

**ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

**МАЛЫЕ  
ХОЛОДИЛЬНЫЕ  
УСТАНОВКИ  
И ХОЛОДИЛЬНЫЙ  
ТРАНСПОРТ**

**СССР**

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**МАЛЫЕ  
ХОЛОДИЛЬНЫЕ  
УСТАНОВКИ  
И ХОЛОДИЛЬНЫЙ  
ТРАНСПОРТ**



**справочник**

**МОСКВА  
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ  
1978**

Настоящий справочник серии «Холодильная техника» содержит сведения об основных типах торгового холодильного оборудования — витринах, прилавках, прилавках-витринах, изотермических тележках, автоматах, шкафах, камерах. Приведены основные правила эксплуатации торгового оборудования. Описаны типы и конструкции домашних холодильников. Рассмотрены термоэлектрические охлаждающие устройства. Дана характеристика

холодильного транспорта — автомобильного, железнодорожного, водного. По каждому виду холодильного транспорта приведены описания конструкций, методы испытаний и тепловые расчеты.

В 1977 г. в этой серии выпущен справочник «Эксплуатация холодильников».

Подготовлен к изданию в 1978 г. справочник «Проектирование холодильных сооружений».

Главный редактор справочника «Холодильная техника» канд. техн. наук А. В. БЫКОВ

Редакционная коллегия: канд. техн. наук Д. Г. РЮТОВ (зам. главного редактора); д-р техн. наук, проф. Н. А. ГОЛОВКИН; д-р техн. наук, проф. Г. Н. ДАНИЛОВА; канд. техн. наук И. М. КАЛНИНЬ; канд. техн. наук М. П. КУЗЬМИН, д-р техн. наук, проф. Л. З. МЕЛЬЦЕР; д-р техн. наук, проф. Л. М. РОЗЕНФЕЛЬД; д-р техн. наук, проф. Г. Б. ЧИЖОВ.

В составлении справочника «Малые холодильные установки и холодильный транспорт» принимали участие: Е. И. АНДРАЧНИКОВ, инж. Л. Н. ВАЙН, инж. Д. Е. ГЕРШЗОН, канд. техн. наук Ю. В. ЗАХАРОВ, инж. Л. Г. КАПЛАН, инж. А. А. КУЗНЕЦОВА, д-р техн. наук В. Ф. ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук В. И. МИЛОВАНОВ, д-р техн. наук, проф. В. А. НАЕР, канд. техн. наук В. С. ОРЛОВ, инж. А. А. РАЕВ, инж. И. К. САВИЦКИЙ, канд. техн. наук В. А. СИМОНОВ, канд. техн. наук А. М. ХЕЛЕМСКИЙ, канд. техн. наук В. М. ШАВРА, канд. техн. наук М. М. ШАПОВАЛЕНКО, канд. техн. наук Б. К. ЯВНЕЛЬ, д-р техн. наук В. Б. ЯКОБСОН.

Рецензенты: д-р техн. наук В. Ф. ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук В. И. НЕХОРОШЕВ, канд. техн. наук В. М. ЧАНТУРИЯ, д-р техн. наук В. Б. ЯКОБСОН.

Научный редактор справочника «Малые холодильные установки и холодильный транспорт» д-р техн. наук, проф. А. А. ГОГОЛИН.

© Издательство «Пищевая промышленность», 1978 г.

ТОРГОВОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

**ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ТОРГОВОГО  
ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Торговое холодильное оборудование включает следующие типы: витрины, прилавки-витрины, прилавки, шкафы, камеры.

Оборудование предназначается для кратковременного хранения, демонстрации и продажи скоропортящихся продуктов при пониженных температурах в предприятиях торговли и общественного питания.

По температурному режиму оборудование выполняют в двух вариантах: для хранения охлажденных товаров при температуре 0—8°C и замороженных при температуре —18°C и ниже.

По характеру движения воздуха различают оборудование с естественной и принудительной циркуляцией воздуха.

По климатическим зонам оборудование изготавливают в обычном и южном вариантах. Для южных районов СССР оборудование рассчитывают на температуру воздуха в пределах 12—40°C, для районов с умеренным климатом 1—32°C и на относительную влажность не более 80% при 12°C и не более 40% при 40°C.

По условиям продажи выпускают оборудование для магазинов с продавцами и магазинов самообслуживания.

Камеры и холодильные шкафы имеют замкнутый изолированный корпус. Их устанавливают, как правило, в подсобных помещениях предприятий. Витрины, прилавки-витрины и прилавки предназначаются для хранения товаров в рабочие часы торговли.

Кроме указанных типов, к торговому холодильному оборудованию относятся изотермические тележки, торговые автоматы, водоохлаждаемые колонки. Эти виды оборудования используют для торговли скоропортящимися товарами в театрах, кино, парках, на улицах, кафе-автоматах.

**ТЕМПЕРАТУРА И ДЛИТЕЛЬНОСТЬ  
ХРАНЕНИЯ**

Для торгового холодильного оборудования Министерством здравоохранения СССР установлены температуры и соответствующие им максимальные сроки хранения различных скоропортящихся продуктов (табл. 1-1).

В табл. 1—2 приведены условия хранения кулинарных изделий, утвержденные Министерством торговли СССР и Министерством здравоохранения СССР.

Таблица 1—1

*Температура и максимальная длительность хранения продуктов в торговом холодильном оборудовании*

Продукт	Температура хранения, °С	Максимальная длительность хранения, ч
Мясо охлажденное	—1 ÷ +4	8
Колбаса вареная	—1 ÷ +4	16
Птица	—1 ÷ +4	8
Копченые изделия	—2 ÷ +5	16
Молочные продукты (сметана, творог и др.)	0—6	16
Масло и сыр	0—6	16
Рыба охлажденная	—2 ÷ +2	8
Рыбные консервы	—2 ÷ +2	16
Овощи и фрукты	2—8	16
Яйца	0—6	16
Кондитерские изделия	2—8	16
Пиво, воды, соки	2—10	16
Замороженные плоды и ягоды	Не выше — 15	—
Мясо мороженое фасованное	Не выше — 15	—
Рыба свежемороженая	Не выше — 15	16

\* Длительность хранения — время с момента изготовления готовой продукции до ее продажи потребителю.

В стационарных холодильных камерах предприятий торговли и общественного питания по нормам Министерства торговли СССР поддерживаются следующие температуры, °С:

Мясо и рыба охлажденные	—1 ÷ +1
Жиры, молоко, молочные продукты, гастрономические продукты	1—3
Мясо мороженое нефасованное	—3 ÷ —1
Мороженое и фасованные быстрозамороженные продукты, не выше	—15

Таблица I—2

Температура и максимальная длительность хранения кулинарных изделий в торговом холодильном оборудовании

Продукт	Максимальная температура хранения, °С	Максимальная длительность хранения, ч
Рыба		
горячего копчения	8	72
печеная	8	48
жареная	8	36/48
отварная и тушеная, изготовленная в кулинарных цехах рыбной промышленности	8	36
Сосиски и сардельки (в подвешенном состоянии)	3	72/48
Мясные порционно-кусковые полуфабрикаты		
натуральные	3	36
панированные	6	24
Пирожки с мясом, рыбой, субпродуктами, кулебяки	6	24
Сельдь рубленая	8	24
Молоко в бутылках, флягах	8	20
Мясо, нарезанное мелкими кусочками	6	18
Мясные и рыбные котлеты (полуфабрикаты), колбасы ливерные, кровяные, зельцы, студень мясной и рыбный, мясо и рыба заливные, салаты незаправленные	6	12
Винегрет овощной, мясной и рыбный	8	12
Мясной фарш незаправленный	6	6/3

Примечание. В числителе приведены максимальные сроки хранения продуктов в предприятиях общественного питания, в знаменателе — в предприятиях торговли.

В табл. I—3 приводятся рекомендуемая разность между температурой в охлаждаемом объеме и температурой кипения холодильного агента, обеспечивающая поддержание в нем оптимальной влажности воздуха.

Таблица I—3

Разность между температурой в охлаждаемом объеме и температурой кипения, соответствующая оптимальной влажности воздуха, °С

Продукты	Приборы охлаждения	
	воздухоохладитель	испаритель с естественной конвекцией воздуха
Яйца, неупакованные	3—5	8—10
масло и сыр, птица (при хранении более 24 ч), овощи, рыба		
Разрубленное мясо, фрукты, упакованные масло и сыр, птица (при хранении менее 24 ч)	5—7	10—12
Мясо в тушах, фрукты, овощи с плотной кожей	7—11	11
Продукты в упаковке, не допускающей усушки	12—15	15—20

### КОМПОНОВКА АГРЕГАТОВ С ОХЛАЖДАЕМЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Холодильные агрегаты устанавливают или в контуре охлаждаемого оборудования, или вне контура.

В первом случае всю холодильную машину (агрегат, испаритель, приборы автоматики и соединительные трубопроводы) монтируют на заводе-изготовителе. На месте эксплуатации подводится только электроэнергия.

Отдельные агрегаты обычно выносят за пределы торгового зала и присоединяют их индивидуально к каждому объекту либо ставят один более мощный агрегат на несколько объектов (централизованное охлаждение).

В настоящее время применяют схемы как индивидуального охлаждения торгового оборудования, так и централизованного. В больших магазинах типа «Универсам» холодильные агрегаты выносят за пределы торгового зала и присоединяют к одному агрегату 2—3 единицы оборудования.

Внесение агрегатов позволяет снизить шум и тепловыделение в торговом зале и создает больше удобств для обслуживания и ремонта агрегатов.

Если в группу включены несколько типов оборудования, в которых поддерживается разная температура кипения, необходимо, чтобы

Рис. 1-1. Схема централизованного охлаждения нескольких объектов с одинаковыми режимами:  
 1 — компрессор; 2 — конденсатор; 3 — теплообменник;  
 4 — испаритель.

суммарная нагрузка не превышала холодопроизводительности агрегата при наиболее низкой температуре кипения.

В небольших магазинах применяют оборудование со встроенным холодильным агрегатом.

### РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ОБЪЕКТАХ ПРИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ ОХЛАЖДЕНИИ

При объединении объектов с одинаковыми температурами, тепловыми нагрузками, как показано на рис. 1-1, температуру в объектах обычно регулируют пуском и остановкой компрессора.

При объединении оборудования с различными температурами и тепловыми нагрузками температуру регулируют в каждом объекте (рис. 1-2).

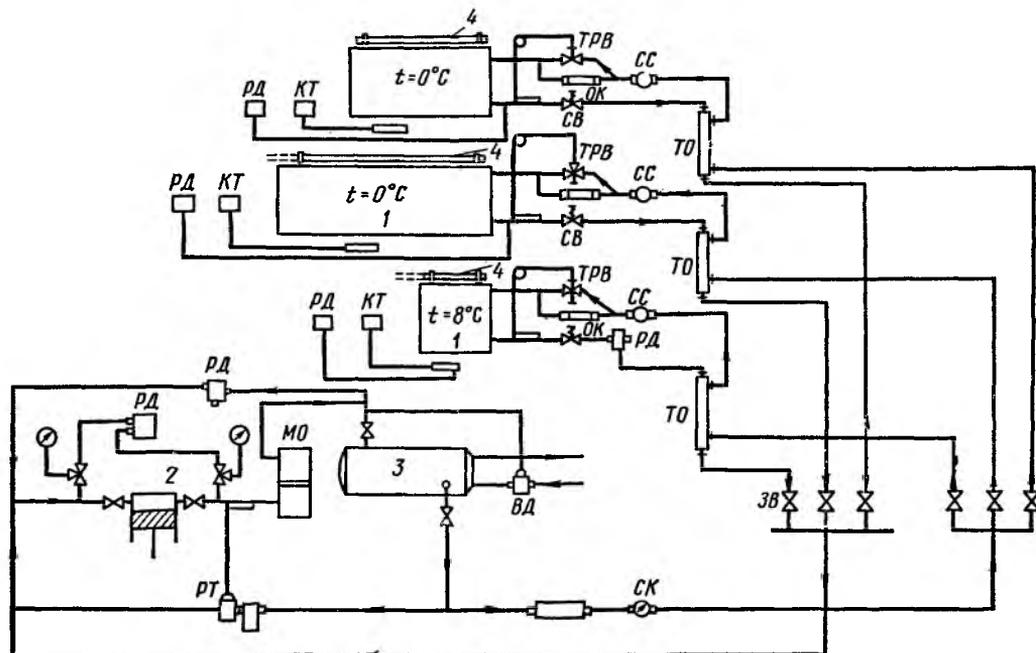
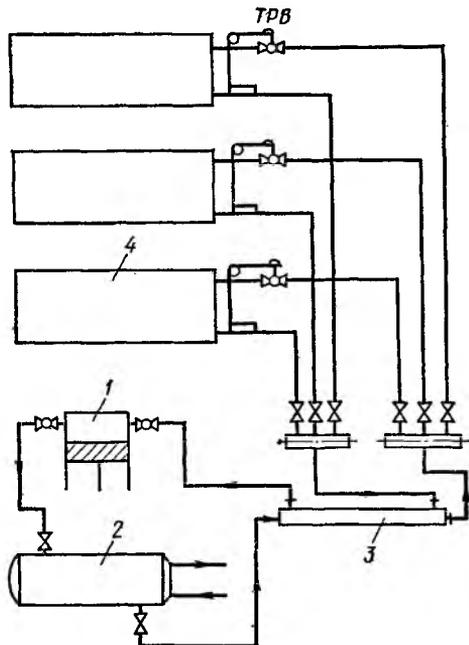


Рис. 1-2. Схема централизованного охлаждения нескольких объектов с разными режимами:

1 — испаритель; 2 — компрессор; 3 — конденсатор; 4 — электроагрегат.

Заданная температура в объектах поддерживается камерными термостатами (КТ) в сочетании с соленоидными вентилями (СВ), установленными на выходе пара из испарителя. Испарители с более высокой температурой кипения снабжают дополнительно регулятором давления (РД) «до себя». Чтобы избежать большого перегрева паров хладагента в трубопроводах, при большой их протяженности, предусмотрен впрыск жидкости во всасывающую линию компрессора.

Перед каждым испарителем поставлены теплообменники (ТО), исключающие попадание пузырьков пара в терморегулирующие вентили. На жидкостных линиях после теплообменника установлены смотровые стекла (СС).

Оттаивание испарителей производится электронагревателями, управляемыми с помощью реле времени (РВ). Чтобы избежать повышения температуры в охлаждаемых объектах, если система оттаивания почему-либо не выключилась, дополнительно устанавливают или термостат, чувствительный патрон которого прикрепляют к ребрам испарителя, или реле давления (РД).

На жидкостных линиях перед испарителями установлены обратные клапаны (ОК). Жидкость подается в испарители через терморегулирующие вентили (ТРВ).

Схема присоединения к одному компрессору объектов с различными тепловыми нагрузками довольно сложна. Поэтому часто на каждую группу оборудования с одной

и той же температурой устанавливают свою группу компрессоров.

Регулирование холодопроизводительности каждой группы производится отключением нужного количества компрессоров.

## ВИТРИНЫ

Для замороженных продуктов, упакованных в коробки прямоугольной формы, обычно применяют сравнительно глубокие низкотемпературные витрины с охлаждаемым объемом в виде прямоугольника в поперечном сечении.

Для охлажденного мяса, быстро теряющего товарный вид, применяют среднетемпературные витрины с неглубоким охлаждаемым объемом. Витрины для фруктов и овощей также выполняют неглубокими и снабжают наклонным зеркалом, размещенным над охлаждаемым объемом. Стеклоянные ограждения и зеркальные поверхности при необходимости выполняют с обогревом специальными проволочными нагревателями малой мощности, предотвращающими их запотевание. В верхней части витрины размещают люминесцентные лампы.

Витрины охлаждаются ребристыми испарителями, под которыми располагается поддон. Конденсат, образующийся при оттаивании, отводится из поддона в специальную емкость, откуда периодически удаляется.

Технические характеристики витрин приведены в табл. 1—4.

Таблица 1—4

Технические характеристики охлаждаемых витрин

Витрины	Средняя температура в витрине при температуре окружающего воздуха не более 32°С, °С	Охлаждаемый объем, м <sup>3</sup>	Площадь поверхности охлаждаемых продуктов, м <sup>2</sup>	Марка холодильного агрегата	Холодопроизводительность агрегата при стандартном режиме, кВт (ккал/ч)	Расположение агрегата	Габаритные размеры, мм			Масса (с учетом встроенного агрегата и без учета вынесенного), кг, не более
							Длина	Ширина	Высота	
ТАИР-ЮМ	4—6	0,285	1,45	BC 1,1~3	1,28(1100)	Встроенный	1800	1600	1350	350
ТАИР-146	2—6	0,630	2,0	BC 1,1~3	1,28(1100)	»	1800	750	1800	350
ПХС-2-2	0—8	1,8	5,0	AK4,5-1-2	4,65(4000)	Вынесенный	5500	1200	850	750
ПХН-2-2	Не выше—12	1,8	5,0	AK6-1-2	7(6000)	»	5500	1200	850	750
ПХС-2-1,25	0—8	1,5	4,0	AK4,5-1-2	4,65(4000)	»	5500	1050	800	530
ВХС-2-3	0—8	3,0	8,0	AK6-1-2	7(6000)	»	3700	1050	2000	780
ВН-С	—13÷—15	0,3	0,94	ФАК-1,5МЗ	1,75(1500)	Встроенный	2000	815	1195	270

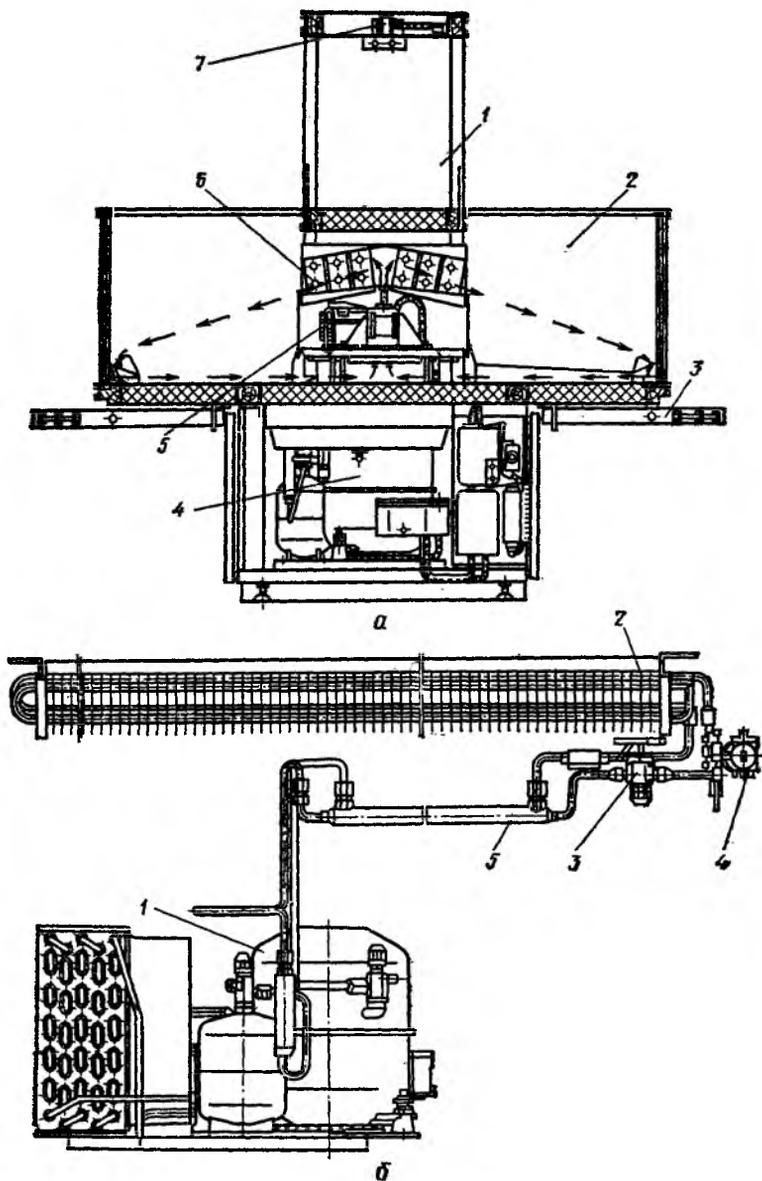


Рис. 1-3. Витрина ТАИР-10М:

*a* — разрез; 1 — неохлаждаемая емкость; 2 — охлаждаемая емкость; 3 — полка для сумок покупателей; 4 — холодильный агрегат; 5 — терморегулирующий вентиль; 6 — испаритель; 7 — люминесцентная лампа;  
*б* — схема холодильной машины: 1 — холодильный агрегат ВС-1,1; 2 — испаритель; 3 — терморегулирующий вентиль; 4 — терморегулятор; 5 — теплообменник.

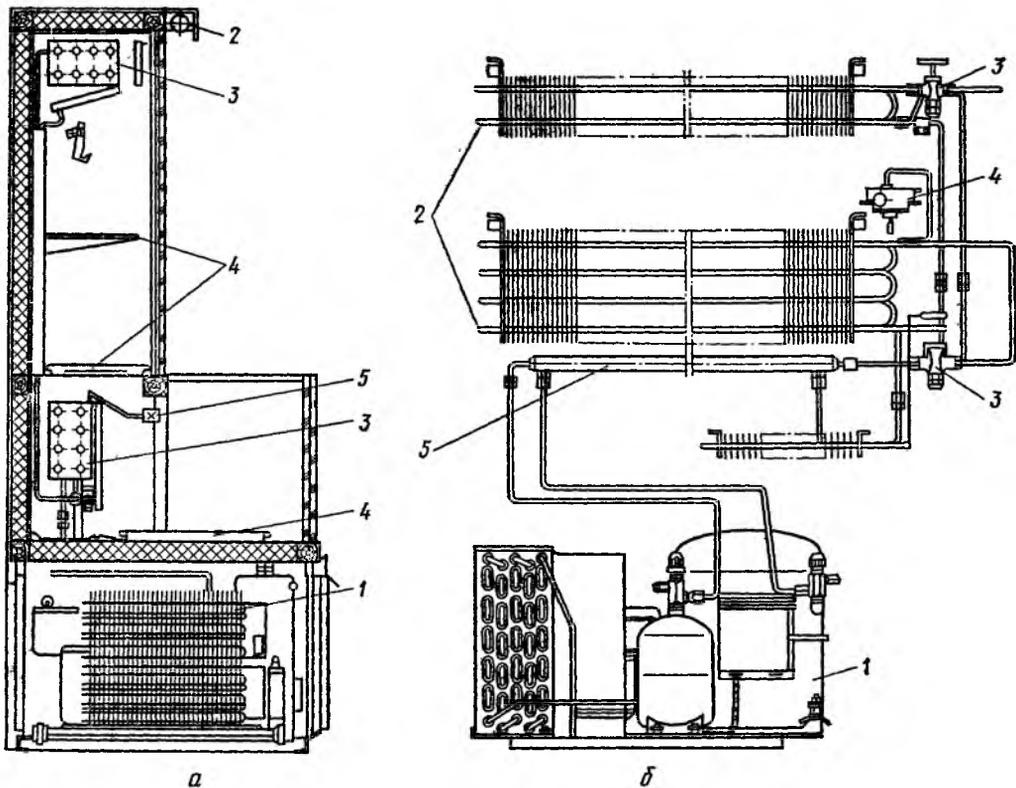


Рис. 1-4. Витрина ТАИР-146:

*a* — разрез: 1 — холодильный агрегат; 2 — люминесцентная лампа; 3 — испаритель; 4 — решетка для продуктов; 5 — терморегулятор;  
*б* — схема холодильной машины: 1 — холодильный агрегат; 2 — испаритель; 3 — терморегулирующий вентиль; 4 — терморегулятор; 5 — теплообменник.

## Витрины типа ТАИР

Витрина ТАИР-10М (рис. 1-3, *a*). Открытая двусторонняя витрина ТАИР-10М предназначена для магазинов самообслуживания. Витрина состоит из двух частей: собственно витрины с неохлаждаемой надстройкой и машинного отделения, расположенного под витриной.

Сверху витрина открыта, а по бокам имеет стеклянные ограждения. Витрина охлаждается воздухоохладителем, состоящим из двух ребристых испарителей и двух осевых вентиляторов, расположенных в центре витрины. Отсек воздухоохладителя сверху закрыт теплоизоляционной полкой.

В машинном отделении размещен герметичный холодильный агрегат и щит электрооборудования. Ограждения машинного отдела-

ния выполнены съемными с отверстиями для улучшения обдува конденсатора. Схема холодильной машины витрины представлена на рис. 1-3, *б*.

Автоматическая защита электродвигателя компрессора от перегрузки и токов короткого замыкания осуществляется автоматическим выключателем АП50-3МТ, размещенным на щите электрооборудования в машинном отделении. Защита электродвигателя компрессора от перегрева осуществляется корпусным тепловым реле РТГК-1, установленным на кожухе компрессора.

Оттаивание испарителей осуществляется без выгрузки продуктов из витрин за счет тепла окружающего воздуха помещения и выполняется полуавтоматически: с отключением холодильного агрегата путем нажатия кнопки терморегулятора и автоматическим вклю-

чением его при повышении температуры испарителя до 4—7°C. При отключении холодильного агрегата вентиляторы воздухоохладителя продолжают работать.

*Витрина ТАИР-146* (рис. 1—4,а). Выполнена частично открытой с естественной циркуляцией воздуха. Она предназначена для магазинов с продавцами. Витрина состоит из прилавка объемом 0,09 м<sup>3</sup>, собственно витрины из двух секций и машинного отделения. В машинном отделении размещены компрессорно-конденсаторный герметичный агрегат с воздушным охлаждением конденсатора, смонтированный на выдвинутой платформе, щит электрооборудования и сосуд для сбора конденсата. Охлаждаемый объем витрин со всех сторон, кроме передней, ограничен теплоизоляционными поверхностями, передняя стенка остеклена.

Доступ в верхнее отделение витрины осуществляется через раздвижные дверцы, в нижнее — через открытый сверху проем.

В нижнем отделении витрины размещены терморегулирующий вентиль, фреоновый теплообменник и испаритель. В верхнем отделении установлен второй испаритель со своим терморегулирующим вентилем. В прилавке на выдвинутой платформе размещены две корзины для продуктов.

В открытую витрину охлажденные продукты укладывают до линии загрузки, нанесенной на щитках испарителя. Схема холодильной машины витрины приведена на рис. 1—4,б. Терморегулятор типа ТРХ-1КО размещен в открытой витрине, а его капилляр закреплен на трубопроводе, соединяющем терморегулирующий вентиль и нижний испаритель витрины. Терморегулятор включает и выключает холодильный агрегат.

На щитке электрооборудования размещен автоматический выключатель АП50-3МТ, играющий роль рубильника, а также осуществляющий автоматическую защиту электродвигателя компрессора от перегрузки и токов короткого замыкания. Для защиты электродвигателя компрессора от перегрева служит корпусное тепловое реле ТРГК-1, установленное на кожухе компрессора и включающее холодильный агрегат при нагреве кожуха до 90 ± 5°C.

Холодильный агрегат включается автоматически при понижении температуры кожуха компрессора до 40°C.

Оттаивание испарителей витрины (полуавтоматическое, за счет тепла окружающего воздуха) осуществляется без выгрузки охлаждаемых продуктов; холодильный агрегат выключают, нажав кнопку терморегулятора; при повышении температуры испарителя до 4—7°C холодильный агрегат включается автоматически.

## Секционные открытые охлаждаемые витрины

Секционные открытые охлаждаемые витрины с вынесенными холодильными агрегатами предназначены для больших магазинов самообслуживания типа «Универсам» с площадью торгового зала более 1000 м<sup>2</sup>. Планировка торгового зала такого магазина предусматривает установку линий открытых витрин значительной длины (10—12 м). Линии охлаждаемых витрин монтируют из отдельных секций, которые можно стыковать по боковым торцам. Витрины, устанавливаемые вдоль стены торгового зала, называют пристенными; в центральной части торгового зала — островными. Основное отличие островных витрин в том, что продукты можно отбирать с обеих сторон линии. Длина секций открытых витрин, изготавливаемых отечественными предприятиями, составляет 1800 мм без боковых облицовок. Боковые стенки таких витрин монтируют только в начале и конце линии либо между отдельными секциями, отделяя охлаждаемые объемы (с различными температурами либо с различными продуктами).

Прилавки с воздушной завесой устанавливают в таких местах торгового зала, где скорости движения воздуха минимальны, при этом избегают вертикальных потоков воздуха.

В настоящее время разработан и выпускается Марийским заводом торгового машиностроения комплект открытого охлаждаемого секционного оборудования с вынесенными холодильными агрегатами для больших магазинов самообслуживания, состоящий из четырех типов охлаждаемых витрин: ПХС-2-2; ПХН-2-2; ПХС-2-1,25; ВХС-2-3.

*Витрина ПХС-2-2* (рис. 1—5,а) — секционная, среднетемпературная, островного типа, поставляется в комплекте из трех секций длиной 1800 мм каждая и одного холодильного агрегата. Каждая секция представляет собой каркасно-сборную конструкцию, основой которой является теплоизолированный короб с открытым верхним проемом, облицованный снаружи окрашенной листовой сталью. Торцовые проемы короба закрывают теплоизолированными стенками либо стыкуют секции, создавая единый охлаждаемый объем. Внутри короба расположена металлическая ванна, под которой смонтированы ребристый испаритель, терморегулирующий вентиль, фреоновый теплообменник и два осевых вентилятора с электродвигателями. Испаритель отделен от дна ванны теплоизоляционной прокладкой. При работе холодильной машины и вентиляторов воздух, циркулируя по системе, создает в открытом проеме витрины воздушную завесу, отделяющую охлаждаемый объем с

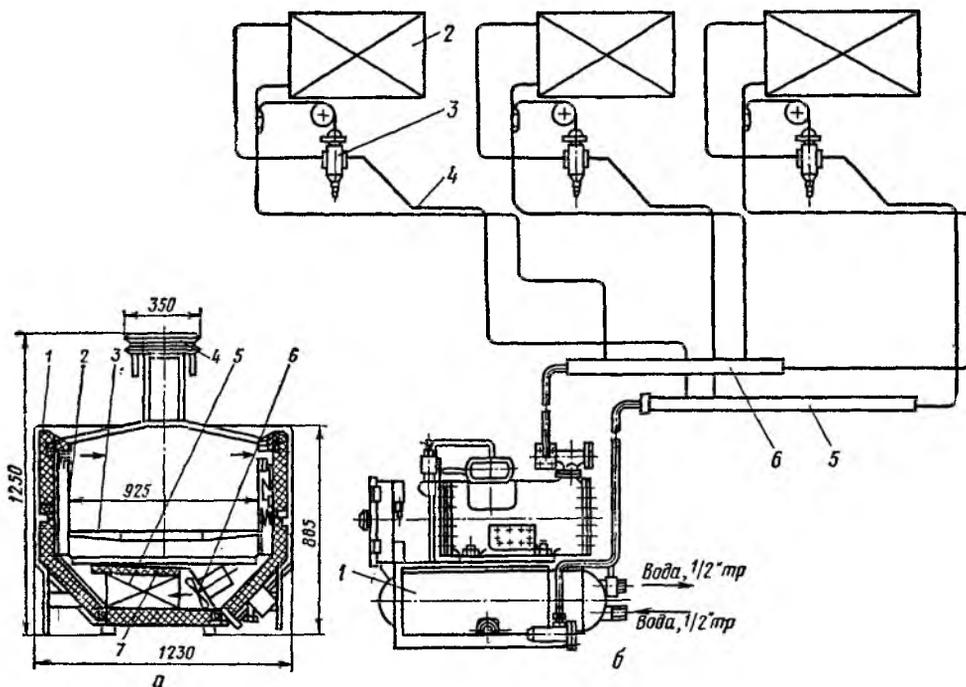


Рис. 1-5. Секционная среднетемпературная витрина ПХС-2-2:

*a* — разрез: 1 — теплоизолированный короб; 2 — металлическая ванна полезного охлаждаемого объема; 3 — решетка для размещения продуктов; 4 — неохлаждаемая полка; 5 — ребристый трубный испаритель; 6 — осевой вентилятор; 7 — теплоизоляционная прокладка;

*б* — схема холодильной машины витрины ПХС-2-2: 1 — холодильный агрегат АК1-4П; 2 — испаритель; 3 — вентиль терморегулирующий ТРВ-2М; 4 — теплообменник; 5 — коллектор жидкостной; 6 — коллектор паровой.

продуктами от воздуха, окружающего помещения.

Холодильная схема витрины ПХС-2-2 представлена на рис. 1—5, б. Она включает в себя компрессор-конденсаторный холодильный агрегат с бесальниковым компрессором и конденсатором водяного охлаждения и включенные параллельно при помощи коллекторов элементы холодильной системы, размещенные в каждой из трех секций: испарители, терморегулирующие вентили и фреоновые теплообменники. Фреоновые теплообменники представляют собой припаянные друг к другу участки жидкостных и паровых фреоновых трубопроводов.

Температура 0—8°С в полезном охлаждаемом объеме витрины поддерживается путем периодического включения и выключения холодильного агрегата температурным реле ТР-1-02Х при постоянно работающих вентиляторах. Остановка испарителей осуществляется автоматически (за счет тепла окружающего

воздуха), при помощи программного реле времени и термореле типа РВТ 12/24, которое 1 или 2 раза в сутки выключает холодильный агрегат (при работающих вентиляторах) и включает его после повышения температуры испарителя до 4—7°С.

Автоматическая защита электродвигателя компрессора от токов короткого замыкания и перегрузки осуществляется автоматическим выключателем АП50-3МТ и тепловым реле ТРН-25. Для автоматической защиты электродвигателей вентиляторов в электрическую схему включен автоматический выключатель АЕ-2036.

*Витрина ПХН-2-2* — низкотемпературная секционная. По конструктивному выполнению она аналогична среднетемпературной витрине ПХС-2-2. Витрина ПХН-2-2 также является островной витриной и поставляется комплектами из трех секций длиной 1800 мм. Секция включает в себя теплоизолированный короб и металлическую ванну полезного ох-

лаждаемого объема, между которыми размещены испаритель, вентиляторы и другие узлы холодильной машины. Витрина имеет открытый горизонтальный проем, перекрываемый воздушной завесой.

Холодильная схема витрины ПХН-2-2 несколько отличается от холодильной схемы витрины ПХС-2-2: в витрине ПХН-2-2 применяется оттаивание инея с испарителей путем подачи в последние горячих паров фреона. Помимо узлов холодильной системы, имеющих в витрине ПХС-2-2, схема содержит коллектор оттаивания, присоединенный к нагнетательному патрубку компрессора через соленоидный вентиль СВМ-12Г, закрытый в режиме работы холодильной машины «охлаждение» и открытый в режиме работы «оттаивание». При открытии этого соленоидного вентиля горячие пары фреона, нагнетаемого компрессором, через коллектор оттаивания поступают во все три испарителя холодильной системы и выходят из них в коллектор всасывания. Ввиду незначительной массы испарителей и сравнительно большой тепловой инерции нагретого компрессора оттаивание испарителей происходит за несколько минут.

Заданная температура в охлаждаемом объеме витрины поддерживается автоматически — с помощью реле температуры ТР-1-02Х. Для работы в режиме оттаивания система переключается автоматически — программным реле времени и температуры РВТ 12/24. Режим оттаивания заканчивается после повышения температуры испарителя до 4—7°C.

**Витрина ПХС-2-1,25** (рис. 1—6) — секционная, среднетемпературная, пристенная. Она предназначена для установки в больших магазинах самообслуживания. Ввиду небольшой высоты витрины (915 мм) и отсутствия каких-либо надстроек витрины такого типа обычно устанавливают в магазинах типа «Универсам» у застекленных внутренних перегородок, отделяющих от торгового зала фасовочное отделение магазина.

Завод выпускает витрины в комплекте из трех секций с одним холодильным агрегатом АК4,5-1-2. Агрегат вынесен в машинное отделение. Холодильная схема витрины ПХС-2-1,25, принцип ее работы и автоматизация практически такие же, как у витрины ПХС-2-2.

**Витрина ВХС-2-3** (рис. 1—7) — секционная, многоярусная, среднетемпературная, пристенного типа. Она создана на базе витрины ПХС-2-1,25. Однако ее конструкция имеет существенные особенности. В отличие от остальных витрин данного комплекта эта витрина многоярусная: над основным охлаждаемым объемом расположена охлаждаемая над-

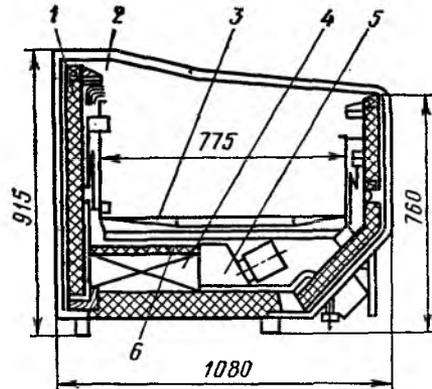


Рис. 1-6. Секционная среднетемпературная витрина ПХС-2-1,25:

1 — теплоизолированный короб; 2 — металлическая ванна полезного охлаждаемого объема; 3 — решетка для размещения продуктов; 4 — ребристый испаритель; 5 — осевой вентилятор; 6 — теплоизоляционная прокладка.

стройка с тремя навесными полками. Для уменьшения теплопритоков в охлаждаемый объем витрины из торгового зала она оснащена вертикальной воздушной завесой. Нагнетательный воздуховод расположен между задней и потолочной теплоизоляционными обшивками витрины и металлическим коробом, образующим охлаждаемый объем.

Металлический короб крепится к теплоизолированной обшивке крепежными пластинами, расположенными по направлению движения воздуха. Для лучшего смешения воздуха в нагнетательном воздуховоде по всей длине этих пластин расположены отверстия. Для равномерного распределения воздуха и поддержания заданных температур во всем охлаждаемом объеме витрины воздух (кроме холодного воздуха, поступающего из воздушной завесы) подается в объеме между полками из нагнетательного воздуховода через специальные горизонтальные щели в металлическом коробе.

Высоту и количество полок в витрине можно регулировать.

Торцовые теплоизолированные стенки витрины со стеклами закрывают охлаждаемый объем, в котором размещаются охлажденные продукты.

По расположению узлов холодильной машины в секциях, монтажу и принципу действия холодильной машины витрина ВХС-2-3 почти не отличается от витрины ПХС-2-1,25.

Витрина выпускается комплектами по две секции длиной 1800 мм с одним холодильным

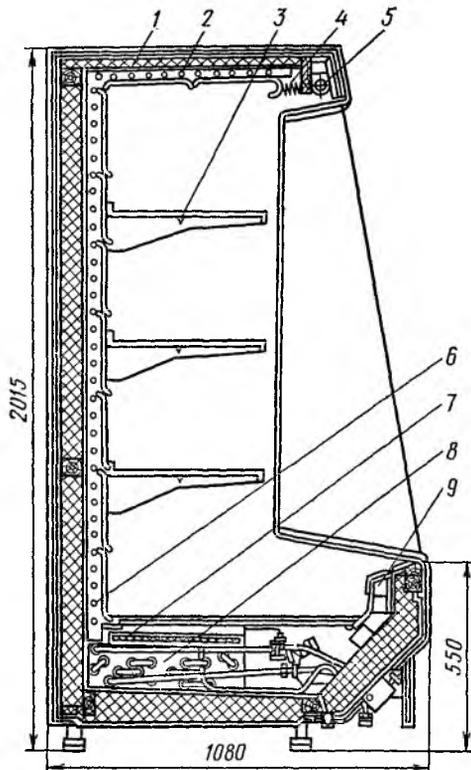


Рис. 1-7. Секционная среднетемпературная витрина ВХС-2-3:

1 — теплоизолированная обшивка; 2 — металлический короб полезного охлаждаемого объема; 3 — решетка для размещения продуктов; 4 — распределительные жалюзи; 5 — люминесцентная лампа; 6 — нагнетательный канал вентиляционной системы; 7 — теплоизоляционная прокладка; 8 — ребристый испаритель; 9 — всасывающий канал вентиляционной системы.

агрегатом АК6-1-2 коллодопроизводительностью 7 кВт (6 тыс. ккал/ч). Схема автоматизации работы витрины и холодильной машины такая же, как и в витрине ПХС-2-2.

### Закрытая низкотемпературная витрина ВН-С

Витрина ВН-С — закрытая.

Она предназначена для магазинов самообслуживания и снабжена вынесенным холодильным агрегатом ФАК-1,5МЗ с открытым компрессором. В охлаждаемом объеме витрины поддерживается температура  $-13 \pm 0,5$  °С, поэтому витрину обычно применя-

ют для демонстрации и продажи замороженных продуктов, чаще всего замороженной рыбы.

Поперечный разрез витрины представлен на рис. 1—8,а. Конструкция витрины каркасно-сборная. Деревянный каркас покрыт металлической облицовкой. Ограждения охлаждаемого объема заполнены теплоизоляционным материалом. Охлаждаемый объем витрины приподнят над неохлаждаемым объемом, в котором размещаются фреоновый теплообменник, терморегулирующий вентиль, фреоновые тройники и пусковая аппаратура люминесцентных ламп. Охлаждаемый объем снизу, сзади, с боков витрины и, частично, сверху ограничен теплоизолированными ограждениями, спереди застеклен вертикальным трехслойным стеклом и имеет наклонный проем, закрываемый раздвижными стеклянными створками. Внутри охлаждаемого объема располагаются шесть испарителей: два испарителя змеевикового типа — вдоль охлаждаемого объема у задней стенки, два кассетных испарителя — у боковых стенок и два кассетных испарителя — поперек охлаждаемого объема, на равном удалении друг от друга и от боковых испарителей, образуя три равных по величине отсека охлаждаемого объема. Во всех трех отсеках установлены решетчатые корзины, в которые укладываются замороженные продукты для продажи. В охлаждаемом объеме около стеклянного ограждения установлен термометр; под потолочным ограждением смонтированы люминесцентные лампы. С другими узлами холодильной машины испарители соединяются медными трубопроводами, которые проходят через отверстия в теплоизолированном дне охлаждаемого объема со специальными резиновыми уплотнениями. Для отвода конденсата из охлаждаемого объема при оттаивании испарителей в дно витрины вмонтирован сливной трубопровод.

Схема холодильной машины витрины приведена на рис. 1—8,б. Она включает в себя холодильный агрегат типа ФАК-1,5МЗ коллодопроизводительностью 1,75 кВт (1500 ккал/ч), фреоновый теплообменник типа «труба в трубе», терморегулирующий вентиль и испарители, включенные параллельно-последовательно в две линии.

Заданная температура поддерживается в охлаждаемом объеме витрины при помощи реле давления РД-1, осуществляющего периодическое включение и выключение холодильного агрегата по давлению кипения. Электродвигатель компрессора защищается от перегрузки тепловым реле типа ТРН-8, а от токов короткого замыкания — плавкими предохранителями. Тумблер позволяет включать и выключать компрессор вручную.

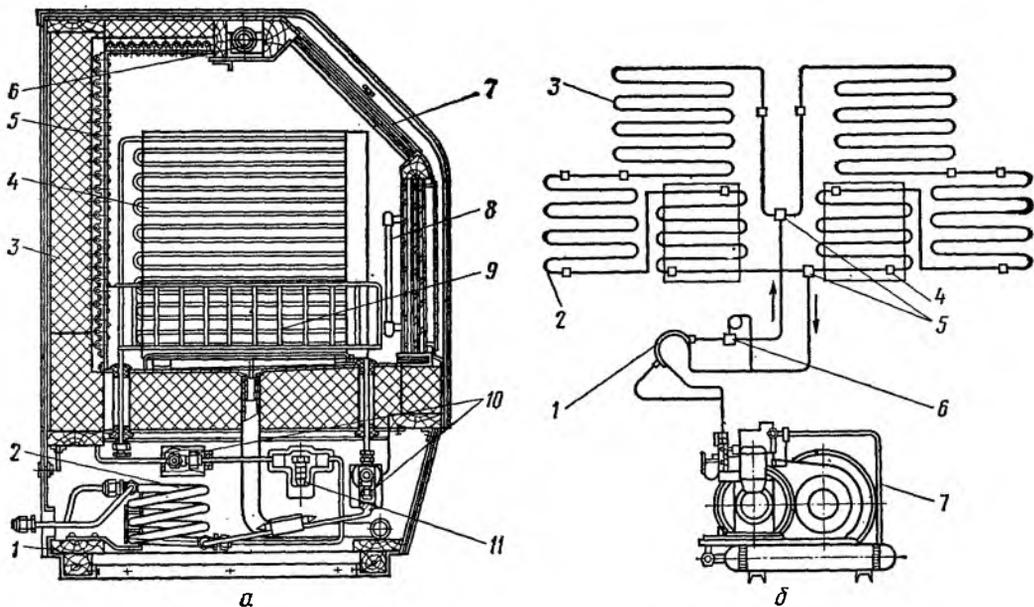


Рис. 1-8. Витрина ВН-С:

а — разрез: 1 — каркас; 2 — фреоновый теплообменник; 3 — теплоизоляция; 4, 5 — испарители; 6 — люминесцентная лампа; 7 — раздвижная дверь; 8 — термометр; 9 — корзина; 10 — тройник; 11 — терморегулирующий вентиль;

б — схема холодильной машины: 1 — теплообменник; 2 — испаритель боковой; 3 — испаритель задний; 4 — испарители средние; 5 — тройник; 6 — терморегулирующий вентиль; 7 — холодильный агрегат ФАК-1,5 МЗ.

## ПРИЛАВКИ

Прилавок представляет собой узкий, закрытый спереди стол в магазине, отделяющий продавцов от покупателей. Внутри прилавка расположены полки для хранения небольшого запаса товара, реализуемого в ходе продажи. Прилавки для охлажденных и замороженных продуктов имеют теплоизолированные стенки, пол и крышку. В задней стенке или в крышке имеются дверцы для доступа в охлаждаемый объем.

К прилавкам относят также охлаждаемые столы, используемые в предприятиях общественного питания.

Технические характеристики выпускаемых прилавков и столов приведены в табл. 1-5.

*Низкотемпературный прилавок (секция) СН-0,15* (рис. 1—9) предназначен для кратковременного хранения и отпуска мороженого и замороженных продуктов в предприятиях торговли и общественного питания. Прилавок состоит из двух частей: теплоизолированной охлаждаемой камеры и машинного отделения, закрытых сверху общим металлическим сто-

лом. Охлаждаемая камера состоит из внутреннего и наружного коробов, между которыми уложена теплоизоляция — пенопласт марки ПСБ толщиной 95 мм. Внутренний и наружный коробки камеры выполнены из тонколистовой стали. С наружной стороны вокруг внутреннего короба расположен змеевик из медных трубок, служащий испарителем. Надежный контакт между змеевиком и внутренним коробом осуществляется специальной теплопроводной замазкой.

Сверху камера закрыта подвижной створкой, сдвигающейся при открывании под крышку стола. Створка может запираться на замок.

Размеры камеры достаточны для размещения четырех гильз с мороженым. Загрузка продуктов и их отпуск производится через верхний проем при сдвинутой створке. Для удобства обслуживания холодильной установки машинное отделение с трех сторон закрыто легко снимаемыми решетками.

Прилавок СН-0,15 охлаждается холодильным агрегатом ВН 0,22 ~ 3. Заданная температура поддерживается автоматически с помощью реле АРТ-2, капиллярная трубка

Технические характеристики прилавков и столов

Показатели	Низкотемпературные прилавки		Охлаждаемые столы	
	СН-0,15	ПН-0,4М (ПХН-1-0,4М)	СОЭСМ-2	СОЭСМ-3
Полезный объем, м <sup>3</sup>	0,165	0,400	0,280	0,280
Температура, °С	-18	-13 ÷ -15	6-8	6-8
Максимальная нагрузка продуктами, кг	80	80	—	—
Марка холодильного агрегата	ВН 0,22~3	ВН 0,35~3	ВС 0,45~3	ВС 0,7~3
Площадь поверхности решеток для размещения продуктов, м <sup>2</sup>	—	1,75	—	—
Габаритные размеры, мм				
длина	1260	2000	1680	1680
ширина	840	800	840	840
высота	860	900	860	860
Масса, кг	200	210	275	315

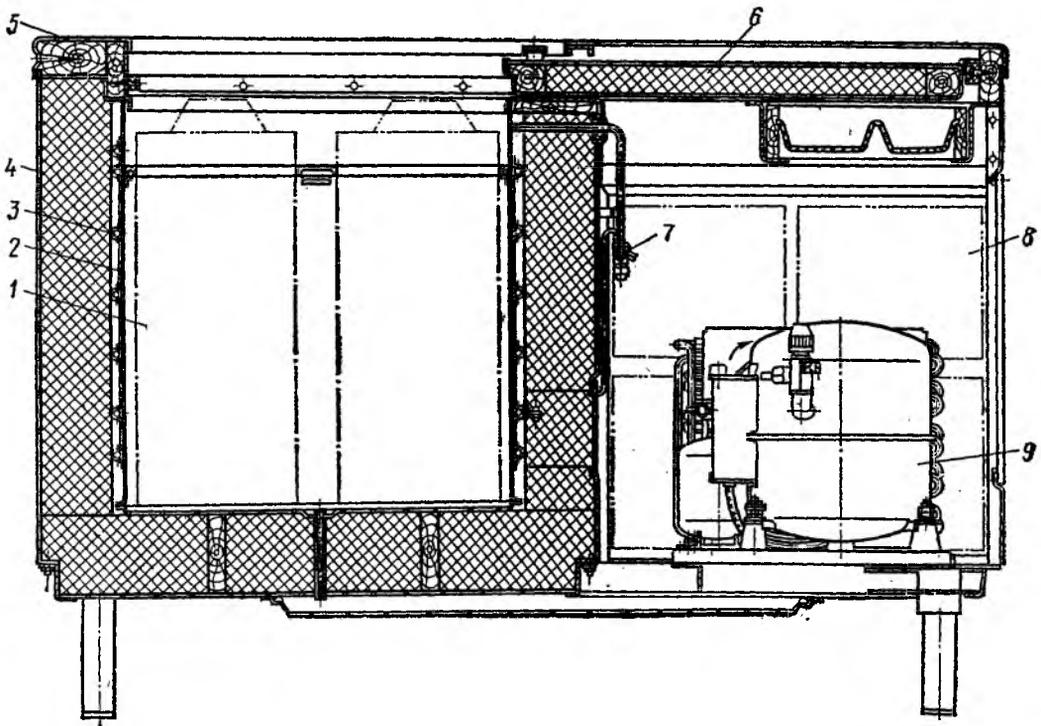


Рис. I-9. Низкотемпературный прилавок (секция) СН-0,15:

1 — теплоизолированная охлаждаемая камера; 2 — внутренний короб камеры; 3 — испаритель; 4 — наружный короб камеры; 5 — металлический стол; 6 — подвижная створка; 7 — терморегулирующий вентиль; 8 — машинное отделение; 9 — холодильный агрегат.

которого крепится к всасывающему трубопроводу. Принудительная остановка и пуск холодильного агрегата осуществляются тумблером, установленным на передней панели со стороны обслуживания. Заполнение испарителя фреоном регулируется терморегулирующим вентилем марки 22ТРВ-0,6В. Для оттаивания инея с испарителя выключают холодильный агрегат, вынимают продукты и отепляют охлаждаемую камеру. Образующийся конденсат сливается в выдвижной поддон, расположенный под днищем секции.

Электропитание прилавка производится от трехфазной сети напряжением 380/220 В через автоматический выключатель АП50-3МТ.

**Низкотемпературный прилавок ПХН-1-0,4М (ПН-0,4М)**, изображенный на рис. 1—10, предназначен для хранения и продажи различных замороженных продуктов: мяса, рыбы, овощей, фруктов. Он состоит из охлаждаемой камеры и машинного отделения, собранных на общей раме из уголкового стали.

Внутренняя обшивка охлаждаемой камеры выполнена из листового алюминия, а наружная — из тонколистовой стали, окрашенной в белый цвет. В отличие от прилавка СН-0,15, у прилавка ПН-0,4М циркуляция воздуха принудительная. Испаритель с вентилятором находится в отдельном отсеке, расположенном над машинным отделением и соединенном с охлаждаемой камерой двумя боковыми всасывающими и одним вертикальным нагнетательным каналами.

Благодаря разрежению, создаваемому вентилятором, воздух через боковые каналы поступает из камеры к испарителю, проходит через него и охлажденный направляется вентилятором по нагнетательному каналу в нижнюю часть охлаждаемой камеры. Оттаивание инея, образовавшегося на испарителе, производится путем ручного включения (на 20—30 мин) трубчатых электронагревателей, встроенных в испаритель. Образовавшийся конденсат собирается в углублении под испарителем и по трубке отводится в поддон. Внутри машинного отделения расположен холодильный агрегат ВН 0,35 ~ 3 и приборы автоматики. На шите электрооборудования расположены: клеммник, через который прилавок подключается к трехфазной электросети, автоматический выключатель АЕ-2036 и магнитный пускатель ПБ-121.

Циклическая работа холодильного агрегата осуществляется с помощью терморегулятора АРТ-2, капилляр которого прикреплен к диффузору вентилятора.

Для лучшего доступа к холодильному агрегату и приборам автоматики машинное отделение с трех сторон имеет съемные решетки.

Для пуска и остановки холодильного агрегата, а также для включения электронагре-

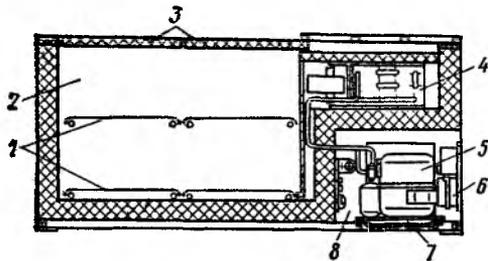


Рис. 1-10. Низкотемпературный прилавок ПХН-1-0,4М (ПН-0,4М):

1 — полки; 2 — охлаждаемая камера; 3 — раздвижные створки; 4 — воздухоохладитель; 5 — холодильный агрегат; 6 — щит электрооборудования; 7 — поддон; 8 — машинное отделение.

вателей при оттаивании испарителя на передней панели со стороны обслуживания установлен пакетный выключатель, имеющий три положения: «охлаждение», «выключено», «оттаивание».

**Секция-стол СОЭСМ-2** (рис. 1—11) предназначена для хранения запаса полуфабрикатов, зелени, гарниров и других компонентов при оформлении блюд в горячих и холодных цехах предприятий общественного питания. Она выполнена в виде прилавка бескаркасной конструкции, состоящего из охлаждаемой камеры и машинного отделения, собранных на общей раме с ножками, регулирующимися по высоте. Сверху прилавок накрыт общим столом из нержавеющей стали.

Охлаждаемая камера (шкаф) выполнена в виде внутреннего короба из нержавеющей стали и наружной стальной облицовки, окрашенной в белый цвет, между которыми уложена теплоизоляция. В машинном отделении секции СОЭСМ-2 расположены: холодильный агрегат ВС 0,45 ~ 3, панель с электроаппаратурой (выключатель автоматический АП50-3МТ, пускатель магнитный П-61, клеммные колодки), терморегулирующий вентиль ТРВ-2М, термореле ТР-1-02-Х. Чувствительные патроны терморегулирующего вентиля и термореле закреплены на всасывающей трубе, идущей от испарителя. Для облегчения доступа к агрегату машинное отделение с двух сторон имеет съемные решетки, а с третьей — съемную облицовку.

На передней панели секции установлен пакетный выключатель ПГ2-10, с помощью которого осуществляется ручное включение и выключение холодильного агрегата.

**Секция-стол СОЭСМ-3 с охлаждаемым шкафом и горкой** предназначена для хранения полуфабрикатов и готовых блюд, а также для

ребристотрубный испаритель, охлаждающий шкаф. Электропусковые приборы и приборы автоматики — те же, что и в секции СОЭСМ-2.

## ПРИЛАВКИ-ВИТРИНЫ

Охлаждаемые прилавки-витрины объединяют в себе две охлаждаемые емкости: прилавок, предназначенный для кратковременного хранения запаса продуктов, и витрину для демонстрации. Согласно ОСТ 27-07-151-73 суммарный внутренний объем обеих емкостей должен иметь одно из следующих значений (м<sup>3</sup>): 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63. Отклонение от указанных величин допускается в пределах  $\pm 8\%$ . Прилавочную часть обычно делают закрытой. Для доступа в нее служат герметично закрывающиеся дверцы.

В зависимости от типа магазина, для которого предназначен прилавок-витрина (с продавцом или без продавца), витрину делают закрытой или открытой.

Технические характеристики выпускаемых в настоящее время прилавок-витрин приведены в табл. 1-6.

*Прилавок-витрина ТАИР-106* (рис. 1-12) предназначен для магазинов с продавцами. Витринная часть спереди и с боков имеет прозрачные ограждения. Выкладка продуктов производится на противни (ванны), устанавливаемые на дно витрины. Для доступа в охлаждаемый объем витрин в ее верхней части имеются три прозрачные раздвижные створки. Сверху расположен рабочий стол, который может быть использован для установки весов и упаковки товаров. Под рабочим столом со стороны покупателей имеется ниша, где расположены испаритель витрины с вентилятором, терморегулирующий клапан и теплообменник. Испаритель отделен от рабочего объема витрины съемным щитком, на котором нанесена линия загрузки витрины. Со стороны продавца под рабочим столом размещены: решетка для упаковочной бумаги, ручка терморегулятора, тумблер для принудительного включения холодильной машины и тумблер освещения витрины.

В нижней части прилавка-витрины находится машинное отделение и охлаждаемый прилавок. Внутренняя облицовка прилавка выполнена из алюминия, а наружная — из листовой стали, окрашенной в белый цвет. Теплоизоляция — пенопласт марки ПСБ. Для укладки продуктов в прилавке служат две корзины, установленные на выдвижной платформе с вертикальной теплоизолированной стенкой, которая плотно закрывает проем в задней стенке прилавка. Испаритель прилав-

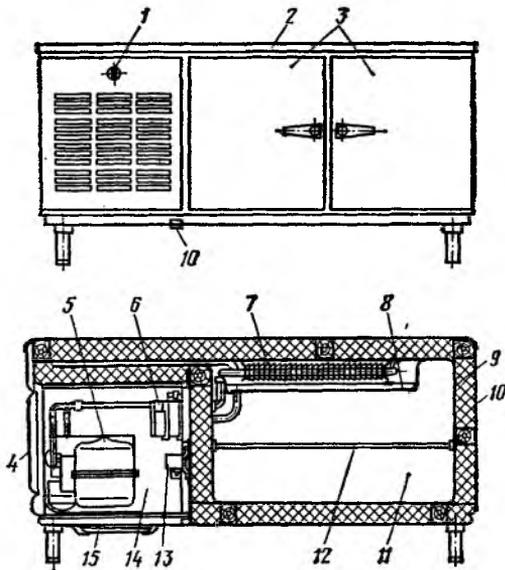


Рис. 1-11. Секция-стол СОЭСМ-2:

- 1 — пакетный выключатель; 2 — стол; 3 — дверцы; 4 — съемная облицовка камеры; 5 — холодильный агрегат; 6 — панель с электроаппаратурой; 7 — испаритель; 8 — поддон; 9 — внутренняя облицовка камеры; 10 — наружная облицовка; 11 — охлаждаемая камера; 12 — съемные полки; 13 — термореле; 14 — машинное отделение; 15 — выдвижной поддон.

приготовления холодных закусок и салатов. Она используется в холодных цехах предприятий общественного питания.

Конструкция ее сходна с конструкцией секции-стола СОЭСМ-2. Основное отличие заключается в устройстве дополнительных емкостей. Над столом закреплена горка, имеющая наклон в сторону обслуживающего персонала. В горке расположены шесть емкостей для компонентов салатной массы объемом по 1,6 д каждая, закрывающиеся крышками. Кроме того, в столе имеется закрываемое крышкой углубление, в которое устанавливается охлаждаемая емкость для хранения приготовленных компонентов салатной массы объемом 10 л. Для резки и шинковки продуктов на столе имеется гастрономическая доска, а также предусмотрено место для установки весов. В связи с устройством дополнительных емкостей установлен холодильный агрегат большей производительности ВС 0,7 ~ 3, а также изменена холодильная схема: фреон после терморегулирующего клапана сначала поступает в эвеевики, навитые вокруг охлаждаемых емкостей, а лишь затем — в

Технические характеристики прилавков-витрин

Показатели	«Пингвин-В»	«Пингвин-ВС»	ПВ-III	ТАИР-102 (ПВХС-1-0,315)	ТАИР-106М (ПВХС-1-0,315)
Полезный объем, м <sup>3</sup>					
прилавка	0,4	0,4	0,17	0,19	0,146
витрины	0,16	0,16	0,13	0,17	0,174
Температура, °С					
в прилавке	2—4	2—4	2—4	2—4	2—4
в витрине	4—6	4—6	4—6	4—6	4—6
Площадь решеток для загрузки продуктами, м <sup>2</sup>	0,98	0,98	—	1,25	1,28
Габаритные размеры, мм					
длина	2055	2055	2058	1800	1800
ширина	1180	1040	854	1025	950
высота	1325	900	1035	900	1200
Масса, кг	400	350	380	275	285
Марка холодильного агрегата	BC 0,55~3	BC 0,7~3	BC 0,45~3	BC 0,7~3	BC 0,55~3

ка с поддоном для сбора конденсата помещен в верхней части, под дном витрины.

На шите электрооборудования размещены автоматический выключатель АП50-3МТ, магнитный пускатель П6-121, стартер люминесцентной лампы, предохранители и клеммные колодки.

Автоматическое поддержание температуры осуществляется терморегулятором АРТ-2, чувствительный патрон которого прикреплен к трубке на входе фреона в испаритель витрины. Оттаивание испарителей производится принудительным выключением холодильного агрегата на 30—40 мин.

Прилавок-витрина «Пингвин-В» с встроенной холодильной машиной предназначен для хранения и демонстрации предварительно охлажденных продуктов в магазинах с продавцами. Его прилавочная часть состоит из охлаждаемой камеры и машинного отделения, где установлен холодильный агрегат. На боковой стенке внутри машинного отделения закреплен электрощиток, на котором расположены магнитный пускатель, автоматический выключатель и клеммная панель для подключения прилавка к внешней электросети. Кроме того, в машинном отделении размещены терморегулирующий вентиль и термостат.

Ограждения витрины с фасадной и боковых сторон выполнены из двухслойного стекла. Со стороны продавца имеются три раздвижные остекленные дверцы. Потолок витрины изготовлен из матового стекла. Испаритель витрины расположен в нише, закрытой съемным щитком. Днищем витрины служит метал-

лическая ванна, на которой уложены шесть эмалированных противней. На участке под машинным отделением днище имеет теплоизоляционную прослойку. Со стороны продавца имеется стол, где можно размещать весы и другие принадлежности, а со стороны покупателей — полка для сумок.

*Прилавок-витрина ПВ-III* (рис. 1—13) отличается от выше описанных прилавков-витрин тем, что он предназначен для хранения и отпуска как холодных, так и горячих блюд. Поэтому он состоит из нескольких отделений: охлаждаемой камеры, охлаждаемой витрины, электромармита с ванной, теплового шкафа и машинного отделения. Все отделения отделены друг от друга и от окружающей среды теплоизолированными стенками.

На передней стенке охлаждаемой камеры укреплены два ребристых испарителя. Доступ в камеру осуществляется через герметично закрывающуюся дверцу. Над охлаждаемой камерой расположена охлаждаемая витрина. В нише витрины расположен ребристый испаритель, закрытый декоративной решеткой. Для сбора конденсата под всеми испарителями установлены поддоны, соединенные между собой шлангами. Общий отводящий шланг выведен в машинное отделение.

Камера и витрина охлаждаются холодильным агрегатом BC 0,45 ~ 3, установленным в машинном отделении. Там же размещены терморегулирующий вентиль и термореле. Для лучшей циркуляции воздуха, охлаждающего холодильный агрегат, в передней

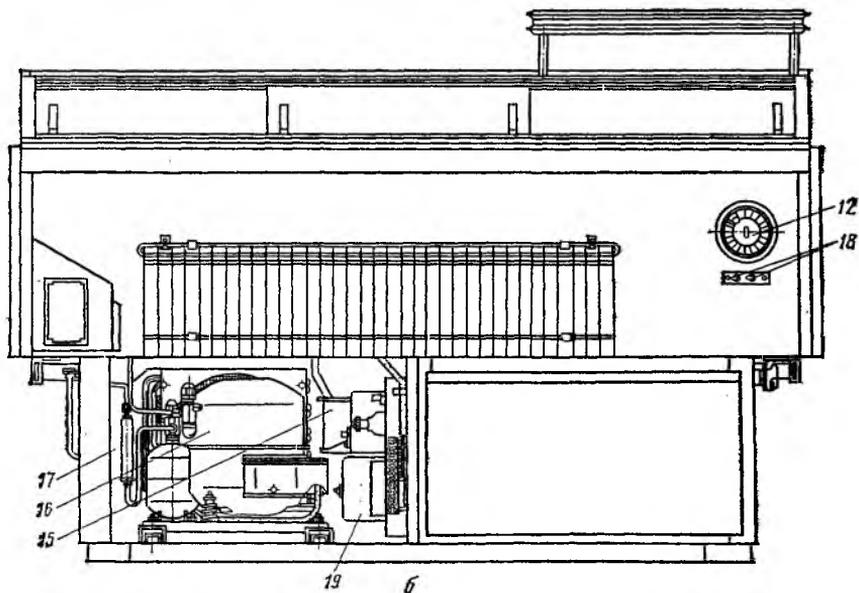
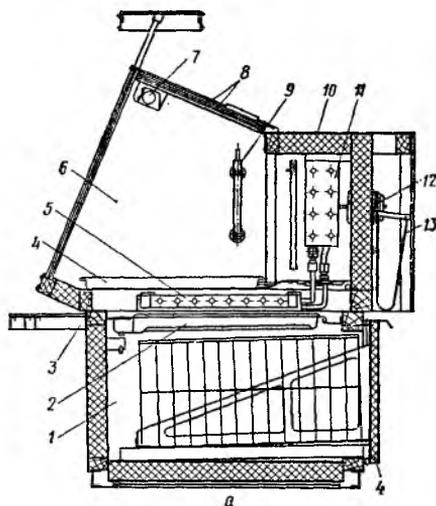


Рис. I-12. Прилавок-витрина ТАИР-106:

*a* — поперечный разрез; *б* — продольный разрез;  
 1 — охлаждаемый прилавок; 2 — поддон; 3 — полка для сумок; 4 — противни (вазны); 5 — испаритель прилавка; 6 — охлаждаемая витрина; 7 — люминесцентная лампа; 8 — раздвижные створки; 9 — термометр; 10 — рабочий стол; 11 — испаритель витрины; 12 — ручка терморегулятора; 13 — решетка для упаковочной бумаги; 14 — выдвигающая платформа с корзинами; 15 — емкость для конденсатора; 16 — холодильный агрегат; 17 — машинное отделение; 18 — тумблеры; 19 — щит электрооборудования.

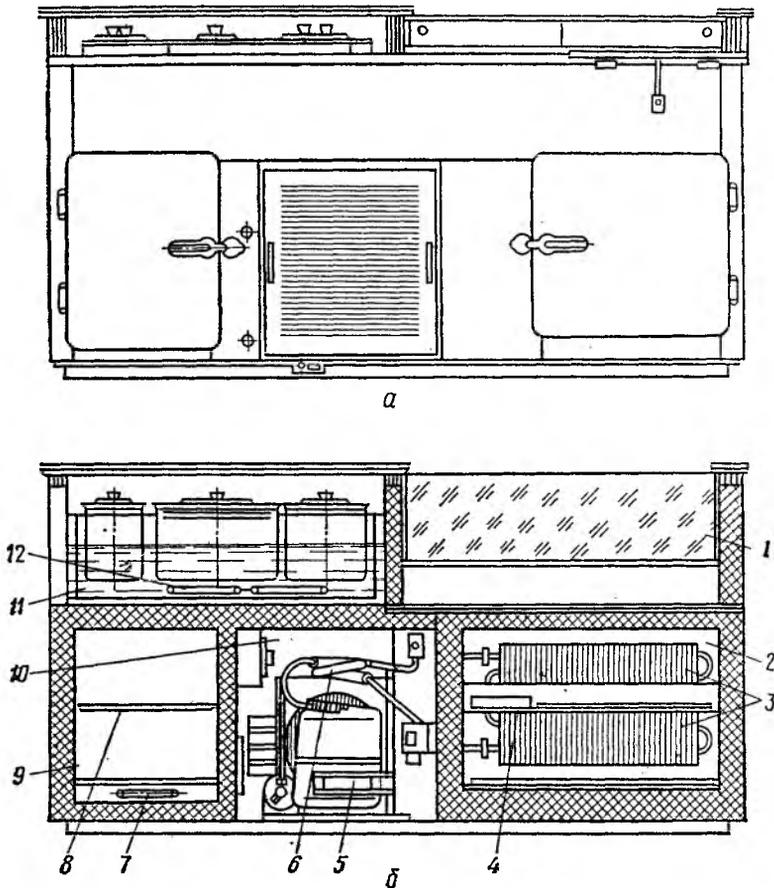


Рис. 1-13: Прилавок-витрина ПВ-Ш:

*a* — вид со стороны продавца;

*б* — продольный разрез: 1 — охлаждаемая витрина; 2 — охлаждаемая камера; 3 — испарители охлаждаемой камеры; 4, 8 — съемные полки; 5 — холодильный агрегат; 6 — теплообменник; 7, 12 — электронагреватели; 9 — тепловой шкаф; 10 — машинное отделение; 11 — ванна.

стенке прилавка имеется окно, закрытое декоративной решеткой, а в стенке со стороны продавца — легко снимаемая решетчатая дверца.

Тепловой шкаф служит для хранения вторых блюд в горячем состоянии. Шкаф обогревается электронагревателем мощностью 0,5 кВт, расположенным на дне шкафа и закрытым съемной нижней полкой.

Для размещения блюд имеется еще одна съемная полка, установленная на середине высоты шкафа. Над тепловым шкафом расположена ванна мармита с кастрюлями. Кастрюли обогреваются горячей водой, для на-

гревания которой в ванне установлены два электронагревателя.

В комплект прилавка входит отдельный щит управления, на котором размещены: общий пакетный выключатель, предохранители и выключатели ТЭНов ванны и теплового шкафа, автоматический выключатель АП50-3МТ и магнитный пускатель электродвигателей холодильного агрегата, клеммник.

*Прилавок-витрина ТАИР-102* предназначен для магазинов самообслуживания, поэтому охлаждаемый объем витрины выполнен в виде прямоугольной емкости, открытой

сверху, что обеспечивает свободный доступ к товару.

Спереди и с боков охлаждаемый объем витрины имеет прозрачное ограждение для лучшей демонстрации товара.

Прилавок-витрина «Пингвин-ВС» предназначен также для магазинов самообслуживания.

Он изготовлен на базе прилавка-витрины «Пингвин-В» и отличается от последнего только устройством витрины, верх которой выполнен заподлицо с рабочим столом; для доступа в охлаждаемый объем в горизонтальной плоскости предусмотрены три раздвижные или съемные крышки.

## ШКАФЫ

Шкафы состоят из охлаждаемого объема и машинного отделения. Наружная облицовка шкафа выполнена из тонколистовой стали, покрытой белой краской; внутренняя облицовка охлаждаемого объема — из пищевого алюминия или нержавеющей стали. Пространство между облицовками заполнено изоляцией, обычно пенопластом. Опорой всей конструкции является деревянный каркас.

Основные технические характеристики шкафов, изготавливаемых отечественными заводами, приведены в табл. 1—7.

Таблица 1—7

Технические характеристики холодильных шкафов

Шкаф	Общий внутренний объем, м <sup>3</sup>	Габаритные размеры, мм			Загрузка продуктами*, кг	Площадь полок-решеток и дна для размещения продуктов, м <sup>2</sup>	Температура, °С	Марка холодильного агрегата	Площадь поверхности испарителя, м <sup>2</sup>	Установленная электрическая мощность, кВт	Масса, кг
		ширина	глубина	высота							
ШХ-0,40М	0,40	750	750	1800	80	1,2	1—3	BC <sub>p</sub> 0,35~1A	3,1	0,24	180
ШХ-0,80М	0,80	1500	750	1800	160	2,4	1—3	BC 0,45~3	4,0	0,40	300
ШХ-0,80Ю	0,85	1120	800	1930	150	2,8	1—3	BC 0,55~3	4,2	0,40	275
ШХ-0,56	0,60	1120	786	1726	125	2,15	1—3	BC <sub>p</sub> 0,35~1A	4,3	0,24	210
ШХ-1,2С	1,20	1535	810	2120	250	3,1	1—3	BC 0,7~3	6,5	—	430
T2-125М	1,25	1740	860	2080	250	3,4	1—3	ФАК-0,7Е2	8,5	—	410*
AK-750М	0,75	1700	940	1830	—	—	—	—	—	—	—

\* Без испарителя и агрегата.

Шкаф ШХ-0,40М (рис. 1—14) имеет охлаждаемую камеру, которая спереди закрывается одностворчатой дверью, установленной на пятиконовых регулируемых петлях и запирающейся на ключ. Толщина изоляции боковых и верхнего ограждений 100 мм, дна и двери — 80 мм.

В шкафу установлены: ребристотрубный испаритель, двоянный поддон для сбора конденсата, три решетчатые полки для размещения продуктов, передвигаемые по высоте, лампа накаливания мощностью 25 Вт, автоматически включающаяся при открывании двери шкафа, терморегулятор типа АРТ-2.

Машинное отделение спереди закрывается съемной решеткой, а сзади — полностью открыто. В машинном отделении установлен холодильный агрегат BC<sub>p</sub> 0,35 ~ 1А, соединенный с испарителем дрессирующим устройством — капиллярной трубкой — и вса-

сывающим трубопроводом, которые идут параллельно и образуют теплообменник. Капиллярная трубка изготовлена из латунной трубки М2 × 0,45 мм повышенной точности, внутренним диаметром 1,1 ± 0,05 мм, длиной 5100 мм.

Автоматическое управление работой холодильного агрегата осуществляется терморегулятором АРТ-2, капилляр которого с помощью стяжки плотно крепится к испарителю через резиновую трубку длиной 100 мм.

Для пуска и защиты электродвигателя холодильного агрегата применено пускозащитное реле, обеспечивающее нормальную работу электродвигателя компрессора при температуре окружающего воздуха до 45°С и напряжении сети 220 В ( $\Phi 10 \div -15\%$ ).

Холодильная машина выключается с помощью тумблера, расположенного на щитке машинного отделения.

На задней стенке шкафа монтируют два ограничителя длиной 100 мм, во избежание установки шкафа вплотную к стенке. Устойчивость шкафа обеспечивают четыре опорные ножки, регулируемые по высоте.

Шкаф ШХ-0,80М (рис. 1—15) по конструкции аналогичен шкафу ШХ-0,40М и отличается от последнего габаритными размерами и размерами холодильной машины. Шкаф имеет две двери. В охлаждаемой камере под потолком смонтирован ребристый испаритель, под которым расположен поддон для стока конденсата. Из поддона конденсат через сливную трубку отводится в сосуд для сбора конденсата, который расположен в машинном отделении. В машинном отделении установлен холодильный агрегат ВС 0,45 ~ 3, соединенный с испарителем капиллярной трубкой и всасывающим трубопроводом, спаянными между собой на длине около 1000 мм. Капиллярная трубка изготовлена из латунной трубки М2 × 0,45 повышенной точности, длиной 4100 мм. Между ресивером агрегата и капиллярной трубкой установлен фильтр-осушитель ФОС-40.

Шкаф ШХ-0,80Ю (рис. 1—16) предназначен для южных районов СССР. Машинное отделение расположено в верхней части шкафа. Теплоизоляция — пенопласт толщиной 80 мм. В верхней части охлаждаемой камеры находится ребристый испаритель, под которым установлены четыре (две пары разрезных) поддона для стока конденсата. Камера освещается лампой накаливания Ц220-25 мощностью 25 Вт, напряжением 220 В. Для доступа в охлаждаемую камеру служат четыре запирающиеся дверцы, вращающиеся на пятниковых опорах. В качестве уплотнительного профиля применяется поливинилхлоридный профиль с магнитной вставкой. Освещение камеры включается автоматически (дверным выключателем ДХК) при открывании любой из четырех дверей. Заданный режим поддерживается автоматически при помощи терморепарителя, под которым расположен сдвоенный поддон для конденсата. Из поддона конденсат через сливную трубку отводится в сосуд для сбора конденсата, который расположен в машинном отделении. В машинном отделении установлен холодильный агрегат ВС 0,45 ~ 3, соединенный с испарителем капиллярной трубкой и всасывающим трубопроводом, спаянными между собой на длине около 1000 мм. Капиллярная трубка изготовлена из латунной трубки М2 × 0,45 повышенной точности, длиной 4100 мм. Между ресивером агрегата и капиллярной трубкой установлен фильтр-осушитель ФОС-40.

Шкаф ШХ-0,80Ю (рис. 1—16) предназначен для южных районов СССР. Машинное отделение расположено в верхней части шкафа. Теплоизоляция — пенопласт толщиной 80 мм. В верхней части охлаждаемой камеры находится ребристый испаритель, под которым установлены четыре (две пары разрезных) поддона для стока конденсата. Камера освещается лампой накаливания Ц220-25 мощностью 25 Вт, напряжением 220 В. Для доступа в охлаждаемую камеру служат четыре запирающиеся дверцы, вращающиеся на пятниковых опорах. В качестве уплотнительного профиля применяется поливинилхлоридный профиль с магнитной вставкой. Освещение камеры включается автоматически (дверным выключателем ДХК) при открывании любой из четырех дверей. Заданный режим поддерживается автоматически при помощи терморепарителя, под которым расположен сдвоенный поддон для конденсата. Из поддона конденсат через сливную трубку отводится в сосуд для сбора конденсата, который расположен в машинном отделении. В машинном отделении установлен холодильный агрегат ВС 0,45 ~ 3, соединенный с испарителем капиллярной трубкой и всасывающим трубопроводом, спаянными между собой на длине около 1000 мм. Капиллярная трубка изготовлена из латунной трубки М2 × 0,45 повышенной точности, длиной 4100 мм. Между ресивером агрегата и капиллярной трубкой установлен фильтр-осушитель ФОС-40.

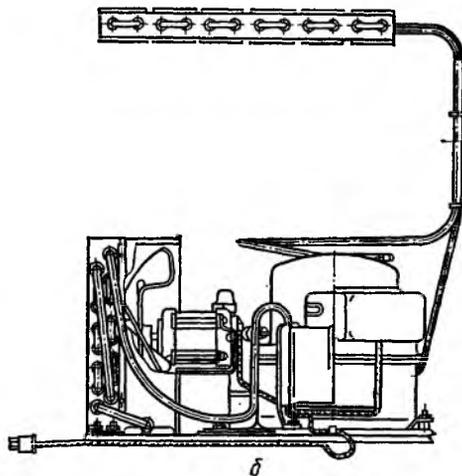
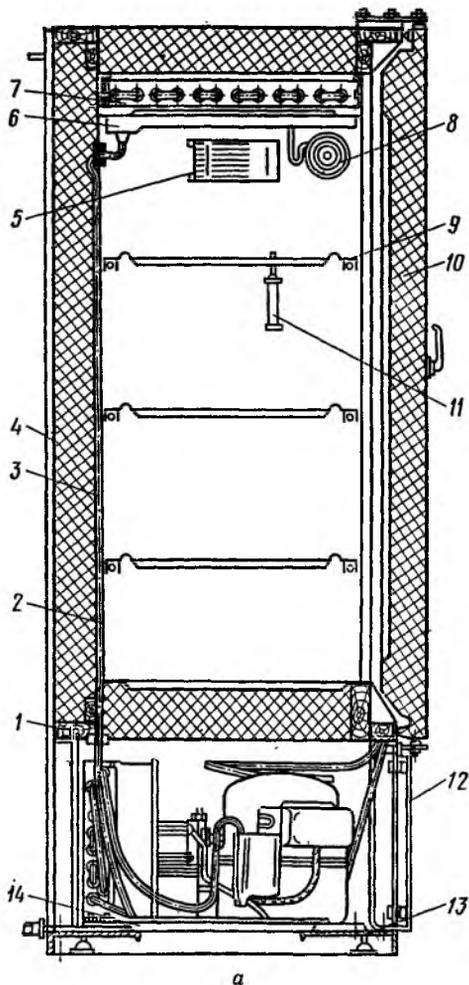


Рис. 1-14. Шкаф холодильный ШХ-0,40М:

а — разрез; б — схема холодильной машины;

1 — каркас; 2 — короб внутренний; 3 — трубка сливная; 4 — короб наружный; 5 — лампа накаливания; 6 — поддон для слива конденсата; 7 — испаритель; 8 — терморегулятор; 9 — решетка для продуктов; 10 — дверь; 11 — термометр; 12 — решетка для машинного отделения; 13 — рама; 14 — поддон для сбора конденсата.

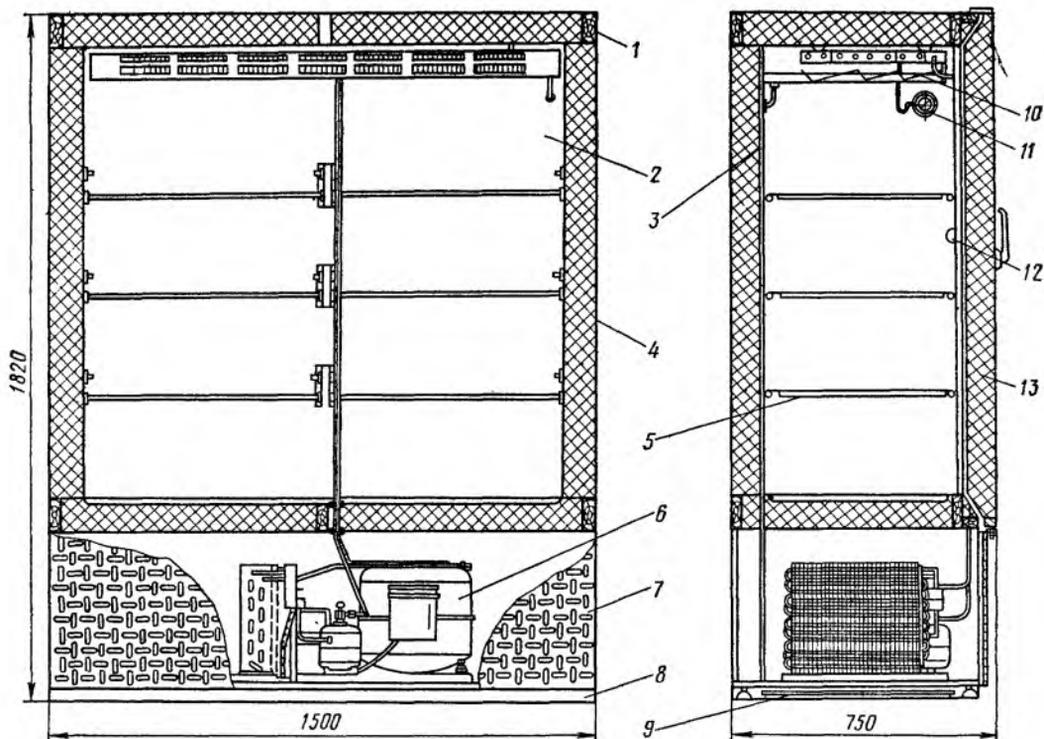


Рис. 1-15. Холодильный шкаф ШХ-0,80М:

1 — каркас; 2 — короб внутренний; 3 — трубка сливная; 4 — короб наружный; 5 — решетка для продуктов; 6 — холодильный агрегат; 7 — решетка машинного отделения; 8 — рама; 9 — поддон для сбора конденсата; 10 — поддон испарителя; 11 — термостат; 12 — лампа освещения; 13 — теплоизоляция.

гулятора типа АРТ-2, термочувствительный капилляр которого плотно закреплен на трубке испарителя.

В машинном отделении расположены холодильный агрегат ВС 0,55 ~ 3, теплообменник, ТРВ-2 и щит электрооборудования, на котором размещены автоматический выключатель АЕ2036 и магнитный пускатель П6-121.

Кратковременная остановка и пуск холодильной машины производится с помощью тумблера ТП1-2, расположенного на щитке машинного отделения. Нормальная работа агрегата рассчитана при температуре в машинном отделении до 40°C, а в южном исполнении до 48°C.

Шкаф ШХ-0,56 изображен на рис. 1-17. Вверху охлаждаемой камеры расположен ребристый испаритель с терморегулирующим вентилем ТРВ-0,5М. Спереди испаритель закрыт двумя щитками, на одном из которых укреплен термометр. Под испарителем размещен поддон для стока конденсата. Температу-

ра в шкафу поддерживается автоматически с помощью термореле ТР-1-02Х. Спереди охлаждаемая камера закрывается двумя дверцами.

В ручку каждой дверцы вмонтирован запор с закрывающимся на ключ замком.

В машинном отделении установлен агрегат ВС<sub>р</sub> 0,35 ~ 1А, рассчитанный на работу от электрической сети однофазного тока напряжением 220 В. Шкаф включают в сеть с помощью трехполюсной штепсельной розетки. Оттаивание инея с испарителя осуществляется периодически путем принудительной остановки компрессора тумблером ТВ-1-4, находящимся на лицевой панели машинного отделения.

Между ресивером агрегата и терморегулирующим вентилем установлен фильтр-осушитель ФОС-40.

Шкаф ШХ-1,2С (рис. 1-18) смонтирован на раме из угловой стали и опирается на четыре ножки. В верхней правой части охла-

даемого объема под потолком расположен ребристый испаритель.

На фасадной стороне шкафа расположено пять дверей: четыре рабочих (для доступа к продуктам) и одна верхняя (монтажная) для доступа к холодильному агрегату, испарителю и регулирующим приборам. В охлаждаемой камере установлены шесть решеток для размещения продуктов, передвигаемые по высоте.

Двери камеры имеют уплотняющие затворы; три из них запираются изнутри шпингалетами, а четвертая — снаружи врезным замком.

Машинное отделение расположено в верхнем левом углу шкафа, которое отделено от охлаждаемого объема шкафа теплоизоляционной перегородкой; сбоку и сверху оно закрыто съемными решетчатыми щитками, а снизу — открыто.

В машинном отделении расположен холодильный агрегат ВС 0,7 ~ 3 с пуско-защитной аппаратурой. Электрооборудование в заводской поставке смонтировано на линейное напряжение трехфазной сети 380 В.

Шкаф ШХ-1,2Б отличается от шкафа ШХ-1,2С тем, что в нем ликвидировано встроенное машинное отделение (шкаф комплектуется отдельно стоящим холодильным агрегатом ФАК-0,7Е2) и увеличен испаритель. ШХ-1,2Б в основном предназначен для использования в южных районах страны.

Шкаф Т2-125М (рис. 1—19) имеет шесть дверец для загрузки и выгрузки продуктов и одну (верхнюю) для монтажа и обслуживания испарителя и ТРВ.

Шкаф охлаждается ребристым испарителем, расположенным под потолком охлаждаемого объема. Под испарителем имеется поддон с отводной трубкой для стока конденсата. Двери шкафа имеют уплотняющие затворы, а монтажная дверца уплотняется тремя винтами. Холодильный агрегат устанавливается вне шкафа.

Шкаф АК-750М состоит из охлаждаемой камеры и двух холодильных аппаратов, расположенных по обе стороны от нее. Теплоизоляция из мипоры.

Камера имеет две дверцы, расположенные одна над другой с уплотняющими затворами. Внутри камеры установлены восемь решеток для укладки продуктов.

Камера охлаждается двумя холодильными аппаратами абсорбционно-диффузионного типа непрерывного действия холодопроизводительностью по 116 Вт (100 ккал/ч) каждый (рис. 1—20). Аппараты заполнены водоаммиачным раствором с антикоррозионной добавкой и водородом. Давление в аппарате 1,5—1,6 МПа. Каждый аппарат представляет собой отдельную замкнутую систему. Аппараты рас-

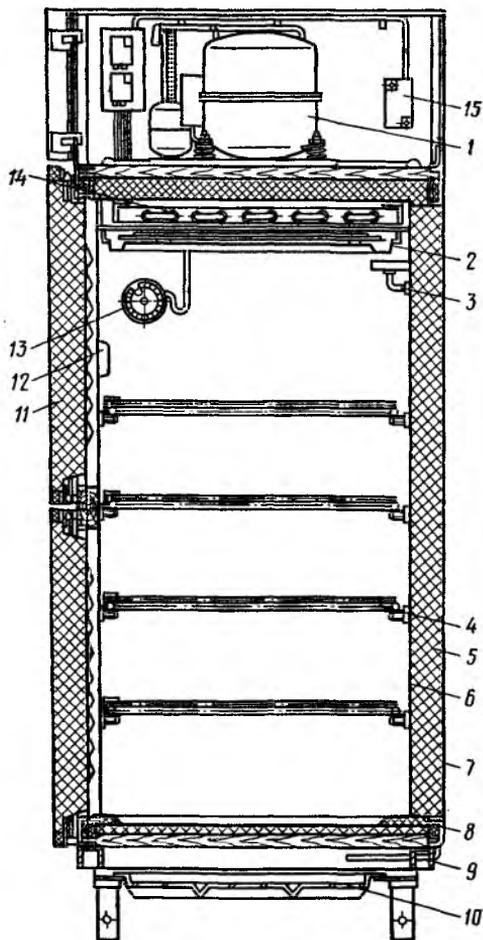


Рис. 1-16. Шкаф холодильный ШХ-0,80Ю:

1 — холодильный агрегат; 2 — поддон; 3 — сливная трубка; 4 — полка-решетка; 5 — теплоизоляция; 6 — внутренняя камера; 7 — наружная обшивка; 8 — каркас; 9 — рама; 10 — поддон; 11 — дверь; 12 — плафон освещения; 13 — терморегулятор; 14 — испаритель; 15 — клеммник.

положены в вертикальных отсеках по боковым сторонам шкафа, за исключением испарителей, размещенных внутри охлаждаемой камеры. Оба испарителя снабжены отдельными поддонами. Оттаивание инея с испарителей производится один раз в 7—10 суток при отключенном нагревателе генератора.

Холодильные аппараты снабжены комбинированной системой подогрева: электрическими нагревателями и керосиновыми горелками. Шкаф может быть включен только на одну из

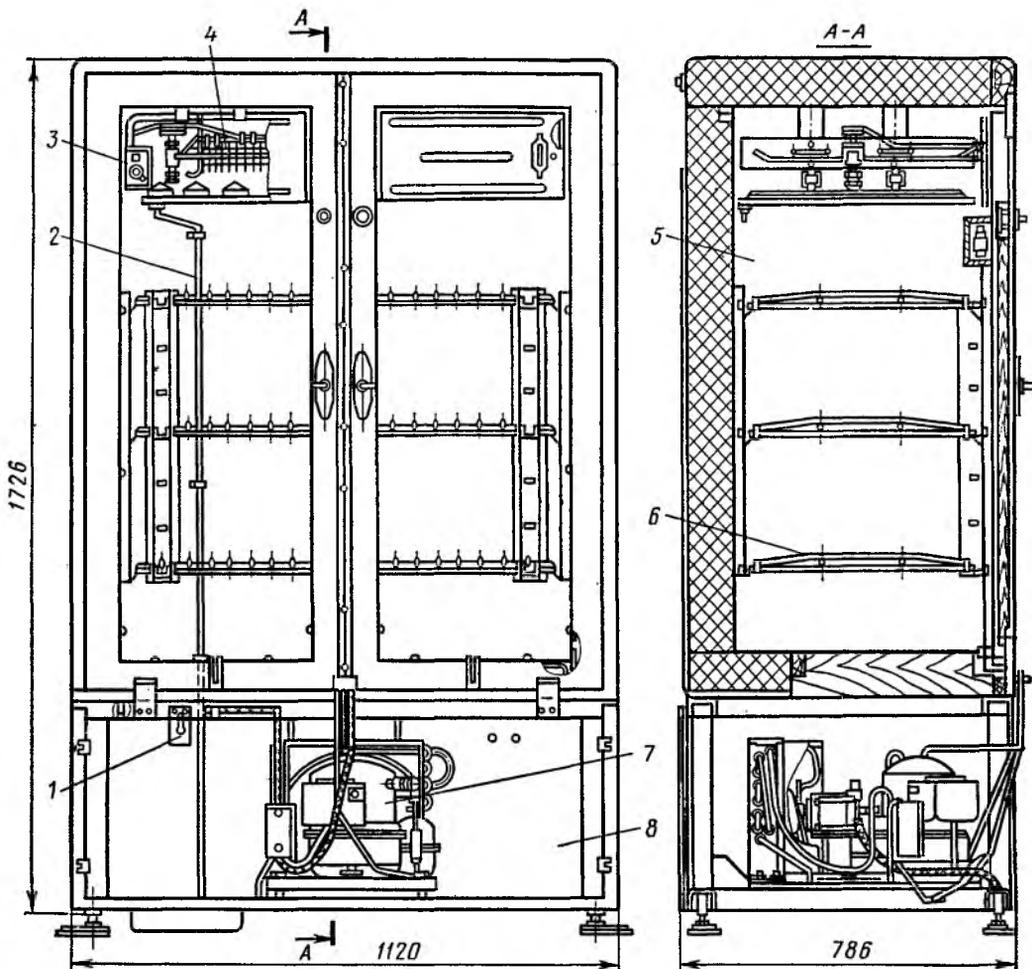


Рис. 1-17. Холодильный шкаф ШХ-0,6М2:

1 — тумблер; 2 — сливная трубка; 3 — терморегулятор; 4 — испаритель; 5 — охлаждаемая камера; 6 — решетки; 7 — холодильный агрегат; 8 — машинное отделение.

указанных систем. При электронагреве необходимо убрать керосиновые баки с горелками; при керосиновом нагреве следует удалить оба нагревателя с автотрансформаторами и выполнить все другие меры, предусмотренные заводской инструкцией.

Размеры охлаждаемой камеры (высота × × глубина × ширина) 1500 × 600 × 900 мм. При работе обоих аппаратов после 6—8 ч перепад температур окружающего воздуха и охлаждаемой камеры составляет не менее 23°C при температуре окружающего воздуха от 15 до 28°C.

При электронагреве шкаф подключают к сети переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц. Питание двух электронагревательных приборов мощностью по 200 Вт каждый производится через два понижающих автотрансформатора типа АОСХ-0,3 напряжением 220/127 В.

При работе на керосине используется осветительный керосин, нагрев производится двумя пятнадцатилитровыми керосиновыми горелками круглого горения. Расход керосина составляет 30 г в 1 ч на один аппарат, или 720 г в сутки на один аппарат.

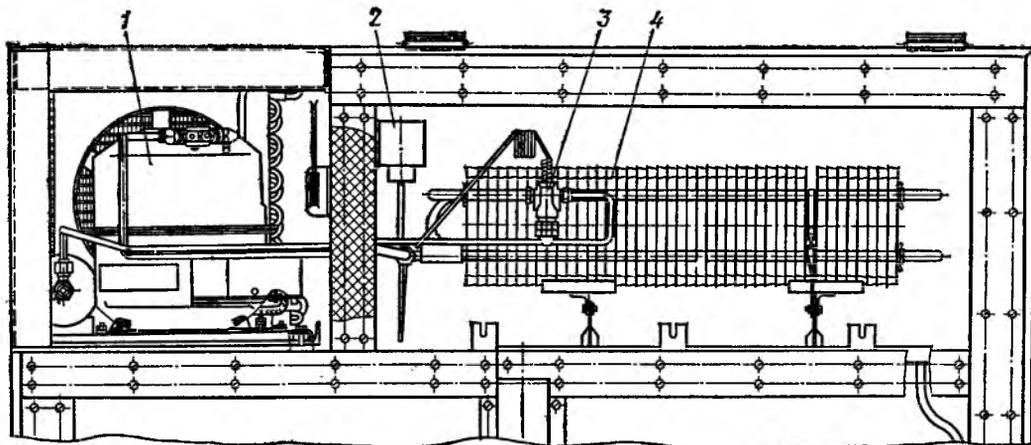


Рис. I-18. Машинное отделение холодильного шкафа ШХ-1,2С:

1 — холодильный агрегат; 2 — терморегулятор; 3 — терморегулирующий вентиль; 4 — испаритель.

Емкость каждого керосинового бака 4 кг. При непрерывной работе холодильного аппарата требуется заправка баков через каждые 4 суток. Каждое керосиновое обогревательное устройство имеет автоматическое противопожарное огнетушительное устройство.

катанными стальными листами, окрашенными эмалью. Изнутри камеры облицованы листовым алюминием. Щиты для пола имеют верхнюю изоляцию настил из древесностружечной плиты либо из вагонки. Алюминиевая обшивка

### СБОРНЫЕ КАМЕРЫ

Сборные камеры выпускают двух типов: среднетемпературные для хранения охлажденных продуктов при температуре  $0-2^{\circ}\text{C}$  и низкотемпературные для хранения замороженных продуктов.

Основные технические характеристики камер приведены в табл. I-8. Камеры собирают из стандартных щитов, составляющих пол, потолок, стены и углы камеры. Размеры щитов пола и потолка  $1500 \times 2000$  мм; стен  $1500 \times 960$  мм; угловых  $250 \times 250 \times 1960$  мм; дверного проема (ширина  $\times$  высота)  $800 \times 1850$  мм. Щиты собирают при помощи специальных стяжных соединений. Для герметизации стыков между щитами помещены два ряда профильной резины, укрепленной на торцах щитов. Щит состоит из деревянной рамы, теплоизоляции и облицовки. В качестве теплоизоляционного материала применяют пенопласт. Толщина изоляционного слоя у всех щитов 100 мм.

Щиты камеры в деревянном исполнении с наружной стороны облицованы клееной фанерой, окрашенной нитроэмалевой краской. Щиты камер в металлическом исполнении с наружной стороны облицованы холодно-

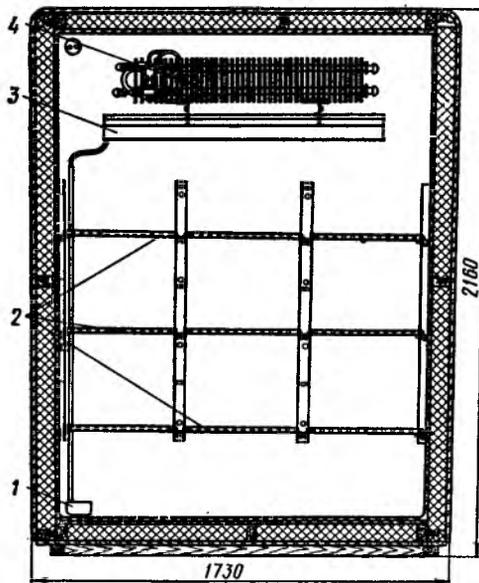


Рис. I-19. Шкаф холодильный Т2-125М:

1 — сосуд для сборки конденсата; 2 — полка для продуктов; 3 — поддон; 4 — испаритель.

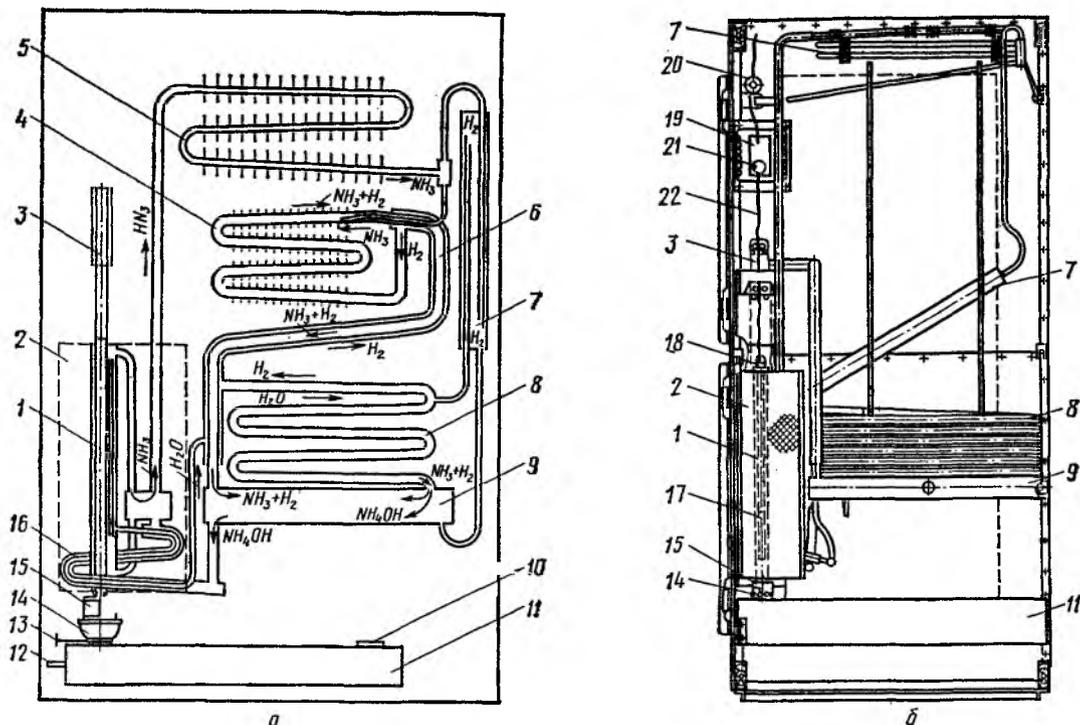


Рис. 1-20. Холодильный аппарат шкафа АК-750М:

а — принципиальная схема аппарата с керосиновым нагревом; б — расположение аппарата с комбинированным нагревом;

1 — жаровая труба генератора; 2 — кожух генератора; 3 — газоотводная труба; 4 — испаритель; 5 — конденсатор; 6 — газовый теплообменник; 7 — уравнильный сосуд; 8 — абсорбер; 9 — сборник абсорбера; 10 — пробка керосинового бака; 11 — керосиновый бак; 12 — ручка керосинового бака; 13 — ручка горелки; 14 — керосиновая горелка; 15 — камера горения; 16 — генератор с жидкостным ректификатором; 17 — электронагревательный прибор; 18 — клемма электронагревательного прибора; 19 — автотрансформатор; 20 — соединительная коробка; 21 — видка; 22 — провод.

