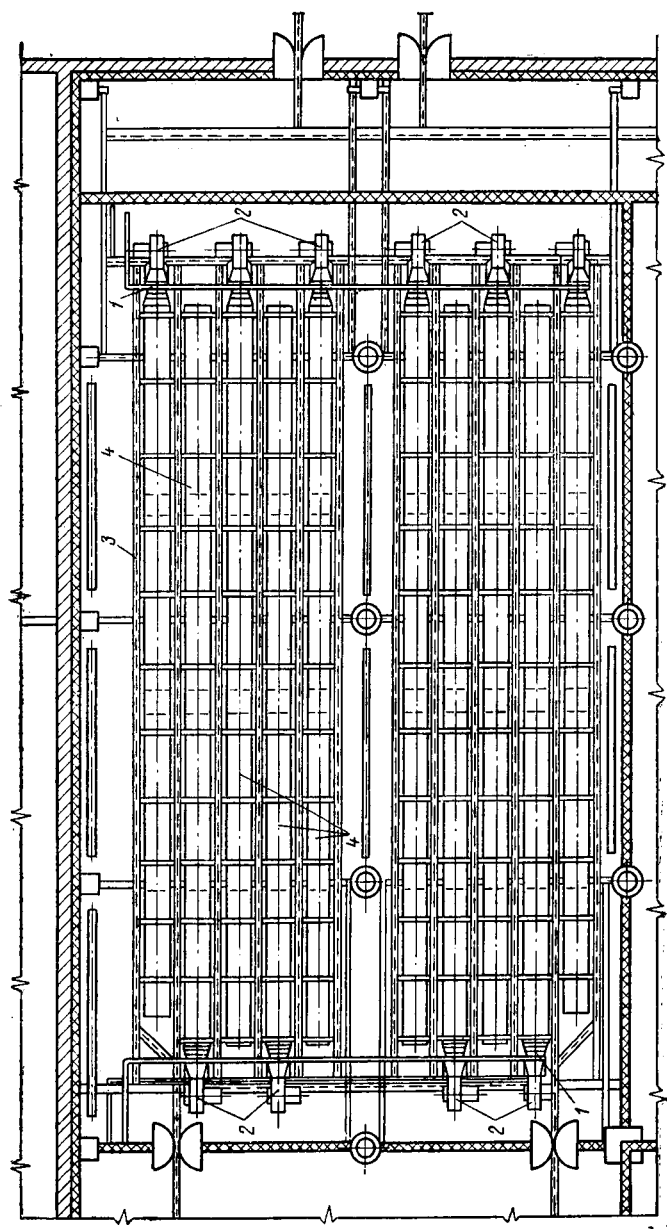


Рис. 147. Установка для размораживания мяса в потоке воздуха:
 1 — калорифер; 2 — вентилятор; 3 — подвесной путь; 4 — каналы с соплами.

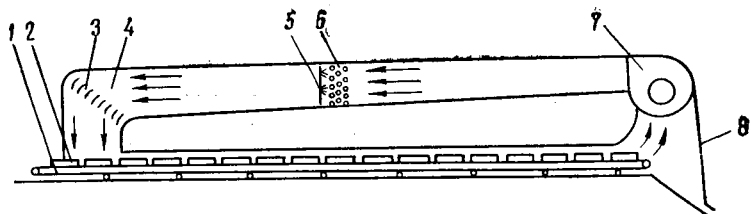
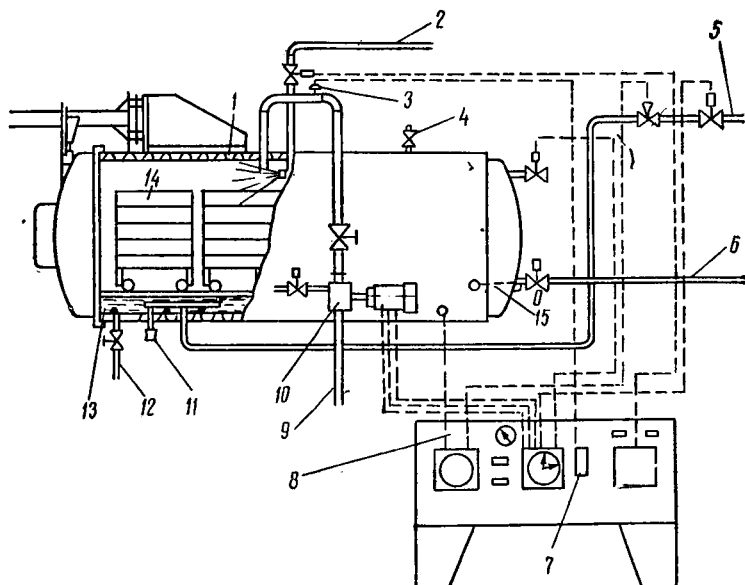


Рис. 148. Установка для размораживания блочных продуктов в потоке влажного воздуха:

1 — грузовой конвейер; 2 — блоки мороженого продукта; 3 — направляющие щиты; 4 — воздуховод; 5 — система увлажнения воздуха; 6 — калорифер; 7 — центробежный вентилятор; 8 — изолированный контур.