Таблица 1—8

Технические характеристики сборных холодильных камер

Камеры	Охлаждаемый объем, м <sup>3</sup>	Габаритные размеры, мм			Загрузка продуктами, кг	Площадь полок для продуктов, м <sup>2</sup>	Температура, °С	Марка холодильного агрегата	Площадь поверхности испарителя, м <sup>2</sup>	Масса (без холодильной машины), кг
		высота	длина	ширина						
КХС-2-6	6,0	2250	2000	2000	600	2,3	0—2	ФАК-1,1Е2	17	670
КХС-2-6Ю	6,0	2250	2000	2000	600	2,3	0—2	ФАК-1,5М3	17	670
КХС-2-6Б	6,1	2126	1960	1920	600	2,3	0—2	ФАК-1,1Е2	13,6	950
КХС-2-12	12,0	2250	3500	2000	1200	6,9	0—2	ФАК-1,5М3	27,2	1220
КХС-2-12Ю	12,0	2250	3500	2000	1200	6,9	0—2	ФАК-1,1Е2 (2 шт.)	54	1220
КХС-2-12Б	12,3	2126	3852	1960	1200	7,5	0—2	ФАК-1,5М3	27,2	1350
КХС-2-18Б	18,8	2126	5778	1960	1800	11,3	0—2	ИФ-56М	40,0	1410

этих щитов сделана в виде ванны. Щиты стен изготовляют двух видов: сплошные и с дверью. Дверь плотно прижимают к раме щита, а притвор герметизируют с помощью резиновой прокладки. На двери крепится затвор, который можно запирать на замок. После сборки щитов камеру оборудуют стеллажами со съемными деревянными решетчатыми полками, потолочными вешалами с крюками для подвески туш и напольными деревянными решетками. Камеры снабжают герметизированным светильником, выключатель которого находится снаружи камеры. Камеры охлаждаются ребристотрубными испарителями, расположенными под потолком камеры. Под испарителями установлен разрезной поддон для сбора конденсата, стекающего в сборный сосуд. Холодильный агрегат устанавливают в непосредственной близости от камеры. Температура в охлаждаемом объеме поддерживается автоматически при помощи реле давления. Оттаивание инея с испарителей производится вручную путем периодической принудительной остановки компрессора.

Камера КХС-2-6 (рис. 1—21) охлаждается двумя параллельно соединенными испарителями типа И-38 площадью поверхности по 8,5 м<sup>2</sup> каждый. Габаритные размеры испарителя: 1096 × 244 × 160 мм. Камера комплектуется холодильным агрегатом ФАК-1,1Е2.

Испарители заполняются фреоном-12 через один терморегулирующий вентиль ТРВ-2. В холодильную схему входит теплообменник типа «труба в трубе».

Камера КХС-2-6Ю в металлическом исполнении предназначена для эксплуатации в южных районах СССР. По своему виду и конструкции она не отличается от камеры КХС-2-6, но комплектуется более мощным холодильным агрегатом ФАК-1,5МЗ.

Камера КХС-2-6Б в деревянном исполнении охлаждается испарителем типа И-39 площадью поверхности 13,6 м<sup>2</sup>. Габаритные размеры испарителя: 1680 × 244 × 160 мм.

Камера КХС-2-12 (рис. 1—22) охлаждается с помощью двух параллельно соединенных испарителей типа И-39, терморегулирующего вентиля ТРВ-2, теплообменника типа «труба в трубе», подсоединенных к отдельно стоящему холодильному агрегату ФАК-1, 5МЗ. Испаритель расположен под потолком на продольной стороне камеры. Под испарителем установлены три дополнительные полки для продуктов.

Камера КХС-2-12Ю в металлическом исполнении охлаждается двумя холодильными агрегатами ФАК-1,1Е2 с испарителями типа И-38. Испарители расположены по обеим сторонам камеры. В центре под потолком расположены вешала для подвески мясных туш.

Камера КХС-2-12Б представляет собой удвоенную по объему камеру КХС-2-6Б.

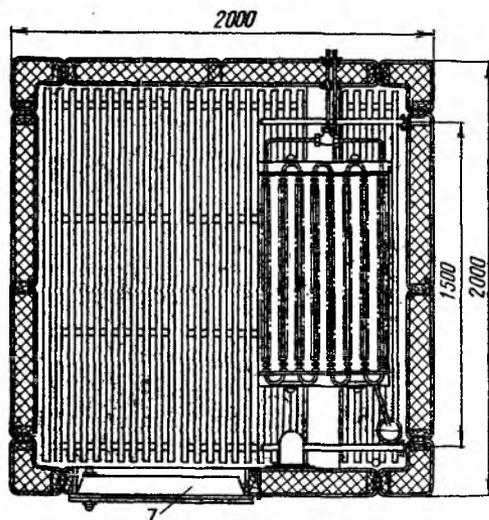
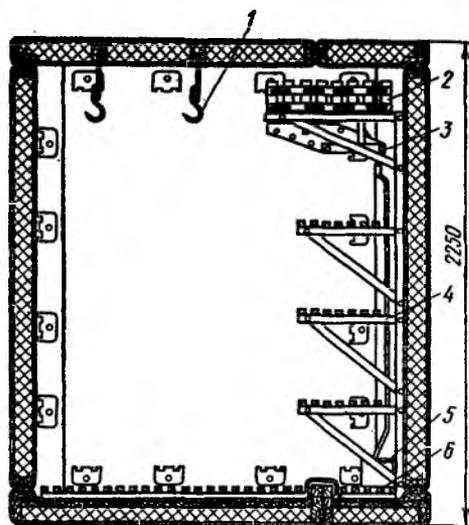


Рис. 1-21. Камера КХС-2-6:

1 — крюки для продуктов; 2 — испаритель; 3 — поддон; 4 — полки для продуктов; 5 — сосуд для сбора конденсата; 6 — решетка пола; 7 — дверь камеры.

Камера КХС-2-18Б. Площадь пола 8,1 м<sup>2</sup>. Внутренний объем камеры разделен щитами перегородки на два отделения. Внутри каждого отделения установлено два ребристотрубных испарителя типа ИРСН-10С, питающиеся от одного ТРВ-2. Габаритные размеры испарителя 1670 × 160 × 450 мм. Внутри камера

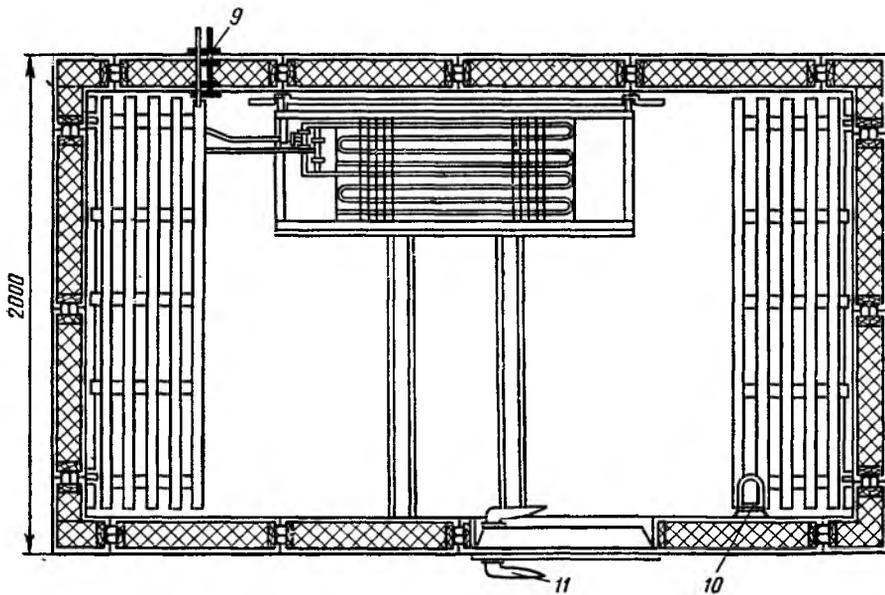
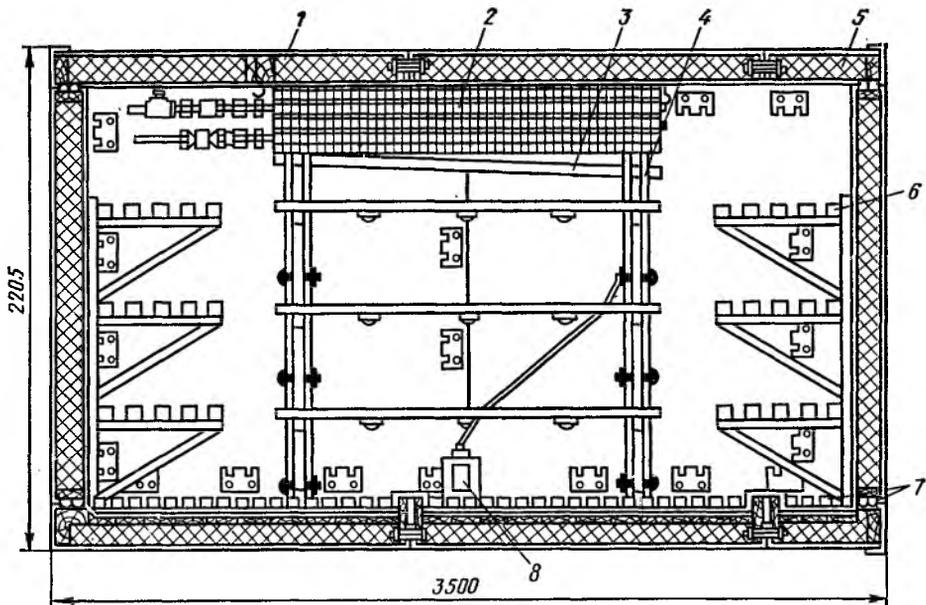


Рис. 1-22. Камера КХС-2-12:

1 — крюк для подвешивания туш; 2 — испаритель; 3 — секционный поддон; 4 — рама испарителя; 5 — резиновое уплотнение; 6 — полка для продуктов; 7 — напольная решетка; 8 — бак; 9 — резиновая пробка; 10 — светильник; 11 — ручка затвора двери.

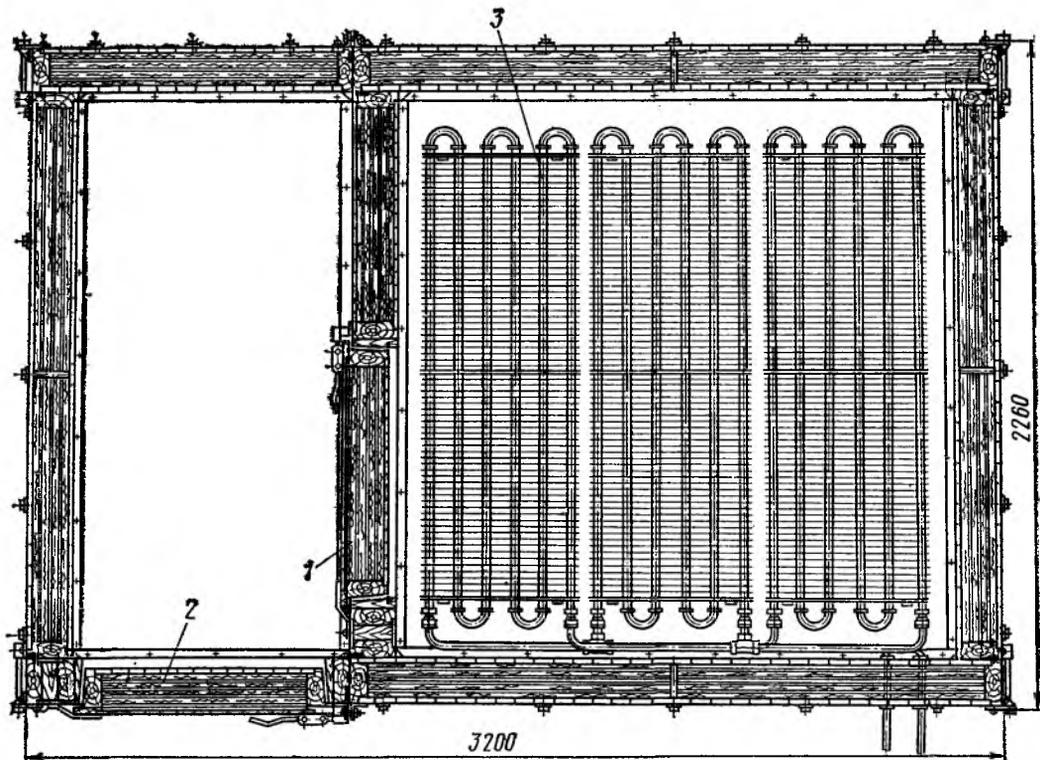


Рис. 1-23. Сборная низкотемпературная камера НКР-1 (разрез в плане):

1 — дверь камеры; 2 — дверь тамбура; 3 — испаритель.

оборудована штангами для подвески продуктов, крюками для подвески туш, полками для укладки продуктов и четырьмя напольными решетками.

Камера НКР-1 (рис. 1—23) состоит из низкотемпературного отделения (собственно камеры) и неохлаждаемого тамбура (предкамеры). Камеру собирают на месте ее установки из 11 щитов. Два щита имеют двери (в тамбур и камеру). Щиты стен и потолка облицованы с двух сторон фанерой либо древесностружечной плитой. Щиты пола облицованы вагонкой. Щиты камеры окрашены с двух сторон эмалевой краской либо нитрокраской. Щиты пола снизу покрыты битумом, а сверху грунтом. Пол камеры и тамбура обшиты металлическими листами. Масса наибольшей панели 180 кг, размеры ее 2200 × 2160 × 180 мм. Камера и тамбур освещают светильниками типа РН-60. Площадь пола камеры 3 м<sup>2</sup>, тамбура 1,5 м<sup>2</sup>. Объем камеры 5,9 м<sup>3</sup>, тамбура 3,2 м<sup>3</sup>. Размер дверей в свету 765 × 1665 мм. Масса камеры

с полной загрузкой составляет около 2100 кг. Нагрузка на 1 м<sup>2</sup> пола составляет 316 кг. Под потолком низкотемпературного отделения размещены три трехсекционных испарителя И-76 площадью поверхности по 9,02 м<sup>2</sup> каждый.

Габаритные размеры испарителя: 1542 × 60 × 520 мм. Испарители подключены параллельно к одному ТРВ-2. Под испарителями укреплен разрезной желобчатый поддон с трубкой для отвода конденсата в сосуд, установленный на полу камеры.

## ЛЬДОГЕНЕРАТОРЫ

Льдогенератор «Торос-2» предназначен для приготовления прозрачных пластинок пищевого льда в ресторанах, барах, столовых, магазинах, торгующих напитками, а также медицинских учреждениях, лабораториях и т. п.

*Техническая характеристика льдогенератора  
«Торос-2»*

Производительность (при температуре окружающего воздуха 15°C и толщине льда 10 мм), кг/сутки	40 ± 5
Толщина льда (регулируемая), мм	8—16
Запас льда в бункере, кг	25
Допустимый диапазон давления воды на входе в льдогенератор, кПа (кгс/см <sup>2</sup> )	20—60 (~0,2—6)
Марка холодильного агрегата	BCp0,35~1AJI
Масса заряжаемого холодильного агента (фреон-12), кг	0,750
Источники питания	однофазная сеть переменного тока
напряжение, В	220
частота, Гц	50
Номинальная мощность, кВт	0,3
Электродвигатель насоса	
тип	ABE-042-4M
мощность, Вт	18
частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	1300
Электродвигатель шупа	
тип	ДЕМ2-П-220
мощность, Вт	4
частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	2
Габаритные размеры, мм	
длина	555
ширина	685
высота	1100
Масса, кг	115

Льдогенератор (рис. 1—24) имеет вид шкафа, верхняя часть его изолирована; в ней расположены испаритель, насос, водосборник, ванна, режущая решетка, бункер для хранения льда. В нижней неизолированной части шкафа размещены холодильный агрегат и щит электрооборудования.

Испаритель изготовлен из двух листов нержавеющей стали. Верхний лист имеет гладкую поверхность с бортами по трем сторонам. На ней замораживается лед. В нижнем листе выштампованы каналы для прохода фреона. Листы испарителя сварены между собой роликовой и точечной сваркой.

По наружному периметру испарителя припаяна трубка. Через нее в период оттаивания пропускают горячие пары фреона.

Центробежный насос расположен в ванне, заполненной водой. Нагнетательная труба насоса соединена с коллектором испарителя гибким шлангом. Вода в ванну поступает из водопровода через поплавковое устройство. В ванне есть патрубки для слива воды и перелива.

В верхней части испарителя расположен коллектор, имеющий сверления по всей длине.

Через него вода подается на испаритель. Незамерзшая вода стекает в ванну. Для контроля толщины льда, образующегося на испарителе во время цикла замораживания, льдогенератор снабжен специальным устройством с шупом и микроэлектродвигателем.

Режущая решетка состоит из двух рядов никромовых струн, расположенных взаимно перпендикулярно, закрепленных на раме посредством пластинчатых пружин и нагреваемых электрическим током.

При оттаивании пластины льда, сползая с испарителя, попадают на сетку струн, режутся на кубики и падают в бункер. После сползания льда с испарителя шуп возвращается в исходное положение. Микропереключатель выключает соленоидный вентиль, включает электродвигатели шупа, насоса и вентилятора. Начинается новый цикл.

Циклическая работа льдогенератора продолжается до загрузки бункера льдом. Кожух с капилляром бункерного термостата расположен сверху бункера под режущей решеткой. В случае прикосновения пластинок льда к кожуху капилляра срабатывает бункерный термостат и льдогенератор выключается. При разборе или подтаивании льда кожух капилляра освобождается и льдогенератор включается.

Электрическая схема льдогенератора выполнена на однофазное напряжение 220 В переменного тока.

## ОХЛАЖДАЕМЫЕ ТОРГОВЫЕ АВТОМАТЫ

По виду выполняемых операций торговые автоматы подразделяются на две группы: для приготовления и продажи товаров; для продажи готовых товаров.

Автоматы первой группы, кроме отпуска товаров, производят различные технологические операции: насыщение напитка углекислым газом; перемешивание, растворение и разогрев различных продуктов. Автоматы второй группы производят только отпуск товаров в таком виде, в каком они были загружены.

В зависимости от физического состояния отпускаемого товара автоматы предназначаются для продажи штучных, жидких и сыпучих товаров.

По способу установки различают автоматы для индивидуальной и групповой установки.

В зависимости от конструкции автоматы предназначаются для продажи одного или нескольких видов продуктов. Многовариантные автоматы оборудованы отдельными секциями для хранения различных товаров и устройствами для их выбора покупателем.

Автомат АТ-100 предназначен для приготовления и продажи газированной воды (с

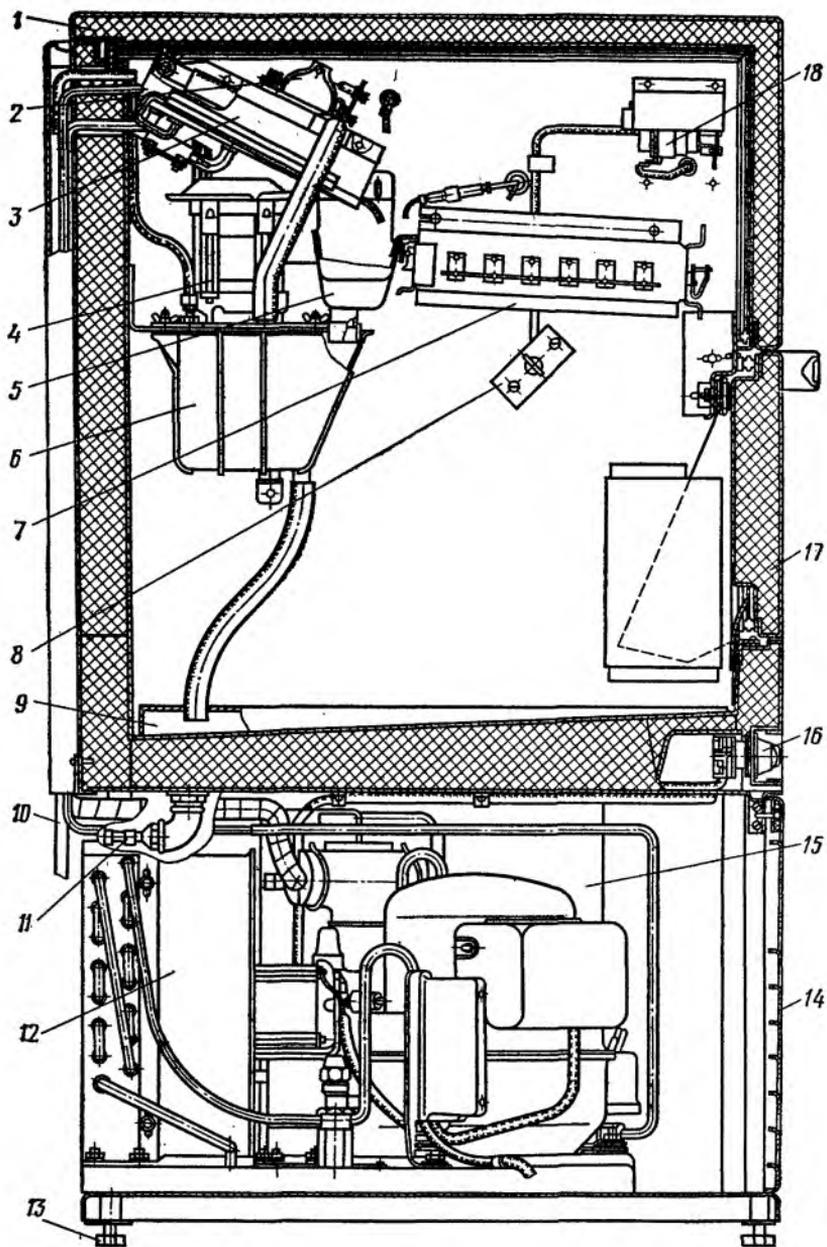


Рис. I-24. Льдогенератор «Торос-2»:

1 — крышка; 2 — шуп; 3 — испаритель; 4 — насос; 5 — водосборник; 6 — ванна; 7 — решетка режущая; 8 — кожух капилляра; 9 — лист съемный; 10 — трубка; 11 — штуцер; 12 — холодильная машина; 13 — ножка; 14 — решетка вентиляционная; 15 — крышка; 16 — переключатель; 17 — дверь бункера; 18 — бункерный термостат.

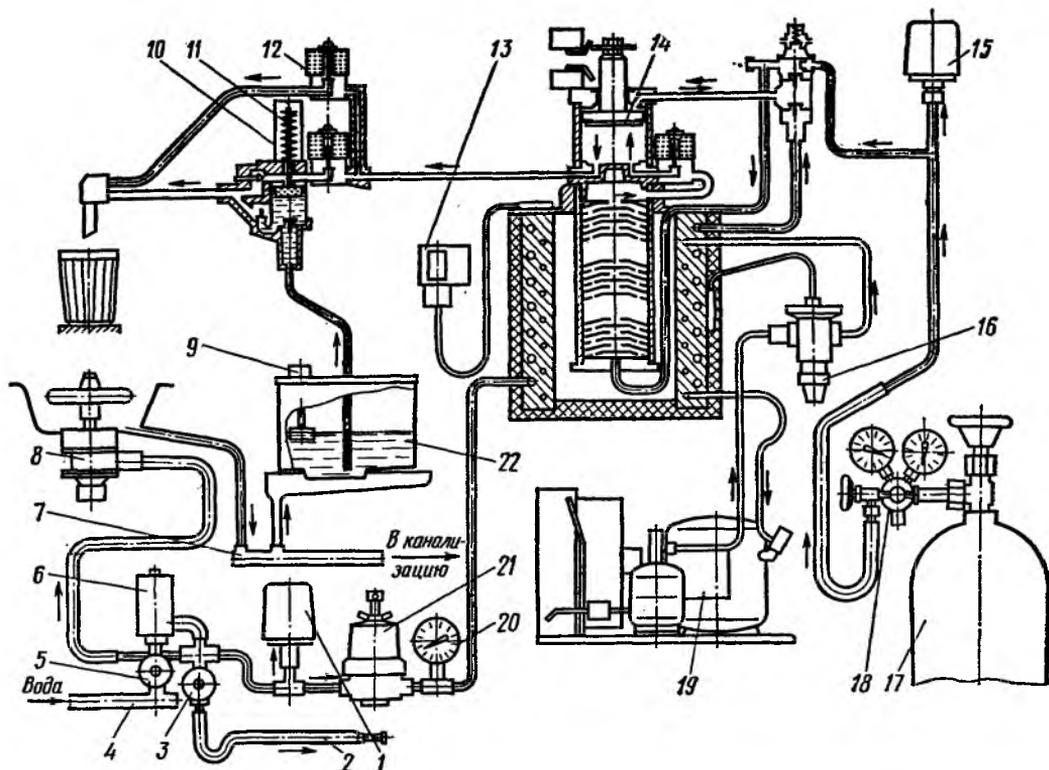


Рис. I-25. Автомат АТ-100С:

1 — реле давления; 2 — шланг; 3, 5 — вентили; 4 — коллектор ввода воды; 6 — фильтр; 7 — коллектор слива; 8 — стаканомойка; 9 — поплачковое реле; 10 — приспособление для отпуска сиропа; 11, 12 — соленоидные клапаны; 13 — термореле; 14 — сатуратор-водоохладитель; 15 — реле давления углекислого газа; 16 — терморегулирующий вентиль; 17 — баллон; 18 — углекислотный редуктор; 19 — холодильный агрегат; 20 — манометр; 21 — редуктор; 22 — бачок для сиропа.

двумя наименованиями сиропа и без сиропа) с выдачей ее в бумажные стаканчики. Модификация указанного автомата для отпуска воды в стеклянные стаканы (рис. I—25) имеет индекс АТ-100С.

Автомат устанавливают и эксплуатируют как в закрытых помещениях, так и на открытых площадках.

Автомат представляет собой бескаркасный металлический шкаф с дверью, на лицевой стороне которой расположены световая реклама, приемная личина и чаша возврата монет монетного механизма, ниша выдачи напитков и кнопки выбора вида напитка с информационной табличкой.

На задней стенке автомата находятся штуцер для подвода воды, коробка ввода силовой электросети и отверстие для ввода шланга углекислотного баллона при установке послед-

него вне автомата. С внутренней стороны двери установлены экран лампы световой рекламы, монетный механизм, касса для сбора монет и корпус ниши выдачи напитков.

В корпусе автомата смонтированы электрощит, щиток с реле давления воды и газа и водяным редуктором, водоохладительный агрегат с сатуратором, сиропные механизмы и два сиропных бака, под которыми расположен бак для слива остатков воды. Дверь автомата запирается специальным натяжным запором, обеспечивающим плотное прижатие двери к шкафу и уплотнение ее в верхней части за счет сжатия прокладки из микропористой резины.

При эксплуатации автомата в его корпусе устанавливают углекислотный баллон емкостью более 10 л, который закрепляют специальной скобой.

*Техническая характеристика автомата АТ-100*

Количество покупателей, одновременно обслуживаемых автоматом	1
Ассортимент отпускаемых газированных напитков	
с сиропом	2
без сиропа	1
Производительность автомата, доз/мин при нормальных условиях	4—5
при пониженном давлении воды 0,06—0,08 МПа (0,6—0,8 кгс/см <sup>2</sup> ) на входе, не менее	2
Доза газированной воды, мл	
нормальная	180±10
возможная регулировка в пределах	160—200
точность регулировки	±10
Доза сиропа, мл	
номинальная	20±1
возможная регулировка в пределах	15—20
точность регулировки	±1
Степень насыщения воды углекислотой, %	0,4
Количество сиропных баков, шт.	2
Емкость сиропного бака, л	11
Система заправки сиропом	индивидуальная
Температура отпускаемого напитка, °С	8—12
Тип монетного механизма 2М1-3	комбинированный
Тип водоохлаждающей машины	ВМП-45
базовый компрессор	ФР 0,45~3
водоохладитель	СА-1А
автосатуратор	УС-2
термореле	ТР-1-02Х
терморегулирующий вентиль	ТРВ-2М
Электропитание	
ток	трехфазный
напряжение, В	220/380
частота, Гц	50
Установленная мощность, кВт	0,56
Потребляемая мощность, кВт	0,45
Избыточное давление воды в водопроводной сети, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не более	0,6(6)
Емкость механизма выдачи бумажных стаканчиков, шт.	600
Число кассет для бумажных стаканчиков, шт.	12
Привод механизма выдачи бумажных стаканчиков	электро-механический
Нормальные условия работы автоматов	
давление воды на входе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,2±0,05 (2±0,5)
давление углекислого газа, МПа(кгс/см <sup>2</sup> )	0,45±0,05 (4,5±0,5)
температура подводимой воды, °С, не более	25

температура окружающего воздуха, °С	5—35
относительная влажность воздуха, %, не более	90
допускаемые колебания напряжения электросети, %	5; —15
Габаритные размеры, мм	
высота	1765
ширина	725
глубина	720
Масса (без баллона с углекислотой, сиропа и бумажных стаканчиков), кг	265

Автомат АТ-100С для отпуска воды в стеклянные стаканы оснащен стаканомойкой СМ-3П. Установленная мощность этого автомата 0,43 кВт, потребляемая мощность 0,35 кВт. Масса автомата 250 кг.

*Автомат АВ-1* (рис. 1—26) предназначен для приготовления и бесплатного отпуска охлажденной газированной, негазированной и подсоленной воды (концентрация поваренной соли 0,5%) на промышленных предприятиях.

*Техническая характеристика автомата АВ-1*

Средняя производительность	
доз/мин	3 по 200 мг
л/ч	30
Нормальные условия работы	
температура окружающего воздуха °С	от 5 до 35
температура воды на входе, °С	25
не более	
давление воды на входе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,06—0,6 (0,6—6)
колебания напряжения электросети, %	+5÷—15
температура отпускаемой воды, °С	8—12
потребляемая мощность, кВт	0,40
электропитание	
сеть	однофазная
напряжение, В	220
частота, Гц	50
Габаритные размеры, мм	
высота	1250
ширина	566
длина	560
Масса (без углекислотного баллона), кг	140

Автомат представляет собой бескаркасный металлический шкаф с открывающейся спереди дверью и откидывающейся верхней частью, на крышке которой смонтирован четырехкнопочный блок выбора напитка, а на поддоне — стаканомойка и решетка с гнездом для установки стакана.

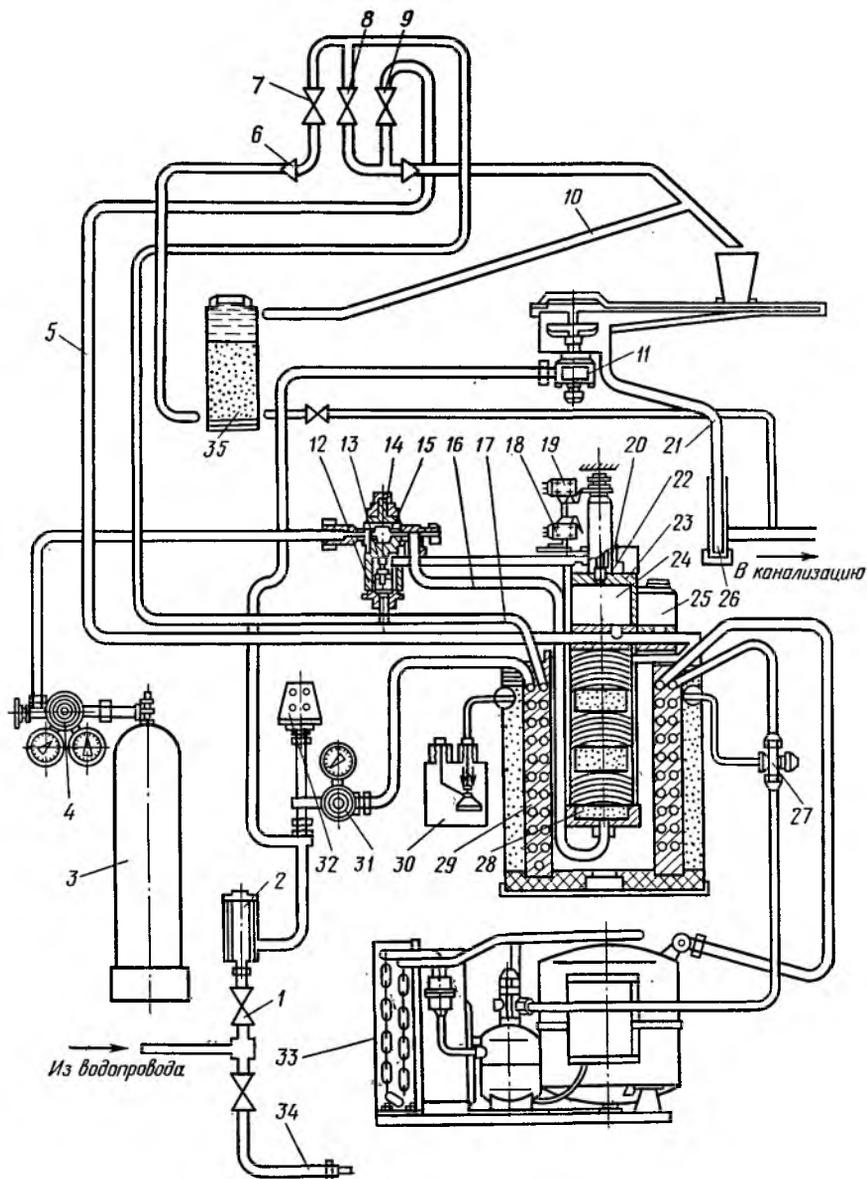


Рис. I-26. Автомат АВ-1:

1 — вентиль; 2 — фильтр водяной; 3 — баллон с углекислотой; 4 — углекислотный редуктор; 5 — трубка подачи газированной воды; 6 — дросселирующая шайба; 7 — клапан подачи воды в солевостворитель; 8 — клапан; 9 — клапан отпуска газированной воды; 10 — трубка выдачи концентрированного солевого раствора; 11 — стаканомойка; 12 — клапанная коробка; 13 — нижний обратный клапан; 14 — верхний обратный клапан; 15 — камера ввода углекислого газа; 16 — трубка подачи газа и воды в смеситель; 17 — трубка подачи охлажденной воды; 18 — нижний микропереключатель сатуратора; 19 — верхний микропереключатель сатуратора; 20 — автосатуратор; 21 — сливной шланг; 22 — надпоршневая полость дозатора воды; 23 — поршень дозатора; 24 — цилиндр дозатора; 25 — клапан заполнения; 26 — сливной коллектор; 27 — терморегулирующий вентиль; 28 — смеситель сатуратора; 29 — водоохладитель; 30 — термореле; 31 — редуктор водяной; 32 — реле давления воды; 33 — водоохладительная машина; 34 — шланг для санитарной обработки; 35 — солевостворитель.

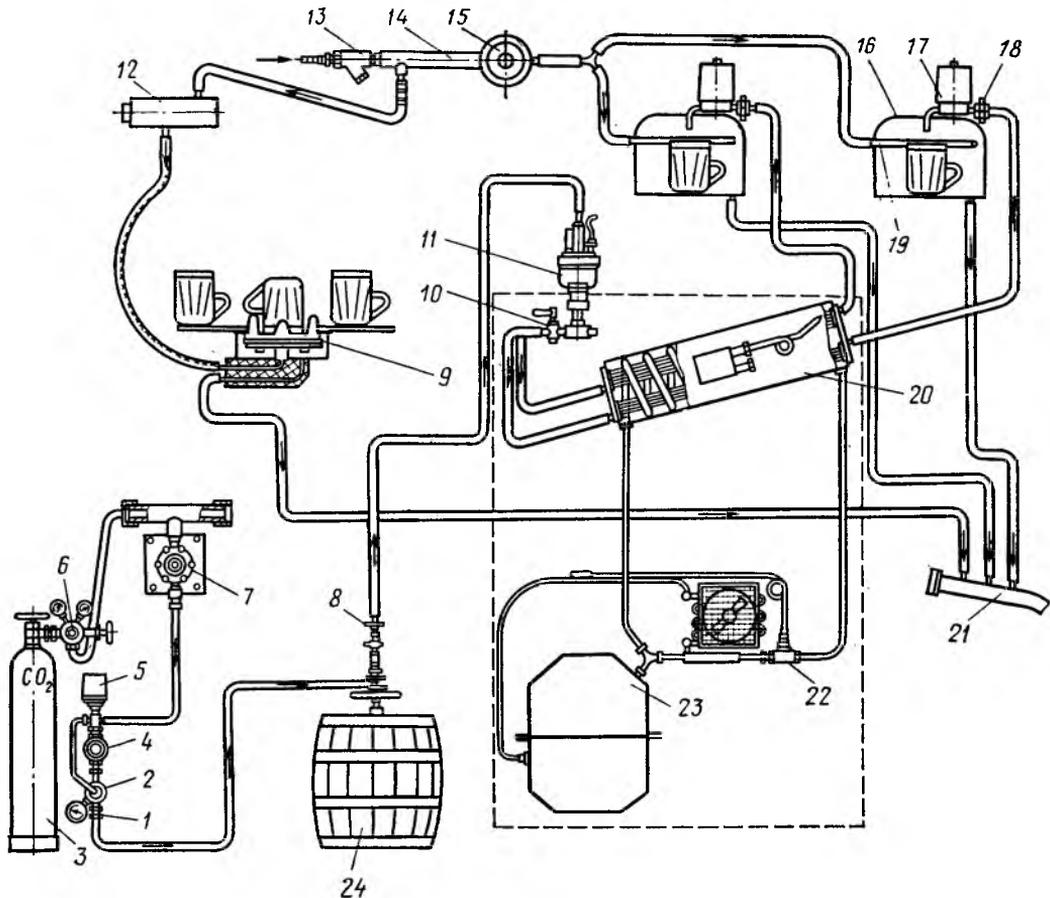


Рис. 1-27. Автомат АТ-49П:

1 — манометр; 2 — обратный клапан; 3 — баллон; 4 — газовый редуктор; 5 — реле давления; 6 — углекислотный редуктор; 7 — вентиль; 8 — шпунтовая головка; 9 — кружкомойка; 10 — пробковый кран; 11 — реле наличия жидкостей; 12 — кнопочный клапан; 13 — фильтр грубой очистки; 14 — коллектор; 15 — вентиль; 16 — ниша выдачи продуктов; 17 — соленоидный клапан; 18 — фильтр; 19 — ороситель; 20 — пивоохладитель; 21 — коллектор слива; 22 — терморегулирующий вентиль; 23 — холодильный агрегат; 24 — бочка с пивом.

Внутри корпуса автомата расположены холодильный агрегат ВП<sub>р</sub> 0,7 ~ 1А с автосатуратором, вмонтированным в водоохладитель, солерастворитель, фильтр очистки воды, водяные, углекислотные и электрические приборы автоматического регулирования и защиты.

Автомат рассчитан на установку в него углекислотных баллонов средней емкости (по ГОСТ 949—57) 20 и 25 л. При использовании баллонов большей емкости их устанавливают вне автомата в специальном шкафу. В этом случае автомат с углекислотным редуктором соединяют шлангом, рассчитанным на давление не менее 1 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>).

Автосатуратор состоит из дозатора воды

(сатураторного насоса) и смесителя охлажденной воды с углекислым газом. Предохранительный клапан сатуратора срабатывает углекислый газ в атмосферу в случае повышения давления выше 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>).

Оптимальные условия работы автомата — давление воды (после водяного редуктора)  $0,2 \pm 0,05$  МПа ( $2 \pm 0,5$  кгс/см<sup>2</sup>); давление углекислого газа  $0,4 \pm 0,05$  МПа ( $4 \pm 0,5$  кгс/см<sup>2</sup>).

Автомат АВ-1А является модификацией автомата АВ-1 без солерастворителя.

Автомат АТ-49П (рис. 1—27) предназначен для продажи охлажденного бочкового пива в кружки вместимостью 0,25 л.

Пиво к автомату поступает в деревянных бочках, заполненных на пивоваренных заводах. Пиво выдавливается из бочки углекислым газом, поступающим из баллона. Система дозирования — по времени истечения при постоянном давлении и сечении струи.

Автомат устанавливают в закрытых помещениях, а также в летних павильонах в линии с другими автоматами. Автомат состоит из двух секций, смонтированных в одном каркасе. Величина отпускаемой дозы определяется стоимостью различных сортов пива и регулируется в пределах от 200 до 250 мл. Точность дозирования  $\pm 7$  мл.

На лицевой стороне панели автомата расположены световая реклама, приемные личины монетных механизмов, ниши выдачи напитков, полка с кружкой.

Пиво охлаждается в пивоохладителе, испаритель которого через терморегулирующий вентиль подключен к холодильному агрегату.

Вода поступает в автомат от водопроводной магистрали с давлением 0,1—0,7 МПа (1—7 кгс/см<sup>2</sup>).

Редуцирование давления углекислого газа — двухступенчатое, редуктором газового баллона до 0,35—0,6 МПа (3,5—6 кгс/см<sup>2</sup>) и газовым редуктором автомата до 0,04—0,06 МПа (0,4—0,6 кгс/см<sup>2</sup>).

тоит из двух одинаковых секций. Дозирование автомата производится по времени истечения напитка. Отпускаемая доза вина регулируется в зависимости от стоимости от 70 до 200 мл, сока — от 100 до 200 мл.

На лицевой панели автомата расположены две ниши выдачи напитка, рекламные устройства, приемные личины монетных механизмов, ниши со стаканомойками, ниши для хранения стаканов и кнопки стаканомоек. В простенке установлены холодильные машины.

Каждый автомат снабжен холодильным шкафом, в котором расположены две герметичные фляги с соком или вином емкостью 20 л каждая, со специальными съемными крышками для подключения фляг к жидкостным коммуникациям автомата.

Соки и вино подаются к сливным клапанам под давлением очищенного сжатого воздуха, нагнетаемого воздушным мембранным компрессором К-716. Ресивер — сборник сжатого воздуха — снабжен тремя реле давления, два из которых управляют работой компрессора, третий служит для отключения автомата при падении давления до 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>). Постоянное давление в системе обеспечивается газовым редуктором РГ-0,5.

Продукт вытесняется из фляги под давлением воздуха 0,04—0,06 МПа (0,4—0,6 кгс/см<sup>2</sup>) через заборную трубку и устройство контроля последней дозы. Нагнетание воздуха через опущенные до дна фляг трубки обеспечивает получение стабильной дозы независимо от уровня продукта во флягах и создает хорошее перемешивание его.

#### Техническая характеристика автомата АТ-49П

Отпускаемая доза пива, мл	200—250
Производительность автомата, доз/мин, не менее	6
Температура отпускаемого пива, °С	7—14
Температура окружающего воздуха, °С	5—32
Относительная влажность при 20°С, %, не выше	90
Рабочее давление газа, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,04—0,06 (0,4—0,6)
Холодильный агрегат	ВС 0,7~3
Установленная мощность, кВт	0,8
Габаритные размеры, мм	
высота	2060
ширина	1045
глубина	950
Масса, кг	200

Автомат АТ-49СВ (рис. 1—28) предназначен для продажи охлажденных соков и вин в стеклянные стаканы.

Выпускают комплекты, состоящие из двух спаренных автоматов и простенка, установленного между ними. Такая компоновка позволяет одновременно отпускать напитки четырех наименований при одновременном обслуживании четырех человек. Каждый автомат сос-

#### Техническая характеристика автомата АТ-49СВ

Отпускаемая доза, мл	
сока	100—200
вина	70—200
Точность дозирования, мл	$\pm 4$
Производительность спаренного автомата, доз/мин	6
Температура, °С	
отпускаемого напитка	10—15
окружающего воздуха	5—32
Марка холодильного агрегата	ВС 0,7~3
Рабочее давление воздуха, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,04—0,06 (0,4—0,6)
Установленная мощность, кВт	1,3
Габаритные размеры спаренного автомата, мм	2060×1045×700
Габаритные размеры простенка, мм	2035×650×605
Масса двух спаренных автоматов и простенков, кг	550

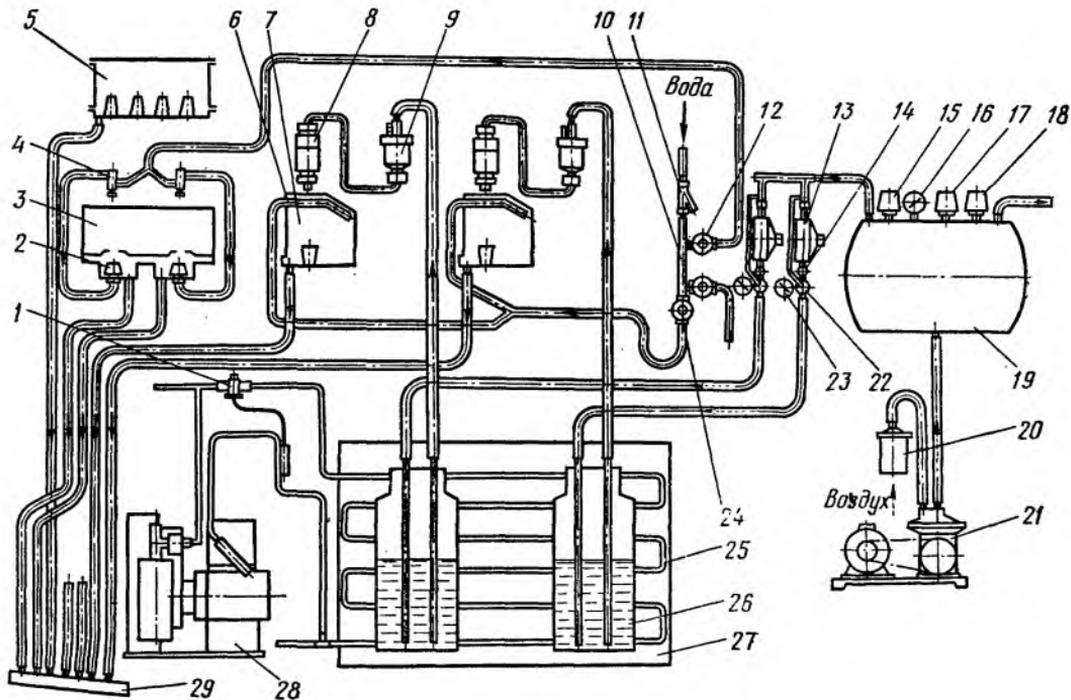


Рис. 1-28. Автомат АТ-49СВ:

1 — терморегулирующий вентиль; 2 — стаканомойка; 3, 5 — ниши; 4 — клапан стаканомойки; 6 — оросительная трубка; 7 — ниша выдачи; 8 — магнитный клапан; 9 — реле наличия жидкости; 10 — коллектор; 11 — фильтр грубой очистки; 12, 14, 24 — вентили; 13 — газовый редуктор; 15, 17, 18 — реле давления; 16, 23 — манометры; 19 — ресивер; 20 — воздушный фильтр; 21 — компрессор; 22 — обратный клапан; 25 — испаритель; 26 — фляга; 27 — холодильный шкаф; 28 — холодильный агрегат; 29 — коллектор слива.

*Полуавтомат АТ-553* предназначен для продажи охлажденных штучных и расфасованных товаров (бутерброды, кондитерские и молочнокислые продукты, полуфабрикаты и т. п.). Конструкция полуавтомата обеспечивает возможность индивидуальной, групповой и совместной установки его с другими автоматами.

Полуавтомат АТ-553 состоит из цельнометаллического шкафа, в верхней части которого находится изотермическая камера и приборный отсек, а в нижней — машинное отделение. Лицевая сторона камеры и приборного отсека закрывается дверью, на которой смонтировано двойное остекление, прикрывающее изотермическую камеру, и поворотные шторки из оргстекла, прикрывающие зону выдачи товара. На дверь выведены рукоятки поворота барабана для выдачи товара, сигнальная лампа, щель для приема и чаша возврата монет. С тыльной стороны охлаждаемая камера за-

крывается сплошной изолированной дверью, а приборный отсек — своей дверью. Охлаждаемая камера изолирована пенопластом толщиной 50 мм. В центре камеры на опорной плите установлена вертикальная ось, на которую надеваются 10 барабанов: шесть низких для продуктов высотой не более 65 мм и четыре высоких для продуктов высотой 100 мм. Каждый барабан имеет 17 мест для загрузки продуктов.

Загрузка полуавтомата может производиться как с тыльной, так и с передней стороны. Способ загрузки поштучный.

Камера охлаждается с помощью холодильного агрегата ВС 0,45 ~ 3 расположенного в машинном отделении. Под потолком камеры смонтирован испаритель, под которым расположен разрезной поддон. Заданный температурный режим поддерживается термостатом. Для контроля температуры внутри камеры установлен термометр. В приборном отсеке

на выдвижной раме размещается монетный механизм с блоком управления, монетопроводами, кассой и двумя бункерными сдатчиками.

*Техническая характеристика  
полуавтомата АТ-553*

Количество видов продаваемого товара	до 10
Загрузочная емкость, шт. одного вида товара	17
полуавтомата	170
Размер трапецидальной ячейки для товара в плане (основание × основание × высота), мм	98 × 40 × 160
Высота товара мм, не более четырех видов	100
шести видов	65
Масса товара, кг, не более	0,2
Время полной загрузки, мин	15
Производительность, отпусков в минуту	3
Температура в охлаждаемом объеме, °С	0—8
Установленная мощность, кВт	0,8
Габаритные размеры полуавтомата, мм	
высота	2050
ширина	1050
глубина	750
Масса, кг	430

*Автомат АТ-550* предназначен для продажи трех видов охлажденных штучных товаров, стоимостью до 99 коп. Эти автоматы устанавливают как индивидуально, так и группами.

Автомат состоит из изотермического шкафа, в котором размещены три выдвижные секции для установки кассет с товаром, монетного механизма с блоком управления и холодильной установки.

Принцип действия автомата основан на вертикальном шаговом перемещении легкоъемных кассет с помощью цепного элеватора, в ячейках которого поштучно уложен реализуемый товар. Кассета представляет собой короб, разделенный по вертикали полками для товара. Доступ к обслуживанию кассет осуществляется с тыльной стороны автомата для чего предусмотрена дверь.

Под изотермической камерой размещается холодильная машина типа ВС 0,7 ~ 3.

*Техническая характеристика  
автомата АТ-550*

Производительность, доз/мин	4—6
Количество покупателей одновременно обслуживаемых автоматом	1
Количество одновременно продаваемых видов товара	3
Загрузочная емкость, шт.	270—495
Размеры ячеек кассет, мм	
тип I	90 × 120 × 150
тип II	90 × 90 × 150
тип III	60 × 120 × 150
тип IV	60 × 90 × 150
Максимальный размер товара, мм	145 × 115 × 85
Электропитание	
ток	трехфазный
напряжение, В	220/380
частота, Гц	50
Допускаемые колебания напряжения в электросети, %	+5—15
Установленная мощность, кВт	2,5
Потребляемая мощность, кВт	0,6
Температура в охлаждаемом объеме, °С	1,8
Габаритные размеры, мм	
ширина	1490
глубина	970
высота	2340
Масса, кг	740

*Автомат АТ-554* (рис. I—29) предназначен для продажи скоропортящихся штучных продовольственных товаров стоимостью до 99 коп.

Автомат устанавливают в витринах и стенных проемах продовольственных магазинов, что позволяет круглосуточно продавать товары.

Автомат рассчитан на эксплуатацию его в помещении с температурой воздуха от 5 до 32°С и температурой наружного воздуха вне магазина до —40°С при наличии тепловой воздушной завесы.

Загрузка автомата и техническое обслуживание осуществляются с тыльной стороны (из магазина или подсобного помещения).

Автомат состоит из изотермического шкафа с секциями для кассет с товаром, блока

управления, вентилятора с калорифером, блока установки цен, окна выдачи со шторками, витринами и кнопками монетной панели и холодильного агрегата.

Особенность конструкции автомата — использование кассетной схемы высокой емкости.

*Техническая характеристика  
автомата АТ-554*

Общая загрузочная емкость, шт.	270—360
Производительность, отпусков в минуту	3—5
Количество одновременно продаваемых видов товара	3
Размеры ячеек кассет, мм	150×120×90 150×90×90
Температура в охлаждаемом объеме, °С	1—8
Установленная мощность, кВт	1,7
Потребляемая мощность, кВт	1,2
Габаритные размеры, мм	1615×1110×2400
Масса, кг	900

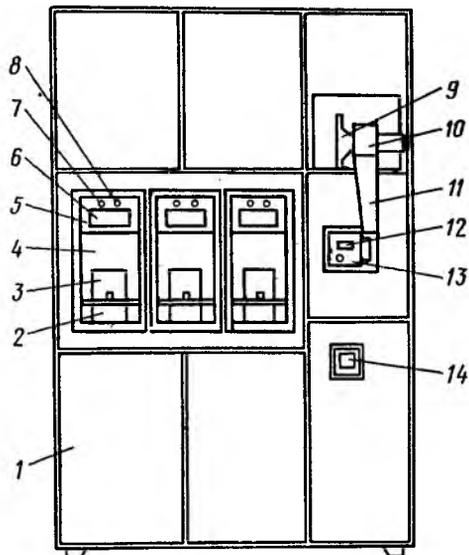


Рис. 1-29. Автомат АТ-554:

1 — шкаф; 2 — окно; 3 — шторка; 4 — ниша выдачи товара; 5 — витрина; 6 — световое табло; 7 — замок; 8 — кнопка выбора товара; 9 — электроннагреватель; 10 — вентилятор; 11 — воздуховод; 12 — индикатор; 13 — личина монетного механизма; 14 — чаша возврата монет.

*Автомат АТ-702Б* предназначен для продажи расфасованного в брикеты мороженого одного наименования. Автомат устанавливается как на открытых площадках, так и в закрытых помещениях; его можно эксплуатировать как отдельно, так и в группе с другими автоматами. Автомат изготовлен в виде бескаркасного цельнометаллического стального шкафа с открывающейся передней дверью. На лицевой стороне двери размещены приемник для монет с кнопкой возврата, чаши возврата монет и выдачи сдачи, рекламное устройство, окно ниши выдачи мороженого. На внутренней стороне двери установлен монетный механизм типа 5МБ15 либо 5МБ20, блок управления монетного механизма, импульсный счетчик, регистрирующий количество проданных порций мороженого, съемная касса, лампы освещения, сигнальное табло, ниша выдачи мороженого.

Монетный механизм 5МБ15 принимает монеты достоинством 15 коп., что позволяет отпускать мороженое по цене 15, 13 и 11 коп. с выдачей сдачи одной либо двумя двухкопеечными монетами. Механизм 5МБ20 принимает монеты достоинством 20 коп. и при продаже мороженого по цене 19 или 15 коп.

выдает сдачу 1 или 5 коп. Наличие в автомате одноименального монетного механизма в сочетании с механизмами выдачи сдачи позволяет реализовывать мороженое различной стоимости. Внутри автомата встроена изотермическая камера, закрывающаяся с фасадной стороны дверью. Ограждающие конструкции камеры заполнены теплоизоляцией — пенопластом толщиной 80—90 мм. Внутри холодильной камеры расположены три элеватора с ячейками для брикетов мороженого, рибристорубный испаритель, охлаждаемый осевым вентилятором, терморегулирующий вентилятор 22ТРВ-0,6В, сосуд для сбора конденсата.

Температурный режим поддерживается с помощью термостата ТР-1-01.

Под камерой расположено машинное отделение, в котором установлен холодильный агрегат ВН 0,35 ~3 с электродвигателем.

При открывании двери автомата блокировочный выключатель отключает электропитание автомата и включает лампу внутреннего освещения. Автомат подключен к сети через помехозащитный фильтр типа НЭ-1.

*Техническая характеристика  
автомата АТ-702Б*

Габаритные размеры брикета, мм, 40×65×120 не более	
Загрузочная емкость, шт. одного элеватора	41
всего автомата	123
Производительность, отпусков в минуту	4
Продолжительность рабочего цик- ла, с	15
Температура в охлаждаемой каме- ре, °С, не выше	-15
Напряжение, В	380/220
Установленная мощность, кВт	0,6
Габаритные размеры, мм	
высота	1830
ширина	940
глубина	690
Масса, кг	330

*Автомат АТ-750М2* предназначен для продажи товаров в бутылках емкостью 0,5<sup>л</sup>. Автомат представляет собой изотермический шкаф, под которым находится машинное отделение. Изотермическая камера автомата состоит из теплоизоляционных щитов, которые скреплены между собой шпильками. С задней стороны камера закрывается дверью, через которую производится загрузка автомата и выгрузка пустых бутылок, а также обслуживание узлов автомата, расположенных внутри камеры.

Со стороны покупателя имеются три окна для выдачи товаров. Слева от окна выдачи находятся: кнопки выбора товара, таблички с наименованием товара, индикаторные лампы фиксирования принятых денег, кнопка и чаша возврата монет.

Механизм автомата, расположенный внутри камеры, представляет собой трехсекционный транспортер с индивидуальным приводом на каждую секцию. Одновременно транспортер выполняет роль полок, на которых хранится запас бутылок. Движение транспортера производится от электродвигателя с червячным редуктором.

Механизм окна выдачи предназначен для выдачи покупателю одной единицы товара и отсекает его от товара, находящегося на транспортере.

Последующая бутылка отсекается внутренней частью створок в момент ее открывания. Для исключения возможности открывания створок и получения неоплаченного товара в закрытом положении створки запираются.

Под изотермической камерой смонтирован холодильный агрегат ВС 0,7 ~ 3, фреоновые

трубопроводы которого соединены с испарителем, расположенным в изотермической камере.

Под испарителем установлен поддон для сбора конденсата. Температура в шкафу поддерживается с помощью термостата.

*Техническая характеристика  
автомата АТ-750М2*

Производительность, отпусков в минуту	6
Количество покупателей, одно- временно обслуживаемых авто- матом	1
Количество секций (одновременно продаваемых видов товара)	3
Загрузочная емкость, шт. полная (бутылками 0,5 л)	300
одной секции	
бутылками 0,5 л	100
бутылками 0,330 л	145
Время загрузки, мин	6
Электропитание	
ток	трехфазный
напряжение, В	220/380
частота, Гц	50
Допускаемые колебания напряже- ния в электросети, %	+5; -15
Установленная мощность, кВт	2,7
Температура в изотермическом шкафу, °С	1-8
Температура окружающего возду- ха, °С	5-35
Габаритные размеры, мм	
длина	1530
глубина	985
высота	2160
Масса автомата без бутылок, кг	740

Способ размещения товара на цепных транспортерах произвольный.

*Автомат АТ-754* предназначен для хранения, быстрого разогрева и продажи сосисок массой по 100 г. Его устанавливают в кафе, закусочных, столовых и на различных предприятиях общественного питания. Сосиски хранятся в холодильном шкафу, смонтированном в автомат. Они разогреваются поштучно в электродной ванне поворотного барабана, в которую после загрузки сосисок наливается подогретый 10%-ный раствор поваренной соли. Загрузка производится навалом с задней стороны автомата, а инкассация денег и заправка бачка соляным раствором — со стороны торгового зала.

Универсальный монетный механизм позволяет реализовывать штучные сосиски различной стоимости.

*Техническая характеристика  
автомата АТ-754*

Загрузочная емкость, шт.	270
Продолжительность цикла, с	36—40
Потребляемая мощность, кВт	7,3
Габаритные размеры, мм	1060×1050×2060
Масса, кг	520

**ИСПЫТАНИЯ ТОРГОВОГО  
ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Торговое холодильное оборудование проходит типовые, периодические, приемосдаточные и эксплуатационные испытания.

Типовым испытаниям подвергают не менее трех образцов каждого типоразмера нового или модернизированного изделия; периодическим — не менее двух изделий каждого типоразмера в год. Типовые и периодические испытания проводят по единой методике в климатических камерах, в которых поддерживаются заданные температура и относительная влажность воздуха.

Приемо-сдаточным испытаниям подвергают все оборудование, выпускаемое предприятием. Их проводят предприятия-изготовители в сборочных цехах или в специально отведенных помещениях при температуре воздуха в пределах 12—32°C.

Эксплуатационные испытания проходят не менее пяти изделий нового или модернизированного оборудования в течение 3 месяцев на предприятии торговли или общественного питания в климатических районах, для которых предназначено данное изделие.

**Типовые и периодические испытания**

В состав типовых и периодических испытаний входят холодильные испытания, определение коэффициента теплопередачи ограждений (холодильные шкафы, камеры), уровня шума и вибраций.

В процессе холодильных испытаний проверяют температуру в охлаждаемом объеме, часовой расход электроэнергии и коэффициент рабочего времени холодильного агрегата; в оборудовании с автоматическим оттаиванием инея — температурный режим в процессе оттаивания.

Уровень шума и вибраций проверяют на оборудовании со встроенными холодильными агрегатами по ГОСТ 11870—66.

Перед началом испытаний устанавливают соответствие изделия технической документации, качество изготовления, прочность от-

дельных элементов (полок, дверей, запоров), герметичность уплотнения дверей, надежность электрической части в соответствии с ГОСТ 13742—69; 17124—71; 13742—73.

*Холодильные испытания*

Изделия, предназначенные для районов умеренного климата, испытывают при температуре воздуха в помещении  $32 \pm 1^\circ\text{C}$  и влажности  $55 \pm 5\%$ ; для южных районов СССР — при температуре  $40 \pm 1^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $40 \pm 5\%$ . Скорость воздуха в помещении на расстоянии 150 мм от изделия допускается не более 0,2 м/с при выключенном холодильном агрегате.

*Закрытое оборудование* испытывают при закрытых дверях без загрузки; при закрытых дверях с загрузкой; с открыванием дверей с загрузкой. Двери шкафов и прилавков открывают на 10 с через каждые 6 мин, двери камер — на 30 с через каждые 20 мин. При наличии в изделии двух и более дверей их открывают поочередно.

*Открытое оборудование* испытывают с загрузкой; без загрузки.

Коэффициент рабочего времени холодильного агрегата в опытах без загрузки оборудования и с загрузкой не должен превышать 0,75. Допускается увеличение коэффициента рабочего времени до 1 в опытах с открыванием дверей в загруженном оборудовании закрытого типа.

Коэффициент рабочего времени

$$b = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_c}$$

где  $\tau_p$  и  $\tau_c$  — продолжительность работы и стоянки холодильного агрегата.

Оборудование испытывают полностью укомплектованным. Каждый опыт начинают при установленном режиме, при котором средняя температура в изделии и снаружи колеблется не более чем на  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Опыт продолжают 2 ч при непрерывной работе холодильного агрегата и не менее 4 ч при циклической.

Охлаждаемый объем загружают пакетами, заполненными различными имитаторами продуктов. В качестве имитаторов рекомендуется оксигетилметилцеллюлоза («Тилоз»), а также агар, агароид, опилки, деревянные бруски, жидкое мыло, вода. Пакеты и деревянные бруски должны иметь форму параллелепипеда с размерами  $50 \times 100 \times 200$ ,  $50 \times 100 \times 100$  и  $25 \times 50 \times 100$  мм. Масса одного пакета соответственно 1000, 500 и 250 г с предельным отклонением  $\pm 3\%$ . Пакет оборачивают синтетической пленкой или другим материалом, препятствующим влагообмену наполнителя с

окружающим воздухом. Пакеты герметизируют. Часть пакетов снабжают температурными датчиками.

Температура имитаторов, загружаемых в испытуемый объект, и температура объекта должны быть близки. Пакеты с датчиками температуры располагают в местах измерения температуры воздуха в опытах без загрузки.

Химический состав «Тилоза» (г) приведен ниже.

Окись этилметилцеллюлоза	230
Хлористый натрий	5
(для создания температуры замерзания — 1°C)	
Парахлорметакрезол	0,8
Вода (количество, необходимое для достижения общей массы пакетов)	1000

Значение энтальпии «Тилоза», отклонения от указанных величин допускаются в пределах 10%.

Другие имитаторы, применяемые вместо «Тилоза», должны иметь примерно одинаковую с ним энтальпию

Температура, °C	—40	—20	—10
Энтальпия, кДж/кг (ккал/кг)	0	39(9,3)	73(17,4)

Температура, °C	0	+10	+20
Энтальпия, кДж/кг (ккал/кг)	297(71,0)	334(79,5)	371(88,5)

Заполнитель из агара и агароида содержит 20 г агара (по ГОСТ 6470—53) или агароида (по утвержденным химическим условиям) и 1000 г воды.

Закрытое оборудование загружают имитаторами соответственно их емкости, указанной в паспорте, открытое оборудование — до линии загрузки.

Вначале проводят опыты без загрузки изделия. Если при этом коэффициент рабочего времени агрегата превышает 0,75, определяют холодопроизводительность агрегата по ГОСТ 17240—71.

При удовлетворительных результатах изделие испытывают на всех режимах.

В процессе испытаний измеряют температуру и влажность окружающего воздуха, температуру воздуха и имитаторов в охлаждаемом объеме, температуру воздуха перед конденсатором (для встроенных агрегатов), давление кипения и конденсации, расход электроэнергии.

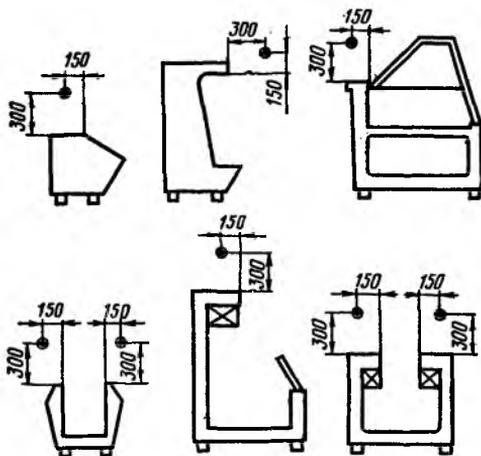


Рис. 1-30. Точки замера температуры окружающего воздуха для различных типов изделий.

Температуру воздуха в охлаждаемом объеме измеряют у центров всех стенок оборудования на расстоянии 100 мм. Температуру окружающего воздуха в витринах и прилавках измеряют в точках, указанных на рис. 1—30, в камерах у центров вертикальных стенок на расстоянии 150 мм.

Расчетную температуру определяют как среднее арифметическое из всех измеренных величин.

При проверке системы оттаивания инея определяют температуру в охлаждаемом объеме, продолжительность оттаивания инея с испарителя, длительность выхода установок на нормальный температурный режим после оттаивания, надежность работы системы оттаивания.

#### Определение коэффициента теплопередачи ограждений

Коэффициент теплопередачи ограждений  $k$  [Вт/(м<sup>2</sup>·К)] определяют тепловым методом с обогревом оборудования изнутри. Для обогрева используют трубчатые электронагреватели или экранированные лампы накаливания.

Испытания проводят при трех температурах в объекте: 35, 42 и 50°C при температуре наружного воздуха  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . В опытах регистрируют температуру воздуха внутри и снаружи объекта и мощность нагревателей. Температуру воздуха внутри объекта измеряют у центров всех стенок на расстоянии 100 мм, снаружи — у центров вертикальных стенок на расстоянии 150 мм.

Испытания проводят в течение 3 ч (не менее) после достижения установившегося режима и повторяют 3 раза. Показания измерительных приборов записывают через каждые 15 мин.

Установившимся режимом считается состояние, при котором температура внутри (и снаружи) объекта отклоняется не более чем на  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ , изменение температуры за время опыта не превышает  $0,1^\circ\text{C}$ , напряжение колеблется в пределах 1%:

$$k = \frac{N}{F(t_B - t_C)},$$

где  $N$  — суммарная мощность электронагревателей, Вт;

$F$  — площадь поверхности ограждений изоляционной конструкции, подсчитанная по их средней плоскости,  $\text{м}^2$ ;

$t_B$  и  $t_C$  — температуры воздуха соответственно внутри и снаружи объекта, определенные как средние показания приборов, измеряющих температуру.

По полученным значениям строят график зависимости коэффициента теплопередачи от средней температуры стенки.

Экстраполируя этот график, можно определить коэффициент теплопередачи ограждений объекта в рабочих условиях при охлаждении объекта.

### Приемо-сдаточные испытания

Задача испытаний — проверка соответствия изделия требованиям отраслевого стандарта ОСТ 27-07-151—73 и ГОСТ 13742—68. В программу испытаний входит также проверка качества сборки, плотности закрытия дверей, правильности монтажа электросхемы.

Оборудование с агрегатами, встроенными в контур изделия, проверяют на охлаждение при температуре окружающего воздуха в пределах  $12—32^\circ\text{C}$  в течение 2 ч при установленном режиме без загрузки изделия и без открывания дверей. Определяют температуру в охлаждаемом объеме, коэффициент рабочего времени. Проверяют герметичность системы, уровень шума и вибрации установки.

Температуру измеряют в центре охлаждаемого объема изделия. Для измерения используют самопишущие приборы.

При соответствии всех показателей технической документации изделие рекомендуется к выпуску; при несоответствии — проверяют еще несколько образцов.

### Эксплуатационные испытания

В процессе испытаний определяют техническое состояние всей холодильной установки, соответствие ее технической документации. Проверяют, насколько удобно изделие для продавца и покупателя, определяют температурный режим, проверяют надежность системы оттаивания.

Продолжительность эксплуатационных испытаний каждого объекта — не менее 3 месяцев, причем в первую неделю наблюдений должны осуществляться ежедневно, а в последующем — не реже одного раза в неделю. Записи за указанный срок необходимо вести не менее 6—7 ч в сутки.

Температура в объекте, окружающего воздуха и в машинном отделении измеряется термометрами и регистрируется термографами. Продолжительность и количество циклов определяется с помощью циклографа либо специального счетчика пиков.

Испытуемый объект должен удовлетворять следующим требованиям: температура в охлаждаемом объеме при соблюдении правил эксплуатации должна быть равна расчетной с отклонениями не более  $1,5^\circ\text{C}$  коэффициент рабочего времени может превышать расчетный не более чем на 15%.

### Измерительные приборы

Для измерения температуры используют термолары, термометры сопротивления, ртутные термометры; для контроля температуры — термографы, электронные мосты и самопишущие потенциометры.

Давление во фреоновой системе измеряют манометрами и мановакуумметрами класса 1,0 по ГОСТ 8625-59 с верхним пределом измерений не более  $6 \text{ кгс/см}^2$  ( $0,6 \text{ МПа}$ ) для давления всасывания и не более  $16 \text{ кгс/см}^2$  ( $1,6 \text{ МПа}$ ) для давления нагнетания — для фреона-12 и соответственно не более 10 и  $25 \text{ кгс/см}^2$  (1 и  $2,5 \text{ МПа}$ ) для фреона-22.

Относительную влажность воздуха измеряют аспирационным психрометром. Напряжение и силу тока измеряют соответственно вольтметром и амперметром класса 0,5 по ГОСТ 8711—60. Электрическую прочность изоляции проверяют мегомметром. Расход электроэнергии определяют электросчетчиком класса 2,0 по ГОСТ 6570—60.

Продолжительность работы и стоянки агрегата измеряют секундомером с точностью до 10 с и контролируют циклографом. Скорость воздуха измеряют крыльчатым или электрическим анемометром. Сопротивление электрической изоляции проверяют омметром клас-

са точности не ниже 1,5 по ГОСТ 8038—60 при испытательном напряжении постоянного тока 500 В.

Электрическую прочность изоляции проверяют, прикладывая исполнительное напряжение 1000 В (частота тока 50 Гц, мощность не менее 0,5 кВт·А) между токоведущими и доступными для прикосновения металлическими частями камеры.

Прочность двери и ее элементов проверяют, открывая дверь на угол не менее 40° 20—30 раз в 1 мин при неработающем холодильном агрегате. Усилие открывания двери проверяют динамометром по ГОСТ 13837—68.

Уплотнение двери изделий контролируют по всему периметру уплотнителя через каждые 250 мм с помощью полоски немагнитного материала толщиной 0,1 мм (например, бумагой шириной 100 мм). При закрытой двери полоска должна удерживаться уплотнителем.

Механическую прочность полок проверяют в течение 1 ч под равномерно распределенной нагрузкой, равной 5 МПа (50 кгс/м<sup>2</sup>). Герметичность холодильной системы проверяют галлоидным течеискателем.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТОРГОВОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МАЛЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Техническое обслуживание охватывает часть работ, предусмотренных планово-предупредительным ремонтом (профилактический осмотр и малый ремонт), а также работы по консервации оборудования (при необходимости) и устранению внезапных отказов, которые не поддаются прогнозированию.

### Организация планово-предупредительного ремонта

Планово-предупредительный ремонт (ППР) торгового холодильного оборудования и малых холодильных установок со стандартной холодопроизводительностью до 10 кВт (~ 9 тыс. ккал/ч) включает следующие виды работ:

*технический уход* за действующим оборудованием в процессе эксплуатации: наблюдение за состоянием оборудования, выполнение правил технической эксплуатации (санитарная обработка, оттаивание снеговой шубы с испарителей и др.) и техники безопасности;

*профилактический осмотр* оборудования — комплекс мероприятий, обеспечивающих поддержание оборудования в состоянии пос-

тоянной технической готовности: контроль технического состояния, устранение мелких неисправностей, проверка и наладка режима работы;

*малый (текущий) ремонт* — наименьший по объему вид ремонта, при котором заменой или восстановлением небольшого количества изношенных деталей, регулированием приборов, смазкой механизмов обеспечивается нормальная эксплуатация установки до очередного малого ремонта;

*капитальный (восстановительный) ремонт* — наибольший по объему вид ремонта, при котором производится полная разборка машины, ремонт базовых и других деталей и узлов, сборка, регулирование и испытание, т. е. полное восстановление всех параметров (утраченных в процессе эксплуатации) в соответствии с техническими условиями или ГОСТом.

За организацию и проведение технического ухода за оборудованием в торговых предприятиях несет ответственность лицо, назначенное приказом руководителя предприятия (заместитель руководителя, главный инженер, инженер по оборудованию или другое лицо в зависимости от структуры предприятия).

Профилактический осмотр, малый и капитальный ремонты оборудования производят специализированные комбинаты холодильного оборудования (СКХО) или специализированные комбинаты по торговой технике.

Капитальный ремонт малых холодильных установок рассмотрен в томе «Эксплуатация холодильников» справочника «Холодильная техника».

Техническое обслуживание в каждом конкретном торговом предприятии производится звеном механиков или механиком комбината. При этом механик комбината обслуживает от 50 до 200 холодильных установок в зависимости от его квалификации, территориального расположения, сложности и холодопроизводительности оборудования.

Малые холодильные установки в предприятиях торговли и общественного питания обслуживает комбинат на договорных условиях. Широкое распространение получила система комплексного технического обслуживания, разработанная и внедренная Московским специализированным комбинатом холодильного оборудования, при которой комбинат за одну стоимость, взимаемую по договору, производит профилактический ремонт, малый ремонт и устранение внезапных отказов оборудования по вызовом обслуживаемого предприятия, а также капитальный ремонт.

Механик комбината производит в плановом порядке на предприятии по установленному графику профилактический осмотр тор-

гового холодильного оборудования и малых холодильных установок не реже одного раза в 3 месяца и текущий ремонт каждые полгода (преимущественно в зимний период). Внезапные отказы, возникающие в период между плановыми ремонтами, устраняются механиком комбината по вызову лица, ответственного за эксплуатацию холодильных установок в предприятии.

По окончании работ по ремонту холодильных установок составляется акт выполненных работ, который подписывается механиком комбината, руководителем предприятия и заверяется печатью предприятия. Этот акт является основанием для выплаты механику заработной платы и списания израсходованных при ремонте оборудования материалов, запасных частей и приборов автоматики.

Сведения о техническом состоянии холодильной установки, о произведенных работах по ремонту и предписания, связанные с соблюдением правил эксплуатации оборудования, техники безопасности и противопожарной безопасности, записываются механиком комбината в журнал технического обслуживания установок.

## Профилактический осмотр

При посещении холодильной установки по графику для профилактического осмотра механик комбината производит осмотр технического состояния оборудования, проверяет режим работы, выполняет профилактические работы и при необходимости малый ремонт. Технологическая последовательность работ, выполняемых при профилактическом ремонте холодильного оборудования, следующая:

1. Проверяют режим работы холодильной машины, техническое состояние и комплектность оборудования:

определяют температуру в охлаждаемом объеме при включении и выключении машины, установив термометр или термограф на среднюю полку шкафа, камеры или прилавка;

к всасываемому вентилю компрессора присоединяют фреоновый мановакуумметр;

проверяют настройку реле низкого давления (или термореле) по давлению всасывания и температуре кипения фреона при выключении и включении компрессора и настройку терморегулирующего вентиля по рабочему давлению всасывания, а также по обмерзанию испарителей и всасывающего трубопровода;

определяют по давлению всасывания и обмерзанию испарителей, достаточно ли фреона в системе;

присоединив мановакуумметр к нагнетательному вентилю, проверяют давление конденсации, наличие воздуха в системе.

2. Устанавливают наличие следов масла на соединениях трубопроводов, свидетельствующих об утечке фреона; галогидной лампой проверяют герметичность всех соединений и устраняют утечки фреона подтягиванием соединений.

3. Натягивают приводные клиновидные ремни холодильного агрегата при их растяжении в процессе эксплуатации, увеличивая межцентровое расстояние между валами компрессора и электродвигателя.

4. Настраивают при необходимости ТРВ, реле давления или температуры на величины, указанные в табл. 1—9.

5. Реле высокого давления на агрегатах с водяным охлаждением конденсатора регулируют на выключение при давлении конденсации фреона-12 1 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>) и фреона-22 1,5 МПа (15 кгс/см<sup>2</sup>), на машинах с воздушным охлаждением конденсатора — на фреоне-12 1,2 МПа (12 кгс/см<sup>2</sup>). Водорегулятор настраивают с таким расчетом, чтобы вода подогревалась в конденсаторе на 10—12°С в зимний период и на 6—8°С — в летний. Давление конденсации фреона-12 и фреона-22 должно быть соответственно около 0,6—0,8 МПа (6—8 кгс/см<sup>2</sup>) и 1,0—1,3 МПа (10—13 кгс/см<sup>2</sup>) при работе на проточной воде.

6. Проверяют и подтягивают все винты крепления деталей электрооборудования и соединений электросхемы.

7. Проверяют техническое состояние заземляющих устройств. Для безопасной эксплуатации холодильного оборудования должны быть обязательно заземлены корпус охлаждаемого объекта, щиток с электропусковыми приборами и холодильный агрегат.

Выключив холодильный агрегат рубильником или кнопкой автомата АП50-ЗМТ (АЕ-2036), проверяют механическую прочность заземляющих проводов. При напряжении в сети 380 В в контрольную лампу на 220 В подключают к заземленному объекту, ее второй провод — к одной из входных клемм рубильника или автомата АП50-ЗМТ. При напряжении в сети 220 В пользуются контрольной лампой на 127 В. Если контрольная лампа загорается полным накалом, заземление исправно, неполным накалом или не загорается — машину отключают и срочно вызывают электрика для устранения повреждения заземляющего устройства и проверки его сопротивления.

Пустив холодильную установку и проверив, что она работает нормально, механик комбината инструктирует персонал, эксплуатирующий оборудование, о правилах пользо-

Параметры настройки ТРВ, реле давления или реле температуры

Охлаждаемые объекты	Температура в охлаждаемом объекте, °С	Настройка реле низкого давления или реле температуры (испарителя)				Настройка ТРВ на рабочее давление <sup>1</sup> , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )
		на выключение при		на включение при		
		$P_0$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	$t_0$ , °С	$P_0$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	$t_0$ , °С	
Шкаф, прилавок, витрина	1—5	0,06—0,07 (0,6—0,7)	—17÷—18	0,22—0,23 (2,2—2,3)	1—2	0,1—0,11 (1,0—1,1)
Камеры для хранения фруктов	4—6	0,1(1,0)	—12	0,24(2,4)	1—2	0,12—0,13 (1,2—1,3)
молочных продуктов	2—4	0,08(0,8)	—15	0,22(2,2)	1	0,1—0,11 (1,0—1,1)
гастрономических товаров						
мяса	—1÷+1	0,05(0,5)	—20	0,18(1,8)	—3	0,08—0,09 (0,8—0,9)
рыбы	—3÷—1	0,04(0,4)	—22	0,16(1,6)	—5	0,06—0,07 (0,6—0,7)
Камера, витрина или прилавок низкотемпературные с холодильной машиной, работающей						
на фреоне-12	—13÷—15	0,01—0,02 (0,1—0,2)	—26÷—28	0,05—0,06 (0,5—0,6)	—18÷—20	0,03—0,04 (0,3—0,4)
на фреоне-22	—13÷—15	0,08—0,09 (0,8—0,9)	—26÷—28	0,14—0,15 (1,4—1,5)	—19÷—21	0,1—0,12 (1,0—1,2)

<sup>1</sup> Под рабочим понимают давление, которое устанавливается в линии всасывания через 1—2 мин после включения машины и удерживается в течение 60—70% от времени работы машины до выключения.

вания им, оформляет акт выполненных работ и делает необходимые записи о проведенных работах в журнал технического обслуживания.

### Малый ремонт

При малом (текущем) ремонте оборудования механики комбината выполняют весь объем работ, предусмотренный профилактическим осмотром, и операции, указанные ниже.

1. Заменяют уплотнительную резину, окаймляющую дверь охлаждаемого оборудования, если резина потрескалась и не обеспечивает герметичного прилегания дверей к проему. При неисправности замков и петель дверей охлаждаемого оборудования или ка-

мер их необходимо отремонтировать или заменить.

2. Холодильный агрегат очищают от пыли, отключив его от электросети выключением рубильника или автомата защиты. С рамы агрегата снимают электродвигатель. С конденсатора воздушного охлаждения снимают диффузор вентилятора. Конденсатор очищают от пыли волосистой щеткой и промывают теплой (не выше 50°С) водой. Если ребра конденсатора покрыты липкой грязью, конденсатор промывают 3—5%-ным водным раствором кальцинированной соды. Промывают конденсатор со стороны диффузора, не допуская попадания воды на электрические соединения и клеммную доску герметичного компрессора.

3. С электродвигателя снимают вентилятор, затем электродвигатель разбирают и вы-

*Нормы расхода клиновидных ремней,  
фреона и масла*

Холодильный агрегат	Клиновидный ремень		Фреон-12, кг	Масло ХФ-12-18, кг
	тип	норма расхода, шт.		
ФАК-0,7Е	А-1000	0,4	1,0	0,4
ФАК-1,1Е	А-1000	0,6	1,2	0,4
ФАК-1,5МЗ	А-1000	1,2	1,5	0,4
ВСр0,35~1А	—	—	0,2	—
ВС 0,45;	—	—	0,4	—
ВС 0,55~3	—	—	—	—
ВС 0,7~3	—	—	0,5	—
ВС 1,1~3	—	—	0,6	—
ВН 0,22~3	—	—	0,2*	—
ВН 0,35~3	—	—	0,4*	—
ВН 0,55~3	—	—	—	—
ИФ-56М	А-1250	1,2	3,0	0,8
АКФВ-4М	Б-1400	1,5	4,0	0,8
АКФВ-6	Б-1400	2,0	6,0	0,8
АК1-6, АКВ1-6	—	—	3,0	—
АК1-9, АКВ1-9	—	—	4,0	—

\* Фреон-22

нимают ротор с подшипниками. Подшипники промывают в бензине, при необходимости их заменяют. Подшипники качения смазывают жировым солидолом марки Т (универсальная среднетемпературная смазка УС-3 по ГОСТ 1033—51). При температуре окружающего воздуха более 30°C подшипники смазывают жировым консистентным (универсальная тугоплавкая смазка УТ-1 по ГОСТ 1957—52). Подшипники скольжения смазывают (один раз в 3 месяца) индустриальной смазкой ИПК по ГОСТ 5649—51. Электродвигатель устанавливают и закрепляют на агрегате так, чтобы крыльчатка вентилятора при вращении не задевала за диффузор конденсатора и зазор между ними был равномерным.

4. Дозаряют фреон в систему. Признаки отсутствия или недостачи фреона: неполное обмерзание испарителей и характерный свист в ТРВ, повышенная температура всасывающего трубопровода и кожуха герметичного компрессора, высокая температура в холодильной камере, шкафу, прилавке или витрине. Дозарядку производят небольшими порциями с последующей проверкой режима работы машины по изменению давления в испарителе и обмерзанию испарителя и всасывающего трубопровода.

5. Добавляют масло до нормы при его недостатке в картере компрессора. Для этого закрывают всасывающий вентиль на систему, отсасывают пары фреона из картера до избыточного давления 0 МПа, и, выключив машину, закрывают нагнетательный вентиль. Отвернув специальную пробку на картере, заливают масло.

Для удаления воздуха, попавшего в картер при добавлении масла, отворачивают на 2—3 нитки накидную гайку на штуцере тройника, нагнетательного вентиля и включают машину. После вакуумирования картера вентили устанавливают в рабочее положение и затягивают гайку.

6. Если приводные клиновидные ремни холодильного агрегата чрезмерно растянулись или расслоились, то их заменяют. Нормы расхода клиновидных ремней, фреона и масла (в год) при эксплуатации холодильных агрегатов приведены в табл. 1—10.

7. Проходные контакты герметичного компрессора очищают щеткой, сняв щиток ограждения клеммной доски. Затем их протирают тканью, смоченной бензином. Наличие пыли на изоляции проходных контактов может привести к замыканию обмоток компрессора на корпус или к межфазному замыканию. Очищают проходные контакты, подтягивают все контакты на клеммной доске.

8. Автоматический выключатель АП50-3МТ или АЕ-2036 очищают от пыли и удаляют копоть с рабочих поверхностей его контак-

тов, а затем при необходимости регулируют.

9. Для осмотра и ремонта магнитного пускателя его отключают от электросети, выключив перед ним автоматический выключатель.

У пускателя снимают крышку кожуха и очищают его от пыли. Затем проверяют крепление деталей пускателя и подтягивают их винты и винты контактных креплений. Следует убедиться в свободном ходе подвижной системы пускателя и исправности его возвратных пружин, включая пускатель нажатием руки на якорь. Когда руку убирают, якорь должен свободно возвращаться в крайнее исходное положение.

При осмотре проверяют раствор (расстояние между подвижными и неподвижными контактами при нахождении якоря в крайнем исходном положении) и провал (ход подвижной системы пускателя с момента замыкания контактов до момента замыкания магнитной системы) главных контактов и блок-контактов. Раствор и провал контактов, ход якоря магнитной системы должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 1—11.

При наличии нагара на поверхности контактов их зачищают тонкой шкуркой, промывают спиртом или ацетоном и вытирают чистой сухой тканью. Зачистка поверхности контактов напильником недопустима, так как это приводит к уменьшению их провала, нажатия и чрезмерному нагреву.

Таблица I—11

Ход якоря магнитной системы, раствор и провал контактов

Величина пускателя	Ход якоря магнитной системы, мм	Раствор, мм		Провал, мм	
		главных контактов	блок-контактов	главных контактов	блок-контактов
1	5,4	3,0	3,0	2,4	2,4
2	9,0	3,5	4,0	3,0	2,5
3	14,0	3,0	4,5	2,5	2,0

Если главные контакты одной из фаз значительно изношены (что чаще всего бывает в эксплуатации), их заменяют запасными независимо от состояния контактов других фаз.

Ненормальное гудение магнитного пускателя может быть вызвано повреждением короткозамкнутого витка на сердечнике магнитной системы, заеданием подвижной системы, снижением напряжения в электросети более чем на 15% от номинального значения и загрязнением или повреждением шлифованных поверхностей якоря и сердечника, что вызывает неплотное прилегание их друг к другу. В последнем случае тщательно очищают или отшлифовывают рабочие поверхности электромагнита. Если гудение не исчезло и наблюдается залипание магнитной системы, проверяют наличие воздушного зазора между средними кернами якоря и сердечника. Если зазор отсутствует, его восстанавливают шлифовкой сердечника до величины не более 0,3 мм.

Недопустимое повышение температуры втягивающей катушки магнитного пускателя в большинстве случаев связано с появлением в ней межвитковых замыканий. В этом случае катушку заменяют новой.

### Консервация холодильных установок и устранение неисправностей

Консервацию холодильной машины производят при необходимости прекратить ее работу на длительный срок. Для этого закрывают жидкостный вентиль, пускают компрессор, отсасывают фреон из системы и конденсируют его. В испарителе оставляют небольшое количество паров фреона для создания избыточного давления, чтобы избежать проникновения воздуха и влаги в систему. После

конденсации фреона выключают рубильник или автомат и перекрывают все вентили агрегата.

Проверяют герметичность системы, ослабляют натяжение ремней, снимают плавкие предохранители, прокладывают промасленную бумагу между контактами магнитного пускателя во избежание случайного пуска машины с закрытыми вентилями. У конденсаторов водяного охлаждения снимают крышки и, приподняв агрегат, полностью сливают воду из трубок конденсатора, чтобы не произошло замерзания воды и разрыва трубок. Если агрегат остается в сыром помещении, электродвигатель демонтируют и хранят в сухом месте. Хромированные детали холодильного агрегата покрывают тонким слоем технического вазелина (универсальной низкоплавкой смазкой УП по ГОСТ 782—59).

Неисправности в холодильной системе и электрооборудовании малых холодильных машин, возможные причины их возникновения и способы устранения дефектов, возникающих при эксплуатации холодильных установок, приведены в приложении 2.

### Инструменты и приспособления для технического обслуживания холодильных установок

Механики СКХО выполняют работы по техническому обслуживанию холодильного оборудования, используя универсальные и специальные инструменты, приборы и приспособления.

К специальным инструментам и приспособлениям относятся трубогиб для гнутья медных труб, труборез для резки медных труб, приспособление для бортовки труб, лампа для определения утечек фреона и пайки трубопроводов, комбинированные ключи для регулировки и затяжки сальников вентиля и ТРВ, съемник для снятия маховиков, шкивов и подшипников с валов компрессоров и электродвигателей, шланг для подсоединения мановакуумметра или баллона с фреоном к вентилю компрессора.

### Правила эксплуатации торгового холодильного оборудования и малых холодильных установок

Повседневный уход за торговым холодильным оборудованием осуществляется персоналом магазина или предприятия общественного питания.

Для проверки температуры в шкафу прилавке, витрине, сборных и стационарных

камерах устанавливают термометры. Загрузка оборудования продуктами не должна превышать допустимую максимальную норму.

Для обеспечения нормального режима хранения необходимо соблюдать следующие требования:

производить загрузку продуктов после достижения заданной температуры в шкафу, прилавке, витрине, камере;

скоропортящиеся продукты загружать из холодильных камер в охлажденном состоянии в среднетемпературное торговое оборудование и в замороженном виде в низкотемпературное торговое оборудование;

горячие блюда (компоты, молоко, закуска и др.) устанавливать в шкаф, прилавок, витрину только после предварительного их охлаждения до температуры окружающего воздуха;

полки шкафов, прилавков, камер нельзя покрывать бумагой, марлей, фанерой: это препятствует свободному движению воздуха и нормальному охлаждению продуктов, продукты следует укладывать и подвешивать неплотно между собой и соблюдать расстояние до стенок 6—10 см;

одновременно хранить разнородные продукты, один из которых обладает резким запахом (например, сельди и сливочное масло, мясо и сыр, рыбу и мясо), недопустимо;

открывать двери шкафов, прилавков, камер следует возможно реже и на короткий срок и затем плотно закрывать.

Слой снеговой шубы на испарителях не должен превышать 4—5 мм. Между ребрами испарителя всегда должно быть свободное от инея пространство. При толщине инея более 5 мм, включают кнопку полуавтоматического оттаивания термореле или удаляют продукты, выключают холодильную машину и открывают дверки оборудования, пока весь иней не растает. Образующуюся при таянии инея воду отводят в бачок. Недопустимо удалять снеговую шубу с испарителей ножами, скребками и другими предметами — это приводит к повреждению испарителей, утечке фреона из системы холодильной машины и выходу ее из строя. Если в прилавке, витрине или шкафу продуктов не имеется, то холодильные машины выключают.

Перед закрытием торгового предприятия проверяют, выключено ли незагруженное торговое холодильное оборудование.

Оборудование необходимо содержать в чистоте. Наружные стенки ежедневно протирают слегка увлажненной тканью, все хромированные детали (ручки, затвор и т. п.) — тканью, слегка пропитанной техническим вазелином по ГОСТ 782—59. Внутренние поверхности оборудования не реже одного раза

в неделю промывают теплой водой с мылом. Затем смывают чистой теплой водой и насухо вытирают, после чего оборудование оставляют на ночь с открытыми дверками для проветривания.

Машину следует периодически протирать, предварительно выключив ее. На ограждении агрегата нельзя укладывать посторонние предметы, агрегат не разрешается загромождать порожней тарой, бумагой и др.

Администрация предприятия должна периодически проводить техминимум и инструктаж персонала, использующего холодильное оборудование.

Механика, обслуживающего оборудование руководство предприятия вызывает, если агрегат работает без остановки или перестал работать; если температура в охлаждаемом объеме выше указанной в паспорте; при появлении масляных пятен на внешней поверхности или около холодильных машин; при обмерзании или стуке компрессора; при появлении искрения, гудения и других признаков неисправностей электродвигателей, пусковой аппаратуры и приборов автоматики; если после остановки компрессора водорегулятор или соленоидный вентиль продолжают пропускать воду через конденсатор.

Руководство предприятия ежегодно организует испытания изоляции электросети и сопротивления защитного заземления.

В предприятии запрещается:

эксплуатировать холодильные машины, не имеющие защитного заземления или зануления металлических частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением при нарушении изоляции (корпуса электродвигателей, магнитных пускателей, каркасы электрощитов и др.);

эксплуатировать холодильные установки после истечения срока очередного ежегодного испытания изоляции электросети и сопротивления защитного заземления;

снимать крышки магнитных пускателей, клеммных коробок электродвигателей, реле давления и других приборов (при этом открываются детали, находящиеся под напряжением);

снимать ограждения с агрегата, а также с вращающихся и движущихся частей оборудования;

пользоваться холодильной установкой, если токонесящие части магнитных пускателей, рубильников, электродвигателей, приборов автоматики не закрыты кожухами, а агрегаты не имеют ограждений, защищающих их от повреждений и предотвращающих прикосновение людей к вращающимся и движущимся частям машины;

принудительно включать холодильную установку при неисправных приборах автоматики и заклинивать электрические контакты приборов;

прикасаться к движущимся частям холодильной машины при работе и автоматической остановке до устранения возможности ее включения;

устанавливать на электрощитах вместо стандартных плавких предохранителей самодельные «жучки»;

не выключив компрессора, перекрывать воду, поступающую на охлаждение конденсатора холодильной установки;

хранить продукты на испарителях, держать в шкафу, прилавке, витрине или камере посторонние предметы;

допускать посторонних лиц к осмотру, ремонту оборудования и регулировке приборов автоматики, а также выполнять эти работы своими силами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Гаевский С. И., Кричевский И. Г., Хавак С. И.* Торговые автоматы. М., «Экономика», 1972. 250 с.

*Зеликовский И. Х., Каплан Л. Г.* Справочник по малым холодильным машинам и установкам. М., «Пищевая промышленность», 1968. 320 с.

*Новое* торговое холодильное оборудование для магазинов самообслуживания. «Холодильная техника», 1973, № 4, с 15—20 Авт.: В. И. Милованов, С. И. Куркин, С. М. Елуфимова, Б. К. Явнель, П. Н. Горбач.

*Отраслевой* каталог. Оборудование для предприятий торговли, общественного питания и пищеблоков. Ч. II. Торговое холодильное оборудование. М., ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1973. 100 с.

## БЫТОВЫЕ ХОЛОДИЛЬНИКИ И МОРОЗИЛЬНИКИ

### БЫТОВЫЕ ХОЛОДИЛЬНИКИ

Бытовые холодильники подразделяются по типу холодильной машины на компрессионные, абсорбционные и термоэлектрические.

Большая часть холодильников, изготовляемых в мире, компрессионные. В СССР их доля в выпуске составляет 90%.

Абсорбционные холодильники по сравнению с компрессионными имеют большие габаритные размеры, массу, расход электроэнергии (в 1,5—2 раза) и меньший объем низкотемпературного отделения. Достоинства их: простота изготовления и бесшумность.

Термоэлектрические холодильники<sup>1</sup> уступают компрессионным по энергетическим параметрам, поэтому их выпускают малыми сериями. Наибольшее распространение получили термоэлектрические холодильники объемом до 60 дм<sup>3</sup>.

### Компрессионные бытовые холодильники

#### *Классификация бытовых компрессионных холодильников*

По назначению различают холодильники для хранения: свежих продуктов; свежих и замороженных продуктов. Холодильники первого типа не имеют низкотемпературного отделения. Их выпускают в незначительном количестве. В соответствии с международными и отечественными стандартами холодильники второго типа подразделяются на три категории: для краткосрочного (несколько дней) хранения замороженных продуктов — температура в низкотемпературном отделении не выше  $-6^{\circ}\text{C}$ ; среднесрочного хранения (до двух недель) — температура не выше  $-12^{\circ}\text{C}$ ; длительного хранения (до 3 месяцев) — температура не выше  $-18^{\circ}\text{C}$ . Для информации потребителей холодильники маркируют соответственно одной, двумя или тремя звездочками. Модели с двумя и тремя звездочками называются двухтемпературными.

Большинство отечественных холодильников относится к первой категории. Маркиров-

ку двумя звездочками имеют холодильники ЗИЛ моделей 62, 63; «Бирюса» — моделей 2, 5, 6; «Полюс-4»; «Минск» — моделей 10, 11.

В США, Канаде и Австралии маркировку звездочками не применяют. Согласно стандартам этих стран двухтемпературные холодильники должны обеспечивать в низкотемпературном отделении температуру не выше  $-15^{\circ}\text{C}$ .

По конструктивному исполнению двухтемпературные холодильники бывают одно-, двух- и многокамерные. В двухкамерных холодильниках теплоизоляционная перегородка разделяет низкотемпературную и плюсовую камеры. Каждая камера снабжена отдельной дверью. В многокамерных холодильниках устроено несколько камер, по крайней мере три, с отдельными дверями, для сохранения широкого ассортимента охлажденных и замороженных продуктов.

По расположению низкотемпературной камеры относительно плюсовой различают двухкамерные холодильники с верхним расположением камеры, нижним и рядом с плюсовой камерой. Наиболее распространен первый тип холодильника, наименее — второй. Холодильники третьего типа выпускаются в большом количестве в США, Канаде.

По способу циркуляции воздуха в камере холодильники подразделяются на три класса: с естественной циркуляцией, с принудительной циркуляцией и с комбинированной циркуляцией (в одной камере — принудительным способом, в другой — естественным). В большинстве стран изготовляют преимущественно холодильники с естественной циркуляцией воздуха. Холодильники с принудительной циркуляцией воздуха широко распространены в США (около 70% выпуска), Канаде, Австралии. Комбинированная циркуляция воздуха используется в некоторых моделях американских и японских двухкамерных холодильников.

По конструктивному исполнению холодильники с естественной циркуляцией воздуха подразделяются на два типа: с одним испарителем и двумя испарителями. Конструкция с двумя испарителями, в которой один испаритель охлаждает низкотемпературное отделение (камеру), второй — плюсовое, используется в двухтемпературных холодильниках.

<sup>1</sup> Сведения о термоэлектрических холодильниках изложены в главе III.

В моделях с естественной циркуляцией воздуха низкотемпературную камеру располагают вверху, при принудительной и комбинированной, — кроме того, внизу или рядом с плюсовой. Нижнее расположение низкотемпературной камеры применяют редко.

По степени автоматизации оттаивания различают холодильники с ручным, полуавтоматическим и автоматическим (частично или полностью) оттаиванием. При ручном оттаивании потребитель сам определяет момент начала и окончания процесса, а также вручную удаляет воду. При полуавтоматическом — потребитель определяет только начало оттаивания, окончание процесса — автоматическое. Вода удаляется вручную или автоматически.

При автоматическом оттаивании все управление процессом и удаление воды происходят без участия потребителя. Частично автоматическое оттаивание — это автоматическое оттаивание одной из двух охлаждающих поверхностей (используется в холодильниках с двумя испарителями). Испаритель плюсового отделения оттаивается автоматически в каждом цикле, а испаритель низкотемпературного отделения — вручную (раз в несколько месяцев). Полностью автоматическое оттаивание — это автоматическое оттаивание всех охлаждающих поверхностей. Полностью автоматической системой оттаивания оснащают лишь холодильники с принудительной циркуляцией воздуха. В остальных конструкциях автоматическую систему оттаивания не применяют, так как частый нагрев испарителя приводил бы к порче замороженных продуктов.

По способу установки холодильники подразделяются на напольные, настенные и встроенные. Напольные холодильники устанавливают на полу помещения, обычно рядом с другим кухонным оборудованием. Напольные аппараты являются самым массовым типом холодильников и в нашей стране, и за рубежом. Настенные холодильники («Визма», «Лига») прикрепляют к стене помещения, при этом высвобождается площадь кухни. Встроенные холодильники встраиваются в конструкцию мебельного блока, составляя с ним одно целое. Блок может быть как кухонным, так и гостиним, например сервант «Снайге-4» и бар «Снайге-9».

По климатическим условиям эксплуатации различают холодильники исполнения У и исполнения Т. Холодильники исполнения У предназначены для эксплуатации в районах с умеренным климатом. Все отечественные холодильники, предназначенные для продажи внутри страны и для экспорта в европейские страны, имеют исполнение У. Они должны обеспечивать требуемые параметры при темпе-

ратурах окружающей среды (воздуха)  $t_{0,c} = 16 \div 32^\circ\text{C}$ . Холодильники исполнения Т эксплуатируют в районах с тропическим климатом. В СССР холодильники исполнения Т изготавливают для экспорта. Холодильники исполнения Т предназначены для работы при температурах окружающей среды  $t_{0,c} = 18 \div 43^\circ\text{C}$ . К холодильникам в тропическом исполнении предъявляются повышенные требования в отношении применяемых материалов, защитных покрытий, заземления, герметизации шкафа и приборов автоматики.

### Устройство компрессионных холодильников

Бытовой холодильник состоит из трех основных элементов: шкафа, холодильной машины и приборов управления. Бытовой холодильник представляет собой металлический шкаф со встроенной в него герметичной холодильной машиной. Внутри шкафа находится одна или несколько камер с полками для размещения продуктов (рис. II—1). Между стенками камер и наружного корпуса шкафа находится теплоизоляция, препятствующая притоку тепла в камеру. Спереди каждая камера закрыта дверью, между двойными стенками которой также уложена теплоизоляция.