Рис. 149. Установка для размораживания блочных продуктов в вакууме:

1 — герметичная камера; 2 — трубопровод для мойки; 3 — вакуумное реле; 4 — предохранительный клапан; 5 — трубопровод подачи пара; 6 — трубопровод для подачи воды; 7 — вакуумметр; 8 — измерительный щит; 9 — трубопровод для отсоса воздуха; 10 — вакуум-насос; 11 — датчик температуры; 12 — трубопровод для спуска воды (дренаж) из герметичной камеры; 13 — вода; 14 — тележки; 15 — датчик давления.



размораживания рыбного филе. Установка состоит из изолированного контура, грузового конвейера, центробежного вентилятора, калорифера, системы увлажнения воздуха и воздухопроводов.

Замороженные блоки рыбного филе подаются на ленту грузового конвейера. Непрерывно перемещаясь на грузовом конвейере, блоки обдуваются влажным воздухом, движение которого создается центробежным вентилятором. Для обеспечения направленного и равномерного обдува продукта теплым воздухом в воздуховоде установлены направляющие щиты. Центробежный вентилятор засасывает воздух из грузового отсека установки и направляет его в калориферы и систему увлажнения. Увлажнение воздуха осуществляется подачей острого пара в поток воздуха или непосредственным разбрызгиванием воды на продукт. Скорость движения грузового конвейера должна быть такой, чтобы блоки за время перемещения в аппарате были разморожены.

При размораживании продуктов в таких установках практически не происходит потерь массы продукта.

Достоинством установки является простота конструкции и незначительные эксплуатационные и капитальные затраты, а недостатком установки — малая интенсивность процесса размораживания.

Размораживание блочных продуктов производят и в установках для размораживания пищевых продуктов в вакууме (рис. 149). При размораживании продуктов в таких установках можно использовать пар с низкой температурой и тем самым исключить отрицательное воздействие на продукт высоких температур. Установка состоит из герметичной камеры (цилиндрической формы) с откидной крышкой, вакуум-насоса, трубопроводов подачи пара и отсоса воздуха, тележек, датчиков температуры и давления воздуха.

Мороженые блоки укладывают в сетчатые кассеты, которые размещают на тележках и направляют в герметичную камеру. Вакуумирование герметичной камеры производится вакуум-насосом до остаточного давления 2,6—2,8 кПа. После этого в аппарат подают водяной пар. При достижении в установке температуры 21—22°С подача пара прекращается. При температуре 21—22°С, пониженном давлении и 100%-ной относительной влаж-

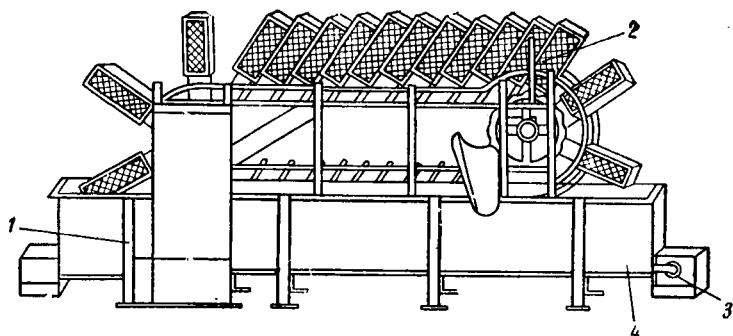


Рис. 150. Установка для размораживания продуктов погружением в воду:

1 — каркас установки; 2 — корзины с блоками рыбы; 3 — центробежные насосы; 4 — ванна с водой.

ности воздуха в установке процесс размораживания блочных продуктов интенсивен, потеря массы продуктом минимальна, перегрев продукта отсутствует.

Достоинством установки являются невысокие капитальные и эксплуатационные затраты. К недостаткам установки для размораживания пищевых продуктов в вакууме следует отнести периодичность их работы, что не позволяет использовать такие установки в поточных линиях.