Регулирование температуры осуществляется автоматически с помощью реле температуры посредством кратковременной периодической (циклической) работы холодильного агрегата. Уровень температуры зависит от уставки реле температуры.

### Холодильники с естественной циркуляцией воздуха

Холодильники с одним испарителем для краткосрочного хранения замороженных продуктов. У таких холодильников одна камера. Испаритель расположен в верхней части камеры, спереди закрыт дверкой. Под испарителем имеется перегородка, отделяющая его от основного объема камеры. Выделенная часть камеры, где поддерживается наиболее низкая температура — это низкотемпературное отделение, а основной объем камеры — плюсовое.

В перегородке имеется сливное отверстие, через которое растаявший иней с испарителя сливается в сосуд, укрепленный под перегородкой. В ранее разработанных моделях роль перегородки выполняет поддон для сбора талой воды. Для регулирования теплообмена между низкотемпературным и плюсовым отделениями в перегородке имеются окна, которые можно открыть частично или полностью. В

нижней части камеры размещены один или два сосуда для хранения овощей и фруктов. Сосуды закрываются стеклянной или пластмассовой крышками. К внутренней стороне двери прикреплена пластмассовая панель с полками для хранения продуктов.

**Двухтемпературные холодильники с одним испарителем.** Конструкция их в основном аналогична вышеописанной. В этих моделях низкотемпературное отделение в большей степени изолировано от плюсового. Достигается это следующими конструктивными мерами: установкой спереди облицовочных накладок, закрывающих зазор между стенками испарителя и стенками камеры; применением перегородки или поддона, полностью (без щелей и зазоров) отделяющих низкотемпературное отделение от плюсового; использованием замкнутого 0-образного испарителя с задней стенкой; уплотнением по периметру дверки испарителя, укладкой внутри ее теплоизоляции и применением пружины или фиксатора для надежного запираания дверки.

В холодильниках «Баукнехт» (ФРГ) модели К-240 и «Розенлев» (Финляндия) модели «Руи-270» плюсовое отделение охлаждается только в результате теплопередачи через перегородку. Перегородка толщиной 2 мм выполнена из алюминия. Сторона перегородки, обращенная к испарителю, плоская, другая сторона — оребренная. Высота ребер 20 мм, расстояние между ними 34 мм. По периметру перегородка обрамлена уплотнителем из поливинилхлорида. Зазоры между испарителем и стенками камеры перекрыты накладками из синтетического материала. В результате тщательной изоляции низкотемпературного отделения иней оседает на холодных ребрах перегородки, а не на поверхности испарителя.

Воздушный зазор между перегородкой и испарителем регулируется с помощью несложного устройства, состоящего из рычага и зубчатого сектора, передняя сторона перегородки опускается вниз. Предусмотрено три фиксированных положения перегородки. Первое положение: перегородка расположена горизонтально, воздушный зазор между ней и испарителем минимален. Третье положение: перегородка опущена вниз (под углом в  $2^\circ$  с горизонталью), зазор максимален. Второе положение — промежуточное.

Увеличение толщины воздушной прослойки между перегородкой и испарителем приводит к уменьшению коэффициента теплопередачи и как следствие к повышению температуры в плюсовом отделении. При перемещении перегородки вниз (с первого положения на третье) температура в плюсовом отделении повышается на  $2-6^\circ\text{C}$  (в диапазоне перепада температур между плюсовым отделением и окружающим воздухом  $14-28^\circ\text{C}$ ).



Рис. П-1. Компрессорный холодильник.

**Двухтемпературные холодильники с двумя испарителями.** Их изготовляют с одной и двумя камерами. Плюсовая и низкотемпературная камеры (отделения) охлаждаются отдельными испарителями. Наиболее распространены двухкамерные холодильники.

В двухкамерных холодильниках по периметру дверного проема низкотемпературной камеры устанавливают скрытые нагреватели мощностью 5—15 Вт для предотвращения отпотевания наружной поверхности стенок. Низкотемпературная камера охлаждается замкнутым плоским или листотрубным испарителем, охватывающим низкотемпературную камеру. Испаритель низкотемпературной камеры конструктивно объединяется с ее стенками: либо прокатно-сварной испаритель является стенками камеры, либо змеевик испарителя укреплен на стенках камеры со стороны теплоизоляции.

Применяют четыре варианта размещения испарителя плюсовой камеры: на потолке камеры, на боковых и задней стенках в виде U-образной полосы, на задней стенке, за стенкой камеры. Потолочный испаритель устанавливают под углом  $12^\circ$  к потолку. Снизу его закрывают металлической или пластмассовой решеткой, защищающей от повреждения при перемещении продуктов или посуды. Потолочный испаритель занимает больший объем камеры, чем остальные испарители. Пристенный испаритель устанавливают в верхней части камеры. Испаритель, размещенный между стенкой камеры и теплоизоляцией, имеет плоскую поверхность. Его плотно прижимают к задней стенке камеры. Вынесение испарителя из камеры улучшает ее внешний вид, увели-

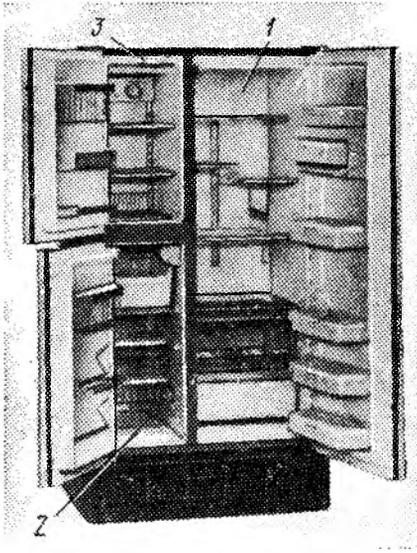


Рис. П-2. Трехкамерный холодильник с принудительной циркуляцией воздуха:

1 — плюсовая камера; 2 — низкотемпературная камера; 3 — универсальная камера.

чивает полезный объем камеры, облегчает размещение продуктов и уборку камеры.

*Однокамерные холодильники* с двумя испарителями из отовляют в двух конструктивных исполнениях. Одно исполнение аналогично конструкции двухкамерных холодильников. Отличие состоит в том, что вместо двух дверей — одна общая, а низкотемпературное отделение закрывается своей дверкой.

Во втором исполнении низкотемпературное отделение выполняют в виде коробки из пенополиуретана, которую вставляют в камеру. Внутри коробки размещен испаритель. Плоский испаритель плюсового отделения монтируют позади низкотемпературного отделения, между задней стенкой коробки и стеной камеры, либо на задней стенке камеры.

Однокамерные холодильники с двумя испарителями выигрывают по сравнению с двухкамерными в энергетическом отношении.

**Холодильники с принудительной циркуляцией воздуха**

Их изготавливают в одно-, двух- и трехкамерном исполнении. Общие признаки холодильников этого типа: наличие вентилятора и воздушных каналов; ребристый испаритель и

вентилятор находятся вне полезного объема камеры; вентилятор по каналам подает холодный воздух в камеры (отделения); для обеспечения необходимых значений температур в камерах (отделениях) используется воздухо-распределительная система.

*Однокамерные холодильники* с небольшим внутренним объемом (150, 200 дм<sup>3</sup>) выпускает фирма «Тосиба» (Япония). Низкотемпературное отделение представляет собой пластмассовую коробку. На задней стенке коробки, снаружи, укреплен ребристый испаритель. Коробка вместе с испарителем заключена в герметичную капсулу из пенополистирола, состоящую из двух половинок. Места соединения промазаны специальной мастикой, обеспечивающей воздухо непроницаемость капсулы. Вентилятор, установлен внутри капсулы, вверху, в выемке на задней стенке. Капсула вставляется в холодильник спереди.

В *двухкамерных холодильниках* применяют три вида компоновки камер: низкотемпературная камера расположена сверху, внизу и рядом с плюсовой. Наиболее распространен первый вариант. Испаритель и вентилятор помещают в теплоизоляционной межкамерной перегородке либо на задней стенке низкотемпературной камеры. В последнем случае металлическая перегородка отделяет испаритель и вентилятор от продуктов, находящихся в камере. Выпуск холодильников с нижним расположением низкотемпературной камеры весьма незначителен. Устройство их аналогично предыдущим.

Холодильники с камерами, расположенными рядом, являются перспективным видом оборудования. Холодильники большой емкости (свыше 500 дм<sup>3</sup>) изготавливают преимущественно с камерами, расположенными рядом. Такая компоновка камер более удобна с точки зрения пользования холодильником, а также позволяет упростить конструкцию воздушных каналов.

В левой части шкафа по всей его высоте оборудована низкотемпературная камера, а в правой — плюсовая. Испаритель и вентилятор размещены на задней стенке низкотемпературной камеры. Металлическая стенка отделяет их от полезного объема камеры. В плюсовой камере имеется сосуд с двойными стенками для хранения охлажденного мяса. В простенки подается холодный воздух. В верхней части низкотемпературной камеры часто устанавливают автоматический льдогенератор. Некоторые модели оборудованы емкостью для охлаждения воды, размещенной в плюсовой камере. В моделях класса «Люкс» выдача льда и охлажденной воды вынесена на наружную панель двери. Холодильники с льдогенератором и водоохладителем подключают к водопроводу.

В *трехкамерных холодильниках* применяются два варианта компоновки камер. Наиболее распространенный: в правой части расположена плюсовая камера, в левой, внизу, — низкотемпературная (над ней в отдельной камере установлен льдогенератор). В другом варианте («Колдепот», США) верхняя камера является универсальной, а льдогенератор располагается, как обычно, в низкотемпературной камере (рис. II—2). Температура в универсальной камере регулируется в широких пределах (от +5 до —15°C). В ней можно хранить охлажденные и замороженные продукты.

### *Циркуляция воздуха в камере*

#### *Холодильники с естественной циркуляцией воздуха*

Холодильники с одним испарителем для краткосрочного хранения замороженных продуктов. Воздух в камере охлаждается путем теплообмена между воздухом и холодной поверхностью испарителя.

При закрытых окнах в перегородке холодный воздух стекает со всех сторон перегородки через щели вниз в плюсовое отделение и на панель двери. Количество циркулирующего воздуха определяет перепад температур между низкотемпературным и плюсовым отделениями. Через 1 см<sup>2</sup> сечения щели передается тепла в 10—15 раз больше, чем через 1 см<sup>2</sup> поверхности поддона.

При открытых окнах холодный воздух опускается через них, а теплый воздух поднимается вдоль боковых стенок камеры и двери. Температура в низкотемпературном отделении повышается, а в плюсовом понижается в среднем на 3—4°C (в диапазоне  $t_{0.c} = 16 \div 32^\circ\text{C}$ ). Температура на верхней полке двери становится выше, чем на нижней. Превышение температуры на верхней полке двери над средней температурой в камере может быть весьма значительным, например, в холодильнике ЗИЛ (модель 62) оно достигает 2—4°C.

При удалении поддона температура в плюсовом отделении понижается на 5—7°C.

Двухтемпературные холодильники с одним испарителем. Изоляция низкотемпературного отделения препятствует вытеканию холодного воздуха из него. Устройство глухой задней стенки у испарителя позволяет понизить температуру в низкотемпературном отделении на 3—6°C (меньшие значения относятся к низким температурам окружающего воздуха). Колбание температуры в низкотемпературном отделении незначительно и не превышает 3°C.

Воздухообмен между низкотемпературным и плюсовым отделениями осуществляется через открытые окна в перегородке.

При малой тепловой нагрузке (например, низкой температуре окружающего воздуха) плюсовое отделение охлаждается лишь посредством теплопередачи через перегородку (окна закрыты). Наличие отверстий в верхней части накладок, обрамляющей испаритель, повышает интенсивность воздухообмена и равномерность воздушного потока. Теплый воздух из плюсового отделения, поднимаясь вдоль панели двери, омывает верхнюю часть испарителя, охлаждаясь при этом. Затем, пройдя через отверстия в накладке, холодный воздух опускается вдоль задней стенки камеры. Эффективность работы испарителя при такой схеме циркуляции воздуха повышается, так как его наружная поверхность активно участвует в теплообмене.

Двухтемпературные холодильники с двумя испарителями. При потолочном расположении плюсового испарителя условия для естественной циркуляции наиболее благоприятны. Хорошее обтекание испарителя воздухом повышает интенсивность теплообмена. Поэтому коэффициент теплопередачи трубчатого потолочного испарителя на 10—20% выше, чем пристенного.

При размещении плюсового испарителя на задней стенке камер интенсивность циркуляции воздуха невелика. В результате градиент температуры по высоте камеры достигает 5—7°C.

#### *Холодильники с принудительной циркуляцией воздуха*

Вентилятор просасывает воздух сквозь ребристый испаритель. Большая часть холодного воздуха (75—85%) подается в низкотемпературную камеру, а остальная — в плюсовую камеру. Количество воздуха, поступающего в камеры, регулируется заслонкой.

Схема циркуляции воздуха в холодильнике с камерами, расположенными рядом, приведена на рис. II—3. Центробежный вентилятор 3 нагнетает охлажденный воздух в распределительную коробку 4, в которой воздух разделяется на два потока. Большая его часть продолжает подниматься, а значительно меньшая часть проходит по каналу 7 сквозь межкамерную перегородку к сосуду для хранения мяса. Сосуд вставлен в пластмассовую коробку. В зорре между сосудом и коробкой циркулирует холодный воздух. Количество воздуха регулируется вручную заслонкой. Температура в сосуде поддерживается на 4—5°C ниже, чем в плюсовой камере. Вверху камеры

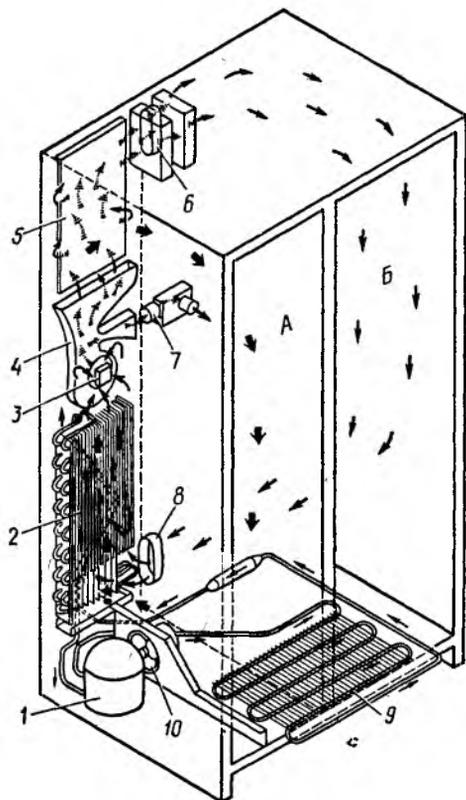


Рис. 11-3. Схема циркуляции воздуха в холодильнике с камерами, расположенными рядом (А — низкотемпературная; Б — плюсовая):

1 — компрессор; 2 — испаритель; 3 — центробежный вентилятор; 4 — воздухо-распределительная коробка; 5 — воздуховод; 6 — нагнетательный воздушный канал; 7 — канал подачи воздуха в сосуд для мяса; 8 — всасывающий воздушный канал; 9 — конденсатор; 10 — вентилятор для обдува конденсатора.

первый поток снова разделяется: большая его часть через торцовые щели между стенкой камеры и воздуховодом 5 поступает в низкотемпературную камеру, меньшая часть — по каналу 6 в плюсовую камеру.

Количество воздуха, поступающего в плюсовую камеру, регулируется заслонкой. Теплый воздух отсасывается из плюсовой камеры через канал 8, расположенный в нижней части камеры. Канал 8 направляет поток воздуха непосредственно в нижнюю часть испарителя 2, в которой шаг ребер максимальный. Испаритель отгорожен от камеры металлической стенкой, поэтому влажный воздух, возвращающийся из плюсовой камеры,

не смешивается с сухим воздухом низкотемпературной камеры. Нагретый воздух низкотемпературной камеры поступает в среднюю часть испарителя (по высоте) через щели в стенке, ограждающей испаритель.

### Шкафы

Шкаф состоит из корпуса, камеры, двери и теплоизоляции.

*Корпус шкафа*, выполненный из листового металла, — несущая конструкция. Основная часть корпуса — обечайка П-образной формы из стального холоднокатаного листа толщиной 0,8—1 мм. Заднюю стенку, дно и другие детали корпуса присоединяют к обечайке электросваркой. Дно имеет выступ, в котором размещается компрессор. В передней отбортовке обечайки сделана двойная стенка (для жесткости) с пазом для монтажа облицовочных накладок. П-образная форма обечайки обеспечивается гибкой с последующей сваркой в углах.

Снаружи корпус шкафа покрывают белой синтетической эмалью горячей сушки. Перед нанесением эмали корпус фосфатируют для получения поверхностной пленки, улучшающей сцепление эмали с металлом. В корпус шкафа помещают камеру. Простенки между корпусом и камерой заполняют теплоизоляцией. Спереди шкаф закрывается дверью, по периметру внутренней стенки которой прикреплен уплотнитель из поливинилхлорида с магнитной вставкой. Такой уплотнитель не только предотвращает проникновение в камеру тепла через дверной проем, но и запирает дверь.

Описанная конструкция характерна для большинства отечественных холодильников: ЗИЛ, «Минск» и др.

У холодильника «Ярна» иная конструкция шкафа. Корпус шкафа представляет собой металлический каркас, сваренный из тонкостенных уголков. Каркас служит основой при вспенивании паром полистирола в специальных формах. После вспенивания получается жесткая теплоизоляционная конструкция. Внутри конструкции вставляют пластмассовую камеру, сбоку на каркас навешивают металлические листы — боковые стенки, сверху — крышку из декоративного пластика. Подобная конструкция отличается простотой изготовления и сборки и малой металлоемкостью.

Выпускаемые за рубежом холодильники с пенополиуретановой теплоизоляцией также зачастую вместо цельнометаллического корпуса имеют лишь боковые стенки, сзади изоляцию покрывают алюминиевой фольгой.

*Камеры* изготавливают из металла или пластмассы.

Металлическая камера состоит из дна, обечайки, образующей боковые и заднюю стенки, и верха, штампующихся из холоднокатаного стального листа толщиной 0,6—0,9 мм. Иногда применяют П-образную обечайку, состоящую из боковых стенок и верха, к которой приваривают заднюю стенку, изготовленную заодно с дном. Составные части камеры сваривают между собой и покрывают силикатной эмалью. В процессе эмалирования камера подвергается двукратному обжигу; во второй раз внутреннюю поверхность камеры покрывают белой эмалью.

За рубежом камеры изготавливают также из стального или алюминиевого листа, покрытого пластмассой (металлопласта), и анодированного алюминия.

Металлическую камеру прикрепляют к корпусу шкафа по углам винтами, а в холодильниках большой емкости — дополнительно посредством пластмассовых соединительных планок. Для предотвращения притока тепла в местах соединений металлической камеры с корпусом подкладывают пластмассовые или резиновые прокладки.

Простенки между корпусом шкафа и камерой закрывают спереди облицовочными накладками. Накладки делают из пластмассы (ударопрочного полистирола), чтобы они препятствовали притоку тепла в камеру извне и не служили тепловым мостом между металлическими корпусом и камерой. Накладки закрепляют посредством самозащелкивающихся пружинных скобок.

Пластмассовые камеры изготавливают вакуум-формованием из листового ударопрочного полистирола толщиной 4—6 мм или отливают из гранулированного полистирола. Наиболее распространен первый способ изготовления. На боковых стенках камеры в процессе формования получают впадины, которые служат опорами для полок. Камеру вставляют отбортовками в специальные пазы корпуса, используя эластичность пластмассы. При этом широкие отбортовки камеры закрывают простенки в дверном проеме. Пластмассовые камеры менее стойки к истиранию, действию кислот, образованию пятен от пищевых продуктов, чем эмалированные; на эмали не появляются бактерий и плесени.

Дверь шкафа представляет собой стальную штампованную обечайку, с тыльной стороны которой прикреплена внутренняя панель с уплотнителем. Между панелью и обечайкой укладывают слой теплоизоляции. К обечайке приваривают навески, а также прикрепляют ручку двери. Жесткость двери обеспечивается отбортовкой боковых стенок обечайки и приваркой к ним усилителей по всему периметру, а также применением стяжек. Внутренняя панель двери оборудована полками

для хранения напитков в бутылках, консервов в банках, масла, сыра и яиц. Панель изготавливают из ударопрочного полистирола методом вакуумного формования.

Уплотнитель закрепляют с внутренней стороны двери, окантовывая им панель по всему периметру. В уплотнитель помещают магнитную вставку из феррита бария, которая, притягивая дверь к корпусу, запирает шкаф. Усилие, прилагаемое к ручке для открывания двери, должно составлять 15—70 Н. Должна быть предусмотрена возможность открывания двери изнутри. Дверь крепят к корпусу шкафа при помощи навесок. Дверь и ее элементы должны выдерживать не менее 100 000 открываний и закрываний.

В бытовых холодильниках в качестве теплоизоляции используют стекловолокно, пенополистирол и пенополиуретан. В отечественных холодильниках чаще всего применяют стекловолокно. В бытовых холодильниках применяют стекловолокно с толщиной нитей не более 10—12 мкм и объемной массой 25—30 кг/м<sup>3</sup>. Реже используется сверхтонкое стекловолокно с толщиной нитей не более 6 мкм и объемной массой 20 кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент теплопроводности стекловолокна составляет 0,040 Вт/(м·К).

Пенополистирол получают вспениванием гранул стирола в специальных закрытых формах. Объемная масса пенополистирола — 20—40 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности — 0,035—0,040 Вт/(м·К).

Пенополиуретан вспенивается непосредственно в шкафу. Собранный корпус и камеру устанавливают в форму, которую предварительно нагревают до 40—50°C. Жидкая смесь компонентов полиуретана (смолы) и вспенивающее вещество (фреоны-11 или-12) подаются под давлением в пространство между стенками корпуса и камеры. Образующаяся в процессе химической реакции пена равномерно заполняет межстенное пространство. Благодаря хорошей адгезии пенополиуретан крепко соединяется со стенками корпуса и камеры, образуя жесткую неразборную конструкцию.

Объемная масса твердого пенополиуретана колеблется от 35 до 45 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности — от 0,021 до 0,025 Вт/(м·К).

Толщина теплоизоляции из стекловолокна и пенополистирола составляет в холодильниках 50—70 мм; из пенополиуретана — 30—40 мм. Поэтому замена стекловолокна пенополиуретаном позволяет при тех же габаритных размерах шкафа увеличить его емкость на 20—30%.

В двухтемпературных холодильниках толщина теплоизоляции низкотемпературной камеры обычно в 1,5 раза больше, чем плюсо-

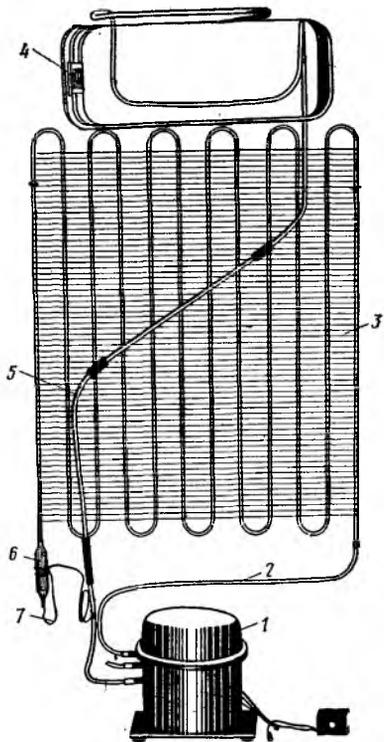


Рис. II-4. Компрессорный холодильный агрегат с одним испарителем:

1 — компрессор; 2 — нагнетательный трубопровод; 3 — конденсатор; 4 — испаритель; 5 — всасывающий трубопровод; 6 — фильтр-осушитель; 7 — дроссельная капиллярная трубка.

вой. В лучших современных холодильниках объем, занимаемый теплоизоляцией, составляет 40—50% внутреннего объема шкафа.

### Холодильные агрегаты

В бытовых холодильниках холодильная машина выполнена в виде герметичного холодильного агрегата. Холодильный агрегат состоит из герметичного компрессора со встроенным электродвигателем, испарителя, конденсатора, капиллярной трубки, фильтра-осушителя и трубопроводов. Все элементы агрегата соединены неразъемно посредством пайки или сварки. В качестве холодильного агента используют фреон-12 (хладон-12).

Применяют холодильные агрегаты трех видов: с одним испарителем, с двумя испарителями, с охладителем масла.

**Холодильный агрегат с одним испарителем.** Компрессор 1 (рис. II—4) нагнетает перегретый пар по трубопроводу 2 в конденсатор 3, где пар холодильного агента охлаждается и затем конденсируется при высоком давлении. Из конденсатора сжиженный холодильный агент, пройдя через фильтр-осушитель 6, поступает в капиллярную трубку 7. Часть ее припаяна к всасывающему трубопроводу 5 либо помещена внутрь него, образуя регенеративный теплообменник. В капиллярной трубке давление холодильного агента снижается до давления кипения. Жидкий холодильный агент, попадая из капиллярной трубки в испаритель 4, интенсивно кипит при низком давлении. Из испарителя пар отсасывается компрессором через всасывающий трубопровод.

Часть системы холодильного агрегата — от нагнетательного клапана компрессора до капиллярной трубки — находится под высоким давлением, а другая часть — от испарителя до всасывающего клапана компрессора — под низким давлением.

**Холодильный агрегат с двумя испарителями.** Испарители соединены последовательно. Применяют два варианта их расположения.

В одном, наиболее распространенном, варианте жидкий холодильный агент после конденсатора и капиллярной трубки подается в испаритель низкотемпературной камеры, где кипит при низком давлении. Образующаяся парожидкостная смесь поступает в испаритель плюсовой камеры. При низкой температуре окружающего воздуха испаритель плюсовой камеры заполнен парожидкостной смесью с большим содержанием пара.

В другом варианте конструкции фреон подается сначала в испаритель плюсовой камеры, затем — в испаритель низкотемпературной камеры. При такой схеме подачи испаритель плюсовой камеры хорошо заполнен фреоном при всех режимах работы.

**Холодильный агрегат с охладителем масла.** Назначение охладителя масла — отвод тепла от компрессора. Применяется в двухкамерных холодильниках, маркированных тремя звездочками, с одним и двумя испарителями.

Компрессор 1 нагнетает фреон в охладитель масла 3, обычно одинаковый по конструкции с конденсатором 7 (рис. II—5). Охлажденный и частично сжиженный в охладителе фреон поступает в эжевик в масляной ванне компрессора, где испаряется, охлаждая масло. Затем фреон поступает в конденсатор. Далее цикл протекает аналогично вышеописанному. Охладитель масла размещают рядом с конденсатором либо внизу машинного отсека.

**Размещение и способы установки холодильного агрегата в шкафу.** В напольных и встро-

енных холодильниках применяют два варианта размещения холодильного агрегата. В большинстве моделей конденсатор располагается на задней стенке шкафа, а компрессор внизу, в выемке шкафа. В моделях, снабженных компрессорами с наружной подвеской, агрегат собран на раме, которая крепится к шкафу. Конденсатор устанавливают вертикально или с небольшим наклоном (до 5°).

В холодильниках большой емкости (свыше 400 дм<sup>3</sup>) компрессор и конденсатор часто размещают в нижней части шкафа. Конденсатор располагают горизонтально. Выделяемое тепло отводится с помощью вентилятора. Такой холодильник легко встраивается в мебельные ячейки. В настенных холодильниках агрегат располагают в верхней части шкафа.

Применяют три способа установки испарителя в камеру: сзади, спереди и сверху.

В большинстве отечественных холодильников испаритель вставляют через люк в задней стенке шкафа. Испаритель крепят к потолку или к стенкам холодильной камеры. По окончании монтажа люк уплотняют по периметру эластичной прокладкой и закрывают крышкой. Стыки промазывают водонепроницаемой мастикой. Уплотнение недостаточно хорошего качества приводит к проникновению водяного пара через люк в теплоизоляцию.

В ряде моделей (ЗИЛ, «Ока», «Арагац») испаритель устанавливают спереди через дверной проем. Испаритель крепят, как обычно, но трубки от него идут не назад к люку, а вперед к дверному проему. Трубопроводы укладывают в простенке между камерой и шкафом в теплоизоляцию и прикрывают спереди декоративной накладкой. Недостатки этого способа — неудобство и повышенная трудоемкость установки и особенно демонтажа холодильного агрегата, удлинение всасывающего трубопровода.

Установку испарителя сверху применяют в ряде зарубежных холодильников с пенополиуретановой теплоизоляцией. Верх шкафа выполняют в виде съемной сервировочной плоскости. После заливки шкафа полиуретаном сверху вырезают кусок теплоизоляции так, чтобы в образовавшееся отверстие можно было вставить испаритель. Испаритель укрепляют в камере, затем вставляют в монтажное отверстие вырезанный кусок, заклеивают швы пленкой и тщательно заделывают мастикой. Сверху устанавливают сервировочную плоскость.

В некоторых зарубежных холодильниках агрегат нельзя демонтировать из шкафа, не нарушая герметичности агрегата. В задней стенке таких холодильников имеется лишь небольшое отверстие для трубопроводов. Испаритель с всасывающей и капиллярной

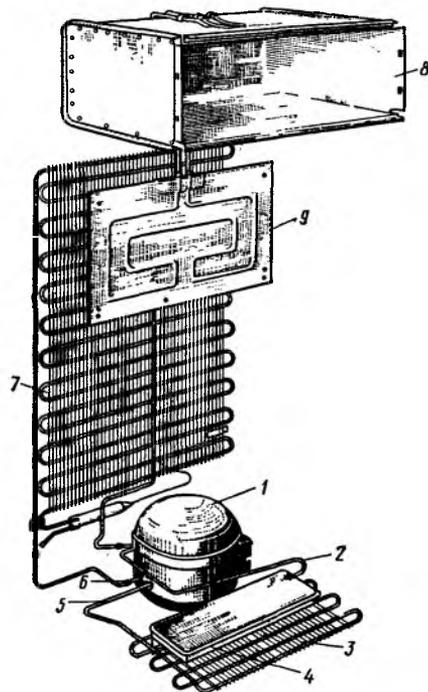


Рис. П-5. Двухиспарительный компрессионный холодильный агрегат с охладителем масла:

1 — компрессор; 2 — нагнетательный трубопровод; 3 — охладитель масла; 4 — лоток для талой воды; 5, 6 — входной и выходной патрубки змеевика-маслоохладителя; 7 — конденсатор; 8 — низкотемпературный испаритель; 9 — плюсовой испаритель.

трубкой вставляют спереди, компрессор и конденсатор сзади. Затем трубопроводы соединяют, как обычно, с помощью пайки. Вакуумирование, заполнение и последующие операции проводят на агрегате, уже встроенном в холодильник.

### *Элементы холодильных агрегатов*

**Компрессоры.** В бытовых холодильниках применяют герметичные компрессоры поршневого и ротационного типов с номинальной холодопроизводительностью от 45 до 300 Вт. Наибольшее распространение получили поршневые кривошипно-шатунные или кривошипно-кулисные компрессоры. В отечественных холодильниках устанавливают поршневые компрессоры.

**Испарители.** По типу конструкции различают листотрубные и трубчатые испарители.

Листотрубные испарители представляют собой два листа алюминия, соединенных прокаткой под большим удельным давлением. Затем в них раздувают каналы жидкостью под давлением 8000—10 000 кПа.

Каналы могут быть образованы с обеих сторон испарителя и с одной, наружной, стороны. С внутренней стороны такие испарители имеют гладкую поверхность, обеспечивающую хороший контакт с продуктами и льдоформами, облегчающую удаление снегового покрова и ослабляющую возможность механического повреждения испарителя. В них обеспечивается стабильный внутренний объем каналов.

Трубчатые испарители выполняют в виде оребренного змеевика из алюминиевых труб.

По способу воздухообмена испарители подразделяются на два класса: с естественной и принудительной циркуляцией воздуха.

В холодильниках с естественной циркуляцией воздуха испарители листотрубные. В большинстве случаев лист является не только теплообменной поверхностью, но и стенкой, ограждающей низкотемпературное отделение.

Испарителю обычно придают О-образную форму. За рубежом применяют также С-образные испарители, открытые спереди. Для защиты от коррозии алюминиевые испарители анодируют и покрывают лаком.

Коэффициент теплопередачи испарителей отечественных холодильников составляет 3,5—7 Вт/(м<sup>2</sup>·К) при плотности теплового потока 45—230 Вт/м<sup>2</sup>.

Для охлаждения плюсовой камеры иногда используют испарители в виде оребренного змеевика.

Испарители с принудительной циркуляцией воздуха (воздухоохладители) изготавливают из тонкостенных алюминиевых трубок диаметром 6—8 мм и насаженных на них алюминиевых ребер толщиной 0,2—0,3 мм. Шаг ребер по высоте или глубине испарителя (в зависимости от места установки) переменный. На всасывающей стороне испарителя, где происходит массообмен с влажным воздухом, поступающим из плюсовой камеры, наибольший шаг ребер (10 мм). Здесь выпадает основная часть влаги, содержащаяся в потоке воздуха. Поверхность с шагом ребер 10 мм составляет примерно 50—80% всей поверхности испарителя. В остальной части испарителя шаг ребер 5 мм. Общая площадь поверхности испарителя колеблется обычно от 2 до 3 м<sup>2</sup>, коэффициент оребрения 4.

Конденсаторы. По типу конструкции различают конденсаторы трубчатые и листотрубные. Конденсатор первого типа представляет собой змеевик из стальных трубок, к которому прикреплены ребра. Конструкция листотрубного конденсатора аналогична конструкции

листотрубного прокатно-сварного испарителя. Такой конденсатор в виде листа применяют в холодильниках ЗИЛ, «Орск».

По типу оребрения трубчатые конденсаторы подразделяются на проволочные, пластинчатые, листовые, спиральные.

Проволочные конденсаторы представляют собой змеевик из трубки наружным диаметром 4,8—6,5 мм, к которому с обеих сторон одна против другой приварены (точечной электро-сваркой) стальные прямые проволоки диаметром 1,2—2,5 мм, играющие роль ребер. Ось проволоки перпендикулярна оси трубок змеевика. Шаг трубок 40—60 мм, шаг проволоки 6—9 мм, коэффициент оребрения 3—10.

Применяют два варианта таких конденсаторов: с горизонтальными трубами и вертикальными проволоками: с вертикальными трубами и горизонтальными проволоками.

В пластинчатом конденсаторе ребра прямоугольной формы насажены на одноорядный трубчатый змеевик перпендикулярно оси трубки. Ось трубки змеевика расположена горизонтально. Применяют трубки наружным диаметром 6—10 мм и плоские ребра из стальной ленты толщиной 0,2—0,8 мм. Шаг трубок змеевика 20—35 мм, шаг ребер 4—12 мм, коэффициент оребрения 7—20. Контакт трубки с ребрами обеспечивается пайкой оловом или медью или горячим цинкованием.

В листовых конденсаторах трубы наружным диаметром 5—6 мм укреплены на листе, играющем роль ребер. Трубы обычно располагаются вертикально. Толщина листа 0,5—1,0 мм. Шаг труб в змеевике 35—60 мм, коэффициент оребрения 7—10.

Крепление трубок на листе производится обжатием, приваркой полосок, укладкой между узкими приваренными друг к другу лентами, припайкой, прижатием скобами. Последний способ наименее эффективен, так как не обеспечивает хорошего контакта между трубой и листом. В листе между трубами делают просечки, отгибаемые в виде жалюзи. К листу часто приваривают боковые отбортовки, которые крепятся к корпусу шкафа. В листовом конденсаторе с отбортовками обеспечивается сильная тяга воздуха. Скорость воздушного потока в диапазоне температур 32—60°C составляет 0,4—1,3 м/с.

Конденсаторы со спиральными навитыми ребрами характеризуются компактностью и высокими теплотехническими показателями. В одной из конструкций наружный диаметр трубы 4,75 мм, ребро стальное высотой 3,5 мм и толщиной 0,7 мм. Шаг спирали — 3,5 мм, коэффициент оребрения 7. Ребро припаяется к трубе.

По способу отвода тепла конденсаторы подразделяются на аппараты с естественной и принудительной конвекцией воздуха.

Таблица II—1

Площадь теплопередающей поверхности и габаритные размеры конденсаторов

Модель холодильника	Площадь, м <sup>2</sup>		Высота, мм	Ширина, мм
	общая	листа (ребер)		
<b>Листотрубные конденсаторы</b>				
«ЗИЛ-Москва» (модель 62)	0,94	—	375	560
«Орск»	0,88	—	890	490
<b>Трубчатые листовые конденсаторы</b>				
«Ока-3», «Арагац»	1,02	0,91	770	554
«Наст»	0,87	0,72	720	570
«Юрюзань»	0,87	0,72	590	560
«Ярна-2»	0,94	0,78	750	516
<b>Трубчатые проволочные конденсаторы</b>				
«Минск-5»	0,40	0,25	700	530
«Океан»	0,50	0,37	680	495
«Бирюса», «Памир», «Полус»	0,50	0,38	740	505
«Лига»	0,64	0,48	710	335
«Оазис-2»	0,45	0,32	670	500
«Снайге-1М»	0,44	0,31	610	545

Из конденсаторов с естественной конвекцией воздуха наиболее распространены проволочные и листовые. Их коэффициент теплопередачи составляет 9—12 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Площади теплопередающих поверхностей и габаритные размеры отечественных конденсаторов приведены в табл. II—1.

В случае принудительной конвекции воздуха с помощью вентилятора применяют пластинчатый конденсатор. В некоторых моделях используют согнутый проволочный конденсатор; конденсатор в виде змеивика из сплюснутых трубок («Вестингауз»).

**Регенеративный теплообменник.** Регенеративный теплообменник холодильного агрегата состоит из всасывающего трубопровода наружным диаметром 6—8 мм и капиллярной трубки. Поверхность теплоотдачи со стороны пара в несколько раз больше, чем со стороны жидкости, протекающей по капиллярной трубке. Длина теплообменника составляет обычно 0,9—1,2 м.

Капельки жидкости, выбрасываемые из испарителя, испаряются в теплообменнике, и компрессор всасывает перегретый пар.

Применяют три варианта теплообменников. В первом, наиболее распространенном, варианте обе трубки спаяны на длине 1—1,5 м.

Во второй конструкции капиллярную трубку навивают на всасывающую и припаивают к ней. Этот вариант используется при короткой всасывающей трубке (низкие холодильники, например «Саратов»).

В третьем варианте теплообменника капиллярная трубка проходит внутри всасывающей. При этом капиллярная трубка изолирована от теплопритока извне.

**Капиллярная трубка.** Капиллярная трубка — дроссельное устройство, расположенное на пути холодильного агента от конденсатора к испарителю.

Трубки изготовляют из меди марок М2 или М3 по ГОСТ 859—66. В бытовых холодильниках применяют трубки с калиброванным каналом (группа Б по ГОСТ 2624—67), поставляемые в бухтах длиной не менее 50 м. Трубки изготовляют наружным диаметром  $2,0 \pm 0,10$  мм, внутренним: 0,80; 0,82; 0,85 мм. В пределах одной бухты пропускная способность капиллярной трубки должна различаться не более чем на 0,3 л/мин. Длина трубки, устанавливаемой в агрегат, выбирается в пределах 2—4 м.

Размеры трубки и, следовательно, ее пропускная способность должны обеспечить в расчетном режиме протекание фреона в количестве, точно равном производительности компрессора. Капиллярная трубка должна также обеспечивать выравнивание давлений в конденсаторе и испарителе во время стоянки компрессора при циклической работе холодильника. Это облегчает запуск электродвигателя компрессора и устраняет необходимость применения двигателя с повышенным пусковым моментом.

**Фильтр-осушитель.** Фильтр предназначен для предохранения капиллярной трубки от засорения, осушитель — для поглощения воды из холодильного агента и предотвращения ее замерзания в капиллярной трубке.

В агрегатах бытовых холодильников фильтр и осушитель объединяют в одном корпусе. Корпус изготовляют из медной трубки диаметром 20 мм в виде цельнотянутого патрона с обжатými концами, в отверстия которых впаивают трубопроводы. Фильтр-осушитель устанавливают между конденсатором и капиллярной трубкой.

Внутри корпуса, на входе и выходе, помещены латунные сетки, являющиеся фильтрами. Пространство между сетками заполнено адсорбентом, гранулированным синтетическим цеолитом NaA-2M (примерно 10 г). Поглощительная способность цеолита составляет 15—20 г воды на 100 г цеолита, температура десорбции 550—600°C.

## Приборы управления

Для выполнения функций управления, регулирования и защиты в бытовых холодильниках применяют следующие приборы: реле температуры — включение холодильника в работу, поддержание заданной температуры в камерах; датчик — реле температуры — полуавтоматическое управление оттаиванием испарителя; реле времени — автоматическое управление оттаиванием испарителя; пускозащитное реле — пуск электродвигателя компрессора, защита от чрезмерного нагрева обмоток электродвигателя.

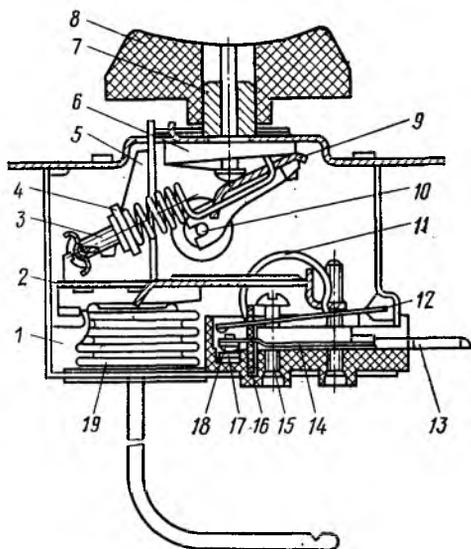


Рис. 11-6. Реле температуры ТРХ:

1 — корпус; 2 — силовой рычаг; 3 — регулировочный винт силовой пружины; 4 — гайка; 5 — силовая пружина; 6 — профильный кулачок; 7 — ось профильного кулачка; 8 — ручка; 9 — рычаг настройки; 10 — половина рычага настройки; 11 — пружина; 12 — рычаг; 13 — клеммы; 14 — контактная пружина; 15 — регулировочный винт дифференциала; 16 — трассера; 17 — неподвижный контакт; 18 — подвижный контакт; 19 — сильфон.

**Реле температуры.** В бытовых холодильниках применяют реле температуры манометрического типа. В холодильниках с естественной циркуляцией воздуха датчик прижат к стенке испарителя (плюсового — в холодильниках с двумя испарителями). В холодильниках с принудительной циркуляцией воздуха датчик устанавливают в определенной точке камеры.

Регулирование температуры в холодильниках осуществляется путем включения и

выключения электродвигателя компрессора. Включение происходит, когда температура датчика реле температуры достигает верхнего предела — температуры включения  $t_{вкл.}$ , выключение — когда достигает нижнего предела — температуры выключения  $t_{выкл.}$ . Разность этих температур определяется дифференциалом прибора.

В отечественных холодильниках применяется реле температуры ТРХ (Т-110). Сильфон 19 установлен в нижней части корпуса 1 (рис. 11—6). Сильфон опирается доньшком на хвостовик силового рычага 2. При повышении давления паров наполнителя в термосистеме силовой рычаг 2 поворачивается против часовой стрелки, преодолевая усилие пружины 5. При этом рычаг перемещает две пружины 11 и в момент прохождения нейтральной оси перебрасывает рычаг 12 вниз. Контакты 17 и 18 замыкаются.

При понижении давления в термосистеме пружина 5 поворачивает силовой рычаг 2 по часовой стрелке. В результате рычаг 12 перебросится вверх до упора в головку винта 15. При этом трассера 16 потянет контактную пружину 14 и разомкнет контакты.

Изменение уставки реле температуры осуществляется вращением ручки 8, насаженной на ось 7. При повороте оси 7 одновременно поворачивается кулачок 6. Последний воздействует на рычаг настройки 9. При повороте рычага настройки, опирающегося на полую ось 10, изменяется натяжение пружины 5.

Таблица 11—2

### Параметры реле ТРХ

Параметры, °С	ТРХ-1	ТРХ-2
Средний режим		
Температура включения	$-6 \pm 1,25$	$-4 \pm 1,25$
Температура выключения	$-14 \pm 1,25$	$-11 \pm 1,25$
Дифференциал	$8 \begin{matrix} +2 \\ -1 \end{matrix}$	$7 \begin{matrix} +2 \\ -1 \end{matrix}$
Режим наибольшего охлаждения		
Температура выключения, не выше	-18	-15
Режим наименьшего охлаждения		
Температура включения, не выше	0	0

Температурная регулировка прибора осуществляется изменением натяжения пружины 5 при помощи винта 3 и гайки 4. Регулировка дифференциала производится винтом 15.

Параметры реле РТХ представлены в табл. II—2.

В холодильниках с двумя испарителями применяют реле температуры с постоянной плюсовой (3—5°C) температурой включения на всех режимах.

В холодильниках с принудительной циркуляцией воздуха, помимо реле температуры, управляющего работой компрессора, устанавливают реле температуры с заслонкой, регулирующее количество воздуха, подаваемого в плюсовую камеру.

**Датчик — реле температуры.** Этот прибор обеспечивает при принудительном нажатии кнопки переключение холодильника на режим оттаивания и автоматическое прекращение оттаивания. Основные части прибора: термочувствительная система, колодка, винт настройки, кнопка включения. Конструкция термочувствительной системы аналогична конструкции реле температуры. Датчик прижат к поверхности испарителя. Колодка имеет контакты для подключения электроннагревателя.

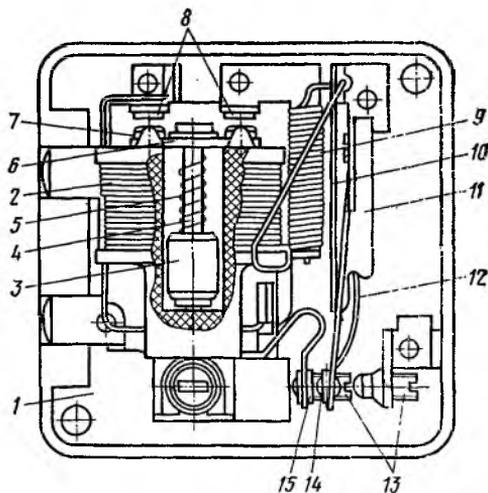


Рис. II-7. Пуско-защитное реле РТК-Х:

1 — корпус реле; 2 — катушка; 3 — сердечник; 4 — стержень сердечника; 5 — пружина сердечника; 6 — планка; 7, 14 — подвижные контакты; 8 — неподвижные контакты; 9 — нагревательная спираль; 10 — биметаллическая пластина; 11 — упор; 12 — контактодержатель; 13 — регулировочные винты; 15 — неподвижный контакт.

*Параметры датчиков — реле температуры типа Т011*

Температура переключения холодильника на режим оттаивания, °С, не выше	3
Температура прекращения оттаивания, °С	4—8
Коммутируемая мощность при $\cos \varphi \geq 0,6$ , В·А	500
Габаритные размеры, мм	54×33×40,5
Масса, кг	0,08

**Реле времени.** Такими приборами оснащают холодильники с полностью автоматическим оттаиванием испарителя. Реле времени устроено следующим образом. На вал синхронного электродвигателя насажен кулачок. Вращаясь, кулачок через определенный момент времени, обусловленный его профилем, переводит холодильник на режим оттаивания. Кулачок размыкает группу контактов цепи питания компрессора и вентилятора и замыкает контакт, включающий нагреватель испарителя. При дальнейшем вращении кулачок через 20—30 мин принудительно прекращает оттаивание, возвращая систему в исходное положение.

**Пуско-защитное реле.** Пуско-защитное реле состоит из двух реле (пускового и защитного), объединенных в общем корпусе.

Пусковое реле обеспечивает пуск электродвигателя компрессора. Токовая характеристика реле, определяемая токами замыкания и размыкания контактов, определяется токовой характеристикой электродвигателя.

Защитное реле предохраняет обмотки электродвигателя от перегрева. По принципу действия защитные реле подразделяются на токовые и токо-тепловые.

Токовое реле срабатывает при повышении тока в цепи обмотки двигателя сверх допустимого. Ампер-секционная характеристика реле определяется характеристикой двигателя.

Токо-тепловое реле реагирует не только на силу тока в цепи обмотки, но и на температуру кожуха компрессора. Датчик реле, плоская биметаллическая пластинка (кликсон) прижата к корпусу компрессора.

В отечественных холодильниках применяют две конструкции пуско-защитного реле: РТК-Х для компрессоров с частотой вращения двигателя 25 с<sup>-1</sup> и РПЗП-24 для компрессора с частотой вращения двигателя 50 с<sup>-1</sup>. Защитное реле в обеих конструкциях токовое.

Конструкция пуско-защитного реле РТК-Х представлена на рис. II—7. Катушка пускового реле 2 включена последовательно с рабочей обмоткой двигателя. В катушке свободно перемещается стержень 4 с сердечником 3.

Параметры реле РТК-Х

На стержне закреплена планка 6 с двумя контактами 7, поднимаемая пружиной 5. Левый неподвижный контакт 8 подключен к пусковой обмотке. Контакты постоянно разомкнуты.

При включении электродвигателя по катушке реле проходит ток короткого замыкания большой силы, поскольку ротор двигателя еще неподвижен. Возникающий в катушке магнитный поток поднимает сердечник, контакты 7 и 8 замыкаются и включают пусковую обмотку двигателя. Начинается разгон ротора, по мере которого сила тока в цепи уменьшается и снижается напряженность магнитного поля. Когда ротор развернется, сердечник под действием собственного веса падает. Контакты 7 и 8 размыкаются, отключая пусковую обмотку. Длительность запуска двигателя 0,2—0,5 с.

Токовое защитное реле состоит из биметаллической пластины 10 и расположенного рядом с ней нагревателя 9. В реле на 127 В биметаллическая пластина включена последовательно в цепь рабочей обмотки. Пластина соединена одним концом с проводом катушки пускового реле, а другим через упор 11 — с бериллиевым контактодержателем 12. На противоположном конце держателя закреплен подвижный контакт 14, нормально замкнутый с неподвижным контактом 15. Нихромовая спираль нагревателя 9 включена в цепь пусковой обмотки последовательно. Одним концом спираль соединена с контактом 8 пускового реле, а другим — с биметаллической пластиной.

В реле на 220 В возле биметаллической пластины для повышения ее чувствительности установлен дополнительный нагреватель, включенный последовательно с ней в цепь рабочей обмотки.

При чрезмерном увеличении силы тока в цепи пусковой обмотки возрастает выделение тепла нагревателем и биметаллическая пластина деформируется. В случае повышения силы тока в цепи рабочей обмотки биметаллическая пластина изгибается под воздействием избытка тепла, выделяемого проходящим через нее током. В результате прогиба пластины контакты 14 и 15 размыкаются.

После отключения тока пластина остывает и возвращается в нормальное положение. Двигатель включается. Если причина повышенной силы тока не устранена, реле будет циклично включать и отключать двигатель. Настройка защитного реле осуществляется винтами 13.

Масса реле составляет 0,2 кг. Потребляемая мощность — 3,5 Вт.

Параметры реле РТК-Х приведены в табл. П—3.

Параметры	Модификация реле на напряжение	
	127 В	220 В
Номинальный ток, А	2,2	1,3
Пусковое реле		
Ток, А		
срабатывания, не более	4,5	2,7
отпускания, не менее	3,8	2,2
Защитное реле		
Время, с		
срабатывания	15—25*	20—30**
возврата	34—62*	40—70**
Минимальное время выдержки при температуре окружающей среды 48°C (исполнение А) и 35°C (исполнение Б), мин		
при токе нагрузки 1,5 А	—	20
при токе нагрузки 2,5 А	20	—

\* При температуре окружающей среды  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  и токе нагрузки 8,4 А.

\*\* При температуре окружающей среды  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  и токе нагрузки 4 А.

### Системы оттаивания

**Холодильники с ручным оттаиванием.** Отключение холодильника, прекращение оттаивания и удаление талой воды осуществляется потребителем. Для нагрева испарителя и расплавления снегового покрова используется тепло окружающего воздуха. Вода собирается в поддон.

В холодильниках «Баукнехт» (модель К-240) и «Розенлев» (модель «Руй-270») иней оседает на холодных ребрах перегородки, а испаритель остается сухим. Чтобы удалить снеговой покров с перегородки, последнюю вынимают из холодильника и за несколько минут смывают иней горячей водой.

Холодильники с полуавтоматическим оттаиванием. Перевод на режим оттаивания осуществляется потребителем, прекращение оттаивания автоматическое. Для нагрева испарителя используется тепло окружающего воздуха или электронагреватель, или горячий пар холодильного агента. Наиболее распространен первый вариант, наименее — последний. Электронагреватель из высокоомного изолированного провода, уложенного между двумя листами алюминиевой фольги, монтируют на стенках испарителя.

Горячий пар фреона подается компрессором в испаритель по обводному трубопроводу. При включении системы оттаивания клапан соленоидного вентиля, установленного на обводном трубопроводе, открывает проход в трубопровод. Гидравлическое сопротивление системы конденсатор — капиллярная трубка довольно значительно, поэтому горячий пар фреона, нагнетаемый компрессором, поступает не в конденсатор, а по обводному трубопроводу в испаритель.

Оттаивание теплом окружающего воздуха длится 5—6 ч, при использовании электронагревателя или горячего пара фреона 20—35 мин.

Удаление растаявшего инея производится потребителем либо автоматически. В последнем случае вода из поддона по трубке выводится наружу, в лоток. Для испарения воды в лотке размещают часть нагнетательного трубопровода либо устанавливают лоток на кожухе компрессора, или прикрепляют к конденсатору. Иногда под лотком устанавливают электронагреватель.

Холодильники с частично автоматическим оттаиванием. Снеговой покров испарителя плюсового отделения тает в период стоянки холодильного агрегата, так как температура испарителя в этот период становится выше нуля. Вода удаляется автоматически, как и в предыдущем случае. В некоторых моделях для подогрева плюсового испарителя на нем устанавливают нагреватель мощностью 10—20 Вт.

Холодильники с полностью автоматическим оттаиванием. В качестве исходного импульса для перевода на режим оттаивания используют заданный промежуток времени, длительность работы компрессора или суммарную длительность открываний двери. Наиболее часто используют первый фактор. Электродвигатель таймера работает все время, и через каждые 6—8 ч кулачок включает систему оттаивания.

Целесообразнее производить оттаивание в зависимости от длительности работы компрессора. Реле времени подключают параллельно компрессору. Электродвигатель реле времени вращается лишь при работе компрес-

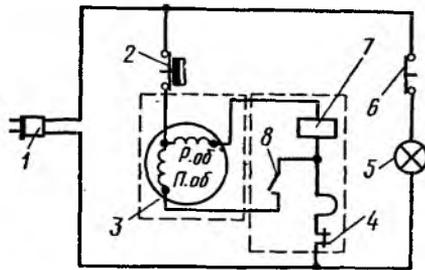


Рис. П-8. Электрическая схема холодильника с ручным оттаиванием:

1 — штепсельная вилка; 2 — термореле; 3 — электродвигатель; 4 — защитное реле; 5 — электрическая лампа; 6 — выключатель; 7 — обмотка катушки пускового реле; 8 — клапан.

сора. Оттаивание начинается после того, как компрессор проработает 5—8 ч.

Оттаивание прекращается по сигналу биметаллического или сильфонного температурного датчика, расположенного на испарителе.

Для нагрева ребристого испарителя используют трубчатые нагреватели мощностью 300—500 Вт. Труба алюминиевая, наружным диаметром 8—10 мм. Нагреватель имеет форму змеевика, его устанавливают рядом с трубками испарителя.

Вода, образующаяся при таянии инея, удаляется автоматически.

### Электрические схемы

Типовая электрическая схема холодильника с ручным оттаиванием изображена на рис. П—8. Ток от штепсельной вилки 1 идет к контактам защитного реле 4, затем через обмотку катушки 7 пускового реле и к рабочей обмотке двигателя. Электрическая лампа 5 для освещения камеры включена в сеть параллельно цепи двигателя и питается через выключатель 6 независимо от двигателя. Освещение включается автоматически при открывании дверей холодильника.

В холодильниках с частично автоматическим оттаиванием нагреватель плюсового испарителя включен последовательно с реле температуры. Нагреватель дверного проема низкотемпературной камеры в двухкамерных холодильниках включают параллельно цепи реле температуры и работает постоянно.

Холодильники с полностью автоматическим оттаиванием насыщены электрооборудованием в значительно большей степени. Электрическая схема холодильника с принудитель-

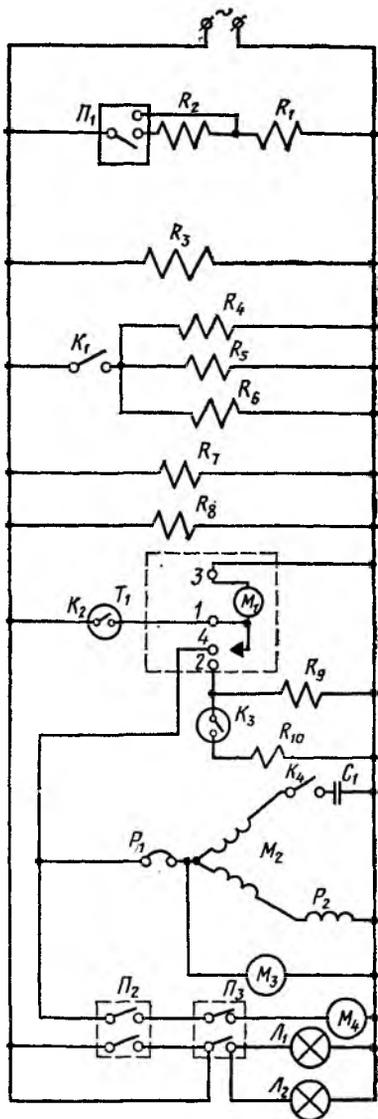


Рис. 11-9. Электрическая схема холодильника с принудительной циркуляцией воздуха.

ной циркуляцией воздуха изображена на рис. 11-9.

Электродвигатель  $M_1$  реле времени работает только при замкнутом контакте  $K_2$  терморегулятора  $T_1$ , т. е. в течение рабочей части цикла. При замкнутых контактах 4—2 реле времени включены цепи питания электро-

двигателя компрессора  $M_3$ , электродвигателя вентилятора  $M_2$ , обдувающего конденсатор, и электродвигателя вентилятора испарителя  $M_4$ , т. е. осуществляется охлаждение воздуха в камерах. Переключатели  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  отключают электродвигатель вентилятора  $M_4$  при открывании дверей и включают лампы освещения камер  $L_1$  и  $L_2$ . По истечении заданного времени реле замыкает контакт 2, начинается цикл оттаивания. Компрессор отключается и включаются нагреватели испарителя  $R_{10}$  и в лотке для воды под ним  $R_9$ . После нагревания испарителя до плюсовой температуры срабатывает датчик  $K_3$  и нагреватель  $R_{10}$  отключается. Нагреватели дна шкафа  $R_3$  и воздушного канала  $R_7$  включены в сеть постоянно. При высокой влажности окружающего воздуха владелец холодильника может включить посредством выключателя  $K_1$  нагреватели  $R_4$ ,  $R_5$  и  $R_6$  проемов двери и низкотемпературной камеры.

### Показатели качества

Показатели, характеризующие качество холодильников, подразделяются на восемь групп: **взаимочения**, эргономические, надежности, эстетические, технологические, экономические, стандартизации и унификации, патентно-правовые.

Рассмотрим три первые наиболее важные группы.

### Показатели назначения

Показатели назначения подразделяются на две группы: 1) **объемно-массовые** показатели, характеризующие конструкцию шкафа; 2) **температурно-энергетические** показатели.

Первая группа состоит из девяти показателей:

общий внутренний объем  $V_{об}$ ; коэффициент использования внутреннего объема  $\psi$ ; коэффициент использования габаритного объема  $\varphi$ ; коэффициент использования занимаемой холодильником площади пола  $f$ ; площадь поверхностей для хранения продуктов  $F_{хр}$ ; объем низкотемпературного отделения  $V_{нт}$ ; относительный объем низкотемпературного отделения  $\psi_{нт}$ ; масса  $M$ ; приведенная масса  $m$ .

Вторая группа состоит из шести показателей:

температура в плюсовом отделении  $t_{пл}$ ; температура в низкотемпературном отделении  $t_{нт}$ ; расход электроэнергии  $W$ ; удельный расход электроэнергии  $\omega$ ; коэффициент рабочего времени  $b$ ; теплопроводимость шкафа  $kF$ .

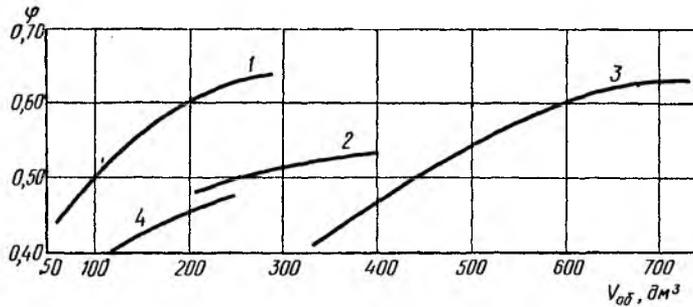


Рис. II-10. Коэффициент использования габаритного объема компрессионных холодильников:

1 — однокамерных; 2 — европейских двухкамерных; 3 — американских двухкамерных; 4 — отечественных.

**Объемно-массовые показатели.** *Общий внутренний объем* — объем, ограниченный внутренними стенками холодильника, при закрытой двери и вынутых съемных элементах. Общий внутренний объем, указанный заводом-изготовителем в паспорте, называется номинальным.

Действительный общий объем не должен отличаться от номинального более чем на  $\pm 3\%$ .

Бытовые холодильники выпускают общим внутренним объемом от 40 до 800 дм<sup>3</sup>. Объем однокамерных холодильников колеблется от 40 до 350 дм<sup>3</sup>; двухкамерных с естественной конвекцией воздуха — от 120 до 380 дм<sup>3</sup>; двухкамерных с принудительной циркуляцией — от 320 до 800 дм<sup>3</sup>, причем объем холодильников с верхним расположением низкотемпературной камеры находится в диапазоне 320—550 дм<sup>3</sup>, а холодильников с камерами, расположенными рядом, в диапазоне 430—800 дм<sup>3</sup>.

В СССР изготовляют компрессионные холодильники объемом от 98 до 280 дм<sup>3</sup>.

Степень полезного использования внутреннего объема определяется *коэффициентом использования внутреннего объема*, который является отношением полезного объема к общему

$$\psi = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{об}}} \quad (\text{II}-1)$$

**Полезный объем** — внутренний объем, используемый для размещения сохраняемых продуктов. Методика определения полезного внутреннего объема изложена в рекомендациях ИСО и СЭВ. Значения коэффициента использования внутреннего объема изменяются от 0,80 до 0,93. Средние значения 0,88—0,90.

*Коэффициент использования габаритного объема* определяет степень полезного использования пространства, занимаемого холодильником.

$$\varphi = \frac{V_{\text{об}}}{V_{\text{гб}}} \quad (\text{II}-2)$$

Пространство, занимаемое холодильником, определяется его габаритными размерами. Под габаритными размерами понимаются размеры параллелепипеда с горизонтальным основанием, в который вписывается холодильник вместе со своими элементами, кроме ручки. Объем этого параллелепипеда — габаритный объем холодильника.

У современных холодильников отношение высоты к ширине колеблется от 1,8 до 2,3, большие значения относятся к крупным холодильникам. Ширина и глубина (без ручки до стены помещения) напольных и встроенных холодильников должны быть не более 600 мм, высота — 1750 мм.

Значения коэффициента использования габаритного объема увеличиваются с возрастанием внутреннего объема холодильника (рис. II-10). Наивысший коэффициент использования габаритного объема у обычных холодильников, ниже — у двухкамерных и наинизший — у холодильников с принудительной циркуляцией воздуха.

Низкие значения коэффициента у большинства отечественных холодильников объясняются применением стекловолокна в качестве теплоизоляции.

*Коэффициент использования занимаемой холодильником площади пола* — отношение внутреннего объема аппарата к площади пола

$$f = \frac{V_{\text{об}}}{F_{\text{пола}}} \quad (\text{II}-3)$$

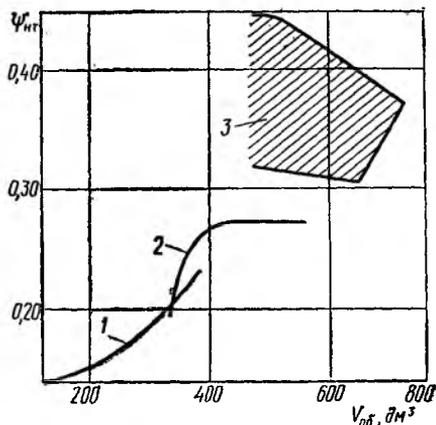


Рис. II-11. Относительный объем низкотемпературного отделения двухкамерных холодильников:

1 — с естественной конвекцией; 2, 3 — с принудительной циркуляцией воздуха (2 — низкотемпературная камера расположена вверху; 3 — камеры расположены рядом).

Значение этого коэффициента составляет 2—10  $\text{дм}^3$  на 1  $\text{дм}^2$  пола. Большие значения относятся к крупным холодильникам (400—600  $\text{дм}^3$ ). Коэффициент  $f$  возрастает с увеличением высоты холодильника.

*Площадь поверхностей для хранения продуктов* (площадь полок) есть сумма горизонтальных поверхностей полок (включая полки на двери), дна подвесных сосудов и поддона и дна камеры. Площадь полок примерно пропорциональна внутреннему объему холодильников. Она составляет в среднем 0,5  $\text{м}^2$  на 100  $\text{дм}^3$  объема:

Объем низкотемпературного отделения (камеры) колеблется от 5 до 260  $\text{дм}^3$  в зависимости от объема холодильника.

Сравнивая различные холодильники, в качестве показателя используют относительный объем низкотемпературного отделения (камеры), т. е. отношение объема низкотемпературного отделения к общему внутреннему объему холодильника:

$$\psi_{\text{нт}} = \frac{V_{\text{нт}}}{V_{\text{об}}} \quad (\text{II-4})$$

В однокамерных холодильниках  $\psi_{\text{нт}} = 0,05 \div 0,15$ ; в двухкамерных с естественной конвекцией (рис. II-11) доходит до 0,23. Наивысшие значения относительного объема низкотемпературной камеры (до 0,44) у холодильников с принудительной циркуляцией

воздуха и расположенными рядом камерами.

ГОСТ 16317—76 установлен минимальный относительный объем низкотемпературного отделения: 0,09 для холодильников внутреннего объемом до 300  $\text{дм}^3$ ; 0,1 для холодильников внутреннего объемом свыше 300  $\text{дм}^3$ .

Зависимость массы холодильников от их внутреннего объема представлена на рис. II—12.

Для сравнения аппаратов часто применяют приведенную массу

$$m = \frac{M}{V_{\text{об}}} \quad (\text{II-5})$$

Наименьшее значение приведенной массы — 0,25  $\text{кг/дм}^3$ , в среднем оно составляет 0,3—0,4  $\text{кг/дм}^3$ .

**Температурно-энергетические показатели.** Средняя температура в плюсовом отделении (камере) в каждой из трех контрольных точек, расположенных по высоте отделения, должна соответствовать данным табл. II—4.

Таблица II—4

Средняя температура в плюсовом отделении

Исполнение	Температура окружающей среды, °С	Средняя температура в плюсовом отделении, °С
У	16	Не ниже 0
Т	32	От 0 до 5
	18	Не ниже 0
	43	От 0 до 7

В течение цикла температура в плюсовом отделении колеблется от 0,5 до 1,5°С, в холодильниках с двумя испарителями — от 2 до 4°С. Наличие продуктов в холодильнике существенно снижает колебание температуры воздуха в отделениях.

Температура в низкотемпературном отделении (камере) должна быть не выше одного из трех значений: —6; —12; —18°С при следующих условиях:

исполнение У —  $t_{0,c} = 32^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{пл}} \leq 5^\circ\text{C}$ ;  
 $t_{0,c} = 16^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{пл}} \geq 0^\circ\text{C}$ ;  
 исполнение Т —  $t_{0,c} = 43^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{пл}} \leq 7^\circ\text{C}$ ;  
 $t_{0,c} = 18^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{пл}} \geq 0^\circ\text{C}$ .

Расход электроэнергии определяет экономичность работы холодильника. Он зависит от уставки реле температуры и температуры окружающего воздуха. Для характеристики холодильников установлены два значения температуры окружающего воздуха, при которых определяется расход электроэнергии.

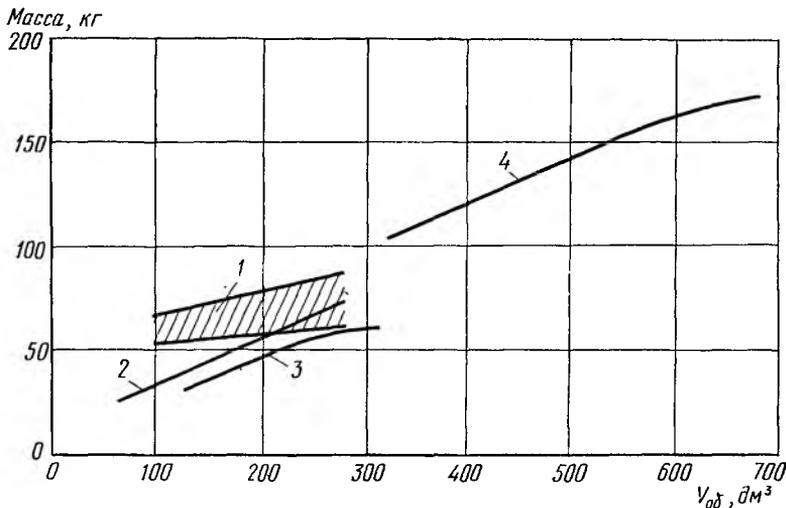


Рис. II-12. Масса холодильников:  
1 — СССР; 2 — Англия и Италия; 3 — ФРГ; 4 — США.

Режимы работы при выбранных значениях получили названия «номинальный» и «стандартный». Эти режимы характеризуются определенным значением температуры в плюсовом отделении холодильника и температурой в низкотемпературном отделении, соответствующей маркировке звездочками.

Номинальный режим служит для определения расхода электроэнергии при температуре окружающего воздуха, характерной для среднегодовых условий эксплуатации. Значение номинального расхода электроэнергии, определенного при этом режиме, позволяет судить о показателях работы холодильника у потребителя. Для номинального режима работы холодильников обоих исполнений (умеренного и тропического) установлены следующие значения температур:  $t_{o.c} = 25^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{пл} = 5^{\circ}\text{C}$ .

Стандартный режим служит для оценки температурно-энергетических показателей холодильников. Стандартные условия испытаний холодильников таковы:

в исполнении У  $t_{o.c} = 32^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{пл} = 5^{\circ}\text{C}$ ;

в исполнении Т  $t_{o.c} = 43^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{пл} = 7^{\circ}\text{C}$ .

Максимальные расходы электроэнергии в стандартном режиме для холодильников, маркированных одной звездочкой, регламентированные ГОСТ 16317 — 76, приведены в табл. II—5.

Для холодильников, имеющих металлическую камеру, допускается увеличение расхода электроэнергии на 10%. Для холодильников, маркированных двумя и тремя звездочками, расход электроэнергии возрастает соответственно на 5 и 10%.

Для сравнения холодильников часто используют *удельный расход электроэнергии*, т. е. расход энергии, приходящийся на единицу емкости ( $\text{Вт}/\text{дм}^3$ ),

$$\omega = \frac{W}{V_{об}} \quad (\text{II—6})$$

Поскольку этот показатель в значительной степени зависит от внутреннего объема холодильника, применять его можно лишь для оценки холодильников одинакового или близкого объема.

*Коэффициент рабочего времени* определяется как отношение длительности рабочей части цикла  $\Delta\tau_p$  к длительности всего цикла  $\Delta\tau_c$ :

$$b = \frac{\Delta\tau_p}{\Delta\tau_c} \quad (\text{II—7})$$

Коэффициент рабочего времени служит мерой расхода энергии для компрессоров одинаковой или близкой производительности. Его величина характеризует резерв холодопроизводительности, которым обладает холодильный агрегат при данных условиях. У отечественных холодильников коэффициент

## Максимальные расходы электроэнергии

Общий внут- ренний объем, дм <sup>3</sup>	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
Расход электро- энергии, кВт·ч/сутки, не более	1,21	1,28	1,35	1,40	1,50	1,57	1,63	1,72	1,82	1,90	2,00	2,10

Таблица II—6

## Основные показатели назначения бытовых компрессионных холодильников

Модель холодильника	Общий внутренний объем, дм <sup>3</sup>	Объем низкотемпера- турного отделения, дм <sup>3</sup>	Относительный объ- ем низкотемперату- рного отделения	Габаритные размеры, мм			Коэффициент ис- пользования габаритного объема	Занимаемая пло- щадь пола, м <sup>2</sup>	Масса, кг	Приведенная мас- са, кг/дм <sup>3</sup>	Площадь поверхно- стей для хранения продуктов, м <sup>2</sup>	Материал камеры*	Материал теплоизо- ляции**	Максимальный су- точный расход элект- роэнергии по ГОСТ 16317—70, кВт·ч
				высота	ширина	глубина								
«Саратов-2М»	98	7,0	0,071	925	540	520	0,38	0,28	65	0,66	0,30	С	СВ	1,56
«Снайге-1М»	125	13,7	0,109	850	650	600	0,38	0,39	68	0,54	0,73	П	СВ	1,50
«Оазис-2»	127	11,0	0,087	1036	560	586	0,37	0,33	60	0,47	0,47	П	СВ	1,50
«Нева»	135	13,7	0,101	1140	470	580	0,43	0,27	57	0,42	0,33	П	СВ	1,58
«Ярна-3»	160	15,0	0,094	1085	576	600	0,43	0,35	60	0,37	0,75	П	ПП	1,65
«Визма» (настен- ный)	160	15,8	0,099	850	1000	500	0,38	—	70	0,44	0,48	П	ПП	1,65
«Полюс-2»	162	15,0	0,092	1165	560	565	0,44	0,32	60	0,37	0,68	П	СВ	1,65
«Памир-1»	164	15,5	0,094	1165	560	565	0,44	0,32	65	0,40	0,51	П	СВ	1,65
«Океан»	164	16,0	0,097	1172	560	580	0,43	0,32	68	0,41	0,47	П	СВ	1,65
«Свияга»	165	16,0	0,097	1225	560	600	0,40	0,34	75	0,45	0,52	С	СВ	1,82
«Днепр-2»	165	15,0	0,091	1160	560	600	0,42	0,34	76	0,46	0,69	С	СВ	1,82
«Снайге-8»	168	16,4	0,098	1195	560	540	0,47	0,30	54	0,32	0,78	П	СВ	1,65
«Каспий-3»	175	19,0	0,109	1080	600	596	0,45	0,36	73	0,42	0,63	С	СВ	1,89
«Орск-3»	177	16,0	0,090	1180	560	600	0,44	0,34	65	0,37	1,04	С	СВ	1,89
«Смоленск»	178	15,3	0,086	1140	570	600	0,46	0,34	64	0,36	0,47	П	ПП	1,72
«Донбасс-3»	178	15,3	0,086	1140	570	600	0,46	0,34	64	0,36	0,47	П	СВ	1,72
«Юрюзань»	179	18,0	0,100	1225	580	600	0,41	0,35	80	0,45	0,55	С	СВ	1,89
«Минск-5»	180	17,0	0,094	1140	570	600	0,46	0,34	58	0,32	1,20	П	СВ	1,72
«Ока-3»	192	28,0	0,146	1200	590	620	0,44	0,37	82	0,43	1,00	С	СВ	1,98
«Аист»	200	26,0	0,130	1212	590	630	0,44	0,37	70	0,35	0,64	П	ПП	1,80
«Минск-10»	220	27,0	0,123	1140	570	600	0,56	0,37	57	0,26	—	П	ПУ	1,90
«Полюс-4»	240	27,0	0,112	1225	572	600	0,57	0,37	63	0,26	—	П	ПУ	2,00
«Минск-6»	240	20,3	0,085	1435	570	600	0,49	0,37	67	0,28	1,60	П	СВ	2,00
«Бирюса-5»	240	25,0	0,104	1210	570	600	0,58	0,37	60	0,25	—	П	ПУ	2,00
ЗИЛ (модель 63)	258	26,0	0,100	1385	590	640	0,49	0,38	85	0,33	1,30	С	СВ	2,20
«Бирюса-6»	280	25,0	0,089	1435	570	600	0,57	0,37	63	0,22	—	П	ПУ	2,20
«Минск-11»	280	27,0	0,056	1435	570	600	0,57	0,37	65	0,23	—	П	ПУ	2,20

\* П — пластмасса; С — сталь.

\*\* СВ — стекловолокно, ПП — пенополистирол; ПУ — пенополиуретан.

рабочего времени в среднем равен: при работе в номинальном режиме 0,25—0,35; в стандартном режиме 0,5—0,7.

*Теплопроводимость шкафа  $kF$  (Вт/К)* характеризует приток тепла в холодильник. Величина теплопроводимости определяет необходимую холодопроизводительность агрегата. Теплопроводимость является главным показателем при оценке качества конструкции и изготовления шкафа.

Значения основных показателей назначения отечественных холодильников приведены в табл. II—6.

### *Эргономические показатели*

Эргономические показатели бытовых холодильников подразделяются на две группы: 1) показатели, характеризующие удобства пользования холодильником; 2) показатели, характеризующие соответствие холодильника требованиям гигиены.

Первая группа состоит из трех показателей: удобство подготовки к работе, удобство загрузки и выгрузки продуктов и регулировки температуры, удобство обслуживания.

Вторая группа состоит из четырех показателей: уровень шума, уровень запаха в камере, соответствие конструкции и формы требованиям гигиены, соответствие применяемых материалов и покрытий требованиям гигиены. Первые два показателя характеризуют соответствие холодильника требованиям, предъявляемым к гигиене среды.

*Уровень шума.* Основные источники шума: компрессор и вентилятор (высокочастотные слагающие), циркуляция холодильного агента в испарителе (низко- и среднечастотные слагающие). При плохой виброизоляции вибрации холодильного агрегата передаются на шкаф, в результате чего появляется дополнительный шум.

Правильно выполненный в отношении звукоизоляции шкаф холодильника служит звукоизолирующим ограждением агрегата. Облицовка машинного отделения звукопоглощающими материалами снижает высокочастотные слагающие шума на 6—13 дБ.

Уровень шума компрессора зависит от режима его работы и определяется, главным образом, давлением всасывания. Максимальный уровень шума наблюдается в момент пуска, когда давление всасывания наивысшее. Повышение уровня шума в момент пуска над уровнем при установившемся режиме достигает 5—15 дБА.

Уровень шума холодильника увеличивается с ростом его объема, обуславливающего холодопроизводительность компрессора.

Стандартом на бытовые холодильники установлен предельный уровень шума 42 дБА. Уровень шума лучших отечественных холодильников составляет от 25 до 35 дБА, зарубежных холодильников объемом 150—300 дм<sup>3</sup> — от 25 до 32 дБА, объемом 400—600 дм<sup>3</sup> — от 35 до 42 дБА.

*Уровень запаха в камере* не должен быть выше двух баллов при оценке по инструкции Минздрава СССР № 880—71. Оценка осуществляется путем дегустации рабочих образцов, а также герметично закупоренных контрольных образцов воды и масла, находящихся в камере работающего холодильника.

### *Показатели надежности*

Надежность характеризуется тремя свойствами: долговечностью, безотказностью и ремонтопригодностью.

Показателем *долговечности* является срок службы. Бытовые холодильники рассчитаны на срок службы 15 лет. Фактический срок службы составляет 12—20 лет.

*Безотказность* характеризуется вероятностью безотказной работы, параметром потока отказов<sup>1</sup> для ремонтируемых изделий и интенсивностью отказов<sup>2</sup> для неремонтируемых.

Холодильник в целом и холодильный агрегат являются ремонтируемыми изделиями. Ряд их элементов, например реле температуры, испаритель, фильтр-осушитель, панель двери, относятся к неремонтируемым изделиям. В случае повреждения их заменяют новыми.

ГОСТ 17446—72 установлена максимальная величина вероятности безотказной работы (0,90) за срок гарантии. Срок гарантии на бытовые холодильники — 3 года.

Годовой параметр потока отказов бытовых холодильников различных заводов за период гарантии колеблется в широких пределах: от 13 до 1,5% (наименьшее число отказов — у холодильников ЗИЛ).

В среднем, параметр потока отказов холодильников составляет 3—5% в год. Примерно такой же уровень надежности характерен для зарубежных холодильников.

Пик отказов приходится на первые 3—9 месяцев, соответствующих времени приработки.

<sup>1</sup> Параметр потока отказов — среднее число отказов в единицу времени в течение определенного интервала времени.

<sup>2</sup> Интенсивность отказов — число отказов в определенном интервале времени, отнесенное к числу изделий, исправных к началу этого интервала.

Надежность холодильника, как и любого сложного объекта, во многом зависит от качества комплектующих изделий.

В среднем, распределение отказов (в %) по основным элементам холодильника таково.

Приборы автоматики	50
В том числе:	
реле температуры	40
пуско-защитное реле	10
Агрегат	35
В том числе компрессор	20
Шкаф	15

Распространены следующие отказы холодильного агрегата (в %).

Заклинивание компрессора	23
Нарушение герметичности агрегата	20
Повышенный уровень шума	20
Обрыв обмоток статора	12
Недостаточная производительность компрессора	7
Прочие	18

*Ремонтпригодность* характеризуется следующими показателями:

степень удобства проведения обслуживания и ремонта (степень разборности холодильника; степень доступности к элементам холодильника; степень удобства поз при работах по обслуживанию и ремонту);

уровень контролепригодности конструкции (коэффициент контролепригодности холодильного агрегата; коэффициент контролепригодности электрических элементов);

трудоемкость ремонта.

Степень разборности холодильника определяется отношением

$$K_p = \frac{N_c}{N_{\text{общ}}}, \quad (\text{II}-8)$$

где  $N_c$  — количество съемных основных конструктивных элементов;

$N_{\text{общ}}$  — общее количество основных конструктивных элементов (шкаф, камера, холодильный агрегат, панель, двери и т. д.).

Холодильники с теплоизоляцией из стекловолокна можно разобрать полностью, т. е. можно демонтировать холодильный агрегат, камеру, заменить теплоизоляцию. У таких холодильников  $K_p = 1$ . При использовании прогрессивной вспененной теплоизоляции из пенополиуретана, позволяющей повысить ряд потребительских показателей, нельзя разъединить шкаф, теплоизоляцию и камеру.

*Степень доступности к элементам холодильника* при устранении отказов оценивается экспертным методом в баллах. При этом учитывается, сколько деталей необходимо снять, чтобы демонтировать холодильный агрегат, приборы автоматики и т. д.

*Степень удобства поз при работах по обслуживанию и ремонту* определяется экспертным методом. В моделях, где компрессор, конденсатор и ряд элементов автоматики расположены в самом низу, под дном камеры, проводить работы по диагностике крайне неудобно. Оценка в этом случае низкая.

*Коэффициент контролепригодности холодильного агрегата* определяется отношением

$$K_{\text{к.х.а}} = \frac{N_{\text{к.х}}}{N_{\text{к.о.х}}}; \quad (\text{II}-9)$$

где  $N_{\text{к.х}}$  — количество элементов холодильного агрегата, которое можно контролировать различными способами в процессе эксплуатации;

$N_{\text{к.о.х}}$  — общее количество элементов холодильного агрегата.

Для холодильников с одним испарителем  $K_{\text{к.х.а}} = 1$ . В холодильниках с двумя испарителями, ввиду недоступности для осмотра испарителя низкотемпературного отделения, этот показатель составляет 0,8.

Аналогично определяется коэффициент контролепригодности электрических элементов. В сложных электросхемах этот показатель можно повысить путем вывода цепей отдельных элементов на штепсельные разъемы, в результате чего можно проверить эти цепи тестером без разборки холодильника.

*Трудоемкость работ по обслуживанию и ремонту* является комплексным показателем. Она зависит от конструктивных особенностей холодильников и степени соответствия их конструкции технологии ремонтных операций. При установке испарителя спереди, через дверной проем, трудоемкость работ по замене холодильного агрегата возрастает в среднем на 30%.

### Характеристики холодильников

К характеристикам холодильника относятся зависимости температур в плюсовом и низкотемпературном отделениях, расхода электроэнергии и коэффициента рабочего времени от температуры окружающей среды. Температура окружающего воздуха определяет тепловую нагрузку холодильника. На рис. II—13 представлены типичные графики зависимости температур в плюсовом и низкотемпературном отделениях холодильника с од-

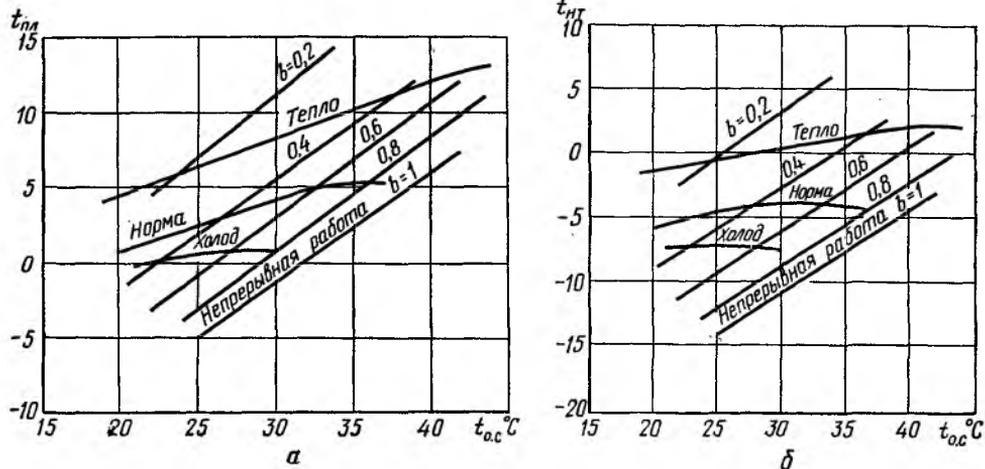


Рис. 11-13. Типичный график зависимости температур в плюсовом и низкотемпературном отделениях холодильника с одним испарителем от температуры окружающей среды при различных коэффициентах рабочего времени и разных уставках реле температуры в плюсовом (а) и низкотемпературном (б) отделении.

ним испарителем от температуры окружающей среды.

Температура в низкотемпературном отделении при циклической работе определяется уставкой реле температуры. При изменении уставки с наиболее теплого режима на холодный температура понижается на 7—10°C.

Температура в плюсовом отделении зависит от температуры окружающей среды.

Взаимосвязь температуры окружающего воздуха, расхода энергии, коэффициента рабочего времени и температур в плюсовом и низкотемпературном отделениях представляется в виде универсальной характеристики (рис. 11—14). По ней можно, задавая температурой окружающей среды и желаемой температурой в отделениях, определить необходимую уставку реле температуры и расход электроэнергии.

При непрерывной работе холодильного агрегата расход электроэнергии меняется незначительно: при повышении температуры окружающего воздуха от 20 до 40°C расход электроэнергии увеличивается всего на 20—30%. Причиной этого являются значительные потери в электродвигателе и механизме движения компрессора (~ 50%), мало зависящие от величины полезной работы.

При циклической работе влияние температуры окружающего воздуха на расход электроэнергии весьма существенно. По мере увеличения коэффициента рабочего времени в

результате роста тепловой нагрузки расход энергии при циклической работе сближается с расходом при непрерывной работе компрессора. Повышение температуры окружающей среды от 20 до 40°C вызывает увеличение расхода энергии в 2—3 раза.

Каждый градус понижения температуры в плюсовом отделении влечет за собой увеличение расхода энергии примерно на 10%. Повышение температуры окружающего воздуха на 1°C вызывает возрастание расхода электроэнергии при циклической работе в среднем на 12%.

### Методы испытаний

Испытания подразделяются на приемо-сдаточные, периодические, типовые и испытания на надежность.

Приемо-сдаточным испытаниям подвергают каждый холодильник. Они включают: проверку внешнего вида и комплектности, работы выключателя, уплотнения двери, герметичности холодильного агрегата; испытание электрической прочности изоляции; измерение сопротивления электрической изоляции холодильника; проверку температуры в плюсовом отделении и расхода электроэнергии. Температурно-энергетические параметры определяют по методике предприятия-изготовителя.

$W, \text{кВт}\cdot\text{ч/сутки}$

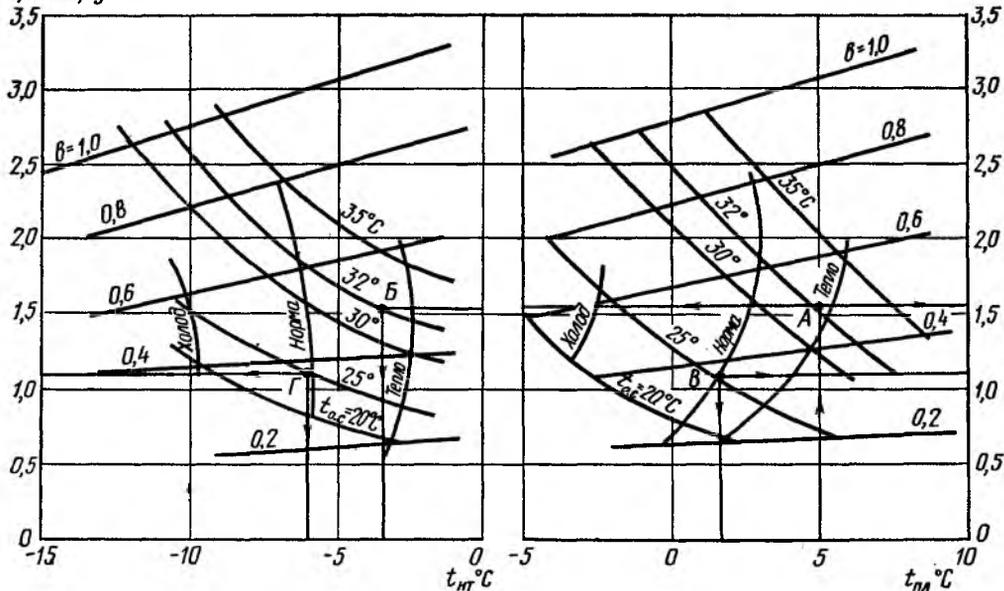


Рис. 11-14. Универсальная характеристика холодильника «Бирюса».

Периодические испытания проводят не реже одного раза в год. Испытаниям подвергают не менее трех холодильников, прошедших приемо-сдаточные испытания. Основные виды испытаний следующие: испытание холодильников на транспортную тряску; проверка расхода электроэнергии; проверка отсутствия запаха в плюсовом отделении; проверка уплотнения двери; проверка механической прочности полок и испарителя; проверка герметичности агрегата; проверка усилия открывания двери; циклические испытания двери и ее элементов; проверка уровня звука; проверка температуры в плюсовом отделении; проверка температуры в низкотемпературном отделении; проверка запуска холодильника; проверка электрической прочности изоляции; проверка тока утечки; проверка работоспособности; испытание холодильника в аварийных режимах; испытание на пожарную безопасность.

При определении температурно-энергетических показателей холодильник устанавливают на платформу в помещении для испытаний. Температура воздуха в этом помещении поддерживается в точности  $\pm 1,0^\circ\text{C}$ . Градиент температуры в помещении составляет не более  $1^\circ\text{C}$  на 1 м высоты. Температуру окружающего воздуха определяют как среднее арифметическое значений температур, изме-

ренных в трех точках, расположенных на расстоянии  $250 \pm 5$  мм от передней и двух боковых стенок холодильника, на перпендикулярах к центру площади стенок. Приборы для измерения температуры должны иметь класс точности не ниже 0,5.

Испытания проводят в установившемся тепловом режиме.

Температуру в плюсовом отделении определяют как среднее арифметическое значение температур, измеренных в трех контрольных точках (рис. 11-15), за три полных цикла. Точки расположены на половине расстояния между задней стенкой камеры и панелью закрытой двери.

При измерении температуры в низкотемпературном отделении после выхода холодильника на установившийся режим оно заполняется испытательными пакетами. Пакеты предварительно охлаждают до температуры  $-6, -12, -18^\circ\text{C}$  в зависимости от маркировки отделения. Температуру определяют по показаниям термопар, размещенных в геометрическом центре четырех пакетов.

При определении расхода электроэнергии используют электросчетчики класса не ниже 2,5 в ценой деления не более 0,01 кВт·ч.

Уровень звука проверяют в свободном звуковом поле на расстоянии 1 м.

Испытания на работоспособность и безо-

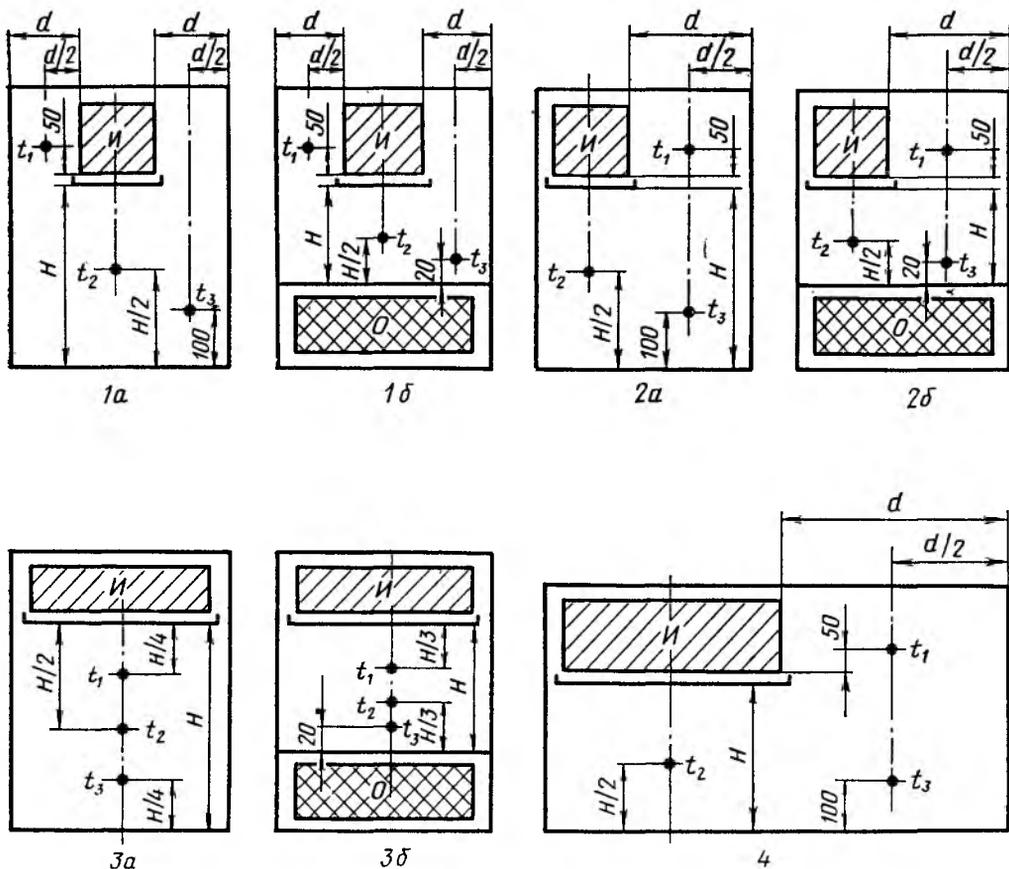


Рис. II-15. Расположение точек измерения температуры в плюсовом отделении однокамерного холодильника:

И — испаритель; О — отделение для овощей. Если на эскизах 1а — 2б размер  $d$  меньше 80 мм, применяют эскиз 3а или 3б.

пасность проводят в соответствии с условиями, приведенными в табл. II—7.

При проверке работоспособности температура обмоток электродвигателя не должна превышать значений допустимых для данного класса изоляции и защитное реле в установившемся режиме работы не должно срабатывать.

Перед проверкой запуска выключенный холодильник выдерживают с открытой дверью в течение 24 ч. Затем дверь закрывают и холодильник включают 10 раз при каждом значении напряжения. Интервал между включениями — не менее 5 мин. Время запуска не должно превышать 5 с.

При испытании в аварийном режиме холодильник работает до достижения установив-

шегося состояния. Затем в течение рабочей части цикла его отключают от сети на 3 с.

Если холодильник запускается, испытание проводят 3 раза. Если при одном из отключений холодильник не запустится, то его оставляют выключенным в сеть до достижения установившейся температуры обмоток электродвигателя. Она не должна превышать допустимые значения для данного класса изоляции.

Защиту электродвигателя в аварийном режиме проверяют на компрессоре с заклиненным ротором. Испытание продолжается до достижения установившейся температуры обмоток электродвигателя.

При проведении испытания на пожарную безопасность холодильник помещают в про-

Условия проведения испытаний на работоспособность и безопасность

Вид испытания	Температура окружающей среды, °С		Уставка реле температуры	Отклонения напряжения сети от номинального значения	Продолжительность испытания
	исполнение У	исполнение Т			
На работоспособность	32	43	На наибольшее охлаждение	0,85 и 1,1	12 ч*
На запуск	32	43	То же.	0,85 и 1,1	10 раз
В аварийных режимах	16	18	»	0,85	Три запуска либо до достижения установившейся температуры обмоток электродвигателя
На пожарную безопасность	32	43	Не оговорена	1,1	15 суток

\* При каждом значении напряжения.

странство, отгороженное фанерой, окрашенной в черный матовый цвет. Ротор заблокирован, дверь открыта. Затем дверь закрывают и холодильник включают в сеть. Полярность источника питания меняют каждые 24 ч.

Защитное устройство должно обеспечить циклическое включение и выключение питания в течение всего времени испытания либо прекратить подачу тока.

Температура корпуса компрессора непосредственно после испытаний не должна превышать 150°С, ток утечки между обмотками и кожухом при удвоенном номинальном напряжении — 2мА.

Типовые испытания проводят после внесения изменений в конструкцию или технологию изготовления для оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений. Программу типовых испытаний устанавливают в зависимости от характера изменения конструкции, технологии изготовления или материалов.

Испытания на надежность проводят раз в 2 года. Продолжительность испытаний должна соответствовать наработке за срок гарантии. При использовании ускоренных методов продолжительность испытаний сокращается. Объем выборки и допустимое число отказов (не более одного) при проведении испытаний с односторонней доверительной вероятностью 0,8 определяют по ГОСТ 17446—72.

## Абсорбционные бытовые холодильники

### Классификация и устройство абсорбционных бытовых холодильников

Абсорбционные холодильники по назначению, степени автоматизации оттаивания испарителя и климатическим условиям эксплуатации подразделяются аналогично компрессионным. В абсорбционных холодильниках применяется естественная циркуляция воздуха.

По способу установки различают стационарные и переносные абсорбционные холодильники. Стационарные абсорбционные холодильники подразделяются, как и компрессионные, на напольные, встроенные, настенные.

По виду источника нагрева абсорбционные холодильники классифицируют на электрические, газовые, керосиновые и комбинированные, имеющие два вида нагрева, например электрический и газовый. Наиболее распространены электрические холодильники. Ограниченное использование стационарных газовых холодильников объясняется в основном соображениями безопасности, а также неудобствами, связанными с подсоединением к газовой сети. Керосиновые холодильники и газовые на сжиженном топливе (в баллонах) применяют в отдаленных неэлектрифицирован-

ных районах, на баркасах и т. п., а также в качестве переносных аппаратов.

В СССР выпускают однокамерные электрические абсорбционные холодильники с ручным оттаиванием, маркированные одной звездочкой.

Двухкамерные аппараты с частично автоматическим оттаиванием подготавливаются к выпуску.

Устройство абсорбционных холодильников, конструкция шкафа и циркуляция воздуха в камере такие же, как у компрессионных холодильников.

Абсорбционные холодильники должны оставаться работоспособными при установке их на поверхности с уклоном 1 : 100. При этом температура в плюсовом отделении не должна превышать 9°C.

Абсорбционные холодильники подвергают таким же испытаниям, что и компрессионные, кроме проверки запуска и испытания на пожарную безопасность. В аварийных режимах испытывается нагреватель по методике ГОСТ 14087—75.

### Холодильные агрегаты

В бытовых холодильниках применяют абсорбционно-диффузионные агрегаты непрерывного действия с инертным газом. Холодильным агентом служит водоаммиачный раствор, инертным газом — водород.

Холодильный агрегат состоит из следующих основных элементов: генератора, абсорбера, дефлегматора, термосифона, испарителя, конденсатора, теплообменников растворов и газов.

Применяют холодильные агрегаты с одним и двумя испарителями.

**Холодильный агрегат с одним испарителем.** Абсорбционный агрегат холодильника «Север-6» представлен на рис. 11—16. При работе электронагревателя 1 в термосифоне 2 образуются пары аммиака, которые поступают в дефлегматор 4 и затем в конденсатор 5. Вместе с парами аммиака в конденсатор поступают и водяные пары. При охлаждении в дефлегматоре пары воды конденсируются и каплями стекают в генератор 3, частично насыщаясь парами аммиака. Жидкий аммиак из конденсатора стекает в испаритель 6. Здесь парциальное давление аммиака ниже, чем в конденсаторе, поэтому аммиак испаряется. В верхнюю часть испарителя поступает также водород. В результате диффузии аммиака образуется парогазовая смесь водород — аммиак. Эта смесь по наружной трубе газового теплообменника 7 опускается в сборник 9, а затем поднимается по змеевику абсорбера 8.

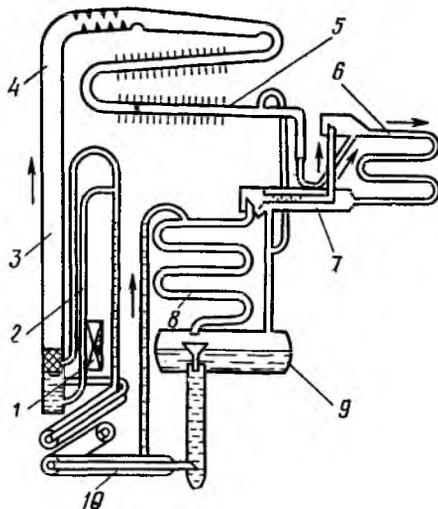


Рис. 11-16. Схема абсорбционного агрегата холодильника «Север-6»:

1 — электронагреватель; 2 — термосифон; 3 — генератор; 4 — дефлегматор; 5 — конденсатор; 6 — испаритель; 7 — газовый теплообменник; 8 — абсорбер; 9 — сборник; 10 — теплообменник растворов.

Навстречу смеси, вниз по змеевику абсорбера, движется слабый водный раствор аммиака, поступающий из генератора. Аммиак из парогазовой смеси переходит в раствор. Это приводит к обогащению водоаммиачного раствора и превращению парогазовой смеси в практически чистый водород. Последний по внутренней трубе газового теплообменника вновь поступает в испаритель. Циркуляция между генератором и абсорбером, а также между конденсатором и испарителем осуществляется за счет разности уровней растворов. Водород и парогазовая смесь между испарителем и абсорбером перемещаются благодаря разности их плотностей.

В холодильном аппарате два теплообменника — жидкостной и газовый. В жидкостном теплообменнике 10 нагревается богатый аммиаком раствор, идущий в генератор. В газовом теплообменнике охлаждается водород, поступающий в испаритель.

**Холодильный агрегат с двумя испарителями.** Абсорбционный агрегат холодильника фирмы «Сибирь» (Швейцария) представлен на рис. 11—17.

Крепкий раствор с концентрацией аммиака 0,35 кг/кг из сборника 1, пройдя через теплообменник растворов 2, подается термосифоном 3 в генератор 4. Полученный водоаммиачный пар при давлении 2500 кПа

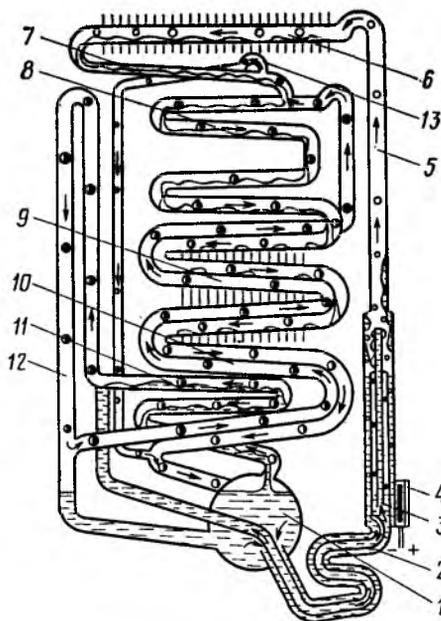


Рис. П-17. Схема абсорбционного агрегата двухкамерного холодильника «Сибир-225»:

1 — сборник; 2 — теплообменник растворов; 3 — термосифон; 4 — генератор; 5 — дефлегматор; 6 — конденсатор; 7 — переохладитель; 8 — низкотемпературный испаритель; 9 — плюсовой испаритель; 10 — газовый теплообменник; 11 — абсорбер; 12 — воздушный охладитель; 13 — ловушка; ○ — аммиак; ● — водород.

(25 кгс/см<sup>2</sup>) и температуре 150°C направляется в охлаждаемый воздухом дефлегматор 5. Охлажденный в нём до 70°C пар поступает в конденсатор 6. Жидкий аммиак из переохладителя 7 сливается в испаритель 8 низкотемпературной камеры, где кипит в среде водорода при —30°C. Затем, по мере увеличения парциального давления аммиака, эта температура повышается до —18°C. Далее жидкость продолжает кипеть в потоке парогазовой смеси, спускаясь по змеевику испарителя 9, расположенного на задней стенке плюсовой камеры. Температура смеси на выходе из испарителя —5°C. Пройдя теплообменник 10, парогазовая смесь, содержащая 60% аммиака, парциальное давление которого 300 кПа (3 кгс/см<sup>2</sup>), поступает в абсорбер 11. Навстречу ему из генератора поступает слабый раствор с концентрацией аммиака 0,1 кг/кг, предварительно прошедший теплообменник 2. Образующийся в процессе поглощения аммиака крепкий раствор сливается в сборник 1. Водород, лишившийся паров аммиака в абсорбере, направ-

ляется в воздушный охладитель 12, а затем охлаждается в газовом теплообменнике 10 и в высокотемпературном испарителе 9. Побуждающей силой для циркуляции водорода в контуре служит увеличение плотности смеси, спускающейся в испарителях 8 и 9, и разность плотностей газа в трубках воздушного охладителя.

Чтобы предотвратить проникновение водорода в конденсатор, устроена ловушка 13, отводящая парогазовую смесь из переохладителя 8 в сборник 1.

При максимальной нагрузке тепловой коэффициент холодильного агрегата составляет 0,45—0,50.

Высокие температурно-энергетические показатели холодильников фирмы «Сибир» достигнуты благодаря следующим усовершенствованиям:

установке регенеративного и парогазового теплообменников между высоко- и низкотемпературными испарителями, теплоизолированных пенополиуретаном;

применению в генераторе трехпоточного теплообменника, полезно использующего теплоту ректификации, благодаря чему повышается энергетическая эффективность агрегата;

использованию в испарителях и абсорбере труб с внутренней капиллярной насечкой, обладающих увеличенной внутренней поверхностью.

**Теплообменные аппараты.** Теплообменные аппараты абсорбционных агрегатов изготавливают из стальных цельнотянутых труб, соединяемых сваркой.

Генератор и теплообменник растворов теплоизолируют. Генератор заключают в металлический кожух. Изоляция должна выполняться тщательно, так как потеря тепла через кожух генератора достигает 50%.

Испаритель выполняют в виде змеевика, конденсатор и плюсовой испаритель — оребренного змеевика.

Теплообменники растворов и газов, а также (в некоторых конструкциях) плюсовой испаритель представляет собой двухтрубную конструкцию «труба в трубе».

**Электронагреватель генератора.** Выполнен в виде металлического полого цилиндра. Верхний торец его закрыт наглухо. В нижний вставлена нихромовая спираль (нихром марки Ж-1 или Ж-4 диаметром 0,31 мм) в изоляторах, выполненных из фарфора в виде втулок. Пространство между внутренней поверхностью цилиндра и втулками спирали заполнено песком. Концы спирали изолированы фарфоровыми бусами и выведены наружу.

Нагреватели изготавливают одно- и двухсекционные. Односекционный нагреватель мощностью 125 Вт применяют в холодильнике

«Север-5». Мощность (Вт) двухсекционных нагревательных ступеней абсорбционных холодильников приведена ниже.

«Кузбасс», «Ладога»	70—90
«Восток-2»	70—100
«Морозко»	50—65
«Кристалл»	50—95

**Размещение холодильного агрегата.** Холодильный агрегат устанавливают на задней стенке шкафа (рис. 11—18).

Испаритель вводят в камеру сзади, через люк.

### Приборы управления

В большинстве абсорбционных холодильников реле температуры включает и выключает большую секцию электронагревателя, а меньшая секция работает постоянно. В холодильниках с односекционным нагревателем он работает циклично. В некоторых моделях применяют ручной переключатель мощности нагревателя.

Наиболее предпочтительный первый вариант регулирования температуры в камере.

В абсорбционных холодильниках применяют реле температуры АРТ-2.

### Системы оттаивания

В холодильниках с одним испарителем оттаивание производят вручную. В холодильниках с двумя испарителями применяют частично автоматическую систему оттаивания. Теплые пары водоаммиачного раствора поступают из генератора непосредственно в плюсовую испаритель, который оттаивает. В качестве реле времени, включающего систему оттаивания, используют жидкостной дозатор-накопитель раствора.

Объем дозатора обуславливает цикличность оттаивания. Оттаивание происходит раз в сутки.

### Показатели назначения

Абсорбционные холодильники выпускают общим внутренним объемом от 25 до 320 дм<sup>3</sup>. Внутренний объем отечественных холодильников составляет 28—100 дм<sup>3</sup>. Относительный объем низкотемпературного отделения составляет 10—15% у однокамерных и до 20% у двухкамерных холодильников.

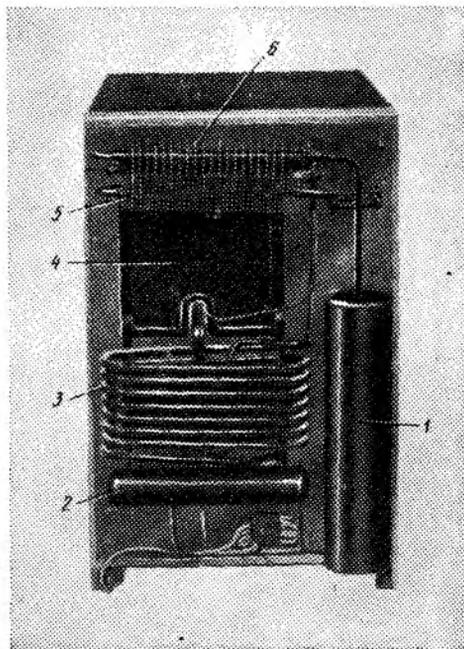


Рис. 11-18. Размещение абсорбционного агрегата на задней стенке шкафа:

1 — генератор; 2 — сборник; 3 — абсорбер; 4 — люк в корпусе шкафа; 5 — конденсатор; 6 — дефлагматор.

Значение коэффициента использования габаритного объема у абсорбционных холодильников с пенополиуретановой теплоизоляцией такое же, как у компрессионных.

Абсорбционные холодильники тяжелее компрессионных. Их средняя приведенная масса составляет 0,5—0,7 кг/дм<sup>3</sup>.

Номинальный расход электроэнергии холодильников внутренним объемом 50—80 дм<sup>3</sup> составляет в среднем 1,3—1,8 кВт·ч/сутки. Для холодильников, маркированных тремя звездочками, объемом 150—200 дм<sup>3</sup> лучшие значения этого показателя равны 1,6—1,8 кВт·ч/сутки. Стандартный расход электроэнергии холодильника «Сибирь-Е150» объемом 150 дм<sup>3</sup>, маркированного тремя звездочками,— 2,4 кВт·ч/сутки.

Предельные значения расхода электроэнергии для отечественных холодильников, маркированных одной звездочкой, в стандартном режиме представлены в табл. 11—8.

Основные показатели назначения отечественных абсорбционных холодильников приведены в табл. 11—9.

Предельные значения расхода электроэнергии

Общий внутренний объем, дм <sup>3</sup>	60	80	100	120	140	160	180	200
Расход электроэнергии, кВт·ч/сутки	2,20	2,40	2,65	2,90	3,15	3,55	3,90	4,10

Таблица II—9

Основные показатели назначения бытовых абсорбционных холодильников

Модель холодильника	Общий внутренний объем, дм <sup>3</sup>	Объем низкотемпературного отделения, дм <sup>3</sup>	Относительный объем низкотемпературного отделения	Габаритные размеры, мм			Коэффициент использования габаритного объема	Занимаемая площадь пола, м <sup>2</sup>	Масса, кг	Приведенная масса, кг/дм <sup>3</sup>	Площадь поверхностей для хранения продуктов, м <sup>2</sup>	Материал камеры <sup>1</sup>	Материал теплоизоляции <sup>2</sup>	Максимальный суточный расход электроэнергии по ГОСТ 18317—70, кВт·ч
				высота	ширина	глубина								
«Морозко-2»	27	0,1	0,004	580	420	450	0,25	0,19	20	0,74	0,07	П	ПП	1,90
«Ладога-2М»	75	5,0	0,067	950	550	580	0,25	0,32	53	0,71	0,29	П	ПП	2,70
«Кузбасс»	75	0,3	0,004	870	620	650	0,19	0,40	55	0,73	0,37	П	СВ	2,70
«Пенза-2»	80	1,5	0,019	910	550	600	0,24	0,33	50	0,62	0,12	П	Ми- пора	2,70
«Кристалл-2»	83	0,5	0,006	905	560	650	0,23	0,36	53	0,64	0,40	П	СВ	2,70
«Север-2»	100	5,0	0,050	1040	560	626	0,27	0,35	64	0,64	0,50	П	СВ	3,00

<sup>1</sup> П — пластмасса.<sup>2</sup> ПП — пенополистирол; СВ — стекловолокно.

## БЫТОВЫЕ МОРОЗИЛЬНИКИ

### Классификация бытовых морозильников

По назначению морозильники подразделяют на два типа: 1) для хранения замороженных пищевых продуктов; 2) для замораживания пищевых продуктов и хранения замороженных продуктов.

Морозильники первого типа мало распространены. Их изготавливают небольшого внутреннего объема.

По способу циркуляции воздуха в камере морозильники подразделяют на два класса: с естественной циркуляцией и принудительной. Преобладают морозильники с естественной циркуляцией воздуха. Морозильники с принудительной циркуляцией воздуха распространены в США.

По степени автоматизации оттаивания различают морозильники с ручным оттаиванием и автоматическим. Автоматической системой оттаивания оснащены морозильники с принудительной циркуляцией воздуха.

По конструктивному исполнению морозильники подразделяют на шкафы и лари. В США преобладают морозильники-шкафы (свыше 60% выпуска).

В Европе до 70% морозильников выпускают в виде ларя. Морозильники внутренним объемом свыше 300 дм<sup>3</sup> изготавливают в основном в исполнении «Ларь». Морозильники с принудительной циркуляцией воздуха изготавливают в виде шкафа.

Морозильники-шкафы выпускают в напольном и встроенном вариантах. Устанавливают их в основном на кухне. Морозильники-лари устанавливают чаще всего в подсобных помещениях, в подвале, реже — на кухне. Лари большого внутреннего объема размещают исключительно вне кухни.

По степени автоматизации замораживания различают морозильники с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением замораживанием. В первом случае перевод на режим замораживания и прекращение замораживания производится вручную потребителем. При полуавтоматическом управлении перевод на режим замораживания осуществляется вручную, прекращение замораживания — автоматически. При автоматическом управлении все операции производятся автоматически.

По климатическим условиям эксплуатации различают морозильники исполнения У и Т.

### Устройство морозильников

Морозильники с естественной циркуляцией воздуха в камере. Морозильник-шкаф представляет собой металлический шкаф с встроенной в него герметичной холодильной машиной. Внутри шкафа находится камера. Между стенками камеры и наружного корпуса расположена теплоизоляция. Спереди шкаф закрывается дверью. По периметру дверного проема установлен нагреватель для предотвращения отпотевания шкафа.

Продукты размещаются на полках или в выдвижных проволочных корзинах. Полки делают сплошными или перфорированными. В морозильниках внутреннего объема свыше 200 дм<sup>3</sup> полки спереди закрывают дверцами для уменьшения тепло- и влагообмена при открывании двери.

Специальное отделение для замораживания продуктов (морозильное отделение) находится в верхней части шкафа.

Применяют два варианта размещения испарителя: на задней стенке камеры; под каждой полкой в виде отдельных секций.

Температура в камере морозильника регулируется посредством реле температуры. Перевод на режим замораживания осуществляется вручную или специальным прибором.

Морозильники-лари (рис. 11—19) сверху закрываются крышкой. По периметру проема установлен нагреватель мощностью 2—5 Вт на 1 м длины. Крышка снабжена уплотнителем.

Испаритель охватывает камеру с четырех сторон. В некоторых моделях дно камеры также охлаждается. Между камерой и корпусом размещена теплоизоляция. Морозильное отделение отгорожено от основного объема ларя теплоизоляционной перегородкой. Продукты размещают в подвесных проволочных корзинах.

Морозильники с принудительной циркуляцией воздуха. Их устройство схоже с устройством холодильников с принудительной циркуляцией воздуха. Ребристый испаритель

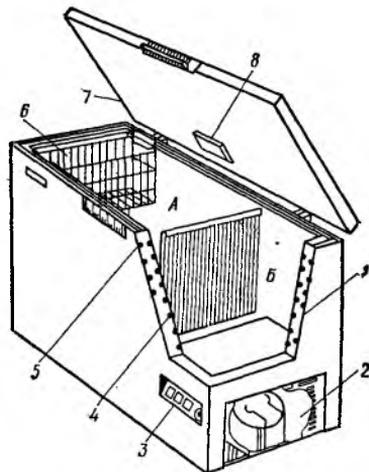


Рис. 11-19. Морозильник-ларь:

1 — теплоизоляция; 2 — машинный отсек; 3 — сигнальная панель; 4 — испаритель; 5 — конденсатор; 6 — корзина; 7 — уплотнитель; 8 — освещение; А — отделение для хранения замороженных продуктов; Б — морозильное отделение.

размещен внизу или сверху шкафа и отделен от камеры перегородкой. Рядом с ним установлен вентилятор. Вентилятор засасывает воздух из камеры и прогоняет его через испаритель. Осушенный холодный воздух поступает в камеру. Подача в камеру осушенного воздуха исключает оседание инея на продуктах.

### Основные элементы морозильников

Бытовой морозильник состоит из трех основных элементов: шкафа (ларя), холодильной машины и приборов управления.

#### Шкафы (лари)

Конструкция шкафа морозильника аналогична конструкции шкафа холодильника. Корпус ларя изготовляют из стального листа, камера алюминиевая или стальная.

В качестве теплоизоляции применяют вспененный полиуретан. Толщина теплоизоляции 40—60 мм.

#### Холодильные агрегаты

В морозильниках применяют компрессионную холодильную машину. Конструкция холодильного агрегата морозильника идентична конструкции агрегата холодильника. В морозильниках широко используют холодильные агрегаты с охладителем масла.

**Размещение и способы установки холодильного агрегата.** В морозильниках-шкафах компрессор устанавливают в нижней части шкафа. Конденсатор размещают на задней стенке шкафа либо внизу рядом с компрессором. В последнем случае он обдувается вентилятором.

Испаритель устанавливают спереди через дверной проем. В морозильниках с принудительной циркуляцией воздуха испаритель монтируют сзади, через люк.

В морозильниках-ларях конденсатор устанавливают в нижней части ларя, в машинном отделении рядом с компрессором, либо прикрепляют к внутренней поверхности корпуса ларя, либо размещают на задней стенке ларя.

**Испаритель.** Применяют два типа испарителя: листотрубный алюминиевый прокатно-сварной и трубчатый змеевик.

В морозильниках-ларях прокатно-сварной испаритель является одновременно камерой. Трубчатый змеевик прикрепляют к металлической стенке камеры ларя со стороны теплоизоляции. Длина труб змеевика составляет 20—35 м.

В шкафах с естественной циркуляцией воздуха испаритель состоит из ряда секций (по числу полок) трубчатого змеевика, прикрепляемых к нижним поверхностям полок. Секции соединены последовательно.

В шкафах с принудительной циркуляцией воздуха применяют ребристый змеевик, аналогичный по конструкции испарителю холодильника.

**Конденсатор.** В морозильниках используют конденсаторы, аналогичные по конструкции конденсаторам холодильников.

### *Приборы управления*

В морозильниках, помимо уже описанных реле температуры, реле времени и пуско-защитного реле, применяют приборы для управления замораживанием и сигнализационные устройства.

При полуавтоматическом управлении замораживанием используют реле времени. Оно имеет шкалу, проградуированную в килограммах (от 0 до 50 кг). Зная массу продуктов, предназначенных для замораживания, потребитель устанавливает реле времени на соответствующее деление шкалы и кладет продукты в морозильное отделение. Реле времени переводит холодильный агрегат на непрерывную работу, блокируя реле температуры. По истечении заранее заданного времени, определяемого массой продуктов, замораживание прекращается и агрегат снова начинает работать циклично.

При автоматическом управлении замораживанием применяется дополнительное реле температуры. Датчик этого реле размещен в морозильном отделении. При укладке в отделение теплых продуктов датчик реагирует на повышение температуры.

По сигналу датчика дополнительное реле температуры блокирует контакты реле температуры, регулирующего температуру в камере. В результате холодильный агрегат переводится на режим непрерывной работы. Замораживание длится до тех пор, пока температура датчика, размещенного в морозильном отделении, не станет ниже температуры включения основного реле температуры.

Система сигнализации устанавливается на всех морозильниках. Сигнализация состоит из трех ламп с разноцветными плафонами. При включении морозильника загорается зеленый плафон, в период замораживания светится желтый плафон, а если температура в камере поднимается выше допустимой, включается красный плафон — опасность.

Для морозильников, устанавливаемых в подвалах, выпускают дистанционный сигнализатор, работающий от сети переменного тока или батареи. Сигнализатор размещают на кухне или в другом жилом помещении. Если температура в камере морозильника становится выше допустимой, он подает звуковой или световой сигнал.

В отечественном морозильнике МШ-160 установлено реле температуры ТРХ-3 со следующими параметрами (в °С).

---

Температура включения на среднем	$-11 \pm 1,25$
режиме	
Температура выключения на среднем	$-20 \pm 1,5$
режиме	
Температура выключения в режиме	$-27$
наибольшего охлаждения, не выше	
Температура включения в режиме	$-3$
наименьшего охлаждения, не выше	
Дифференциальная на среднем режиме	$9_{-1}^{+2}$

---

### *Системы оттаивания*

Оттаивание испарителя морозильников с естественной циркуляцией воздуха производится вручную несколько раз в год. Продукты при этом удаляются. В морозильниках с принудительной циркуляцией воздуха оттаивание испарителя осуществляется 1—2 раза в сутки по сигналу реле времени. Для нагрева испарителя используется электронагреватель, смонтированный рядом со змеевиком испарителя, либо горячие пары холодильного агента.

## Показатели качества

Уровень качества морозильников, как и холодильников, характеризуется 8 группами показателей.

Показатели назначения подразделяют на две группы:

1) объемно-массовые, 2) температурно-энергетические.

Первая группа состоит из 8 показателей: общий внутренний объем  $V_{об}$ ; коэффициент использования внутреннего объема  $\psi$ ; коэффициент использования габаритного объема  $\varphi$ ; коэффициент использования площади пола  $f$ ; площадь поверхности для хранения продуктов  $F_{хр}$ ; объем морозильного отделения  $V_m$ ; масса  $M$ ; приведенная масса  $m$ .

Вторая группа состоит из 7 показателей: температура в камере в режиме хранения  $t_{хр}$ ; температура в камере в режиме замораживания  $t_{зам}$ ; производительность замораживания  $P_{зам}$ ; расход электроэнергии  $W$ ; удельный расход электроэнергии  $w$ ; коэффициент рабочего времени  $b$ ; время выбега морозильника  $\tau_{выб}$ .

**Объемно-массовые показатели.** Для морозильников их определяют так же, как для холодильников. *Общий внутренний объем* морозильников находится в пределах 50—800 дм<sup>3</sup>. Морозильники-шкафы изготавливают объемом от 50 до 580 дм<sup>3</sup>, в том числе модели с принудительной циркуляцией воздуха—430—510 дм<sup>3</sup>. Внутренний объем морозильников-ларей находится в пределах 145—800 дм<sup>3</sup>.

В 1 дм<sup>3</sup> внутреннего объема морозильника укладывается 0,56 кг замороженных продуктов.

*Коэффициент использования внутреннего объема* морозильников-шкафов составляет 0,77—0,87. Величина этого коэффициента определяется лишь конструкцией шкафа и не зависит от его емкости.

*Коэффициент использования габаритного объема* увеличивается с возрастанием емкости аппарата (рис. II—20). У шкафов он находится на уровне европейских двухкамерных холодильников, у ларей — на 6—8% ниже.

Пропорции морозильников-шкафов аналогичны габаритным соотношениям холодильников: высота относится к ширине в пределах от 1,8 до 2,3, большие значения относятся к крупным морозильникам. Ширина составляет обычно 500—600 мм, глубина 600—750 мм. Морозильники-лари изготавливают высотой 850—920 мм, шириной 700—1500 мм, глубиной 600—700 мм.

*Площадь пола, занимаемая морозильниками-шкафами*, в 1,5—2 раза меньше, чем ларями. Это различие возрастает с увеличением внутреннего объема морозильников (рис. II—21).

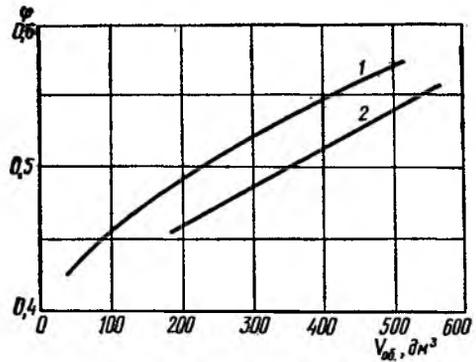


Рис. II-20. Коэффициент использования габаритного объема морозильников:

1 — шкаф; 2 — ларь.

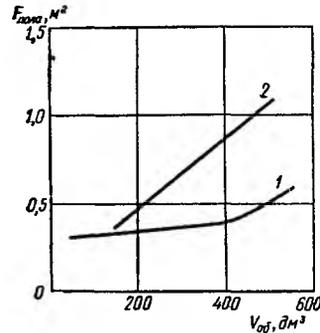


Рис. II-21. Площадь пола, занимаемая морозильниками:

1 — шкаф; 2 — ларь.

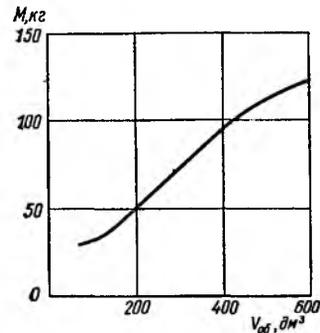


Рис. II-22. Масса морозильников.

Объем морозильного отделения составляет: шкафов емкостью до 500 дм<sup>3</sup> — 30—45 дм<sup>3</sup>; шкафов и ларей емкостью свыше 500 дм<sup>3</sup> — 60—80 дм<sup>3</sup>.

В небольших морозильниках (емкостью до 150 дм<sup>3</sup>) обычно отсутствует отделение для замораживания.

Средние значения массы морозильников-шкафов и ларей (рис. II—22) одинаковы, примерно такие же, как у холодильников.

**Температурно-энергетические показатели.**  
Температура в камере морозильника должна быть не выше —18°С, обычно она находится в пределах от —18 до —25°С. В период замораживания продуктов в отделении для

замораживания поддерживается температура от —25 до —38°С.

**Производительность замораживания** определяется массой продуктов, которую можно охладить в морозильнике до температуры —18°С в течение суток при температуре окружающей среды 32°С. В среднем производительность равна 10 кг на каждые 10 дм<sup>3</sup> внутреннего объема морозильника. Минимально допустимая производительность 7 кг. Производительность морозильников-ларей составляет в среднем 0,6 кг на 1 дм<sup>3</sup> дна морозильного отделения.

Среднегодовой номинальный расход электроэнергии представлен в табл. II—10.

Морозильники потребляют электроэнергию в 1,5—2 раза больше, чем холодильники

Таблица II—10

Среднегодовой номинальный расход электроэнергии кВт·ч/сутки

Исполнение	Общий внутренний объем, дм <sup>3</sup>				
	100—200	200—300	300—400	400—500	500—600
Шкаф	1,1—1,5	1,5—2,0	2,0—2,5	2,5—3,0	—
Ларь	—	1,1—1,7	1,7—2,3	2,3—2,8	2,8—3,2

того же объема, поскольку они обслуживаются более мощными компрессорами.

**Время выбега.** Способность морозильника сохранять холод при неработающем холодильном агрегате играет существенную роль в аварийных ситуациях при поломке холодильного агрегата. Скорость повышения температуры в камере зависит от теплоизолирующих свойств конструкции. Важным показателем является время выбега, т. е. время, в течение которого температура повышается от —18 до —10°С. Время выбега колеблется для шкафов от 10 до 22 ч. Наилучшие значения относятся к моделям, у которых каждая полка закрывается спереди дверцей. Скорость выбега используется для оценки качества сборки шкафа (ларя).

Отечественный морозильник МШ-160, выпускаемый Минским заводом холодильников, имеет следующие показатели.

Занимаемая площадь пола, м <sup>2</sup>	0,34
Масса, кг	55
Расход электроэнергии при стандартных условиях, кВт·ч/сутки	3,0
Температура в камере при t <sub>в.с.</sub> = 32°С, °С	
в режиме хранения, не выше	—18
в режиме замораживания, не выше	—25
Производительность замораживания, кг/сутки	8
Уровень звука, дБ	43

### Характеристики морозильников

В качестве характеристик морозильников используются те же зависимости, что и для холодильников (см. с. 74). Специфическими характеристиками морозильников являются изменения температуры в камере по времени после пуска морозильника, при отключении холодильной машины и при замораживании теплых продуктов.

Скорость повышения температуры в камере при отключенной холодильной машины (ско-

Общий внутренний объем, дм <sup>3</sup>	160
Габаритные размеры, мм	1140×570×600
Коэффициент использования габаритного объема	0,44

рость выбега) характеризуется постоянной времени  $T$ . Это отрезок времени, в течение которого температура в камере сравнялась бы с температурой окружающей среды, если бы темп повышения температуры оставался неизменным. Возрастание температуры происходит по закону, близкому к экспоненте

$$t_k = t_{o.c} - (t_{o.c} - t'_k) e^{-\frac{t}{T}}, \quad (II-10)$$

где  $t_k$  и  $t'_k$  — температуры в камере (текущая и начальная).

Чем больше нагрузка морозильника продуктами, тем больше значение  $T$ .

В пустом морозильнике значение постоянной времени  $T$  характеризует качество изоляции и интенсивность теплопритоков к морозильнику извне. Чем лучше изоляция, тем больше постоянная времени  $T$ .

### Методы испытаний

Морозильники подвергают тем же испытаниям, что и холодильники, а также дополнительным испытаниям: проверке выбега и проверке производительности замораживания.

Определение выбега производится при температурах окружающей среды:

Исполнение У	25 и 32°С
Исполнение Т	25 и 43°С

Морозильник испытывается пустой и загруженный испытательными пакетами.

Морозильник включается и циклично работает в течение суток. После загрузки пакетами с температурой  $-18 \div -20^\circ\text{C}$  морозильник продолжает циклично работать в течение 36—48 ч. После этого подача электроэнергии к морозильнику прекращается и регистрируется повышение температуры в пакетах (или в воздухе камеры при их отсутствии).

Производительность замораживания проверяют при температуре окружающей среды 32°С для морозильников исполнения У и 43°С исполнения Т.

Пустой морозильник работает до начала испытания 24 ч.

Затем в него укладывают испытательные пакеты с температурой  $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$  в количестве 25 кг на 100 дм<sup>3</sup> полезного объема морозильника. После окончания замораживания пакетов морозильник продолжает работать 24—48 ч. После чего в него укладывают вторую порцию пакетов в количестве 5 кг на 100 дм<sup>3</sup> полезного объема.

Температуру в замороженных и замораживаемых пакетах непрерывно замеряют. Определяют время, необходимое для: понижения температуры в замораживаемых пакетах до  $-18^\circ\text{C}$ ; установления температуры  $-18^\circ\text{C}$  в уже замороженных пакетах (первая порция). По продолжительности замораживания рассчитывают суточную производительность.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Блуштейн Н. Д., Канторович В. И. Надежность домашних холодильников в период гарантии. — «Холодильная техника», 1970, № 8, с. 29—34.

Вейнберг Б. С., Вайн Л. Н. Бытовые компрессионные холодильники. М., «Пищевая промышленность», 1974. 272 с.

Кругляк И. Н. Справочная книга механика по ремонту домашних холодильников. М., «Легкая индустрия», 1971. 214 с.

Мартыновский В. С., Минкус Б. А., Власова Л. И. Новые абсорбционные домашние холодильники. — «Холодильная техника», 1973, № 12, с. 51—52.

Рекомендация СЭВ РС 3349—71 «Холодильники бытовые. Технические требования и методы испытаний», 1971. 37 с.

Рекомендации ИСО R824 и R825 «Бытовые холодильники», 1968. 33 с.

Юшкевич В. К., Вайн Л. Н. Тенденции развития бытовых холодильников в СССР и за рубежом. М., ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1974. 70 с.

Юшкевич В. К., Голубович Г. М., Этингер В. М. Перспективы развития бытовых абсорбционных холодильников. М., ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1975. 56 с.

**ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОХЛАЖДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА**

Термоэлектрические микроохлаждающие устройства (ТОУ), имеющие холодопроизводительность, измеряемую долями и единицами ватт, обладают высокими массо-габаритными показателями при удовлетворительных энергетических характеристиках. Если расход электроэнергии не является основным требованием, успешно применяют ТОУ холодопроизводительностью порядка десятков и сотен ватт, а в отдельных случаях до нескольких киловатт.

Основной элемент ТОУ — генератор холода — термоэлектрическая батарея (ТБ), состоящая из ряда термоэлементов, соединенных (скоммутированных) определенным образом. Тепловая связь ТБ с охлаждаемым объектом и тепловоспринимающей средой осуществляется с помощью специальной теплообменной аппаратуры. Для работы ТБ необходим постоянный ток, регулирование холодопроизводительности и температурного режима осуществляется изменением величины тока, поэтому ТОУ содержат блоки электропитания и регулирования.

Выполнение ТОУ может быть индивидуальным (для конкретных объектов охлаждения) и на базе типовых ТБ-модулей.

Индивидуальное выполнение ТБ для конкретных объектов охлаждения позволяет объединить охлаждающую систему и объект охлаждения в единый комплекс и соответствующим образом оптимизировать его. При этом достигаются наилучшие характеристики ТОУ. Типовые ТБ-модули — имеют законченное конструктивное оформление и строго опре-

деленные характеристики, что существенно упрощает проектирование ТОУ и делает экономически оправданным их производство.

Использование ТБ в холодильных установках имеет целый ряд специфических особенностей. Техничко-экономические показатели ТБ и ТОУ существенным образом зависят от применяемых термоэлектрических материалов и технологии изготовления термоэлементов.

**ТЕРМОЭЛЕМЕНТЫ**

Термоэлемент (рис. III—1) — элементарная ячейка любого ТОУ — содержит две ветви, выполненные из разнородных термоэлектрических материалов, которые в местах соединения образуют холодные и горячие спаи.

По форме термоэлементы могут быть плоскими, кольцевыми или секторными; в практике наибольшее распространение получили плоские термоэлементы, ветви которых в сечении представляют собой прямоугольник, квадрат, круг.

Основной показатель качества термоэлемента — коэффициент добротности  $Z(K^{-1})$ , определяющий максимальную разность температур горячих и холодных спаев  $\Delta T_{max}$ :

$$\Delta T_{max} = 0,5 Z T_x^2,$$

где  $T_x$  — температура холодного спаи.

Электрическое соединение ветвей термоэлементов осуществляется через коммутационный

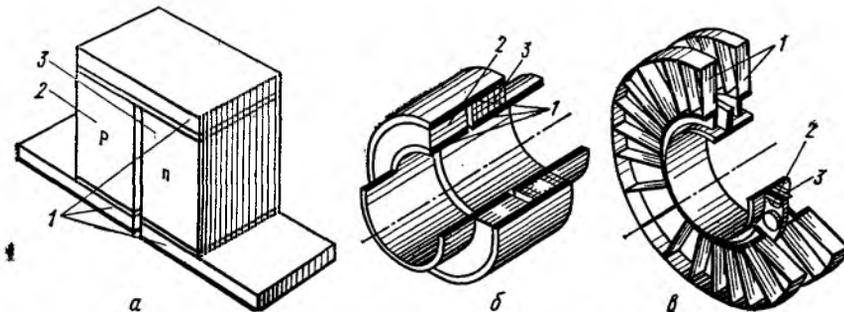


Рис. III-1. Термоэлементы: плоский (а), кольцевой (б) и секторный (в):  
1 — коммутационные шины; 2 — ветвь р-типа; 3 — ветвь л-типа.

Таблица III—1

Значения коэффициента добротности термоэлектрических материалов при 300 К

Материалы р-типа	$Z, K^{-1} \cdot 10^3$	Материалы n-типа	$Z, K^{-1} \cdot 10^3$
ZnSb	1,0	Ag <sub>2</sub> Te	1,2
PbTe	1,2	PbTe	1,5
PbSe	1,2	Ag <sub>2</sub> Se	2,3
Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	1,2	Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	2,3
Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	1,8	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	2,6
Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> —Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	3,3	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> — Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	3,0
		BiSb	1,8 (4,8*)

\* При 77 К.

переход, который может представлять собой сложную композицию различных материалов. Основное требование, предъявляемое к коммутационному переходу — малое удельное контактное электрическое сопротивление (примлемыми считаются контактные переходы с  $\rho_k \approx 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ , так как при этом сопротивление контактов составляет несколько процентов от общего сопротивления термоэлемента). Коммутационный переход должен также исключить диффузию его компонентов в материалы ветвей термоэлементов и обладать необходимой эластичностью ввиду неизбежных термических напряжений, особенно при тепловом реверсировании.

Токоведущие шины обычно изготавливают из меди или алюминия. В некоторых конструкциях шина образуется из заливочного коммутационного материала (например, из сплавов на основе висмута). Электропроводность алюминия и меди на порядки выше, чем термоэлектрических материалов, поэтому при соответствующем выборе толщины шины ее сопротивление пренебрежимо мало и практически может не учитываться. Основное значение имеют сопротивления в местах контактов шин с ветвями термоэлементов. Наличие контактных сопротивлений является одним из факторов, определяющих выбор рабочей высоты ветвей термоэлементов и соответственно расход термоэлектрических материалов. При заданной холодопроизводительности термоэлемента расход материала пропорционален квадрату высоты ветвей. Очевидно, что с уменьшением высоты ветвей влияние контактных сопротивлений возрастает. Рассмотрение графика на рис. III—2, где представлена зависимость добротности термоэлемента от высоты ветвей при  $\rho_k = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ , позволяет понять, почему в практически используемых конструкциях ТОУ обычно не применяют термоэлементы высотой менее 1 мм.

Термоэлементы в ТОУ работают в самых различных эксплуатационных условиях, поэтому при необходимости защиты от воздействия среды их герметизируют, используя для этого эпоксидные компаунды и другие изоляционные материалы. Токоведущие шины в ряде случаев снабжают соответствующим антикоррозионным покрытием (медные шины — никелируют, алюминиевые — оксидируют).

В качестве термоэлектрических материалов применяют полупроводниковые сплавы. Коэффициент добротности термоэлектрического материала выражается через электрофизические характеристики как комплекс

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\chi}$$

где  $\alpha$  — коэффициент термо-э.д.с., В/К;

$\sigma$  — удельная электропроводность,  $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ ;

$\chi$  — удельная теплопроводность материала, Вт/(см·К).

Значения  $Z$  ряда термоэлектрических материалов приведены в табл. III—1. Как видно из табл. III—1, наибольшим коэффициентом добротности обладают многокомпонентные соединения на основе теллуридов висмута и сурьмы.

Добротность ветвей термоэлементов, изготовленных из этих материалов, достигает

$$Z = (3 \div 3,3) \cdot 10^{-3} K^{-1}$$

Это позволяет при фиксированной температуре горячего спая  $30^\circ\text{C}$  получить температуру на холодном спае  $-45 \div -50^\circ\text{C}$  ( $\Delta T_{\text{max}} = 75 \div 80^\circ\text{C}$ ). Существенная особенность термоэлектрических материалов на основе теллуридов висмута и сурьмы — четко выраженная зависимость их электрофизических и механических характеристик от кристаллографического направления (анизотропия свойств), что является следствием сложной структуры. Коэффициент добротности этих материалов максимален в направ-

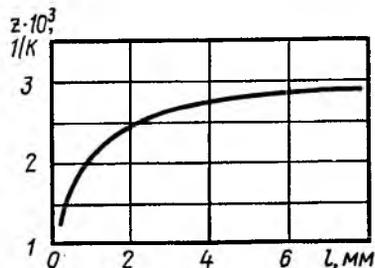


Рис. III-2. Зависимость добротности реального термоэлемента от высоты ветвей.

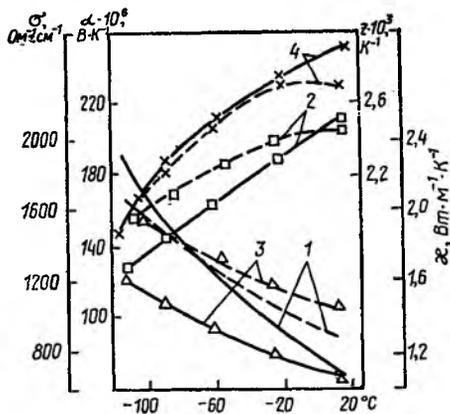


Рис. III-3. Температурные зависимости термоэлектрических свойств материалов:

1 —  $\sigma$ ; 2 —  $\alpha$ ; 3 —  $\zeta$ ; 4 —  $z$ . Сплошные кривые относятся к ветвям  $p$ -типа, пунктирные — к ветвям  $n$ -типа.

лении, параллельном плоскостям спаянности (расположенным вдоль направления роста кристаллов). Поэтому реальные значения  $Z$  во многом зависят от технологии изготовления.

Электрофизические характеристики термоэлектрических материалов, определяющие значение коэффициента добротности, существенно зависят от температуры (рис. III-3), поэтому материалы ветвей термоэлементов подбирают применительно к рабочему интер-

валу температур. Обычно для положительной  $p$ -ветви применяют в области температур  $+30 \div -200^\circ\text{C}$  сплавы на основе  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ — $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , свойства которых в более узком интервале температур оптимизируют путем специального легирования. Для отрицательной  $n$ -ветви используют в диапазоне температур от  $+30$  до  $-100^\circ\text{C}$  материалы на основе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ — $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ , а при температурах ниже  $-100^\circ\text{C}$  могут быть применены более эффективные монокристаллы  $\text{BiSb}$ .

В табл. III—2 приведены некоторые рекомендуемые марки термоэлектрических материалов, оптимальные для различных интервалов температуры.

Материалы для изготовления ветвей термоэлементов выбирают с учетом их прочностных характеристик, совместимости с конструкционными материалами, стабильности термоэлектрических свойств, стоимости, способности выдерживать чередующиеся режимы нагрева и охлаждения для ТОУ, работающих с реверсированием теплового потока. Сплавы на основе  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ — $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  и  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ — $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  достаточно хорошо отвечают всем указанным требованиям. Так, в зависимости от технологии изготовления ветви термоэлементов из этих материалов имеют предел прочности на сжатие  $(4-18)10^4$  кПа ( $4-18$  кгс/мм<sup>2</sup>) и на изгиб  $(3,5-7,3)10^4$  кПа ( $\sim 3,5-7,3$  кгс/мм<sup>2</sup>). Монокристаллы  $\text{BiSb}$ , обладающие наибольшей добротностью при низких температурах, имеют крайне малую механическую прочность в направлении оптимальной ориентации, поэтому их применение ограничено.

Таблица III—2

Рекомендуемые составы полупроводниковых сплавов для различных диапазонов температур

№ элемента	Состав основы, мол. %	Легированные добавки			Тип проводимости	Коэффициент $\alpha$ термо-э. д. с., мкВ/К	Удельная электропроводность $\sigma$ , Ом <sup>-1</sup> ·см <sup>-1</sup>	Температурный уровень, °C
		Te, % массы	Se, % массы	ZnCl <sub>2</sub> , % масса				
1	72% $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ +25% $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ +3% $\text{Sb}_2\text{Se}_3$	4	—	—	$p$	210	1100	80—0
2	То же	4	0,8	—	$p$	230	800	0÷—60
3	»	4	1,5	—	$p$	245	600	—60÷—200
4	95% $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ + 3% $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ +2% $\text{Sb}_2\text{Te}_3$	—	—	0,1	$n$	210	1200	80—0
5	То же	—	—	0,09	$n$	230	850	0÷—60
6	»	—	—	0,08	$n$	250	650	—60÷—100
7	88% $\text{Bi}$ +12% $\text{Sb}$	—	—	—	$n$	130	7000	—100÷—200

<sup>1</sup> Для сплавов 1—6 коэффициент термо-э. д. с. и удельная электропроводность даны для температуры 27°C.

Термоэлектрические материалы

Марка материала	Тип проводимости	Коэффициент термо-э. д. с. $\alpha$ , мкВ/К	Удельная электропроводность $\sigma$ , Ом <sup>-1</sup> .см <sup>-1</sup>	$\alpha^2 \sigma$ , мкВ <sup>2</sup> /(Ом $\times$ х см $\times$ К <sup>2</sup> )	Вид материала
ПВДХ-1	<i>p</i>	200—210	750—850	35	Сплавы для последующего изготовления ветвей прессованием
ПВЭХ-1	<i>n</i>	190—200	600—750	25	То же Направленные кристаллы в ампулах диаметром 1; 2; 3 мм, длиной 100—200 мм
КТДХ	<i>p</i>	190	800—1200	39	
КТЭХ	<i>n</i>	180	800—1200	38	
ТВДХ	<i>p</i>	210	900—1100	45	Направленные кристаллы в ампулах диаметром 8—10 мм, длиной 100—150 мм
ТВЭК	<i>n</i>	210	800—1000	40	

Стоимость термоэлектрического материала зависит от чистоты исходных компонентов и технологии синтеза. Для синтеза сплавов могут использоваться как материалы промышленной чистоты (с содержанием примесей 0,1—0,2%), так и относительно чистые (с содержанием примесей не более 0,001%). Синтезирование сплавов может осуществляться в графитовых тиглях под флюсом или в кварцевых ампулах в восстановительной или инертной атмосфере при перемешивании расплава вибрацией или ультразвуком. Сплавление материалов на основе теллуридов висмута и сурьмы проводят при температуре 750—800°C.

Промышленный выпуск синтезированных холодильных термоэлектрических материалов в СССР осуществляется Опытным заводом ВНИИцветмет (г. Усть-Каменогорск). Завод поставляет в слитках сплавы *p*- и *n*-типов для последующего изготовления ветвей термоэлементов методами порошковой металлургии, кроме того изготавливает кристаллы, не нуждающиеся в дальнейшей переработке, из которых могут быть вырезаны ветви термоэлементов требуемых размеров (табл. III—3).

Основные операции при изготовлении термоэлементов — производство ветвей термоэлементов и их коммутация. Можно получить непосредственно ветви заданных размеров, но чаще всего ветви изготавливают в два этапа: получение заготовок (слитков, брикетов, стержней) и разрезка их на элементы требуемой геометрической формы. Заготовки ветвей можно получить различными способами: направленной кристаллизацией, прессованием и экструзией.

Направленная кристаллизация позволяет получить материалы с наиболее высокой добротностью  $Z = (3 \div 3,3)10^8 \text{K}^{-1}$  вследствие

строгой ориентации кристаллов. В практике получения термоэлектрических направленных кристаллов наиболее распространены методы Бриджмена—Стокбаргера и вертикальной зонной плавки.

Метод Бриджмена—Стокбаргера основан на последовательном перемещении ампулы с полупроводниковым материалом в вертикальной печи, в верхней зоне которой температура превышает температуру плавления полупроводникового материала, а в нижней — она менее температуры плавления указанного материала.

Метод вертикальной зонной плавки заключается в последовательном перемещении вдоль слитка расплавленного участка материала (обычно шириной 0,5—0,6 мм). Конечным продуктом этой технологии получения заготовок является слиток, диаметр которого равен внутреннему диаметру ампулы (обычно до 10—15 мм), а длина составляет 150—300 мм.

Недостатки методов направленной кристаллизации — существенный расход дорогостоящих кварцевых ампул, малая производительность (скорость роста порядка нескольких сантиметров в час), существенные отходы из-за отклонения состава материала от оптимального в концевых участках слитка, малая механическая прочность направленных кристаллов (легко раскалываются вдоль плоскостей спаянности).

Прессование широко применяется при массовом производстве термоэлементов вследствие высокой производительности, дешевой оснастки, простоты автоматизации и возможности придавать ветвям различную геометрическую форму. Прессуют либо непосредственно ветви заданных размеров, либо изготавливают крупные брикеты, из которых ветви получают путем разрезки.

Исходные слитки термоэлектрических сплавов измельчают (в шаровых, стержневых или дисковых мельницах) до размера зерен 0,1—0,25 мм. Полученный порошок подвергают прессованию, которое в зависимости от температуры пресс-формы может быть горячим либо холодным. Отпрессованные брикеты термически обрабатывают (отжигают, спекают) в нейтральной или восстановительной атмосфере (для некоторых сплавов возможен окислительный отжиг). В результате термообработки происходит диффузионное выравнивание состава, упорядочение структуры, улучшение контакта между зернами, что повышает термоэлектрические свойства брикетов.

Давление и температура прессования, время, температура и атмосфера при термообработке существенно влияют на свойства получаемых ветвей термоэлементов. Оптимальные режимы подбирают в зависимости от состава термоэлектрических материалов и уровня легирования.

Холодное прессование осуществляют при комнатной температуре и удельном давлении  $(5-10)10^6$  кПа ( $\sim 5-10$  т/см<sup>2</sup>), выдержка под давлением составляет несколько секунд, температура последующего спекания брикетов 350—450°C, продолжительность спекания несколько часов. Горячее прессование проводят при температуре порошка в пресс-форме 380—410°C и удельном давлении  $(5-8,5)10^6$  кПа ( $\sim 5-8,5$  т/см<sup>2</sup>), продолжительность выдержки под давлением порядка 3—5 мин (в зависимости от размеров брикета), последующий отжиг ведут при температуре 330—350°C в течение 3—12 ч.

Анизотропия свойств прессованных брикетов существенно меньше, чем в направленных кристаллах, однако для достижения наибольшей эффективности направление тока в ветвях термоэлементов должно быть перпендикулярным направлению прессования.

Коэффициент добротности ветвей термоэлементов, получаемых горячим и холодным прессованием, примерно одинаков и составляет  $(2 \div 2,5)10^{-3}$  К<sup>-1</sup>.

Метод холодного прессования более производителен, чем горячего, однако последнему отдают предпочтение, когда важно получить более высокие механические свойства.

*Экструзия* позволяет получать ветви с большим коэффициентом добротности по сравнению с прессованием  $Z = (2,5 \div 2,9)10^{-3}$  К<sup>-1</sup>. Сущность метода заключается в выдавливании термоэлектрического материала, разогретого до пластического состояния, через профилированное отверстие (фильеру). Полученную предварительно холодным прессованием или дитьем исходную заготовку покрывают смазывающим составом на основе графита и помещают в пресс-форму, оборудованную нагре-

вателем. В ряде случаев для защиты от окисления материал, находящийся в пресс-форме и особенно прутки, выходящий из фильеры, обдувают инертным газом.

Термоэлектрические и механические свойства получаемых прутков зависят от температуры в зоне деформации, степени деформации, угла захода материала в матрицу, степени вытяжки и т. д. Обычно температура составляет 350—500°C, угол захода в матрицу  $\sim 120^\circ$ , скорость истечения материала 1—3 мм/с, степень вытяжки (отношение сечения исходной заготовки к сечению прутка) порядка 40. Для повышения добротности прутки подвергают отжигу, который осуществляют при температуре порядка 350°C в течение 2—10 ч.

Метод экструзии более производителен, чем методы направленной кристаллизации, а в ряде случаев и чем прессование. При использовании многоканальных фильер одновременно получают несколько прутков. Экструдирование открывает широкие возможности для профилирования ветвей термоэлементов (в сечении прутки могут быть круглыми, сегментными, прямоугольными, кольцевыми и т. д.). Методом экструзии можно получить ветви весьма малого сечения (диаметром до 0,3—0,5 мм). Экструдированные ветви термоэлементов обладают наивысшей прочностью, поэтому представляет интерес дополнительная обработка экструзией слитков, изготовленных методами направленной кристаллизации, позволяющая при практическом сохранении высокой добротности существенно улучшить механические характеристики.

Перспективна технология тонкопленочных термоэлементов. Пленки термоэлектрических материалов получают на подложках из слюды, каменной соли, пластика путем химического осаждения из паровой фазы, катодным распылением, методами дискретного испарения. Для многокомпонентных составов наилучшие показатели достигаются при применении метода дискретного испарения, позволяющего, используя некоторые синтетизированные и легированные составы, получать пленки толщиной до 10 мкм, имеющие  $\sigma = 1000 \div 1500$  Ом<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>,  $\alpha = (200 \div 220)10^{-6}$  В/К. Хорошие результаты достигаются при температуре испарения 800—1000°C, температуре подложки — от комнатной до 200°C. Термообработку проводят в вакууме, в нейтральном газе или на воздухе в течение 15 мин — 3 ч при температуре 300—350°C.

*Разрезка* брикетов, слитков, прутков, служит для получения ветвей термоэлементов определенной формы в сечении и требуемой высоты. Обычно используют вулканитовые и алмазные диски, стальные полотна, армированные алмазной крошкой, в ряде случаев применяют электроэрозионные методы. Осо-

Большое внимание при резке обращают на состояние поверхностей, по которым в последующем проводится коммутация. В результате применения алмазных дисков толщиной 0,2—0,3 мм (против 0,5—0,8 мм у вулканитовых) уменьшаются отходы материала и повышается чистота поверхности. При использовании электроискрового метода возможно выполнение весьма тонких работ по разрезке направленных кристаллов.

Коммутация ветвей термоэлементов с токоведущими шинами определяет электрические и термические сопротивления контактов, механическую прочность, работоспособность и стабильность характеристик термоэлементов. Существуют две группы методов коммутации: диффузионные соединения и механические прижимные соединения.

К диффузионным соединениям относятся: пайка, припрессовка, заливка коммутационным материалом, напыление и гальваническое наращивание шин, склеивание самотвердеющими металлическими клеями.

Наибольшее распространение в практике получила пайка, обеспечивающая контактные сопротивления  $\rho_k \approx 10^{-5}$  Ом·см<sup>2</sup>, достаточную механическую прочность и эластичность. Основная сложность при пайке заключается в том, что обычно применяемые мягкие припои имеют плохую адгезию к термоэлектрическим материалам на основе теллуридов висмута и сурьмы, и непосредственно их использование не всегда дает хорошие результаты, даже при применении соответствующих флюсов. Поэтому чаще всего на термоэлектрический материал предварительно наносят переходный слой различными способами, среди которых наиболее распространены облуживание сплавом висмута с оловом или сурьмой, гальваническое нанесение коммутационного состава на основе висмута и сурьмы, химическое и электрохимическое никелирование; золочение, напыление сплавов BiSb путем термического испарения в вакууме, плазменное распыление никеля, кобальта. Ветви и шины соединяют с помощью паяльника либо в специальной печи, где для защиты ветвей и припоев от окисления создают нейтральную или восстановительную атмосферу. В термоэлементах, предназначенных для работы при повышенных механических нагрузках и реверсировании направления теплового потока, иногда дополнительно устанавливают демпфирующие прокладки из свинца между токоведущими шинами и ветвями, хотя это несколько увеличивает электрические и термические сопротивления контактов.

Механические прижимные соединения шин с ветвями термоэлементов имеют существенные преимущества перед диффузионными: простота, снижение

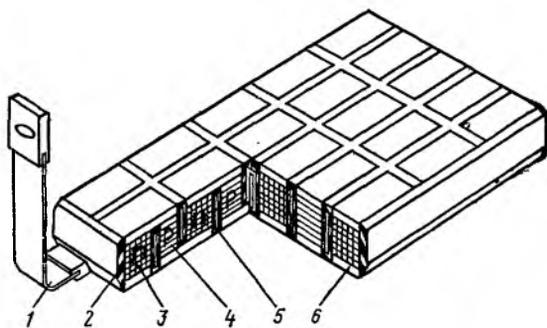


Рис. III-4. Термоэлектрическая батарея: 1 — токоподвод; 2 — герметизирующий корпус; 3 — ветвь n-типа; 4 — ветвь p-типа; 5 — матрица; 6 — коммутационная шина.

термических напряжений, возможности простого ремонта и замены отдельных элементов. Обычно усилия прижима составляют 1500—2500 кПа (15—25 кгс/см<sup>2</sup>), в качестве смазывающей жидкой прослойки используют индий-галлиевую эвтектику, амальгамы; на ветви термоэлементов предварительно наносят для диффузионной защиты подслои одним из указанных выше способов. Однако основной недостаток прижимного соединения — значительные контактные сопротивления ( $\rho_k \approx 10^{-4}$  Ом·см<sup>2</sup>) — ограничивают возможности применения этого метода конструкциями, в которых высота термоэлементов превышает 5 мм.

## ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ БАТАРЕИ

Известно большое многообразие исполнений ТБ, отличающихся геометрическими размерами, числом термоэлементов, конструкцией, формой, назначением. В наиболее простом случае ТБ состоит из нескольких термоэлементов, оформленных в блок и последовательно соединенных коммутационными шинами таким образом, что на одной рабочей поверхности сосредоточены холодные спаи, а на другой — горячие (рис. III-4). Со стороны последних обычно располагают токоподводы, чтобы избежать теплопритоков к термоэлементам по проводам. Подобную конструкцию имеют многие отечественные и зарубежные типовые ТБ-модули. Для их эксплуатации на рабочих поверхностях дополнительно устанавливают соответствующим образом подобранные теплообменники. Вместе с тем изготавливают ТБ, снабженные теплообменниками, выполненными либо индивидуальными для каждого термоэлемента, либо общими для всей ТБ

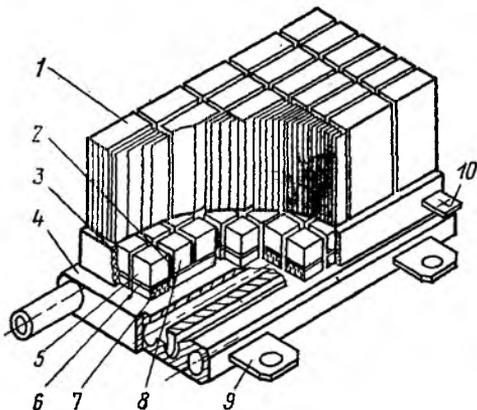


Рис. III-5. Термоэлектрическая батарея с теплообменниками:

1 — ребристый радиатор; 2 — матрица; 3 — герметизирующая заливка; 4 — водяной теплообменник; 5, 8 — ветви термоэлемента; 6 — коммутационная шина; 7 — теплоконтактный переход; 9 — кронштейн; 10 — токоподвод.

(рис. III—5). По характеру соединения термоэлементов с поверхностями теплообменников различают безызоляционные ТБ и ТБ с теплоконтактными электроизоляционными переходами.

В безызоляционных ТБ все термоэлементы снабжены индивидуальными теплообменниками, элементы которых могут выполнять функции коммутационных пластин. Эти конструкции с токоведущими теплообменниками применяют только в случае использования диэлектрических теплоносителей.

В конструкциях ТБ с теплоконтактным электроизоляционным переходом необходимо создавать качественную электроизоляцию теплообменников от токоведущих элементов. Плотность тепловых потоков на спаях термоэлементов высока (до сотен киловатт на квадратный метр), поэтому термическое сопротивление в местах сопряжения термоэлементов с теплообменниками должно быть минимальным.

Качество выполнения теплоконтактного электроизоляционного перехода и его показатели во многом определяют эффективность работы ТОО, конструктивное выполнение и технологию изготовления ТБ. Чаще всего используют прижимные, клееные, паяные переходы или их комбинации (рис. III—6).

Для создания *прижимного теплоконтактного перехода* требуется тщательная подгонка поверхностей ТБ и оснований теплообменников: считается удовлетворительной механическая обработка с чистотой  $\nabla 7$ — $\nabla 8$  при допустимых отклонениях от плоскости не более 0,005 мм на длине 10 мм.

В качестве электроизоляторов в прижимных переходах используют оксидные слои на алюминии (которые можно наносить электрохимической обработкой на поверхности ТБ или теплообменников); тонкие прокладки (толщиной не более 0,02—0,05 мм) из слюды, кабельной бумаги, фторопласта, лавсана, полиэтилена, помещаемые между сопрягаемыми поверхностями; покрытие поверхностей лаком; напыление изоляционного материала. Для получения надежного теплового контакта все сопрягаемые поверхности покрывают тонким слоем минерального масла, кремнеорганическими смазками или компенсирующими пастами типа КПТ-8. Усилие прижима обычно составляет до 1000 кПа ( $\sim 10$  кгс/см<sup>2</sup>). Термическое сопротивление прижимного теплоконтактного перехода, выполненного указанными способами составляет 1,5—2 К·см<sup>2</sup>/Вт. Существенный недостаток прижимного перехода — необходимость соединения теплообменников на горячих и холодных спаях болтами либо стяжками, что приводит к снижению холодопроизводительности.

При создании *клееного теплоконтактного перехода* используют указанные выше электроизоляторы и склеивающий материал. Функции электроизолятора может выполнять и склеивающий материал, если в него добавлен наполнитель (алюминиевая пудра, окись бериллия, кварцевый песок), улучшающий теплопроводность и обеспечивающий фиксированное минимальное расстояние между соединяемыми поверхностями. Требования к обработке поверхностей такие же, как и при создании прижимного перехода.

Примером клееного теплового сопряжения может служить переход с использованием алюминия (из которого, например, может быть выполнен теплообменник), на поверхности которого в нужных местах электрохимическим способом создается слой окиси алюминия, толщиной порядка 1 мкм. Сопрягаемые детали с тщательно обработанными плоскостями склеивают эпоксидным компаундом, благодаря чему система становится механически прочной и неразъемной. Термическое сопротивление этого перехода достигает 3 К·см<sup>2</sup>/Вт. Недостаток неразъемного соединения — трудоемкость разборки конструкции даже при частичном нарушении электроизоляции. Если коэффициенты линейного расширения сопрягаемых материалов различны, применяют клееный теплоконтактный переход со специальной демпфирующей прослойкой. В этом случае на сопрягаемые поверхности наносят трехслойное покрытие на основе серебросодержащего полиамида толщиной 50—70 мкм. Этот полимер сочетает в себе высокую теплопроводность и водостойкость в диапазоне температур — 100 ÷

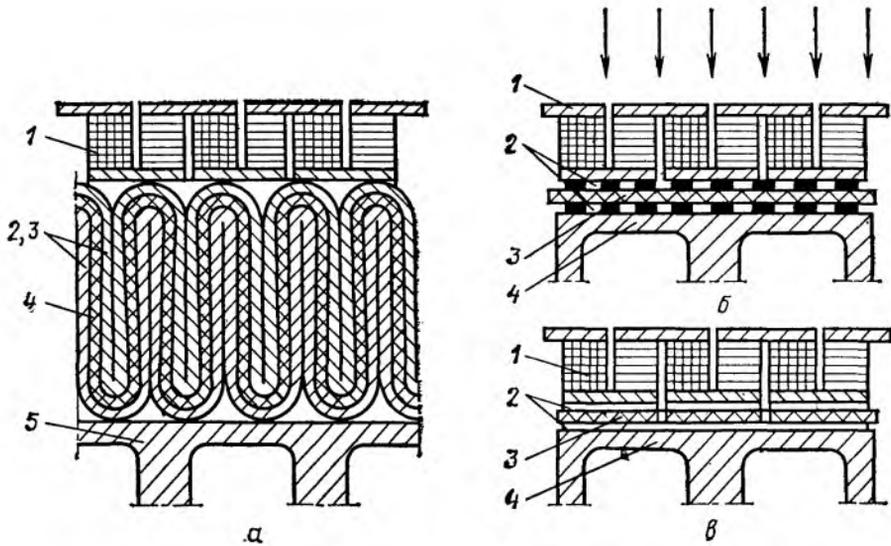


Рис. III-6. Схемы теплоконтактных переходов:

- a* — гофрированный теплоконтактный переход:  
 1 — термобатарея; 2, 3 — медные полоски; 4 — электроизоляционная прокладка; 5 — теплопровод.
- б* — прижимной теплоконтактный переход:  
 1 — термобатарея; 2 — компенсирующая смазка; 3 — электроизоляционная прокладка; 4 — теплопровод.
- в* — паяный теплоконтактный переход: 1 — термобатарея; 2 — припой; 3 — керамическая пластина; 4 — теплопровод.

± 220°C. Склепку осуществляют с помощью кремнийорганического эластополимера с теплопроводным наполнителем. Термическое сопротивление такого перехода составляет 2—2,5 К·см<sup>2</sup>/Вт.

При создании клееного теплоконтактного перехода хорошие результаты достигаются, если к оксидированной алюминиевой пластине приклеить медную фольгу, так как при этом толщина клеевой прослойки, в основном определяющая значение термического сопротивления, минимальна. К медной фольге, разделенной на участки в соответствии со схемой коммутации, подпаивают коммутационные шины.

Наилучшими параметрами обладают паяные теплоконтактные переходы с использованием керамики. Обычно используют металлизированный алунд (алюмино-оксидная керамика) или окись бериллия. Керамический переход обладает высокой теплопроводностью и обеспечивает качественную электроизоляцию. Малые значения коэффициента линейного расширения ( $6 \cdot 10^{-6}$  1/К у алунда) исключают какие-либо заметные деформации перехода при изменениях температуры. Керамические переходы позволяют осуществлять

пайку всеми видами мягких и даже твердых припоев; при этом термическое сопротивление в случае использования алунда составляет 1,0—1,3 К·см<sup>2</sup>/Вт, окиси бериллия — 0,1—0,5 К·см<sup>2</sup>/Вт. Недостатки керамических переходов — высокая стоимость, хрупкость и гигроскопичность.

Малыми термическими сопротивлениями обладают более дешевые паяные теплоконтактные переходы с диэлектриком из стекломалевого покрытия, а также купроксные переходы. В первом случае переход состоит из металлической (стальной, медной или алюминиевой) пластины, слоя стекломали, поверхность которого металлизирована вжиганием серебряной пасты. Перед пайкой коммутационных пластин к переходу металлизированные участки последнего дополнительно покрывают никелем или медью. При толщине стекломалевого покрытия 0,1 мм удельное термическое сопротивление не превышает 1,3 К·см<sup>2</sup>/Вт.

В купроксном теплоконтактном переходе в качестве изолирующего материала используют слой закиси меди на медных пластинках, получаемый при термической обработке. Для создания возможности припайки коммутационных пластин проводят электрохимичес-

кое восстановление поверхности слоя закиси меди в соответствии со схемой коммутации. Таким образом, переход представляет собой печатную плату, в которой все три слоя (металлическая пластина — диэлектрик — металлическая пленка) получены из материала основания. Прочность сцепления слоя закиси меди с основанием составляет около 2000 кПа ( $\sim 20$  кгс/см<sup>2</sup>). Термическое сопротивление теплопереходов достигает 0,2 К·см<sup>2</sup>/Вт. Недостаток купроксного теплоперехода — низкое пробивное напряжение (40—50 В).

Качественные переходы получают при сочетании, например, таких способов, как склеивание и пайка. Из-за малой стоимости и простоты изготовления широко применение получили гофрированный теплоконтактный переход. Его образуют две медные полосы толщиной порядка 0,1 мм и электроизоляционная прокладка между ними, например бумага толщиной 50—80 мкм, сложенные в пакет. Пакет на специальном станке деформируется в «гармошку», после чего пропитывается эпоксидным компаундом. Вследствие развятия поверхности при прилегании медных полос тепловое сопротивление оказывается малым даже при относительно толстом слое электроизоляционного материала. Гофры припаивают к коммутационным пластинам термобатарей с одной стороны и к теплообменникам — с другой. В установках, работающих при повышенной влажности, бумагу в гофрированном переходе заменяют фторопластом. Однако фторопласт не смачивается эпоксидной смолой, поэтому в гофрах остается воздух, который ухудшает тепловые свойства перехода. Термическое сопротивление гофрированных переходов, выполненных на основе бумаги, составляет 0,6—1,0 К·см<sup>2</sup>/Вт, а фторопластовой пленки — до 2 К·см<sup>2</sup>/Вт. Недостатки гофрированных теплоконтактных переходов — их относительно большая высота (порядка 3—6 мм), а также заметные деформации, возникающие при изменениях температур.

Вместо керамики в паяном переходе может быть использована полимерная, например, полиамидная металлизированная пленка. Металлизация пленки, толщина которой составляет 20—50 мкм, осуществляется вакуумным напылением меди или серебра до толщины металлического покрытия 0,7—2 мкм. Термическое сопротивление такой металлизированной полиамидной пленки составляет примерно 0,8—1,2 К·см<sup>2</sup>/Вт. Полимерные металлизированные пленки могут быть с успехом использованы и при решении другой важной проблемы — герметизации ТБ для предохранения их от окисления и воздействия влаги. Для этого батарею заключают между двумя металлизированными пленками, свободные концы которых, выходящие за ее

пределы, сваривают или склеивают. Образуется герметичный чехол, который в местах его спайки с коммутационными пластинами и теплообменниками также выполняет функции теплоконтактного электроизоляционного перехода.

В зависимости от назначения ТБ снабжают жидкостными или воздушными теплообменниками, работающими в условиях вынужденной или свободной конвекции. В ряде ТОУ используют промежуточные теплоносители с изменяющимся агрегатным состоянием.

При циркуляции воды через теплообменники значения коэффициента теплоотдачи выше, а следовательно, меньше площадь поверхности теплообмена и выше компактность теплообменников. Распространенная конструкция водяного теплообменника представляет собой плиту или пластину с размерами в плане примерно равными размерами термобатареи. Внутри плиты имеются каналы для циркуляции воды. Сечения каналов, их количество и расположение выбирают из условия обеспечения одинакового термического сопротивления между теплоносителем и спаями для всех термозащитных элементов. Каналы выполняют механической обработкой или получают при пайке штампованных деталей. Теплообменники оборудуют арматурой для подсоединения к водяной системе и элементами крепления модуля к металлоконструкции. С токоведущими коммутационными шинами поверхности таких теплообменников соединяют с помощью теплоконтактных электроизоляционных переходов.

В безызоляционных конструкциях, когда теплообменники выполняются индивидуальными для отдельных термозащитных элементов и являются токоведущими элементами, необходимо учитывать возможность электролиза воды, который начинает проявляться при напряженности полей в воде порядка 1,2 В/см. Электролиз может ускорить коррозионные процессы, а также привести к взрывоопасной концентрации водорода и кислорода в водяном тракте. Интенсивность электролиза определяется величиной тока и значением рН воды, поэтому целесообразно уменьшать прохождение тока путем введения изоляционных участков. Для безызоляционных ТБ могут быть рекомендованы следующие конструкции: при использовании медных теплопроводов с прямоугольными каналами толщина стенки составляет 0,2—0,3 мм, ширина токопроводящих перемычек (или расстояние между каналами) — 2—3 мм, сечение канала для воды —  $2 \times 3$  мм<sup>2</sup>, вода последовательно протекает по каналам теплопроводов и соединяющих их изоляционных узлов. В составе последних обычно используют металлогерметизирующие изоляционные прокладки или участки тонкостен-

ных (0,05—1 мм) трубок из стальных сплавов с удельным сопротивлением порядка  $10^2 \text{ Ом/м}$ . В этом случае токи утечки составляют несколько процентов от токов, протекающих непосредственно через термоэлементы.

Воздушные теплообменники имеют существенно большую поверхность, чем водяные. Оптимизация их геометрии заключается в выборе рациональной толщины и высоты ребер и определения частоты их расположения на основании, которым они сопрягаются с батареей. Наиболее распространены пластинчатые и игольчатые теплообменники как достаточно эффективные и простые в изготовлении. В качестве конструкционного материала теплообменников обычно применяют медь и алюминий. Для защиты от коррозии медные теплообменники никелируют, а алюминиевые — анодируют. Воздушные теплообменники могут быть единичными для всей батареи или индивидуальными для каждой коммутационной шины.

При использовании медных пластинчатых теплообменников приемлемыми являются следующие геометрические параметры: толщина ребра 0,3—0,5 мм; высота ребер 30—50 мм; толщина основания теплообменника 1,5 мм и более; при использовании игольчатых: диаметр иголок 0,8—1,2 мм, высота 30—50 мм, расстояние между иголками 2—3 мм. Для теплообменников из алюминия и его сплавов толщина ребер и основания увеличиваются пропорционально снижению коэффициентов теплопроводности относительно меди. Хорошие результаты получают при использовании теплообменников сотового типа, характеризующихся минимальными габаритами и большой жесткостью.

Условия теплообмена у спаев термоэлементов являются основным фактором, определяющим оптимальную высоту термоэлементов и соответственно количество термоэлектрических материалов, расходуемых на изготовление ТБ. При заданной холодопроизводительности и температуре высота термоэлементов однозначно связана с суммарной площадью поверхности спаев. С уменьшением высоты термоэлементов увеличивается плотность тепловых потоков на спаех и затрудняется подвод и отвод тепла. Поэтому с ухудшением условий теплообмена высоту термоэлементов увеличивают для снижения тепловых нагрузок на спаех. Если ТБ предназначены для работы в условиях свободной конвекции, то обычно высота термоэлементов составляет не менее 4 мм; при вынужденной конвекции их высоту можно уменьшить до 3—4 мм. Если теплообмен на спаех происходит с движущейся жидкостью или сопровождается кипением и конденсацией, то высоту можно снизить практически до 1 мм, но не менее, так как

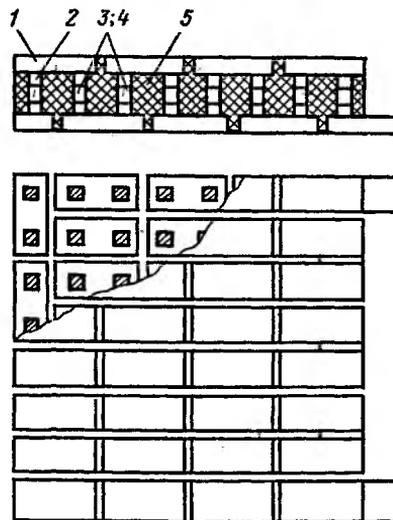


Рис. III-7. Термобатарея с рассредоточенной установкой термоэлементов:

1 — коммутационная шина; 2 — термопровод; 3,4 — ветви термоэлементов; 5 — межэлементная изоляция.

в этом случае основное влияние начинают оказывать контактные электрические сопротивления.

Сказанное справедливо при компактной укладке ветвей термоэлементов в ТБ, т. е. в случае установки ветвей термоэлементов с минимальными зазорами.

В случае плохих условий теплообмена эффективным способом снижения высоты термоэлементов является рассредоточение ветвей в ТБ, которое позволяет увеличить поверхность ТБ и соответственно уменьшить плотность тепловых потоков на теплоконтактном переходе и увеличить поверхность оребрения. Однако при этом одновременно увеличиваются перетечки тепла от горячих спаев к холодным по межэлементной изоляции, что приводит к снижению добротности ТБ. Для уменьшения этого эффекта вводят дополнительные термопроводы между ветвями термоэлементов и коммутационными шинами, увеличивая тем самым расстояние между горячими и холодными спаями. В ТБ подобной конструкции (рис. III-7), предназначенных для эксплуатации в условиях естественной конвекции, оптимальная степень рассредоточения (отношение площади поверхности ветвей термоэлементов к общей площади поверхности ТБ) составляет 0,15—0,25, и рабочая высота ветвей может быть снижена до 2 мм.

## Однокаскадные термоэлектрические батареи

Наиболее широко распространены однокаскадные модули типа «Селен» и типа КР. Плоские модули ряда «Селен» (рис. III—8) выпускает завод биофизических приборов (г. Львов). Модули могут работать в ТОУ с различными типами прижимных теплообменников при следующих условиях эксплуатации: температура окружающей среды от  $-60$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ ; относительная влажность воздуха — до 98% (при температуре окружающей среды  $40^{\circ}\text{C}$ ); атмосферное давление от 0,665 до 106 кПа ( $\sim 5-800$  мм рт. ст.); вибрация при ускорении до 10 g в диапазоне частот 5—1000 Гц; удары с ускорением — до 150 g; усилия прижима теплообменников 1000—1500 кПа ( $\sim 10-15$  кгс/см<sup>2</sup>).

Основные технические характеристики модулей ряда «Селен» приведены в табл. III—4. При изготовлении модули сортируют по высоте на пять групп так, что разность высот ТБ внутри любой группы не превышает 0,02 мм. Это облегчает их подбор при необходимости установки нескольких модулей между жесткими теплообменными поверхностями.

Номограмма для определения холодопро-

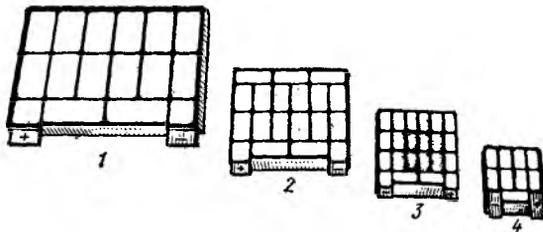


Рис. III-8. Модули ряда «Селен»: 1 — С1-16; 2 — С2-7; 3 — С3-4; 4 — С4-2.

изводительности модуля «Селен С1-16», приведенная на рис. III—9, может быть использована также для оценки характеристик других модулей ряда «Селен» при следующем изменении масштаба: 1 А на номограмме соответствует 0,36 А для ТБ С2-7 и 0,16 А для ТБ С3-4, С4-2 и С5-1; 1 Вт—0,432 Вт для С2-7; 0,222 Вт для С3-4; 0,107 Вт для С4-2 и 0,064 Вт для С5-1.

Наиболее мощный модуль «Селен С1-16» рекомендуется для использования в кондиционерах и водоохладителях. Модули С2-7, С3-4 наиболее эффективно применять в небольших воздухоохладителях, холодильниках большой и средней емкости, охладителях узлов

Таблица III—4

Характеристика модулей ряда «Селен»

Характеристики и параметры	Марка модуля				
	С1-16	С2-7	С3-4	С4-2	С5-1
Оптимальный ток $I_{Q_0 \max}$ , А	$86 \pm 9$	$31 \pm 3$	$14 \pm 1,5$	$14 \pm 1,5$	$14 \pm 1,5$
Максимальное напряжение $U_{Q_0 \max}$ , В	1,9	2,0	2,3	1,1	0,7
Приведенная холодопроизводительность $Q_0$ (при $I = 0,5$ $I_{Q_0 \max}$ $\Delta T = 30 \text{ K}$ , $T_r = 25^{\circ}\text{C}$ ), Вт	16	7	4	2	1
Размеры ветвей (сечение $\times$ высота), мм	$10 \times 10 \times 4$	$6 \times 6 \times 4$	$4 \times 4 \times 4$	$4 \times 4 \times 4$	$4 \times 4 \times 4$
Габаритные размеры, мм	$67 \times 56,2 \times 7$	$39,5 \times 39,5 \times 7$	$27,5 \times 32 \times 7$	$19 \times 23 \times 7$	$13 \times 14,5 \times 7$
Рабочая площадь поверхности, см <sup>2</sup>	32,6	14,5	7,8	3,6	2,2
Масса, г	$120 \pm 5$	$52 \pm 3$	$27 \pm 2$	$13 \pm 1$	$8 \pm 1$
Максимальный перепад температур $\Delta T_{\max}$ (при температуре окружающей среды $27^{\circ}\text{C}$ ), $^{\circ}\text{C}$	50	50	50	50	50

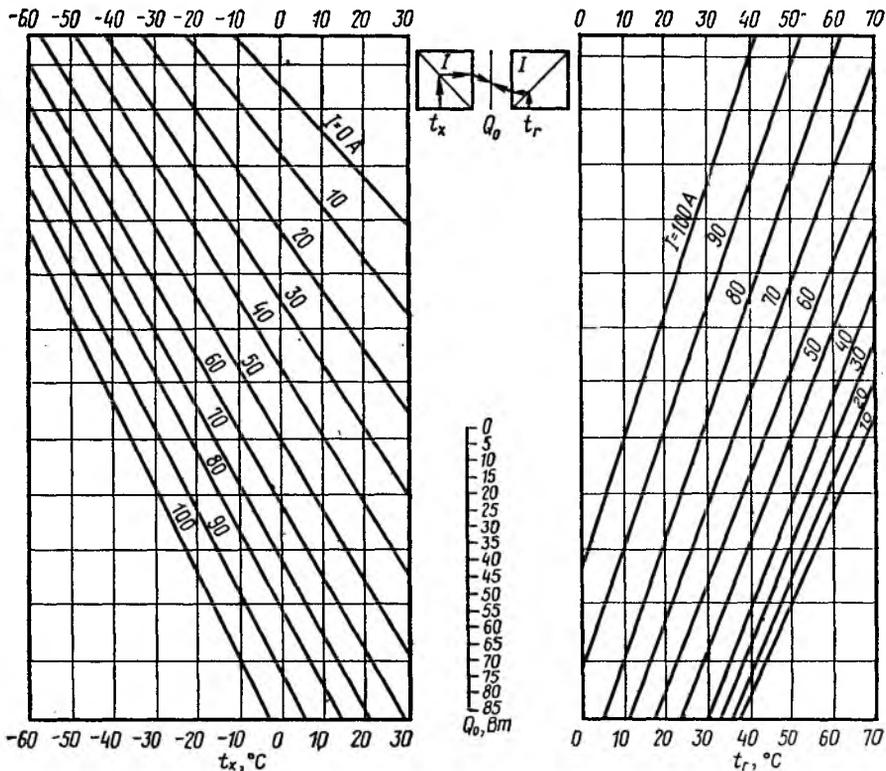


Рис. III-9. Номограмма для определения холодопроизводительности модуля типа «Селен С1-16».

электронной аппаратуры. Модули малой мощности С4-2 и С5-1 рекомендуются для использования в термостатах и камерах малого объема, различных элементах радиоэлектронной аппаратуры.

Описанные ТБ плоского типа наиболее универсальны и пригодны для применения в ТОО различного назначения. Однако при их использовании необходимо дополнительно создавать теплоконтактные переходы, что приводит к ухудшению энергетических показателей. В кондиционерах, термостатах и других ТОО, где теплообмен у горячих и холодных спаев осуществляется при продувке воздуха, более эффективно использование безыоляционных модулей «воздух — воздух» типа КР (рис. III-10). Модификации ТБ типа КР (табл. III-5) различаются материалом радиаторов, их конструктивным исполнением, видом коммутации (последовательное или параллельно-последовательное соединение термоэлементов), наличием или отсутствием демпферных прослоек.

Зависимости холодопроизводительности и холодильного коэффициента модуля КР с паяными радиаторами от рабочего тока при различных значениях расходов и температур воздуха на входе приведены на рис. III-11. В литых радиаторах аэродинамическое сопротивление (рис. III-12) несколько увеличено за счет уменьшения живого сечения и возрастания местных сопротивлений. Эти более дешевые ТБ чувствительны к ударным нагрузкам с ускорением более 20—25 g, поэтому их применяют в ТОО с невысокими требованиями к механической прочности. При установке свинцовых демпферов холодопроизводительность снижается на 10—15%, однако при этом существенно увеличивается надежность: интенсивность отказов таких модулей находится в пределах  $(1,0-1,2)10^{-6}$  ч<sup>-1</sup>, т. е. имеет тот же порядок, что и для радиоэлектронных приборов. В особых случаях, когда требуется еще более высокая надежность, используют ТБ с параллельно-последовательным соединением термоэлементов.

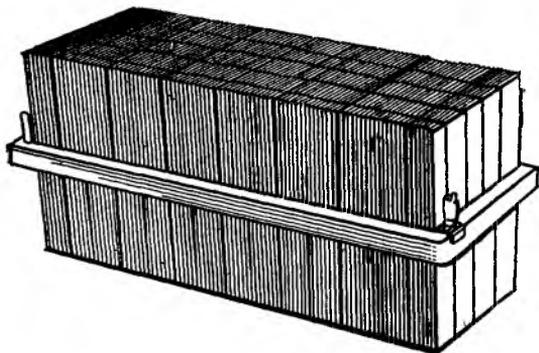


Рис. III-10. Безызоляционные модули «воздух—воздух» марки КР-1.

Рис. III-11. Зависимости холодопроизводительности и холодильного коэффициента модуля КР «воздух—воздух» (с паяными радиаторами) от силы тока:

- 1 —  $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ ,  $V_x = 17,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $V_r = 49 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ;  
 2 —  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ ,  $V_x = 22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $V_r = 49,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ;  
 3 —  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ ,  $V_x = 17,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $V_r = 49 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ;  
 4 —  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ ,  $V_x = 22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $V_r = 36,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ;  
 5 —  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ ,  $V_x = 22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $V_r = 36,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ .

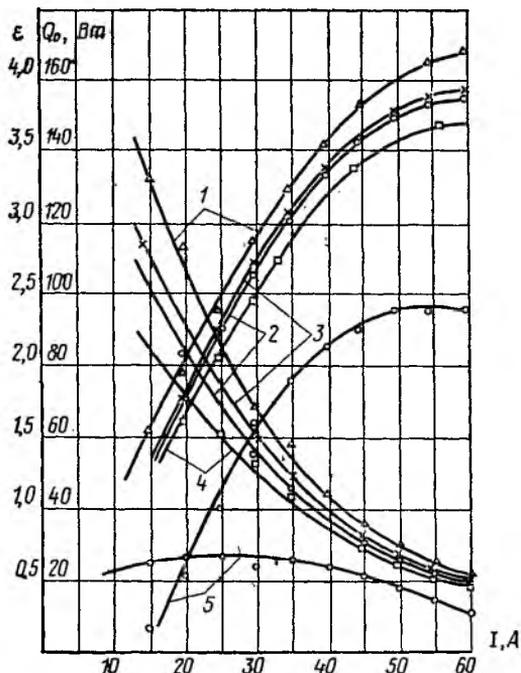


Таблица III-5

Характеристики модулей типа КР («воздух—воздух»)

Характеристики	Марка модуля			
	КР-1	КР-1а	КР-1б	КР-2
Число термозементов, шт.	63	63	63	128
Сечение ветвей, мм	13×0	13×8	13×8	6×10
Высота ветвей, мм	3,8	3,8	3,8	3,8
Габаритные размеры ТБ, мм	240×105×111	240×105×111	240×105×111	100×285×98
Масса, кг	3,4	3,0	3,4	3,8
Наличие (+) или отсутствие (—) демпфера	+	—	+	—
Вид коммутации	Последовательная	Последовательная	Последовательная	Параллельно-последовательная
Тип радиаторов	Паяный	Паяный	Литой	Паяный
Размеры радиаторов, мм				
высота × ширина × длина	50×14,5×17,5	50×14,5×17,5	50×14,5×17,5	—
толщина ребер	0,5	0,5	1,0	—
зазор между ребрами	1,0	1,0	0,9	—
Холодопроизводительность, Вт	110	110	120	130
Температуры воздуха, подаваемого на спай, °С				
горячие	50	50	50	50
холодные	36	36	36	40
Холодильный коэффициент	0,55	0,55	0,66	0,70
Интенсивность отказов, ч <sup>-1</sup>	1,0·10 <sup>-5</sup>	1,0·10 <sup>-5</sup>	1,5·10 <sup>-5</sup>	0,05·10 <sup>-5</sup>

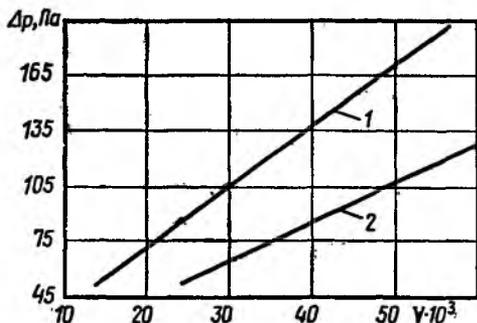


Рис. III-12. Потери напора  $\Delta p$  в модулях КР с литыми (1) и паяными (2) радиаторами в зависимости от расхода воздуха  $V$  (м³/с).

В ТОО, где осуществляется теплопередача от одних спаев термоэлементов к потоку жидкости, а от других — к потоку газа, применяют как универсальные плоские ТБ, снабженные жидкостными и воздушными теплообменниками, так и специальные безызоляционные модули типа «жидкость — воздух» (рис. III — 13), в которых рационально используются перепады температур, создаваемые на спаях. В наиболее простом случае спая ТБ непосредственно размещают в потоке жидкости, однако, подобные конструкции мало надежны из-за возможных нарушений герметичности в местах стыковки коммутационных шин и уплотнений. Более высокие эксплуатационные характеристики имеют модули пакетного типа, в которых жидкость протекает по каналам в тепловодах и изоляционных патрубках. Блоки ветвей термоэлементов коммутируют токоведущими водяными и воздушными теплообменниками, воду и электрический ток подводят к крайним массивным крышкам, в которых имеются места для установки шпилек, стягивающих все элементы ТБ, и в совокупности с изоляционными прослойками защищающих коммутационные переходы от сгибающих усилий. Наилучшая передача стягивающих усилий обеспечивается при использовании жестких воздушных теплообменников сотового типа. Весьма перспективно применение трубных ТБ с кольцевыми ветвями термоэлементов, которые имеют наибольшую удельную объемную холодопроизводительность. Характеристики модулей типа «жидкость — воздух» приведены в табл. III—6.



Рис. III-13. Безызоляционный модуль типа «жидкость — воздух».

Термоэлектрические охладители жидкостей, газов и твердых тел представляют собой отдельный класс охлаждающих устройств, основная особенность которых — производство холода при переменных температурах. При этом, если объект охлаждения — поток жидкости или газа, то отдельные термоэлементы или группы термоэлементов в ТБ работают при различных температурах спаев. В этом случае при питании всех термоэлементов одинаковым по величине током их геометрические размеры должны быть различными. Только при такой конструкции ТБ возможно получить теоретическую максимально возможную энергетическую эффективность, характерную для заданных температур.

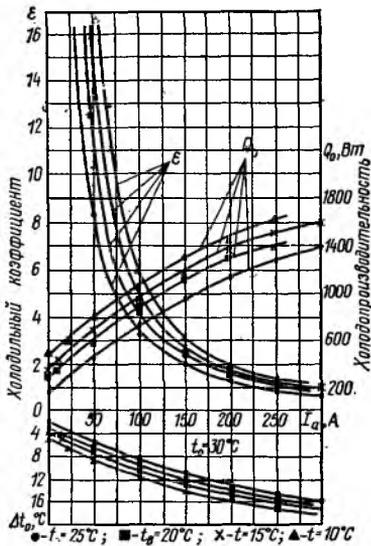
Использование таких ТБ усложняет и удорожает конструкцию охладителей. Однако расчеты и экспериментальные исследования показывают, что при сравнительно небольших интервалах охлаждения (10—30°C), характерных для воздухоохлаждавателей и режимов обработки пищевых жидкостей, можно применять ТБ, изготовленные из одинаковых термоэлементов, наблюдающееся при этом ухудшение энергетической эффективности незначительно.

На рис. III—14 показаны нагрузочные характеристики ТБ воздухоохлаждателя системы «вода — воздух». ТБ изготовлены из одинаковых термоэлементов высотой 2,4 мм. Температура поступающего воздуха  $t_0 = 30^\circ\text{C}$ , а его относительная влажность 45%. Температура воды составляла от 10 до 25°C, т. е. была ниже температуры поступающего воздуха, поэтому, если клеммы ТБ замкнуть накоротко, то через термоэлементы пойдет ток короткого замыкания  $I_{к.з}$  и эффект охлаждения воздуха возрастет без дополнительной затраты электроэнергии. Так, для температуры воды 20°C при  $I = 0$  холодопроизводительность равна 280 Вт, а при  $I_{к.з} = 12$  А она возрастает до 380 Вт. Для температуры воды 10°C ток  $I_{к.з} = 20$  А и  $Q_0 = 600$  Вт.

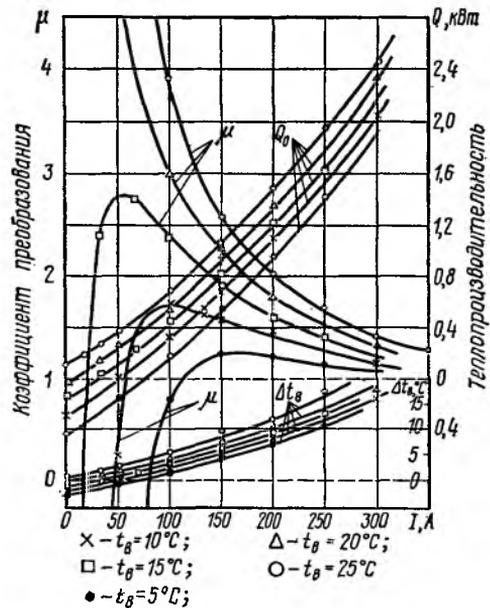
На рис. III—15 представлены нагрузочные характеристики ТБ, работающей в режиме

## Технические характеристики модулей типа «жидкость — воздух»

Характеристики	Модули		
	№ 1	№ 2	трубный
Холодопроизводительность, Вт	100	200	430
Охлаждение воздуха в модуле, °С	11	11	10
Температура горячего теплоносителя, °С	40	40	40
Рабочий ток, А	130	125	190
Напряжение питания модуля, В	0,8	1,6	2,2
Число термоэлементов	7	14	19
Сечение ветви, мм	3,0	3,0	2,5
Габаритные размеры модуля, мм	50×50×180	50×50×350	170×260
Масса, кг	3,2	5	6,2
Холодильный коэффициент	0,95	1,0	1,0

Рис. III-14. Нагрузочные характеристики воздухоохлаждателя при температуре воды  $t_B$ .

теплового насоса. Температура воздуха, поступающего в ТБ для подогрева, равна 19°C, температура воды изменялась в пределах 5—25°C. На графиках показаны зависимости теплопроизводительности  $Q_0$ , коэффициента преобразования  $\mu$  и величины подогрева воздуха  $\Delta t_B$  от тока. В точках, где  $\mu = 1$ ,  $Q_0 = 0$  и  $Q = W$ . Режимы, для которых  $\mu < 1$  и  $Q_0 < 0$  соответствуют тем случаям,

Рис. III-15. Нагрузочные характеристики воздухоподогревателя при температуре воды  $t_B$ .

когда воздух не нагревается, а охлаждается водой и ток не компенсирует тепловой поток Фурье в термоэлементах. В этих случаях следует перекрывать воду и использовать термобатарею как электрогрелку.

## Многокаскадные термоэлектрические батареи

Многокаскадное выполнение ТБ (рис. III—16), при котором горячие спаи низкотемпературной ступени охлаждаются холодными спаями высокотемпературной ступени, позволяет увеличить глубину охлаждения или повысить энергетическую эффективность термоэлектрического охладителя, работающего в заданном интервале температур.

Если бы свойства термоэлектрических материалов не зависели от температуры, то с помощью каскадирования можно было бы достигнуть температур, близких к абсолютному нулю. Однако реальные зависимости  $Z(T)$  накладывают существенные ограничения на возможности каскадирования (рис. III—17).

Практически используемые двух-, трех- и четырехкаскадные ТБ обеспечивают снижение температуры до  $-80 \div -120^\circ\text{C}$  при исходной температуре  $30^\circ\text{C}$ .

Схемы соединения каскадов используемые в многокаскадных ТБ, приведены на рис. III—18.

Существуют схемы с последовательным, независимым и параллельным питанием каскадов, а также разветвленные и смешанные.

Основное преимущество *последовательной схемы* — малые токи в цепи электропитания каскадной ТБ. Обычно требование малых токов предъявляется к системам, используемым в радиотехнике, электронике, инфракрасной технике, малые токи позволяют также улучшить массо-габаритные характеристики электрофильтров, предназначенных для сглаживания пульсации выпрямленного тока. Однако при последовательном питании появляется необходимость в межкаскадных электроизолирующих теплоконтактных переходах, что в значительной мере усложняет и удорожает конструкцию, увеличивает массу и площадь низкотемпературной поверхности. Последнее приводит к возрастанию теплопритоков, величина которых может быть соизмерима с полезной тепловой нагрузкой, а иногда и превышать ее. Кроме этого, на теплоконтактных переходах, имеют место температурные потери, особенно значительные в высокотемпературных каскадах. Наличие теплоконтактных переходов увеличивает также время выхода на заданный температурный уровень.

Несмотря на перечисленные недостатки, схема с последовательным питанием каскадов наиболее распространена.

Схема с *независимым питанием каскадов* позволяет осуществить наиболее гибкую,

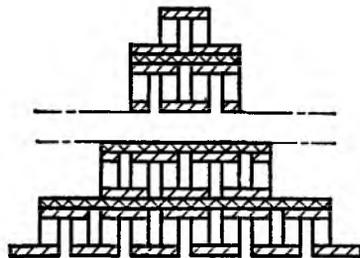


Рис. III-16. Каскадирование термоэлементов.

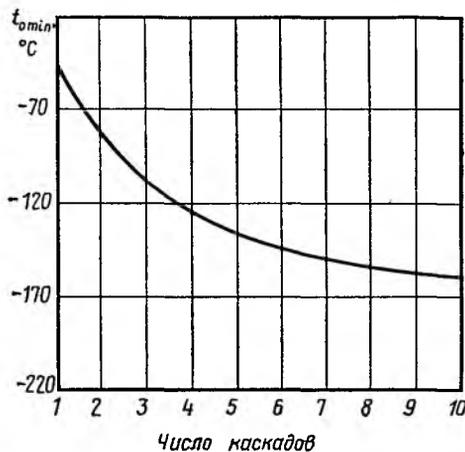


Рис. III-17. Теоретически возможное снижение температуры по каскадам с учетом реальной зависимости  $Z(T)$  при температуре горячих спаев  $27^\circ\text{C}$ .

точную и экономичную регулировку холодопроизводительности и температурного уровня работы многокаскадной ТБ, однако практически используется крайне редко из-за того, что требует несколько независимых источников тока.

Многокаскадные ТБ, выполненные по схеме с *параллельным электропитанием* каскадов, почти не встречаются, хотя они и наиболее надежны. Основные недостатки этой схемы — большие токи в цепи электропитания, потери по токовым проводам и на межкаскадных теплоконтактных переходах.

В случае небольшого количества каскадов перспективна *схема с разветвлением токов* (разветвленная схема), для которой не требуются межкаскадные теплоконтактные переходы и специальные межкаскадные токовые соединения. Конструкция таких каскадных

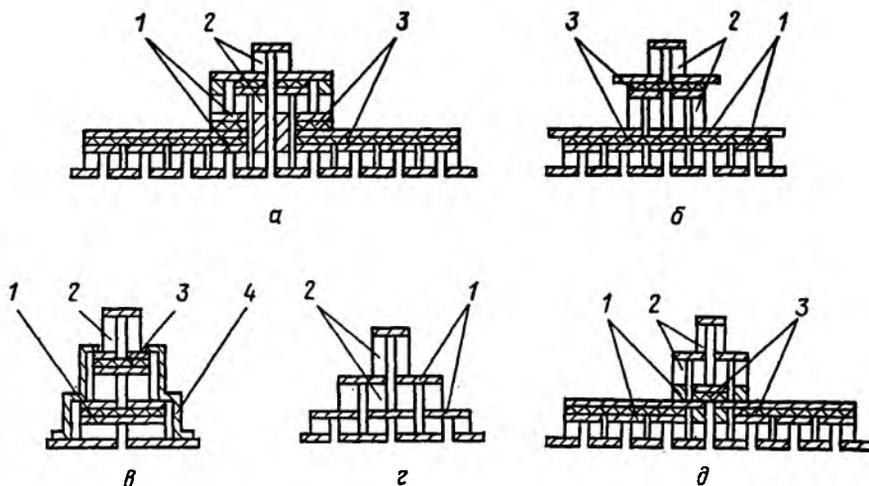


Рис. III-18. Электрическое питание каскадов:

*a* — последовательное; *б* — независимое; *г* — параллельное; *з* — с разветвлением токов; *д* — смешанное; 1 — коммутационные шины; 2 — ветви термоэлементов; 3 — теплоконтактные переходы; 4 — токоподводы.

ТБ проста и надежна, а массо-габаритные характеристики лучше, чем у других типов ТБ.

Главный недостаток — значительные токи в цепи электропитания, особенно при большом числе каскадов.

Для многокаскадных ТБ, когда схема с последовательным питанием приводит к значительному усложнению конструкции, а применение разветвленной схемы затруднено из-за больших токов, может применяться *смешанная схема*, при которой два или три высокотемпературных каскада соединяются последовательно, а остальные — разветвленно.

Многокаскадные ТБ предназначены для работы в большом интервале температур, поэтому для них подбирают полупроводниковые сплавы, термоэлектрические свойства которых имеют оптимум при температурах, соответствующих условиям работы отдельных каскадов.

Высоту термоэлементов выбирают по каскадам. Для высокотемпературных каскадов небольшая относительная величина контактных электрических сопротивлений позволяет применять термоэлементы минимальной высотой порядка 1,5—2 мм. В низкотемпературных каскадах минимальную высоту термоэлементов увеличивают до 3—4 мм, вследствие возрастания электропроводности полупроводниковых материалов, а следовательно, контактных электрических сопротивлений. Эта рекомендация не относится к тем случаям, когда наиболее важны время достижения за-

данного температурного уровня или габаритные размеры и масса многокаскадной ТБ. Для повышения быстродействия и уменьшения габаритов и массы применяют термоэлементы меньшей высоты (энергетическая эффективность или максимальная разность температур такой термобатареи снижены).

Соотношения между геометрическими размерами и числом термоэлементов по каскадам в значительной мере зависят от требуемого режима работы. Так, для условий максимальной энергетической эффективности холодопроизводительность высокотемпературного каскада должна в 3—4 раза превышать холодопроизводительность низкотемпературного, следующего за ним. При стремлении достичь минимально возможной температуры это соотношение может составлять 10—12.

Многокаскадные ТБ могут быть собраны из однокаскадных модулей (что практически имеет место при числе каскадов до трех), однако чаще всего применяют ТБ, специально спроектированные для конкретных объектов охлаждения. Конструкция *двухкаскадного модуля*, предназначенного для использования в камерах климатических испытаний различной аппаратуры в лабораторных условиях, приведена на рис. III—19. Первый (высокотемпературный) каскад включает 78 термоэлементов с сечением ветвей 8 × 8 мм и высотой 3 мм, второй — низкотемпературный, состоит из 18 термоэлементов с сечением ветвей 15 × 17 мм и высотой 15 мм. Общая площадь поверхности термоэлементов в первом и втором каскаде примерно одинакова, соответственно 100 и

92 см<sup>3</sup>. Все термоэлементы соединены между собой последовательно. Термоэлементы изолированы от теплообменников и между каскадами с помощью гофрированных теплоконтактных переходов высотой 5 мм. На холодных спаях теплообменник имеет медные плоские ребра толщиной 0,5 мм и высотой 30 мм, припаянные к общему основанию с шагом 5 мм. Теплообменник на горячих спаях представляет собой плиту со сверленными каналами диаметром 8 мм. Вход и выход воды осуществляются с одной стороны плиты через штуцера и дюритовые шланги. Холодопроизводительность модуля составляет 11 Вт при токе 62,5 А и падении напряжения 7,25 В, температуре охлаждающей воды 17°С и температуре охлаждаемой среды —50°С. Габаритные размеры модуля: длина 150 мм, ширина 125 мм, высота 117 мм.