Широкое распространение получили установки для размораживания продуктов погружением в воду (рис. 150). Установка состоит из ванны с водой, корзин с блоками мороженой рыбы, перемещаемых цепным конвейером, центробежных насосов, водоподогревателя, электродвигателя цепного конвейера с вариатором скорости.

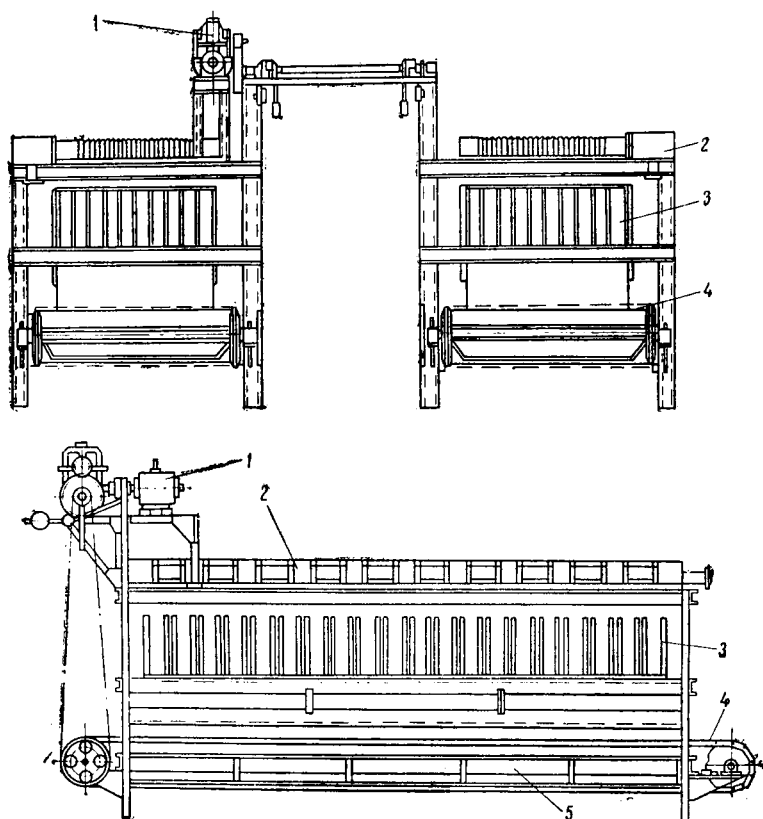
Блоки мороженой рыбы подаются в закрепленные на цепном конвейере корзины. Верхняя ветвь цепного конвейера с корзинами вначале движется в воздухе, а затем проходит через ванну с водой. Таким образом, в этой установке обе ветви цепного конвейера являются рабочими. На верхней ветви идет медленнее размораживание блоков, а на нижней — быстрее. Для интенсификации процесса размораживания блоков на нижней ветви в ванну подается сжатый воздух и за счет барботажа интенсифицируется процесс размораживания. Разморо-

женную рыбу выгружают с нижней ветви цепного конвейера и направляют на переработку.

Достоинством установки является интенсивность процесса размораживания, простота устройства, удобство эксплуатации, а недостатками установки — большой расход воды, отсутствие средств механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Рис. 151. Установка для размораживания пищевых продуктов в воде путем орошения:

1 — привод конвейера с вариатором скоростей; 2 — оросительное устройство; 3 — кассеты для блоков рыбы; 4 — сетчатый конвейер; 5 — поддон.



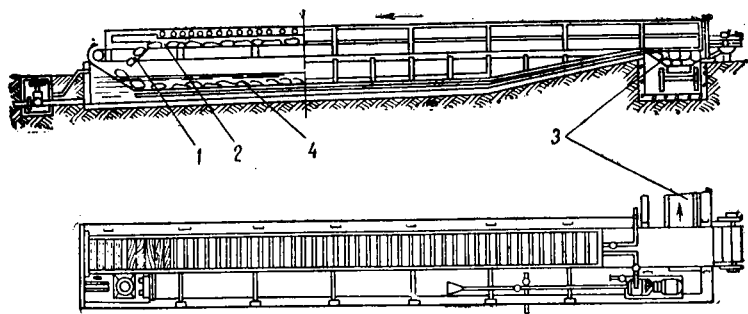
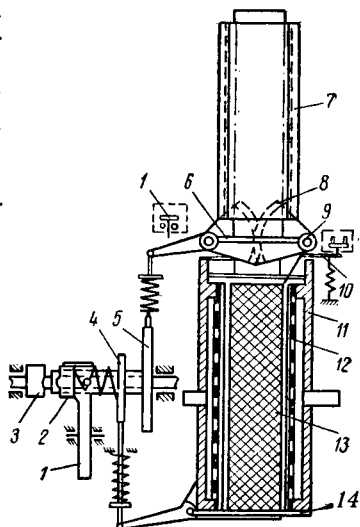


Рис. 152. Установка для комбинированного размораживания пищевых продуктов воздухом и водой:

1 — узел перегрузки продукта на нижнюю ветвь; 2 — продукт; 3 — конвейер разгрузки; 4 — ванна с водой.

Рис. 153. Установка для размораживания блочных продуктов с использованием токов высокой частоты:

1 — выключатели; 2 — подвижная муфта; 3 — неподвижная муфта; 4 — рычаг; 5 — соленоидная катушка; 6 — створки; 7 — загрузочное устройство; 8 — зубчатые створки; 9 — оси; 10 — шуп; 11 — ванна для размораживания; 12 — перфорированные электроды; 13 — диэлектрические перфорированные прокладки; 14 — откидное дно.



Для улучшения санитарных условий при размораживании может применяться орошение продуктов водой. Установка для размораживания пищевых продуктов водой путем их орошения (рис. 151) состоит из оросительного устройства, каркаса, сетчатого конвейера, кассет для блоков рыбы, поддона и электродвигателя сетчатого конвейера с вариатором скорости.

Блоки мороженой рыбы, установленные в кассеты, орошаются водой из оросительного устройства. Верхние

края стенок кассет для блоков рыбы имеют вырезы для слива воды. Для равномерного орошения блоков водой в установке имеются специальные направляющие. Размороженные части блоков рыбы подают на сетчатый конвейер и направляются на переработку. Вода, попадая на сетчатый конвейер, собирается в поддоне. Из поддона вода центробежным насосом перекачивается в устройство, где она фильтруется, дезинфицируется и подогретая снова подается в ороситель.

Достоинством установки являются хорошие санитарные условия размораживания, а также механизация разгрузки размороженного продукта, а недостатком — значительная продолжительность процесса размораживания и ручная загрузка блоков в кассеты.

Установка для комбинированного размораживания пищевых продуктов воздухом и водой, предназначенная для размораживания блоков рыбы (рис. 152), состоит из ванны с водой, душевого устройства, грузового конвейера, разгрузочного конвейера, электродвигателей конвейеров с вариатором скоростей.

Блоки мороженой рыбы поступают на верхнюю ветвь грузового конвейера и вначале движутся в зоне обдува воздухом (5—15 мин), затем в течение 20—35 мин проходят через зону интенсивного орошения, где над ванной расположено душевое устройство. При подходе блоков к концу грузового конвейера пластины поворачиваются, и блоки рыбы плавно соскальзывают по направляющим на нижнюю ветвь грузового конвейера и движутся в ванне с водой в обратном направлении, полностью погруженные в воду.

На нижней ветви грузового конвейера рыба в течение 20—40 мин находится в воде, в которую подается сжатый воздух и пар, что способствует интенсивному теплообмену. Паровоздушный коллектор находится под нижней ветвью грузового конвейера. Размороженную рыбу выгружают с помощью конвейера разгрузки.

В конструкции установки предусмотрена возможность изменения скорости движения грузового конвейера, температуры среды и количества воды, подаваемой для орошения. Подача воды, а также пара и воздуха производится общим коллектором, что обеспечивает ко-

ТАБЛИЦА 31

Показатели	Установки для размораживания					
	в потоке воздуха	в потоке влажного воздуха	в вакууме	погружением в воду	орошением водой	комбиниро- ванное воздухом и водой
Производительность, кг/ч	200	100	60	100	50	80
Температура, °С						
среды	20	21—22	21—22	15—16	18—20	22—24
размороженного продукта	1	1	1	1	1	1
Скорость движения воздуха, м/с	1—2	5	—	—	—	—
Удельная потребляемая мощность, кВт·ч	12,5	—	64	—	—	—
Удельный расход воды (пара), кг/т	—	1,5	1,2	18	330	15
Продолжительность разморажива- ния, ч	12	4—5	3—4	0,2—0,3	0,6	1

личественное и качественное регулирование подаваемых сред. Постоянный уровень воды в ванне поддерживается с помощью переливного устройства.

Достоинством установки является ее компактность, а также механизация загрузки и выгрузки продукта, а недостатком то, что рыба размораживается в ванне с водой, которая уже использовалась для орошения, что увеличивает бактериологическую обсемененность рыбы на выходе из аппарата.

Техническая характеристика установок для размораживания пищевых продуктов с теплоподводом к поверхности продукта приведена в табл. 31.