Для большинства каскадных ТБ, предназначенных для использования в приборостроении, радиоэлектронике, инфракрасной и космической технике, требуемая холодопроизводительность измеряется милливаттами. В этих случаях ТБ конструируют таким образом, чтоб на поверхности коммутационных шин последнего низкотемпературного каскада удобно размещался охлаждаемый объект. При этом теплопритоки к поверхности самой ТБ соизмеримы с полезной тепловой нагрузкой, и вопросу тепловой изоляции каскадной ТБ уделяется большое внимание.

Трехкаскадная ТБ, размещенная внутри вакуумного колпака, выполненного из органического стекла, приведена на рис. III—20. В нижней части колпак имеет паз, внутри которого уложена уплотнительная резиновая прокладка. Термоэлектрическая батарея через электроизолирующие теплоконтактные переходы, выполненные из окиси бериллия, и медный диск присоединена к латунной плите, внутри которой имеется окно с каналами для потока воды. Для интенсификации теплообмена к медному диску припаяны ребра, образующие теплообменник. К источнику электропитания ТБ присоединяют с помощью вакуумного токоподвода, второй контакт присоединяют к корпусу микроохладителя. Охлаждаемый объект размещается на холодных коммутационных шинах третьего каскада, на которые напаяна электроизолирующая пластина.

Пятикаскадная ТБ с холодопроизводительностью 0,08-0,18 Вт предназначена для использования в микрохолодильниках для локального охлаждения или термостатирования элементов радиосхем (детекторов, транзисторов, диодов, кварцевых фильтров). С целью снижения термомеханических нагрузок ТБ разделена на два блока: верхний трехкаскадный и нижний двухкаскадный. Верхний блок напаян на медную пластину и крепится к ниж-

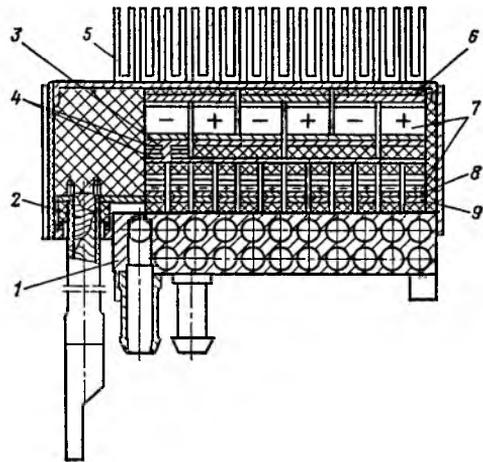


Рис. III-19. Двухкаскадный модуль:

1 — медная плита; 2 — токоподвод к первому каскаду; 3 — медный лист; 4 — упругие медные уголки; 5 — радиаторы; 6 — теплоконтактные переходы; 7 — ветви термоэлементов; 8 — свинцовая демферная пластина; 9 — медная коммутационная пластина.

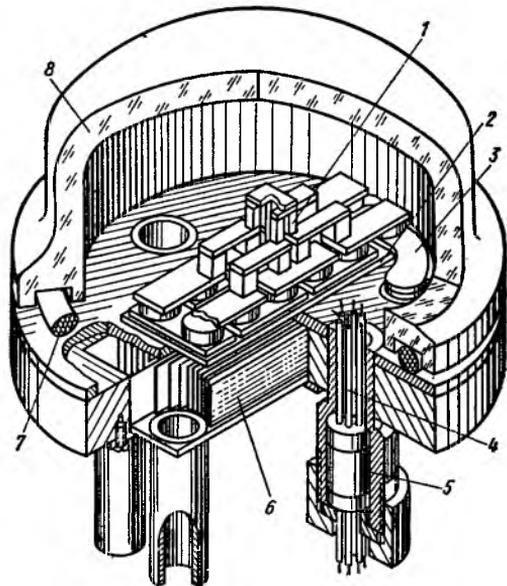


Рис. III-20. Трехкаскадный микроохладитель:

1 — термобатарея; 2 — теплоконтактный переход; 3 — токоподвод; 4 — измерительные терморяды; 5 — вакуумный ввод; 6 — теплообменник; 7 — прокладка; 8 — вакуумный колпак.

нему блоку винтами, для улучшения контакта поверхности смазаны теплопроводной пастой КПТ-8. Каскады нижнего блока собраны из отдельных модулей. Схема электропитания ТБ — смешанная (нижний блок собран по

последовательной схеме, верхний по параллельно-последовательной). Габаритные размеры ТБ без теплообменника составляют  $100 \times 100 \times 69$  мм. Некоторые конструктивные данные и покаскадное распределение тем-

Таблица III—7

Характеристика пятикаскадного модуля

Показатели	Каскады батарей				
	I	II	III	IV	V
Число термоэлементов в каскаде	60	36	10	3	1
Геометрические размеры ветвей термоэлементов, мм					
p-типа	7,4×6,5×4	5×3,9×4	5×4,6×4	6×4,6×4	6×4×5
n-типа	∅ 7,1×4	5×4×4	5×4,1×4	6×4×4	2,7×2,7×5
Температура холодного спая каскада при температуре воды в теплообменнике 20°C и холодопроизводительности 0,12 Вт, °C	-17,5	-45	-67,5	-86,5	-105

Таблица III—8

Характеристики некоторых каскадных термобатарей (при температуре теплоотвода 27°C)

Число каскадов	$t_0$ , °C	$Q_0$ , мВт	$W$ , Вт	$I$ , А	Схема коммутаций	Изготовитель
2	-53	—	20	50	Разветвленная	ИПАН, СССР
2	-83	0	10	50	»	ОТИХП, СССР
2	-67	10	3,5	13,5	»	ОТИХП, СССР
3	-73	—	63	42	Последовательная	ИПАН, СССР
3	-65	0	1	6	»	США
3	-100	0	15	50	»	ОТИХП, СССР
3	-90	10	5,8	20	»	ОТИХП, СССР
3	-63	—	52	52	Смешанная	ИПАН, СССР
4	-118	0	150	40	»	ОТИХП, СССР
4	-115	0	45	150	Разветвленная	ОТИХП, СССР
4	-87	0	12	20	»	США
5	-100	—	200	—	Смешанная	СССР
6	-114	—	—	—	Последовательная	США
7	-118	—	—	30	»	США
8	-133	10	40	—	»	США
8	-130	—	200	2,77	»	США
8	-144	—	—	—	»	США
8	-127	10	20	70	Разветвленная	ОТИХП, СССР

ператур указаны в табл. III—7. В ТБ применены серийно выпускаемые термоэлектрические материалы на основе Bi, Te, Sb, Se. Ветви *p*-типа получены прессованием, ветви *n*-типа — направленной кристаллизацией. В качестве *n*-ветви термоэлемента верхнего каскада использован монокристалл твердого раствора Bi—Sb с содержанием 7% Sb.

Разработаны и подробно исследованы образцы ТБ и микрохолодильников с числом каскадов до 9 (характеристики даны в табл. III—8). При температуре теплоотвода 27°C достигается минимальная температура на восьмом каскаде — 144°C. Как правило, начиная с пятого-шестого каскада, в качестве *n* ветви используют монокристаллы BiSb.

Максимальные перепады температуры на спаях одно-, двух-, трех- и четырехкаскадных ТБ приведены на рис. III—21. Существенное уменьшение  $\Delta T_{\max}$  с понижением температурного уровня учитывается в паспортной характеристике: на рис. III—22 приведено изменение характеристики трехкаскадной ТБ, собранной из кристаллических материалов по схеме с разветвлением точек при снижении исходного температурного уровня от +27 до —123°C. Необходимость в таких данных связана с разработкой комбинированных охладителей, у которых термоэлектрическая ступень может использоваться как низкотемпературная, а также с тем, что в отдельных случаях (например, на борту искусственных спутников Земли) имеется возможность отводить тепло с помощью радиаторов, температура которых изменяется в очень широких пределах.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Наиболее отработанные виды практически используемых ТООУ: охладители и подогреватели потоков жидкостей и газов, небольшие автономные кондиционеры; термостаты (в особенности прецизионные); приборы для нахождения точек плавления и воспламенения, а также точки росы, приборы для физико-химического анализа; осушители воздуха, газов, вакуумные ловушки; небольшие бытовые и автотранспортные холодильники, охладители напитков и льдогенераторы; охладители лазеров, приемников излучения, фотокатодов, телевизионных трубок, электронно-оптических устройств (в том числе фотоумножителей); медицинские приборы для общей и местной гипотермии, криоскальпели, криоэкстракторы, охладители для систем искусственного кровообращения и пересадки органов, микротомы; охладители полупроводниковых приборов, элементов радиосхем, блоков памяти

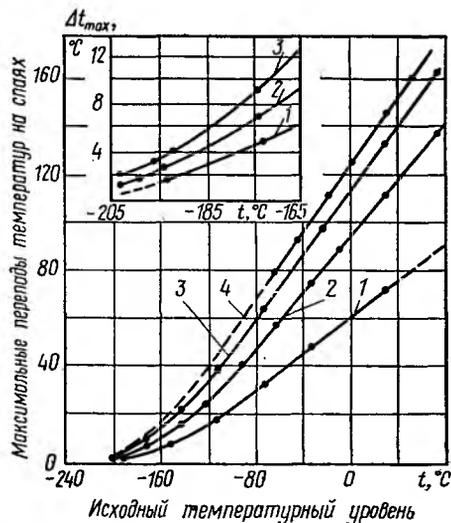


Рис. III-21. Максимальные перепады температур на спаях каскадных термоэлектрических устройств в зависимости от исходного температурного уровня:

1—4 — число каскадов.

счетно-решающих машин; аппараты для поддержания термических параметров в химических реакциях, приборы для управления технологическими процессами; опреснители, дистилляторы; лабораторное испытательное оборудование.

## Холодильники

Наиболее распространены термоэлектрические холодильники малого объема (до 40—60 дм<sup>3</sup>), бытовые и в особенности автотранспортные, так как в последнем случае для питания ТБ можно использовать имеющиеся источники постоянного тока и нет необходимости в выпрямительных блоках питания. В специальных случаях, когда расход электроэнергии не имеет большого значения, делают холодильники и морозильники большого объема. Так, разработан термоэлектрический холодильник, в котором можно хранить 6 т продуктов при температуре порядка —20°C.

Характеристики ряда промышленных и опытных образцов бытовых и автотранспортных (рис. 23) термоэлектрических холодильников приведены в табл. III—9 и III—10. Большинство термоэлектрических бытовых холодильников встраивают в мебель, бары и т. п.; их используют для кратковременного хранения небольших количеств напитков и продуктов.

Термоэлектрические холодильники могут быть одно- и многокамерными. Перспективные

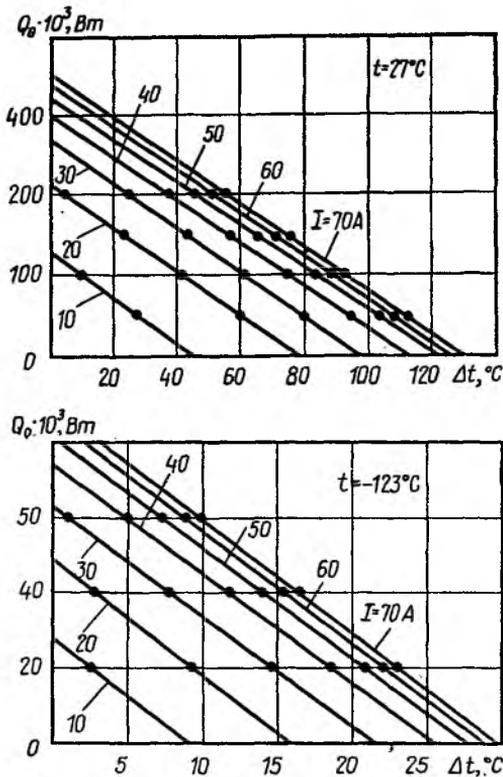


Рис. III-22. Паспортная характеристика трехкаскадной термобатареи.

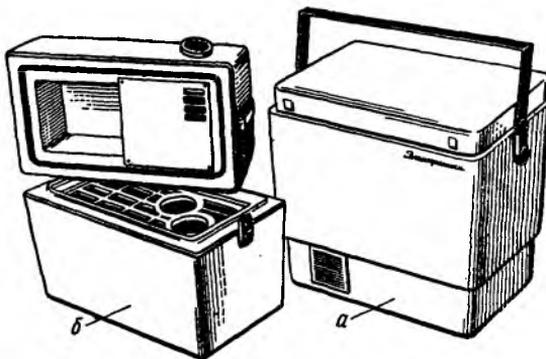


Рис. III-23. Автомобильные холодильники ТЭХ-20(а) и ХАТЭ-12(б).

термоэлектрические многокамерные домашние холодильники с 3—5 температурно-влажностными зонами и с автоматическим поддержанием режимов. В многокамерных холодильниках можно применять термоэлектрические или комбинированные (например, компрессионно-термоэлектрические) схемы охлаждения. Каждая камера холодильника может обслуживаться своей ТБ, причем отвод тепла может быть выполнен последовательно, как в каскадной установке: от горячих спаев ТБ низкотемпературной камеры тепло отводится на холодные спаи ТБ, охлаждающей рабочей объем камеры с более высокой температурой.

Наиболее сложная задача — создание систем теплообмена у спаев. В бытовых холодильниках применение вентиляторов с целью интенсификации теплообмена нежелательно, так как это существенно снижает надежность и создает источник шума. В холодильниках малого объема для подвода тепла к холодным спаям, чаще всего используют внутреннюю металлическую обшивку холодильной камеры, а для отвода тепла от горячих спаев — оребренные панели, работающие в условиях свободной конвекции. Однако с увеличением объема холодильной камеры и соответственно тепловых нагрузок на спаях подобные системы становятся малоэффективными, так как простое увеличение площади теплообменной поверхности, как правило, не позволяет отводить тепло при малых перепадах температур, поскольку эффективность работы периферийных участков поверхности резко снижается. Поэтому в холодильниках большого объема часто применяют промежуточные теплоносители. Используют как испарительно-конденсаторные контуры на фреонах у холодных и горячих спаев, так и промежуточные теплоносители (например, воду), циркулирующие в замкнутых контурах между горячими спаями и теплообменниками под действием разности плотностей в подъемной и опускной ветвях контуров. В последнем случае наилучшими теплопередающими свойствами обладают вертикальные трубчатые теплообменники с проволочными поверхностями оребрения, на которых достигаются коэффициенты теплопередачи порядка  $12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . У этих теплообменников также наилучшие массо-габаритные показатели.

Наряду с конструкциями с контактным охлаждением внутренней обшивки в автомобильных холодильниках распространены конструкции, в которых вентиляторы используются не только для отвода тепла от горячих спаев, но и для создания принудительной циркуляции холодного воздуха во внутреннем объеме. Это связано с тем, что в автотранспортных холодильниках важно обеспечить быстрое достижение рабочего режима после включения электропитания, а также длительное поддер-

Характеристика термоэлектрических бытовых холодильников

Тип холодильника	Способ охлаждения горячих спаяв	Объем камеры, дм <sup>3</sup>	Перепад температур, °С	Холодопроизводительность, Вт	Подводимая мощность, Вт	Затраты полупроводниковых материалов, г
«Малыш»	Свободная конвекция	0,5	22	2,5	6,4	2,6
Настольный для напитков	То же	1,5	17	3,4	10	6,8
		2,0	23	4,5	15,4	10,4
		5,0	18	8,4	21	9,2
		7,0	16	8,4	20,2	8,8
Холодильник	Свободный конвективный теплообмен с использованием промежуточного теплоносителя	10	20	5,7	15,9	9,1
Бар-холодильник	То же	16	23	13,6	43,7	14,4
		65	20	19	56	19
		65 (двухкассовый с низкотемпературным отделением)	20,6/35	24	100	43

жание пониженной температуры во время стоянок, когда потребление электроэнергии ограничено. Кроме того, для них характерны непродолжительность работы и меньшие ограничения по шуму.

В конструкциях с принудительной циркуляцией холодного воздуха использование объема меньше, чем в конструкциях с контактным охлаждением из-за наличия ребристого теплообменника на холодных спаях и дополнительных каналов для прохода воздуха. Однако более компактные холодильники с контактным охлаждением имеют большую массу, чем конструкции с принудительной циркуляцией холодного воздуха, где в качестве материала внутренней обшивки используют пластмассы. По энергетическим показателям обе конструкции практически эквивалентны.

После отключения электропитания в конструкциях с охлаждаемой внутренней обшивкой теплопритоки в холодильник резко возрастают, причем, чем больше холодопроизводительность ТБ в рабочем режиме, тем больше ее теплопроводность и тем больше дополнительный теплоприток в холодильник при отключенном электропитании. Конструкция же с принудительной циркуляцией холодного воздуха (имеющей в рабочем режиме скорость охлаждения в 2—3 раза большую,

чем в конструкциях с контактным охлаждением) позволяют более длительно поддерживать низкую температуру на стоянках. После отключения электропитания ТБ и электродвигателя изолированный охлаждающий агрегат практически не является источником теплопритоков в холодильник. Это позволяет применять мощные ТБ в автомобильных холодильниках, а также использовать простую схему терморегулирования путем включения и отключения питания ТБ и вентилятора. Наиболее выгодно применение подобных конструкций в холодильнике большого объема.

При работе холодильника во время стоянок транспорта энергопотребление можно снизить, незначительно уменьшив создаваемый перепад температур путем переключения с параллельного соединения ТБ и электродвигателя вентилятора на последовательное. Аналогичный эффект достигается в конструкциях с контактным охлаждением при подключении последовательно с ТБ добавочного сопротивления («режим тепловой изоляции»). Динамические характеристики термоэлектрического автомобильного холодильника объемом 7,6 л (см. табл. III—10) приведены на рис. III—24. Перегиб на кривой 2 соответствует переключению в режим тепловой изоляции.

Наиболее рационально применять кон-

Характеристики термоэлектрических автомобильных холодильников

Тип холодильника	Вместимость, дм <sup>3</sup>		Теплообмен у спаев		Температура во внутреннем объеме, °С	Создаваемая разность температур, °С	Рабочий ток термодатара, А	Потребляемая мощность, Вт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	холодных	горячих	холодных	горячих						
ХАЭ-12	12	12	Принудительная конвекция	Принудительная конвекция	5	20	2,5	30—40	485×260×385	6
ТЭХ-20	20	20	Металлическая обшивка	То же	—	22—25	—	40—50	490×320×450	13
«Электро-1»	14	14	То же	»	5	20	3,5	37—45	250×430×520	28
«Электро-2»	40	40	»	»	5—7	20	—	50—65	430×430×520	38
ГИАП	50	50	»	»	—	25	12	200	—	—
ОТИХП	7,6	7,6	»	Свободная конвекция	7,5/15	22,5/15	2,54/1,22	41,3/14,6	310×190×420	5,5
ОТИХП	7,6	7,6	»	»	9,5/13,6	20,5/16,4	2,15/1,2	26/14,4	310×190×420	—

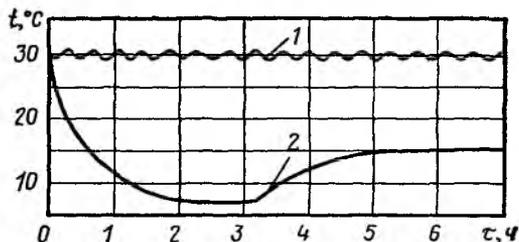


Рис. III-24. Динамические характеристики термоэлектрического автомобильного холодильника:

1 — температура окружающей среды; 2 — температура в центре камеры.

струкции с контактным охлаждением в холодильниках малого объема (менее 10 дм<sup>3</sup>), работающих в умеренных температурных условиях. В подобных холодильниках можно создать перепад температур до 20°C при потребляемой мощности менее 15 Вт, что позволяет осуществить непрерывную работу холодильника на стоянках автомобиля в течение 1—2 суток.

В условиях жаркого климата наиболее приемлемы автомобильные термоэлектрические холодильники, выполняющие роль скоростных охладителей при движении автомобиля и термостатов во время стоянок.

### Кондиционеры

Характеристики некоторых образцов термоэлектрических кондиционеров различного назначения приведены в табл. III—11, а основные конструктивные схемы, определяемые видом теплоносителя у спаев, — на рис. III—25. Наиболее распространены кондиционеры, в которых для отвода тепла от горячих спаев используется вода, так как в этом случае обеспечиваются компактность и наилучшие энергетические показатели. В ряде конструкций вода используется как у горячего, так и холодного спаев в качестве промежуточного теплоносителя, что позволяет развивать поверхности теплообмена до требуемых размеров.

Наиболее выгодно использование термоэлектрических кондиционеров на судах, подводных лодках, где требования в отношении массы, габаритных размеров, надежности, безопасности, количества запасных деталей, коррозионной устойчивости, бесшумности существенно возрастают. Для охлаждения горячих спаев в судовых ТОО может быть использована забортная вода. Судовые термоэлек-

## Характеристики термoeлектрических кондиционеров

Характеристика	Марка кондиционера						
	бытовой безызоля- ционный	тепловозный КТТР-4Т	судовой	ПНТ-ВВ-1	бытовой безызоля- ционный	транспорт- ный охлад- итель воздуха	промыш- ленный
Холодопроизводи- тельность <sup>1</sup> , кВт	1,5	4,7	13,9	0,55	3	0,29	1,5
Тепловыделения в ре- жиме нагрева, кВт	3,5	9,3	—	—	5,7	—	2,48
Температура охлаж- денного воздуха, °С	5—9	—	4	1	5—9	—	3
Теплоноситель у го- рячих спаев	Вода	Воздух	Вода	Воздух	Вода	Воздух	Вода
Производительность по кондиционируемо- му воздуху, м <sup>3</sup> /ч	750	1400—1600	8000	141	1100	—	248
Холодильный коэф- фициент	1	0,39	0,7	0,7	0,8	—	—
Масса блока моду- лей, кг	32	—	396	—	65	17	—
Масса блока питания, кг	50	—	—	—	65	—	—
Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	0,5	—	7,8	—	1,1	—	—
Габаритные размеры кондиционера, мм	450× ×450× ×750	—	1000× ×600× ×240	830× ×540× ×330	500× ×500× ×300	—	—

<sup>1</sup> Холодопроизводительность указана для температуры охлаждающей воды 32°С.

трические кондиционеры являются наиболее мощными из известных ТООУ.

В авиации, на авто- и железнодорожном транспорте успешно используются местные воздухоохладители холодопроизводительностью до 2,0 кВт, компактность, вибро- и ударостойкость и высокая надежность которых хорошо отвечают эксплуатационным требованиям. Местные воздухоохладители создают комфортные условия в зоне рассеивания выходящей струи воздуха и эффективны для обслуживания операторов различных машин или водителей на транспорте. Например, термoeлектрический воздухоохладитель для автомобилей Кременчугского автозавода, работающий совместно с вентилятором-пылеотделителем, имеет холодопроизводительность 300—350 Вт при расходе холодного воздуха 70—90 м<sup>3</sup>/ч, токе 19—22 А, напряжении 24 В. Воздухоохладитель ОЧ-М, используемый в системе принудительной вентиляции сельскохозяйственных самолетов АН-2, вер-

толетов К-26 и «Ми-2», имеет холодопроизводительность 310 Вт, расход холодного воздуха 60—120 м<sup>3</sup>/ч, ток 25 А, напряжение 27 В, массу 11 кг.

Перспективно использование термoeлектрических кондиционеров в качестве доводочных аппаратов, работающих в комбинации с компрессионной центральной системой кондиционирования. Это позволяет легко осуществить регулирование режимов в отдельных помещениях и обеспечить высокую экономичность. В ряде случаев блоки термoeлектрических модулей могут быть непосредственно встроены в воздуховоды и вентиляционные магистрали зданий. Так, доводчик температуры воздуха, собранный на базе модулей КР типа «воздух - воздух» имеет габаритные размеры 350 × 300 × 183 мм, массу 13 кг, при температуре воздуха на входе 25—35°С обеспечивается его охлаждение до 14°С, холодопроизводительность составляет 200—500 Вт, холодильный коэффициент — 2.

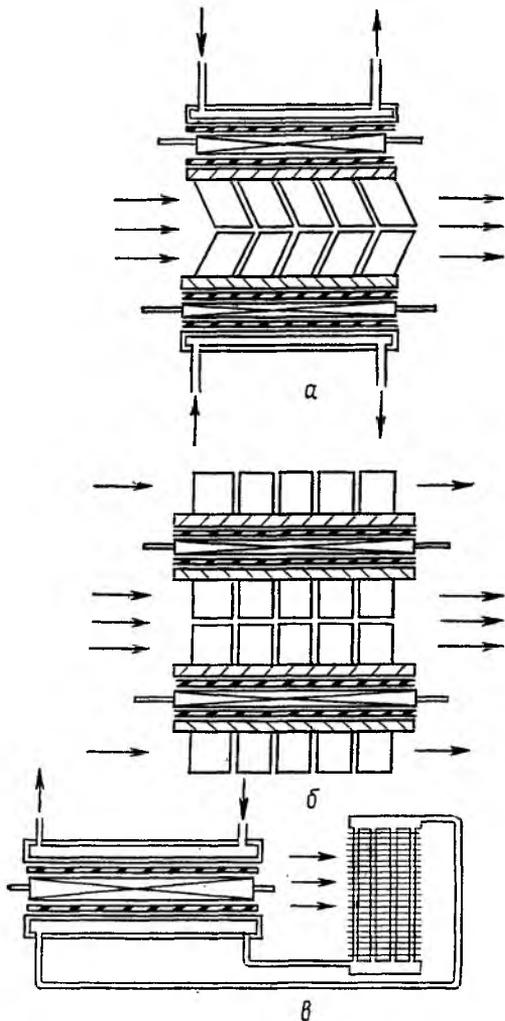


Рис. III-25. Схемы термоэлектрических кондиционеров в зависимости от типа теплоносителя:

а — «вода — воздух»; б — «воздух — воздух»; в — «вода — вода — воздух».

### Термоэлектрические охлаждающие устройства для исследовательских работ

В практике научного эксперимента, лабораторных работ, испытаний материалов, деталей и аппаратуры успешно применяется множество разновидностей ТОУ. Разработаны лабораторные термоэлектрические термостаты

объемом от нескольких кубических сантиметров до десятков кубических дециметров с рабочим диапазоном температур от  $-50$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ . В термостатах используются как одно-, так и многокаскадные ТБ. Точность поддержания температуры в термостатах в зависимости от назначения прибора может составлять от  $\pm 0,001$  до  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Одна из распространенных модификаций этого типа ТОУ — лабораторные нуль-термостаты для автоматического поддержания постоянной температуры свободных спаев измерительных термопар.

Для охлаждения различных объектов при лабораторных исследованиях служат термоэлектрические холодильники. Например, Заводом биофизических приборов (г. Львов) производится лабораторный микрохолодильник ТЛМ и холодильник ХТ-10В (табл. III — 12).

Термоэлектрические термокамеры для испытаний материалов, деталей и узлов различной аппаратуры, блоков и приборов радиоаппаратуры характеризуются быстрым выходом на требуемый температурный режим (как в области отрицательных, так и положительных температур), малыми габаритными размерами, малыми градиентами температуры по рабочему объему, простотой и удобством управления, обслуживания и эксплуатации.

Наиболее крупная из термоэлектрических камер ПТК-1 (конструкция СКБ ФТИ АН СССР) имеет рабочий объем  $21 \text{ дм}^3$  и поддерживает температуру в диапазоне от  $-50$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  с точностью  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  при тепловыделениях внутри камеры  $50 \text{ Вт}$ . Время выхода на минимальную температуру при наличии тепловыделений  $50 \text{ Вт}$  составляет  $1,3 \text{ ч}$ , а без тепловыделений —  $0,5 \text{ ч}$ . В термокамере используются двухкаскадные ТБ, тепло от горячих спаев отводится проточной водой, расход которой  $0,25\text{--}0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В испытательных камерах относительно большого объема применяют комбинированную схему охлаждения: использование в высокотемпературном каскаде компрессионной установки, а в низкотемпературном — ТБ. Это позволяет отказаться от водяного охлаждения и изготовлять камеры передвижного типа.

Комбинированная схема применена в термокамере «Синтез», предназначенной для эксплуатации в лабораторных условиях. Полезный рабочий объем камеры составляет  $27 \text{ дм}^3$  (высота  $310 \text{ мм}$ , размеры в плане  $290 \times 290 \text{ мм}$ ), габаритные размеры  $1300 \times 750 \times 1050 \text{ мм}$ , масса  $270 \text{ кг}$ . Диапазон регулируемой температуры во внутреннем объеме от  $-50$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , установка температуры плавная, точность поддержания температуры по всему рабочему диапазону  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Градиент температуры по рабочему объему составляет не более  $2^{\circ}\text{C}$ . Камера снабжена экраном

## Техническая характеристика холодильников Львовского завода биофизических приборов

Показатели	Марка холодильника	
	ТЛМ	ХТ-10В
Рабочий объем, дм <sup>3</sup>	0,12	10,7
Температура воздуха в объеме, °С	—34	5
Температура окружающего воздуха, °С	20	35
Расход охлаждающей воды, кг/ч	50	20—30
Температура охлаждающей воды, °С	16	25
Рабочий ток ТБ, А	30±2	33
Напряжение, В	1,7±0,1	Переменное 220±22
Габаритные размеры, мм	Диаметр 123, высота 168	380×376×420
Масса, кг	1,4	15

рованным и неэкранированными вводами в рабочий объем (два разъема, 58 проводов). Допустимая величина внутренних тепловыделений составляет 30 Вт. Время выхода на режим не превышает 3 ч. Потребляемая мощность от трехфазной сети переменного тока составляет не более 2 кВт.

Для исследования процессов и объектов под микроскопом применяют предметные столики с термоэлектрическим охлаждением, выпускаемые как для работы в проходящем, так и в отраженном свете. Подобные ТОУ снабжены соответствующими системами автоматического регулирования, что позволяют осуществлять охлаждение по заданной программе, что требуется, например, при исследовании процессов замораживания различных объектов.

Термоэлектрические охлаждающие столики и ножи микротомов широко используются в лабораторной практике, а также в медицине, биологии, текстильной промышленности и других областях, где требуется получение качественных резервов тканей и хрупких образцов с волокнистой структурой, что возможно лишь при определенных температурах. Известны конструкции столиков, позволяющих получить с помощью двухкаскадных ТБ на рабочей поверхности площадью 20 см<sup>2</sup> температуру до —45°С через 0,5—2 мин после включения в сеть. Оттаивание и отделение готовых образцов легко осуществляется при переключении полярности тока. Для охлаждения ножей применяют однокаскадные ТБ с отводом тепла от горячих спаев проточной водой. При температуре воды 20°С средняя температура ножа составляет —10 ÷ —15°С.

ТОУ используют при создании микрокалориметров, измеряющих тепловые эффекты при

постоянной температуре, в приборах для определения температур плавления, температур воспламенения и т. д.

Созданы датчики со охлаждающими термоэлементами, преобразующие информацию о величине скорости жидкости и газов в электрические сигналы. Эти датчики работают за счет теплового взаимодействия термоэлемента, один из спаев которого термостатирован с помощью эффекта Пельтье и расположен в теплоизоляционном корпусе, а другой спай омывается потоком.

Для определения температуры наиболее нагретых частей компрессоров, для оценки качества работы электрических контактов используют приемники излучения, изготовленные на базе термоэлектрических полупроводниковых материалов. Эти приборы действуют на принципе разогрева спая при поглощении ими радиационного тепла.

Приемник состоит из двух ветвей р- и n-типа, скоммутированных таким образом, что температура холодных спаев термостатируется с помощью опорного термоэлемента. При поглощении излучения спаем приемника последний начинает генерировать э.д.с., величина которой пропорциональна температуре спая, обращенного к источнику. Температуру холодного спая опорного термоэлемента выбирают такой, чтобы постоянная времени приемника соответствовала протеканию наиболее быстрых тепловых процессов. В качестве опорного термоэлемента можно использовать соответствующие узлы микротермостатов. Эти термоэлектрические приемники обладают высокой чувствительностью в диапазоне температур —50 ÷ +70°С.

Термоэлектрическое охлаждение используют также в приборах, регистрирующих от-

носительную влажность воздуха и основанных на измерении температуры точки росы. Прибор функционирует благодаря уменьшению отражательной способности зеркала при выпадении на нем росы. Чувствительным элементом такого прибора служит фотоприемник, регистрирующий луч света, отраженный зеркалом от постороннего источника света. Зеркало в приборе охлаждается при установке его непосредственно на холодном спае термоэлемента. Эти приборы непрерывного или периодического действия могут работать в широком интервале температур (от  $-50$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ).

### Термоэлектрические охлаждающие устройства технологического назначения

С помощью ТОО проводят термостатирование механических частей при прецизионной обработке деталей, охлаждение резцов и рабочих жидкостей.

Для крепления к рабочему столу мелких или немагнитных деталей при их обработке на станках используют термоэлектрические замораживающие устройства типа ТБУ, выпускаемые Львовским заводом биофизических приборов. Устройство ТБУ-1 обеспечивает закрепление деталей при температуре окружающего воздуха до  $30^{\circ}\text{C}$  и температуре охлаждающей воды от 2 до  $20^{\circ}\text{C}$ . Площадь поверхности замораживающего столика составляет  $140 \times 234$  мм. Рабочая температура поверхности столика  $-5 \div -20^{\circ}\text{C}$ , время выхода в режим не более 0,3 ч, время оттаивания не более 1 мин. Электропитание осуществляется от сети трехфазного тока через автономный блок питания и управления. Масса столика 12 кг, блока питания и управления 20 кг, пульта управления 0,8 кг. Габаритные размеры столика  $342 \times 140 \times 54$  мм; блока питания и управления  $336 \times 307 \times 246$  мм, пульта управления  $75 \times 40 \times 72$  мм.

Для термовлажностной обработки воздуха на буровых, а также в блоках осушки для систем пневмоавтоматики применяют термоэлектрические осушители. После предварительного охлаждения и сепарации капельной влаги и масла воздух направляется в термоэлектрический осушитель, где он дополнительно охлаждается примерно до  $5^{\circ}\text{C}$ , затем пройдя еще один водомаслоотделитель воздух нагревается в рекуперативном воздушном теплообменнике до  $\sim 16^{\circ}\text{C}$  и направляется к потребителю. В расчетном режиме холодопроизводительность ТБ составляет 465 Вт, рабочее давление воздуха 2450 кПа ( $\sim 25$  кгс/см<sup>2</sup>), расход воздуха  $1,95 \cdot 10^{-2}$  м<sup>3</sup>/с, температура ох-

лаждающей воды на входе  $32^{\circ}\text{C}$ , воздуха на входе в осушитель  $22,5^{\circ}\text{C}$  и на выходе из осушителя  $5^{\circ}\text{C}$ , напряжение на ТБ 14,5 В, ток 200 А, расход охлаждающей воды 0,14 кг/с.

### Охладители приемников инфракрасного излучения

Основная отличительная особенность ИК-приемников как объектов низкотемпературной стабилизации — малые габаритные размеры и практическое отсутствие внутренних тепловыделений. Объем конструкции одноэлементного ИК-приемника не превышает обычно  $30-50$  мм<sup>3</sup>, а масса — 0,1 г. Для охлаждения такого объекта до  $-70^{\circ}\text{C}$  и термостатирования используют микроохладитель, холодопроизводительность которого 20—50 мВт.

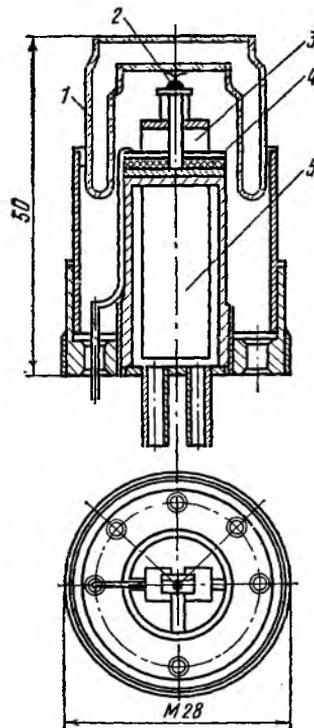


Рис. III-26. Двухкаскадный охладитель ИК-приемника:

1 — сосуд Дьюара; 2 — ИК-приемник; 3 — двухкаскадная термобарьера; 4 — теплоконтактный переход; 5 — тепловод.

Каскадные микроохладители ИК-приемников могут обеспечить термостатирование на температурном уровне  $-130^{\circ}\text{C}$ , однако наиболее распространено охлаждение приемников до  $-90 \div -60^{\circ}\text{C}$ ; при этом потребляемая микроохладителями мощность изменяется от 1 до 10 Вт.

Конструкция охладителя ИК-приемника показана на рис. III—26. Двухкаскадная ТБ теплоизолирована сосудом Дьюара, который в верхней части имеет сапфировые окна, пропускающие инфракрасное излучение. ИК-приемник закреплен на холодном спае второго каскада. Теплоотводящая масса присоединена к термобатарее с помощью теплоконтактного перехода, выполненного из окиси бериллия. Тепло, выделяемое на горячих спаях, отводится охлаждающей водой.

Двухкаскадная ТБ охладителя мишени видикона (рис. III—27) выполнена в виде кольца. Мишень закрепляют на холодных спаях второго каскада. Термобатарею через теплоконтактный переход присоединяют к водяному теплообменнику, который одновременно выполняет роль антимагнитного кольца. Для этого он разделен электроизолирующей перегородкой.

Дроссельные микроохладители позволяют охлаждать приемник на  $200\text{—}250^{\circ}\text{C}$  с огромной скоростью (за 3—5 с). У таких микроохладителей мгновенная потребляемая мощность, рассчитанная по потере работоспособности холодильного агента — сжатого азота, измеряется киловаттами. Лучшие быстродействующие термоэлектрические микроохладители охлаждают приемники на  $80\text{—}90^{\circ}\text{C}$  за 5 с, но они потребляют мощность всего лишь 2—3 Вт. Характеристики одного из таких охладителей для различных нагрузок (теплоемкость объекта дана в виде массы в медном эквиваленте) приведены на рис. III—28. Межкаскадная схема коммутации — с разветвлением токов. Высота термоэлементов 1 мм. Масса медного теплоотвода 12 г, поверхность теплообмена  $\sim 6\text{ см}^2$ . Потребляемая мощность 2 Вт при токе 10 А.

### Термоэлектрические охлаждающие устройства для медицины

В медицине (в частности, в отоларингологии, косметологии, онкологии, общей и специальной хирургии) применяются миниатюрные криоинструменты. Такие инструменты замораживают или охлаждают до требуемой температуры участки органов и тканей, пораженные болезнями. При температуре охлаждающей воды  $20^{\circ}\text{C}$  температура инструмента может достигать  $-35^{\circ}\text{C}$ .

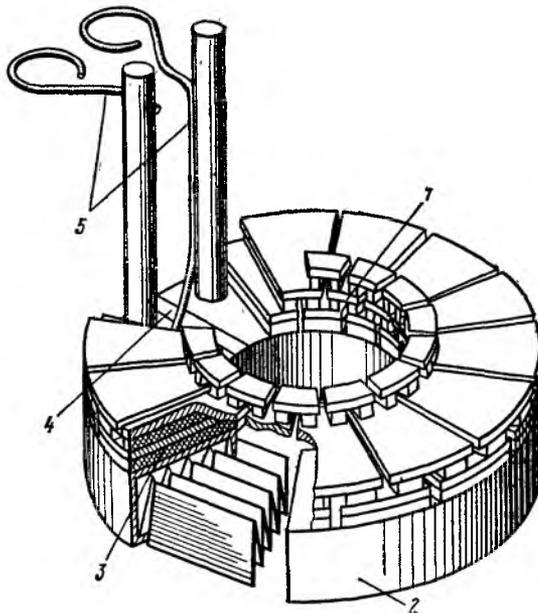


Рис. III-27. Охладитель видикона:

1 — двухкаскадная ТБ; 2 — теплоприемник — антимагнитное кольцо; 3 — теплоконтактные переходы; 4 — электроизолирующая перегородка; 5 — токоподводы.

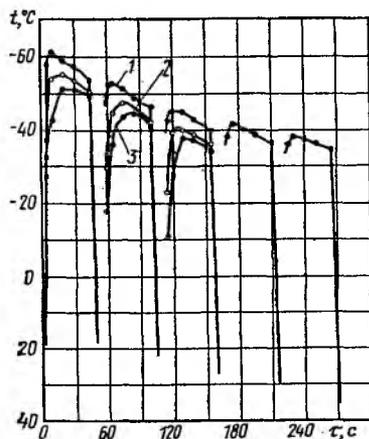


Рис. III-28. Динамические характеристики двухкаскадного микроохладителя:

1 — масса нагрузки, 0,01 г; 2 — 0,05 г; 3 — 0,1 г.

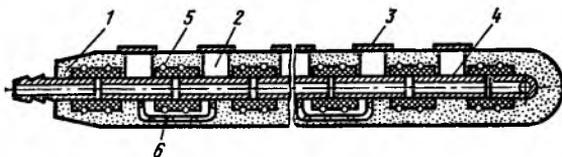


Рис. III-29. Схема охлаждающего элемента аппарата «Криопласт» в разрезе:

1 — гибкая электроизолирующая пластина; 2 — термоэлемент; 3 — коммутационные шипы; 4 — медные трубки; 5 — гибкая электроизоляционная муфта; 6 — гибкий электропровод.

Для охлаждения головного мозга при травмах черепа используют термоэлектрический аппарат «Гипотерм» (СКБ ФТИ АН АзССР). Тепловогодействующий элемент имеет форму шлема, на внутренней поверхности которого поддерживается температура от  $-20$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . С помощью гипер-гипотермического аппарата «Криопласт», разработанного той же организацией, можно стабильно поддерживать необходимую температуру на поверхности площадью  $49\text{ см}^2$  в диапазоне от  $-4$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  при наличии кровотока. Охлаждающий элемент этого аппарата (рис. III-29) имеет гибкую основу и гибкие соединения между термоэлементами, что позволяет придавать ему форму в соответствии с охлаждаемым или нагреваемым участком тела. Толщина исполнительного элемента составляет  $10-12\text{ мм}$ .

### Электропитание термоэлектрических охлаждающих устройств

Для электропитания ТБ используют источники постоянного тока (аккумуляторы, электрогенераторы постоянного тока, термогенераторы, топливные элементы, фотопреобразователи и т. д.), однако чаще приходится включать ТБ в одно- или трехфазную сеть переменного тока через электровыпрямляющий блок. В схему электровыпрямителя обычно входят: понижающий трансформатор, выпрямляющие вентили и электрофильтр, предназначенный для уменьшения пульсаций выпрямленного тока.

Величина остаточной пульсации зависит

от схемы выпрямления, числа фаз сети переменного тока, качества фильтра и электрических характеристик нагрузки. Пульсации тока, проходящего через ТБ, могут ухудшать температурные и энергетические характеристики ТОО. Коэффициент формы тока  $K_f$  (отношение действующего значения тока к среднему) учитывает влияние пульсации на добротность, электропроводность, термо-э.д.с. В первом приближении можно считать, что влияние пульсации эквивалентно снижению добротности в  $K_f^2$  раз.

При питании от однофазной сети через выпрямитель без электрофильтра минимальное значение коэффициента  $K_f = 1,11$ , что эквивалентно снижению добротности в  $1,23$  раза. Для температурных режимов, характеризующих работу термостатов и холодильников, приемлемым значением можно считать  $K_f = 1,02 \div 1,03$ . При подключении к однофазной сети пульсации сглаживаются до указанной величины, например, при использовании дросселя в качестве фильтра. При наличии трехфазной сети необходимости в фильтре нет, так как выпрямленный по одно- или двухполупериодной схемам ток обладает приемлемой величиной пульсации (менее 15%).

Выпрямитель, собранный на диодах, обеспечивает питание ТБ при фиксированном значении тока, оптимальном только для конкретного температурного режима. Выпрямитель можно собрать и на управляемых вентилях, которые при наличии соответствующих управляющих блоков позволяют осуществлять пропорциональное регулирование. Последние схемы позволяют пропорционально изменять ток в соответствии с изменением параметра (например, температуры выходящего из кондиционера воздуха) до значения оптимального для каждого режима и, кроме того, отключать питание ТБ по программе или в аварийных ситуациях.

Для электропитания ТОО можно применять регулируемые силовоточные выпрямители одно- или трехфазной сети, серийно выпускаемые промышленностью. Однако эти устройства обладают в силу своей универсальности значительными массо-габаритными показателями. Лучшие характеристики имеют блоки электропитания, специально разработанные и оптимизированные для конкретных ТОО. Например, в кондиционерах охлаждаемых водой, целесообразно использовать воду и для отвода тепла от выпрямляющих вентилях и трансформатора.

## ТРАНСПОРТНЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

### АВТОМОБИЛЬНЫЙ ХОЛОДИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Автомобильный холодильный транспорт используют для межобластных, междугородных, межрайонных и внутригородских перевозок скоропортящихся грузов. С его помощью доставляют все скоропортящиеся пищевые продукты в охлажденном и замороженном состоянии предприятиям торговли и общественного питания с пищевых предприятий и распределительных холодильников. В настоящее время в связи с развитием и совершенствованием сети шоссейных дорог, а также с увеличением грузоподъемности автомобилей, последние все больше используют для дальних межобластных, междугородных и международных перевозок с радиусом, достигающим нескольких тысяч километров. Автомобильным холодильным транспортом доставляют также фрукты и овощи, мясо, мясные, молочные и другие продукты из сельскохозяйственных районов в города и промышленные центры.

#### Основные типы средств автомобильного транспорта

Средства автомобильного холодильного транспорта делятся на два основных типа: изотермические автомобили с теплоизолированным кузовом, но без холодильной установки;

авторефрижераторы — изотермические автомобили с автономными холодильными установками.

При перевозке охлажденных или замороженных продуктов в *изотермических автомобилях* необходима низкая температура воздуха внутри кузова сохраняется за счет холода, аккумулированного самим грузом (при краткосрочных перевозках), или же с помощью дополнительных, загружаемых в кузов, источников холода в виде сухого льда, сосудов с водным льдом или эвтектическим раствором (зероторов).

Температура воздуха внутри кузова изотермического автомобиля не регулируется, колебания ее достаточно велики, поэтому изотермические автомобили используют главным образом для ближних краткосрочных перевозок.

При дальних перевозках замороженных продуктов в изотермических автомобилях наиболее часто в качестве источника холода ис-

пользуют сухой лед. Количество сухого льда, загружаемого вместе с замороженным продуктом в изотермический автомобиль, определяют в зависимости от продолжительности перевозки, чтобы предотвратить отепление и подтаивание продуктов. Из этих же условий определяют и необходимый запас холода в зероторах.

В изотермических автомобилях средней грузоподъемности при перевозках свежих скоропортящихся продуктов (фруктов, овощей и др.) зимой устанавливают специальные отопители, обогреваемые отходящими газами основного двигателя автомобиля.

*Авторефрижераторы* имеют автономные (самостоятельные) компрессионные холодильные машины (авторефрижераторы с механическим охлаждением) или другие охлаждающие системы, с запасом охлаждающего вещества (жидкого азота, сухого льда и др.) и с системой автоматического поддержания температуры в кузове в течение не менее 12 ч без дополнительной зарядки.

В ряде случаев, особенно для авторефрижераторов большой грузоподъемности, применяют универсальные автоматические установки, которые могут работать как холодильные летом и как нагревательные зимой. Если наружная температура ниже той, которую нужно поддерживать внутри кузова, система автоматики позволяет переключить холодильную установку на работу по обращенному циклу, При этом конденсатор становится испарителем, а испаритель конденсатором.

В зависимости от грузоподъемности и назначения средства автомобильного холодильного транспорта (авторефрижераторы и изотермические автомобили) подразделяют на следующие основные типы.

Малой грузоподъемности	(до 1 т включительно) для внутригородских перевозок грузов мелкими партиями
Средней грузоподъемности	(2—5 т) для внутриобластных и городских перевозок грузов крупными партиями
Большой грузоподъемности	(5—20 т) для междугородных, межобластных и международных перевозок массовых скоропортящихся грузов

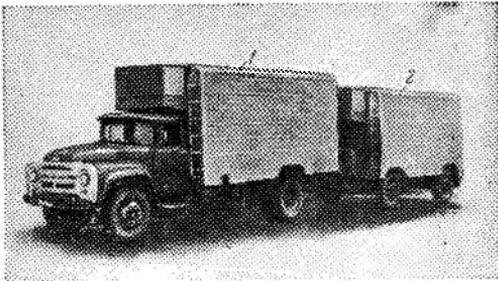


Рис. IV-1. Автопоезд, состоящий из авторефрижератора (1) и двухосного автоприцепа (2).

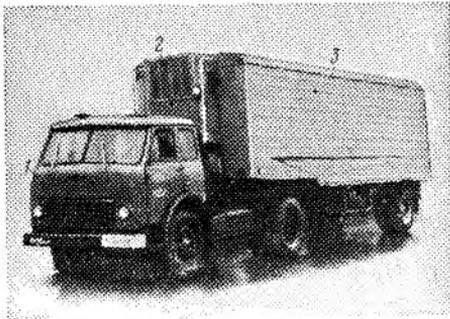


Рис. IV-2. Авторефрижератор Н-12Х с навесной холодильной установкой:

1 — тягач; 2 — навесная холодильная установка; 3 — теплоизолированный кузов

Средства автомобильного холодильного транспорта малой и средней грузоподъемности конструктивно выполняют обычно в виде единого автомобиля с изотермическим кузовом, расположенным на общем шасси с кабиной водителя и двигателем автомашины.

Средства большой, а иногда и средней грузоподъемности, выполняют в виде прицепа, когда изотермический кузов с автономной холодильной установкой размещен на самостоятельном шасси, двухосного автоприцепа (рис. IV-1) или в виде полуприцепа (рис. IV-2), когда изотермический кузов с холодильной установкой находится на отдельном одноосном шасси седельного типа.

«Соглашение по международным перевозкам скоропортящихся пищевых продуктов и по специальному оборудованию, применяе-

мому для таких перевозок»<sup>1</sup> предусматривает, что по своим теплоизоляционным свойствам транспортные средства могут быть:

с обычной изоляцией, у которых кузов имеет общий коэффициент теплопередачи

$$k < 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad [\sim 0,6 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{ч})]$$

с усиленной изоляцией, у которых

$$k < 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad [\sim 0,35 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{ч})]$$

В зависимости от назначения и поддерживаемой температуры внутри кузова ( $t_{\text{вн}}$ ) Соглашение предусматривает деление авторефрижераторов на следующие классы при средней наружной температуре  $t_{\text{н}} = 30^{\circ}\text{С}$ :

- A  $t_{\text{вн}} = 12 \div 0^{\circ}\text{С}$
- B  $t_{\text{вн}} = + 12 \div - 10^{\circ}\text{С}$ ;
- C  $t_{\text{вн}} = + 12 \div - 20^{\circ}\text{С}$ ;
- D  $t_{\text{вн}} \leq 2^{\circ}\text{С}$ ;
- E  $t_{\text{вн}} \leq - 10^{\circ}\text{С}$ ;
- F  $t_{\text{вн}} \leq - 20^{\circ}\text{С}$ ;

Авторефрижераторы классов А, В, С обеспечивают автоматическое поддержание любой заданной температуры в указанных пределах; авторефрижераторы классов D, E, F предназначены практически для поддержания одной постоянной указанной температуры.

Изотермические автомобили (с источником холода в виде водного льда с солью или без нее, зероторов с эвтектическим раствором, сухого льда или сжиженного газа и др.) в зависимости от способности при средней наружной температуре воздуха  $t_{\text{н}} = 30^{\circ}\text{С}$  снизить температуру внутри пустого кузова до  $t_{\text{вн}}$  и поддерживать указанную температуру в течение не менее 12 ч (без дополнительной зарядки) делятся на следующие классы:

- A  $t_{\text{вн}} = 7^{\circ}\text{С}$ ;
- B  $t_{\text{вн}} = - 10^{\circ}\text{С}$ ;
- C  $t_{\text{вн}} = - 20^{\circ}\text{С}$

<sup>1</sup> В 1971 г. Советский Союз присоединился к Соглашению по международным перевозкам скоропортящихся пищевых продуктов и по специальному оборудованию, применяемому для таких перевозок, разработанному Комитетом по внутреннему транспорту Экономической комиссии ООН для Европы.

Транспортные средства классов В, С, Е и F должны иметь усиленную теплоизоляцию, классов А и D могут иметь обычную теплоизоляцию [ $k < 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ].

Обогреваемые изотермические автомобили, оснащенные нагревательным устройством, которое способно повысить температуру воздуха внутри пустого кузова до определенного предела и поддерживать ее не менее 12 ч практически постоянной на уровне не ниже  $12^\circ\text{C}$ ,

делятся на классы в зависимости от средней температуры наружного воздуха  $t_{\text{н}}$ :

- А  $t_{\text{н}} = -10^\circ\text{C}$ ;  
В  $t_{\text{н}} = -20^\circ\text{C}$ .

Коэффициент теплопередачи кузовов обогреваемых автомобилей класса В должен быть не более  $0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Основные типы изотермических автомобилей и авторефрижераторов, используемых в СССР, а также их основные характеристики приведены в табл. IV—1.

Таблица IV—1

Характеристики изотермических автомобилей и авторефрижераторов

Модель автомобиля	Грузоподъемность, т	Основное назначение и интервал обеспечиваемых температур, $^\circ\text{C}$	Система охлаждения
<b>Изотермические автомобили</b>			
НИСА-521С	0,55	Внутригородские перевозки мелких партий охлажденных и замороженных продуктов	В передней части расположен контейнер для сухого льда (50 кг)
ЕрАз-762И	0,8	То же	—
ГЗСА-950	3,25	Внутригородские и межрайонные перевозки охлажденных и замороженных продуктов	—
<b>Авторефрижераторы</b>			
ЛуМз-946	0,6	Внутригородские перевозки мелких партий охлажденных грузов с поддержанием температур от $-2$ до $+4$	Машинно-аккумуляционная система охлаждения, поддерживающая указанный интервал температур внутри кузова около 10 ч при ежесуточной зарядке от стационарной электросистемы
ЛуМз-853Б	2,5	Внутригородские и межрайонные перевозки охлажденных и замороженных продуктов с автоматическим поддержанием температуры от $-15$ до $+4$	Встроенная холодильная фреоновая установка с автономным приводом
ЛуМз-890Б (двухосный прицеп)	3,5	То же	То же
ЧАР-51А	1,5	От $-18$ до $+4$	Навесная фреоновая холодильная установка с автономным приводом
Н-7Х (полуприцеп)	7,0	От $-18$ до $+5$	Встроенная фреоновая холодильная установка
Н-10Х	10,0	От $-18$ до $+5$	То же
Н-12Х	12,0	От $-20$ до $+12$	Навесная фреоновая холодильно-отопительная установка

## Конструкции изотермических кузовов

Основные части кузова: каркас, внутренняя и наружная обшивки и находящийся между ними теплоизоляционный материал.

*Каркас кузова* при движении испытывает большие механические нагрузки, вызываемые вибрацией, толчками и перекашиванием, поэтому к его прочности и долговечности предъявляют повышенные требования. Кроме того, для обеспечения высоких эксплуатационных и теплоизоляционных свойств, необходимо чтобы соединения элементов кузова не создавали тепловых мостиков, масса его была незначительна, а уплотнение дверей обладало максимально возможной плотностью.

Изотермические кузова обычно имеют деревянно-металлическую (смешанную) или облегченную цельнометаллическую конструкцию. В последнем случае наружная металлическая обшивка является несущей, а внутренняя обшивка крепится к промежуточным деталям из дерева, пластмассы и других материалов с малым коэффициентом теплопроводности.

*Наружную обшивку* кузова обычно делают из декапированной стали толщиной 0,8—1,0 мм или алюминиевого листа; *внутреннюю* — из листовой оцинкованной стали толщиной 0,4—0,7 мм с соединениями в замок и с пропайкой швов (иногда обшивку делают из бакелитовой фанеры).

Для предохранения внутренней обшивки стен и пола от механических повреждений вдоль стен и на полу устанавливают съемные решетки из дерева, пластмассы или легкого металла. В ряде случаев для обеспечения зазора между стенками кузова и продуктом внутреннюю металлическую облицовку делают с выступами или зигами. Для повышения плотности соединения при стыковке обшивки (внахлестку) стыки промазывают специальными герметиками (эпоксидная шпаклевка с отвердителем полиэтиленполиамином). В кузовах большой длины (более 6 м) настил пола выполняют из легких металлических профилей, каналы между которыми позволяют обеспечивать необходимую циркуляцию воздуха по всему объему загруженного кузова.

Под потолком кузова (в случае необходимости) размещают подвесные пути для подвески мясных туш. Между подвесными путями располагают легкие каналы из плотной ткани, по которым нагнетается холодный воздух от воздухоохладителя, размещенного обычно в передней части кузова.

С развитием производства пластмасс металлические элементы конструкции кузова все чаще заменяют пластмассовыми, которые имеют меньшую массу, незначительную теп-

лопроводность и не уступают металлическим элементам по прочности.

Оптимальным современным решением является кузов типа «Сэндвич», целиком изготовленный из пластмассы. Благодаря специальной технологии вспенивания теплоизоляционного материала между наружной и внутренней обшивками он весьма прочно соединяется с ними и вся конструкция представляет собой единый прочный монолит.

Двери обычно располагаются в задней торцевой стене. Их выполняют двухстворчатыми во всю ширину кузова для удобства погрузки и выгрузки продуктов и максимального использования внутреннего объема. Двери имеют пружинные или самозатягивающиеся затворы.

Иногда при перевозках различных продуктов мелкими партиями несколькими заказчиками, а также в кузовах большой длины, для удобства погрузочно-разгрузочных работ предусматривают дополнительную боковую дверь, обычно с правой стороны по ходу кузова, которая либо выполняется откидной, либо отодвигается по специальным направляющим вдоль кузова.

Иногда применяют двойные двери или делают кузов с несколькими камерами, каждая из которых имеет дверь-люк небольшого размера.

*Теплоизоляционный материал* кузова должен обладать минимальной теплопроводностью при незначительной массе и достаточной прочности.

Толщина теплоизоляционного слоя определяется назначением кузова (классом автофрижидатора) и обычно находится в пределах 50—200 мм в зависимости от коэффициента теплопроводности материала.

Ранее теплоизоляцию кузова часто выполняли из алюминиевой фольги (альфоль) толщиной 0,01—0,015 мм. Фольгу укладывали слоями с воздушными прослойками 7—10 мм. Основное достоинство теплоизоляции из фольги — малая плотность (6—8 кг/м<sup>3</sup>). Недостаток — малая устойчивость против коррозии и малая механическая прочность.

В последние годы в качестве теплоизоляции для изотермических кузовов применяют пеноматериалы на различной основе с небольшой плотностью и низким коэффициентом теплопроводности. При длительной эксплуатации пеноматериалы мало меняют теплоизоляционные свойства.

Пеноматериалы в виде плит различной толщины (обычно не менее чем в два слоя с перекрытием «швов») укладывают между обшивками кузова. Наилучший результат получают при вспенивании пеноматериалов непосредственно внутри конструкции кузова.

В табл. IV—2 приведены основные тепло-

Основные теплофизические свойства теплоизоляционных материалов

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Коэффициент паропроницаемости, г/(ч·м·Па)
Пенопласт ФРП-1 (заливной)	40—60	0,041	$75 \times 10^{-6}$
Пенополистирол ПС-4	60—80	0,046—0,058	$19 \times 10^{-6}$
Пенополистирол ПС-Б	20—30	0,041	$11 \times 10^{-6}$
Жесткий пенополиуретан ППУ-3	40—50	0,032—0,035	$15 \times 10^{-6}$

физические свойства теплоизоляционных материалов, наиболее часто применяемых для холодильного автотранспорта.

На рис. IV—3 показан вариант соединения наружной и внутренней обшивок кузова, применяемый в изотермических автофургонах, выпускаемых Ереванским автозаводом.

Внутренняя обшивка из листового алюминия толщиной 1,2 мм, имеющая горизонтальные зиги жесткости, соединяется с наружной обшивкой через бруски из пенопласта ПС-1. Последние связаны с боковиной с помощью скобы-зажима из листовой стали толщиной 0,9 мм.

К брускам внутренняя обшивка притягивается самонарезными винтами. Отверстия под винты промазывают герметиком, который также удерживает винт от самопроизвольного вывертывания. Пространство между обшивками заливают посекционно пенопластом ФРП-1 через специальные заливочные отверстия. После заливки все отверстия закрывают крышками на герметике и промазывают эпоксидной шпаклевкой.

Коэффициент теплопередачи кузова равен  $0,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  при рабочих условиях  $t_{\text{вн}} = 2^\circ\text{C}$  и  $t_{\text{н}} = 30^\circ\text{C}$ .

### Тепловые расчеты изотермических кузовов

Общее уравнение теплового баланса изотермического кузова авторефрижератора

$$Q_0 = N_{\text{вент}} + Q_{\text{н}} + Q_{\text{ак}} + Q_{\text{а.п}} + Q_{\text{п}},$$

где  $Q_0$  — тепло, поглощаемое источником холода или отдаваемое источником тепла, Вт;

$N_{\text{вент}}$  — тепло, выделяемое вентиляторами внутри кузова, Вт;

$Q_{\text{н}}$  — теплопритоки из окружающей среды, Вт;

$$Q_{\text{н}} = 1,1 (Q_{\text{ог}} + Q_{\text{с}} + Q_{\text{и}} + Q_{\text{дв}}),$$

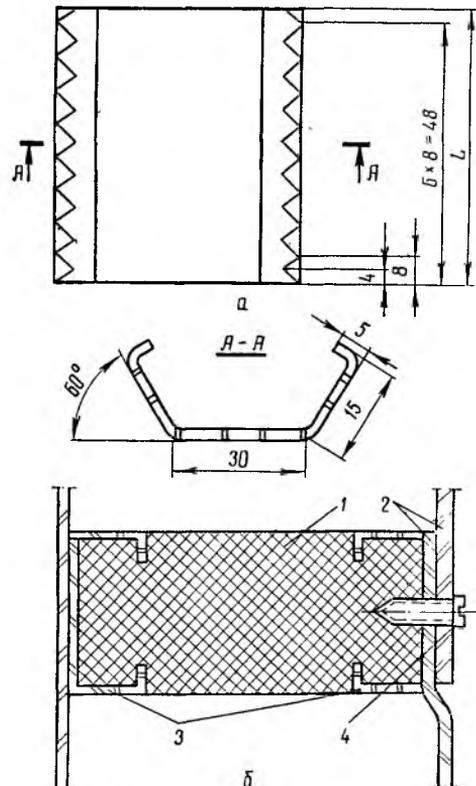


Рис. IV-3. Соединение наружной и внутренней обшивок кузова:

а — скоба-зжим; б — узел соединения; 1 — брусок из пенопласта ПС-1; 2 — внутренняя обшивка; 3 — скоба-зжим; 4 — винт самонарезной.

1,1 — коэффициент, учитывающий непредвиденные потери;  
 $Q_{ог}$  — теплопотери через ограждения кузова, Вт;

$$Q_{ог} = k F_{ср} (t_{н} - t_{вн}),$$

$k$  — общий коэффициент теплопередачи кузова, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F_{ср}$  — средняя площадь поверхности ограждений кузова, м<sup>2</sup>;

$$F_{ср} = \sqrt{F_{н} F_{вн}},$$

$F_{н}$  — площадь наружной поверхности кузова, м<sup>2</sup>;

$F_{вн}$  — площадь внутренней поверхности кузова, м<sup>2</sup>;

$t_{н}$  — средняя наружная температура, °С;

$t_{вн}$  — средняя внутренняя температура, °С;

$Q_{с}$  — потери холода от воздействия солнечной радиации, Вт;

$$Q_{с} = 0,5 k F_{н} \Delta t_{с} \frac{\tau_{с}}{24},$$

$\Delta t_{с}$  — превышение температуры наружной поверхности кузова над температурой окружающей среды при солнечной радиации, °С;

$\tau_{с}$  — длительность солнечной радиации, ч/сутки;

$Q_{и}$  — потери холода вследствие инфильтрации воздуха, Вт;

$$Q_{и} = \frac{n V_{куз}}{3,6} (i_{н} - i_{вн}) \rho,$$

$n$  — коэффициент, указывающий какая доля объема воздуха в кузове сменяется за 1 ч (зависит от плотности кузова и определяется экспериментально. Ориентировочно  $n = 0,8$ );

$V_{куз}$  — внутренний объем кузова, м<sup>3</sup>;

$i_{н}$  и  $i_{вн}$  — энтальпии воздуха снаружи и внутри кузова, кДж/кг;

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

$Q_{дв}$  — расход холода при открывании дверей, Вт;

$$Q_{дв} = q_{дв} (t_{н} - t_{вн}) \frac{\tau_{дв}}{60 \tau_{р}},$$

$q_{дв}$  — удельный расход холода при открывании дверей (рис. IV—4), Вт/К;

$\tau_{дв}$  — длительность нахождения двери открытой, мин;

$\tau_{р}$  — длительность рейса, ч;

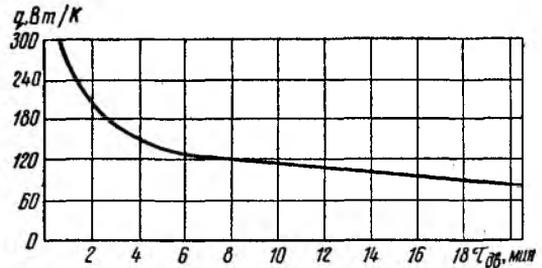


Рис. IV-4. Удельный расход холода на открывание дверей в зависимости от продолжительности открывания  $\tau$ .

$Q_{ак}$  — тепло, аккумулируемое теплоизоляцией и каркасом кузова при его охлаждении на  $\Delta t$  (°С) за время  $\Delta \tau$  (ч);

$$Q_{ак} = W_{к} \frac{\Delta t}{7,2 \Delta \tau},$$

$W_{к}$  — водяной эквивалент изоляции, кДж/К;

$$W_{к} = \sum (G_{к} c_{к}),$$

$G_{к}$  — масса изоляционного материала или элемента каркаса, кг;

$c_{к}$  — удельная теплоемкость соответствующего материала, кДж/(кг·К).

$Q_{а.п}$  — тепло, аккумулируемое пищевыми продуктами и упаковкой при изменении температуры  $\Delta t$  (°С) за время  $\Delta \tau$  (ч);

$$Q_{а.п} = G_{п} c_{п} \frac{\Delta t}{3,6 \Delta \tau},$$

$G_{п}$  — масса продукта, кг;

$c_{п}$  — удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К);

$Q_{п}$  — тепло, выделяемое пищевыми продуктами (дыхание, ферментация и т. д.), Вт;

$$Q_{п} = 10^{-3} G_{п} q,$$

$q$  — тепло, выделяемое единицей массы продукта в единицу времени (оно зависит от температуры  $t_{вн}$ , которая меняется с изменением времени  $\tau$ , Вт/т).

При определении величины  $Q_{п}$  можно пользоваться приблизительными величинами  $q$  (Вт/т), помещенными в табл. IV—3.

В практических расчетах при определении холодопроизводительности установки, дли-

Таблица IV—3

Тепло, выделяемое продуктом  $q$ , Вт/т

Продукт	Температура, °С		
	0	5	10
Апельсины	10,5	18,6	35
Виноград	9,2	24,5	36
Груши	19,7	46,5	62,5
Зеленый горошек	104	188	265
Земляника	53,5	92	174
Капуста цветная	62,5	78	138
Капуста белокочанная	32,5	50,5	77
Картофель	19,7	24,5	25,5
Лимоны	9,2	19,7	32,5
Малина	92	166	290
Огурцы	19,7	33,5	60
Персики	18,6	40,5	92
Салат	38	51	102
Сливы	2,8	65	126
Томаты	17,5	26,7	40,5
Фасоль	80	92	183
Черешня, вишня	22	53	107
Шпинат	82	198	300
Яблоки	18,6	31,5	60
Сыр	73	96	133

тельности охлаждения или запаса охлаждающего вещества (льда сухого или водного, жидкого азота и др.) считают:

$$Q_{ак} = W_k \frac{t_n - t_{вн}}{7,2 \tau_p},$$

где  $\tau_p$  — продолжительность рейса, ч.

### Испытания изотермических кузовов

Испытания кузовов проводят в соответствии с существующими правилами для установления теплоизоляционных свойств кузова, характеризующих общим коэффициентом теплопередачи, а также герметичности кузова.

Величину  $k$  определяют экспериментально двумя методами: при стационарном и нестационарном тепловых режимах.

#### Определение коэффициента теплопередачи кузова при стационарном тепловом режиме

Испытания при стационарном тепловом режиме проводят методом внутреннего нагрева или внутреннего охлаждения.

В обоих случаях

$$k = \frac{Q}{F_{ср} \theta}, \quad (IV-1)$$

где  $k$  — коэффициент теплопередачи кузова, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$Q$  — тепловой поток, Вт;

$F_{ср}$  — средняя площадь поверхности ограждения, м<sup>2</sup>;

$\theta$  — разность температур воздуха снаружи и внутри кузова, °С;  $\theta = t_n - t_{вн}$ .

Среднюю площадь поверхности ограждений вычисляют по формуле  $F_{ср} = \sqrt{F_n F_{вн}}$ , где  $F_n$  и  $F_{вн}$  определяют с учетом скруглений, выступов и т. п. В том случае, если поверхность ограждений покрыта гофрированным материалом, принимают площадь поверхности, касательной к гофрам, а не площадь развернутой гофрированной поверхности.

При определении  $t_n$  и  $t_{вн}$  термометры (термомпары) обычно располагают на расстоянии 100 мм от ограждений в центре шести основных поверхностей и в каждом из восьми углов кузова. При приближенном определении  $k$  можно измерять температуру только в центре каждой из шести ограждающих поверхностей. Средней температурой является среднее арифметическое значение из всех измерений.

Обычно  $k$  выражают в виде функции

$$k = f(t_{ср}),$$

где  $t_{ср}$  — средняя температура поверхности ограждений;

$$t_{ср} = \frac{t_n + t_{вн}}{2}.$$

**Основные условия проведения испытаний.** Испытываемый кузов устанавливают в помещении (туннель), где температура, относительная влажность и скорость циркуляции воздуха поддерживаются постоянными.

Помещение должно иметь оборудование, позволяющее регулировать температуру в нем в зависимости от режима, принятого для опыта.

Скорость воздуха в помещении (снаружи транспортного средства) должна по возможности соответствовать скорости воздуха при нормальном ходе машины и не менее 1—2 м/с на расстоянии 100 мм от поверхностей кузова, параллельных потоку воздуха.

Циркуляция воздуха внутри кузова не должна быть слишком интенсивной. Разница между температурами воздуха в различных точках внутри кузова не должна превышать 3°С.

Режим считается стационарным, если в течение 12 ч (измерения через каждые 15 мин) колебания температуры снаружи и внутри кузова не превышают  $\pm 0,5^\circ\text{С}$ , а значения

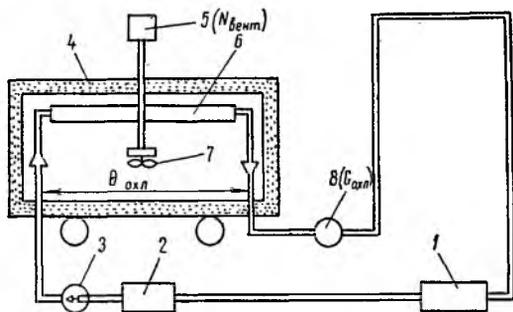


Рис. IV-5. Стенд для испытаний изотермических кузовов по методу внутреннего охлаждения с помощью хладоносителя:

1 — холодильный агрегат; 2 — регулятор температуры; 3 — насос; 4 — кузов; 5 — ваттметр; 6 — теплообменник; 7 — вентилятор; 8 — расходомер.

мощности отличаются друг от друга не более чем на 3%.

**Метод внутреннего охлаждения.** При испытаниях кузова методом внутреннего охлаждения внутри него поддерживают более низкую температуру, чем снаружи. Преимущество этого метода — совпадение направления теплового потока при испытаниях и при обычной эксплуатации.

Для охлаждения используют заранее протарированную холодильную установку или другой источник холода, позволяющий при стационарном режиме определять его холодопроизводительность с достаточной точностью.

Принципиальная схема испытаний по методу внутреннего охлаждения с использованием хладоносителя показана на рис. IV-5.

Количество тепла (Вт), отводимое охладителем в кузове, определяют по формуле

$$Q_{\text{охл}} = G_{\text{хлад}} c_{\text{хлад}} \Delta t_{\text{хлад}}, \quad (\text{IV}-2)$$

где  $G_{\text{хлад}}$  — расход хладоносителя, кг/с;  
 $c_{\text{хлад}}$  — теплоемкость хладоносителя, Дж/(кг · К);  
 $\Delta t_{\text{хлад}}$  — изменение температуры хладоносителя, °С.

Тепловой поток (Вт) через ограждения кузова

$$Q = Q_{\text{охл}} - N_{\text{вент}}, \quad (\text{IV}-3)$$

где  $N_{\text{вент}}$  — мощность вентилятора, осушающего циркуляцию воздуха внутри кузова, Вт.

Внутри кузова располагают испаритель и регулирующий вентиль, остальные элементы холодильной машины находятся снаружи.

Для более точного поддержания необходимого температурного режима внутри кузо-

ва также помещают электронагреватель, мощность которого  $N_{\text{гр}}$  вместе с мощностью вентилятора  $N_{\text{вент}}$  является дополнительной тепловой нагрузкой и может быть измерена одним ваттметром.

Тепловой поток (Вт) через ограждения кузова определяют по формуле

$$Q = G_a \Delta t_{\text{исп}} - N_{\text{гр}} - N_{\text{вент}}, \quad (\text{IV}-4)$$

где  $G_a$  — расход холодильного агента (определяют заранее протарированным ротаметром или по тепловому балансу конденсатора), кг/с;

$\Delta t_{\text{исп}}$  — разность энтальпий холодильного агента на входе в испаритель и на выходе из него, Дж/кг.

Возможно также испытание изотермического кузова методом внутреннего охлаждения за счет изменения агрегатного состояния вещества (источник холода), загруженного в кузов. Схема этого способа приведена на рис. IV-6.

Тепловой поток (Вт), проходящий через ограждения кузова

$$Q = G_a (\Delta i_a + c_a \Delta t_a), \quad (\text{IV}-5)$$

где  $G_a$  — расход охлаждающего вещества, кг/с;

$\Delta i_a$  — разность энтальпий вещества при изменении агрегатного состояния, Дж/кг;

$c_a$  — теплоемкость вещества при его дополнительном нагреве на  $\Delta t_a$ , Дж/(кг · К).

При испытаниях таким способом важно, чтобы расход охлаждающего вещества был постоянным и измерялся с достаточной точ-

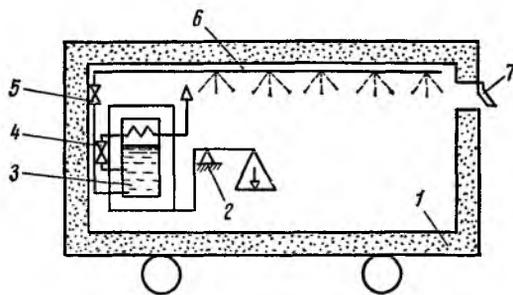


Рис. IV-6. Стенд для испытаний изотермических кузовов по методу внутреннего охлаждения за счет изменения агрегатного состояния холодильного агента в открытом цикле: 1 — испытываемый кузов; 2 — весы с дистанционным отсчетом показаний; 3 — сосуд с сжиженным газом; 4 — регулятор давления; 5 — автоматический регулирующий вентиль; 6 — распылительный коллектор; 7 — выхлопной клапан.

ностью. Поэтому удобнее использовать не твердое вещество (сухой или водный лед), а жидкое, переходящее в пар, например ожигенный азот или углекислый газ.

**Метод внутреннего нагрева.** Такой способ технически наиболее прост и поэтому наиболее широко применяется на практике.

Внутри испытываемого кузова устанавливают нагреватель, с помощью которого температура воздуха в кузове поддерживается на 20—30° С выше наружной. Обычно проводят несколько опытов, задавая наружными и внутренними температурами так, чтобы значения средней температуры ограждений кузова были в диапазоне от 15 до 35° С.

В качестве нагревателя обычно применяют электрогрелку, однако можно использовать также водяной или паровой нагреватель.

В первом случае тепловой поток (Вт), проходящий через ограждения кузова

$$Q = N_{гр} + N_{вент}. \quad (IV-6)$$

При обогреве с помощью горячей воды тепловой поток (Вт)

$$Q = G_{вд} c_{вд} \Delta t_{вд} + N_{вент}, \quad (IV-7)$$

где  $G_{вд}$  — расход горячей воды, кг/с;  
 $c_{вд}$  — теплоемкость воды, Дж/(кг·К);  
 $\Delta t_{вд}$  — разность температур воды на входе и выходе из теплообменника, °С.

Осуществление обогрева с помощью циркулирующей горячей жидкости более сложно, а испытание дает менее точные результаты по сравнению с испытанием с использованием электронагревателя.

### *Определение коэффициента теплопередачи кузова при нестационарном тепловом режиме*

Этот способ позволяет значительно (в 2—3 раза) сократить время, требуемое для определения коэффициента теплопередачи изолированного кузова, поскольку отпадает необходимость в выполнении условия  $t_{вн} = \text{const}$ . Условия получения практически достоверных результатов — постоянство мощности источника нагрева (или охлаждения) внутри кузова  $N_{гр}$  и наружной температуры  $t_{н}$ .

Тепловой режим должен достичь состояния, обеспечивающего линейный градиент температур в ограждении.

При этом можно считать, что:

все элементы кузова массой  $G_1$ , находящиеся внутри него (внутренняя обшивка, ограждения стен и пола, крюки и др.), имеют температуру  $t_{вн}$ ;

все элементы кузова, находящиеся снаружи (наружная обшивка, шасси и др.), имеют температуру  $t_{н}$ ;

изменение средней температуры  $t_{нз}$  массы теплоизоляционного слоя  $G_2$  вдвое меньше изменения средней температуры  $t_{вн}$ .

При этих условиях с изменением внутренней температуры в единицу времени на величину  $\Delta t_{вн}$  количество аккумулированного тепла

$$Q_{ак} = G_1 c_1 \Delta t_{вн} + 0,5 G_2 c_2 \Delta t_{вн}, \quad (IV-8)$$

где  $c_1$  и  $c_2$  — соответственно средняя удельная теплоемкость элементов, находящихся внутри кузова и теплоизоляционного слоя.

Сумма  $G_1 c_1 + 0,5 G_2 c_2 = W_{куз}$  является водяным эквивалентом массы кузова, аккумулирующим тепло при нестационарном режиме, т. е.

$$Q_{ак} = W_{куз} \Delta t_{вн}.$$

Общий тепловой поток при нестационарном режиме, соответствующий коэффициенту теплопередачи  $k_s$ , выражается формулой

$$Q = Q_0 + Q_{ак}, \quad (IV-9)$$

где  $Q_0$  — количество тепла, проходящее через среднюю поверхность  $F_{ср}$  испытываемого объекта, при коэффициенте теплопередачи  $k$ , т. е.

$$Q = k_s F_{ср} (t_{вн} - t_{н}); \quad Q_0 = k F_{ср} (t_{вн} - t_{н}).$$

Принимая изменение внутренней температуры  $t_{вн}$  за время  $d\tau$  равным  $dt_{вн}$ , величину аккумулированного в единицу времени тепла можно выразить следующим образом:

$$Q_{ак} = W_{куз} \frac{dt_{вн}}{d\tau}$$

или

$$k_s = k + \frac{W_{куз}}{F_{ср} (t_{вн} - t_{н})} \cdot \frac{dt_{вн}}{d\tau}; \quad (IV-10)$$

при стационарном режиме

$$\frac{dt_{вн}}{d\tau} = 0 \quad \text{и} \quad k_s = k.$$

Для определения действительной величины  $k$  при нестационарном режиме по данным испытаний строят графики:  $t_{вн} = \varphi(\tau)$ , изображенный на рис. IV-5, а и  $k_s = f(\tau)$  — на рис. IV-5, б.

$$\frac{dt_{вн}}{d\tau} = tg \alpha$$

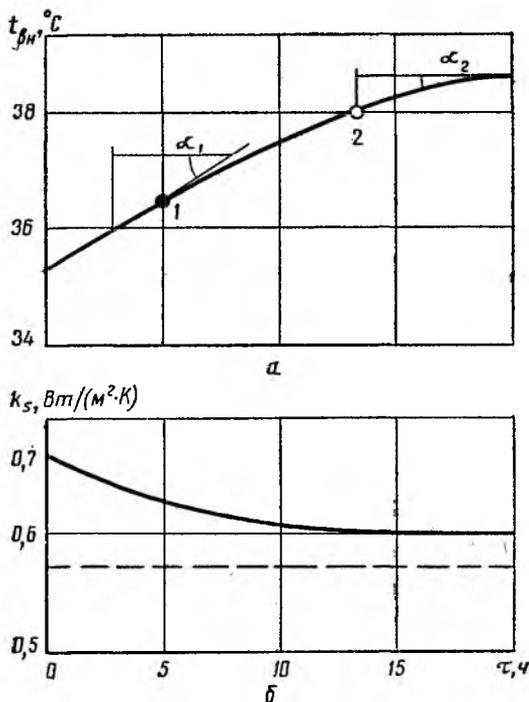


Рис. IV-7. Изменение внутренней температуры (а) и коэффициента теплопередачи (б) при нестационарном режиме.

Найдя по графику (рис. IV-7,а) величину  $\frac{dt_{вн}}{d\tau} = tg\alpha$  и в этот же момент времени по рис. IV-7,б — величину  $k_s$ , можно определить значение коэффициента теплопередачи

$$k = k_s - \frac{W_{куз}}{F_{ср}(t_{вн} - t_{н})} \left( \frac{dt_{вн}}{d\tau} \right). \quad (IV-11)$$

Данный способ испытаний при нестационарном режиме можно применять как при внутреннем нагреве, так и при охлаждении, вводя в формулы члены с соответствующими знаками.

Величину  $\frac{dt_{вн}}{d\tau}$  определяют графически с особой тщательностью.

При легкой конструкции кузова общая длительность испытаний таким способом составляет не более 12 ч.

## Определение герметичности кузова

Основные причины, вызывающие миграцию воздуха через ограждающие поверхности кузова:

разница в температуре и плотности воздуха внутри и снаружи кузова обуславливает соответствующую разность давлений;

наличие скоростного напора и ветрового давления при движении определяет разницу в давлении на стены с наветренной и с подветренной стороны; так, при скорости 40 км/ч разность давлений составляет 73,6 Па (7,5 мм вод. ст.);

перемещение машины с переменной скоростью вызывает разницу в давлениях внутри кузова на переднюю и заднюю стенки, которая, являясь функцией ускорения, может оказывать влияние в 4—5 раз больше, чем влияние наружного воздуха;

вибрация кузова при движении, обусловленная сотрясениями и деформацией, вызывает пульсацию воздуха.

Первые две причины миграции воздуха могут быть изучены в лабораторных условиях, а последние — только в пути.

Применяют следующие основные методы испытаний кузова на герметичность: проба дымом; под давлением; с помощью меченых атомов; имитация эффекта местного повышения наружного давления. Указанные методы испытаний не обеспечивают точного определения величины утечек воздуха из кузова при нормальной эксплуатации, но помогают составить тепловой баланс установки.

Наиболее распространены первые два метода испытаний.

*Проба дымом* устанавливает основные места утечки в изотермических конструкциях с их фиксацией путем фотографирования.

В качестве генератора дыма внутри кузова обычно используют дымовую шашку; избыточное давление 98—147 Па (10—15 мм вод. ст.) создается центробежным вентилятором, присоединяемым к кузову вентиляционной трубой, проникающей в кузов через тщательно герметизированное отверстие в дверях или в одной из стен.

Метод очень прост, легко осуществим и применяется как экспресс-метод при промышленном выпуске машин.

*Испытание кузова под давлением* позволяет установить его герметичность с определением общей величины утечек. Метод предусматривает измерение расхода воздуха, поступающего в кузов при поддержании постоянной разности давлений внутри и снаружи кузова.

## Системы охлаждения авторефрижераторов

В зависимости от назначения (класса) авторефрижератора выбирают соответствующую охлаждающую систему.

Наиболее распространенными являются системы охлаждения: машинная, машинно-аккумуляционная; с помощью сухого льда; с помощью сжиженных газов (азота, воздуха и др.).

Машинное охлаждение применяют в авторефрижераторах различной грузоподъемности для поддержания заданных температур в широком диапазоне (от  $+12$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ ). Наиболее распространены фреоновые холодильные машины с компрессорами открытого типа, имеющими непосредственный (через муфту) привод от автономного двигателя внутреннего сгорания.

В ряде случаев привод делают двойным, т. е. на стоянках компрессор приводится в действие электродвигателем, питаемым от стационарной электросети.

В авторефрижераторах малой и средней грузоподъемности в ряде случаев компрессор имеет гидропривод от основного двигателя автомобиля.

В последние годы все большее распространение получают транспортные холодильные установки для авторефрижераторов большой грузоподъемности с бессальниковыми компрессорами, питаемыми электроэнергией от автономных дизель-генераторных агрегатов.

Конденсатор в этих установках всегда ребристый с воздушным охлаждением. Испаритель выполняют в виде воздухоохлаждителя, который непосредственно примыкает к охлаждаемому объему. Одна из возможных схем машины показана на рис. IV—8.

Воздушный конденсатор в ряде случаев имеет автоматически управляемые жалюзи, регулирующие поступление воздуха в зависимости от температуры наружного воздуха. Оттаивание воздухоохлаждителя может осуществляться по команде реле разности давлений в зависимости от падения давления воздушного потока, обусловленного обмерзанием теплопередающей поверхности. Поверхность может обогреваться специальным электронагревателем или же переключением на работу по обращенному циклу.

Преимуществами системы машинного охлаждения являются ее полная автономность, неограниченная<sup>1</sup> продолжительность ра-

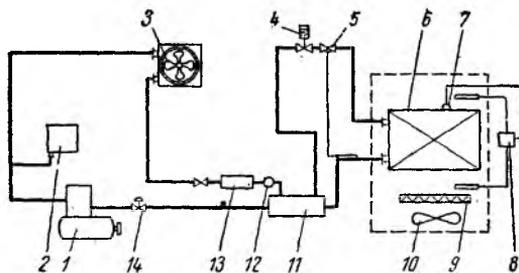


Рис. IV-8. Фреоновая холодильная машина авторефрижератора:

1 — компрессор; 2 — реле высокого давления; 3 — конденсатор воздушного охлаждения; 4 — соленоидный вентиль; 5 — терморегулирующий вентиль; 6 — воздухоохлаждитель; 7 — термореле конца цикла оттаивания; 8 — реле разности давлений; 9 — электронагреватель; 10 — вентилятор; 11 — регенеративный теплообменник; 12 — индикатор влажности и полноты заполнения установки холодильным агентом; 13 — фильтр-осушитель; 14 — регулятор давления всасывания.

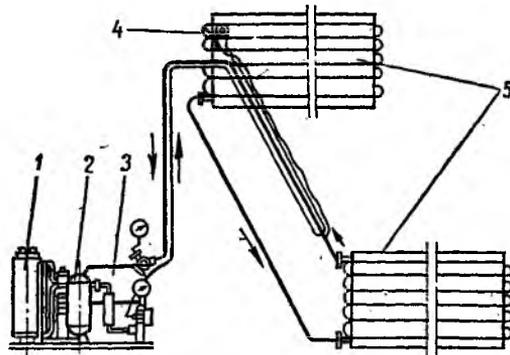


Рис. IV-9. Схема машинно-аккумуляционной охлаждающей системы:

1 — конденсатор воздушного охлаждения; 2 — ресивер; 3 — компрессор; 4 — терморегулирующий вентиль; 5 — испарители-аккумуляторы.

боты, универсальность; недостатками — сравнительная сложность и необходимость высококвалифицированного периодического обслуживания.

Машинно-аккумуляционное охлаждение применяют обычно в авторефрижераторах малой и средней грузоподъемности.

Схема такой системы показана на рис. IV—9.

Холодильный агрегат, состоящий из воздушного конденсатора, ресивера и герметичного или бессальникового компрессора устанавливают обычно под кузовом или в кабине водите-

<sup>1</sup> Продолжительность работы зависит от запаса горючего.

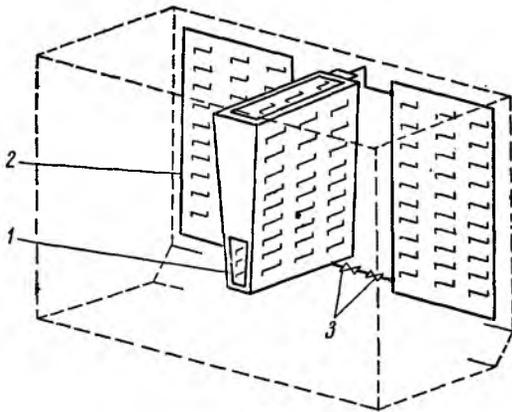


Рис. IV-10. Схема охлаждения с помощью сухого льда при регулировании температуры воздуха:

1 — бункер для сухого льда; 2 — охлаждающие плиты в кузове; 3 — соленоидные вентили.

ля автомобиля. Испарители-аккумуляторы представляют собой металлические плиты, заполненные эвтектическим раствором. Внутри плиты находится также змеевик — испаритель холодильной машины. Во время стоянки машины (обычно ночью) холодильный агрегат подключают к стационарной электросети и производят замораживание эвтектического раствора в плитах — аккумулялирование холода. Днем при движении автомобиля компрессор не работает, а саккумуляированный в плитах холод расходуется на поглощение теплотротоков снаружи.

Объем плит (количество эвтектического раствора) выбирают в зависимости от величины теплотротоков во время рейса. Температура плавления (замерзания) эвтектического раствора определяется его химическим составом, который выбирают в зависимости от температуры воздуха, которую нужно поддерживать в кузове. По сравнению с машинным охлаждением эта система значительно проще. Наиболее простым ее вариантом является такой, когда система не имеет своего автономного холодильного агрегата, а замораживание эвтектического раствора осуществляют с помощью стационарной холодильной машины, к которой подключают змеевики плит.

Преимуществами системы являются также ее полная бесшумность во время рейса, отсутствие выхлопных газов и большая надежность, так как компрессор работает только при стоянке.

Недостатками машинно-аккумуляционной системы являются: значительная масса, что

снижает полезную грузоподъемность машины; строго ограниченное рабочее время между двумя зарядками; невозможность форсирования охлаждения, что может быть необходимо в ряде случаев вследствие пиковых тепловых нагрузок.

Охлаждение с помощью сухого льда наиболее экономично и находит наибольшее применение при перевозках на дальние расстояния различных замороженных пищевых продуктов и мороженого.

Количество сухого льда  $G_{\text{л}}$  (кг) которое необходимо загрузить в кузов вместе с продуктом, определяют по формуле

$$G_{\text{л}} = \frac{Q_{\text{нач}} + Q_{\text{нар}} \tau \cdot 3,6}{q_{\text{л}}}, \quad (\text{IV}-12)$$

где  $Q_{\text{нач}}$  — количество холода, необходимое для предварительного охлаждения кузова, кДж;

$$Q_{\text{нач}} = W_{\text{куз}} t_{\text{ср}},$$

$W_{\text{куз}}$  — водяной эквивалент кузова;  
 $t_{\text{ср}}$  — средняя температура ограждений кузова;

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{вн}}}{2},$$

$Q_{\text{нар}}$  — холодопроизводительность, определяемая калорическим расчетом, необходимая для ликвидации теплотротоков извне, Вт  
 $\tau$  — продолжительность транспортировки, ч;

$q_{\text{л}}$  — количество тепла, поглощаемое при сублимации 1 кг сухого льда, кДж/кг;  $q_{\text{л}} \approx 640$  кДж/кг (153 ккал/кг).

Для интенсификации процесса охлаждения, а также для того, чтобы избежать значительного повышения концентрации углекислого газа в кузове, сухой лед помещают в металлический бункер, герметически отделенный от кузова и обдуваемый вентилятором. Большим недостатком описанного способа охлаждения является невозможность регулировать холодоотдачу, а следовательно, и температуру воздуха в кузове. Система, показанная на рис. IV—10, лишена этого недостатка.

Измельченный сухой лед загружают в бункер, ограждениями которого являются металлические плиты, внутри которых циркулирует фреон. Аналогичные плиты 2, установленные в грузовом объеме кузова, соединяются с плитами бункера трубопроводами. По принципу термосифона фреон циркулирует между плитами 1 и 2, перенося тепло из кузова к сухому льду.

Циркуляция фреона регулируется автоматически соленоидными вентилями 3.

Охлаждение с помощью сжиженных газов в последние годы находит все большее распространение вследствие сравнительной простоты этого способа и снижения стоимости жидкого азота, получаемого в больших количествах как побочный продукт при производстве кислорода.

Схема установки показана на рис. IV—11.

Сосуд (один или несколько) с жидким азотом, имеющий вакуумно-порошковую изоляцию, помещают внутри кузова. С помощью испарителя 9 и регулятора 3 давление азота в сосуде поддерживается постоянным, на 50—100 кПа выше атмосферного. Под потолком кузова, в центре, по всей длине устанавливают распылительный коллектор 1, куда азот поступает из сосуда через соленоидный вентиль 4, управляемый реле температуры 6.

Снаружи кузова размещают щит 2, на котором установлены приборы контроля и управления, а также присоединительный штуцер для заправки сосуда азотом.

Система позволяет поддерживать температуру воздуха в кузове в очень широких пределах, так как температура испарения азота при атмосферном давлении составляет —196°С.

При выходе азота из коллектора и испарении происходит значительное увеличение его объема, что приводит к интенсивному перемешиванию воздуха в кузове. В результате этого имеет место незначительная разница в температурах по объему кузова, а колебания средней температуры воздуха не превышают  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

На одной из стен кузова (обычно задней) расположен магнитный выхлопной клапан, который открывается при повышении давления воздуха в кузове на незначительную величину.

По мере работы системы воздух в кузове все больше обогащается азотом, содержание которого достигает 96—98%. Как показали опыты, такая атмосфера весьма благоприятно влияет на сохранность качества мяса и мясопродуктов, а также некоторых продуктов растительного происхождения.

Сравнительные опыты по перевозкам охлажденного мяса в авторефрижераторах с азотным и машинным охлаждением показали, что естественная убыль в первом случае примерно в 3 раза меньше, чем во втором.

Основными преимуществами азотной системы охлаждения являются: простота конструкции и эксплуатации; возможность очень быстрого снижения температуры воздуха в кузове и обеспечение поддержания ее в широком диапазоне с незначительными колебаниями; отсутствие выхлопных газов, бесшумность и надежность в работе; благоприятное влияние

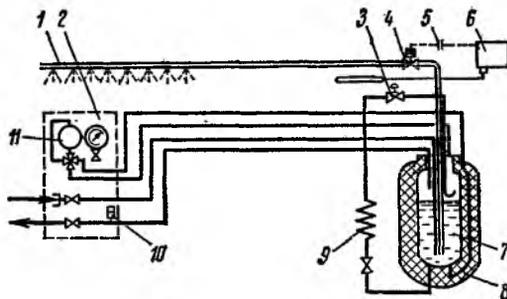


Рис. IV-11. Схема азотной холодильной установки:

1 — распылительный коллектор; 2 — щит контроля и управления; 3 — регулятор давления; 4 — соленоидный вентиль; 5 — концевой выключатель (на двери); 6 — реле температуры; 7 — жидкий азот; 8 — сосуд с вакуум-порошковой изоляцией; 9 — испаритель; 10 — предохранительный клапан; 11 — уровнемер.

атмосферы с повышенным содержанием азота на сохранность качества пищевых продуктов и сокращение их естественной убыли (усушки).

Широкому внедрению этих систем препятствует все еще сравнительно высокая стоимость азота (по прейскуранту 1974 г. — 40 руб. за 1 т) и необходимость создания сети заправочных станций по трассам следования авторефрижераторов.

Массовая удельная холодопроизводительность жидкого азота составляет около 378 кДж/кг (90 ккал/кг) при его испарении в кузове со средней внутренней температурой  $t_{\text{вн}} = -10^\circ\text{C}$ .

## Агрегатированные компрессионные холодильные установки

В настоящее время холодильные установки для авторефрижераторов выпускают в виде единого агрегата (моноблока), включающего испаритель (воздухоохладитель), конденсатор, компрессор и его привод; обычно автономный двигатель внутреннего сгорания.

Конструктивно элементы установки комплектуют так: конденсатор с компрессором и приводом размещают снаружи кузова, а воздухоохладитель вставляют в проем, специально предусмотренный в одной из стен (обычно передней торцовой) кузова.

Компрессор навесной агрегатированной холодильной установки типа BIS-31 фирмы «Фригера» (ЧССР) шестицилиндровый, диаметр и ход поршней равен 50 мм. Частота вращения 2000 мин<sup>-1</sup>.

Номинальная мощность бензинового двигателя 12 л.с. (~9 кВт) при частоте вращения

2000 мин<sup>-1</sup>. Масса холодильной установки с двигателем 585 кг (без аккумуляторных батарей).

Габаритные размеры: длина 1595 мм, ширина 1259 мм, высота 1545 мм.

Установка (см. рис. IV—2) размещается на передней торцевой стене кузова в верхней его части. Воздухоохладитель вставляют внутрь кузова. Вне кузова на общей раме, закрытой со всех сторон дверцами, располагаются конденсатор (в верхней части, закрытой решетками с жалюзи) и под ним — компрессор с автономным бензиновым двигателем и аккумуляторные батареи для первоначального запуска двигателя. Снаружи располагаются все приборы автоматической защиты и управления установкой.

В ряде случаев, кроме двигателя внутреннего сгорания — привода установки во время движения автомобиля, — имеется еще электропривод, выполненный в виде электродвигателя переменного тока, который подключают к внешней стационарной электросети на стоянках.

Особенности транспортных агрегатированных установок:

наличие автоматической муфты между приводом и компрессором, обеспечивающей разгрузку двигателя при пуске и защиту его от перегрузок;

наличие пропорционального регулятора давления всасывания, поддерживающего избыточное давление всасывания компрессора в определенных пределах — не выше заданного 100 кПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) — для предохранения двигателя от перегрузки.

Первоначальный запуск установки осуществляется вручную с помощью электроаккумуляторов, а затем установка работает автоматически, управляемая термореле в зависимости от заданной температуры воздуха в кузове. Чувствительный элемент обычно устанавливают на входе воздуха из кузова в воздухоохладитель.

Давление конденсации регулируется с помощью реле давления, которое через специальный приводной механизм меняет положение жалюзи, регулируя таким образом поступление воздуха к конденсатору.

Установка предназначена для охлаждения кузова летом и обогрева зимой. Она обеспечивает автоматическое поддержание любой заданной температуры внутри кузова в пределах до —20°C при окружающей температуре летом до 35°C и внутри кузова зимой до 12°C при окружающей температуре до —20°C.

Принципиальная схема холодильной установки BIS-31 показана на рис. IV—12.

Компрессор 10 засасывает пары холодильного агента (фреона-12) через регулятор давления всасывания 3, который препятствует

повышению избыточного давления всасывания более 100 кПа (~1 кгс/см<sup>2</sup>). Сжатые компрессором пары через двухходовой клапан 7 поступают в конденсатор 8. При этом соленоидный вентиль 5 выключен. Жидкий холодильный агент из конденсатора собирается в ресивере 9, откуда через смотровое стекло 11 и фильтр-осушитель 12 подходит к ТРВ (терморегулирующему вентилю) 14. По пути от ресивера до ТРВ холодильный агент охлаждается в теплообменнике 4. После ТРВ холодильный агент через распределитель 13 поступает в секции испарителя 15, откуда его пары отсасываются компрессором. Так осуществляется основной процесс — охлаждение кузова летом.

В зимнее время, когда окружающая температура ниже температуры, которую нужно поддерживать внутри кузова, т. е. его нужно обогревать, установка работает следующим образом. Вручную переключают систему автоматического управления на обогрев, при этом соленоидный вентиль 5 будет автоматически включаться вместе с компрессором, а горячие пары из компрессора через клапан 7 будут поступать не в конденсатор 8, а через распределительный коллектор 16 в испаритель 15. Установка, как и в случае охлаждения кузова, работает автоматически, но если при охлаждении она включается при повышении температуры воздуха внутри кузова до заданной величины и замыкании контактов термореле, то при обогреве она включается при понижении температуры воздуха до определенной величины и размыкании контактов термореле.

Оттаивание ребристой поверхности воздухоохладителя от снеговой шубы летом производится горячими парами фреона. При этом установка работает так же, как при обогреве зимой, но соленоидный вентиль 5 включают вручную с помощью переключателя, установленного на панели управления. При этом с помощью электромагнитной муфты отключается вентилятор воздухоохладителя, чтобы теплый воздух не поступал в кузов. Можно производить оттаивание и автоматически с помощью реле времени.

Для контроля за работой установка оснащена мановакуумметром 6, дистанционным манометрическим термометром, показывающим температуру воздуха внутри кузова, а также индикаторными лампочками, контролирующими работу системы смазки и зарядку аккумуляторов. Для защиты установки от чрезмерного повышения давления нагнетания служит автоматический выключатель максимального давления. При этом включается звуковой сигнал.

Установка BIS-31 с авторефрижератором (полуприцепом) типа H12X, изготовленным в ЧССР предприятием «Орличан», была испы-

тана во ВНИИ. При этом было установлено, что расход бензина на привод установки при ее непрерывной работе составляет около 3,5 л/ч.

Длительность охлаждения кузова от  $+30$  до  $-20^{\circ}\text{C}$  равна 4,5 ч. Средняя скорость движения воздуха внутри пустого кузова составляет 1,13 м/с.

Установки, аналогичные BIS-31, применяют для охлаждения автокузов большой грузоподъемности (5—20 т). Для авторефрижераторов средней грузоподъемности (2—5 т) используют установки, аналогичные УФ-2-П. Установки УФ-2-П для авторефрижераторов ЧАР-51А выпускает Черкесский завод холодильных машин. Эти установки, так же как и описанные выше, имеют автономный бензиновый двигатель. Их монтируют в верхней части торцовой передней стенки кузова над кабиной водителя автомобиля.

Принципиальная схема холодильной установки УФ-2-П показана на рис. IV—13. Нагнетаемые компрессором 10 пары холодильного агента (фреон-12) поступают в конденсатор 5. Жидкий холодильный агент собирается в ресивере 8, откуда через фильтр 7 и теплообменник 6 и терморегулирующий вентиль 1 поступает в воздухоохладитель 2. Из воздухоохладителя пары отсасываются компрессором, пройдя через теплообменник 6. Автоматическая защита установки от чрезмерного повышения давления нагнетания и повышения давления всасывания осуществляется реле давлений 12.

Оттаивание ребристой поверхности воздухоохладителя производится горячими парами холодильного агента (линия оттайки показана пунктиром на рис. IV—13).

Масса установки УФ-2-П — 400 кг, габаритные размеры:  $1720 \times 1620 \times 810$  мм. Мощность бензинового двигателя типа УД-25 равна 8 л.с. ( $\sim 5,9$  кВт).

Для авторефрижераторов малой грузоподъемности (менее 2 т) обычно применяют холодильные установки с приводом от основного двигателя автомобиля. При этом компрессор устанавливают или вблизи от двигателя (в этом случае он связан с двигателем через клиноременную передачу) или же, как и в предыдущем случае, компрессор располагается в моноблоке с конденсатором над кабиной. В этом случае используют гидропередачу, позволяющую обеспечить более постоянную частоту вращения компрессора.

Различные варианты компоновки установок с гидроприводом показаны на рис. IV—14.

За рубежом (фирма «Термо-Кинг», США и др.) выпускают специальные транспортные установки номинальной холодопроизводительностью примерно от 1 до 5 кВт при температуре воздуха внутри охлаждаемого объе-

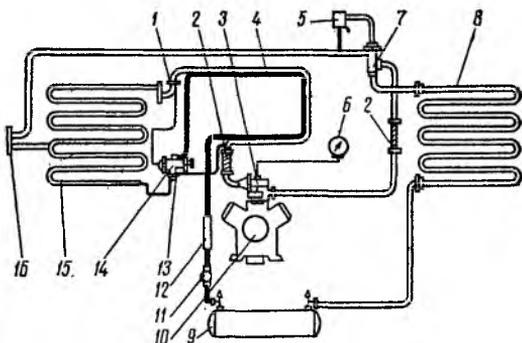


Рис. IV-12. Схема холодильной установки BIS-31:

1 — всасывающий коллектор; 2 — гибкое соединение; 3 — регулятор давления всасывания; 4 — теплообменник; 5 — соленоидный вентиль; 6 — мановакуумметр; 7 — двухходовой клапан; 8 — конденсатор; 9 — ресивер; 10 — компрессор; 11 — смотровое стекло; 12 — фильтр-осушитель; 13 — распределитель жидкости; 14 — терморегулирующий вентиль; 15 — испаритель; 16 — распределительный коллектор системы оттаивания.

ма —  $18^{\circ}\text{C}$  и снаружи  $30^{\circ}\text{C}$ . Они рассчитаны на работу при окружающей температуре до  $50^{\circ}\text{C}$  и обеспечивают автоматическое поддержание заданной температуры воздуха внутри кузова до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Конструкция установок предусматривает автоматическое оттаивание испарителя и обогрев кузова в зимнее время при низкой температуре окружающего воздуха.

Привод компрессора может осуществляться различными способами:

от автономного двигателя внутреннего сгорания, работающего на бензине, пропане, специальном дизельном или другом жидком топливе;

с помощью гидропривода от основного двигателя автомобиля;

от электродвигателя переменного тока в стационарных условиях.

Применяют также системы с дизель-генераторными установками для крупнотоннажных авторефрижераторов и большегрузных контейнеров. При этом электродвигатель бесальникового компрессора холодильной установки получает электропитание от автономного дизель-генератора.

Основные узлы установок изготовляют из специальных облегченных материалов и сплавов, так что масса установок, отнесенная к 1 кВт холодопроизводительности, составляет  $\sim 120$  кг при номинальной холодопроизводительности 5,7 кВт и  $\sim 200$  кг при номинальной холодопроизводительности 1,9 кВт.

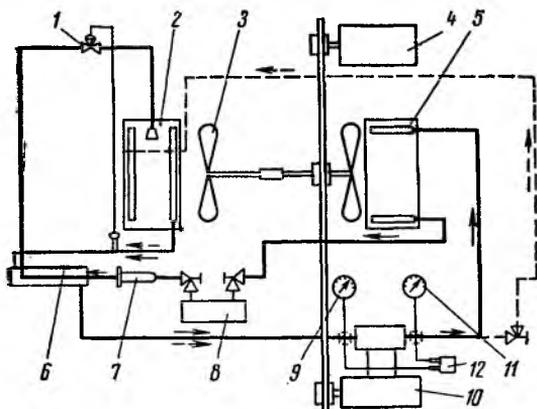


Рис. IV-13. Схема холодильной установки УФ-2-П:

1 — терморегулирующий вентиль; 2 — воздухоохладитель; 3 — вентилятор; 4 — двигатель бензиновый; 5 — конденсатор; 6 — фильтр; 7 — теплообменник; 8 — ресивер; 9 — мановакуумметр; 10 — компрессор; 11 — манометр; 12 — реле давлений.

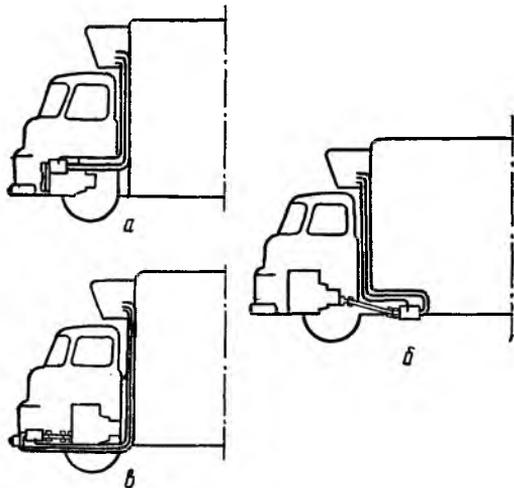


Рис. IV-14. Компонка агрегатированных холодильных установок с гидроприводом:

а — гидропривод с ременной передачей от двигателя; б — гидропривод располагается под кузовом; в — гидропривод спереди двигателя.

Автоматическое оттаивание воздухоохлаждателей осуществляется с помощью реле времени или с помощью дифференциального датчика давления, контролирующего изменение воздушного напора в зависимости от нарастания инея на ребристой поверхности воздухоохлаждателя.

На рис. IV—15 показана схема размещения основных элементов агрегатированной установки фирмы «Петтер — Термо-Кинг» номинальной холодопроизводительностью 5,7 кВт, предназначенной для большегрузных прицепов — рефрижераторов или контейнеров. Масса установки с дизельным приводом и электродвигателем 711 кг. В качестве основного привода используется четырехцилиндровый дизель, облегченный, с водяным охлаждением. Компрессор — специальной облегченной (алюминий) блок-картерной конструкции, четырехцилиндровый.

Агрегат укомплектован также трехфазным электродвигателем переменного тока мощностью 12 л.с. (~ 9 кВт) для работы в стационарных условиях от сети напряжением 380 или 420 В.

### Условия сохранности скоропортящихся пищевых продуктов при автомобильных перевозках

Условия транспортировки скоропортящихся пищевых продуктов зависят от назначения перевозки.

Качество скоропортящихся пищевых продуктов определяется в основном их температурой. Температуру груза в кузове авторефрижератора или другого транспортного средства измеряют в нескольких определенных точках грузового объема (рис. IV—16).

Температуры, которые рекомендуется поддерживать при автомобильных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов, приведены в табл. IV—4, IV—5 и IV—6.

Для свежих продуктов установлены сроки перевозок:

средней продолжительности — от одного до трех дней;

большой продолжительности — от четырех до шести дней (имеют место в международной торговле).

Для замороженных и глубокозамороженных\* продуктов длительность перевозок не ограничивается.

Температура воздуха в кузове при перевозке не должна выходить за указанные в табл. IV—4 пределы, а рекомендуемое значение ее должно соответствовать средней температуре продукта.

\* Глубокозамороженными продуктами называют такие, которые подвергались процессу быстрого промышленного замораживания, имеют среднюю температуру не выше  $-18^{\circ}\text{C}$  и предназначены для продажи потребителю в замороженном состоянии при этой же температуре.

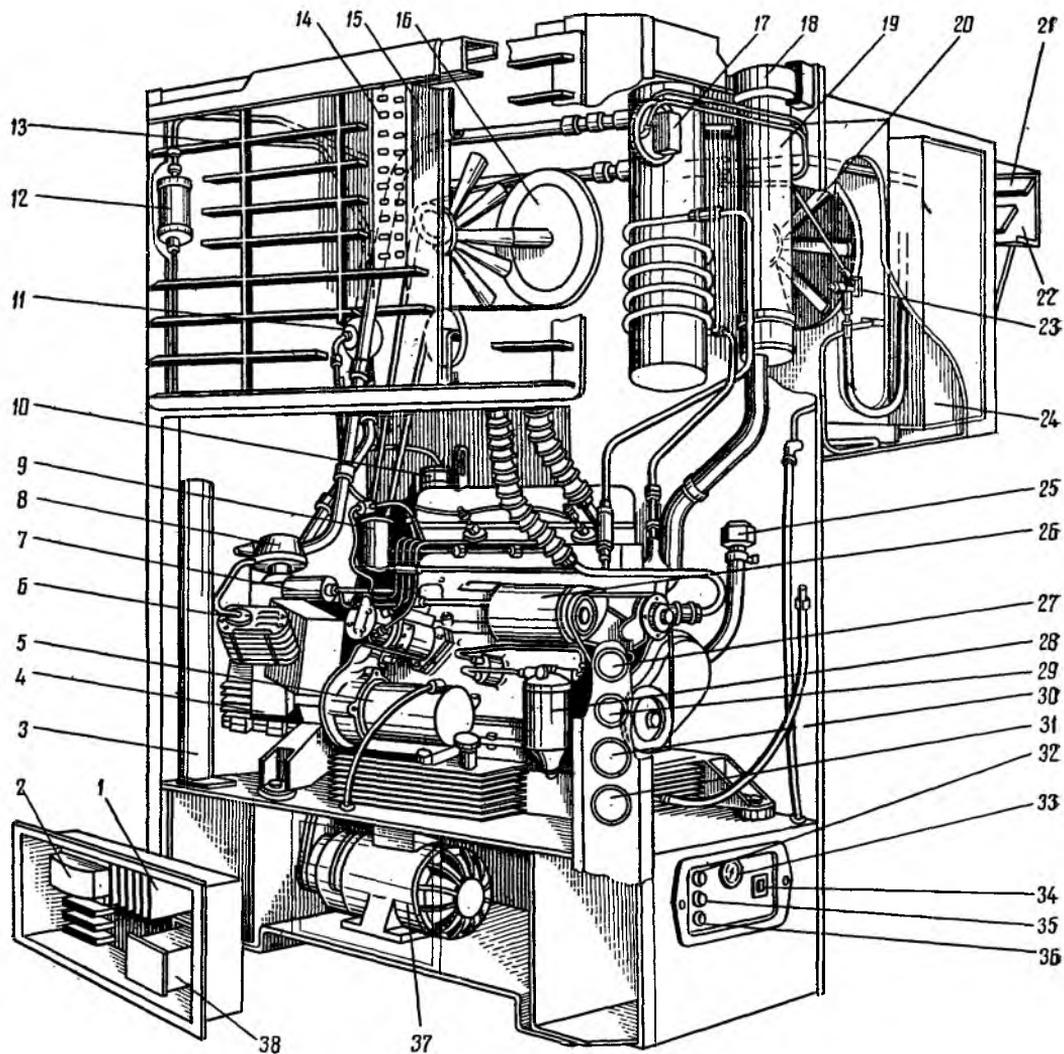


Рис. IV-15. Схема размещения основных элементов установки «Петтер—Термо-Кинг»:

1 — выпрямитель; 2 — контактор; 3 — ресивер; 4 — воздушный фильтр; 5 — стартер двигателя; 6 — компрессор; 7 — регулятор скорости; 8 — масляный фильтр для воздуха; 9 — фильтр топлива; 10 — соленоидный вентиль на линии оттайки; 11 — трехходовой вентиль; 12 — осушитель; 13 — воздушные жалюзи; 14 — конденсатор; 15 — радиатор; 16 — привод вентилятора; 17 — воздушное термореле для управления жалюзи; 18 — глушитель; 19 — теплообменник; 20 — вентилятор испарителя; 21 — воздушная заслонка системы оттайки; 22 — воздушный диффузор; 23 — терморегулирующий вентиль; 24 — испаритель; 25 — забор воздуха двигателем; 26 — динамо; 27 — контроль температуры охлаждающей воды; 28 — масляный фильтр; 29 — счетчик времени; 30 — контроль давления масла в двигателе; 31 — мановакуумметр; 32 — включение стартера; 33 — амперметр; 34 — ручной выключатель; 35 — индикатор температуры масла (красный); 36 — индикатор зарядки аккумулятора (зеленый); 37 — электродвигатель; 38 — трансформатор.

Таблица IV—4

Температуры, рекомендуемые для перевозок свежих фруктов, ягод и овощей, °С

Продукт	Продолжительность перевозки, сутки	
	от 1 до 3	от 4 до 6
Абрикосы	0—3	0—2
Ананасы	10—12	8—10
Апельсины	4—10	9—10
Грейпфрут, лимоны	8—15	8—15
Бананы	12—14	12—14
Виноград <sup>2</sup>	0—8	0—6
Вишня <sup>2</sup>	0—4	Не рекоменду- ется
Горох в стручках	0—5	То же
Грибы <sup>1</sup>	0—2	—
Груши	0—5	0—3
Дыни	4—10	4—10
Капуста кочанная	0—10	0—6
Капуста цветная	0—8	0—4
Картофель	5—20	5—20
Клубника <sup>2</sup>	1—2	Не рекомен- дуется
Кольраби	0—20	0—20
Корнишоны	12—15	10—13
Латук	0—6	0—2
Лук	1—20	1—13
Малина <sup>2</sup>	1—2	Не рекомен- дуется
Мандарины	4—8	4—8
Морковь	0—8	0—5
Огурцы	10—15	10—13
Перец	7—10	7—8
Персики	0—7	0—3
Помидоры зеленые	10—15	10—13
спелые	4—8	Не рекомен- дуется
Сливы	0—7	0—5
Тыква	0—5	Не рекомен- дуется
Укроп	0—10	0—6
Шпичнат	0—5	Не рекомен- дуется
Яблоки	3—10	3—10

<sup>1</sup> Транспортировка более 24 ч не рекомендуется.

<sup>2</sup> Необходима защита от конденсации влаги из воздуха на поверхности продукта.

Таблица IV—5

Температуры, рекомендуемые для перевозок свежих продуктов животного происхождения, °С

Продукт	Продолжительность перевозки, сутки	
	от 1 до 3	от 4 до 5
Мясо и свежий бекон <sup>1</sup>	—1÷7	—1÷7
Мясные продукты	—1÷8	Не рекомен- дуется
Субпродукты	—1÷3	То же
Шпик	≤12	≤10
Цыплята, кролики <sup>1</sup>	—1÷4	—1÷4
Дичь <sup>1</sup>	—1÷4	—1÷4
Яйца <sup>1</sup>	0—15	0—15
Рыба <sup>2</sup> , пересыпанная льдом	0—2	0—2
Копченая рыба	≤10	≤6
Креветки	2—4	(транспортировка более 24 ч не ре- комендуется)
Молоко натуральное или пастеризованное <sup>3</sup>	0—4	Не рекомен- дуется
Молоко промышленное	0—6	То же
Сливки, творог, кефир, йогурт	0—4	» »
Масло и маргарин	≤6	≤6
Твердый сыр	0—15	0—15
Плавленный сыр	0—15	0—15
Мягкий сыр незрелый	8—12	8—12
зрелый	4—7	Не рекомен- дуется
рокфор и др.	0—10	0—6

<sup>1</sup> Необходима защита от конденсации влаги из воздуха на поверхности продукта.

<sup>2</sup> Перевозка в течение 4—6 суток возможна, если рыба была свежей при погрузке.

<sup>3</sup> Свежее молоко не следует перевозить более 60 ч.

При краткосрочных перевозках, а также при наружной температуре, близкой к температуре продукта, указанной в табл. IV—4, можно использовать изотермические автомобили (без охлаждения или обогрева) с обычной или усиленной изоляцией.

Рекомендуемая температура является средней температурой продукта.

Для перевозок свежих (охлажденных) продуктов рекомендуются авторефрижераторы с механическим охлаждением классов А, В, С и D, а также охлаждаемые изотерми-

Таблица IV—6

Температуры, рекомендуемые для перевозок замороженных и глубоководных замороженных пищевых продуктов

Продукт	Температура, °С
Мороженое, концентрированные фруктовые соки	≤ -20
Все глубоководные замороженные продукты	≤ -18
Замороженная рыба	≤ -18
Масло и жиры	≤ -14
Субпродукты, яичные желтки, цыплята и дичь	≤ -12
Замороженное мясо	≤ -10
Все другие замороженные продукты	≤ -10

ческие автомобили класса А, если наружная температура выше температуры продукта, и обогреваемые изотермические автомобили классов А и В при наружной температуре более низкой, чем температура продукта.

Для перевозок замороженных продуктов рекомендуются авторефрижераторы с механическим охлаждением классов В, С, Е и F, а также изотермические охлаждаемые автомобили классов В и С. Для перевозок глубоководных замороженных продуктов следует использовать авторефрижераторы с механическим охлаждением классов С и F и изотермические охлаждаемые автомобили класса С.

Рекомендуемые температуры для перевозок замороженных и глубоководных замороженных продуктов приведены в табл. IV—6.

Рекомендуемая температура является средней температурой продукта.

Одна из основных задач транспортировки — сохранение качества пищевых продуктов при определенных температурах без дополнительного охлаждения в пути. Температура охлажденных продуктов не должна быть ниже минимальных значений, указанных в табл. IV—4 и IV—5, и во время транспортировки не должна превышать верхнего предела. Желательно, чтобы температура замороженных продуктов при погрузке была несколько ниже величин, указанных в табл. IV—6.

Замороженные продукты хранятся в стационарных холодильниках при строго установленной температуре. Максимально допустимое повышение их температуры, соответствующее периоду от начала погрузки до конца перевозки, должно быть: не более 3°С

для глубоководных замороженных продуктов, перевозимых при —18°С; не более 2°С — для мороженого, перевозимого при —20°С.

Важнейшие условия сохранности качества продуктов при перевозках следующие:

наличие транспортных средств с холодильным или нагревательным оборудованием достаточной мощности;

возможность обеспечить внутри кузова циркуляцию воздуха, достаточную для поддержания заданной температуры с незначительным градиентом по всему объему;

приток наружного воздуха в кузов для дыхания свежих растительных продуктов при возможности регулировать его количество для предотвращения чрезмерной тепловой нагрузки;

загрузка транспортных средств продуктами хорошего качества (предварительно очищенными, без механических повреждений, в должном биохимическом и физиологическом состоянии), температура которых предварительно доведена до значений, указанных в табл. IV—4, IV—5, IV—6;

погрузка и выгрузка продуктов в виде заранее подготовленных пакетов на специальных поддонах с помощью погрузочно-разгрузочных механизмов и в минимально возможное время, с применением специальных крытых погрузочных платформ, туннелей и других средств защиты груза от воздействия внешних условий (высокая температура, влажность, осадки, солнечная радиация и др.);

укладка пакетов с продуктами внутри кузова с целью обеспечить необходимый тепло- и массообмен между воздухом и продуктом и избежать непосредственных контактов между продуктами и ограждениями — стенами и крышей кузова.

Тесная (компактная) укладка пакетов позволяет максимально использовать грузовой объем и лучше сохранить продукты даже при непредвиденных нарушениях работы холодильного оборудования, если температура

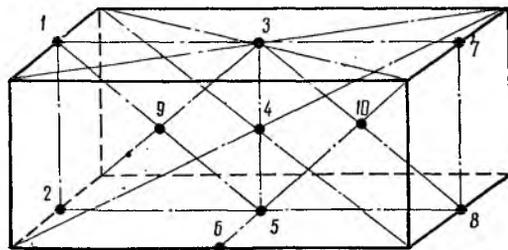


Рис. IV-16. Схема размещения термометров для измерения температуры продуктов внутри изотермического кузова.

загружаемых продуктов была доведена до заданного значения. Этот способ укладки рекомендуется при перевозках замороженных и глубокозамороженных продуктов, а также при краткосрочных перевозках свежих (охлажденных) продуктов.

Менее плотная укладка рекомендуется при длительной транспортировке продуктов, особенно выделяющих тепло (фрукты, овощи), а также в тех случаях, когда предварительное охлаждение (нагревание) продуктов не было закончено до погрузки.

При этом необходимо обеспечить устойчивость грузовых пакетов в процессе перевозки, используя фиксирующие приспособления (крепительные планки, деревянные рейки и др.). Тара должна быть стандартных размеров, соответствующих стандартным поддонам; при перевозках охлажденного мяса в подвешенном состоянии части туш должны быть закреплены с помощью специальных растяжек, чтобы мясо не загрязнялось и не портилось при тряске вследствие контакта туш со стенами и между собой.

## ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ХОЛОДИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Более 90% междугородных и межобластных перевозок скоропортящихся грузов выполняется железнодорожным транспортом. Ежегодно железные дороги перевозят миллионы тонн различных скоропортящихся грузов: мяса, рыбы, молока, масла, овощей, фруктов, ягод, консервов, вина, пива и др.

### Основные типы изотермических вагонов

Изотермические вагоны разделяют:

по способу охлаждения — на вагоны с машинным охлаждением (рефрижераторные вагоны) и вагоны, охлаждаемые водным льдом или льдосоляной смесью (вагоны-ледники); по способу отопления — на вагоны с электрическим отоплением и вагоны, отапливаемые печами-временками;

по назначению — на универсальные и специальные.

*Рефрижераторные вагоны* поставляются железным дорогам в виде рефрижераторных поездов и секций с постоянным количеством вагонов в составе и в виде автономных (одиночных) вагонов.

Все типы группового рефрижераторного подвижного состава имеют центральное энергоснабжение, при котором потребители тока, установленные в вагонах, питаются от дизель-электростанции, смонтированной в одном из

вагонов поезда или секции. Каждый автономный вагон имеет свои дизель-генераторные установки.

В зависимости от способа охлаждения рефрижераторный подвижной состав делится на подвижной состав с центральным рассольным и индивидуальным охлаждением. Поезда и секции с центральным охлаждением имеют аммиачные холодильные установки, смонтированные в вагоне-машинном отделении, из которого охлажденный рассол хлористого кальция подается в грузовые вагоны. Такую систему охлаждения имеют 21- и 23-вагонные поезда и 12-вагонные секции.

При индивидуальном охлаждении в каждом вагоне смонтирована холодильная установка, работающая на фреоне-12, с воздухоохладителем непосредственного охлаждения, размещенным в грузовом помещении вагона. Такую систему охлаждения имеют 5-вагонные секции и автономные вагоны.

Все грузовые вагоны рефрижераторного подвижного состава имеют электрическое отопление.

Для размещения центральной дизель-электростанции, машинного отделения с центральной холодильной установкой и помещения для отдыха обслуживающего персонала групповой рефрижераторный подвижной состав, кроме грузовых вагонов, имеет вспомогательные (вагон с дизель-электростанцией, вагон-машинное отделение, служебный вагон). Количество вспомогательных вагонов в отдельных типах рефрижераторных поездов и секций различно.

*Универсальные вагоны* предназначены для перевозки всех видов скоропортящихся грузов. К ним относятся все рефрижераторные вагоны (кроме вагонов отдельных выпусков, пригодность которых ограничена рядом технических недостатков).

*Специальные вагоны* приспособлены для перевозки только отдельных грузов, например, молока, живой рыбы, вина. К таким вагонам относятся молочные и винные цистерны-термосы, вагоны для перевозки вина и живой рыбы.

*Вагоны-ледники* в зависимости от размещения и устройства приборов охлаждения делятся на вагоны-ледники с пристенными приборами охлаждения (карманами) и на вагоны с потолочными приборами охлаждения (баками). Вагоны-ледники обоих типов имеют в крыше печную разделку для вывода трубы, поэтому в них можно перевозить грузы в зимнее время с отоплением переносными печами-временками.

Система нумерации вагонов грузового парка железных дорог СССР, введенная в 1963 г., позволяет по номеру вагона определить его техническую характеристику (табл. IV-7).

Обозначения изотермических вагонов

Первый знак — род вагона	Второй знак — осьность и основная техническая характеристика вагона	Третий знак — дополнительная техническая характеристика вагона	Седьмой знак — сведения о ручном тормозе
8	4 — четырехосный вагон-ледник, с пристенными карманами	0—9 — характеристики не содержат	0—2 — со сквозной тормозной площадкой и ручным тормозом; 3 — со стояночным тормозом; 4—9 — без ручного тормоза
8	5 — четырехосный вагон-ледник с потолочными баками	То же	
8	6 — четырехосный автономный рефрижераторный вагон	»	
8	7 — четырехосный вагон в составе рефрижераторного поезда или секции	0—21- и 23-вагонные поезда; 1—12-вагонные секции; 2 — 5-вагонные секции	

Примечание. Четвертый, пятый и шестой знаки (номера 0—9) технической характеристики не содержат.

Номер вагона состоит из семи знаков. Первый знак номера обозначает род вагона (например, цифра 8 — изотермический). Второй знак обозначает осьность вагона и содержит основные технические данные. Третий знак по отдельным родам вагонов обозначает дополнительные технические данные (например, для изотермических вагонов принадлежность к рефрижераторным поездам или секциям). Четвертый, пятый, шестой и седьмой знаки вместе с первыми тремя образуют порядковый номер вагона. Седьмой знак номера содержит сведения о наличии или отсутствии у вагонов ручного тормоза.

Вагоны рефрижераторных поездов и секций, кроме семизначных номеров, нанесенных на боковых стенах вагона, которые указывают в перевозочных документах, имеют порядковые номера, в соответствии с которыми вагоны располагают в составе, а также инвентарный номер поезда (секции). Справа, на боковых стенах всех вагонов поезда (секции), с обеих сторон нанесен круг, разделенный пополам горизонтальной чертой, в нижней части которого нанесены цифры, характеризующие количество вагонов в поезде (секции) и его инвентарный номер (например, 5—161 — пятивагонная секция номер 161), а в верхней — порядковый номер грузового вагона в составе поезда (секции). Вспомогательные вагоны, размещаемые в середине состава поезда (секции), вместо порядкового номера имеют буквенные обозначения: Д —

дизель-электростанция; М — машинное отделение и С — служебный вагон.

Для сохранения качества скоропортящихся грузов необходимо соблюдать следующие условия:

в любое время года поддерживать в грузовом помещении оптимальную (для перевозимого груза) температуру воздуха, постоянную в процессе перевозки и равномерную по всему объему грузового помещения вагона; обеспечивать заданную скорость охлаждения овощей и фруктов, которые часто загружают в неохлажденном состоянии и охлаждают в процессе перевозки;

обеспечивать требуемую кратность циркуляции воздуха в грузовом помещении, которая необходима при перевозке плодов и овощей с отоплением, и непрерывную и достаточно интенсивную циркуляцию воздуха в нем, позволяющую ускорить охлаждение груза, замедлять развитие плесени на его поверхности и поддерживать более равномерную температуру по всему грузовому объему вагона.

К изотермическим вагонам предъявляют следующие требования:

минимальный коэффициент теплопередачи ограждения грузового помещения при возможной меньшей толщине его элементов (стен, пола, крыши);

максимальная плотность ограждений грузового помещения, препятствующая воздухообмену;

повышенная гибкость рессорного подвешивания;

надежные в работе и простые в обслуживании приборы охлаждения, отопления, вентилирования и контроля за температурой воздуха в грузовом помещении;

приспособления (напольные решетки, настенные бруски и т. п.), обеспечивающие возможность циркуляции воздуха со всех сторон грузового штабеля.

Чтобы эксплуатация изотермических вагонов была более экономически выгодной, они должны иметь по возможности большую грузоподъемность, малую тару и большой полезный объем грузового помещения. Последнее требование обуславливается тем, что большинство скоропортящихся грузов имеет сравнительно небольшую погрузочную массу.

### Рефрижераторный подвижной состав

Температура воздуха в грузовых помещениях рефрижераторных вагонов и продолжительность охлаждения в них плодов и овощей, принятые при расчете эксплуатируемого рефрижераторного подвижного состава, приведены в табл. IV—8.

Приборы отопления рефрижераторного подвижного состава подобраны из расчета температуры наружного воздуха  $-45^{\circ}\text{C}$ , а приборы охлаждения  $30^{\circ}\text{C}$  (для 21-вагонного поезда, 5-вагонной секции завода «Дессау» с четырьмя грузовыми вагонами и автономного вагона этого же завода  $40^{\circ}\text{C}$ ).

Все рефрижераторные вагоны четырехосные. В соответствии с требованиями МПС все вновь поставляемые вагоны имеют сварной цельнометаллический кузов длиной 21 м (вспомогательные вагоны могут быть меньшей длины). Холодильно-отопительное оборудование, система циркуляции воздуха и конструкция ограждений поддерживают равномерную температуру в грузовом помещении с отклонением не более  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  от заданной по условиям перевозки данного груза. Работа холодильно-отопительных установок полностью автоматизирована; силовые агрегаты могут иметь только защитную автоматику.

Размеры грузового помещения позволяют удобно размещать груз на поддонах с размерами в плане  $800 \times 1200$  мм. Пол грузовых помещений вагонов и напольные решетки рассчитаны на предельную нагрузку от колеса погрузчика 12 кН (1200 кгс) при расстоянии между колесами 750 мм и площади опоры колеса  $100 \times 100$  мм. Погрузочные двери для возможности проезда в вагон погрузчика с поддоном имеют размеры в свету: высоту не менее 2000 мм, ширину не менее 2200 мм, вылет двери при открывании не более 800 мм.

Температура воздуха в грузовых помещениях и продолжительность охлаждения

Рефрижераторный подвижной состав	Расчетная температура в грузовом помещении вагона, $^{\circ}\text{C}$		Расчетная продолжительность охлаждения плодов и овощей в $23$ до $4^{\circ}\text{C}$ , ч
	при охлаждении	при отоплении	
Автономный вагон завода «Дессау» с кузовом длиной			
19 м	—18	14	60
21 м	—20	14	60**
5-вагонная секция БМЗ	—20	12	60
5-вагонная секция завода «Дессау»			
с пятью грузовыми вагонами	—15*	12	72
с четырьмя грузовыми вагонами	—15	12	72
12-вагонная секция	—12	12	72
21-вагонный поезд	—10	14	90
23-вагонный поезд	—10	6	96—120

\* В секциях первых выпусков расчетная температура была  $-12^{\circ}\text{C}$ .

\*\* В зависимости от рода груза и вида тары.

Данные технической характеристики рефрижераторных поездов, секций и вагонов приведены в табл. IV—9.

*Автономный рефрижераторный вагон* (рис. IV—17) с кузовом длиной 19 м имеет грузовое помещение и два машинных отделения. В каждом машинном отделении находится по одному дизель-генераторному агрегату 11 и холодильно-отопительной установке 9.

Кузов вагона цельнометаллический с наружной обшивкой из стального листа толщиной 1,5 мм с частыми горизонтальными гофрами. Внутренняя обшивка стен из стального оцинкованного листа толщиной 2 мм с вертикальными гофрами. Рама вагона с хребтовой балкой. Пол грузового помещения покрыт резиной. Теплоизоляция — полистирол с толщиной слоя в стенах 200 мм, в крыше от 200 до 250 мм (250 мм в середине крыши), в полу 140 мм. Средний коэффициент теплопередачи

Характеристики рефрижераторных поездов секций и вагонов

Основные технические данные	23-вагонный поезд		21-вагонный поезд		12-вагонная секция		5-вагонная секция завода «Дессау»					5-вагонная секция БМЗ		Автономный вагон длиной 19 м	Автономный вагон длиной 21 м	Автономный вагон длиной 19 м со служебным помещением
	вагон без тормозной площадки	вагон с тормозной площадкой	вагон без тормозной площадки	вагон с тормозной площадкой	вагон без тормозной площадки	вагон с тормозной площадкой	с пятью грузовыми вагонами			с четырьмя грузовыми вагонами		грузовой вагон	вагон с электростанцией	Автономный вагон длиной 19 м	Автономный вагон длиной 21 м	Автономный вагон длиной 19 м со служебным помещением
							вагоны № 1; 4; 5	вагон № 2 со служебным помещением	вагон № 3 с электростанцией	грузовой вагон	вагон с электростанцией					
	Количество грузовых вагонов, шт.	18	2	16	2	10/8*	—/2*	3	1	1	4	—	4	—	1	1
Количество вспомогательных вагонов, шт.	3	—	3	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Длина кузова вагона наружная (без гофр), м	15,0	15,0	17,0	17,8	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	21,0	17,0	21,0	17,0	19,0	21,0	19,0
Ширина кузова наружная (без гофр), м	3,0	3,0	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
База вагона, м	10,2	10,2	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	16,0	12,0	16,0	12,0	14,0	16,0	14,0
Длина грузового помещения, мм	14450	13700	16600	16600	16462	15702	14690	9970	9970	17815	—	18600	—	15780	17815	10365
погрузочная	13395	12635	15340	15340	15400	14645	13820	9100	9100	17520	—	17650	—	15400	17520	9985
Ширина грузового помещения, мм	2578	2578	2680	2680	2524	2524	2524	2524	2524	2700	—	2580	—	2700	2700	2700
погрузочная	2490	2490	2590	2590	2424	2424	2424	2424	2424	2600	—	2500	—	2600	2600	2600
Высота грузового помещения, мм по боковой стене	2330	2330	2370	2370	2250	2250	2255	2255	2255	2354	—	2605	—	2354	2354	2354
посередине вагона	2610	2610	2970	2970	2910	2910	2910	2910	2910	2665	—	2810	—	2665	2665	2665
погрузочная	1930	1930	2150	2150	2090	2090	2200	2200	2200	2200	—	2454	—	2200	2200	2200
Площадь пола грузового помещения, м <sup>2</sup>	37,2	35,7	44,5	44,5	41,5	39,4	37,1	25,2	25,2	48,1	—	48,0	—	42,6	48,1	28,0
погрузочная	33,5	32,0	39,7	39,7	37,3	35,5	33,5	22,0	22,0	45,5	—	45,0	—	40,0	45,5	29,5
Объем грузового помещения, м <sup>3</sup>	90,0	88,0	119,3	119,3	111,9	106,7	92,0	60,6	60,6	113,0	—	136,0	—	102,2	113,0	—
полный	65,0	63,0	85,4	85,4	78,0	74,2	73,7	48,4	48,4	100,0	—	108,0	—	88,0	100,0	56,0
погрузочный	42	41	41	41	41/39**	46/45**	39	46	54	45	70	40,5***	65,5	44	45	52
Масса тары грузового вагона в экипированном состоянии, т	30	30	42	42	41	35,5****	41	29	26	39	—	42,0****	—	40	39	24
Грузоподъемность вагона, т																

\* Часть секций выпущена без тормозных площадок.

\*\* У секций последних выпусков масса тары вагонов в экипированном состоянии снижена с 41 до 39 и с 46 до 45 т.

\*\*\* Указана грузоподъемность вагонов (№ 5 и 6) с баками.

\*\*\*\* Приведена грузоподъемность вагонов секции выпуска 1969 г.

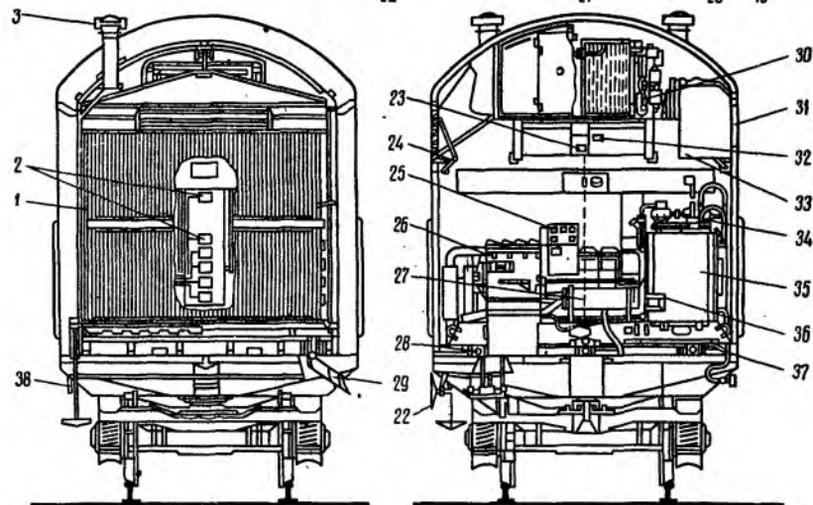
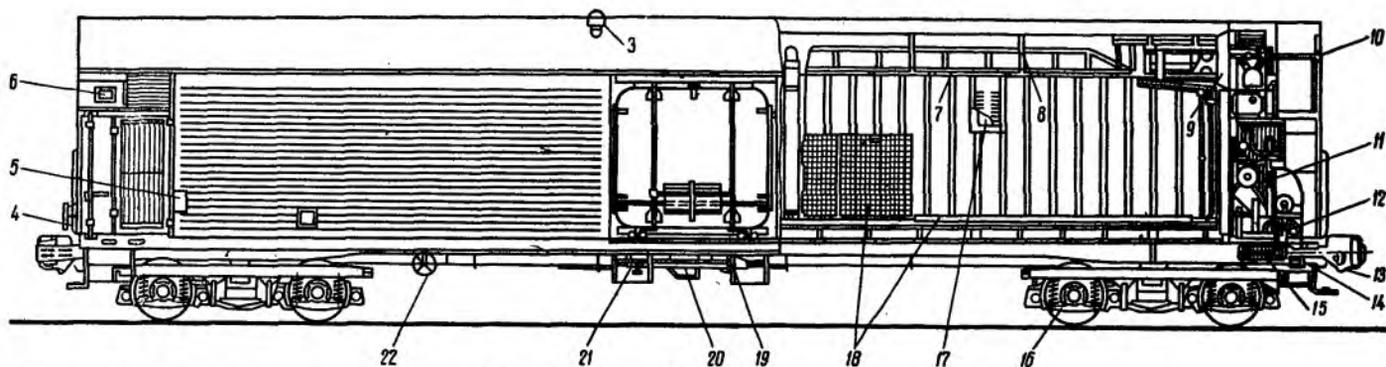


Рис. IV-17. Автономный рефрижераторный вагон:

1 — щит; 2 — термостаты; 3 — дефлектор; 4 — щит для подключения к наружной сети; 5 — ящик для подключения переносной термостанции; 6 — сигнальные лампы; 7 — ложный потолок; 8 — тяги ложного потолка; 9 — холодильно-отопительная установка; 10 — отверстие для прохода свежего воздуха; 11 — дизель-генераторный агрегат; 12 — клапан для входа воздуха; 13 — головка автосцепки; 14 — место присоединения электропневматического тормоза; 15 — фрикционный аппарат; 16 — тележка; 17 — термометр сопротивления и датчики термостатов; 18 — напольные решетки; 19 — воздухораспределитель; 20 — тормозной цилиндр; 21 — регулятор рычажной передачи; 22 — стояночный тормоз; 23 — щит управления холодильно-отопительной установкой; 24 — привод жалюзийной решетки; 25 — щит управления дизель-генератором; 26 — дизель-генератор; 27 — отопительный прибор; 28 — приспособление для подъема дизель-генератора; 29 — водосток; 30 — труба для присоединения к запасному баллону с фреоном; 31 — жалюзи; 32 — смотровое стекло; 33 — главный распределительный щит; 34 — топливный насос; 35 — топливный бак; 36 — труба для прохода теплого воздуха; 37 — топливный трубопровод; 38 — привод заслонки.

Таблица IV—10

Температура воздуха в грузовом помещении, °С

Положение переключателя	Охлаждение		Отопление	
	включение	выключение	включение	выключение
1	—17	—20	—	—
2	—9	—12	—	—
3	0	—2	—3	—1,5
4	6	4	3	4,5
5	13	11	10	11,5
6	—	—	11	13

ограждений грузового помещения новых вагонов (при неработающих вентиляторах испарителей) не превышает 0,32 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [0,275 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С)].

Для отвода промывочной воды и конденсата служат расположенные в углах грузового помещения четыре водостока с гидравлическими затворами, концы водоотводных труб которых снаружи вагона закрыты крышками с резиновыми прокладками.

На пол грузового помещения уложены металлические напольные решетки 18, шарнирно прикрепленные к продольным стенам вагона. Двери грузового помещения — одностворчатые прислонные, с высотой проема 2000 мм и шириной 2200 мм, места прилегания дверного полотна к проему имеют резиновое уплотнение.

Холодильное и электроотопительное оборудование вагона состоит из двух установок, расположенных под крышей на обеих торцовых стенах грузового помещения. Компрессорно-конденсаторный агрегат с шитом управления 23 размещен в машинном отделении, а испаритель с терморегулирующим вентилем, двумя вентиляторами и электропечью — в грузовом помещении. Компрессор — бессальниковый, с встроенным электродвигателем, двухступенчатого сжатия, без промежуточного охлаждения, с V-образным расположением цилиндров. Между компрессорно-конденсаторным агрегатом и испарителем установлена изолированная церегородка, которая входит в отверстие в торцовой стене грузового помещения.

Холодильно-отопительная установка легко вынимается из вагона краном.

*Техническая характеристика  
холодильно-отопительной установки  
автономного вагона с длиной кузова 19 м*

Параметры компрессора	
количество цилиндров	4*
диаметр цилиндра, мм	80
ход поршня, мм	58
рабочий объем всасывания, м <sup>3</sup> /ч	56
мощность электродвигателя, кВт	7,5
Холодопроизводительность при $t_0=$	9300
$-15^{\circ}\text{C}$ и $t_k=50^{\circ}\text{C}$ , Вт(ккал/ч)	(8000)
Площадь поверхности теплопередачи, м <sup>2</sup>	
конденсатора	72
испарителя	64
Мощность электропечи, кВт	6
Масса, кг	780

\* Три цилиндра низкого давления, один — высокого.

Для обеспечения достаточного давления масла при пуске компрессора на его масляной ванне установлен подогреватель мощностью 100 Вт, питающийся током 220 В.

Холодильная установка может работать с температурой испарения от  $-40$  до  $+5^{\circ}\text{C}$  при максимальной температуре наружного воздуха и конденсации соответственно равных  $50$  и  $65^{\circ}\text{C}$ . При понижении температуры воздуха, окружающего компрессор, до  $-20^{\circ}\text{C}$  его работу прекращают (при отрицательной наружной температуре компрессор работает лишь во время перевозки грузов, выделяющих большое количество тепла). Если температура наружного воздуха выше  $-10^{\circ}\text{C}$ , жалюзи 31 в стенах машинных отделений открывают с помощью привода 24, если температура наружного воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ , жалюзи закрывают.

Включение и выключение холодильно-отопительной установки для поддержания в грузовом помещении вагона заданной температуры воздуха осуществляется автоматически термостатами и дуостатами. В вагоне установлены три термостата и три дуостата, постоянно настроенные на определенную температуру и вводимые в работу выборочным переключателем. Уровень температур воздуха в грузовом помещении вагона в зависимости от положения выборочного переключателя иллюстрируется данными табл. IV—10.

Оттаивание испарителей холодильных установок обеспечивается горячими парами холодильного агента, которые при понижении давления в испарителе, из-за накопления на его поверхности инея, начинают подаваться через соленоидный вентиль, управляемый прессостатом в испаритель. Продолжительность подачи горячих паров холодильного

агента (60 мин) устанавливается с помощью реле времени.

Для сбора талой воды под испарителями установлены ванны, покрытые со стороны грузового помещения теплоизоляцией и оборудованные электронагревательными элементами (два элемента у каждого поддона мощностью по 0,2 кВт).

Дизель-генератор 26, питающий ток холодильно-отопительную установку, смонтирован на одной раме с отопительным прибором 27 (обеспечивающим в холодное время года разогрев топлива, блока цилиндров и картера дизеля перед его пуском), топливным баком 35 емкостью около 0,5 м<sup>3</sup>, топливным насосом 34 с электродвигателем мощностью 0,63 кВт, стартерной аккумуляторной батареей и канистрой емкостью 0,005 м<sup>3</sup> с топливом для подогревательной установки.

---

*Техническая характеристика  
дизель-генератора*

Параметры дизеля	
тип	4NVD 12,5/9
количество цилиндров	4
диаметр цилиндра, мм	90
ход поршня, мм	125
рабочий объем цилиндров, см <sup>3</sup>	3180
мощность при 1500 мин <sup>-1</sup> , кВт (л. с.)	20,2 (27,5 л. с.)
Параметры генератора	
тип	DCBS 30-4/4
номинальная мощность, кВ·А	16,5
напряжение, В	390,0
сила тока, А	24,4
коэффициент мощности	0,8
частота, Гц	50
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1500

---

Охлаждение цилиндров дизеля воздушное. Дизель оборудован автоматическим стоп-устройством, которое останавливает его при снижении давления масла до 9,8—14,7 кПа (1—1,5 кгс/см<sup>2</sup>), повышении температуры масла сверх 95°С, перегрузке агрегата и разрыве клиновидного ремня, приводящего в движение вентилятор, который подает воздух для охлаждения дизеля и генератора постоянного тока. Стоп-устройство может выключать дизель при срабатывании термостата холодильно-отопительной установки. Генератор — четырехполюсный переменного тока, с внешними полюсами.

Коммутация электрокабелей позволяет каждому дизель-генератору работать на любую холодильно-отопительную установку. Обычно каждый генератор работает на холо-

дильно-отопительную установку, размещенную в том же машинном отделении. Один дизель-генератор включают на непрерывную работу, а другой — на автоматическую. При срабатывании термостата холодильно-отопительной установки дизель-генератор, включенный на автоматическую работу, выключается стоп-устройством, а второй продолжает работать непрерывно.

Грузовое помещение автономного рефрижераторного вагона имеет приборы приточно-вытяжной вентиляции и контроля температуры.

Небольшое количество автономных рефрижераторных вагонов поставлено заводом «Дессау» со служебными помещениями. Эти вагоны используются мясной и молочной промышленностью для перевозки эндокринного сырья.

Автономные рефрижераторные вагоны с кузовом длиной 21 м имеют конструкцию аналогичную конструкции вагонов с кузовом длиной 19 м, только машинное оборудование их имеет другую мощность.

*5-вагонная рефрижераторная секция* БМЗ состоит из четырех грузовых вагонов с длиной кузова 21 м и одного вспомогательного вагона с дизель-электростанцией и служебным помещением, расположенного в середине состава секций. У секций первых выпусков длина кузова вспомогательного вагона 16 м, а у секций последних выпусков — 17 м.

Каждый грузовой вагон секции (рис. IV—18) имеет грузовое помещение и машинное отделение. Теплоизоляция стен и крыши вагона выполнена из мипоры, обернутой гидроизоляционной пленкой ПК-1. Толщина слоя теплоизоляции в боковых стенах 217 мм, в торцевых — 290 мм и в крыше — 234 мм.

У вагонов секций первых выпусков пол грузовых помещений выполнен из шпатов, заполненных мипорой с толщиной слоя 188 мм, покрытых стеклопластиком; у вагонов секций последних выпусков — из брусьев, уложенных на металлический настил рамы вагона, пакетов мипоры толщиной 185 мм, размещенных между брусьями и настилом из досок. Со стороны грузового помещения пол покрывали первоначально палубной мастикой, а затем — листами резины, толщиной 4 мм. Часть секций выпущена с грузовыми вагонами, пол которых изолирован полистиролом, а вагоны секций последних лет полностью изолированы полистиролом.

В соответствии с техническими условиями на поставку значение среднего коэффициента теплопередачи грузовых помещений, отнесенное к площади наружной поверхности, определенной без учета гофр, у новых вагонов должно быть при неработающих вентиляторах

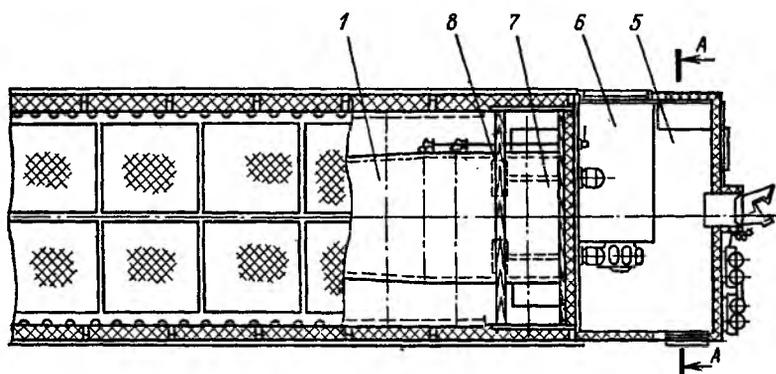
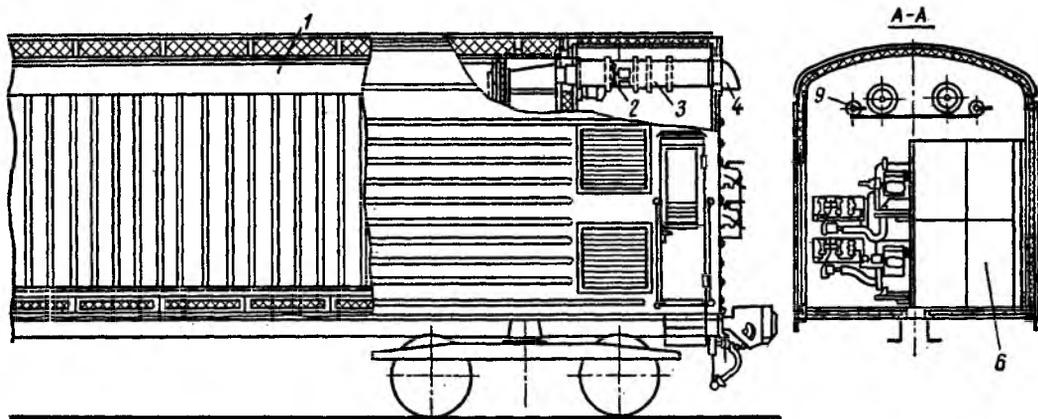


Рис. IV-18. Грузовой вагон 5-вагонной рефрижераторной секции БМЗ:

1, 3 — воздуховоды; 2, 8 — вентиляторы; 4 — отверстие для забора свежего воздуха; 5 — машинное отделение; 6 — компрессорно-конденсаторные агрегаты; 7 — воздухоохладитель; 9 — рукоятки заслонок.

воздухоохладителя не более  $0,32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  [ $0,28 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$ ]; при работающих вентиляторах не более  $0,36 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  [ $0,31 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$ ]. После года эксплуатации допускается увеличение коэффициента теплопередачи при неработающих вентиляторах воздухоохладителя не более чем до  $0,36 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

На пол грузового помещения уложены напольные решетки, шарнирно прикрепленные к боковым стенам, которые выполнены из алюминиевого сплава. На опоры решеток надеты резиновые амортизаторы, предохраняющие покрытие пола от повреждений при опускании решеток. Для удаления промывочной воды и конденсата в полу предусмотрены два отверстия (расположенные по диагонали), снабженные гидравлическими затворами.

Погрузочные двери грузовых вагонов —

одностворчатые, прислонные (размеры проема  $2200 \times 2000 \text{ мм}$ ) с двойным резиновым уплотнением мест прилегания полотна к дверной обвязке.

Начиная с 1969 г. часть секций выпускают с грузовыми вагонами, оборудованными балками с крючьями для подвески мясных туш.

В машинном отделении 5 расположены две холодильные установки, работающие на фреоне-12, и электрощит. Компрессорно-конденсаторные агрегаты 6 смонтированы каждый на своей раме и установлены в машинном отделении в два яруса на общем каркасе. Расположение цилиндров компрессора веерное. У перегородки, отделяющей машинное отделение от грузового помещения, со стороны последнего расположены испарители обеих холодильных установок, над которыми помещены электропечи.

**Техническая характеристика  
холодильно-отопительной установки ВР-1М**

<b>Параметры компрессора</b>	
количество цилиндров	8
диаметр цилиндра, мм	67,5
ход поршня, мм	50,0
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	960
объем, описываемый поршнем, м <sup>3</sup> /ч	82,5
<b>Холодопроизводительность установки, Вт(ккал/ч)</b>	
$t_0 = -28^{\circ}\text{C}; t_k = 45^{\circ}\text{C}$	6600 (5700)
$t_0 = -14^{\circ}\text{C}; t_k = 50^{\circ}\text{C}$	13900 (12000)
<b>Площадь поверхности теплопередачи, м<sup>2</sup></b>	
конденсатора	90
испарителя	87,5
<b>Мощность электродвигателя, кВт</b>	
компрессора	10
вентиляторов конденсатора и воздухоохладителя	2,8 кВт
<b>Мощность электропередачи</b>	
	5 кВт

У секций первых выпусков оттаивание испарителей осуществляется путем включения электронагревателей мощностью 5 кВт (сопровождается резким повышением температуры воздуха в грузовом помещении вагона), у секций последних выпусков — методом подачи в испаритель горячего холодильного агента (процесс оттаивания не автоматизирован).

Для автоматического управления работой холодильно-отопительных установок установлены регуляторы температуры типа ПТР-2М со ступенчатой установкой температуры включения и выключения холодильных машин и печей (табл. IV—11)

Приборы регулирования температуры имеют погрешность, не превышающую  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Грузовое помещение вагонов оборудовано приборами принудительной приточно-вытяжной вентиляции.

Температура воздуха в грузовых помещениях вагонов контролируется термометрами сопротивления, показания которых снимаются с помощью переносной термостанции. Кроме того, в кабине управления дизель-электростанции установлен прибор, показывающий и записывающий температуру в грузовых помещениях. Приборы контроля температуры имеют погрешность измерения  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  и шкалу с ценой деления не более  $1^{\circ}\text{C}$ .

Вагон с дизель-электростанцией (рис. IV—19) имеет дизельное отделение I,

кабину управления (щитовое отделение) II, салон-кухню III, котельное помещение IV, туалет-душевую V, тамбур VI, отделение для отдыха бригады, сопровождающей секцию, VII и аккумуляторную VIII.

В дизельном отделении размещены два дизель-генератора 4 и 5. Запас топлива, воды и масла обеспечивает работу дизелей в течение 8 суток. Дизели шестицилиндровые, четырехтактные, вихрекамерные, с воспламенением от сжатия, бескомпрессорные, простого действия, неревверсивные, с наддувом. Дизели имеют стартерный запуск от кислотных аккумуляторных батарей 37 напряжением 24 В, емкостью 128—180 А·ч, автоматическую защиту от повышения температуры охлаждающей воды и масла, снижения давления масла и уровня воды в системе охлаждения и повышения числа оборотов. Водяные и масляные радиаторы 3 и 9 дизелей, установленные в воздуховодах, расположенных под крышей вагона, охлаждаются воздухом, который забирается установленными в воздуховодах вентиляторами с электродвигателями мощностью по 4 кВт, имеющими производительность около 22 000 м<sup>3</sup>/ч при частоте вращения 1500 мин<sup>-1</sup>. Воздух забирается через отверстия в боковой стене и выбрасывается через отверстия в противоположной стене вагона. Отверстия закрыты жалюзи, позволяющими регулировать подачу воздуха на радиаторы в зависимости от уровня температуры наружного воздуха.

Каждый дизель-генератор обеспечивает электроэнергией половину потребителей секции. Параллельная работа двух генераторов на одни шины не допускается. При работе одного генератора напряжение может подаваться на шины всех вагонов секции; в этом случае необходимо выключить часть потребителей.

Цепи освещения, электродвигатель котла водяного отопления вспомогательного вагона,

Таблица IV—11

*Температура воздуха в грузовом помещении, °C*

Положение переключателя	Охлаждение		Отопление	
	включенное	выключенное	включенное	выключенное
I	13	11	11	13
II	6	3	3	6
III	0	—3	—3	0
IV	—9	—12	—	—
V	—17	—20	—	—

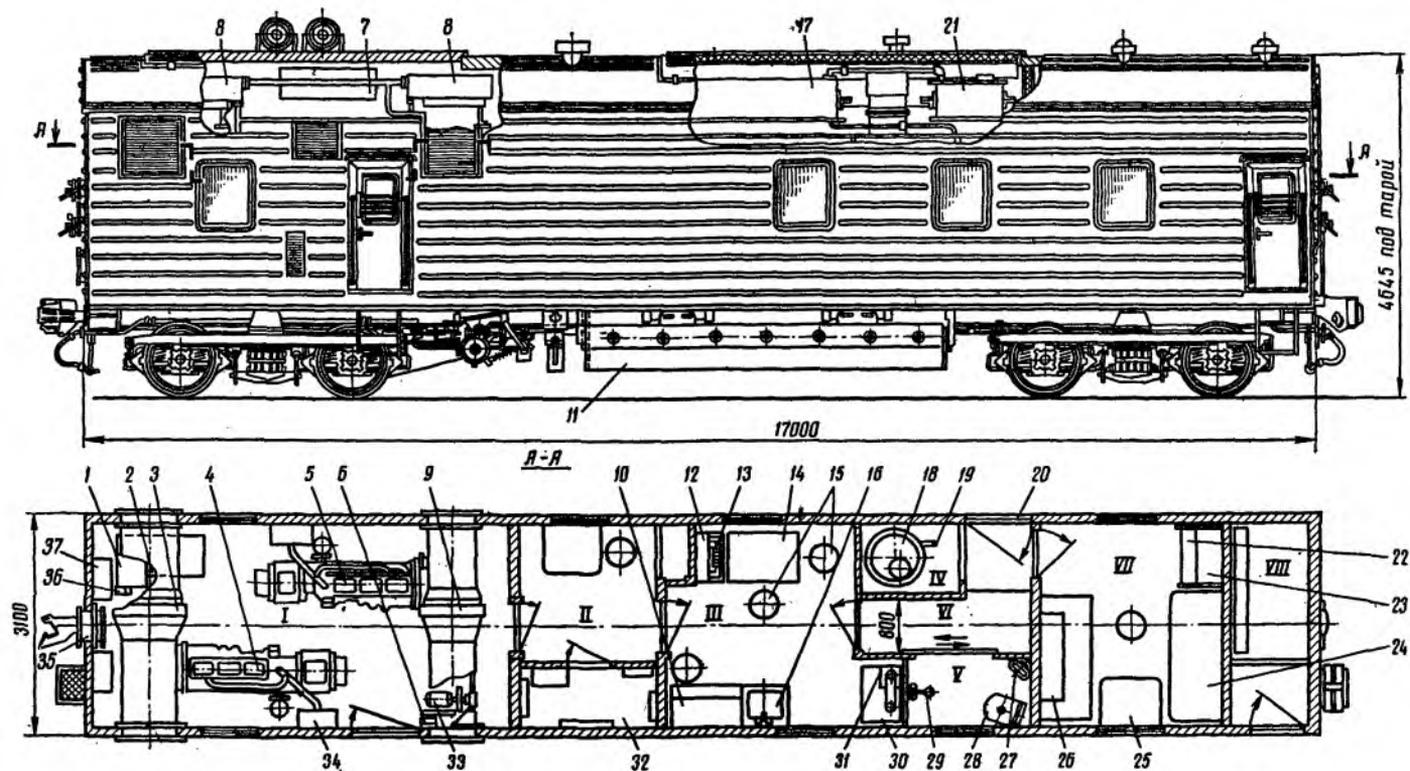


Рис. IV-19. Вагон с дизель-электростанцией и служебным помещением 5-вагонной рефрижераторной секции БМЗ:

I — дизельное отделение; II — кабина управления; III — салон-кухня; IV — котельное помещение; V — туалет-душевая; VI — тамбур; VII — отделение для отдыха бригады; VIII — аккумуляторная;

1 — масляный бак; 2 — верстак; 3 — радиаторы первого дизеля; 4, 5 — дизель-генераторы; 6 — ручной топливный насос; 7, 17, 21 — баки для воды; 8 — баки для топлива; 9 — радиаторы второго дизеля; 10 — холодильник; 11 — топливные баки; 12 — полка; 13 — радиоприемник; 14, 25 — столы; 15 — кресла; 16 — раковина-мойка; 18 — котел отопления; 19 — насос отопления; 20 — дверь; 22, 26 — шкафы; 23 — шкаф для постельных принадлежностей; 24 — спальные диваны; 27 — раковина умывальника; 28 — унитаз; 29 — душевая лейка; 30 — плита для приготовления пищи; 31 — подогреватель воды для душа; 32 — главный распределительный щит; 33 — топливный электронасос; 34 — коробка фильтров; 35 — вентиляторы; 36 — масляный насос; 37 — стартерные батареи.

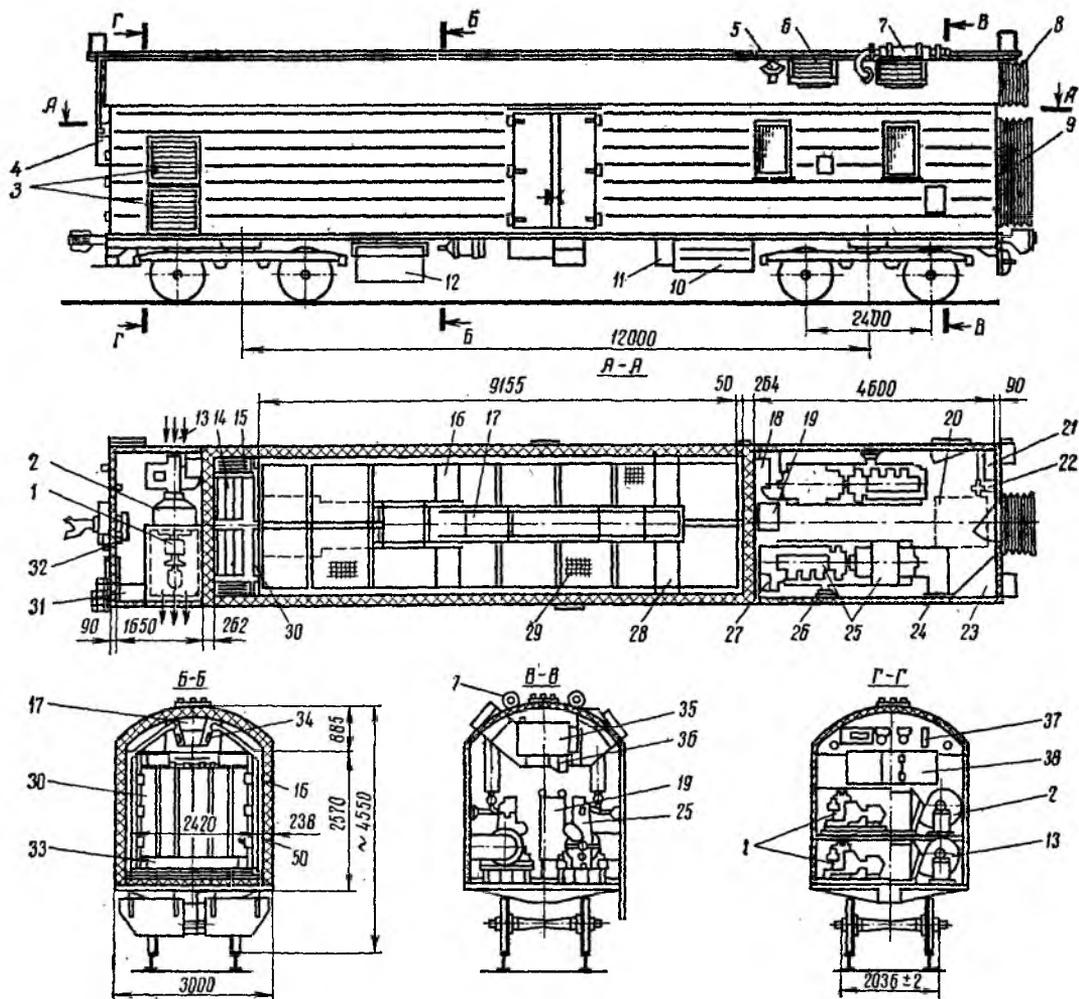


Рис. IV-20. Вагон № 3 с дизель-электростанцией 5-вагонной рефрижераторной секции:

1 — компрессорно-конденсаторный агрегат; 2 — вентилятор конденсатора; 3 — отверстие для выхода воздуха; 4 — щит контроля температуры; 5 — дефлектор; 6 — отверстие для выхода воздуха; 7 — выхлопная труба; 8 — гармоника трубопроводов отопления; 9 — защитная гармоника перехода в служебное помещение; 10 — аккумуляторная батарея; 11 — ящик для запасных частей; 12 — бак для топлива; 13 — отверстие для выхода воздуха; 14 — воздухоохладитель; 15 — электропечь; 16, 28 — боковые воздуховоды; 17 — воздуховод; 18 — шкаф; 19 — бак для масла; 20 — бак для воды; 21 — щит для контроля температуры; 22 — верстак с тисками; 23 — главный распределительный щит; 24 — отверстие для выхода воздуха, охлаждающего генератор; 25 — дизель-генератор; 26 — отверстие для выхода воздуха; 27 — топливный насос; 29 — напольная решетка; 30 — циркуляционный щит; 31 — щит машинного отделения; 32 — электропечь; 33 — циркуляционная щель; 34 — отверстие для выхода холодного воздуха; 35 — расходный топливный бак; 36 — радиатор дизеля; 37 — электродвигатели вентиляторов воздухоохладителя; 38 — рукоятки заслонок воздуховодов

цепи управления холодильно-отопительных установок, контроля температуры, бытового холодильного шкафа и радиустановки питаются током от аккумуляторной батареи емкостью 380 А·ч, напряжением 52 В, зарядка

которой производится во время движения секции от подвагонного генератора мощностью 8 кВт, приводимого в действие от оси вагона.

Дизельное помещение имеет принудительную приточно-вытяжную вентиляцию.

**Техническая характеристика  
дизель-генератора (ДГМА-75)**

Параметры дизеля	
индекс	6ГН12/14
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1500
мощность, кВт (л. с.)	84,5 (115)
Температура масла на выходе из двигателя, °С	
нормальная	70—90
максимально допустимая	95
Температура воды на выходе из двигателя, °С	
нормальная	80—90
максимально допустимая	105
Параметры генератора	
тип	Е-СС-5-93-ЧМ-101В
рабочее напряжение, В	400
частота, Гц	50
номинальная мощность при $\cos \varphi = 0,8$ , кВт	75

**5-вагонная секция завода «Дессау» с четырьмя грузовыми вагонами.**

Секция состоит из четырех грузовых вагонов с длиной кузова 21 м и вагона с дизель-электростанцией и служебным помещением, расположенного в середине состава секции. Грузовые вагоны секции по конструкции кузова, ходовых частей, тормозного и сцепного оборудования, приборов отопления и охлаждения аналогичны автономным рефрижераторным вагонам с длиной кузова 19 м, поставляемым этим же заводом, и отличаются от них только тем, что не имеют дизель-генераторных установок.

В вагоне с дизель-электростанцией размещены два дизель-генератора таких же, как в секциях завода «Дессау» с пятью грузовыми вагонами, один вспомогательный дизель-генератор, аналогичный установленным в автономном рефрижераторном вагоне, и служебное помещение.

**5-вагонная секция завода «Дессау» с пятью грузовыми вагонами.** Каждый вагон секции имеет грузовое помещение и машинное отделение, в котором размещены компрессор-конденсаторные агрегаты холодильных установок. Вагон № 3 (рис. IV—20), расположенный в середине состава секции, кроме грузового помещения и машинного отделения имеет помещение дизель-электростанции, а смежный с ним вагон № 2 — служебное помещение, соединенное с помещением дизель-электростанции переходной площадкой с защитной гармоникой.

Теплоизоляция вагонов — мипора, обернутая в перфоль. В грузовых помещениях толщина слоя теплоизоляции стен 234, потолка 230 и пола 140 мм (в среднем), в машинном, служебном и дизельном отделениях — соответственно 87, 90 и 86 мм.

Средний коэффициент теплопередачи грузовых помещений, отнесенный к площади их наружной поверхности, определенной с учетом гофр обшивки у вагонов секции, при поступлении с завода составлял 0,30 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [0,26 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С)]. По мере старения теплоизоляции коэффициент теплопередачи увеличивается и к заводскому ремонту (через 6 лет эксплуатации) становится равным 0,64—0,70 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [0,55—0,60 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С)]. При ремонте значение коэффициента теплопередачи не восстанавливается до первоначального.

Двери грузовых помещений двухстворчатые с шириной проема 1430 мм и высотой 2032 мм имеют тройное резиновое уплотнение створок. Напольные решетки высотой 112 мм — металлические, оцинкованные. В полу грузовых помещений расположены сливные трубы с гидравлическими затворами.

Холодильное оборудование каждого вагона состоит из двух холодильных установок с воздухоохладителями непосредственного кипения фреона-12, расположенными в грузовом помещении у перегородки, отделяющей его от машинного отделения.

**Техническая характеристика холодильной  
установки секции**

Параметры компрессора	
количество цилиндров	2
диаметр цилиндра, мм	90
ход поршня, мм	90
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	710
мощность электродвигателя, кВт	
у секций первых выпусков	6
у секций последних выпусков	7
Площадь поверхности теплопередачи, м <sup>2</sup>	
конденсатора	76
испарителя	74
Производительность вентилятора, м <sup>3</sup> /ч	
конденсатора	5000
воздухоохладителя	5500
Мощность электродвигателя вентилятора, кВт	
конденсатора	1,5
воздухоохладителя	1,1
Холодопроизводительность установки, Вт/(ккал/ч)	
при перевозке мороженого груза	5500
( $t_0 = -25^\circ\text{C}$ ; $t_k = 45^\circ\text{C}$ ; $t_u = 35^\circ\text{C}$ )	(4750)
при охлаждении плодов и овощей	12880
( $t_0 = -10^\circ\text{C}$ ; $t_k = 45^\circ\text{C}$ ; $t_u = 35^\circ\text{C}$ )	(11100)

Холодильные установки могут управляться автоматически в зависимости от колебания температуры воздуха в грузовых помещениях в задаваемых пределах, включаться и выключаться из машинного отделения данного вагона и дистанционно из помещения дизель-электростанции.

Для оттаивания испарителей включают электропечи мощностью 8 кВт.

Грузовые помещения вагонов секции отапливаются электропечами мощностью 6 кВт.

Производительность приборов приточно-вытяжной вентиляции 300 м<sup>3</sup>/ч. Контроль температуры воздуха в грузовых помещениях осуществляется термистровыми термометрами и термометрами сопротивления.

Энергоснабжение холодильных установок и электропечей обеспечивается двумя дизель-генераторами, смонтированными в вагоне № 3. Мощность каждого четырехцилиндрового, четырехтактного, бескомпрессорного дизеля 4NVD-21 66,7 кВт (90 л.с.) при частоте вращения 1000 мин<sup>-1</sup>. У секций первых выпусков запуск дизелей стартерный от аккумуляторной батареи напряжением 12 В. Дизели секций последних выпусков запускаются сжатым воздухом, баллоны с которым расположены над дизелями. Дизели непосредственно соединены с генераторами трехфазного тока мощностью 70 кВт·А (56 кВт при cos φ = 0,8), напряжением 220/380 В.

23-вагонный рефрижераторный поезд состоит из 20 грузовых вагонов, вагона с дизель-электростанцией, вагона-машинного отделения и служебного вагона для обслуживающей бригады.

Вагоны поезда (длина кузова 15 м) изолированы пакетами мипоры, обернутыми в перфоль. Толщина слоя теплоизоляции стен, потолка и пола грузовых вагонов составляет соответственно 193, 236 и 112 мм. У новых вагонов коэффициент теплопередачи, отнесенный к площади наружной поверхности, определенной с учетом гофр, составлял 0,37 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [0,32 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С)]. В процессе эксплуатации поезда из-за старения и увлажнения мипоры коэффициент теплопередачи увеличивается до 0,46—0,75 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Грузовые вагоны отапливаются электропечами мощностью по 6 кВт. Для выравнивания температуры воздуха в грузовом помещении при работе электропечей вагоны оборудованы приборами принудительной циркуляции.

В вагоне-машинном отделении смонтированы аммиачные холодильные установки с конденсаторами воздушного охлаждения. Грузовые вагоны охлаждаются рассолом.

### Техническая характеристика холодильной установки

Параметры компрессора	
количество цилиндров	4
диаметр цилиндра, мм	160
ход поршня, мм	120
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	440
мощность электродвигателя, кВт	40
Площадь поверхности теплопередачи, м <sup>2</sup>	
конденсатора	800
кожухотрубного рассольного испарителя	35,5
Мощность электродвигателя вентилятора конденсатора при 1000 мин <sup>-1</sup> , кВт	
	12
Производительность вентилятора при сопротивлении 637 Па (65 мм вод. ст.) и частоте вращения 1730 мин <sup>-1</sup> , м <sup>3</sup> /ч	
	3800
Мощность электродвигателя рассольного насоса, кВт	
	9
Производительность рассольного насоса, м <sup>3</sup> /ч	
	35
Холодопроизводительность при t <sub>0</sub> = -15°C; t <sub>к</sub> = 30°C и t <sub>д</sub> = 25°C, (88 000) Вт(ккал/ч)	
	102340

Схема рассолопроводов и батарей рефрижераторного поезда показана на рис. IV—21.

В вагоне с дизель-электростанцией установлены два дизеля мощностью по 73,6 кВт (100 л.с.) при 750 мин<sup>-1</sup> с генераторами трехфазного тока мощностью по 60 кВт при cos φ = 0,8 и один вспомогательный дизель мощностью 44 кВт (60 л.с.) при 1500 мин<sup>-1</sup> с генератором мощностью 30,5 кВт (cos φ = 0,8).

Под служебным вагоном подвешена аккумуляторная батарея емкостью 360 А·ч, питающая ток цепи управления и освещения. Батареи заряжаются от основных и вспомогательного дизель-генераторов через выпрямитель тока.

21-вагонный рефрижераторный поезд. Он состоит из 18 грузовых и трех вспомогательных вагонов, размещенных в середине состава. Все вагоны имеют длину кузова 17 м.

Теплоизоляция вагонов выполнена из плит полистирола. Коэффициент теплопередачи ограждения грузовых вагонов, отнесенный к площади их наружной поверхности, равен 0,32 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [0,28 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С)].

Двери грузовых вагонов размером 2200 × 2000 мм одностворчатые прислонные, задвижные, с двойным резиновым уплотнением. Напольные решетки металлические, на опоры их надеты резиновые амортизаторы. Пол грузового помещения покрыт резиной.

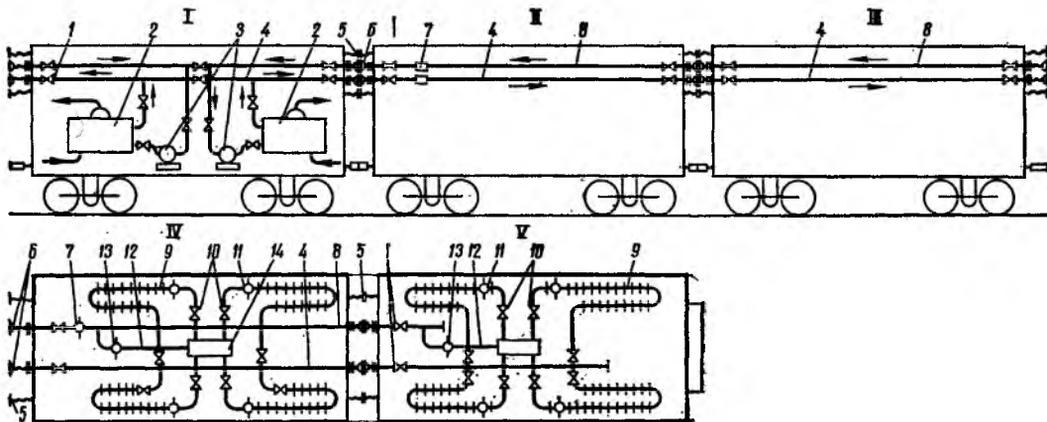


Рис. IV-21. Схема рассолопроводов и батарей 23-вагонного рефрижераторного поезда:

I — вагон-машинное отделение; II — вагон с дизель-электростанцией; III — служебный вагон; IV — грузовой вагон без тормозной площадки в плане; V — грузовой вагон с тормозной площадкой (хвостовой) в плане; 1 — запорные вентили; 2 — испаритель; 3 — рассольный насос; 4 — прямой рассолопровод; 5 — защитные гармошки межвагонных рассольных соединений; 6 — рассольные рукава с соединительными головками; 7 — вентиль для выпуска воздуха и предохранительный клапан; 8 — обратный магистральный рассолопровод; 9 — рассольные батареи; 10 — запорные вентили, позволяющие регулировать подачу рассола в батареи; 11 — пробка на резьбе для выпуска рассола из батарей; 12 — питающий рассолопровод; 13 — электромагнитный вентиль; 14 — распределитель рассола.

Под потолком грузового вагона размещены четырехсекционные рассольные батареи, магистральные рассолопроводы и поддоны.

Приборы принудительной циркуляции воздуха состоят из двух вентиляторов с мощностью электродвигателей по 0,45 кВт и производительностью по 1500 м<sup>3</sup>/ч. Они предназначены для ускорения процесса охлаждения плодов и овощей, увеличения холодоотдачи рассольных батарей и получения более равномерной температуры воздуха по всему объему вагона.

Грузовое помещение отапливается двумя электропечами мощностью по 4 кВт.

Вентиляционная установка грузового вагона состоит из вентилятора с электродвигателем мощностью 0,45 кВт и двух вытяжных дефлекторов.

Контроль температуры в грузовых вагонах осуществляется термистровыми термометрами, показания которых снимаются из вагона с дизель-электростанцией, и термистровыми термометрами, показания которых снимаются с помощью переносной термостанции.

В вагоне-машинном отделении (рис. IV—22) смонтированы две холодильные установки двухступенчатого сжатия аммиака с конденсаторами воздушного охлаждения, работа которых автоматизирована.

#### Техническая характеристика холодильной установки

Параметры компрессора низкого давления	
количество цилиндров	4
диаметр цилиндра, мм	120
ход поршня, мм	85
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1000
Параметры компрессора высокого давления	
количество цилиндров	2
диаметр цилиндра, мм	120
ход поршня, мм	85
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	830
Площадь поверхности теплопередачи, м <sup>2</sup>	
конденсатора	480
рассольного кожухотрубного испарителя	45
Мощность электродвигателя вентилятора конденсатора, кВт	16
Количество вентиляторов	2
Производительность двух вентиляторов, м <sup>3</sup> /ч	69600
Производительность рассольного насоса, м <sup>3</sup> /ч	45
Мощность электродвигателя рассольного насоса, кВт	17
Холодопроизводительность, Вт(ккал/ч)	
$t_0 = -20^{\circ}\text{C}; t_k = 49^{\circ}\text{C}$	87000 (75 000)
$t_0 = -10^{\circ}\text{C}; t_k = 52^{\circ}\text{C}$	130000 (112000)

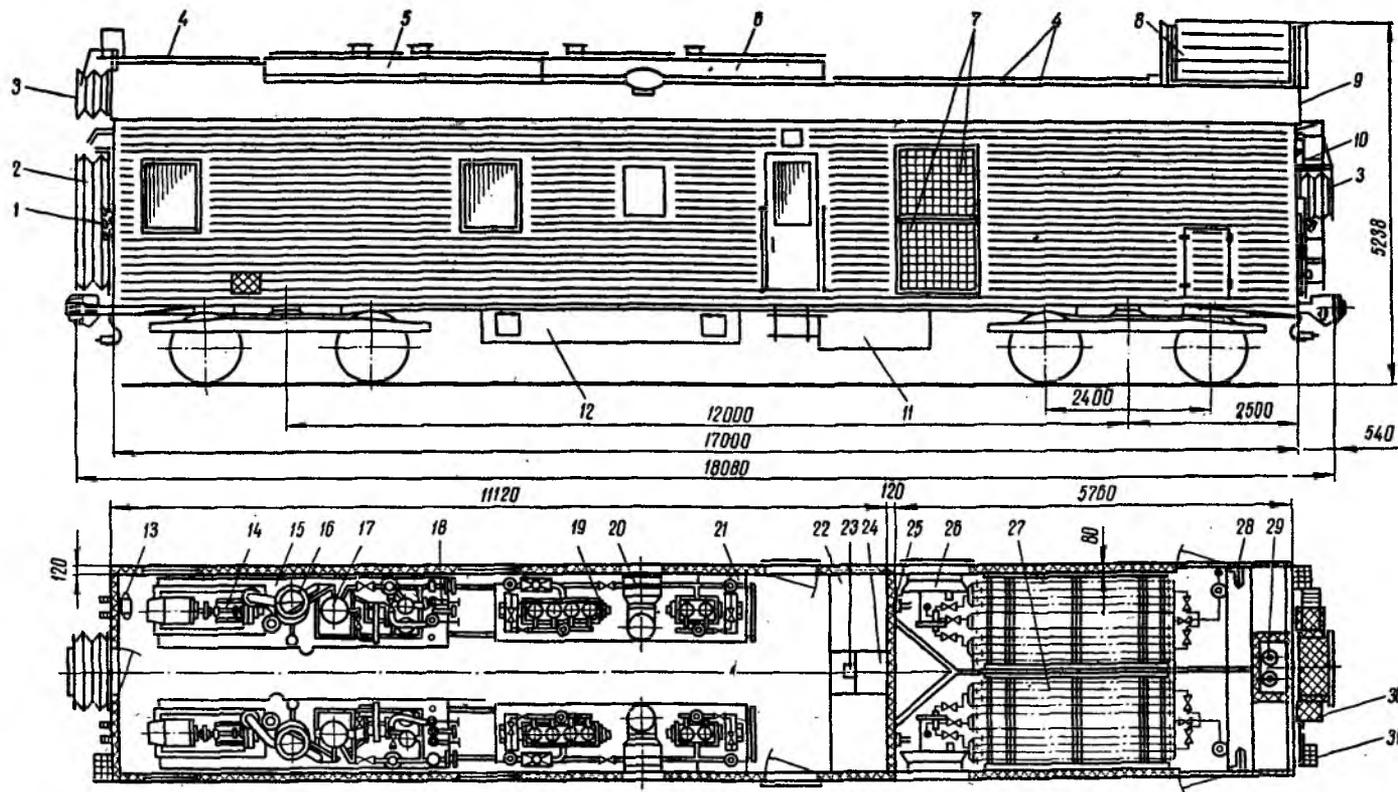


Рис. IV-22. Вагон-машинное отделение 21-вагонного рефрижераторного поезда:

1—розетка междувагонных соединительных кабелей; 2—защитная гармоника междувагонного перехода; 3—защитная гармоника магистральных рассолопроводов; 4—мостики; 5—компенсационный рассольный бак; 6—запасной рассольный бак; 7—отверстие для выхода воздуха из конденсатора; 8—колпак shaft конденсаторов; 9—люк на торцевой стене; 10—лестница; 11—ресивер, закрытый кожухом; 12—ящик с электрооборудованием и запасными частями; 13—огнетушитель; 14—рассольный насос; 15—рассольный испаритель; 16—промежуточный сосуд; 17—маслоотделитель; 18—регулирующая станция; 19—компрессоры; 20—охладители (радиаторы) компрессоров; 21—электропечь; 22—распределительный щит; 23—переговорное устройство; 24—щит контроля температуры; 25—перегородка; 26—вентиляторы конденсатора; 27—конденсатор; 28—термометр сопротивления; 29—междувагонные рассолопроводы; 30—откидная площадка; 31—подножка для составителя.

Холодный рассол насосом подается в батареи грузовых вагонов по прямому магистральному трубопроводу. Отопленный рассол возвращается в машинное отделение по обратному магистральному трубопроводу. Магистральные рассолопроводы изолированы. Они проходят через все вагоны поезда под потолком вагонов. Между вагонами магистральные рассолопроводы соединены гибкими рукавами из прорезиненной материи. Рукава имеют по концам специальные головки с клапанами, не позволяющими рассолу вытекать при расцепке вагонов. Для защиты от потерь холода межвагонные соединения рассолопроводов заключены в гармоникки из прорезиненной материи, изолированные войлоком и прикрепленные к торцовым стенам вагонов. Гармоникки смежных вагонов соединены шарнирными болтами. В вагоне с дизель-электростанцией установлены четыре основных дизель-генератора и один вспомогательный. Работа основных дизель-генераторов синхронизирована.

Основные дизели мощностью по 103 кВт (140 л.с.) при частоте вращения 1000 мин<sup>-1</sup> непосредственно соединены с генераторами трехфазного тока напряжением 225/390 В, частотой 50 Гц, имеющими номинальную мощность 112 кВт·А (90 кВт при cos φ = 0,8).

Вспомогательный дизель мощностью 18,4 кВт (25 л.с.) при частоте вращения 1500 мин<sup>-1</sup> соединен с генератором трехфазного тока напряжением 390 В, номинальной мощностью 10 кВт·А (15 кВт при cos φ = 0,8).

Приборы постоянного тока могут питаться через выпрямитель от основных или вспомогательных дизель-генераторов, а также от аккумуляторной батареи емкостью 360 А·ч, напряжением 52 В, расположенной под вагоном со служебным помещением. Зарядка батареи производится от осевого генератора или от дизель-генераторов поезда.

*12-вагонная рефрижераторная секция* состоит из десяти грузовых вагонов, вагона машинного отделения и вагона с дизель-электростанцией и со служебным помещением. Все вагоны имеют длину кузова 17 м.

Теплоизоляция вагонов выполнена из плит мипоры, обернутых в перфолью. У грузовых вагонов толщина слоя теплоизоляции стен, потолков и пола равна соответственно 233, 231 и 140 мм, а у вспомогательных вагонов — 87, 90 и 86 мм. Средний коэффициент теплопередачи кузова новых грузовых вагонов при проверке оказался равным 0,31 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [0,27 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С)]. По мере старения теплоизоляции он значительно увеличивается. Холодильное оборудование грузовых вагонов такое же, как у 21-вагонного поезда. Отапливаются вагоны двумя электропечами общей мощностью 8 кВт. Печи могут включаться на полную и половинную мощность.

Две холодильные аммиачные установки смонтированы в вагоне-машинном отделении. Подача холодного рассола в охлаждающие батареи вагонов, включение и выключение электропечей автоматизированы в зависимости от колебания температуры воздуха в грузовом помещении в пределах, устанавливаемых в зависимости от вида перевозимого груза.

При температуре наружного воздуха выше 15°С холодильные установки работают с двухступенчатым сжатием. Работа холодильных установок регулируется автоматически.

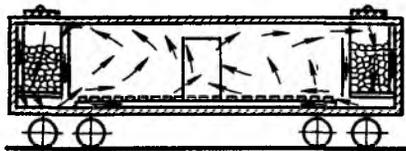
#### Техническая характеристика холодильной установки

Параметры компрессора низкого давления	
количество цилиндров	2
диаметр цилиндра, мм	160
ход поршня, мм	120
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	480
мощность электродвигателя, кВт	20
Параметры компрессора высокого давления	
количество цилиндров	2
диаметр цилиндра, мм	120
ход поршня, мм	80
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	430
мощность электродвигателя, кВт	14
Площадь поверхности теплопередачи конденсатора с воздушным охлаждением, м <sup>2</sup>	730
Параметры вентилятора конденсатора	
мощность электродвигателя, кВт	14
производительность, м <sup>3</sup> /ч	50000
Площадь поверхности теплопередачи рассольного испарителя, м <sup>2</sup>	35
Параметры рассольного насоса	
мощность электродвигателя, кВт	9,2
производительность, м <sup>3</sup> /ч	35
Холодопроизводительность, Вт(ккал/ч)	
$t_0 = -20^{\circ}\text{C}; t_k = 45^{\circ}\text{C}; t_u = 40^{\circ}\text{C}$	54500 (47000)
$t_0 = -16^{\circ}\text{C}; t_k = 45^{\circ}\text{C}; t_u = 40^{\circ}\text{C}$	63800 (55000)

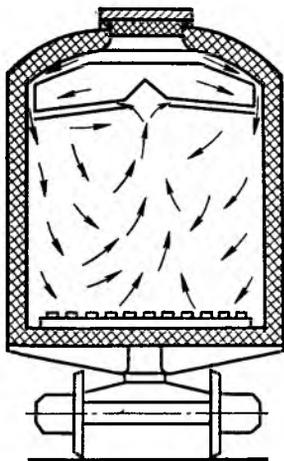
В помещении дизель-электростанции, которое занимает примерно половину вагона, примыкающую к вагону-машинному отделению, установлены три дизель-генератора. Каждый дизель-генераторный агрегат состоит из дизеля мощностью 66,7 кВт (90 л.с.) и генератора трехфазного переменного тока мощностью 70 кВт·А (56 кВт при cos φ = 0,8).

#### Вагоны-ледники

В зависимости от расположения приборов охлаждения различают вагоны-ледники с пристенными карманами и потолочными баками. Размещение приборов льдосоляного охлажде-



а



б

Рис. IV-23. Схема циркуляции воздуха при охлаждении вагона-ледника:

а) с пристенными карманами; б) с потолочными баками.

ния обуславливает направление естественной циркуляции воздуха в грузовом помещении вагона (рис. IV-23), от которого зависит степень равномерности температуры воздуха по всему объему вагона.

При расположении приборов охлаждения у торцовых стен температура воздуха в грузовом помещении весьма неравномерна как по длине, так и по высоте вагона. В зависимости от количества добавляемой к льду соли и ряда других факторов (таких, как длина грузового помещения) разность между максимальной и минимальной температурами воздуха достигает 10—15°C, что приводит к понижению качества перевозимого груза.

В вагоне с пристенными карманами температура воздуха значительно изменяется также в зависимости от площади рабочей поверхности льда в карманах, уменьшающейся по мере его таяния. Расчеты и практика эксплуатации вагонов-ледников показали, что максимальная длина кузова вагона с пристенными карманами (по условиям распределения

в нем температуры воздуха) не должна превышать 15 м.

Минимальная средняя температура воздуха в грузовом помещении вагонов-ледников с пристенными карманами при высокой наружной температуре (25—30°C) поддерживается на уровне не ниже —4°C.

Размещение приборов охлаждения под потолком позволяет получить достаточно равномерное распределение температур воздуха в вагоне. Благодаря тому что в потолочных приборах охлаждения рассол, образовавшийся от таяния льдосоляной смеси, удаляется не сразу, в вагоне отсутствуют резкие колебания температуры воздуха при уменьшении количества льда в приборах охлаждения. Это позволяет довести минимальный остаток льда в потолочных баках примерно до 20% их объема и производить повторное льдосолеоснабжение вагонов-ледников через 2—3 суток. Расположение приборов охлаждения под потолком, кроме того, дает возможность увеличить погрузочную площадь вагона на 25—30% по сравнению с площадью вагонов той же длины, с пристенными карманами. В вагонах с потолочными баками длина кузова вагона не ограничена. Эксплуатация вагонов-ледников с потолочными баками показала, что неисправность баков, циркуляционных щитов и устройств для отвода образующегося на поверхности баков конденсата часто приводит к подмоканию и порче груза. Очистка баков и особенно приборов слива рассола затруднена. Рассол поражает металлические конструкции кузова вагона коррозией, что резко сокращает срок службы вагонов-ледников с потолочными приборами охлаждения и приводит к быстрой потере ими теплоизоляционных качеств.

## Специальные вагоны

*Цистерна-термос для перевозки молока* (рис. IV-24) имеет сварной котел, изготовленный из нержавеющей стали или алюминиевых сплавов. Он разделен на три самостоятельные секции одинаковой вместимости. Это позволяет наливать молоко в цистерну разным отправителям и уменьшает влияние гидравлических ударов при толчках. Каждая секция сверху имеет люк-лаз, над которым приварен овальный колпак из стального листа. Колпак закрывается крышкой, имеющей резиновое уплотнение и плотно закрепляемой откидными барашковыми гайками.

Для предохранения молока от нагрева в теплый период года и замерзания зимой цистерна покрыта теплоизоляционным слоем, толщина которого определена исходя из допускаемого изменения температуры молока в течение суток: летом с 4 до 6°C и зимой с 8 до

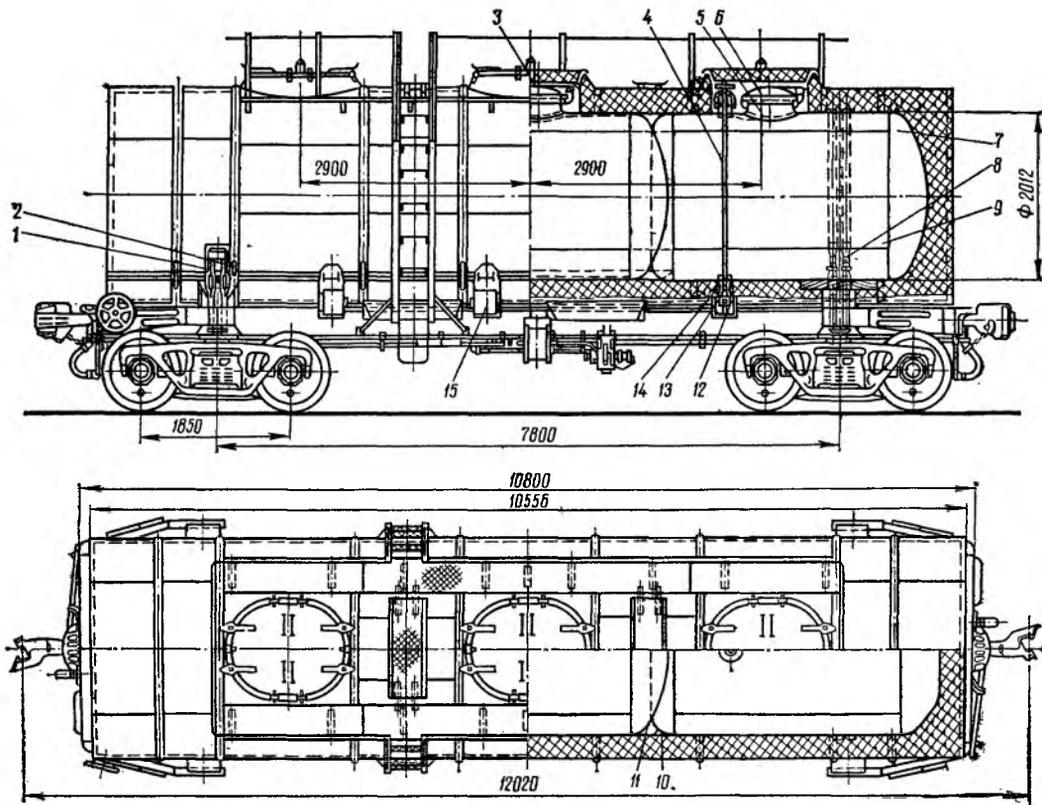


Рис. IV-24. Цистерна-термос для перевозки молока:

1 — натяжные муфты хомутов; 2 — натяжные хомуты; 3 — крышка колпака; 4 — штанга запорного клапана; 5 — люк-лаз; 6 — колпак над люком; 7 — днище котла; 8 — нарезная часть хомута; 9 — обечайка котла; 10 — кольцо для крепления перегородок котла; 11 — внутренние перегородки; 12 — штуцер сливной трубы; 13 — сливная труба секции; 14 — запорный клапан; 15 — металлический защитный кожух штуцера.

4°C при наружных температурах, соответственно равных +30 и -40°C.

Теплоизоляцией служат два слоя мипора толщиной 300 мм, уложенной в пакеты из полиамидной пленки — перфоль. С двух сторон мипора покрыта рубероидом, а снаружи — металлическим кожухом, внутренняя поверхность которого окрашена черной масляной краской, а наружная — белой. Расчетный коэффициент теплопередачи изоляционного слоя 0,58 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [0,5 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°C)].

Между колпаком люка-лаза и изолированным кожухом размещены приспособления для налива молока и контроля его уровня в секциях цистерны. Сюда же выведен маховик запорного клапана сливного устройства. Под каждой секцией расположена сливная труба, концы которой выведены на обе стороны

цистерны и перекрыты запорным клапаном. Сливное устройство закрыто кожухом. Слить молоко можно с помощью вакуум-насоса.

*Техническая характеристика цистерны-термоса для перевозки молока*

Грузоподъемность, т	31,2
Масса тары, т	23
Длина рамы цистерны, мм	10800
Длина цистерны по осям автосцепки, мм	12020
Длина котла, мм	9952
Вместимость котла, м <sup>3</sup>	37,2

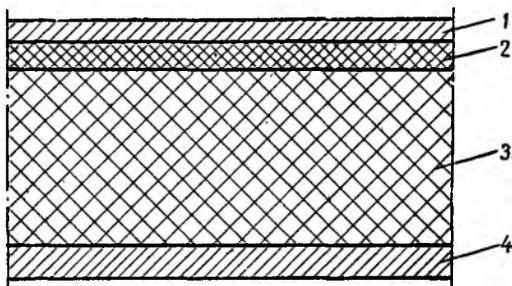


Рис. IV-25. Изоляция стенки цистерны-термоса для перевозки вино-водочных изделий:

1 — наружный кожух из стали Ст. 3 толщиной 1,5 мм; 2 — стеклоткань толщиной 1 мм; 3 — теплоизоляция МРТ-35 толщиной 250 мм; 4 — стенка цистерны из стали марки сталь X18H10T толщиной 9 мм.

*Цистерна-термос для перевозки вин* крепостью до 22°, коньяков крепостью 40—57°, коньячных спиртов крепостью 96,5° рассчитана на условия эксплуатации при температурах окружающего воздуха от +30 до —40°C, температуре виноматериалов при наливке (зимой не ниже 8°C, летом не выше 15°C) и при сливе (летом не выше 25°C, зимой не ниже —2°C).

Для защиты перевозимого продукта от влияния окружающей среды цистерна покрыта изоляцией толщиной 250 мм (рис. IV—25), изготовленной из матов теплоизоляции МРТ-35 ГОСТ 10499—67.

#### Техническая характеристика цистерны-термоса

Грузоподъемность, т	55,4
Масса тары, т	28
Длина рамы цистерны, мм	12020
Длина котла (наружная), мм	10300
Вместимость котла, м <sup>3</sup>	52,8
Коэффициент теплопередачи, отнесенный к площади наружной поверхности котла, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)[ккал/(м <sup>2</sup> ·ч·°C)]	0,28 (0,24)

*Вагон-цистерну для перевозки вина* (рис. IV—26) поставляет ГДР с 1953 г. Цельнометаллический кузов вагона-цистерны, изолированный мипорой, разделен на три отделения. В крайних отделениях установлены цистерны вместимостью по 13,7 м<sup>3</sup>. В середине вагона расположено служебное помещение (для проводника), перегородки которого изолированы слоем мипоры толщиной 75 мм.

Коэффициент теплопередачи кузова не превышает 0,6 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [0,52 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°C)]. Торцовые стены кузова делают съёмными для монтажа и демонтажа цистерн, наружный диа-

метр которых 1976 мм, длина 5840 мм, толщина стенок 10 мм и днища 12 мм. Внутри цистерны покрыты эмалью, которую следует предохранять от воздействия температуры ниже —10°C. Над каждой цистерной под потолком установлены компенсационные баки вместимостью по 0,3 м<sup>3</sup>.

Цистерны заполняются вином через трубы, выведенные в люки на крыше вагона. Для слива вина внизу цистерны установлен спусковой кран. Цистерны оборудованы люками для промывки и мерными стеклами для наблюдения за уровнем вина.

В зимнее время служебное помещение и помещения, в которых размещены цистерны, отапливаются котлом водяного отопления. Для охлаждения вина летом над цистернами установлены четыре бака для льда, слив талой воды из которых производится через сливные трубы под вагон. Над каждой парой баков в крыше вагона имеется люк с крышкой для загрузки льда. Температура в помещении для цистерн контролируется манометрическими термометрами.

#### Техническая характеристика вагона-цистерны

Грузоподъемность, т	32
Масса тары, т	43,6
Вместимость двух цистерн, м <sup>3</sup>	28
Масса льда, т	4
Длина рамы вагона, мм	13510
Размеры служебного помещения, мм	1800 × 2850

*Вагон для перевозки живой рыбы* (рис. IV—27) имеет изоляцию в стенах и крыше из мипоры, а в полу — из минеральной пробки или минеральной ваты. Пол вагона выполнен с уклоном к сливной трубе, расположенной в середине вагона.

В грузовом помещении установлены два бака объемом 17,2 и 13,3 м<sup>3</sup>, которые вмещают 24 т воды и 8 т рыбы.

Для уменьшения разбрызгивания воды в баках установлены волнорезы, а по периметру их — козырьки высотой 30 см. Рядом с меньшим баком установлен бачок для запаса воды. Оба бака имеют общую дырчатую стенку. Параллельно большому баку расположен бачок для хранения льда и снулой рыбы. Он вмещает 800 кг льда, который кладут в воду баков для ее охлаждения. На днище баков уложены деревянные решетки, к которым шарнирно прикреплены металлические. При выгрузке рыбы металлические решетки поднимаются с помощью поворотных кранов вагона, образуя уклон 30—35° в сторону междверного пространства.