УСТАНОВКИ С ТЕПЛОПОДВОДОМ К ОБЪЕМУ ПРОДУКТА

В зависимости от частоты электрического тока установки с теплоподводом к объему продукта можно классифицировать на установки с токами высокой и сверхвысокой частоты.

Установки, в которых используются токи высокой и сверхвысокой частоты, являются наиболее совершенными, так как в них тепло подводится равномерно ко всему объему размораживаемого продукта. Большая интенсивность процесса размораживания, небольшая площадь, занимаемая оборудованием, полная гигиеничность, небольшие потери мышечного сока, высокое качество размораживаемого продукта являются достоинствами установок для размораживания с токами высокой и сверхвысокой частоты.

Однако в таких установках можно размораживать продукты правильной геометрической формы. Наибольшее распространение установок с токами высокой и сверхвысокой частоты нашли применительно для размораживания блоков мороженой рыбы.

Установка с токами высокой частоты, предназначенная для размораживания блочных продуктов (рис. 153), состоит из загрузочного устройства, ванны для размораживания с патрубками для подвода и отвода воды и двух параллельных пластинчатых перфорированных электродов с диэлектрическими прокладками и откидного дна. В целях упрощения конструкции установки и безопасности ее обслуживания электроды

с прокладками стационарно установлены в ванне в вертикальном положении.

Блок пищевого продукта, подлежащий размораживанию, подается в загрузочное приспособление, которое расположено над ванной для размораживания. Направляющие этого приспособления связаны между собой зубчатыми створками, которые в свою очередь связаны с откидным дном ванны. После того как блок попал в ванну, на перфорированные электроды подается напряжение и происходит процесс размораживания. В целях автоматического управления погрузочно-разгрузочными работами и процессом размораживания установка снабжена концевыми выключателями, включенными в электрическую схему привода. Когда заканчивается процесс размораживания, открывается откидное дно ванны, и размороженный продукт выпадает на разгрузочный транспортер. Одновременно с разгрузкой из ванны размороженного продукта в нее поступает следующий блок для размораживания.

Достоинством установки для размораживания блочных продуктов токами высокой частоты является компактность, автоматизация процесса размораживания и хороший товарный вид продукта, а недостатком установки — повышенный расход электроэнергии и сложность электронной системы управления.

Установка для размораживания пищевых продуктов с использованием токов сверхвысокой частоты представляет собой туннельную печь с электрическим обогревом и состоит из изолированного контура, грузового конвейера, шести высокочастотных генераторов общей мощностью 120 кВт, работающих при сверхвысокой частоте (35—40 МГц), и привода конвейера с вариатором скоростей.

В этой установке оттаиваемые блоки мороженой рыбы помещаются в полимерные противни с водой, что обеспечивает их равномерное прогревание. Подача блоков на ленту грузового конвейера может быть ручной и механизированной. Противни на грузовом конвейере последовательно проходят между электродами шести высокочастотных генераторов. Мощность колебаний каждого высокочастотного генератора автоматически поддерживается постоянной. Грузовой конвейер приводится в движение от электродвигателя мощностью 1,5 кВт через ре-

ТАБЛИЦА 32

Показатели	Установки	
	с токами высокой частоты	с токами сверхвысокой частоты
Производительность, кг/ч	200	1500
Частота тока, МГц	0,0004	35—40
Температура размороженного продукта, °С	1	1
Удельный расход воды, кг/т	2	2
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч	100—200	100—150
Продолжительность размораживания, ч	0,7—1	0,5—0,7

дуктор и вариатор скоростей, позволяющий изменять скорость движения ленты от 0,025 до 0,25 м/с. Размороженная рыба транспортером подается на дальнейшую переработку.

Установка выполнена непрерывно действующей, поэтому она легко вписывается в технологическую линию производственного процесса.

Достоинством установки является компактность, интенсивность процесса размораживания, хорошее качество размороженной рыбы, малые потери сырья, а к недостаткам относят большой расход электроэнергии, а также сложность электронной системы управления.

Техническая характеристика установок с теплоподводом к объему продукта приведена в табл. 32.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова Н. А., Микшис Г. Г., Илюхин В. В. Применение криогенного замораживания в пищевой промышленности за рубежом. М., ЦНИИТЭИмясомолпром, 1970. 65 с.

Герасимов Н. А., Румянцев Ю. Д. Радиационные охлаждающие системы в мясной промышленности. М., ЦНИИТЭИмясомолпром, 1974. 44 с.

Головкин Н. А., Чижев Г. Б. Холодильная технология пищевых продуктов. М., Госторгиздат, 1963. 240 с.