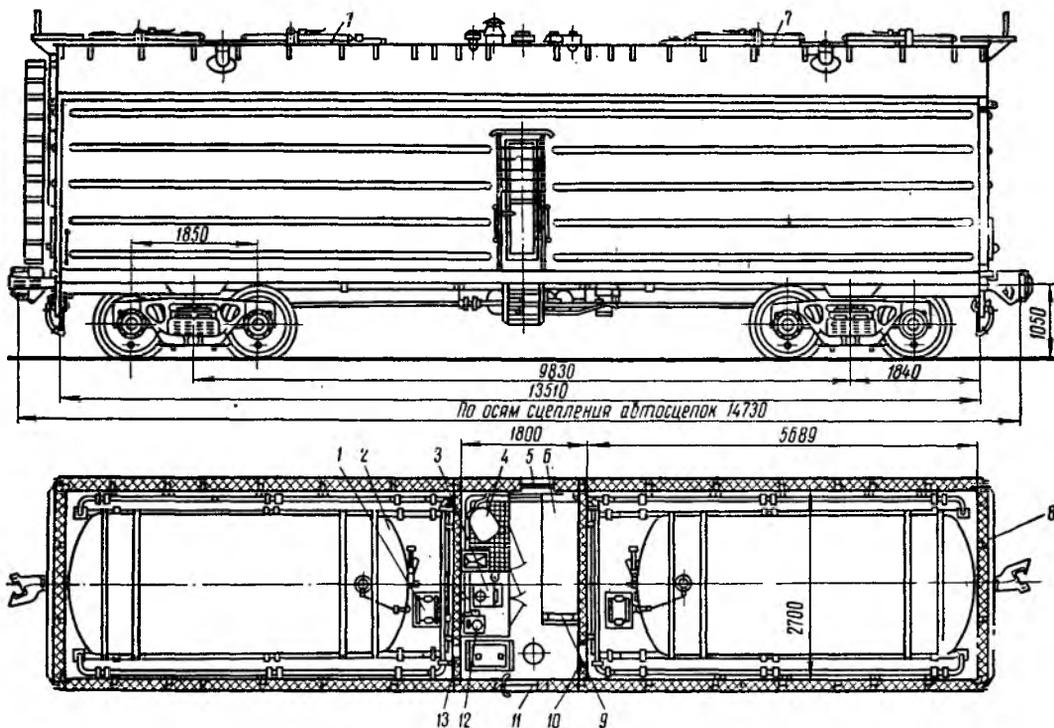


Рис. IV-26. Вагон-цистерна для перевозки вина:

1 — расширительный эмалированный бак расположенный под потолком вагона; 2 — цистерна; 3 — плита, отапливаемая углем; 4 — туалет; 5 — окно служебного помещения; 6 — диван; 7 — крышка люка бака для льда; 8 — торцовая стена; 9 — шкаф для запасных частей; 10 — дверь; 11 — входная дверь с окном в служебное помещение; 12 — котел водяного отопления; 13 — перегородки, отделяющие служебное помещение.

Баки соединены между собой двумя трубами. Одна из труб разъемная и позволяет через присоединяемые шланги выпускать воду одновременно из двух баков. Наливная труба расположена над большим баком. Для обогащения воды кислородом служат две трубы, проходящие над баками, с форсунками, разбрызгивающими воду. Вода из баков засасывается двумя центробежными насосами, подается в трубы, распыляется, обогащается кислородом и падает обратно в баки.

Вагон оборудован приточно-вытяжной вентиляцией. Для приведения в действие электродвигателей центробежных насосов и вентиляторов, а также для освещения вагона служат аккумуляторная батарея емкостью 400 А·ч и два подвагонных генератора постоянного тока мощностью по 5,6 кВт при напряжении 70 В и силе тока 80 А с приводом от оси тележки вагона.

*Техническая характеристика вагона для перевозки живой рыбы*

Длина вагона по раме, мм	14130
Грузоподъемность, т	32
Масса тары, т	40,1
Размер погрузочной двери, мм	1350 × 1700
Масса, т	
воды	24
рыбы	8

**Теплоизоляционные материалы для изотермических вагонов**

К теплоизоляционным материалам, применяемым в изотермических вагонах, предъявляются следующие основные требования: низкая плотность; низкий коэффициент теплопроводности; достаточная механическая прочность; постоянство объема (сопротивляемость самоуплотнению, усадке при эксплуатации); низкая водопоглощаемость и гигроскопичность.

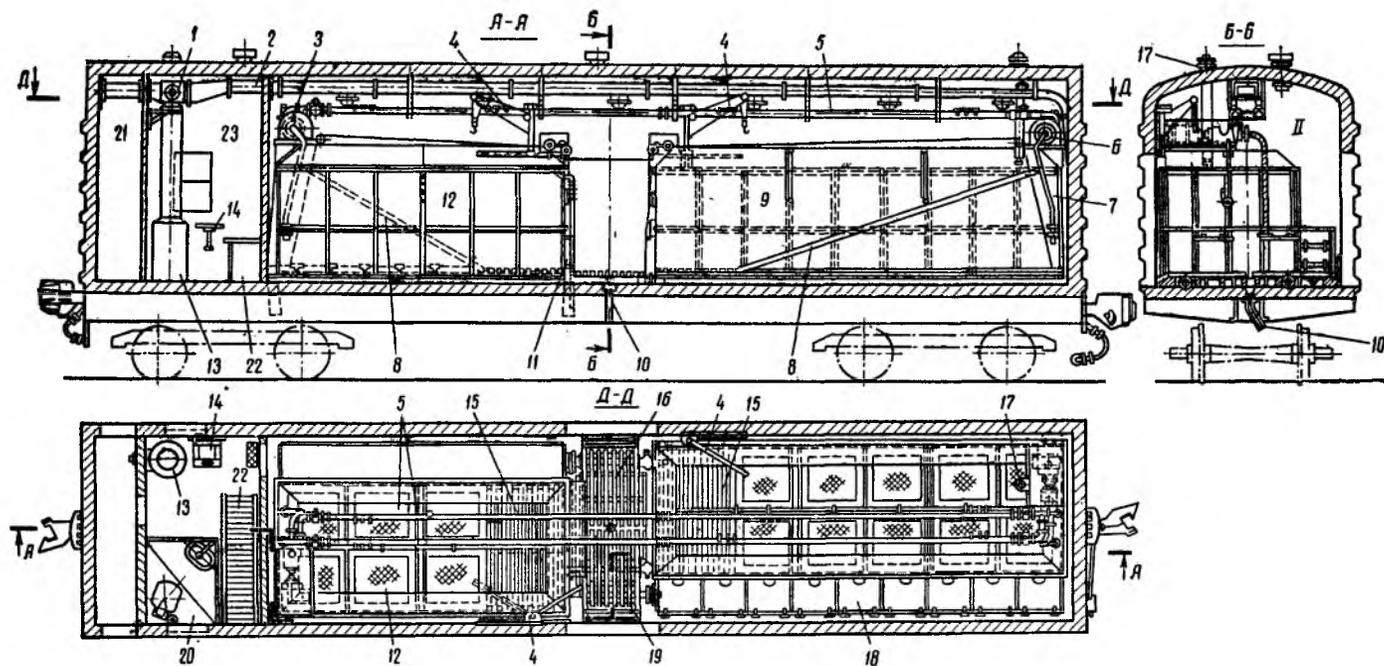


Рис. IV-27. Вагон для перевозки живой рыбы:

1 — электродвигатель вентилятора; 2 — воздушный канал; 3 — электродвигатель насоса; 4 — поворотные краны; 5 — аэрационные трубы с форсунками; 6 — центробежный насос; 7 — всасывающая резиновая труба водяного насоса; 8 — металлические решетки; 9 — бак объемом 17,2 м<sup>3</sup>; 10 — водоспускная труба; 11 — переливная труба; 12 — бак объемом 13,3 м<sup>3</sup>; 13 — печь; 14 — откидной столик; 15 — деревянные решетки; 16, 19 — напольные решетки; 17 — наливная труба; 18 — бачок для льда; 20 — туалет; 21 — тамбур; 22 — полка для лежания; 23 — помещение для проводника.

Режимы работ холодильного и отопительного оборудования

Режим	Температура воздуха, °С	
	в грузовом помещении	окружающей среды
Летний № 1 (перевозка мороженных грузов)	—20	36
Летний № 2 (перевозка плодов и овощей с охлаждением)	4	36
Зимний	14	—45

Теплоизоляционных материалов, полностью удовлетворяющих всем указанным требованиям, не существует. Мипора имеет малую плотность (12—20 кг/м<sup>3</sup>) и низкий коэффициент теплопроводности [0,04 Вт/(м·К)], но малую прочность, высокую гигроскопичность и водопоглощаемость. Чтобы предотвратить насыщение мипоры влагой, резко ухудшающее ее теплоизоляционные качества, перед укладкой в стену изотермического вагона блоки мипоры покрывают влаго непроницаемой пленкой. При эксплуатации изотермического вагона малая механическая прочность мипоры приводит к деформации блоков, нарушению плотности их укладки, а следовательно, к ухудшению теплоизоляционных качеств кузова вагона. В настоящее время мипора как теплоизоляционный материал для изотермических вагонов выходит из употребления.

**Полистирол** имеет несколько больший по сравнению с мипорой коэффициент теплопроводности [0,045—0,055 Вт/(м·К)], тяжелее мипоры (плотность 20—50 кг/м<sup>3</sup>), но обладает гораздо более высокой механической прочностью и стойкостью к воде. В настоящее время полистирол наиболее часто применяют для изоляции изотермических вагонов.

**Пенополиуретан** имеет довольно высокую механическую прочность [предел прочности при сжатии до 3 МПа (30 кгс/см<sup>2</sup>)]. При вспенивании пенополиуретана в полостях конструкции вследствие хорошей адгезии его к металлической поверхности образуются механически прочные легкие конструкции (типа «сэндвич»). Применение твердого пенополиуретана в конструкциях типа сэндвич позволяет добиться высокой стабильности коэффициента теплопередачи ограждений изотермического вагона при эксплуатации.

### Тепловые расчеты изотермических вагонов

Производительность холодильного и отопительного оборудования рассчитывают для режимов, указанных в табл. IV—12.

Теплопритоки через ограждения грузового помещения вагона  $Q_{ог}$  (Вт) определяют по формуле

$$Q_{ог} = \sum_{i=1}^{i=n} k_i F_i (t_H - t_{вн}) + k_M F_M (t_M - t_{вн}), \quad (IV-13)$$

где  $k_i$  — коэффициент теплопередачи элементов ограждений одинаковой конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F_i$  — площадь поверхности соответствующего элемента, м<sup>2</sup>;

$t_H$  — температура окружающего воздуха, °С;

$t_{вн}$  — температура воздуха в грузовом помещении вагона, °С;

$k_M$  — коэффициент теплопередачи перегородки, отделяющей машинное отделение вагона от грузового, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

$F_M$  — площадь перегородки, м<sup>2</sup>;

$t_M$  — температура воздуха в машинном отделении, °С.

Площадь перегородки составляет лишь небольшую часть общей площади ограждений вагона, поэтому для практических расчетов используют формулу

$$Q_{ог} = kF(t_H - t_{вн}), \quad (IV-14)$$

где  $k$  — средний расчетный коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F$  — среднегеометрическая площадь поверхности ограждений изотермического вагона;

$$F = \sqrt{F_H F_{вн}}$$

$F_H$  — площадь наружной поверхности ограждений;

$F_{вн}$  — площадь внутренней поверхности ограждений.

$$k = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} k_i F_i}{F}, \quad (IV-15)$$

Средний коэффициент теплопередачи ограждений определяют по формуле

Коэффициент теплопередачи элемента ограждения, в зоне которого конструкция не изменяется, можно написать в следующем виде:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_H} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{вн}}}, \quad (IV-16)$$

где  $\alpha_H$  — коэффициент теплоотдачи наружной стороны вагона, значение которого зависит от скорости движения воздуха относительно вагона, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$$\alpha_H = 4,9 + 15,1\sqrt{w}, \quad (IV-17)$$

$w$  — скорость движения, м/с;

$\delta$  — толщина отдельного однородного слоя в конструкции рассматриваемого элемента, м;

$\lambda$  — коэффициент теплопроводности материала этого слоя, Вт/(м·К);

$\alpha_{вн}$  — коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны вагона, Вт/(м<sup>2</sup>·К) [принимают равным 7,0—9,3 Вт/(м<sup>2</sup>·К) при конвективных приборах охлаждения и 17,5—23,2 Вт/(м<sup>2</sup>·К) в случае принудительной циркуляции воздуха в вагоне].

В современных конструкциях изотермических вагонов коэффициент теплопередачи ограждений составляет 0,25—0,3 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

В расчетах необходимой производительности холодильного и отопительного оборудования изотермических вагонов учитывают возможность ухудшения (увеличения) этой величины в процессе эксплуатации (в результате старения и увлажнения изоляции): принимают  $k = 0,42$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Если теплоизоляционный материал, конструкция вагона и качество его изготовления гарантируют высокую стабильность коэффициента теплопередачи ограждений, значение  $k$  уменьшают.

Среднее значение коэффициента теплопередачи ограждений изотермического вагона опытным путем обычно определяют методом нагрева. Внутри грузового помещения помещают какой-либо источник тепла (использование электронагревателя наиболее удобно, так как позволяет обеспечить плавную регулировку и точный контроль количества потребляемой энергии). В результате нагрева внутри грузового помещения устанавливается температура выше температуры окружающего воздуха.

Коэффициент теплопередачи ограждений изотермического вагона определяют по формуле

$$k = \frac{N}{F(t_{вн} - t_H)}, \quad (IV-18)$$

где  $N$  — мощность, потребляемая электронагревателями, Вт.

Обязательные условия этого эксперимента — равномерность распределения температур воздуха внутри и снаружи грузового помещения, отсутствие солнечной радиации.

Трехкратное проведение эксперимента при различных значениях мощности источника тепла позволяет найти зависимость коэффициента теплопередачи от температуры ограждений:

$$k = k_0 + bt_{ор}, \quad (IV-19)$$

где  $k$  — коэффициент теплопередачи ограждений, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$k_0$  — коэффициент теплопередачи ограждений вагона при средней температуре ограждений 0°С, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$b$  — коэффициент пропорциональности, определяемый при испытаниях;

$t_{ор}$  — средняя температура ограждений;

$$t_{ор} = \frac{t_H + t_{вн}}{2}. \quad (IV-20)$$

Полученное значение коэффициента теплопередачи хотя и характеризует качество теплоизоляции ограждений, но не определяет общую величину теплопритоков в грузовое помещение, которое в значительной мере зависит от герметичности грузового помещения. Герметичность вагона можно оценить путем определения коэффициента теплопередачи ограждений при работающих вентиляторах циркуляционной воздушной сети вагона. Этот эксперимент проводится так же, как и описанный выше, но с включенными вентиляторами. В этом случае при определении  $k$  берется суммарная мощность, потребляемая электронагревателями и вентиляторами. Непосредственно герметичность вагона проверяют по скорости падения давления воздуха в грузовом помещении, предварительно поднятого до заданной величины, либо по количеству воздуха в грузовом помещении, которое требуется дополнительно подавать в вагон, чтобы поддерживать давление воздуха в нем на заданном уровне.

Теплопритоки через неплотности грузового помещения вагонов  $Q_n$  (Вт) связаны с воздухообменом (инфильтрацией воздуха). Охлажденный воздух грузового помещения просачивается через неплотности, а вместо него подсасывается теплый наружный воздух.

В калорических расчетах изотермических вагонов принимают, что величина, характеризующая воздухообмен через неплотности ограждений, составляет 0,3 полного объема

грузового помещения в час. Тогда теплопритоки за счет инфильтрации

$$Q_{\text{и}} = 0,083 V_{\text{рн}} (i_{\text{н}} - i_{\text{вн}}), \quad (\text{IV}-21)$$

где 0,083 — коэффициент, учитывающий воздухообмен и перевод кДж/ч в Вт;

$V$  — полный объем грузового помещения, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{н}}$  — плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$i_{\text{н}}$  — энтальпия наружного воздуха, кДж/кг;

$i_{\text{вн}}$  — энтальпия воздуха грузового помещения, кДж/кг.

Некоторые виды скоропортящихся грузов (например, овощи) требуют при перевозке вентилирования грузового помещения. Для сохранности качества перевозимого груза достаточна кратность циркуляции в размере 10 объемов грузового помещения в сутки.

Теплопритоки от вентилирования грузового помещения  $Q_{\text{вент}}$  (Вт) составят

$$Q_{\text{вент}} = 0,116 V_{\text{рн}} (i_{\text{н}} - i_{\text{вн}}), \quad (\text{IV}-22)$$

где 0,116 — коэффициент, учитывающий кратность циркуляции и перевод кДж/ч в Вт.

Влияние действия солнечной радиации на теплопритоки в грузовое помещение изотермического вагона учитывается условным повышением температуры наружного воздуха  $\Delta t_{\text{с}}$ °С, которое для каждого элемента ограждений рассчитывают по формуле

$$\Delta t_{\text{с}} = \frac{I\beta}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (\text{IV}-23)$$

где  $I$  — среднесуточная интенсивность полной солнечной радиации на поверхности элемента ограждений, Вт/м<sup>2</sup>;

$\beta$  — коэффициент поглощения солнечных лучей материалом поверхности элемента ограждений;

$\alpha_{\text{н}}$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждений, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Теплопритоки  $Q_{\text{с}}$  (Вт) от действия солнечной радиации

$$Q_{\text{с}} = \sum k_i F_i \Delta t_{\text{с}}. \quad (\text{IV}-24)$$

Среднесуточная интенсивность полной солнечной радиации зависит от географической широты, ориентирования поверхности и погодных условий.

Значительную долю теплопритоков могут составлять теплопритоки от груза в вагоне.

При перевозке плодов и овощей широко применяют охлаждение их в пути следования

изотермического вагона. Тепло, аккумулированное в продуктах и таре и выделяемое при их охлаждении,

$$Q_{\text{а.п}} = \frac{(G_{\text{п}} c_{\text{п}} + G_{\text{т}} c_{\text{т}})(i_{\text{н}} - i_{\text{вн}})}{3,6\tau}, \quad (\text{IV}-25)$$

где  $Q_{\text{а.п}}$  — тепло, аккумулированное продуктами и тарой, Вт;

$G_{\text{п}}$ ,  $G_{\text{т}}$  — масса соответственно продуктов и тары, кг (в тепловых расчетах изотермических вагонов объемная масса продуктов с тарой принимается равной 280 кг/м<sup>3</sup> и масса тары — 15% от общей массы груза);

$c_{\text{п}}$ ,  $c_{\text{т}}$  — удельная теплоемкость продуктов и тары, кДж/(кг·К) (принимается расчетная удельная теплоемкость плодов и овощей —  $c_{\text{п}} = 3,55$  кДж/(кг·К), тары —  $c_{\text{т}} = 2,7$  кДж/(кг·К));

$i_{\text{н}}$  — начальная температура продукта при погрузке, °С;

$i_{\text{вн}}$  — требуемая температура, перевозки, °С;

$\tau$  — расчетное время охлаждения, ч (не более 60 ч).

При перевозке плодов и овощей в них не прекращаются процессы жизнедеятельности («дыхание»), которые сопровождаются выделением тепла.

Расчетное количество тепла, выделяемое 1 т плодов и овощей при дыхании, принимается равным  $q_{\text{п}} = 97$  Вт.

Теплопритоки от дыхания продуктов

$$Q_{\text{п}} = 10^{-3} q_{\text{п}} G_{\text{п}}. \quad (\text{IV}-26)$$

При расчетах необходимой производительности холодильного и отопительного оборудования учитывают тепловыделения вентиляторов, осуществляющих циркуляцию воздуха в вагоне. Если электродвигатели привода вентиляторов размещены в грузовом помещении вагона, то вся потребляемая ими мощность  $N_{\text{вент}}$  (Вт) переходит в тепло и ложится дополнительной тепловой нагрузкой на холодильное оборудование.

В зимнее время года при перевозках с отоплением, напротив, тепло, эквивалентное работе электровентиляторов, компенсирует часть теплопотерь.

При работе холодильной машины изотермического вагона на теплопередающей поверхности испарителя накапливается иней. При освобождении аппарата от инея (оттаивании) в грузовое помещение неизбежно проникает определенное количество тепла  $Q_{\text{от}}$  (Вт). Эта величина зависит от метода оттаивания, конструкции вагона и испарителя холодильной машины.

Сумма теплопритоков в грузовое помещение изотермического вагона с принудительной циркуляцией воздуха составит:  
при перевозке мороженных грузов

$$Q = Q_{ог} + Q_{и} + Q_{с} + N_{вент} + Q_{от}, \quad (IV-27)$$

при перевозке плодов и овощей с охлаждением

$$Q = Q_{ог} + Q_{и} + Q_{вент} + Q_{с} + Q_{а.п} + Q_{п} + N_{вент} + Q_{от}. \quad (IV-28)$$

Сумма теплотерь грузового помещения вагона в зимнее время

$$Q = Q_{ог} + Q_{и} + Q_{вент} - N_{вент}. \quad (IV-29)$$

При отсутствии в изотермическом вагоне системы принудительной циркуляции воздуха  $N_{вент} = 0$ .

При определении требуемой производительности холодильного и отопительного оборудования учитывают и заданный коэффициент рабочего времени. Расчетная продолжительность работы холодильного и отопительного оборудования не должна превышать 22 ч в сутки.

### Машинное охлаждение и электроотопление рефрижераторных вагонов

Компрессорные холодильные машины поддерживают температуру в грузовом помещении в теплое время года, системы электроотопления — в холодное.

Холодильные машины не используют для выработки тепла в холодное время года (работа в режиме теплового насоса) в связи с низкими температурами наружного воздуха (расчетная температура воздуха зимой — 45°C).

Работа холодильных машин в рефрижераторных вагонах имеет специфические особенности, которые находят свое отражение в схемах холодильных машин и их конструктивном оформлении:

режим работы холодильных машин может изменяться в широких пределах в зависимости от рода перевозимого груза и температуры наружного воздуха;

сравнительно высокая температура конденсации, так как охлаждение конденсатора может быть только воздушным, а разместить конденсатор большой поверхности в условиях рефрижераторного вагона невозможно;

мощность источника энергоснабжения ограничена, что приводит к необходимости вводить системы ограничения потребляемой мощности и разгрузки при пуске компрессора (основ-

ного потребителя энергии в холодильной машине);

жесткие требования к надежности работы оборудования в связи с высокой стоимостью перевозимого груза и трудностью (а в ряде случаев невозможностью) устранения отказов в пути следования;

устойчивость холодильного оборудования к вибрационным и ударным нагрузкам; отсутствие сопровождающего персонала в автономных вагонах.

Схема охлаждения грузового помещения рефрижераторного вагона зависит от вида рефрижераторного подвижного состава. Для рефрижераторных поездов (23- и 21-вагонных) и более крупных секций (12-вагонных) оптимальной является схема централизованного холодоснабжения. В одном из вагонов размещается холодильная установка, охлаждающая промежуточный хладоноситель — рассол, который поступает в приборы охлаждения грузовых вагонов поезда (секции).

В 5-вагонных рефрижераторных секциях каждый грузовый вагон так же, как и автономный рефрижераторный вагон, оборудован своей холодильной машиной с непосредственным охлаждением.

Во всех видах рефрижераторного подвижного состава холодильная машина состоит из двух систем. Это позволяет регулировать производительность холодильного оборудования наиболее простым и экономичным способом. Кроме того, в случае выхода из строя какого-либо элемента одной из систем с помощью второй системы в грузовом помещении рефрижераторного вагона поддерживается уровень температуры, достаточный для обеспечения сохранности груза на время ремонта оборудования или транспортирования к месту выгрузки.

В компрессорных холодильных машинах, применяемых для рефрижераторного подвижного состава, используют два вида холодильных агентов:

фреон (хладон)-12 (в вагонах с индивидуальным холодоснабжением и с системами непосредственного охлаждения);

аммиак (в поездах и секциях с централизованным холодоснабжением, где используется промежуточный хладоноситель).

Холодильные машины по принципиальной схеме делятся на одно- и двухступенчатые.

Двухступенчатая схема холодильной машины для расчетных условий I режима (перевозка мороженных грузов при температуре окружающего воздуха 36°C) энергетически более выгодна. Однако в большинстве случаев для вагонов с индивидуальным холодоснабжением применяют одноступенчатые холодильные машины в связи с большей простотой, а следовательно, и надежностью схемы, а также

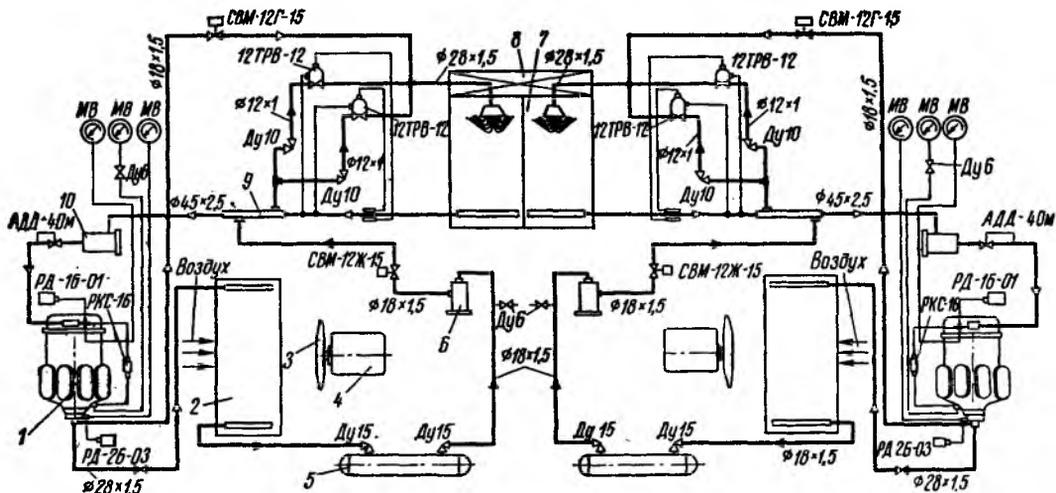


Рис. IV-28. Принципиальная схема холодильной машины ВР-1М:

1 — компрессор 2FUUBС18; 2 — конденсатор; 3 — вентилятор конденсатора; 4 — электродвигатель; 5 — резистор; 6 — фильтр-осушитель; 7 — воздухоохладитель; 8 — электронагреватель; 9 — теплообменник; 10 — фильтр-газовый.

в связи с тем, что доля работы на I режиме в общем количестве времени работы холодильной машины невелика.

На рис. IV—28 и IV—29 приведены принципиальные схемы одноступенчатой холодильной машины ВР-1М 5-вагонной рефрижераторной секции производства Брянского машиностроительного завода и двухступенчатой холодильной машины 315.004, которой комплектуются 5-вагонные рефрижераторные секции и автономные рефрижераторные вагоны производства завода «Дессау» (ГДР).

В обеих холодильных машинах ограничиваются холодопроизводительность и потребляемая мощность с помощью автоматического регулятора давления всасывания (автоматического дросселя давления типа «после себя»). Для разгрузки компрессора при пуске в холодильной машине ВР-1М открывается соленоидный вентиль на трубопроводе для оттаивания испарителя, тем самым осуществляется байпасирование компрессора и пуск его без нагрузки.

В холодильных машинах вагонов-рефрижераторов с индивидуальным холодоснабжением применяются различные методы оттаивания.

Для оттаивания используют: электронагреватели (5-вагонные секции завода «Дессау» первых выпусков); тепло горячих паров холодильного агента из нагнетательного трубопровода (5-вагонные секции БМЗ и более поздние выпуски завода «Дессау»).

При оттаивании по второму способу прекращается поступление в воздухоохладитель жидкого холодильного агента, а подаются горячие пары холодильного агента (закрывается жидкостный соленоидный вентиль и открывается соленоидный вентиль на специальном трубопроводе, соединяющем воздухоохладитель с нагнетательным трубопроводом). Оттаивание происходит за счет тепла, эквивалентного работе сжатия компрессора. При этом холодильный агент охлаждается без изменения агрегатного состояния. Переключение холодильной машины на обратный цикл позволяет значительно повысить эффективность процесса оттаивания и сократить затраты времени на него. Но этот метод оттаивания применяется в холодильных машинах вагонов-рефрижераторов очень редко (фирма «Thermo King»), так как требует значительного усложнения схемы холодильной машины, введения ряда специальных приборов и арматуры.

Процесс оттаивания воздухоохладителя автоматизирован. На эксплуатируемых в настоящее время в СССР видах рефрижераторных вагонов команду на начало оттаивания дает либо реле времени, либо специальное реле давления, реагирующее на понижение давления кипения холодильного агента. Момент начала процесса оттаивания может определяться по изменению аэродинамического сопротивления воздухоохладителя по мере

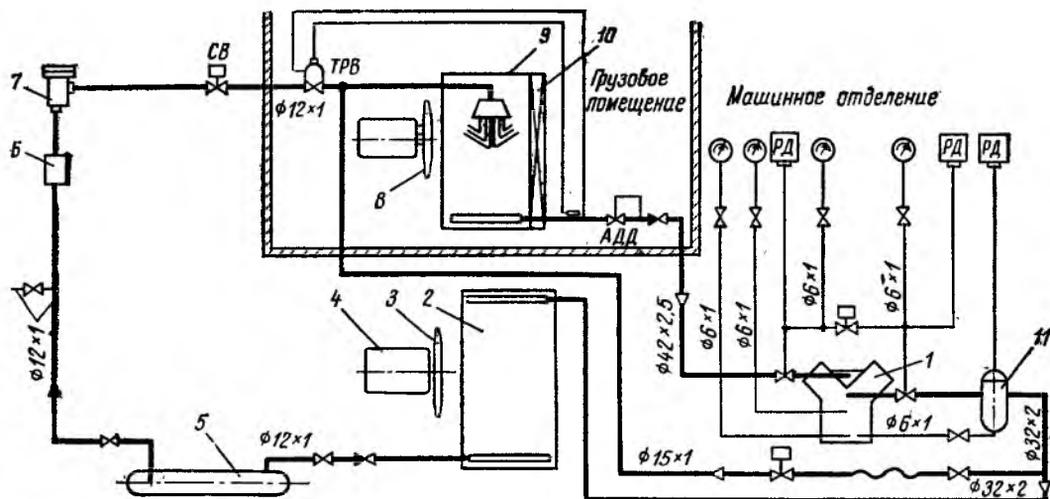


Рис. IV-29. Принципиальная схема холодильной машины 315.004:

1 — компрессор; 2 — конденсатор; 3 — вентилятор конденсатора; 4 — электродвигатель; 5 — ресивер; 6 — фильтр-осушитель; 7 — фильтр; 8 — вентилятор воздухоохладителя; 9 — воздухоохладитель; 10 — электроннагреватель; 11 — маслоотделитель.

накопления инея (этот фактор является наиболее объективным при определении степени обмерзания воздухоохладителя). Однако этот метод применяют редко в связи с трудностями создания необходимого прибора, который должен быть работоспособным при динамических нагрузках, возникающих при движении рефрижераторного вагона. Продолжительность процесса оттаивания может быть установлена реле времени, но чаще всего заканчивают оттаивание и переключают холодильную машину на режим охлаждения по команде термореле, воспринимающего температуру паров холодильного агента на выходе из воздухоохладителя.

Работа холодильно-нагревательных установок вагонов с индивидуальным холодоснабжением полностью автоматизирована. Необходимая температура в грузовом помещении вагона поддерживается путем включения и отключения холодильного или отопительного оборудования по команде терморегуляторов. Возможна работа холодильного оборудования и на ручном управлении.

Холодильные машины автоматически отключаются и дают аварийный сигнал при выходе на опасные режимы работы.

Холодильные машины вагонов-рефрижераторов с индивидуальным холодоснабжением могут быть моноблочными или состоять из нескольких агрегатов. Моноблочными холо-

дильными машинами оборудованы автономные рефрижераторные вагоны и 5-вагонные рефрижераторные секции с четырьмя грузовыми вагонами производства завода «Дессау». 5-вагонные рефрижераторные секции Брянского машиностроительного завода комплектуются холодильным оборудованием, состоящим из нескольких агрегатов. Моноблочные холодильные машины поставляются полностью собранными, заправленными холодильным агентом, испытанными на заводе-изготовителе. Для них в торцевой стене вагона предусматривают специальные проемы. Монтаж их на вагоне сводится к продвижению воздухоохладительной части через проем, креплению машины на отведенном месте и подсоединению к системе электропитания. При таком решении затруднено обеспечение герметичности грузового помещения в месте проема. Для агрегатированных холодильных машин не требуется проемов в стенах грузового помещения, но их окончательный монтаж, заправку холодильным агентом и испытания приходится выполнять непосредственно в вагоне.

Аммиачная холодильная установка поезда (или секции) состоит из двух холодильных машин с воздушным охлаждением конденсатора. Холодильные машины охлаждают в кожухотрубных испарителях рассол, циркулирующий в грузовых вагонах поезда (секции).

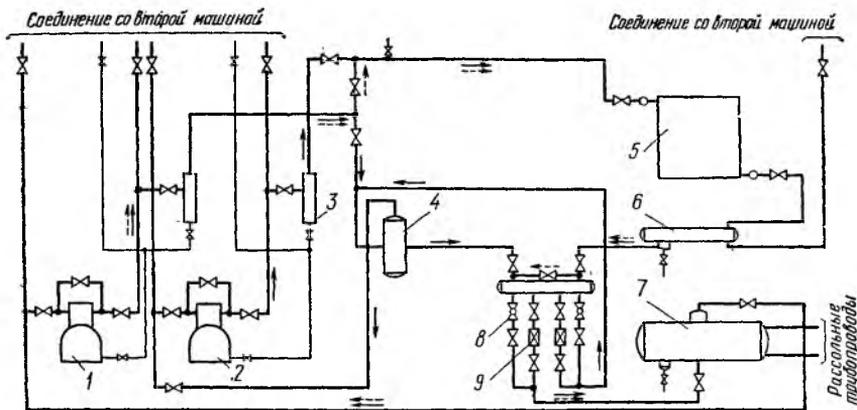


Рис. IV-30. Принципиальная схема холодильной машины 12-вагонной рефрижераторной секции:

1 — компрессор низкого давления; 2 — компрессор высокого давления; 3 — маслоотделитель; 4 — промежуточный сосуд; 5 — конденсатор воздушный; 6 — ресивер; 7 — испаритель; 8 — ручной регулирующий вентиль; 9 — барорегулирующий вентиль; → движение холодильного агента при работе по двухступенчатой схеме; — → движение холодильного агента при работе по одноступенчатой схеме.

На схеме показаны не все вспомогательные трубопроводы и арматура.

Холодильные машины 23-вагонного рефрижераторного поезда с централизованным холодноснабжением работают по одноступенчатой схеме и позволяют получать в грузовых вагонах температуру  $-10^{\circ}\text{C}$ , при температуре окружающего воздуха  $30^{\circ}\text{C}$ . Холодильные машины 21-вагонных рефрижераторных поездов и 12-вагонных рефрижераторных секций работают по двухступенчатой схеме. Применение двухступенчатого сжатия позволило повысить максимальную температуру окружающего воздуха, при которой обеспечивается работоспособность холодильного оборудования до  $40^{\circ}\text{C}$ , а в 12-вагонной секции поддерживать температуру грузового помещения в пределах  $-12 \div -15^{\circ}\text{C}$ .

Принципиальная схема холодильной машины 12-вагонной рефрижераторной секции показана на рис. IV-30 (схема холодильной машины 21-вагонного поезда незначительно отличается от нее).

Холодильные машины имеют дополнительные трубопроводы, соединяющие их друг с другом через запорные вентили по жидкости, по маслу, по всасыванию и нагнетанию. Это позволяет любому из компрессоров работать на любой набор аппаратуры.

Холодильная машина работает по схеме двухступенчатого сжатия с полным промежуточным охлаждением. Промежуточное охлаждение осуществляется за счет испарения части жидкого холодильного агента в промежуточном сосуде. При температурах окружающего

воздуха ниже  $15^{\circ}\text{C}$  холодильная машина переключается на работу по одноступенчатой схеме. Компрессор низкого давления соединяется непосредственно с конденсатором. Из ресивера жидкий холодильный агент через регулируемую станцию направляется непосредственно в испаритель. Компрессоры холодильной машины имеют байпасные вентили, позволяющие производить запуск компрессора без нагрузки.

Пуск и остановка холодильной машины осуществляются вручную. Рефрижераторные поезда и 12-вагонные рефрижераторные секции сопровождаются бригадой механиков. Подача холодильного агента в испаритель и промежуточный сосуд регулируются автоматически при помощи барорегулирующих вентиля и поплавковых устройств. В случае неисправности приборов автоматики используются ручные регулирующие вентили. Холодильная машина имеет автоматические устройства, отключающие ее при отклонении от нормы давления нагнетания, давления масла, температуры воды в водяной рубашке компрессора. Отключение холодильной машины сопровождается подачей аварийного сигнала. В схеме холодильной машины предусмотрены предохранительные клапаны, обеспечивающие перепуск холодильного агента из той части системы, где давление превысило допустимые пределы, в остальную.

Площадь необходимой поверхности приборов охлаждения выбирают исходя из теп-

ловой нагрузки на аппараты и расчетных температур охлаждающей среды и воздуха в грузовом помещении.

При этом для воздухоохладителей рефрижераторных вагонов с принудительным обдувом коэффициент теплопередачи обычно составляет 14—18 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [12—15,5 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С), для батарей с естественной циркуляцией воздуха 3,5—5,5 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [3—5 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С)].

Грузовые помещения рефрижераторных вагонов отапливаются трубчатыми электронагревательными элементами, размещаемыми у торцовых стен вагонов. В грузовых помещениях 5-вагонных рефрижераторных секций и автономных рефрижераторных вагонов электронагреватели находятся в потоке воздуха, создаваемого вентилятором воздухоохладителя. В грузовых вагонах рефрижераторных поездов и 12-вагонных рефрижераторных секций электронагреватели не находятся в потоке воздуха, но воздух, нагретый электронагревателями, за счет естественной конвекции поднимается вдоль торцевой стены в верхнюю часть вагона и попадает в зону действия вентиляторов, обеспечивающих равномерное распределение температур по объему грузового помещения.

При расчете или выборе электронагревателей определяют температуру активной поверхности нагревателя, которая зависит от удельной мощности (отнесенной к площади активной поверхности) и скорости воздуха, обдувающего аппараты. Эта температура не должна превышать 200°С.

Эффективность работы холодильного оборудования проверяют на специальных стендах. Холодильные машины для охлаждения рассола оборудуют специальным рассольным контуром, в который входит насос для создания циркуляции рассола и подогреватель с плавной регулировкой мощности, создающий тепловую нагрузку на машину. Холодопроизводительность машины определяют по расходу рассола через испаритель и перепаду температур на входе и выходе, либо по затратам мощности на нагревание рассола с учетом нагревания его в насосе.

Холодильные машины с воздухоохладителями непосредственного охлаждения испытывают либо на воздушном кольце, либо в камере, имитирующей грузовое помещение вагона. Нагрузка на машину создается нагревателями с плавной регулировкой мощности. При испытаниях на воздушном кольце холодопроизводительность определяют по расходу циркулирующего воздуха и перепаду температур, создаваемому холодильной машиной; при испытаниях в камере — по затратам мощности на нагрев воздуха камеры и сумме теплопритоков в камеру от окружающего воздуха.

## Эксплуатация и техническое обслуживание изотермических вагонов

### Эксплуатация изотермических вагонов

Рефрижераторные поезда и секции до 1976 г. эксплуатировались по системе централизованной регулировки — их направляли под погрузку по приказам МПС (Главного грузового управления и Главного управления движения), в которых указывался номер поезда (секции), дорога или станция погрузки. Такая система эксплуатации при сравнительно небольшом количестве рефрижераторных поездов и секций обеспечивала возможность использования их в первую очередь для перевозок наиболее ценных, малостойких скоропортящихся грузов на дальние расстояния.

После накопления в изотермическом парке достаточно большого количества рефрижераторных поездов и секций система их эксплуатации в 1976 г. была изменена. В соответствии с вновь установленным порядком направление порожних рефрижераторных единиц на дороги погрузки скоропортящихся грузов производится маршрутами, формируемыми на выделенных для этого станциях.

Министерство путей сообщения СССР устанавливает задания дорогам на каждую пятидневку о направлении освобождающихся изпод выгрузки рефрижераторных поездов и секций на станции формирования маршрутов, а также о направлении формируемых маршрутов на дороги погрузки скоропортящихся грузов; обеспечивает контроль за их выполнением.

Рефрижераторные поезда и секции, выделенные отдельным дорогам для регулярных перевозок скоропортящихся грузов в местном сообщении, направляют под погрузку по приказам управления дороги (совместным приказом служб движения и грузовой).

Для более рационального использования группового рефрижераторного подвижного состава и сокращения простоя рефрижераторных поездов и секций под грузовыми операциями, погрузку и выгрузку их осуществляют на установленных для этого станциях, располагающих погрузочно-разгрузочными устройствами с необходимой пропускной способностью. Перечень таких станций объявлен в Правилах перевозки грузов<sup>1</sup>.

Все грузовые вагоны рефрижераторного поезда или секции, как правило, загружают и разгружают на одной станции.

<sup>1</sup> Правила перевозки грузов, МПС СССР, М., 1967.

Автономные рефрижераторные вагоны имеют автоматизированные силовые и холодильно-отопительные установки, что позволяет обслуживать вагоны на стационарных пунктах. Создавать такие пункты обслуживания сразу на всей сети железных дорог нецелесообразно, поэтому вагоны эксплуатируются на ограниченном полигоне, который расширяется по мере увеличения количества таких вагонов в изотермическом парке.

Автономные рефрижераторные вагоны эксплуатируются на полигоне сети дорог, открытом для их использования, по регулировочным заданиям МПС (по системе обезличенного парка).

При сокращении предъявления скоропортящихся грузов к перевозке, которая носит ярко выраженный сезонный характер, для уменьшения рабочего парка изотермических вагонов их отставляют в резерв. Вагоны, отставляемые в резерв, должны быть исправными и чистыми, а рефрижераторные вагоны — полностью экипированы топливом и другими эксплуатационными материалами.

Рефрижераторные вагоны, находящиеся в резерве, требуют обслуживания, поэтому в первую очередь в резерв отставляют вагоны-ледники. В связи с этим размеры полигона использования автономных рефрижераторных вагонов устанавливаются из условий месяца минимальных перевозок на нем скоропортящихся грузов. В месяцы максимальных перевозок недостающее количество одиночных вагонов на дорогах, входящих в этот полигон, восполняется вагонами-ледниками.

Вагоны-ледники эксплуатируют по системе обезличенного парка — после выгрузки они направляются на дороги погрузки в соответствии с регулировочными заданиями, разрабатываемыми Министерством путей сообщения СССР на основании планов перевозок скоропортящихся грузов. Такая система эксплуатации дает широкие возможности для сокращения порожнего пробега вагонов-ледников.

*Специальные вагоны и цистерны* для перевозки молока, вина и живой рыбы, как правило, находятся в аренде у отдельных предприятий. Их эксплуатируют на правах срочного возврата после выгрузки к арендаторам. Эта система эксплуатации обычно связана с большими порожними пробегами вагонов.

### *Техническое обслуживание рефрижераторного подвижного состава*

Техническое обслуживание рефрижераторного подвижного состава выполняют по системе планово-предупредительных ремонтов, включающей проведение периодических

технических осмотров и обслуживания, текущего, деповского и заводского ремонтов.

Периодические технические осмотры собственно вагонов, их ходовых частей, тормозного и автосцепного оборудования выполняют в соответствии с порядком и сроками, установленными для вагонов грузового парка железных дорог.

Сроки же выполнения периодического технического обслуживания машинного оборудования рефрижераторных вагонов и объем выполняемых работ устанавливаются в соответствии с рекомендациями заводов-поставщиков в зависимости от наработки оборудования мото-часов.

Заводские ремонты бывают двух объемов — первого и второго. Заводской ремонт первого объема проводят через 8 лет после поставки вагона или ремонта второго объема. Ремонт второго объема выполняют через 6 лет после заводского ремонта первого объема.

Деповские ремонты проводят через 2 года после поставки вагона или его заводского ремонта второго объема, а затем ежегодно.

Для обслуживания рефрижераторного подвижного состава выделены специализированные вагонные депо, к которым приписаны рефрижераторные поезда, секции и автономные вагоны. Депо выполняют деповской ремонт и сложные виды текущих ремонтов приписанного к ним рефрижераторного подвижного состава. Заводской ремонт вагонов этого типа выполняют специально выделенные вагоноремонтные заводы.

Текущее содержание, профилактическое периодическое обслуживание и текущий ремонт машинного оборудования рефрижераторных поездов и секций проводят сопровождающие их бригады, возглавляемые начальником поезда или секции. К каждому поезду или секции прикреплены две бригады, одна из которых находится в рейсе, а другая отдыхает. Бригады сменяются в пунктах погрузки, выгрузки, содержания вагонов в резерве Министерства путей сообщения СССР, а также в пути при следовании в порожнем состоянии. Продолжительность приема-сдачи поезда или секции не должна превышать 3 ч, а при смене в пути — времени обработки на станции грузового поезда, с которым они следуют. Смена бригады во время нахождения поезда или секции в груженом состоянии допускается лишь в исключительных случаях по разрешению начальника вагонного депо, к которому приписаны поезда или секции.

Экипировка рефрижераторных поездов и секций топливом, смазкой, холодильным агентом выполняется в депо или приписки и в экипировочных пунктах. В крупных узлах с массовой погрузкой или выгрузкой скоропортящихся грузов экипировку рефрижератор-

ных поездов и секций, как правило, организуют параллельно с выполнением грузовых операций с использованием автомобилей-заправщиков.

Полная экипировка рефрижераторных поездов и секций перед погрузкой должна обеспечивать нормальную работу оборудования при следовании до станции назначения. Экипировка в пути следования на попутных экипировочных пунктах допускается лишь на дальневосточном и среднеазиатском направлениях перевозки. О необходимости экипировки и снабжения водой в пути следования начальник поезда (секции) обязан за 6—12 ч до подхода к станции экипировки уведомить начальника станции и пункта экипировки о прибытии поезда для организации приема поезда станцией на соответствующий путь.

Автономные рефрижераторные вагоны обслуживающим персоналом не сопровождают. Техническое обслуживание и текущий ремонт их выполняют на специально созданных для этого пунктах технического обслуживания (ПТО АРВ).

Установлены следующие виды технического обслуживания автономных рефрижераторных вагонов:

техническое обслуживание № 1 (ТО-1), выполняемое непосредственно перед загрузкой вагона грузом;

техническое обслуживание № 2 (ТО-2), выполняемое через каждые 24—30 ч при следовании вагона с грузом;

техническое обслуживание № 3, (ТО-3), выполняемое на станции выгрузки вагона;

укрупненное техническое обслуживание № 1 (УТО-1), выполняемое через 180 ч работы дизель-генераторов, если вагон будет использоваться для перевозки груза в местном сообщении и через 120 ч при подготовке его к перевозке груза в прямом, междудорожном сообщении;

укрупненное техническое обслуживание № 2 (УТО-2), выполняемое через 460—500 ч работы дизель-генераторов.

Для каждого вида технического обслуживания установлен перечень подлежащих выполнению работ.

Пункты технического обслуживания автономных вагонов подразделяются на основные, укрупненные и просто ПТО АРВ. Основные ПТО АРВ выполняют все виды укрупненного технического обслуживания и текущего ремонта автономных рефрижераторных вагонов. Обычно они располагаются около депо приписки этих вагонов и являются их цехами.

Укрупненные пункты технического обслуживания автономных рефрижераторных вагонов выполняют укрупненное обслуживание первого объема (УТО-1) и все виды технического обслуживания. Они размещаются на

крупных участковых или сортировочных станциях около пунктов приема на дорогу порожних вагонов или в районах расположения станций с массовой погрузкой скоропортящихся грузов.

Пункты технического обслуживания автономных рефрижераторных вагонов выполняют все виды технических обслуживаний, кроме укрупненных. Они размещаются на участковых или узловых станциях.

Каждому ПТО АРВ независимо от его типа поручается техническое обслуживание автономных рефрижераторных вагонов при погрузке и выгрузке (проведение ТО-1 и ТО-3) на станциях примыкающих участков дороги, которые устанавливают так, чтобы по возможности сократить порожние пробеги вагонов.

Промывку автономных вагонов производят в депо приписки и на дорогах выгрузки, где ее выполняют порядком, установленным начальником соответствующей дороги.

Экипировку автономных рефрижераторных вагонов топливом, смазкой, холодильным агентом и т. д. выполняют в депо приписки и на ПТО АРВ.

## КОНТЕЙНЕРЫ ДЛЯ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ

Контейнеры разделяются по грузоподъемности на крупнотоннажные — массой брутто от 10 до 30 т и вместимостью от 10 до 50 м<sup>3</sup>, среднетоннажные — массой брутто от 2,5 до 5 т и вместимостью от 3 до 8 м<sup>3</sup>, малотоннажные — массой брутто до 1,5 т и вместимостью до 3 м<sup>3</sup>.

Все контейнеры для перевозки скоропортящихся пищевых продуктов имеют теплоизолированные ограждения, ограничивающие теплообмен груза с окружающей средой.

Контейнеры с холодильной установкой, обеспечивающей поддержание температуры камеры в заданных пределах, называют рефрижераторными (охлаждаемыми), а контейнеры с теплоизоляционным ограждением, но без холодильной установки — изотермическими.

Способы и системы охлаждения контейнеров аналогичны тем, которые применяются для холодильного автотранспорта.

В крупно- и среднетоннажных охлаждаемых и изотермических контейнерах перевозят мясо, мясные и молочные продукты, яйца, рыбные продукты, пищевые консервы, овощи и фрукты, в малотоннажных контейнерах — мороженое, полуфабрикаты и кулинарные изделия, мясные и молочные продукты, медикаменты и биопрепараты, а также другие скоропортящиеся грузы.

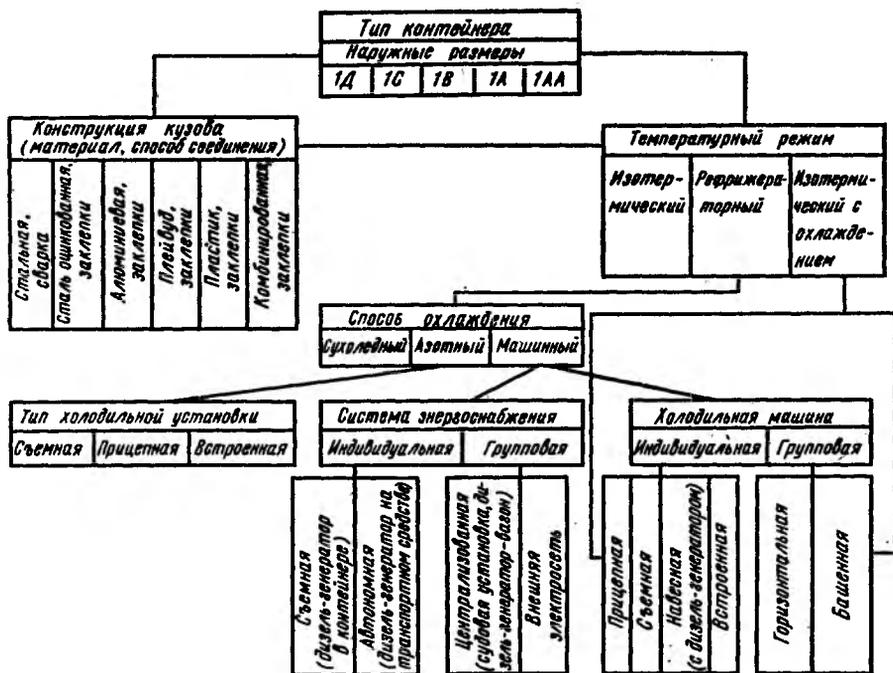


Рис. IV-31. Типы крупнотоннажных контейнеров.

### Крупнотоннажные контейнеры

Крупнотоннажные контейнеры предназначены для перевозки специализированным автомобильным, железнодорожным и морским транспортом.

Наибольший экономический эффект контейнеры обеспечивают при перевозке грузов несколькими видами транспорта (смешанные перевозки). При этом значительно сокращаются трудоемкость и время погрузочно-разгрузочных работ.

Условия эксплуатации контейнеров разнообразны, вследствие чего в практике используются значительное количество типов крупнотоннажных контейнеров, классификация которых представлена на рис. IV—31.

Наружные габаритные размеры контейнеров установлены стандартами ИСО — Международная организация по стандартизации (табл. IV—13).

Внутренние размеры рефрижераторных и изотермических контейнеров зависят от толщины и вида изоляции, конфигурации внутренних облицовочных покрытий, конструкции воздухоохладителя и системы воздухораспределения.

Внутренний полезный объем рефрижераторных контейнеров представлен в табл. IV—14, где также приведены их основные технические показатели.

Для перевозки охлажденных продуктов в зимнее время предусматривают обогрев грузового объема контейнера. Обогрев осуществляют с помощью электронагревателей или

Таблица IV—13  
Наружные габаритные размеры

Тип контейнера	Ширина		Высота		Длина	
	футы	мм	футы	мм	футы	мм
	1D	8	2435	8	2435	10
1C	8	2435	8	2435	20	6055
1B	8	2435	8	2435	30	9120
1A	8	2435	8	2435	40	12185
1AA	8	2435	8,6	2591	40	12185

Технические показатели контейнеров

Тип контейнера	Размеры грузового помещения, мм			Полезный объем, м <sup>3</sup>	Отношение полезного объема к общему	Масса, т		
	длина	ширина	высота			брутто	кузова без оборудования	оборудования
1D	2200	2200	2050	10—11	0,6—0,65	10	1,7—2,0	0,5—0,7
	2300	2250	2200					
1C	5100	2200	2050	23—26	0,65—0,7	20	2,5—2,8	0,9—1,3
	5300	2250	2200					
1B	8200	2200	2050	36—41	0,7—0,75	25	3,3—3,7	1,0—1,4
	8400	2250	2200					
1A	11250	2200	2050	50—56	0,7—0,8	30	4,2—4,7	1,0—1,5
	11450	2250	2200					
1AA	11250	2200	2050	55—61	0,72—0,85	35	4,5—5,0	1,0—1,5
	11450	2250	2200					

же путем переключения холодильной машины на работу по обратному циклу.

В настоящее время наибольшее применение для перевозки скоропортящихся продуктов получили рефрижераторные крупнотоннажные (большегрузные) контейнеры массой брутто 20 и 30 т (1С и 1А).

Продолжительность транспортировки грузов в изотермических контейнерах невелика и зависит от эффективности изоляции, количества продукта, его начальной температуры, температуры окружающей среды, а также от требуемой конечной температуры. Температура замороженных продуктов при перевозках в изотермических контейнерах в течение 2 суток повышается от  $-20$  до  $-5^{\circ}\text{C}$ .

**Устройство кузова контейнера.** Рефрижераторный контейнер отличается от изотермического наличием в его торцевой части машинного отделения, предназначенного для установки холодильного и энергетического оборудования (рис. IV—32).

Конструкция контейнера должна обеспечивать его прочность и жесткость при статических и динамических нагрузках, возникающих в процессе транспортировки железнодорожным, автомобильным и морским транспортом (с установкой контейнеров в последнем случае в пять ярусов по высоте), в случае перегрузки различными механизмами, многоярусного штабелирования на контейнерных площадках, а также при его загрузке и разгрузке продуктами.

Основными несущими элементами конструкции крупнотоннажных контейнеров являются: каркас (включает торцовые рамы, продольные верхние и нижние балки, а также

поперечные балки нижней рамы пола), стенки, крыша и пол контейнера. Элементы каркаса должны иметь удобную форму для крепления остальных деталей и узлов кузова контейнера, выполнения тепловой изоляции и установки оборудования.

Торцовые рамы, включающие угловые стойки, нижние и верхние поперечные балки, выполняют из легированной стали специальных профилей. Верхние и нижние продольные балки изготовляют из стали или алюминиевого сплава, как и поперечные балки нижней рамы пола. В некоторых конструкциях контейнеров вместо поперечных балок нижней рамы и стального листа, который к ним приваривают сверху, используют гофрированный стальной лист.

Наружную облицовку стен и крыши выполняют из стальных или алюминиевых листов, а также из многослойной фанеры, облицованной пластиком, или из стеклопластика (рис. IV—33). Поверхность облицовки в большинстве случаев гладкая, в отдельных случаях используют стальные листы с глубокими штампованными гофрами, повышающими прочность и жесткость стенок без значительного увеличения массы.

В случае использования гладких наружных облицовочных листов из алюминия, стеклопластика, реже из стали, их усиливают вертикальными ребрами, расположенными с внутренней стороны в теплоизоляционном слое.

Фанера применяется толщиной 18—22 мм. Она обладает достаточной прочностью и вертикальной устойчивостью и не требует установки дополнительных ребер жесткости.

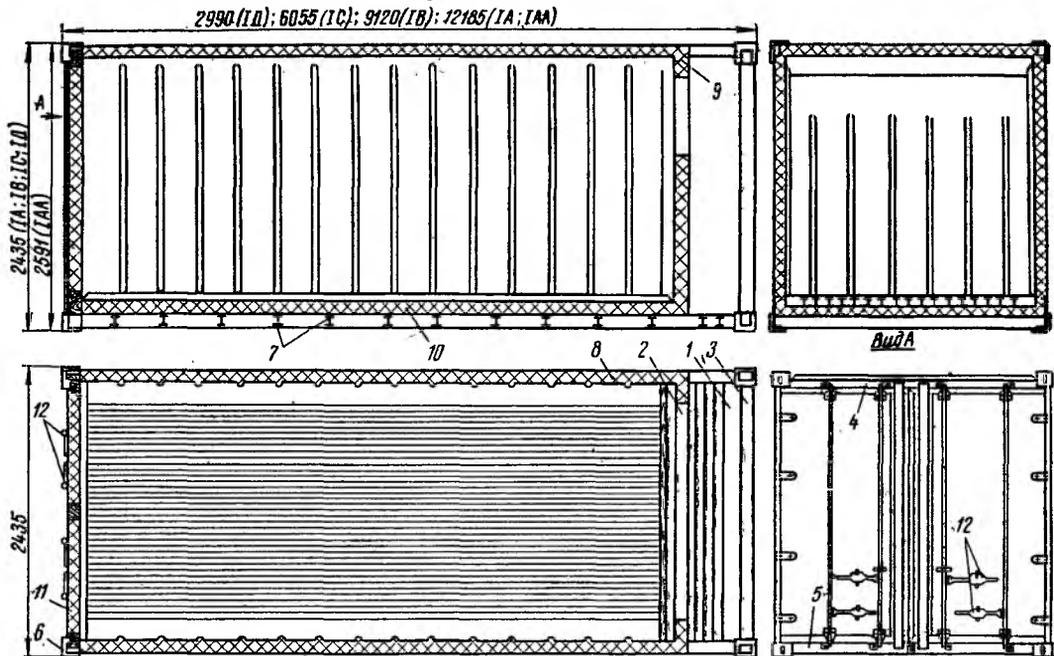


Рис. IV-32. Крупнотоннажный рефрижераторный контейнер:

1 — машинное отделение; 2 — проем для воздухоохладителя; 3 — торцовая рама; 4 — верхняя поперечная балка; 5 — нижняя поперечная балка; 6 — угловая стойка торцовой рамы; 7 — поперечная балка нижней рамы пола; 8 — стенка контейнера; 9 — крыша контейнера; 10 — пол контейнера; 11 — дверь контейнера; 12 — запорная арматура двери.

Крепление наружной облицовки к торцовым рамам и продольным балкам осуществляется сваркой, заклепками или болтами. Сварка применяется в контейнерах со стенками из стали. В контейнерах же со стенками из стали с гальваническим покрытием, алюминия, фанеры и стеклопластика крепление осуществляется заклепками и реже болтами.

Внутренняя облицовка стен охлаждаемых контейнеров должна обеспечивать необходимую циркуляцию воздуха в грузовом объеме, иметь достаточную жесткость и ударопрочность. Материал — листы из нержавеющей стали, алюминия, стеклопластика или многослойной фанеры с пластиковым покрытием. Для обеспечения циркуляции воздуха между грузом и стенкой и повышения прочности внутренние облицовочные листы имеют выступы различной формы: вертикальные, диагональные и сферические, расположенные в шахматном порядке.

Крепление внутренней облицовки стен и потолка к каркасу из деревянных или пластмассовых элементов (ребрам жесткости), раз-

мешенных в теплоизоляционном слое, осуществляется винтами или специальными односторонними заклепками.

Верхний настил пола выполняют из плит экструдированного алюминия с выступами Т- или П-образного профиля (рис. IV-34), образующими продольные каналы, что позволяет равномерно распределять охлаждающий воздух под грузом и осуществлять его циркуляцию в охлаждаемом объеме контейнера. Таким образом, верхний настил пока является также важным элементом системы воздухораспределения.

В качестве теплоизоляционного материала используют фреонаполненный пенополиуретан с объемной массой 35—40 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности порядка 0,019—0,023 Вт/(м·К) [ $\approx 0,016$ —0,020 ккал/(м×°С)].

Коэффициент теплопередачи ограждений контейнеров при этом колеблется в пределах 0,3—0,4 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [ $\approx 0,25$ —0,35 ккал/(м<sup>2</sup>×°С)]. Теплоизоляция выполняется из отдельных плит изоляционного материала или

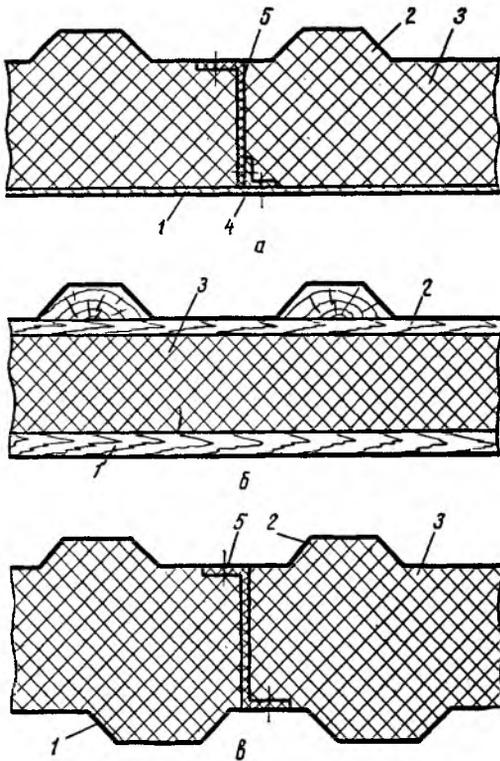


Рис. IV-33. Фрагменты стенок контейнеров:  
**а** — металлическая (стеклопластиковая) внутренняя и наружная облицовки;  
**б** — наружная и внутренняя облицовки из многослойной фанеры (плейвуд) с пластиковым покрытием;  
**в** — наружная облицовка из стали с глубокими штампованными гофрами;  
 1 — наружная облицовка; 2 — внутренняя облицовка; 3 — теплоизоляция; 4 — металлическое ребро жесткости; 5 — ребро жесткости из малотеплопроводного материала.

вспенивается непосредственно в ограждающей конструкции. При создании охлаждаемых большегрузных контейнеров наиболее прогрессивно использование теплоизолированных панелей стен и крыши из многослойной клееной водостойкой фанеры с наружной и внутренней стороны, и теплоизоляцией, расположенной между ними. Панели имеют размер стенок или крыши контейнера; их крепят болтами или заклепками по периметру к каркасу. Места соединения панелей с каркасом промазывают герметизирующей мастикой. В процессе изготовления панелей теплоизоляционный слой склеивают с листами фанеры водостойким клеем. При такой конструкции ограждений контейнера уменьшается общая

толщина стенок, улучшается теплоизолирующая способность кузова, повышается долговечность ограждений контейнера, снижаются расходы на их окраску и ремонт, упрощается изготовление контейнера.

Дверные проемы в охлаждаемых контейнерах оснащают двустворчатыми дверями с углом поворота створок до 270°. Чаще всего их размещают в торцовой стенке. Иногда контейнеры имеют дополнительно одну или две двери на боковых стенках, что позволяет ускорить и упростить их загрузку, особенно на железнодорожных платформах.

Наружную и внутреннюю облицовку дверей выполняют из листов стали или алюминия, а также из стеклопластика или многослойной фанеры; каркас двери и дверную раму — из древесины твердых пород или стеклопластика. Дверная рама крепится винтами к стальной торцовой раме контейнера. Изоляция дверей — пенополиуретан. Как правило, теплоизоляцию дверей делают большей толщины (на 20—30%), чем теплоизоляцию стен.

Герметизацию дверных проемов охлаждаемых контейнеров осуществляют уплотнениями — наружными и внутренними (рис. IV—35). Наружное уплотнение из температуростойкой эластичной резины специальных профилей служит для предотвращения попадания в камеру влаги, пыли, грязи и т. п.

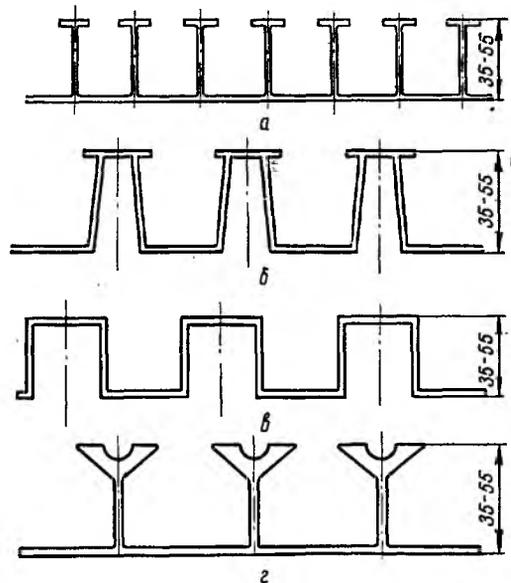


Рис. IV-34. Верхний настил пола:  
**а**, **г** — Т-образный профиль; **б**, **в** — П-образный профиль.

Внутреннее уплотнение сжимающегося типа служит для дополнительной герметизации грузового объема контейнера, и, кроме того, для образования теплоизолирующей прослойки. Профиль внутреннего уплотнения различен в зависимости от конструкции дверных проемов. В ряде случаев внутреннее уплотнение выполняют из эластичного пенополиуретана в оболочке из прорезиненной ткани. Иногда устанавливают два внутренних уплотнения.

На контейнерах применяют дверные запорные механизмы натяжного действия. К их конструкции предъявляются требования, связанные с устойчивостью к вибрационной нагрузке и нагрузке, действующей на внутреннюю поверхность двери контейнера при смещении груза. Навеска дверей на торповую раму производится при помощи стальных петель. Для предохранения металлических деталей контейнера от метеорологических воздействий применяют разнообразные жидкие синтетические лакокрасочные покрытия, стойкие по отношению к температурным воздействиям в диапазоне от  $-40$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ , осадкам, морской воде и механическим воздействиям. Окраску контейнера выполняют, как правило, многослойной с общей толщиной слоя покрытия  $0,1-0,2$  мм.

Для закрепления контейнеров на транспортных средствах при перевозке, а также при штабелировании, они снабжены восемью угловыми фитингами. Фитинги стандартизованы ИСО и представляют собой литую деталь с тремя отверстиями определенного профиля. Фитинги служат и для подъема контейнеров механизмами при перегрузочных операциях. Кузова контейнеров, кроме того, оборудуют пазами для вилочных подъемников и устройствами для подхватных приспособлений перегрузочных механизмов.

**Установки для охлаждения и обогрева воздуха в контейнерах.** Основной тип — навесные холодильные машины с индивидуальным источником энергоснабжения. В машинном отделении рефрижераторного контейнера устанавливают: в верхней части — холодильную машину, а в нижней части — дизель-генераторную установку. Объем машинного отделения составляет  $2,5-3,0$  м<sup>3</sup> (10—12% от объема контейнера), глубина 550—650 мм.

Контейнер с такой установкой может эксплуатироваться автономно. На контейнерных площадках дизель-генератор, как правило, выключается и холодильная машина контейнера подключается к внешней электросети.

В последние годы получили распространение контейнеры со встроенной или съемной холодильной машиной и централизованным источником энергии (интегральный тип).

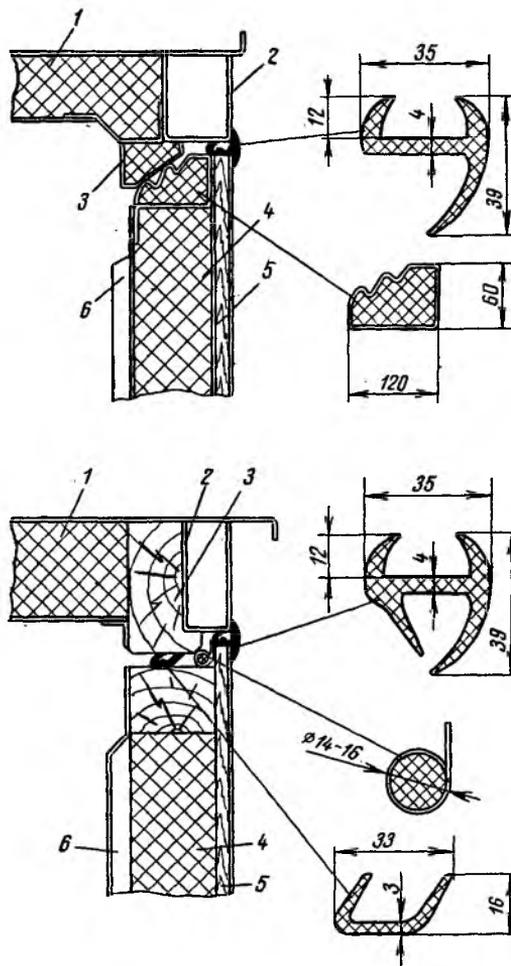


Рис. IV-35. Уплотнение дверных проемов (вертикальный разрез):

1 — крышка контейнера; 2 — верхняя поперечная балка; 3 — дверная рама; 4 — дверное полотно; 5 — наружная облицовка; 6 — внутренняя облицовка.

В этом случае холодильная машина занимает весь объем машинного отделения ( $1,7-1,8$  м<sup>3</sup>), дизель-генератор отсутствует, поэтому глубина машинного отделения уменьшается до 350—400 мм, тем самым повышается полезный объем контейнера. Снабжение электроэнергией на судах и контейнерных площадках — централизованное, а на автотранспорте — от дизель-генератора, размещенного на раме полуприцепа под контейнером. На железнодорожном транспорте применяют либо

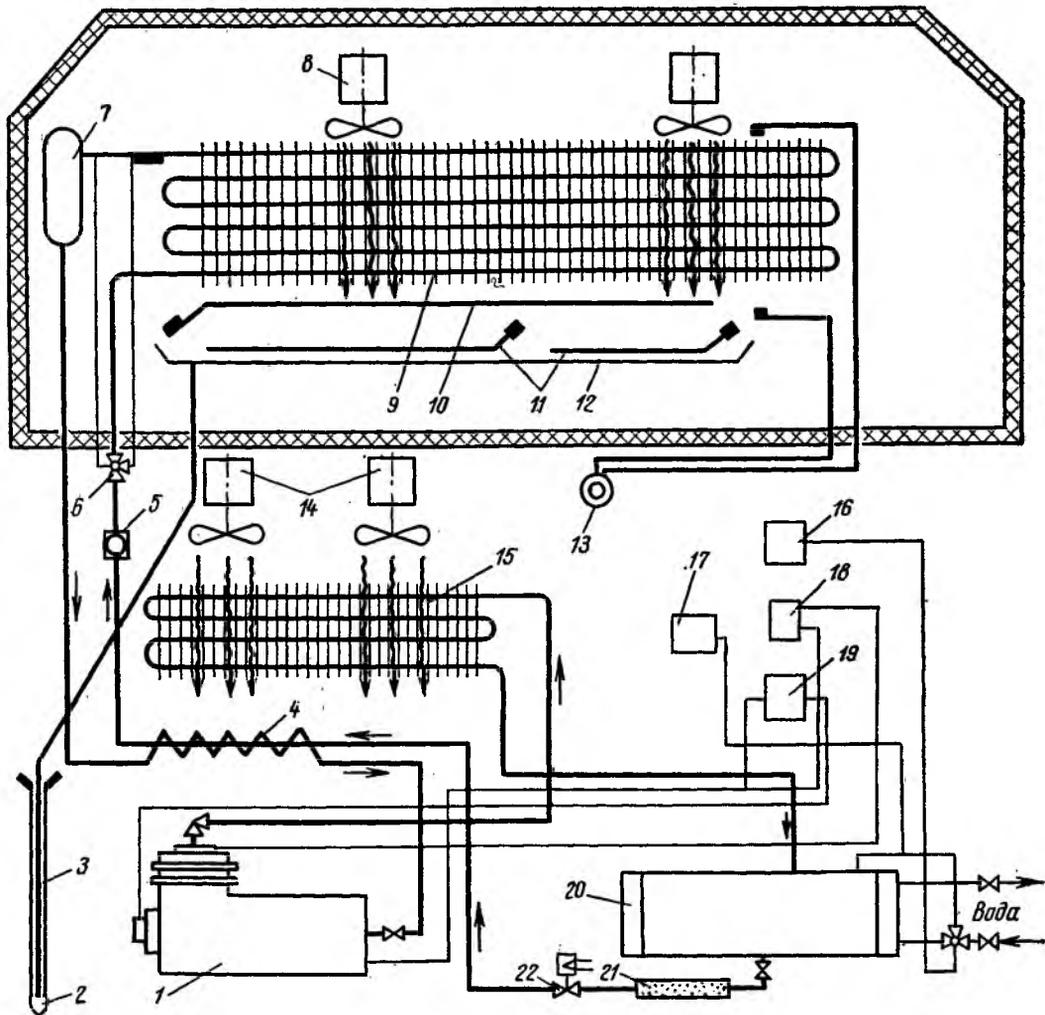


Рис. IV-36. Схема фреоновой холодильной машины с одним компрессором:

1 — компрессор; 2 — дренажная труба; 3 — электронагреватель дренажной трубы; 4 — теплообменник; 5 — смотровое стекло; 6 — терморегулирующий вентиль; 7 — аккумулятор; 8 — вентилятор воздухоохлаждителя; 9 — испаритель; 10 — электронагреватель испарителя; 11 — электронагреватель дренажного поддона; 12 — дренажный поддон; 13 — дифференциальное реле давления воздуха, управляющее оттаиванием испарителя; 14 — вентилятор конденсатора; 15 — конденсатор; 16 — реле давления (водяное); 17 — реле высокого давления; 18 — двухпозиционное реле давления; 19 — реле контроля смазки; 20 — ресивер-конденсатор (водяной); 21 — фильтр-осушитель; 22 — соленоидный вентиль.

централизованную установку (групповой дизель-генераторный контейнер), либо индивидуальные дизель-генераторы, расположенные на каждой железнодорожной платформе.

Комплексная эксплуатация таких контейнеров сложнее, требует четкой организации и специальных транспортных средств, хотя в

целом такая система экономичнее и дает возможность использовать меньшее количество энергетических установок при том же объеме перевозок. Контейнеры, питаемые от централизованных источников энергии, находят наибольшее применение на постоянных транспортных линиях, на водном транспорте, при

коротких простоях в пунктах погрузки и разгрузки.

Применяют также холодильные и нагревательные установки, работающие от дизель-генератора и вставляемые в машинное отделение через боковую стенку в проем, располагаемый в нижней части у торца. Такие установки легче, проще и компактнее, чем обычные, но их эксплуатация сложнее. Нагревательная установка, помимо электроэнергии генератора, утилизирует тепло приводного двигателя — дизеля. В зависимости от условий перевозки контейнер комплектуется холодильной или нагревательной установкой.

Механическая система охлаждения используется в подавляющем большинстве случаев (90% парка), основные ее преимущества — универсальность и автономность.

Несмотря на различия в компоновке и отдельных конструктивных решениях, основные элементы фреоновых холодильных машин, изготовляемых в различных странах, однотипны. Расчетные температурные условия принимают в соответствии с рекомендациями ИСО: температура окружающего воздуха летом  $+40^{\circ}\text{C}$ , зимой не выше  $-25^{\circ}\text{C}$ , температура воздуха в грузовом объеме от  $-18$  до  $+16^{\circ}\text{C}$ . В отдельных случаях эти пределы могут быть расширены.

В качестве холодильного агента используют исключительно фреон-12. Это вызвано требованием повышенной надежности.

Компрессоры применяют только бессальниковые. Их надежность существенно выше, чем у открытых компрессоров, а ремонтпригодность выше, чем у герметичных.

Компрессоры должны отвечать условиям работы на судах: работать при кренах до  $30^{\circ}$  и дифферентах до  $6^{\circ}$ . Во многих случаях предусмотрен обогрев картера для устранения конденсации фреона в компрессоре в зимних условиях во время нерабочей части цикла.

Холодопроизводительность машины (при температуре воздуха в кузове  $-20^{\circ}\text{C}$ ) для контейнера массой брутто 10 т около 1800 Вт ( $\sim 1550$  ккал/ч), 20 т — 3500 Вт (3000 ккал/ч), 30 т — 6000 Вт ( $\sim 5150$  ккал/ч).

Схемы фреоновых холодильных установок для контейнеров показаны на рис. IV—36 и IV—37.

Регулирование производительности осуществляется методом пусков и остановок компрессора. В некоторых случаях дополнительно используют перепуск части сжатого пара во всасывающую линию, применяются также машины с двумя компрессорами.

Конденсатор с воздушным охлаждением, ребристой трубный. Во многих конструкциях предусмотрено также водяное охлаждение ресивера, который во время морских перевозок служит конденсатором. Это облегчает

условия работы машины и уменьшает тепловую нагрузку судовых трюмов. Ресивер-конденсатор имеет штуцера для соединения с системой водоснабжения судна. Водяной конденсатор заблокирован с воздушным таким образом, что при снижении до определенного предела давления воды включается вентилятор воздушного конденсатора. Воздушные конденсаторы защищаются от переохлаждения в зимнее время.

Воздухоохладитель размещается в теплоизолированном корпусе. В ряде случаев для обеспечения доступа к воздухоохладителю устраивается съемная крышка или люк.

Для поддержания определенной концентрации  $\text{CO}_2$  при перевозке плодов и овощей в торцовой стенке воздухоохладителя делается вентиляционное отверстие, закрываемое теплоизолированной крышкой, через которое при необходимости вводится в контейнер наружный воздух. Охлаждаемый воздух, как правило, забирается в нижней части контейнера и подается в верхнюю часть (рис. IV—38). Воздух подается через отверстия в торцовой стенке или в подвесном потолке, или же через подвесные воздуховоды — металлические, тканерезиновые или пластмассовые.

Циркуляция воздуха обеспечивается одним или несколькими осевыми вентиляторами; расход воздуха от 0,5 до 1,0 м<sup>3</sup>/с.

Испаритель — ребристый с питанием от терморегулирующего вентиля с распределительным устройством; трубки, как правило, медные, ребра — алюминиевые.

Оттаивание выполняется наиболее простым и надежным способом — электронагревателями (4—6 кВт), которые используют также для обогрева контейнера зимой. Отдельными нагревателями обогревается водяной поддон и дренажная система для удаления конденсата. Трубы, по которым отводится конденсат, снабжают специальной запорной арматурой (как правило, резиновыми наконечниками), обеспечивающей проход воды наружу и предотвращающей подсос наружного воздуха. Поддон делают несколько увеличенной глубины, чтобы не допустить разлива воды при качке. Датчиком начала оттаивания испарителя является дифференциальное реле давления воздуха до и после испарителя. Иногда эта система дублируется (для большей надежности) реле времени. Окончание оттаивания осуществляется термореле. Оттаивание может производиться и вручную.

Отдельные элементы холодильной машины монтируются на общей раме. Объем, занимаемый холодильной машиной в контейнерах, составляет 1,4—1,6 м<sup>3</sup>, масса — от 500 до 800 кг. В холодильной машине контейнеров обеспечивают коррозионную стойкость металлических частей, применяют электрооборудование, за-

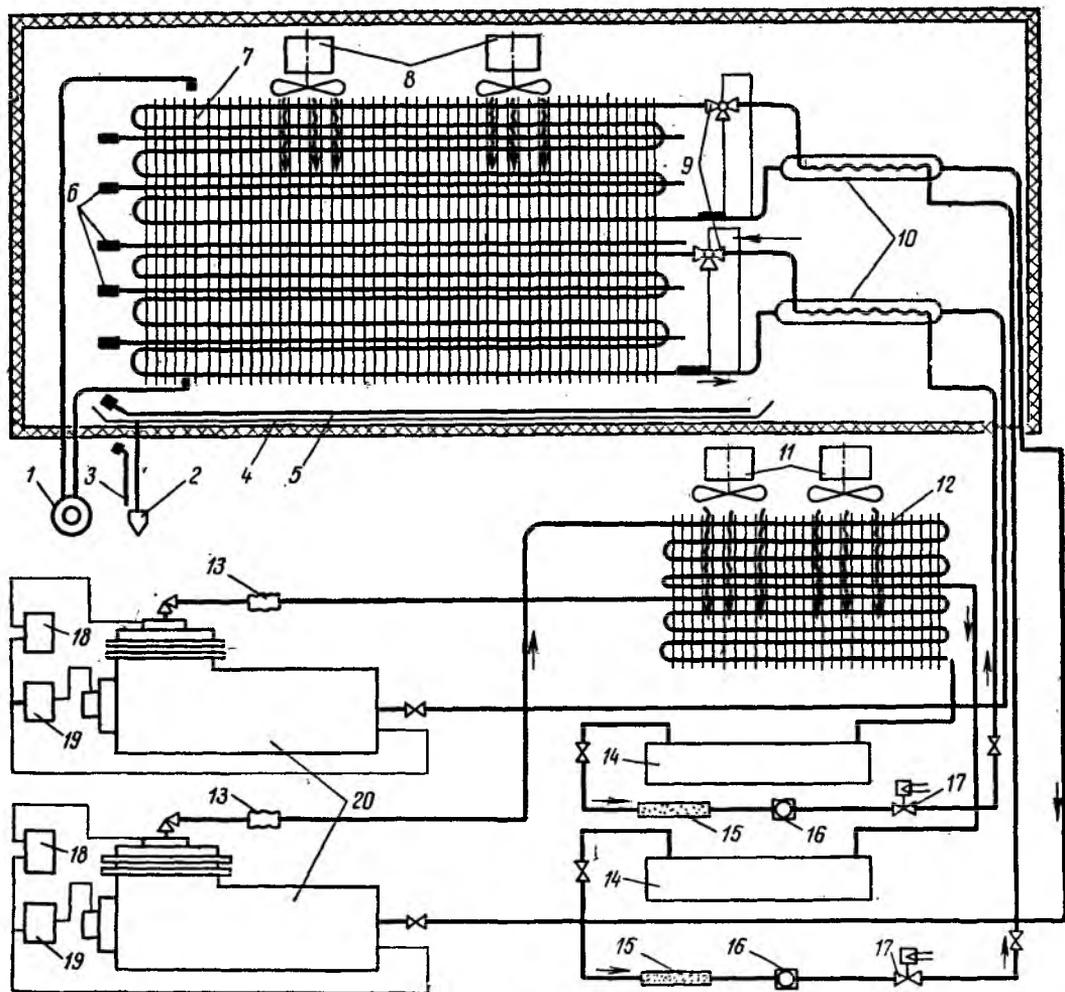


Рис. IV-37. Схема фреоновой холодильной машины с двумя компрессорами:

1 — дифференциальное реле давления воздуха, управляющее оттаиванием испарителя; 2 — дренажная труба; 3 — электронагреватель дренажной трубы; 4 — дренажный поддон; 5 — электронагреватель дренажного поддона; 6 — электронагреватель испарительной батареи; 7 — испарительная батарея; 8 — вентилятор воздухоохлаждителя; 9 — терморегулирующий вентиль; 10 — теплообменник; 11 — вентилятор конденсатора; 12 — конденсатор; 13 — виброгаситель; 14 — ресивер; 15 — фильтр-осушитель; 16 — смотровое стекло; 17 — соленоидный вентиль; 18 — двухпозиционное реле давления; 19 — реле контроля смазки; 20 — компрессор.

щищенное от влаги и пыли, виброустойчивые монтажные соединения, а также элементы, устойчивые по отношению к перегрузкам, равным  $2g$  в любом направлении, возникающим при резком изменении скорости или направления движения и при морской качке.

Холодильная машина должна работать длительное время (30—60 суток) без обслуживания. Безаварийная работа обеспечивается

установкой защитной автоматики (реле низкого и высокого давления, реле контроля смазки и др.) и дублированием ряда систем.

Предусматривается возможность работы холодильной машины от сети напряжением 200—220 или 380—440 В, частотой 50—60 Гц. Оборудование размещают таким образом, чтобы обслуживание его на стоянках и в пути следования было удобным.

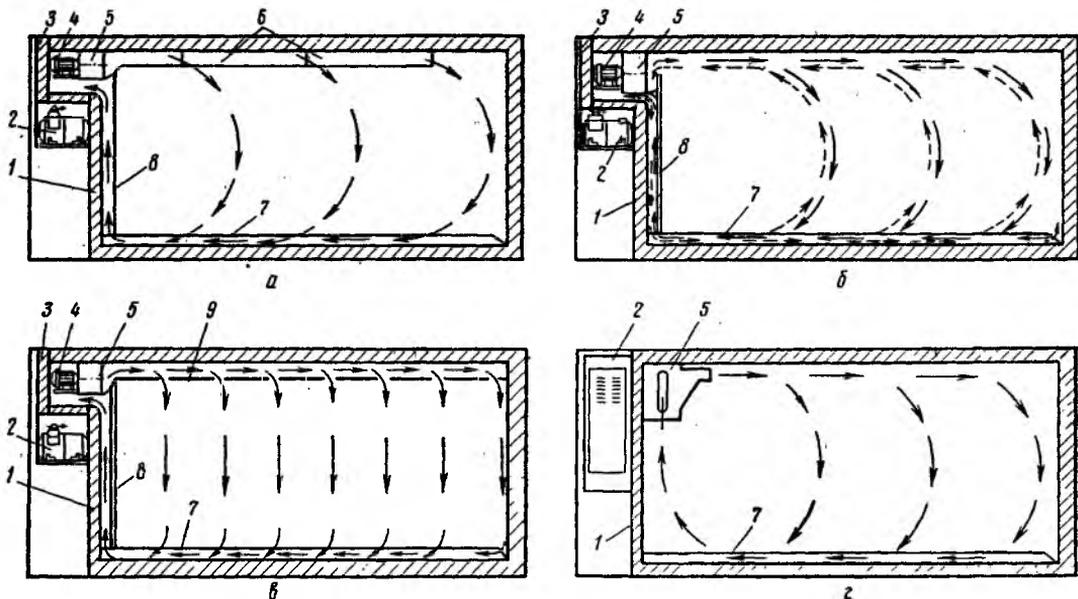


Рис. IV-38. Схема циркуляции охлаждающего воздуха:

*а* — раздача через подвесные воздуховоды; *б* — раздача через щель в торповой стенке; *в* — раздача через подвесной потолок; *г* — раздача при расположении воздухоохладителя в грузовом помещении; 1 — теплоизоляция; 2 — холодильная машина; 3 — съемная крышка; 4 — электродвигатель вентилятора воздухоохладителя; 5 — воздухоохладитель; 6 — воздухораспределительные каналы; 7 — пол из экструдированного алюминия; 8 — ложная стенка; 9 — ложный потолок.

В качестве источника электроэнергии для питания электрического оборудования (вентиляторов, компрессоров, нагревателей, приборов автоматики) применяют агрегатные дизель-генераторные установки. В эти установки входит дизельный двигатель внутреннего сгорания, непосредственно соединенный с генератором гибкой соединительной муфтой. В агрегатах для контейнеров массой 20 т брутто применяют, как правило, четырехцилиндровые четырехтактные дизельные двигатели с водяным или воздушным охлаждением мощностью 20—25 л.с.

Генераторные установки вырабатывают трехфазный ток напряжением 380 или 220 В, частотой 50 Гц. Мощность генераторов, используемых для электропитания оборудования контейнеров массой 10, 20 и 30 брутто соответственно 6—8, 10—12 и 14—16 кВт·А при коэффициенте мощности 0,8 и частоте вращения 25 и 30 с<sup>-1</sup>.

Корпуса генераторов, обдуваемые, самовентилирующегося типа. Усредненные габаритные размеры дизель-генераторных установок составляют 1800 × 600 × 1000 мм (включая топливный бак и масляный бак, аккумуляторы и приборы автоматики) при

сухой массе около 600—700 кг. Дизель-генератор и комплектующее оборудование монтируют на общей раме, которая позволяет устанавливать его и закреплять в нижней части машинного отсека в торце контейнера под холодильной машиной.

Дизель-генераторные установки выполняют только съемными. В отдельных случаях они крепятся на раме автомобильной или железнодорожной платформы.

**Азотная система охлаждения контейнеров.** В последние годы получила распространение азотная система охлаждения, которая применяется обычно при дальности транспортирования грузов до 1000 км.

Эту систему характеризуют простота оборудования, высокая надежность; отсутствие постоянного источника энергии; бесшумность и отсутствие выхлопных газов; быстрое охлаждение кузова перед рейсом и восстановление температуры внутри грузового помещения после закрытия дверей; отсутствие необходимости оттаивания и удаления влаги; сравнительно небольшая масса оборудования и отсутствие аппаратуры для осуществления направленной циркуляции воздуха; минимальные потери от усушки продукта и лучшая сох-

ранность качества ряда продуктов; низкие затраты на обслуживание установок.

Однако азотная система охлаждения не лишена недостатков. Это — необходимость создания сети заправочных азотных станций по пути следования контейнеров; меньшая экономичность по сравнению с механическим охлаждением при дальних перевозках.

Принципиально конструкция установки та же, что для авторефрижераторов. Установки включают от одного до трех сосудов с азотом. Все оборудование монтируют в виде блока и устанавливают либо снаружи контейнера в машинном отделении, либо внутри него.

Так же как и для авторефрижераторов для охлаждения контейнеров в некоторых случаях используют сухой лед и жидкую углекислоту.

### Средне- и малотоннажные контейнеры

Среднетоннажные контейнеры используют для прямых непродолжительных перевозок скоропортящихся пищевых продуктов, преимущественно автомобильным транспортом. В отличие от крупнотоннажных контейнеров на среднетоннажных международных стандартов нет. Среднетоннажные контейнеры делятся на изотермические и охлаждаемые. Конструкция кузова и системы охлаждения (обогрева) такие же, как в крупнотоннажных контейнерах и рефрижераторном автотранспорте.

Малотоннажные контейнеры, преимущественно изотермические, используют для прямых автомобильных перевозок на небольшие расстояния.

Иногда применяют аккумуляционную систему охлаждения с помощью съемных сосудов, заполненных замороженным эвтектическим раствором.

Характерным образцом малотоннажного изотермического контейнера является КИ-0,5, разработанный во ВНИХИ. Он предназначен для внутригородских перевозок мясных продуктов. Масса брутто 0,5 т, внутренний объем 0,7 м<sup>3</sup>, собственная масса 150 кг; габаритные размеры 1000 × 850 × 1850 (мм).

К малотоннажным контейнерам относятся и изотермические контейнеры небольшой емкости (10—50 л). Они используются для перевозки био- и медицинских препаратов, эндокринного сырья и других ценных скоропортящихся продуктов.

Контейнеры представляют собой изотермическую коробку с верхней накладной крышкой. Они снабжены ручками для переноски. Система охлаждения и обогрева аккумуляционная. Контейнеры комплектуются соответствующим количеством емкостей с эвтек-

тическим раствором или кассетами с сухим льдом. Продукт загружается в контейнеры в специальных кассетах.

### Контейнерные пункты

Контейнерные пункты — это оборудованные площадки на железнодорожных станциях, в портах и на предприятиях; предназначенные для загрузки, разгрузки, перегрузки, сортировки и кратковременного хранения контейнеров.

В состав контейнерного пункта входят: площадки для краткосрочного хранения загруженных и порожних контейнеров; площадки для санитарной обработки, а также профилактического осмотра и проведения мелкого ремонта контейнеров; помещения для специальных служб, обеспечивающих обслуживание контейнеров и их экипировку перед отправкой — подключение к электросети, заправку дизелей, регулирование приборов автоматики и др.

Контейнерные пункты имеют асфальтированное или бетонированное покрытие (с уклонами для стока осадков), а также подъездные пути для движения транспортных средств и механизмов. Площадки оснащают инженерными коммуникациями, обеспечивающими эксплуатацию контейнеров, оборудуют освещением. В пределах контейнерной площадки должен быть пост заправки дизелей топливом.

Размеры контейнерных площадок устанавливаются в зависимости от суточного контейнерооборота, характера выполняемых грузовых операций и организации завоза-вывоза. Энергоснабжение на площадках централизованное, потребляемая мощность 5, 10 и 15 кВт соответственно для контейнеров массой брутто 10, 20 и 30 т. Рефрижераторные контейнеры на площадке устанавливают максимально в два яруса, расстояние между ними не менее 0,7 м для их обслуживания и нормальной работы холодильной машины. Контейнерные пункты оснащают комплексом грузоподъемных и транспортных механизмов, обеспечивающим минимальные трудозатраты и продолжительность грузовой обработки контейнеров при минимальных эксплуатационных расходах. Количество вариантов сочетания различных механизмов достаточно велико, так как на контейнерных площадках выполняются следующие операции: установка контейнеров на железнодорожные платформы, суда и автоконтейнеровозы, а также их разгрузка от контейнеров, сортировка контейнеров с целью формирования из них партий; загрузка и разгрузка контейнеров скоропортящимися продуктами; перемещение контейнеров в пределах контейнерных площадок.

Загрузка крупнотоннажных контейнеров осуществляется грузами, пакетированными на поддонах. Размеры грузового помещения контейнеров позволяют укладывать грузовые пакеты на поддонах  $800 \times 1200$  мм по схеме один вдоль — один поперек. Высота пакета — до 2000 мм при одноярусной укладке и 1000 мм при двухъярусной.

## ВОДНЫЙ ХОЛОДИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Водный холодильный транспорт — одно из звеньев общей холодильной цепи от места выработки до места потребления пищевых продуктов. Суда с теплоизоляцией емкостей (резервуаров) и холодильными установками перевозят также охлажденные углеводородные газы (пропан, бутан и др.)

### Основные типы рефрижераторных судов

Рефрижераторные суда для перевозки скоропортящихся грузов используют в составе флота рыбной промышленности; транспортного рефрижераторного флота морских и речных пароходств, предназначенного для осуществления как внутренних, так и внешнеторговых перевозок скоропортящихся грузов. На современных грузопассажирских судах в отличие от строившихся в конце прошлого и начале нынешнего веков, как правило, не предусматривают большие рефрижераторные трюмы (в связи со спецификой эксплуатации этих судов); такие суда не включают в состав флота, перевозящего рефрижераторные грузы.

В зависимости от района, конкретных условий и схемы промысла транспортные функции могут выполнять не только транспортные (приемно-транспортные) и производственно-транспортные рефрижераторные суда, но и производственные рефрижераторы, плавучие базы и заводы, рыболовные морозильные суда.

Основное назначение транспортного рефрижераторного флота рыбной промышленности:

прием на промысле от производственных рефрижераторных судов и рыбоморозильных траулеров мороженой рыбной продукции и доставка ее в базовые порты;

вывоз мороженой, слабо- и среднесоленой рыбной продукции с береговых предприятий (рыбокомбинатов) в базовые порты (таким образом транспортный флот используется в основном на Дальнем Востоке);

обеспечение материально-технического и продовольственного снабжения в районах промысла.

Рефрижераторные суда морского и речного транспортного флота (пароходств) используют для перевозки рефрижераторного груза, как правило, между портами.

Транспортные рефрижераторные суда могут быть специализированными (для перевозки конкретных видов охлаждаемых продуктов при определенных температурах) и универсальными, предназначенными для перевозок широкого ассортимента скоропортящихся грузов (и мороженных, и охлажденных) при поддержании одновременно различных температур в разных трюмах независимо от температуры наружного воздуха.

Специализированные рефрижераторные суда в свою очередь разделяются на две группы:

высокотемпературные рефрижераторные суда — для перевозки фруктов, овощей, яиц, охлажденной и малосоленой рыбы и других подобных грузов;

низкотемпературные рефрижераторные суда — для перевозки замороженных грузов, а в некоторых случаях и для замораживания грузов; они, как правило, не имеют оборудования, которое обеспечивало бы перевозку незамороженных грузов при минусовых наружных температурах воздуха.

В настоящее время строят преимущественно универсальные рефрижераторные суда, в то время как раньше предпочтение отдавалось специализированным.

Эксплуатируют и продолжают строить скоростные многоцелевые суда, способные перевозить наряду с генеральными и скоропортящиеся грузы. На таких судах объем рефрижераторных трюмов достигает 40% общей вместимости грузовых помещений.

На современных рефрижераторных судах вместимость охлаждаемых трюмов достигает  $3500 \text{ м}^3$  (на рыболовно-морозильных),  $9000 \text{ м}^3$  (на производственных и производственно-транспортных),  $22\,000 \text{ м}^3$  (на плавбазах), от  $500\text{—}800$  до  $10\,000\text{—}17\,000 \text{ м}^3$  (на транспортных рефрижераторах), температура воздуха в трюмах  $-30 \div +15^\circ\text{C}$ , а холодопроизводительность установок от  $116\text{—}175$  до  $930\text{—}1160 \text{ кВт}$  (от  $100$  тыс. —  $150$  тыс. до  $800$  тыс. —  $1$  млн. ккал/ч) при температурах кипения  $-30 \div -40^\circ\text{C}$ .

Продолжительность рейса современных промысловых и производственных судов и плавбаз достигает  $10\text{—}12$  месяцев, а технико-эксплуатационные характеристики транспортных рефрижераторных судов обеспечивают возможность их работы в любых морях и океанах, на любых рейсовых линиях.

Основные характеристики советских мор-

Характеристики современных отечественных

Судно-рефрижератор	Место постройки	Основные размеры, м			Осадка средняя в грузу, м	Водоизмещение (ледвейт), т	Тип энергетической установки и мощность главных двигателей, кВт
		длина	ширина	высота борта			

Морские транспортные и приемо-

«Арагви»	ФРГ	109,0	16,4	11,0	7,08	(4500)	ДУ 5340
«Чапаев»	Италия	110	17,0	11,3	7,5	(4600)	ДУ 5590
«Александра Коллонтай»	ПНР	110,0	17,02	11,2	7,3	(4450)	ДУ 5630
«Коперник»	ПНР	128,0	18,0	11,5	7,8	(5500)	ДУ 8750
«Остров Русский»	Швеция	150,5	20,5	12,0	7,5	15660	ДРУ 8830
«Амурский залив»	Франция	164,5	22	—	—	16400	ДРУ 8210
«Берингов пролив»	СССР	172,1	23,0	13,7	7,71	18514	ДУ 7800
«Рембрандт»	Голландия	105,5	16,6	—	5,5	3124	ДУ 1620
«Прибой»	Швеция	157,0	21,2	—	—	15497	ДУ 6430
«Охотское море»	Франция	186,6	25,0	—	—	24950	10980
«Карл Либкнехт»	ГДР	154,9	22,2	—	—	15111	6620
«Ветер»	ФРГ	136,0	16,8	—	—	9120	7070
«Камчатские горы»	Швеция	153,5	20,5	—	—	15730	6630
«Актюбинск»	СССР	130,9	16,8	—	—	8311	5200

## транспортных рефрижераторных судов

Скорость хода, узлов	Автономность плавания, сутки или морские мили	Кубатура трюмов, дм <sup>3</sup> (система охлаждения)	Краткая характеристика холодильной установки		Суммарная холодопроизводительность агрегатов (или компрессоров), кВт
			холодильный агент	тип и количество холодильных агрегатов (или компрессоров)	

## транспортные рефрижераторные суда

18,5	—	5000 (воздушная горизонтальная, ВО-Р)	Фреон-12	4 поршневых агрегата	756 (при $t_0 = -12,5^\circ\text{C}$ ; $t_k = 40^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = +12,5 \div -18^\circ\text{C}$
18,0	—	5770 (воздушная вертикальная)	Фреон-22	3 винтовых компрессора	1131 (при $t_0 = -15^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = +12,5 \div -18^\circ\text{C}$
18,0	—	5360 (воздушная вертикальная)	Фреон-22	4 поршневых агрегата	928 (при $t_0 = -5^\circ\text{C}$ ; $t_k = 40^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = +15 \div -20^\circ\text{C}$
19,2	—	7430 (воздушная вертикальная)	Фреон-22	4 винтовых компрессора	1972 (при $t_0 = 5^\circ\text{C}$ ; $t_k = 40^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = +15 \div -20^\circ\text{C}$
18,3	—	12280 (воздушная, ВО-НИ)	Фреон-22	5 винтовых компрессоров фирмы «Стал»	127,6 (при $t_0 = -38^\circ\text{C}$ ; $t_k = 35^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = -30^\circ\text{C}$
17,3	—	14000	Фреон-22	То же	То же
19,0	90 или 25000	(воздушная, ВО-НИ)	Фреон-22	5 винтовых компрессоров	551 (при $t_0 = -38^\circ\text{C}$ ; $t_k = 36^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = +3; -8$ и $-28^\circ\text{C}$
14,0	—	3682	Аммиак	3 поршневых агрегата 2 агрегата	525 (при $t_0 = -40^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ ) 240 (при $t_0 = -27^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ )
17,5	—	12500 ВО-Р	»	4 винтовых компрессора	1160 (при $t_0 = -16^\circ\text{C}$ ; $t_k = 34^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = -5$ и $+30^\circ\text{C}$
18,0	—	22500 (воздушная, ВО-НИ)	Фреон-22	7 винтовых компрессоров «фирмы «Стал»	817 (при $t_0 = -38^\circ\text{C}$ ; $t_k = 35^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = -30$ и $-8^\circ\text{C}$
17,3	—	12960 (воздушная, ВО-НИ)	Фреон-22	5 винтовых компрессоров	545 (при $t_0 = -40^\circ\text{C}$ ; $t_k = 36^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = -30$ и $-8^\circ\text{C}$
21,0	—	8180 (рассольная, гладкотрубные батареи)	Аммиак	3 поршневых агрегата	340 (при $t_0 = -30^\circ\text{C}$ ; $t_k = 35^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = -30^\circ\text{C}$
17,4	—	12155 (ВО-Р)	»	4 поршневых агрегата	290 (при $t_0 = -16^\circ\text{C}$ ; $t_k = 34^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = -30^\circ\text{C}$
16,6	—	6870 (рассольная, гладкотрубные батареи)	»	6 поршневых агрегата	410 (при $t_0 = -33^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ ); $t_{охл} = -18^\circ\text{C}$ и $-6^\circ\text{C}$

Судно-рефрижератор	Место постройки	Основные размеры, м			Осадка средняя в грузу, м	Водоизмещение (дедвейт), т	Тип энергетической установки и мощность главных двигателей, кВт
		длина	ширина	высота борта			
«Малахов курган»	Дания	124,2	16,5	—	—	8100	4950
«Куба»	ФРГ	131,5	16,1	—	—	7351	3930
«Яна»	ФРГ	111,4	14,5	—	—	6570	2300
«Светлогорск»	Голландия	114,7	14,0	—	—	6765	1760
«Кустанай»	Швеция	79,2	12,6	—	—	3434	1250
«Ангара»	Швеция	61,5	9,6	—	—	1650	625
«Амур»	СССР	51,9	8,0	—	—	768	295
«Радужный»	СССР	54,9	9,5	—	—	1138	590
«Сибирь»	СССР	130,0	16,8	9,5	7,2	9560	ДЭУ 5200
Речные (озерные) транспортные							
«Рефрижератор-901»	ЧССР	103,2	12,4	4,9	2,09	2018	ДРУ 770
Рефрижератор проекта Финляндии 500/800	Финляндия	79,8	11,0	4,5	2,0	—	ДУ 620
«Советская Россия»	СССР	65,5	9,2	2,8	1,51	—	ДРУ 440

Обозначения: ДУ — дизельная установка (с непосредственной передачей мощности ская установка (дизель-генераторы и гребные электродвигатели); ВО-НИ — воздухоохлаждаемые помещениях.