Горбатов В. М., Манербергер А. А. Применение холода в мясной промышленности. М., Пищепромиздат, 1963. 288 с.

Кан А. В., Матвеев В. И. Установка и аппараты для замораживания рыбы и рыбопродуктов. М., «Пищевая промышленность», 1969. 236 с.

Кобулашвили Ш. Н., Ротенберг А. Г., Романов М. Н. Новые скороморозильные аппараты. М., Госторгиздат, 1963. 47 с.

Крылов Ю. С. Проектирование холодильников. М., «Пищевая промышленность», 1972. 310 с.

Курылев Е. С., Герасимов Н. А. Примеры, расчеты и лабораторные работы по холодильным установкам. Л., Машгиз, 1971. 256 с.

Курылев Е. С., Герасимов Н. А. Холодильные установки. Л., Машгиз, 1961. 607 с.

Курылев Е. С., Герасимов Н. А. Холодильные установки. Л., Машгиз, 1970. 672 с.

Печатников М. З. Система струйного воздухораспределения на холодильниках и их расчеты. М., ЦНИИТЭИмясомолпром, 1974. 48 с.

Роторные морозильные агрегаты для замораживания пищевых продуктов. М., «Пищевая промышленность» 1973. 87 с. Авт.: А. Г. Ионов, С. Я. Мекенецкий, В. М. Горбатов, И. П. Швачко.

Справочник технолога рыбной промышленности. В 4-х томах. Под ред. В. М. Новикова. Т. 1. М., «Пищевая промышленность», 1971—1972. Изд. 2-е, перераб. и доп.

Холодильная техника. Энциклопедический справочник. В 3-х книгах. Кн. 1—3. М., Госторгиздат, 1960—1962.

Чижов Г. Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов. М., «Пищевая промышленность», 1971. 302 с.

Чуклин С. Г., Никульшина Д. Г., Чумак И. Г. Примеры расчетов холодильных установок. М., «Пищевая промышленность», 1964. 381 с.

Чуклин С. Г., Чумак И. Г. Интенсификация камерных морозилок. М., Госторгиздат, 1963. 104 с.

Чуклин С. Г., Чумак И. Г. Охлаждающие системы морозильных камер и пути их интенсификации. М., ЦНИИТЭИмясомолпром, 1968. 52 с.

Шеффер А. П., Саатчан А. К., Кончаков Г. Д. Интенсификация охлаждения, замораживания и размораживания мяса. М., Пищепромиздат, 1972. 375 с.

Шеффер А. П., Саатчан А. К. Техника и технология быстрого охлаждения мяса за рубежом. М., ЦИНТИ пищевой промышленности, 1964. 87 с.

Шляховецкий В. М. Основы расчета установок для замораживания пищевых продуктов в кипящем слое.—«Холодильная техника», 1968, № 4, с. 31—34.

Цинман М. Н., Янчук В. Я. Холодильники для фруктов. М., «Пищевая промышленность», 1969. 326 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Аппарат

- АРСА-3-15Р 187
- АРСА-10 187
- барабанный 267
- вертикально-плиточный с плитами
 - — — — — одной неподвижной и двумя подвижными 180
 - — — — — подвижными 180
- ГКА-2 145
- горизонтально-плиточный
 - — с боковым расположением гидравлических цилиндров 179
 - — — — — перемещением блок-форм с продуктом 173
 - — — — — подвижными морозильными плитами 171
 - — — — — ручной загрузкой и выгрузкой продукта 169
 - — — — — стационарного типа с механизированной загрузкой аппарата и выгрузкой продукта 176
 - — — — — для замораживания готовых блюд 214
 - — — — — в упаковке 131
 - — — — — продуктов
 - — — — — жидких или полужидких 216
 - — — — — кусковых мясных 215
 - — — — — мелкоштучных 265
 - — — — — в металлических

- формах, погружаемых в жидкий хладоноситель 219
- — — — — расфасованных пищевых 223
- — — — — упакованных в жидком хладоносителе 211
- — — — — охлаждения тушек птицы
- — — — — орошением 70
- — — — — погружением 72
- иммерсионный с зоной предварительного охлаждения продукта 225
- конвейерный морозильный ЛВН 121
- криогенный
 - — для замораживания крупнокусковых продуктов в среде газообразного азота 238
 - — передвижной с интенсивным движением газообразного азота 232
 - — П-образной формы с горизонтальным расположением конвейера 236
 - — с наклонным винтовым конвейером 247
 - — — — — расположением конвейера и перфорированным лотком 244
 - — — — — предназначенный для замораживания непакетованных продуктов 241
 - — — — — распылением жидкого азота в грузовом отсеке и

- горизонтальным расположением конвейера 229
- «Кюльавтомат» (ГДР) 191
- марки УРМА роторный морозильный 190
- мембранный морозильный 182
- — — модернизированный 183
- морозильный барабанного типа для замораживания продуктов
- — — — — влажных неправильной формы 196
- — — — — жидких пищевых 198
- — — — — мелкоштучных 196
- — Гирофриз 127
- — гравитационный для плавучих баз типа «Рыбачья слава» 148
- — конвейерный для замораживания готовых блюд на ленте конвейера 132
- — производственного рефрижератора типа
- — — — — «Рембрандт» 112
- — — — — «Спасск» 115
- — роторный 186
- — рыбоконсервной базы типа «Наталья Ковшова» 119
- — со спиральным одноцепным конвейером 124
- — производительности
- — малой 152
- — средней 154
- с движением воздуха
- — — — — поперечным 96
- — — — — продольным 95
- — — — — скороморозильный АМА 109
- с ленточным конвейером и продольным движением воздуха 136
- — механическим приводом решетки 159
- — орошаемым воздухоохладителем 155
- — параллельной подвеской блок-форм 106
- — промежуточной средой 159

- — сетчатым конвейером и поперечным движением воздуха 134
- тележечный для замораживания блоков рыбы с механизированным перемещением тележек 99
- — — — — блочных продуктов с механизированным перемещением этажерок 99
- — — — — передвижной 104
- — — — — судового типа 100
- — — — — типа АСМА 106
- — — — — туннельного типа 70
- — флюидизационный с многоярусными решетками 157

Аппараты

- с цепным конвейером 104
- тележечные морозильные с ручным перемещением тележек марок СА 96
- большой производительности 155
- иммерсионные 223
- для замораживания продуктов на стальной ленте, орошаемой жидким хладоносителем 214
- с погружением продуктов в ванну с жидким азотом 226

Баки и ванны 47

Батареи 298

Воздуховоды с продольными или с поперечными щелями 8

Воздухоохладители

- вертикальные постаментные 297
- компактные 25
- навесные 296
- подвесные 294
- с поперечно-спиральным оребрением 297

Газообменники диффузионные 312

Камера

- замораживания мяса
- — — с межрядными батареями и вынужденным движением воздуха 82
- — — модернизированная 87

- — — однофазного туннельного типа с продольным движением воздуха 79
- — с постаментными воздухоохладителями и воздуховодами 85
- — с системой душирования через межпутевые воздухоохладители 82
- оборудования напольным воздухоохладителем 25
- с комбинированной системой 35
- компактными воздухоохладителями 27
- межрядными радиационными батареями типа
 - — — — панельного 36
 - — — — плавникового 35
- модернизированным межпутевым воздухоохладителем 33
- мокрыми воздухоохладителями 25
- подвесным воздухоохладителем 28
- системой воздушного душирования через межпутевые воздухоохладители 31
- сухими напольными воздухоохладителями и бесканальной системой воздухораспределения 22
- Камеры охлаждения мяса
 - — с воздухоохладителями 21
 - — — детандерами 39
 - — — межрядными радиационными батареями 33
 - — — системой воздушного душирования 28
 - — — сухими воздухоохладителями и ложным толком 23
 - — — туннельного типа с движением воздуха
 - — — — поперечным 20
 - — — — продольным 20
- Линия
 - автоматическая поточная для производства эскимо 291

- для производства блочного мяса 269
- — — мороженого брикетного на вафлях 290
- — — — в вафельных станках 286
- — — — картофеля 282
- — — — китового мяса в блоках 275
- — — — овощного пюре 281
- — — — мороженных блоков из неразделанной рыбы 278
- — — — картофельных котлет 285
- — — — овощных гарниров 284
- — — — пельменей 271
- — — — ягод в мелкой расфасовке 287
- производства замороженных полуфабрикатов (мясные котлеты) 273
- пищевого мороженого рыбного фарша 280
- Оборудование
 - для охлаждения фруктов в изотермических вагонах и вагонах-холодильниках 65
 - камер с интенсивным движением воздуха 63
 - систем предварительного охлаждения рыбы
 - — — — на траулерах типа «Тропик» 52
 - — — — судна РБ-150 48
 - — — — траулера типа «Наталья Ковшова» 50
- Озонатор
 - передвижной 314
 - стационарный 316
- Потолок ложный 6
- Рыбоохладитель судовой вакуумный 58
- Система
 - бесканальная 15
 - воздушного душирования 8
 - двухканальная 13
 - конвейерная охлаждения рыбы 53
 - непосредственного воздушного душирования 29
 - одноканальная 15

Установка

- — — продуктов погружени-
ем в воду 321

- увлажнения воздуха паром с использованием автоматического парогенератора

- конвейерная для охлаждения плодов и овощей 67

- с токами частоты

- — — — — высокой 325

- сверхвысокой 326

Установки газогенераторные
311

- ### Устройство увлажнительное

- автоматическое с механическим распылением воды

- — распыливающее воду с помощью пневматических форсунок 304

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
ГЛАВА I	
Системы воздухораспределения охлаждаемых помещений . .	5
Системы воздухораспределения в камерах холодильной обработки пищевых продуктов	6
Основы расчета параметров движущегося воздуха по закономерностям свободных струй	10
Системы воздухораспределения в камерах хранения пищевых продуктов	13
Основы расчета параметров движущегося воздуха по закономерностям стесненных струй	16
ГЛАВА II	
Холодильное технологическое оборудование для охлаждения пищевых продуктов	19
Оборудование камер охлаждения мяса	19
Основы расчета камер охлаждения мяса	39
Сравнительные показатели камер охлаждения мяса . .	44
Оборудование для охлаждения рыбы	47
Основы расчета оборудования для охлаждения рыбы во- дой или льдо-водяной смесью	60
Оборудование для охлаждения плодов и овощей . . .	63
Основы расчета оборудования камер с интенсивным движением воздуха	68
Аппараты для охлаждения тушек птицы	70
Основы расчета аппарата для охлаждения тушек птицы орошением	73
Автоматизированные пластинчатые установки для ох- лаждения молока и молочных продуктов	75
ГЛАВА III	
Холодильное технологическое оборудование камер заморажи- вания мяса	77
Камеры с вынужденным движением воздуха	79
Камеры с естественным движением воздуха	86
Основы расчета камер замораживания мяса	88
Сравнительные показатели камер замораживания мяса	91

ГЛАВА IV

Воздушные морозильные аппараты	92
Тележечные аппараты	95
Конвейерные аппараты	104
Основы расчета конвейерных аппаратов	137
Гравитационные аппараты	144
Флюидизационные аппараты	151
Основы расчета флюидизационных аппаратов	162

ГЛАВА V

Аппараты бесконтактного замораживания пищевых продуктов	167
Плиточные аппараты	168
Основы расчета плиточных аппаратов	199
Аппараты для замораживания продуктов жидкими хладоносителями	211

ГЛАВА VI

Аппараты контактного замораживания пищевых продуктов	222
Криогенные аппараты	223
Основы расчета аппарата с распылением жидкого азота в грузовом отсеке	252
Углекислотные аппараты	258
Фреоновые аппараты	262
Аппараты для замораживания продуктов хладоносителями	265

ГЛАВА VII

Поточные линии для производства мороженых продуктов	268
Линии для производства мороженого блочного мяса и мороженых мясных продуктов	269
Линии для производства мороженой рыбы и мороженых рыбных продуктов	275
Линии для производства мороженых овощного пюре, картофеля, овощных гарниров, картофельных котлет и ягод	281
Линии для производства мороженого	288

ГЛАВА VIII

Холодильное технологическое оборудование камер хранения пищевых продуктов	294
Оборудование для охлаждения воздуха	294
Увлажнительные устройства	303
Основы расчета увлажнительных устройств	310
Оборудование для создания и поддержания состава газовой среды	311
Фильтры	314
Озонаторы	314

ГЛАВА IX

Установки для размораживания пищевых продуктов	317
Установки с теплоподводом к поверхности продукта	317
Установки с теплоподводом к объему продукта	326
Список рекомендуемой литературы	328
Предметный указатель	330

МИХАИЛ МАРКОВИЧ ГОЛЯНД
БОРИС НИКОЛАЕВИЧ МАЛЕВАННЫЙ

**ХОЛОДИЛЬНОЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**

Редактор И. А. Никитина
Художник М. В. Носов
Художественный редактор Е. К. Селикова
Технический редактор Г. Б. Жарова
Корректор З. В. Коршунова

ИБ № 606

Т—07136. Сдано в набор 19/XI 1976 г.
Подписано в печать 5/IV 1977 г.
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 1.
Объем 10,5 печ. л. Усл. печ. л. 17,64.
Уч. изд. л. 18,13. Тираж 31 500 экз.
Заказ 805. Цена 89 коп.

Издательство «Пищевая промышленность»
113035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер., 12.

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600610, гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.