Скорость хода, узлы	Автономность плавления, сутки или морские мили	Кубатура трюмов, м <sup>3</sup> (система охлаждения)	Краткая характеристика холодильной установки		Суммарная холодопроизводительность агрегатов (или компрессоров), кВт
			холодильный агент	тип и количество холодильных агрегатов (или компрессоров)	
17,5	—	6380 (ВО-НИ)	»	4 поршневых агрегата	1800 (при $t_0 = -15^\circ\text{C}$ , $t_k = 37^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -20^\circ\text{C}$
16,5	—	6420 (ВО-Р)	»	3 поршневых двухступенчатых агрегата	325 (при $t_0 = -27^\circ\text{C}$ ; $t_k = 37^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -18^\circ\text{C}$
14,5	—	4490 (рассольная, гладкотрубные батареи)	Аммиак	4 поршневых агрегата	280 (при $t_0 = -20^\circ\text{C}$ , $t_k = 27^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -18^\circ\text{C}$ и $-2^\circ\text{C}$
12,0	—	5015 То же	»	2 поршневых двухступенчатых агрегата	185 (при $t_0 = -35^\circ\text{C}$ ; $t_k = 28^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -18^\circ\text{C}$ и $-2^\circ\text{C}$
11,0	—	1885 (ВО-НИ)	Фреон-12	3 поршневых агрегата	105 (при $t_0 = -25^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -18^\circ\text{C}$
11,0	—	1006 То же	Фреон-12	2 поршневых агрегата	70 (при $t_0 = -25^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -18^\circ\text{C}$
9,2	—	400 То же	Аммиак	2 поршневых агрегата	175 (при $t_0 = -15^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -18,8^\circ\text{C}$ , и $0^\circ\text{C}$
11,5	—	648 ВО-НИ	Фреон-12	3 поршневых агрегата	310 (при $t_0 = -15^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -25$ и $-5^\circ\text{C}$
16,5	50 или 10000	7300	Аммиак	3 поршневых компрессора	313,2 (при $t_0 = -38^\circ\text{C}$ ; $t_k = 35^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -23$ и $-6^\circ\text{C}$
рефрижераторные суда					
10,7	12	2400 (автономная воздушная ВО-НИ)	Фреон-12	4 блочных автономных агрегата	88 (при $t_0 = -15^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = +3 \div -18^\circ\text{C}$
10,8	15	1300 (центральная воздушная ВО-НИ)	Фреон-12	3 компрессора	97,5 (при $t_0 = -20^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -12^\circ\text{C}$
10,1	—	630 (рассольная батарейная, в одном из трюмов смешанная — установлены ВО типа РВО <sub>2</sub> -16ПН)	Фреон-12	3 агрегата	87 (при $t_0 = -15^\circ\text{C}$ ; $t_k = 30^\circ\text{C}$ ; $t_{\text{охл}} = -8$ и $+2^\circ\text{C}$

двигателя на гребной винт); ДРУ — дизель-редукторная установка; ДЭУ — дизель-электрической непосредственного испарения; ВО-Р — воздухоохладители рассольные.  $t_{\text{охл}}$  — температура в

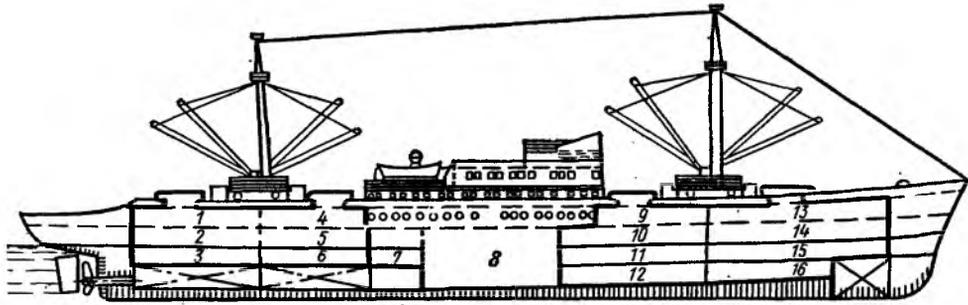


Рис. IV-39. Транспортное рефрижераторное судно типа «Арагви»:

1 — твиндек 4-й верхний; 2 — твиндек 4-й средний; 3 — твиндек 4-й нижний; 4 — твиндек 3-й верхний; 5 — твиндек 3-й средний; 6 — твиндек 3-й нижний; 7 — помещение для холодильных машин; 8 — машинное отделение; 9 — твиндек 2-й верхний; 10 — твиндек 2-й средний; 11 — твиндек 2-й нижний; 12 — трюм № 2; 13 — твиндек 1-й верхний; 14 — твиндек 1-й средний; 15 — твиндек 1-й нижний; 16 — трюм № 1.

ских и речных современных рефрижераторных судов представлены в табл. IV—15.

Ускорение доставки и лучшее сохранение качества скоропортящихся продуктов достигается путем контейнеризации перевозок. Для перевозки рефрижераторных контейнеров применяют суда-контейнеровозы с мощными холодильными установками.

### Устройство рефрижераторных судов

Современное рефрижераторное судно состоит из корпуса, судовых устройств, энергетической (силовой) установки, холодильной установки, судовых систем и вспомогательных механизмов. Если рефрижераторное судно, помимо транспортных, выполняет и другие функции, то оно имеет специальные промышленные устройства (для лова рыбы и других морепродуктов) и технологическое оборудование для обработки и переработки морепродуктов (замораживание, соление, изготовление консервов, рыбной муки и т. п.).

Устройство транспортного рефрижераторного судна показано на рис. IV—39.

Корпус судна включает каркас — набор судна (совокупность продольных и поперечных прочных связей), листовую обшивку днища и бортов, главную, промежуточные и другие специальные палубы и платформы. Корпус имеет надстройки, в которых располагаются служебные и жилые помещения.

Корпус судна рядом поперечных и продольных переборок, а также палубами делится на отсеки и другие судовые помещения. Помещения для хранения скоропортящихся грузов (трюмы, твиндеки) оборудуются тепло- и гидроизоляцией.

В настоящее время промысловый флот начинает пополняться двухкорпусными (катамаранными) судами с неограниченным районом плавания.

Основные требования к конструкции и конфигурации корпуса рефрижераторного судна, его надстроек, энергетического и другого оборудования, устройств и систем — прочность, безопасность плавания, хорошие мореходные и маневренные качества судна, максимальное использование его грузоемкости (рефрижераторный груз легкий, поэтому количество груза, которое может быть принято на судно, зависит не от грузоподъемности судна, а от объема его трюмов).

Наличие нескольких (как правило, четырех) палуб на транспортных рефрижераторных судах позволяет более полно использовать грузоемкость судна при жестком ограничении высоты укладки многих скоропортящихся грузов (не выше 2,0—2,5 м).

Судовые устройства — рулевое, якорное, швартовое, шлюпочное, грузовое, буксирное и др. — предназначены для управления судном, обеспечения безопасности его плавания и стоянки, выполнения погрузочно-разгрузочных и других работ.

Судовая энергетическая (силовая) установка — сложный комплекс главных и вспомогательных двигателей, механизмов, аппаратов, трубопроводов, предназначенных для обеспечения движения судна, жизнедеятельности экипажа и работы судовых устройств и систем. Главный двигатель с обслуживающими его механизмами и аппаратами, передачи, валопровод, движитель, соответствующие системы автоматического управления образуют propulsionную установку судна, обеспечивающую его движение. В качестве движителя, как

правило, используют гребные винты фиксированного или регулируемого шага.

В качестве главных двигателей на транспортных и других рефрижераторных судах применяют в основном дизели с прямой (непосредственной) передачей мощности на винт (дизельная установка), с механической передачей (дизель-редукторная установка) и с электрической передачей (дизель электрическая установка). С ростом грузоподъемности и скорости рефрижераторных судов, а значит, требуемой мощности главных двигателей перспективно применение паротурбинных и газотурбинных энергетических установок.

Судовая холодильная установка включает холодильные машины, приборы охлаждения в трюмах, провизионных камерах, технологические аппараты, трубопроводы и насосы для рассола, вентиляторы, воздухопроводы и т. п. Она предназначена для охлаждения продуктов и поддержания соответствующих пониженных температур в охлаждаемых помещениях судна и обеспечения холодом судовых неавтономных кондиционеров.

К судовой холодильной установке и ее элементам предъявляются повышенные требования с точки зрения надежности работы, так как порча груза при выходе из строя холодильного оборудования приводит к большим убыткам (нередко стоимость груза превышает стоимость судна), а ремонт установки на судне при автономности его плавания затруднен.

Судовые системы — трюмные (осушительная, балластная, водоотливная — спасательная), противопожарные, санитарные (водоснабжения и др.), вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха — предназначены для обеспечения нормальной и безопасной работы судна.

Для контейнерных рефрижераторных перевозок на судах морского и речного флота применяют 10-, 20- и 40-футовые контейнеры.

Контейнеры охлаждаются автономными холодильными машинами (с питанием электроэнергией и свежим воздухом — судовыми средствами) или централизованно с помощью судовых холодильных установок (рис. IV—40).

Преимущества первого варианта охлаждения: большая автономность и универсальность размещения контейнеров (в трюме или на палубе судна), высокая маневренность при переходах с морского транспорта на сухопутный. Однако, как показал технико-экономический анализ, при стабильных грузопотоках и большом их объеме этот вариант не является оптимальным.

При втором варианте охлаждения холодильные машины располагаются в трюмах и межбортовых выгородках для обслуживания

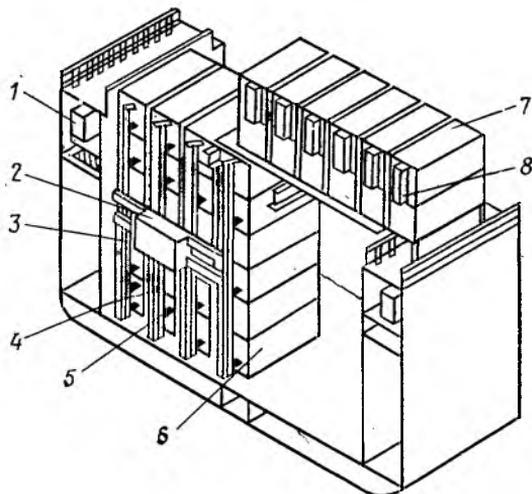


Рис. IV—40. Поперечный разрез судна-контейнеровоза и размещение контейнеров и холодильного оборудования:

1 — судовая централизованная холодильная машина; 2 — воздухоохладитель; 3, 4 — воздухопроводы; 5 — соединительная муфта; 6 — трюмный контейнер; 7 — палубный контейнер; 8 — автономная холодильная машина контейнера.

перевозимых в трюмах групп контейнеров с одним температурным режимом. В этом случае лишь два яруса на палубе формируют из контейнеров с автономной холодильной машиной. В грузовые помещения трюмных контейнеров холодный воздух подается от группового воздухоохладителя. При выгрузке в порту к этим контейнерам присоединяют автономную холодильную машину, которая обеспечивает поддержание в них температурного режима на контейнерном пункте и по пути дальнейшего следования.

Для транспорта сжиженных углеводородных газов используют танкеры трех типов: с резервуарами под давлением, которые рассчитывают на максимальную упругость паров продукта при  $45^{\circ}\text{C}$ , равную 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>);

с теплоизолированными резервуарами под пониженным давлением (полуизотермические) сжиженный газ в этих танкерах транспортируют при промежуточном охлаждении (от  $-5$  до  $+5^{\circ}\text{C}$ ) и пониженном давлении 0,3—0,6 МПа (3—6 кгс/см<sup>2</sup>);

с теплоизолированными резервуарами под давлением, близким к атмосферному (изотермические); в этих танкерах сжиженные газы транспортируются при низких температурах: пропан и аммиак при  $-40^{\circ}\text{C}$ , этилен при

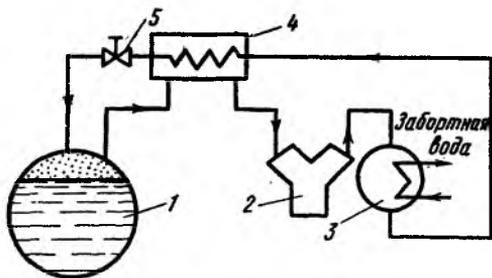


Рис. IV—41. Принципиальная схема системы охлаждения сжиженных газов на морском танкере:

1 — резервуар со сжиженным газом; 2 — компрессор; 3 — конденсатор; 4 — регенеративный теплообменник; 5 — дроссельный клапан.

+103°C и сжиженный природный газ — при —161°C.

На полуизотермических и изотермических танкерах применяют холодильные установки для поддержания заданной температуры сжиженных газов. Уменьшение массы грузовых резервуаров и возможность придать им прямоугольную форму позволяет сократить размеры полуизотермических или изотермических танкеров либо повысить их грузоподъемность и улучшить использование объема резервуаров. Эти танкеры применяют при значительных грузооборотах и наличии соответствующего оборудования (охлаждения и т. д.) на них, а также на береговых базах.

Полуизотермические танкеры характеризуются универсальностью приема с береговых баз сжиженного газа при разнообразных температурных параметрах. Вместимость резервуаров на этих танкерах 2000—13 000 м<sup>3</sup>. Производительность налива-слива 100—420 т/ч.

Изотермические танкеры, наиболее крупные и совершенные, позволяют увеличить производительность налива-слива до 500—1000 т/ч и соответственно пропускную способность береговых баз, а также оборачиваемость флота. Вместимость их резервуаров — свыше 10 000 м<sup>3</sup>. Однако перевозка сжиженных газов в изотермических танкерах требует оборудования портов отправления и приема низкотемпературными резервуарами для хранения сжиженного газа и теплоизолированными трубопроводами для его перекачки, так как при наливке танкеров из береговых резервуаров под давлением холодильные установки, как правило, не могут охладить теплый сжиженный газ, а сжиженные холодные газы с танкера нельзя сливать в обычные резервуа-

ры, так как сталь, из которой они изготовлены, разрушается при низких температурах. Затраты на указанное выше оборудование эффективны при больших грузопотоках сжиженного газа.

Схемы системы охлаждения газа на танкерах разнообразны: конденсация газовой фазы в конденсаторах рассолом; охлаждение с помощью помещенных в жидкую фазу элементов, по которым пропускается рассол; использование рабочих компрессоров для охлаждения; в этих случаях холодильным агентом является сам продукт. Схема охлаждения сжиженных газов на морском танкере приведена на рис. IV—41.

Холодильные установки танкеров доводят температуру сжиженного газа, отбираемого из резервуаров берегового хранилища, до температуры, требуемой для резервуаров танкера; в процессе транспортировки поддерживают температуру продукта в резервуарах танкера постоянной или понижают ее, если продукт должен сливаться в порту назначения в резервуары с более низкой температурой хранения. Однако при этом учитывают предельное значение ударной вязкости стали, из которой изготовлены резервуары танкера.

## Системы охлаждения трюмов

Система охлаждения — совокупность охлаждающих приборов, трубопроводов, вентиляторов и других средств, с помощью которых отводится тепло из рефрижераторных помещений.

Различают следующие системы охлаждения:

непосредственного охлаждения, т. е. охлаждения с помощью размещенных на поверхностях ограждения батарей, по которым циркулирует кипящий холодильный агент (от воздуха к батареям тепло переходит за счет естественной конвекции);

рассольного охлаждения, отличающаяся от первой только тем, что по батареям циркулирует охлаждаемый в холодильной машине рассол, реже этиленгликоль;

воздушного охлаждения, когда тепло отводится за счет интенсивного движения в трюме воздуха, который в свою очередь охлаждается в воздухоохладителе (ВО). Воздухоохладители вместе с вентиляторами размещаются вне трюма или в нем и могут охлаждаться рассолом или кипящим холодильным агентом;

смешанного охлаждения — различные комбинации указанных выше систем.

Система охлаждения влияет на качество сохранения груза (в частности на усушку) при различных условиях перевозки, на расход

энергии для производства холода, безопасность, рациональность использования грузового объема, грузоподъемности судна и т. д. Оптимальная система охлаждения трюмов зависит от таких факторов, как назначение судна и его грузоподъемность, район и автономность плавания, особенности эксплуатации, род перевозимого груза и требуемые температурно-влажностные режимы в трюмах, тип холодильной установки и т. д.

Система непосредственного охлаждения характеризуется малыми энергозатратами (вследствие повышения температуры кипения) и большой холодоотдачей 1 кг жидкого холодильного агента (по сравнению с рассолом), а следовательно, меньшим сечением жидкостных трубопроводов. Однако в такой системе сложно равномерно распределять холодильный агент по охлаждающим приборам и, что самое главное для судов, может нарушиться герметичность соединения трубопроводов, что вызывает значительные утечки холодильного агента (вследствие вибрации, деформации корпуса судна и т. д.).

Правилами Регистра СССР применение аммиачной системы непосредственного охлаждения трюмов на судах не допускается. Фреоновые же системы непосредственного охлаждения разрешены только для использования в грузовых помещениях объемом не более 200 м<sup>3</sup> (для провизионных и морозильных камер и трюмов малотоннажных судов) при сварных соединениях трубопроводов и защите их и батарей от механических повреждений.

При рассольной системе охлаждения обычно применяют однорядные и реже двухрядные батареи (чаще гладкотрубные, иногда оребренные). Прогрессивная разновидность рассольной системы охлаждения — панельная система, в которой батареи заменены листотрубными панелями.

Однорядные и двухрядные батареи располагают на всех поверхностях ограждения трюма за исключением пола. Их изготавливают исключительно из стальных цельнотянутых оцинкованных труб диаметром 38/44 мм (с учетом коррозии) с минимальным числом сварных соединений. При длинных змеевиках и соединениях батарей, расположенных на разных поверхностях, применяют муфты с мелкой газовой резьбой. Длина муфты 75—80 мм. Длина системы последовательно включенных батарей не должна превышать 400 м, подогрев рассола в них обычно до 2°C, удельная тепловая нагрузка батарей  $q_F = 58 \div 93 \text{ Вт/м}^2$  [50—80 ккал/(м<sup>2</sup>·ч)] при температурном напоре между воздухом и рассолом  $\Theta = 6 \div 8^\circ\text{C}$  и  $q_F = 93 \div 140 \text{ Вт/м}^2$  [80—120 ккал/(м<sup>2</sup>·ч)] при  $\Theta = 8 \div 12^\circ\text{C}$ .

В соответствии с Правилами Регистра СССР холодильную установку судна снабжают

по крайней мере двумя независимо действующими рассольными насосами, каждый из которых имеет полную требуемую производительность. Каждая рассольная линия имеет регулирующие клапаны в машинном отделении. В системе предусмотрен отводной трубопровод, чтобы рассол циркулировал через испаритель, минуя батареи трюмов, в результате чего рассол быстро охлаждается при пуске машины после перерыва. В обводной трубопровод часто включают бак — реконцентра́тор рассола. Для оттаивания батарей, а также поддержания в любом из трюмов плюсовой температуры (по условиям перевозки груза) предусматривается система подогрева рассола.

В зависимости от требуемых температурных режимов в трюмах рассольные системы могут быть одно- или многотемпературными. Современные рассольные системы охлаждения рефрижераторных судов выполняют закрытыми (с целью уменьшения коррозии и предотвращения снижения концентрации рассола до опасной с точки зрения замерзания его в трубках испарителей). Такая схема показана на рис. IV—42. В этих системах предусматривается расширительный сосуд (бак), располагаемый обязательно выше наивысшей точки рассолопроводов.

Для пропуска рассольных трубопроводов через водонепроницаемые переборки судна применяют специальные сальники, обеспечивающие герметичность и исключающие непосредственный контакт металла трубы с металлом переборки.

Основные преимущества рассольных систем охлаждения — безопасность и надежность в работе, малый объем системы холодильного агента, легкая регулировка и несложная автоматизация, удовлетворение основным требованиям технологии хранения мороженных грузов. Поэтому они нашли широкое применение на рефрижераторных судах.

Недостатки рассольных систем: пониженная температура кипения холодильного агента и, следовательно, повышенные (на 5—6%) энергозатраты на компрессоры; необходимость иметь дополнительное оборудование и дополнительные затраты энергии на рассольные насосы; большие длина, масса и стоимость стальных бесшовных труб для батарей и рассолопроводов, большая трудоемкость их изготовления и монтажа; большая потребная площадь машинно-аппаратного отделения для холодильного оборудования; потеря значительной части полезного объема трюмов; повышенная усушка груза и интенсивное осаживание инея на батареях, вызванные большим температурным напором между воздухом и рассолом; затрудненность межрейсовой санитарной обработки и борьбы с гры-

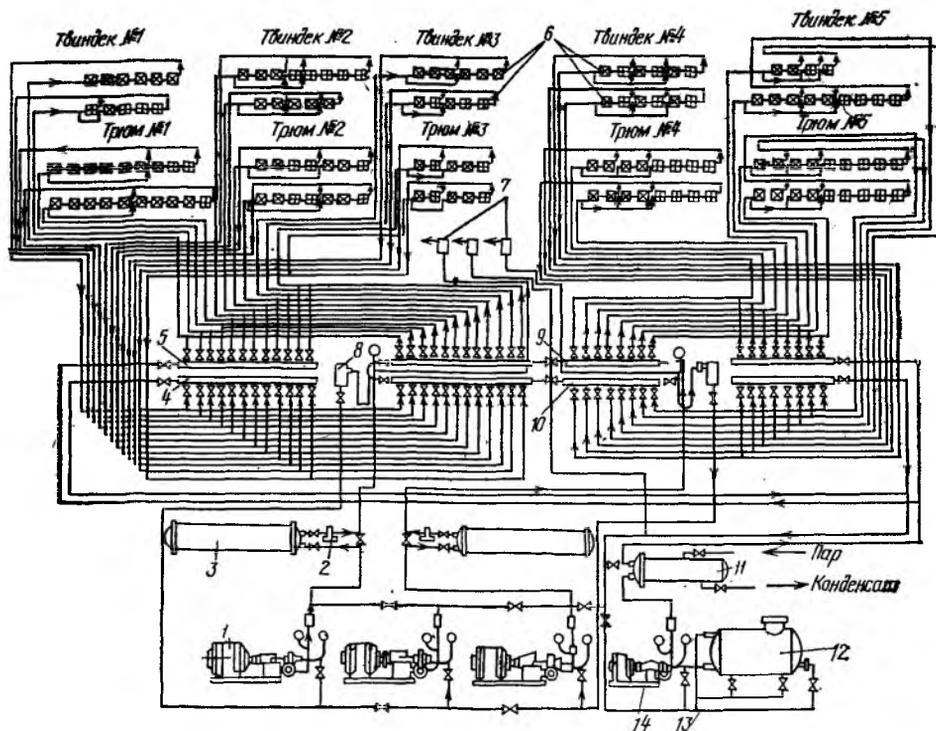


Рис. IV-42. Принципиальная схема закрытой рассольной системы охлаждения трюмов транспортных рефрижераторов типа «Актюбинск»:

1 — насос для циркуляции холодного рассола; 2 — реле протока; 3 — испарители; 4 — возвратный коллектор теплового рассола; 5 — подающий коллектор теплового рассола; 6 — рассольные батареи в трюмах и твиндеках; 7 — расширительный сосуд; 8 — рассольный фильтр; 9 — подающий коллектор холодного рассола; 10 — возвратный коллектор холодного рассола; 11 — паровой бойлер; 12 — концентратор рассола; 13 — трубопровод для перелива и слива рассола; 14 — насос для циркуляции теплового рассола.

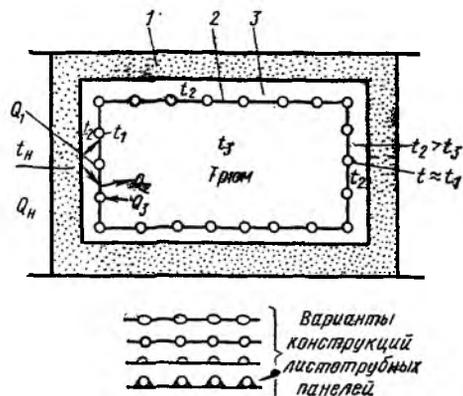


Рис. IV-43. Принципиальная схема панельного экранирования рефрижераторного трюма:

1 — изоляция; 2 — панель; 3 — воздушная рубашка.

зудами из-за сложности конструкции обрабатываемых поверхностей и т. п.

Панельная система охлаждения (рассольная система с листотрубными панелями) позволяет создать более равномерное температурное поле и уменьшить усушку перевозимых грузов. Эти системы особенно эффективны при низкотемпературном хранении и перевозке мороженых грузов.

При работе холодильной установки с панельным охлаждением (рис. IV-43) трюмов устанавливается равновесная температурная цепь:  $t_n > t_2 > t_3 > t_1$ . При идеальном «опанеливании» (экранировании) в трюм через межтрубное ребро в той части, где температура листа панели выше температуры в трюме  $t_3$ , проникает тепло  $Q_2$ , составляющее всего 1—3% внешних теплопритоков  $Q_n$ ; основная часть  $Q_n$  в виде потока  $Q_1 = (0,97 \div 0,99) Q_n$  перехватывается внешней поверхностью панели. В этом случае (и при отсутствии ввиду-

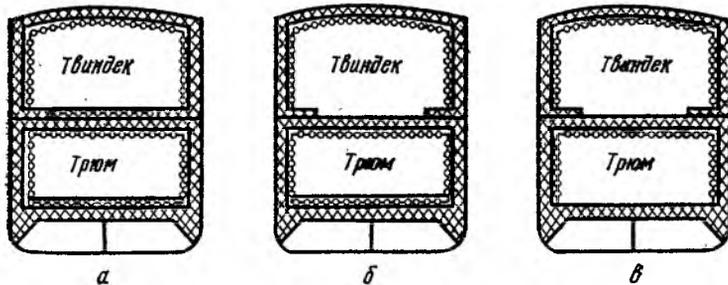


Рис. IV-44. Схемы панельного экранирования рефрижераторных помещений судна:  
 а — полное экранирование; б — комбинированное экранирование; в — неполное экранирование.

ренных тепловыделений) внутренняя поверхность панелей воспринимает тепло  $Q_3 = -Q_2$ , а температурный напор между воздухом в трюме и рассолом ( $t_3 - t_1$ ) снижается до 0,5—1,0°C. Это позволяет значительно повысить температуру кипения холодильного агента в испарителе и снизить мощность, потребляемую компрессором.

Варианты экранирования рефрижераторных помещений судов представлены на рис. IV-44. Даже при полном экранировании часть поверхности помещений занимают грузовые люки и т. п. Однако и при неполном экранировании температурный напор ( $t_3 - t_1$ ), общая величина внешних теплопритоков  $Q_H$  (так как  $t_2 > t_3$ ), а следовательно, и потребляемая холодильной установкой мощность, меньше, чем у рассольных систем с гладкотрубными батареями.

Воздушная система охлаждения универсальна, на судне с такой системой охлаждения грузов можно перевозить грузы, требующие различных и к тому же регулируемых температурно-влажностных и вентиляционных режимов хранения. Особенно она рациональна при перевозке фруктов и овощей, нуждающихся в обмене воздуха трюма (от 80—120 до нескольких обменов в час) посредством изменения частоты вращения электродвигателей вентиляторов, устройства байпасных обводов и жалюзи и т. д.

Интенсификация теплообмена между воздухом и поверхностями охлаждения позволяет значительно сократить площадь поверхности охлаждения, а интенсификация теплообмена между воздухом и грузом — эффективно и быстро охлаждать или доохлаждать груз, что очень важно для транспортных рефрижераторов, принимающих неохлажденный груз.

Воздушные системы имеют меньшую массу и первоначальную стоимость, меньшие затраты в виде труб, меньший объем системы

холодильного агента (при воздухоохладителях непосредственного охлаждения), они дают большую равномерность распределения температуры воздуха в трюме. Расположение воздухоохладителей, вентиляторов, арматуры вне рефрижераторного трюма позволяет постоянно контролировать, обслуживать оборудование и производить оттаивание воздухоохладителей во время рейса, не загрязняя грузы и трюмы талой водой, олавшей снеговой шубой. Воздушные системы охлаждения широко применяют на современных транспортных рефрижераторных судах, перевозящих различные грузы, в том числе и мороженую рыбопродукцию.

Недостатки воздушных систем охлаждения: увеличение требуемой холодопроизводительности для компенсации тепловыделений электровентилятора и роста теплопритоков вследствие улучшения теплоотдачи от поверхностей ограждения к подвижному холодному воздуху, инфильтрации наружного воздуха; повышение общего расхода энергии (до 25—

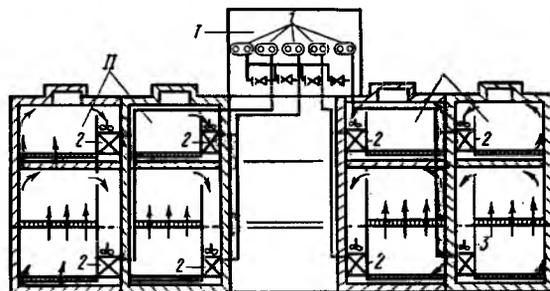


Рис. IV-45. Размещение элементов холодильной установки по централизованной системе:  
 I — рефрижераторное машинное отделение; II — трюмы и твиндеки; 1 — компрессоры; 2 — воздухоохладители; 3 — вентиляторы.

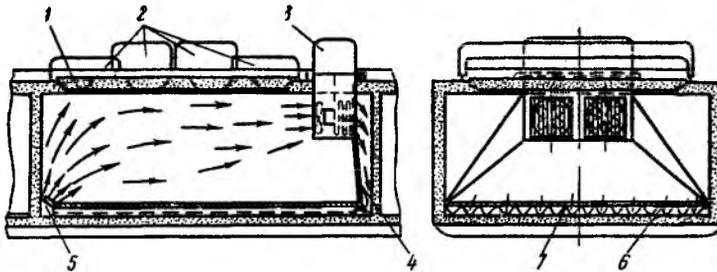


Рис. IV-46. Схема размещения автономной блочной холодильной машины, охлаждения и циркуляции воздуха в трюме транспортного рефрижератора типа «Рефрижератор 901»: 1 — изоляционная крышка люка; 2 — металлические (передвигаемые) люковые крышки; 3 — блочный холодильный агрегат; 4 — стенка воздушного канала; 5 — выпускная решетка; 6 — деревянный настил; 7 — днищевые воздушные каналы.

30% — на привод электровентиляторов и из-за увеличения холодопроизводительности); трудность равномерного воздухообращения в трюме; некоторое уменьшение полезного объема трюмов, если воздухоохладительные установки размещены в их выгородках; несколько увеличенная усушка мороженных грузов в результате повышенной циркуляции воздуха.

В воздушных системах охлаждения современных судов чаще всего применяют воздухоохладители непосредственного испарения, работающие на фреоне-22 и -12, а также рассольные.

Размещение холодильных машин на этих судах может быть централизованным и децентрализованным. Схема размещения холодильных машин и приборов охлаждения трюмов по централизованной системе на транспортных рефрижераторах типа «Амурский залив» представлена на рис. IV-45. Установка состоит из пяти самостоятельных машин (одна резервная) в каждую из которых входит винтовой компрессор марки 54-2E фирмы «Стал»  $Q_0 = 128$  кВт, (110 000 ккал/ч) при  $t_0 = -38^\circ\text{C}$  и  $t_k = 35^\circ\text{C}$ , конденсатор площадью поверхности 69 м<sup>2</sup>, оребренные воздухоохладители, ресивер, маслоотделитель. В каждую систему заправлено около 500 кг фреона-22.

Централизованная система позволяет создавать компактные машинные помещения и облегчает обслуживание компрессоров и аппаратов. В такой системе более удобно децентрализованное расположение рассольных воздухоохладителей, при котором проявляются недостатки, свойственные системам с вторичным хладоносителем — рассолом (дополнительное оборудование и повышенные энергозатраты, увеличенная масса оборудования, коррозия и т. п.). Применение воздухоохладителей непосредственного испарения в централизованной

системе сопряжено с увеличением длины фреоновых трубопроводов и их гидравлического сопротивления (а значит, мощности компрессоров), расстройством соединений и утечками фреона, усложнением обслуживания воздухоохладителей.

При децентрализованной системе группы холодильных машин либо самостоятельные (автономные) холодильные машины размещают в непосредственной близости от охлаждаемых помещений или частично в них. На рис. IV-46 показан единый блочный холодильный агрегат (для каждого трюма свой — автономный) установленный так, что его воздухоохладитель с электровентилятором и другими устройствами размещается в трюме, а компрессорно-конденсаторный агрегат с блоком автоматики (в защитном корпусе) — на палубе со свободным доступом к нему обслуживающего персонала.

Сравнительный анализ централизованной и децентрализованной схем расположения холодильного оборудования воздушных систем охлаждения на транспортных рефрижераторных судах показывает значительные преимущества последней.

В воздушных системах охлаждения применяют бесканальные и каналные схемы воздухообращения в трюме. При этом воздушные потоки в целом могут быть горизонтальными вдоль трюма или поперек него, вертикальными снизу вверх (чаще всего) или сверху вниз. При бесканальном воздухообращении воздух обычно подается под грузовые решетки и движется вдоль трюма между вторым дном и грузом (настилом), более или менее равномерно распределяясь в грузовом пространстве.

Смешанные системы охлаждения, как правило, сочетают в себе преимущества различных систем охлаждения. Однако эта система усложняет холодильную установку.

Условия работы холодильных машин на судах

№ группы	Потребители холода	Температура воздуха в трюме или потребителя, °С	Требуемая температура кипения, °С	Типы холодильных машин	Система охлаждения	Холодильный агент
I	Установки и аппараты для замораживания рыбы (воздушные, плиточные)	-35	-40 ÷ -45	Одноступенчатые	Непосредственная	Фреон-22
II	Трюмы для хранения: мороженой рыбной продукции	-25 ÷ -30	-35 ÷ -40	То же	непосредственная, рассольная	Фреон-22
	мяса	-9 ÷ -18	-19 ÷ -28	»	То же	
	слабосоленой рыбы	-4 ÷ -8	-6 ÷ -18	»	»	
	фруктов					
	апельсины	1 ÷ 4	-6 ÷ -8	»	»	
	бананы	12	+4 ÷ +2	»	»	
III	Льдогенераторы для изготовления чешуйчатого льда	-23 ÷ -25	-28 ÷ -32	»	Непосредственная	Фреон-22
IV	Технологические потребители	0 ÷ -5	-5 ÷ -10	»	Рассольная	Фреон-12
V	Системы производственного и комфортного кондиционирования воздуха	—	0 и выше	»	Непосредственная	Фреон-12
VI	Провизионные камеры для хранения					
	мяса, рыбы	-8 ÷ -15*	-18 ÷ -20	»	То же	Фреон-12
	овощей, фруктов	2-4	-6 ÷ -8	»	»	Фреон-12
	масла и жиров	-2 ÷ -6	-12 ÷ -16	»	»	Фреон-12

\* Температуру воздуха выбирают в зависимости от продолжительности хранения провизии.

### Судовые холодильные машины и установки

На речных судах обычно применяют холодильные машины и установки берегового исполнения, на морских судах и судах смешанного плавания (река — море) — специального судового исполнения. Условия работы холодильных машин на судах иллюстрируются данными табл. IV—16.

Требуемую холодопроизводительность компрессоров и их количество определяют по максимальной суммарной тепловой нагрузке для каждой группы потребителей, работающих при одинаковых температурах кипения холодильного агента, с учетом допустимого среднего числа часов работы в сутки (18—22 ч) и потерь (обычно 5—10% от суммарной тепловой нагрузки). В системах непосредственного охлаждения со средней удаленностью потребителей холода, температура кипения, при которой определяют холодопроизводитель-

ность компрессора, примерно на 2°С ниже фактической температуры кипения в потребителях холода.

Холодильные машины, охлаждающие трюмы, имеют резервные компрессоры и конденсаторы. На рыбодобывающих и транспортных судах в качестве резервных используют однотипные компрессоры и конденсаторы холодильных машин, обслуживающих морозильные аппараты, льдогенераторы или систему кондиционирования воздуха.

Производительность судовых холодильных установок регулируют, изменяя количество работающих компрессоров, частоту вращения вала, применяя компрессоры с автоматическим регулированием производительности. Холодильное оборудование на судах работает на аммиаке и на фреонах. На пассажирских судах в качестве холодильного агента применяют только фреоны. В крупных холодильных установках ранее широко использовали аммиак.

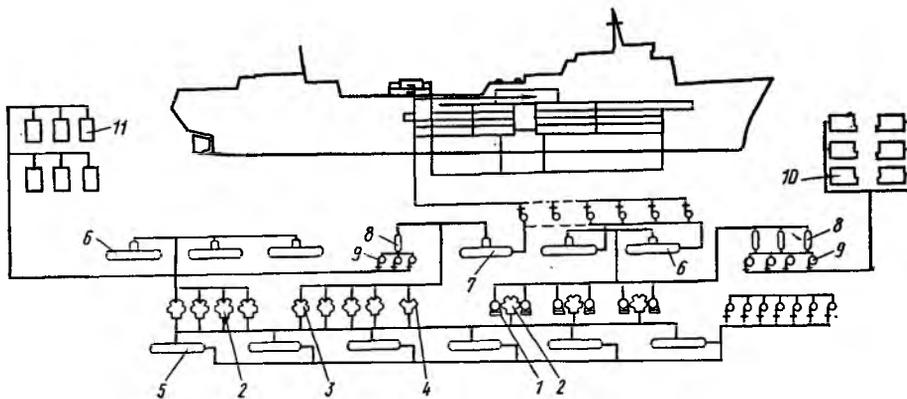


Рис. IV-47. Принципиальная схема холодильной установки РПБ «Восток»:

1 — компрессорный агрегат РАБ-300С; 2 — компрессорный агрегат АУУ-400; 3 — двухступенчатый компрессор ДАУУ-100; 4 — двухступенчатый компрессор ДАУ-50; 5 — конденсатор КСК-350; 6 — испаритель ИСК-400; 7 — испаритель ИСК-150; 8 — циркуляционный ресивер ЦРС-4; 9 — аммиачный насос; 10 — морозильный аппарат; 11 — льдогенератор.

Взрывоопасность и токсичность аммиака требует соблюдения специальных<sup>1</sup> правил по технике безопасности, например необходимость расположения холодильных машин в специально оборудованных газонепроницаемых помещениях с усиленной рабочей и аварийной (40-кратной) вентиляцией, двумя выходами, один из которых должен вести на палубу, с устройствами для создания водяных завес и другими специальными противопожарными устройствами. Выполнение таких требований приводит к усложнению конструкции и повышению стоимости судна.

Для температур кипения ниже  $-25^{\circ}\text{C}$  ранее применяли двухступенчатые аммиачные холодильные установки. В настоящее время на рыбодобывающих и транспортных судах при температурах кипения до  $-45^{\circ}\text{C}$  широко используют одноступенчатые холодильные установки на фреоне-22 с винтовыми или поршневыми компрессорами.

С применением фреонов отпадает ряд ограничений Правил Регистра СССР, в том числе, связанных с применением систем непосредственного охлаждения. В производственных фреоновых холодильных установках (особенно в последние годы), как правило, применяют системы с непосредственным охлаждением морозильных аппаратов, льдогенераторов, воздухоохладителей или охлаждающих батарей трюмов, змеевиков танков и др.

<sup>1</sup> Все холодильное оборудование и элементы судовых холодильных машин и установок должны соответствовать требованиям Правил Регистра СССР.

Конструктивные особенности технологических аппаратов потребителей холода (морозильных аппаратов, льдогенераторов) и их размещение на судне часто требуют принудительной циркуляции холодильного агента. Избыточный (не испарившийся в потребителях холода) жидкий холодильный агент вместе с парообразным поступает в специальный аппарат — циркуляционный ресивер, из которого жидкость забирается герметичным насосом и подается к потребителям холода. Обязательно применение принудительной циркуляции холодильного агента в плиточных морозильных аппаратах, работающих на аммиаке и фреоне.

Аммиачная холодильная установка рыбопромышленной базы «Восток» (рис. IV-47) общей рабочей холодопроизводительностью 6400 кВт (5,5 млн. ккал/ч) обеспечивает: замораживание 180 т рыбы в сутки ( $t_0 = -42^{\circ}\text{C}$ ); охлаждение трюмов мороженой продукции ( $t_0 = -42^{\circ}\text{C}$ ); производство 135 т льда в сутки и охлаждение провизионных кладовых ( $t_0 = -31^{\circ}\text{C}$ ); комфортное и производственное кондиционирование ( $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ ).

Холодильная установка — двухступенчатая с тремя испарительными системами.

В систему с  $t_0 = -42^{\circ}\text{C}$  входят две группы потребителей: восемь морозильных аппаратов с непосредственным охлаждением и один расольный испаритель (для трюмов).

Эту систему обслуживают три двухступенчатые машины, каждая из которых состоит из двух компрессоров РАБ-300С, являющихся первой ступенью, и одного компрессора АУУ-400 — второй ступенью.

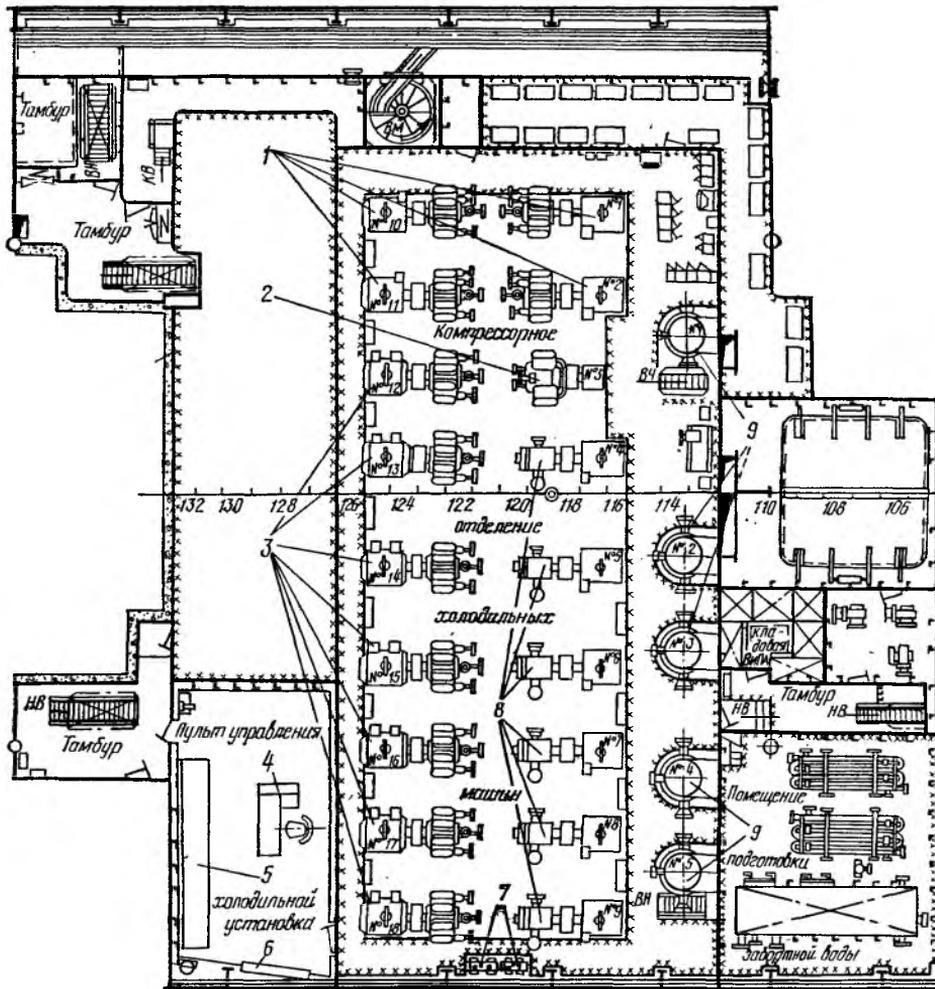


Рис. IV-48. Размещение холодильного оборудования в компрессорном отделении РГБ «Восток»:

1 — компрессор ДАУУ-100; 2 — компрессор ДАУ-50; 3 — компрессор АУУ-400; 4 — стол вахтенного рефрижераторного механика; 5 — щит управления с мнемосхемой; 6 — щит сигнализации работы электромагнитных вентилей; 7 — агрегат центральной смазки; 8 — компрессор РАБ-300С; 9 — промежуточный сосуд 1 СПС.

В систему с  $t_0 = -31^\circ\text{C}$  входят две группы потребителей: 6 льдогенераторов Л-1000 с непосредственным охлаждением, 1 рассольный испаритель (для технологических потребителей и провизионных камер). Их обслуживают 4 двухступенчатых компрессора ДАУУ-100 и 1 двухступенчатый компрессор ДАУУ-50.

Аммиак подается в морозильные аппараты и льдогенераторы вертикальными герметичными насосами.

Система комфортного и технического кондиционирования воздуха с  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  состоит из четырех компрессоров АУУ-400 и трех испарителей ИСК-400.

Все системы с различными температурами испарения объединены общей системой высокого давления с шестью конденсаторами площадью поверхности  $350\text{ м}^2$  каждый и тремя линейными ресиверами.

Оборудование холодильной установки рас-

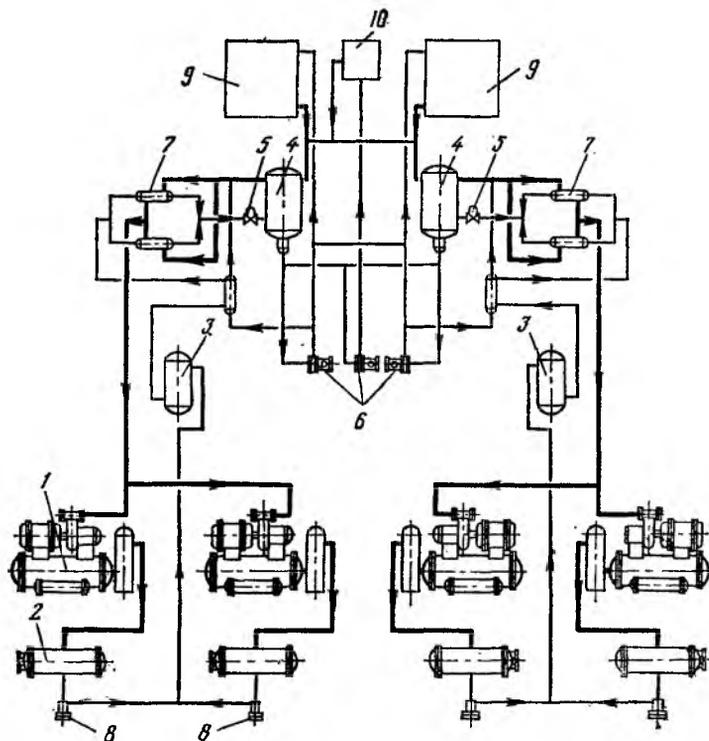


Рис. IV-49. Принципиальная схема производствен

1 — компрессорный агрегат; 2 — конденсатор; 3 — ресивер; 4 — циркуляционный  
8 — фильтр-осушитель; 9 — морозильный аппарат типа АСМА; 10 — морозиль-

положено централизованно в специальных помещениях: на уровне палубы завода — компрессорный зал (рис. IV-48), ниже на палубе танков — конденсаторы, ресиверы и маслоотделители; еще ниже, на уровне платформы — испарители и аммиачные насосы.

Циркуляционные ресиверы расположены между палубой танков и платформой непосредственно над аммиачными насосами, что обеспечивает необходимый подпор на всасывании насоса.

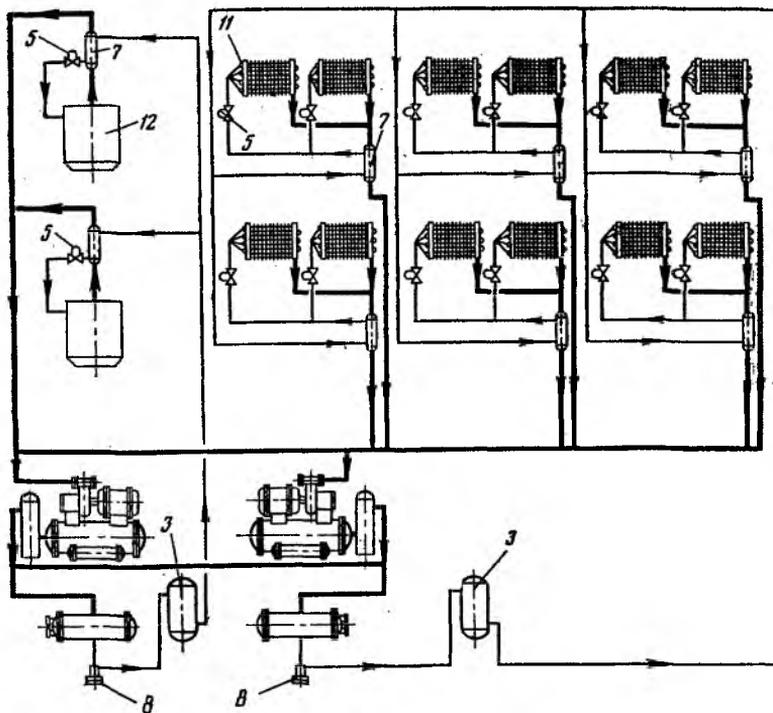
Фреоновые холодильные установки большого автономного траулера типа «Горизонт» работают на двух хладагентах: производственная — на фреоне-22; три установки (для технологических потребителей с рассольным охлаждением, кондиционирования воздуха и провизионных камер с непосредственным охлаждением) — на фреоне-12.

Производственная холодильная установка на фреоне-22 общей холодопроизводительностью 700 кВт (600 000 ккал/ч) при  $t_0 = -42^\circ\text{C}$ ,  $t_w = 28^\circ\text{C}$  показана на рис. IV-49—IV-51.

Установка обеспечивает: замораживание 54 т в сутки рыбы в морозильных аппаратах типа АСМА и АМП-7А ( $t_0 = -42^\circ\text{C}$ ); поддержание температур  $-28^\circ\text{C}$  в трюмах общей вместимостью 3450 м<sup>3</sup>; производство чешуйчатого льда 1000 кг/ч (при  $t_0 = -32^\circ\text{C}$ ).

Холодильная установка — централизованная, с автономным обслуживанием потребителей, одноступенчатая, с шестью винтовыми компрессорами 5ВХ-350/5ФС, с непосредственным охлаждением всех аппаратов — потребителей холода и насосной циркуляцией его в морозильных аппаратах.

Принципиальная схема производственной холодильной установки показана на рис. IV-49. Оборудование установки размещается на четырех уровнях по высоте, как показано на рис. IV-50, льдогенераторы — в надстройке на верхней палубе; морозильные аппараты и циркуляционные ресиверы — на главной палубе; вспомогательная аппаратура и машины технологических потребителей — на первой платформе; винтовые компрессорные агрегаты, фреоновые герметические элек-



ной холодильной установки траулера типа «Горизонт»:

ресивер; 5 — регулирующий вентиль; 6 — фреоновый насос; 7 — теплообменник; 11 — воздухоохладитель; 12 — льдогенератор.

тронасосы и аппараты — в рефрижераторном машинном отделении на уровне второй платформы (рис. IV-51).

На этом же уровне расположены трюмы мороженой продукции с воздушным охлажде-

нием, воздухоохладители которых размещаются в выгородке.

Холодильные машины для кондиционирования воздуха применяются как с промежуточным хладоносителем (вода пресная или

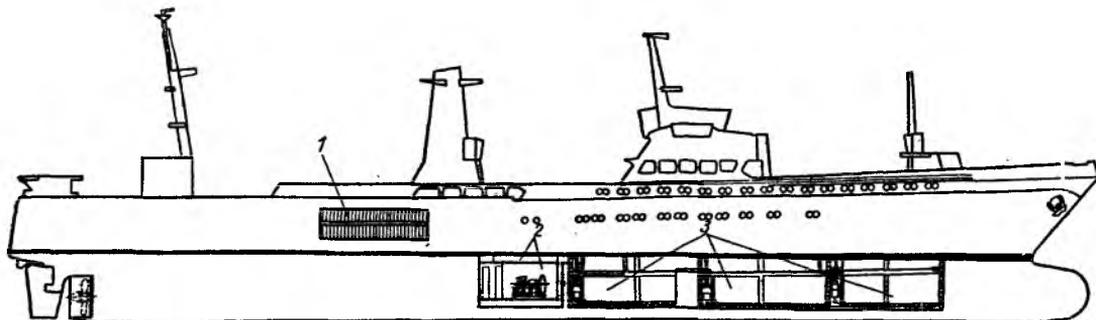


Рис. IV-50. Размещение холодильной установки и потребителей на траулере типа «Горизонт»:

1 — морозильные камеры; 2 — РМО; 3 — трюмы с температурой — 28°C,

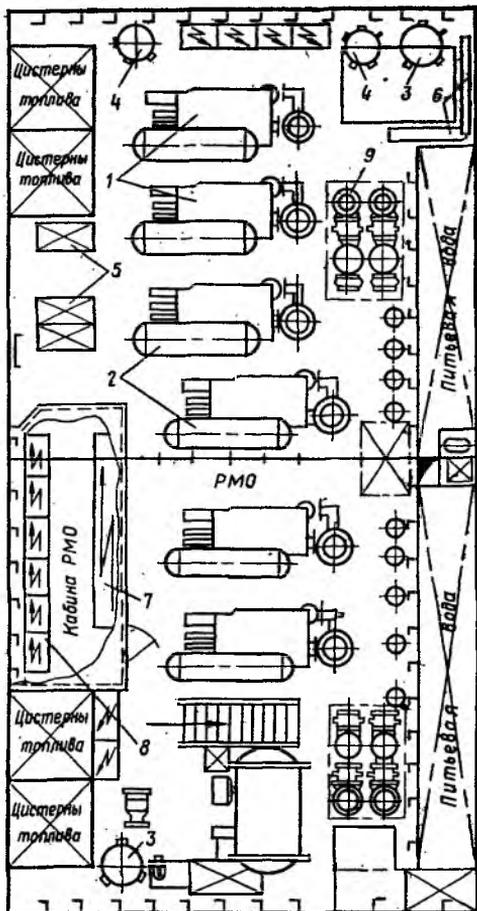


Рис. IV-51. Размещение холодильного оборудования в РМО траулера типа «Горизонт»: 1 — винтовой компрессорный агрегат 5ВХ-350/5ФС; 2 — конденсатор 80МКТР; 3 — ресивер Р22-0,7; 4 — ресивер Р22-0,4; 5 — фреоновый насос; 6 — регулирующая станция; 7 — пульт управления; 8 — электрошты; 9 — охлаждающие насосы.

морская, водный раствор  $\text{CaCl}_2$ , так и с непосредственным охлаждением воздухоохлаждающих и специальных кондиционеров. При этом используются одни и те же компрессорно-конденсаторные агрегаты. Холодильный агент — обычно фреон-12.

Холодильные установки для провизионных камер выполняют на фреоне-12 с непосредственным охлаждением батарей и воздухоохлаждающих камер. Холодильные ус-

тановки для провизионных камер и кондиционирования воздуха — одноступенчатые на фреоне-12 с поршневыми компрессорами.

Холодильная установка на фреоне-12 для трех провизионных камер показана на рис. IV-52.

На каждую систему (с одним температурным уровнем) работают агрегаты с бессальниковыми компрессорами. Воздух в провизионных камерах охлаждается воздухоохладителями.

Работа агрегатов на поддержание требуемых температур во всех трех камерах полностью автоматизирована.

Оттаивание инея (снеговой шубы) с батарей воздухоохлаждителя производится электронагревателями, встроенными в воздухоохладитель.

### Судовое холодильное компрессорное оборудование и агрегированные холодильные машины

Судовое компрессорное холодильное оборудование поставляют на суда в виде агрегатов (электрокомпрессорных или компрессорно-конденсаторных) с поршневыми, ротационными и винтовыми компрессорами.

Электрокомпрессорные аммиачные поршневые агрегаты — одноступенчатые (АУ-200, АУУ-400) и двухступенчатые (ДАУ-50, ДАУУ-100) комплектуют двухскоростными электродвигателями с частотой вращения 960/720 мин<sup>-1</sup>, двухступенчатый агрегат ДАУ-80—720/480 мин<sup>-1</sup>.

В крупных двухступенчатых аммиачных холодильных установках на рыбопромысловых базах «Восток» и типа «Посыет» и на производственных рефрижераторах типа «Алтай» — в качестве поджимающих (бустер) компрессоров применены агрегаты МАК-РАБ/300 с ротационным пластинчатым бустер-компрессором. Агрегат комплектуют двухскоростным электродвигателем с частотой вращения 730/590 мин<sup>-1</sup>.

В настоящее время такие двухступенчатые компрессорные агрегаты на вновь проектируемые суда не устанавливаются; их выпускают только для ремонта установок эксплуатируемых судов.

Для модернизации эксплуатируемых судов и их достройки взамен двухступенчатых компрессоров типа ДАУ используют аммиачный двухступенчатый агрегат АД90С-3 производительностью 10,8 кВт (93 тыс. ккал/ч) при  $t_0 = -40^\circ\text{C}$  и  $t_k = \pm 35^\circ\text{C}$ .

Агрегат состоит из иоршнего компрессора П-110Р (ступень высокого давления) и ро-

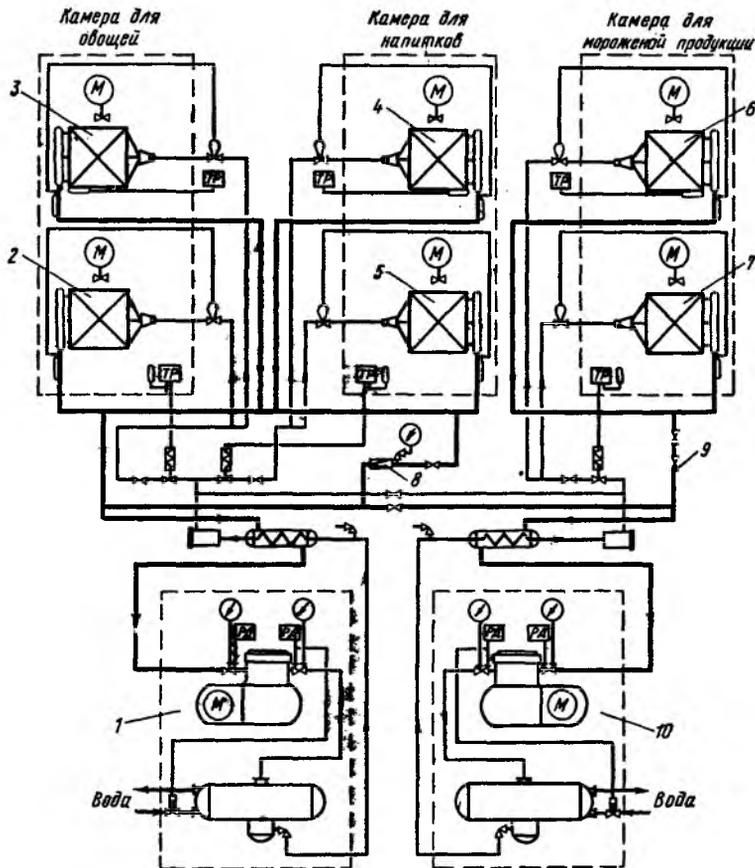


Рис. I V-52. Принципиальная схема холодильной установки провизионных камер: 1, 10 — компрессорно-конденсаторные агрегаты; 2, 3, 4, 5, 6, 7 — воздухоохладители; 8 — автоматический дроссель «до себя»; 9 — обратный клапан.

тационного пластинчатого бустер-компрессора РВ90 (ступень низкого давления), смонтированных на общей раме; электродвигателей, маслоотделителя, маслоохладителя, промежуточного сосуда. Автоматическое регулирование холодопроизводительности агрегата осуществляется в три ступени и обеспечивается с помощью отжима всасывающих клапанов ступени высокого давления (с.в.д.), байпасирования и изменения частоты вращения в ступени низкого давления (с.н.д.).

На судах применяют аммиачные и фреоновые (фреон-22) винтовые компрессорные агрегаты 5ВХ-350/5ФС, 5ВХ-350/4АС, 5ВХ-350/2, 6АС, 6ВХ-700/2, 6АС с плавным автоматическим регулированием холодопроизводительности.

В агрегат входят винтовой компрессор и электродвигатель, соединенные упругой муфтой и установленные на маслоотделителе, который является несущей конструкцией, маслоохладитель, масляный насос с электроприводом, приборы автоматики и КИП.

Винтовой компрессорный агрегат 5ВХ-350/5ФС (рис. IV—53) имеет второй вертикальный маслоотделитель. Компрессоры типа 5ВХ-350/5ФС были установлены на больших автономных траулерах типа «Горизонт».

Характеристики винтовых компрессорных агрегатов приведены в табл. IV—17.

Компрессорно-конденсаторные агрегаты на фреоне-12 с автоматическим регулированием

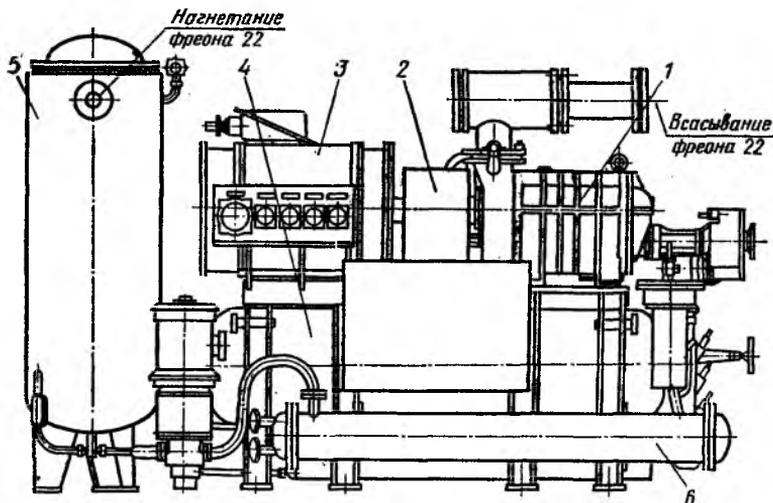


Рис. IV-53. Винтовой компрессорный агрегат 5BX-350/5FC:

1 — компрессор; 2 — муфта; 3 — электродвигатель; 4 — горизонтальный маслоотделитель; 5 — вертикальный маслоотделитель; 6 — маслоохладитель.

Таблица IV—17

Характеристики винтовых компрессорных агрегатов

Показатели	Марка агрегата			
	5BX-350/5FC	5BX-350/2,6AC	5BX-350/4AC	6BX-700/2,6AC
	фреон-22	аммиак	аммиак	аммиак
Описанный объем, м <sup>3</sup> /ч	880	880	880	1760
Номинальные температуры, °C				
кипения	-40	+0	-30	-42
конденсации	35	35	35	—
промежуточная температура	—	—	—	-10
Параметры на расчетном режиме				
холодопроизводительность, кВт (ккал/ч)	~120(105 000)	~800(670 000)	~180(155 000)	~300(258 000)
эффективная мощность, кВт	105	167	126	78
унос масла, г/ч	20	120	100	220
степень сжатия	5,0	2,6	4,7	2,6
Диапазон температур кипения, °C	-45 ÷ -25	+5 ÷ -15	0 ÷ -30	-25 ÷ -45
Максимальная разность давления МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	1,7(17)	1,7(17)	1,7(17)	0,5(5)
Максимальное отношение давлений	19	8	15	5,84
Масса, кг	4180	4230	4230	5200
Габаритные размеры, мм				
длина	3400	3400	3400	3200
ширина	1080	1300	1300	1600
высота	2100	2200	2200	2500

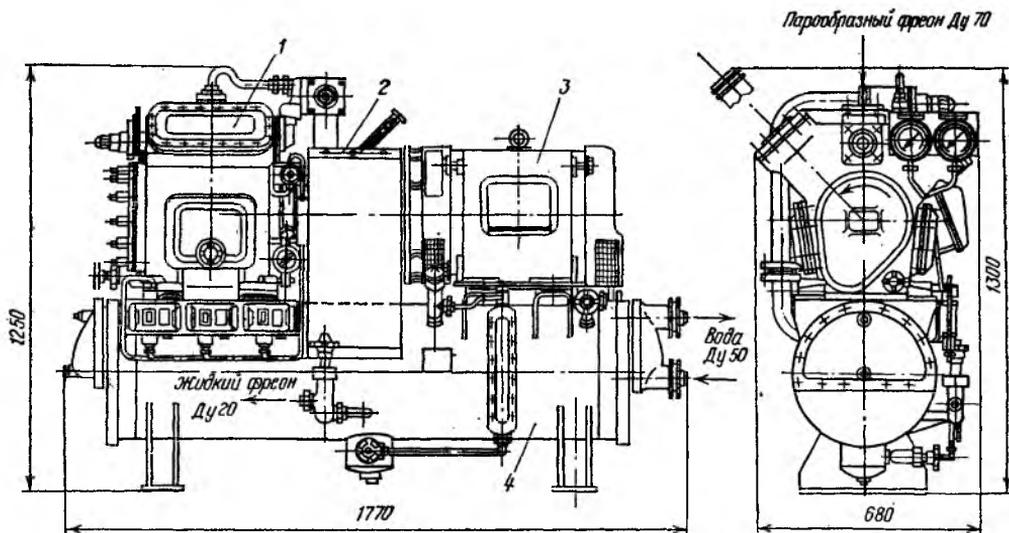


Рис. IV-54. Компрессорно-конденсаторный агрегат с регулированием производительности МАК30РЭ:

1 — компрессор; 2 — муфта; 3 — электродвигатель; 4 — конденсатор.

производительности типа МАК30РЭ, МАК40РЭ, МАК60РЭ и МАК80РЭ (рис. IV-54) со стандартной холодопроизводительностью 35—93 кВт ( $\sim 30$ —80 тыс. ккал/ч) применяют в холодильных машинах для охлаждения хладоносителя для технологических потребителей и в системах кондиционирования воздуха, а также в системах кондиционирования воздуха с непосредственным охлаждением кондиционеров.

Холодопроизводительность и мощность агрегата МАК30РЭ приведены на рис. IV-55.

Компрессорно-конденсаторный агрегат с бессальниковыми компрессорами, устанавливаемый на малых промысловых судах, показан на рис. IV-56. Характеристики агрегатов приведены в табл. IV-18, характеристики агрегатованных холодильных машин — в табл. IV-19.

Графики зависимости холодопроизводительности и электрической мощности от температуры хладоносителя приведены на рис. IV-57.

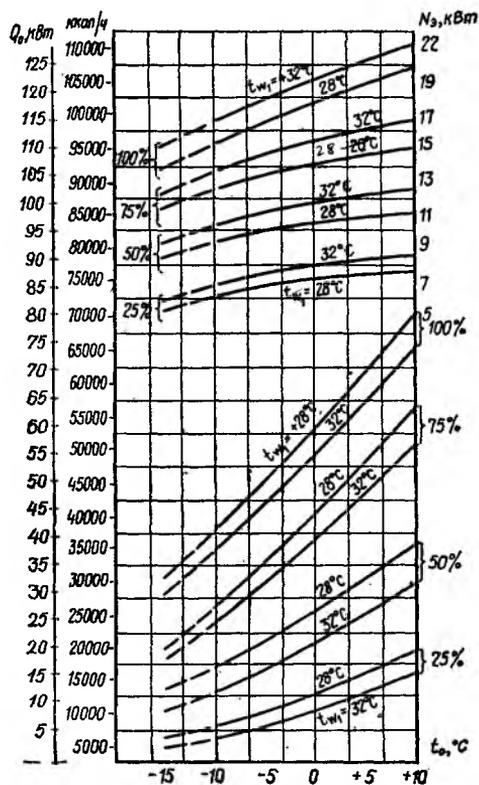


Рис. IV-55. График зависимости холодопроизводительности и электрической мощности агрегата МАК30РЭ от температуры кипения и охлаждающей воды.

## Судовые компрессорно-конденсаторные холодильные агрегаты

Стандартная холодопроизводительность, кВт (ккал/ч)	Марка агрегата	Тип компрессора	Площадь поверхности конденсатора, м <sup>2</sup>	Мощность электродвигателя, кВт	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Диапазон кипения температуры, °С	Холодильный агент	Зарядка масла, кг
					длина	ширина	высота				
Агрегаты для провизионных камер											
5,35(4600)	МАК4/1-II	ФВ4	2,4	4,5	1190	535	820	300	-30÷+5	Фреон-12	1,7
5,25(4500)	МАКБ4/1-II	2ФВБС4	2,4	2,1	1196	560	915	294	-30÷+5	Фреон-12	2,5
7,3(6300)	МАК6/1-II	ФВ6	3,2	4,5	1190	520	770	300	-30÷+5	Фреон-12	1,7
10,5(9000)	МАК9/1-II	ФУ12	3,9	6,0	1355	570	895	448	-30÷+5	Фреон-12	2,5
14(12000)	МАКБ12/1-II	2ФУБС12	7,0	6,5	1450	540	1030	625	-30÷+5	Фреон-12	5
Агрегаты для малых промышленных судов											
8(7000)	МАКБ4-22-22/1-II	ФВБС6	8,0	2,1	1300	542	910	335	-20÷+5	Фреон-22	2,5
27(23000)	МАКБ12×2	2ФУБС12— 2 шт.	14,5	6,5	1780	600	1200	960	-30÷+10	Фреон-12	5
12,3(10600) при t <sub>0</sub> = -35°С	МАКБ 18С-22/II	2ФУУБСС18 2 шт.	10,0	10,0	1860	850	1035	1250	-25÷-40	Фреон-12	12,0
Агрегаты для кондиционирования воздуха и технологических потребителей											
32,6(28000)	МАК30РЭ	ФУ-40РЭ	14,0	22,0	1770	680	1250	1130	-30÷+10	Фреон-12	8
51(44000)	МАК40РЭ	ФУ-40РЭ	19,5	30,0	1835	670	1350	1200	-30÷+10	Фреон-12	8
70(60000)	МАК60РЭ	ФУУ80РЭ	25,0	40,0	2145	900	1400	1600	-30÷+10	Фреон-12	16
98(84000)	МАК80РЭ	ФУУ80РЭ	45,0	55,0	2460	930	1480	2300	-30÷+10	Фреон-12	16
Агрегаты для охлаждения трюмов											
34(29000) при t <sub>0</sub> = -35°С	А-22ФУУМН-90	22ФУУМН-90	—	34/24	1950	1125	1173	1280	-45÷-20	Фреон-22	10
108(93000) при t <sub>0</sub> = -40°С	АД90С-3	РБ90 и П110-71	—	34/24 и 55	2575	1450	1850	3500	-25÷-45	Аммиак	—

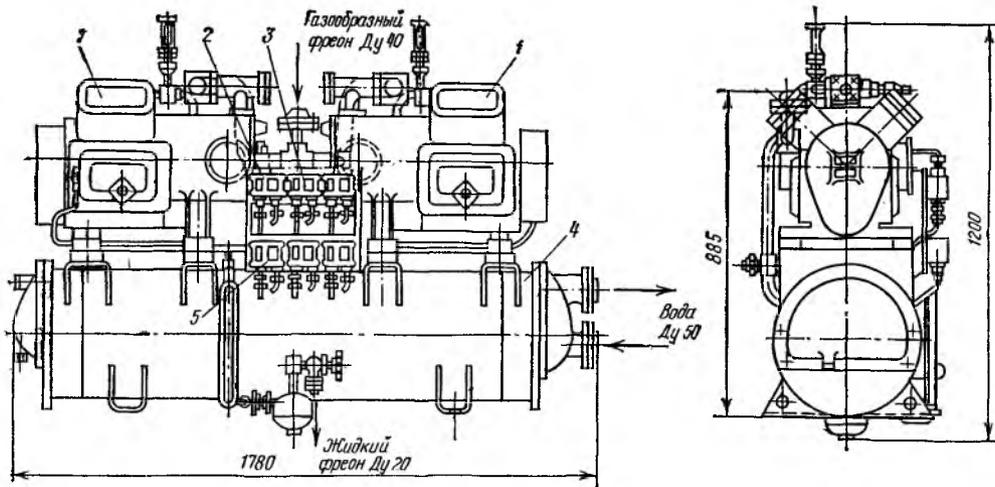


Рис. IV-56. Компрессорно-конденсаторный агрегат МАКБ12 x 2/1-II:

1 — компрессор; 2, 3, и 5 — реле высокого давления, контроля смазки и низкого давления; 4 — конденсатор.

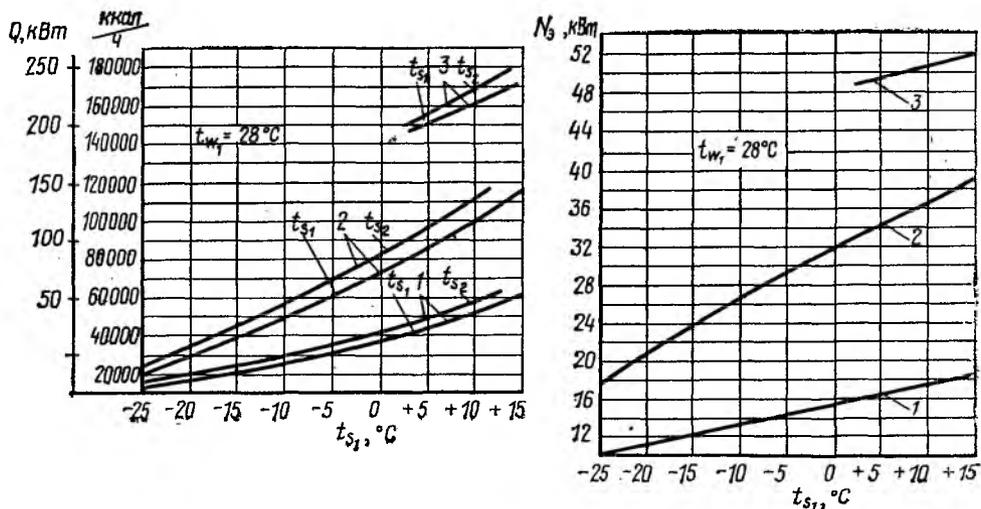


Рис. IV-57. Графики зависимости холодопроизводительности и электрической мощности от температуры хладонносителя для холодильной машины:

1 — МХМ, 30/1-II; 2 — МХМ60; 3 — МЛМ ФУУ180.

## Характеристики судовых агрегированных холодильных машин

Холодопроизводительность <sup>1</sup> , кВт (ккал/ч)	Марка холодильной машины	Тип компрессорно-конденсаторного агрегата	Габаритные размеры испарительно-регулирующего агрегата, мм			Масса сухой машины, кг	Диапазон температур хладоносителя, °С	Количество заряжаемого агента, кг	Количество заряжаемого масла, кг
			длина	ширина	высота				
64(55000)	МХМ <sub>30</sub> /1-II	МАК <sub>30</sub> /1-II	1970	820	690	2100	-25 ÷ +15	120	8
118(102000)	МХМ60	МАК60	2400	850	1100	2900	-25 ÷ +15	180	16
190(164000)	МХМФУУ 180/1-II	МАКФУУ 180/1-II	2990	1170	1950	4500	2—14	650	65
186(160000)	МХМ80РЭ	МАК80РЭ	2585	1246/1315	1310/1215	4000	+5 ÷ -10	280	30

<sup>1</sup> Холодопроизводительность дана при температурах: воды на входе в конденсатор 28°С; хладоносителя на входе в испаритель 11°С.

## Теплообменные и вспомогательные аппараты

## Особенности теплообменных и вспомогательных аппаратов судовых холодильных установок

Конденсаторы, маслоохладители и другие аппараты охлаждаются забортной водой. В зависимости от района плавания и времени года температура морской воды колеблется от -2 до +32°С. При этом температура конденсации изменяется от 25 до 40°С (расчетная температура охлаждающей воды 28°С). При

низких значениях температуры охлаждающей воды температура конденсации поддерживается за счет регулирования ее расхода. Подогрев воды в конденсаторах принимают равным 2—4°С.

В теплообменных аппаратах судовых установок трубки из меди практически не применяют, так как при скорости движения морской воды до 1,2 м/с медь корродирует равномерно по всей поверхности, вызывая сплошную коррозию; при скоростях выше 2 м/с коррозионная стойкость меди падает, происходит эрозия металла в виде отдельных сквозных язв в местах образования турбу-

Таблица IV—20

## Материалы фреоновых теплообменных аппаратов

Материал	ГОСТ	Вид заготовки	Допустимая скорость морской воды, м/с, не более	Применение
Латунь Л63, ЛО-62-1	ГОСТ 15527—70	Листы, полосы, прутки	3	Решетки трубные, фланцы трубопроводов, штуцерные соединения
Бронза ОЦСН 3—7—5—1, АМц 9—2Л	ГОСТ 613—65 ГОСТ 493—59	Литье	3	Крышки водяные конденсаторов, испарителей и других теплообменных аппаратов
Сплав медно-никелевый МНЖМц 30—1—1	ГОСТ 10092—62	Трубы	3	Трубки теплообменные конденсаторов, испарителей и других теплообменных аппаратов
Сплав медно-никелевый МНЖ 5—1	ГОСТ 17217—71	Трубы	0,7	Испарители с внутритрубным кипением фреона
Медь МЗР	ГОСТ 617—70	Трубы	3	Трубки теплообменные конденсаторов, испарителей и других теплообменных аппаратов, работающих на пресной воде

лентного движения потока воды. Точечная коррозия наблюдается в трубопроводах, где скорость движения воды мала или имеется застой воды на прямых участках и в местах изгиба труб.

Трубки из нержавеющей стали марки 12 X 18Н10Т непригодны для работы в морской воде из-за интенсивной язвенной коррозии в случае застоя или при малой скорости потока.

Для работы при повышенных скоростях потока воды (1,2—3,0 м/с) используют трубки из медно-никелевых сплавов.

Материалы фреоновых теплообменных аппаратов приведены в табл. IV—20.

Трубы из цветных металлов имеют высокую стоимость, поэтому выбор их должен быть рациональным и технически обоснованным.

В аммиачных теплообменных аппаратах медь и ее сплавы не применяют. Для увеличения срока службы аппаратов используют стальные утолщенные трубы из углеродистой стали диаметром 25 X 4 мм, а также стальные крышки с цинковыми протекторами на внутренних поверхностях.

#### Аппараты аммиачных холодильных установок

Аммиачные конденсаторы — кожухотрубные, горизонтальные типа КСК (КСК-100) с диапазоном площади теплообменной поверхности от 25 до 450 м<sup>2</sup>.

Допустимая скорость воды в конденсаторах 0,8—1 м/с, перепад температуры воды 3—4°C.

Аммиачные испарители горизонтальные кожухотрубные типа ИСК (ИСК-150) охватывают ряд площадей поверхности от 30 до 500 м<sup>2</sup>. В верхней части корпуса приварен высокий сухопарник с встроенным в него змеевиком, через который проходит жидкий холодильный агент после промежуточного сосуда. В сухопарнике осушается и перегревается пар и переохлаждается жидкость перед регулирующим вентилем. Теплообменные трубки — стальные, диаметром 25 X 3 мм. Допустимые скорости рассола в испарителях 0,8—1,2 м/с, перепад температуры рассола 2—3°C.

Промежуточные сосуды — вертикальные со змеевиком и отбойниками типа СПС — четырех типоразмеров, рассчитаны на тепловые нагрузки 12—230 кВт (~10 000—200 000 ккал ч), охватывающие весь диапазон холодопроизводительности двухступенчатых установок.

Вспомогательная аппаратура судовых аммиачных установок включает: горизонталь-

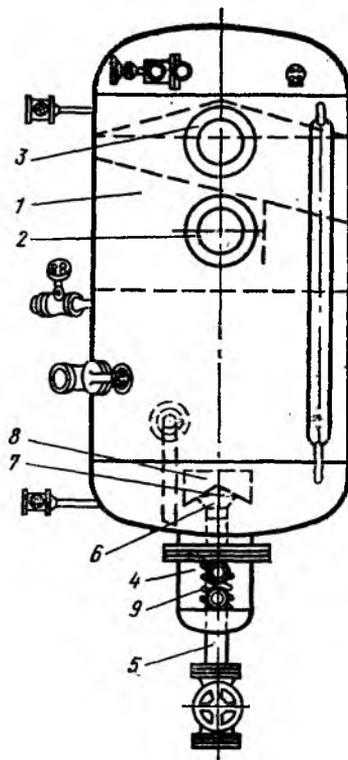


Рис. IV-58. Циркуляционный ресивер ЦРС-4:

1 — цилиндрический корпус; 2 — патрубок для подвода парожидкостной смеси; 3 — патрубок для отвода паров аммиака в компрессор; 4 — маслоотстойник; 5 — заборный патрубок; 6 — насадка; 7 — конусообразная крышка; 8 — ребра; 9 — змеевик.

ные ресиверы типа СР (СР-7) следующего объема: 0,3; 0,7; 1,3; 2,5; 5; 7 м<sup>3</sup>; вертикальные маслоотделители типа ОМС (250ОМС) четырех типоразмеров — 80ОМС, 100 ОМС, 125ОМС, 250ОМС; отделители жидкости — ОЖС пяти типоразмеров; маслособиратель 300СМС; циркуляционный ресивер типа ЦРС-4.

Циркуляционный ресивер типа ЦРС-4 объемом 4 м<sup>3</sup> (рис. IV—58) — вертикальный. Он совмещает функции отделителя жидкости (верхняя часть) и ресивера (нижняя часть).

В верхней части аппарата расположены паровые патрубки, в нижней — подающий и заборный патрубки жидкого аммиака, а также патрубки для слива аммиака в дренажный ресивер или за борт и спуска масла.

**Характеристики судовых фреоновых  
кожухотрубных конденсаторов**

Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Диаметр обечайки, мм	Число труб	Длина теплообменных труб, мм
10	325	60	1500
16		90	
25	377	110	2000
40		174	
50	426	174	2500
63		218	
80	530	358	2000
100			2500
125			3000
160	600	530	2500
200			3000
250	700	730	3000
315			3500

*Аппараты фреоновых  
холодильных установок*

Внутри аппарата предусмотрена успокоительная и отбойные решетки для отделения капель жидкости. На заборном патрубке имеется специальная насадка, защищающая аммиачный электронасос от попадания пара. Для облегчения спуска масла в нижней части корпуса предусмотрен змеевик обогрева, к которому подводятся горячие пары аммиака.

На циркуляционных ресиверах устанавливают поплавковые регуляторы уровня для регулирования подачи жидкого аммиака в аппарат и защиты его от недопустимых повышений и понижений уровня жидкости.

Размеры циркуляционного ресивера выбирают исходя из скорости движения пара в верхней части до 0,5 м/с, необходимости вмещения жидкого агента из испарительной системы при изменении тепловой нагрузки в зависимости от способа подачи в испарители, объема испарителей и сливных трубопроводов, поддержания необходимого уровня в ресивере, предотвращающего возникновение кавитационного режима электронасоса.

Испарители, конденсаторы, промежуточные сосуды и ресиверы снабжены двойными предохранительными клапанами с вентилем переключения и манометрами.

Фреоновые конденсаторы изготовляют с оребренными (путем накатки) теплообменными трубками из медно-никелевого сплава — мельхиора.

При использовании медно-никелевых сплавов с содержанием никеля до 30% допускается скорость движения воды в трубках до 3 м/с. На внутренних полостях крышки устанавливают сменные стальные или цинковые протекторы.

Конденсаторы для установок на фреоне-12, входящие в компрессорно-конденсаторные агрегаты, выпускают с теплообменной трубкой исходного диаметра 20 × 3 (отношение наружной площади поверхности теплообмена к внутренней равно 3,5); освоено производство конденсаторов с теплообменными оребренными трубками, накатными из исходной трубы диаметром 16 × 2.

Основные параметры и размеры фреоновых кожухотрубных конденсаторов с наружной площадью поверхности теплообмена от 10 до 315 м<sup>2</sup> в соответствии с ОСТ 26.03-283—71 приведены в табл. IV—21.

Судовые фреоновые кожухотрубные испарители аналогичны общепромышленным и отличаются лишь конструктивным исполнением в части отбора паров холодильного агента, учитывающим судовые условия эксплуа-

тации — при возможных кренах и дифференцах. Отбор паров осуществляется из двух-трех мест по длине аппарата, а отводящие трубопроводы обеспечивают возможность слива забрасываемого жидкого холодильного агента в испаритель.

Кожухотрубные испарители имеют следующие недостатки: наличие свободной поверхности холодильного агента; опасность замерзания хладоносителя в трубках; наличие статического столба жидкого холодильного агента; большая емкость по холодильному агенту; затруднен возврат масла из испарителей в компрессор.

Кожухотрубные испарители с кипением фреона внутри труб, лишены перечисленных выше недостатков.

Для интенсификации процесса теплообмена в указанных испарителях применяют различные способы оребрения внутри труб.

Основные параметры и размеры кожухотрубных испарителей с кипением внутри труб с наружной площадью поверхности теплообмена труб от 5 до 200 м<sup>2</sup> в соответствии с ОСТ 26-03-284—71 приведены в табл. IV—22.

Кожух и распределительную камеру испарителей выполняют из стали марки ВМСтЗсп, трубы — из меди МЗР (для охлаждения пресной воды); из сплава МНЖ 5—1

Таблица IV—22

## Характеристики судовых фреоновых кожухотрубных испарителей

Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Диаметр обечайки внутренних, мм	Число труб	Длина труб, мм	Число ходов (по холодильнику)
5	257	64	1506	26
6,3			2000	28
8	309	98	1500	20
10			2000	22
12,5			2500	20
16			3000	22
20	408	184	2000	14
25			2500	14
31,5			3000	14
40	500	282	2500	12
50			3000	10
63	600	416	2500	10
80			3000	8
100	700	568	3000	6
125			3500	6
160	800	750	3500	6
200			4000	6

(для охлаждения морской воды); сердечник — из алюминия АД31, трубные решетки из стали марки ВМСт5сп.

В установках непосредственного охлаждения применяются воздухоохладители

(рис. IV—59), характеристики которых приведены в табл. IV—23.

К вспомогательной фреоновой аппаратуре относятся — регенеративные теплообменники, ресиверы, осушители, фильтры и пр.

Вспомогательная аппаратура судовых установок по конструкции аналогична общепромышленной.

В холодильных машинах, работающих на фреонах-12 и -22, после каждого из потребителей холода или на общем всасывающем трубопроводе перед компрессором устанавливают регенеративные теплообменники.

Теплообменники горизонтальные и вертикальные с одно- и многозаходными змеевиками (до восьми ходов) из медных гладких и накатных труб, внутри которых проходит жидкий холодильный агент.

Выбор теплопередающей поверхности теплообменников должен осуществляться исходя из необходимости обеспечения общего перегрева паров на всасывании в компрессоры; при этом перегрев фреона в кожухотрубных испарителях не должен превышать 2°С, а в воздухоохладителях и батареях 3°С.

При расчете требуемой площади теплообменной поверхности тепловую нагрузку определяют с учетом частичного доиспарения фреона в теплообменнике при возможных забросах капель жидкого фреона из испарителей.

Переохлаждение жидкого фреона в теплообменнике компенсирует возможные потери в трубопроводах при удаленности испарителей.

В холодильных установках на фреоне-22 в отдельных случаях применяют теплообменники — выпариватели для возврата масла из испарительной системы, отличающиеся тем, что жидкий фреон после ресивера проходит через межзмеевиковое пространство, а в змеевиках происходит кипение смеси фреона с маслом, отбираемой в количестве ~ 3—7%

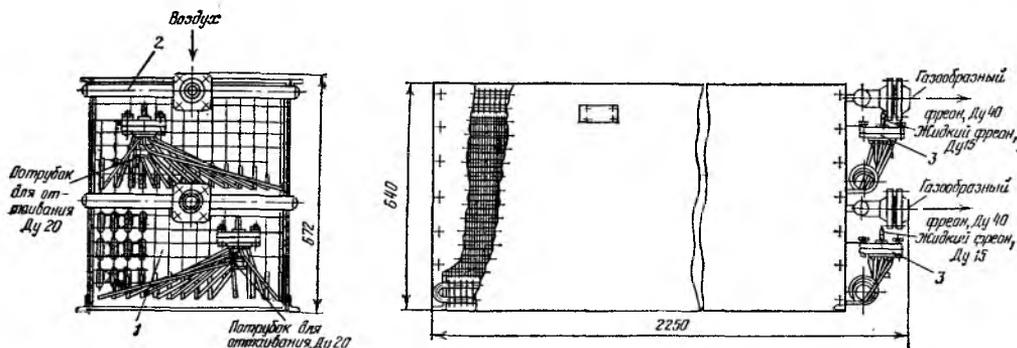


Рис. IV-59. Трюмный воздухоохладитель BOMB-160B:

1 — секция; 2 — коллектор; 3 — распределитель.

## Характеристики судовых фреоновых воздухоохлаждателей

Марка воздухоохлаждателя	Диаметр теплообменной трубки, мм	Шаг ребер, мм	Толщина ребер, мм	Площадь жидкого сечения, м <sup>2</sup>	Площадь теплообменной поверхности, м <sup>2</sup>	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Вместимость по агенту, м <sup>3</sup>	Мощность нагревательных элементов для оттаивания, Вт	Холодильный агент
						длина	высота	глубина				
Трюмные воздухоохлаждатели												
ВОМВ-160Б	16×1	15 7,5	0,4	0,638	150	2250	625	675	360	0,059	—	Фреон-22
ВОМВ-125А	16×1	15 7,5	0,4	0,509	120	1850	625	675	300	0,047	—	Фреон-22
ВОТ-60	12×1	8	0,4	0,238	65	1470	580	610	210	0,011	15	Фреон-22
ВОТ-40	12×1	16	0,4	0,3	50	1470	580	610	200	0,011	15	Фреон-12
Воздухоохлаждатели для провизонных камер												
МВОФ-20	12×1	8 16	0,4		20	840	530	670	61	0,0023	—	Фреон-12
МВОФ-20Э	12×1	8 16	0,4		20	900	530	670	78	0,0023	5,2	Фреон-12
МВОФ-10	12×1	5 10	0,4		9,6	490	530	670	37	0,0015	—	Фреон-12
МВОФ-10Э	12×1	5 10	0,4		9,6	550	530	670	50	0,0015	3,2	Фреон-12

от общего количества циркулирующего холодильного агента. Пары фреона и отделившееся масло поступают во всасывающий трубопровод. Фреоновые ресиверы вертикального и горизонтального типа вместимостью от 30 до 200 дм<sup>3</sup> для фреона-12 и от 100 до 700 дм<sup>3</sup> для фреона-22 оснащаются указателями уровня, необходимой арматурой и приборами. На ресиверах для фреона-22 устанавливаются поплавковые регуляторы уровня типа ПРУ, защищающие от переполнения аппарата (например, при дренировании или оттайке).

Циркуляционные ресиверы типа РЦ22 вместимостью 400—1500 дм<sup>3</sup> для холодильных установок на фреоне-22 с насосной подачей жидкого холодильного агента отличаются от аммиачных циркуляционных ресиверов отсутствием успокоительных и отбойных решеток и змеевика обогрева.

### Изоляция охлаждаемых помещений

Поверхности ограждения охлаждаемых помещений, как правило, включают в себя различные детали набора корпуса судна или ребра жесткости (для переборок), поэтому изоляционный материал формируют в специальные изоляционные конструкции. Ка-

чество изоляционных конструкций обуславливается такими взаимосвязанными факторами, как рациональность, использование высокоэффективных и долговечных изоляционных материалов и тщательное выполнение монтажных работ.

При использовании изоляции сокращается расход энергии на производство холода, однако уменьшается полезная грузоподъемность судна и грузоместимость помещений, что отрицательно сказывается на рентабельности перевозок. На современных рефрижераторных судах изоляционные конструкции занимают 15—30% полезного объема.

При создании судовой изоляции следует искать оптимальные решения, учитывающие все факторы, которые влияют на повышение эффективности изоляции и на снижение ее стоимости, которая составляет 15—20% общей стоимости судна. На экономичность изоляционных конструкций рефрижераторных судов значительно влияют форма и расположение трюмов, а также рациональная конструкция судового набора. Желательно размещение трюмов в наиболее широкой и прямой части корпуса.

Трюмы по возможности располагают так, чтобы между ними и смежными помещениями разность температур была незначительной.

Свойства изоляционных материалов для судов

Материалы	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Предел прочности при изгибе, МПа	Гигроскопичность, %/ч	Прочие свойства
Пробка в плитах	250	0,046—0,052	0,25	12/120	Загнивает, горит, тлеет
Экспанзит в плитах	180	0,046—0,052	0,15	10/120	То же
Минеральная пробка	300—400	0,08	0,80	15/72	Не загнивает
Минеральный войлок на битумной связке	300—350	0,058—0,07	—	—	Не загнивает, не горит, не тлеет, вызывает раздражение слизистой, кожи
Плиты из штапельного стекловолокна	50—70	0,052	—	2,5/120	То же
Стекловолок в матах	140	0,046	—	1/120	—
Плиты из минеральной ваты на фенольной и крахмальной связке	100—120	0,052	—	2,5/120	—
Пеностекло	200—250	0,058—0,08	—	—	Не загнивает не горит, хрупкий, легко перетирается
Пенопласт марки ФС-7	100	0,058	0,20—0,25	—	Не загнивает, не горит
Пенопласт марки ФФ	150—180	0,058	0,20—0,25	—	То же
Пенополистирол марки ПСБ-С	20—35	0,046	0,20—0,25	—	Самозатухающий
Алюминиевая рулонная фольга (альфоль) А7	6—9	0,058	—	—	—

При проектировании конструкций судовой изоляции находят<sup>1</sup> оптимальную толщину изоляции, удовлетворяющую требованиям экономической рентабельности. Оптимальные коэффициенты теплопередачи  $k$  судовых изоляционных конструкций (в отношении стоимости изоляции, а также холодильного оборудования и производства холода) в зависимости от разности температур  $\theta$  снаружи и внутри помещения составляют ориентировочно:

$\theta$ , °С	20	30	40	50	60
$k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	0,63	0,52	0,46	0,40	0,35

Судовые изоляционные материалы. Судовые изоляционные материалы должны обладать следующими свойствами: малыми теплопроводностью и объемной массой, пони-

женными гигроскопичностью, водопоглощаемостью и паропроницаемостью; достаточной механической прочностью, морозостойкостью и эластичностью (чтобы выдерживать вибрации и деформации корпуса судна); огнестойкостью или трудногорючестью; отсутствием запахов и невосприимчивостью к ним. Кроме того, они должны быть безвредными, достаточно дешевыми, удобными для транспортировки, монтажа и ремонта, иметь по возможности длительный срок службы и не требовать специального ухода, не вызывать коррозию металла изолируемой поверхности, не способствовать размножению паразитов, не разрушаться грызунами, не подвергаться заражению бактериями и грибами, вызывающими гниение.

Материалов, одновременно удовлетворяющих в полной мере всем указанным требованиям, не существует. Используя основные положительные качества изоляционных материалов, создают специальные судовые изоляционные конструкции, в которых меньше проявлялись бы недостатки этих материалов.

<sup>1</sup>Методика расчета разработана А. Т. Мицевич

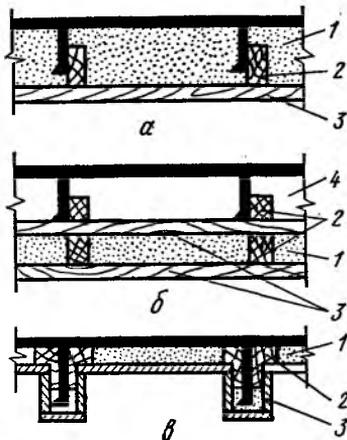


Рис. IV-60. Конструкции судовой изоляции: а — нормальная; б — с воздушной прослойкой; в — с высадками; 1 — изоляционный материал; 2 — деревянный брусок; 3 — деревянная зашивка; 4 — воздушная прослойка.

Основные свойства изоляционных материалов, наиболее часто применяемых на судах, приведены в табл. IV—24.

Основными исходными условиями для выбора типа изоляционной конструкции служат: назначение изолируемого помещения; температура окружающей среды в районе плавания судна; температура и влажность воздуха внутри помещения; особые условия эксплуатации.

**Судовые изоляционные конструкции.** Различают следующие основные конструкции судовой изоляции (рис. IV—60): нормальную (а), с воздушной прослойкой (б), с высадками (в).

*Нормальную конструкцию изоляции* применяют чаще всего для изоляции бортов, палуб и переборок. При этом потеря объема трюмов и возможность увлажнения изоляционного материала значительно меньше, чем при изоляции с воздушной прослойкой.

*Конструкцию изоляции с воздушной прослойкой* используют для изолирования двойного (второго) дна, отделяющего охлаждаемые помещения от цистерн и отсеков, в которых хранятся нефтепродукты, вода. Накапливающаяся влага по воздушной прослойке может свободно стекать в льяла, откуда ее легко откачивать осушительными насосами. Согласно Правилам Регистра СССР при изоляции двойного дна или переборки толщина воздушной прослойки должна быть не менее 50 мм.

Иногда изоляцию днища выполняют раз-

борной в виде съемных щитов из деревянных рам, заполненных изоляцией. По всему периметру днища в районе рассольных батарей делают шпигаты для стока воды в осушительную систему.

Недостатки изоляции с воздушной прослойкой: теряется полезный объем трюмов; в воздушной прослойке возникают конвективные токи, в связи с чем она становится плохим теплоизолятором; изоляционный материал увлажняется в результате проникновения влаги со стороны воздушной прослойки в трюм.

*Конструкцию изоляции с высадками* применяют в основном только при высоких профилях набора судна, а также для изолирования рамных профилей на речных рефрижераторах. Выполнение такой конструкции значительно сложнее, чем нормальной. При небольших размерах шпангоутов (расстояния между выступами нельзя использовать для укладки грузов, следовательно, применение такой конструкции не оправдывается кажущимся увеличением полезного объема трюмов.

Стандартные и составные профили судового набора обычно изолируют нормализованными комплектами плиточной изоляции (рис. IV—61).

Промежуточные палубы и переборки, разделяющие охлаждаемые помещения, создают дополнительный приток тепла. От наружных нагретых поверхностей судна тепло проходит внутри теплопроводной стальной стенки, проникая затем в оба смежных помещения (рис. IV—62). Обычно промежуточные палубы и переборки изолируют со стороны набора (или помещения, где температура ниже) полностью, а с другой стороны только частично, по периметру образуя так называемый риббанд, ширина которого составляет 0,5—1,0 м. Увеличение ширины риббанда более 1 м нецелесообразно, так как коэффициент теплопередачи при этом уменьшается незначительно. Устройство риббандов (вместо сплошной изоляции) уменьшает общую массу изоляции и потери полезного объема.

Для уменьшения теплопритоков в рефрижераторные трюмы через пиллерсы (вертикальные прочные стойки) и участки мачт, труб последние изолируют по всей длине (рис. IV—63, а), или частично в виде воротника у ножки и головки пиллерса (рис. IV—63, б). Первый способ обычно применяют для изоляции пиллерсов длиной более 2 м и большого диаметра (сечения) при разности температур головки и ножки 8—12°C и выше, а также в случае значительной разности температур наружных поверхностей корпуса судна и воздуха трюма (выше 40°C). Изоляция пиллерсов диаметром 40—50 мм

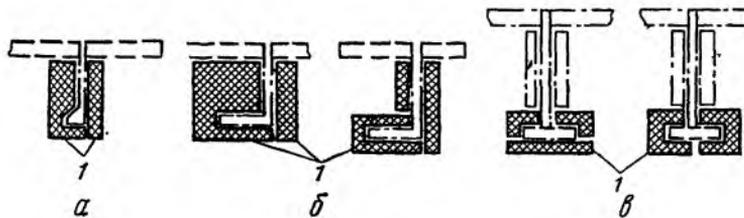


Рис. IV-61. Комплекты изоляции судового набора:  
*а* — полосубыльбы; *б* — угольники; *в* — вояски сварного тавра; 1 — слой из пробковых плит.

и длиной до 2 м воротниками используют в случае глубоких трюмов при указанных выше разностях температур соответственно до 8 и до 40°C.

Конструкция изоляции круглых пиллерсов показана на рис. IV—64. Как и при изоляции труб, здесь используют нормализованные изоляционные скорлупы и засыпку, иногда минеральный войлок и кошму, металлические сетки (защита от грызунов), обмазку, деревянную или дюралевую обшивку (для пиллерсов) и окрашенную масляной краской мешковину (для труб).

Для уменьшения циркуляции воздуха двери охлаждаемых помещений должны плотно закрываться изнутри и снаружи. Изоляцию дверей делают приблизительно той же толщины, что и изоляция стен камер.

При любой конструкции изоляции всегда предусматривается защита изоляционного материала от увлажнения, механических повреждений и от проникновения грызунов. Для этого изоляционные плиты монтируют с обмазкой их и металлической поверхности битумом или клеем, по обрешетнику изоляцию зашивают двумя рядами шпунтованных досок, прокладывая между ними в два слоя пергамин или рубероид на клею или битуме и металлическую сетку (поверх пергамина).

При обшивке внутренней поверхности трюмов листами из оцинкованного железа, дюрала или нержавеющей стали, тщательно пропаявая или проваривая швы, устанавливают только один слой досок без влагонепроницаемой бумаги и металлической сетки. Такое покрытие уменьшает массу изоляционной конструкции и улучшает санитарные условия перевозки грузов.

Влага, проникающая в изоляцию приводит к ухудшению ее теплоизоляционных свойств и разрушению. Так, за 2 года эксплуатации коэффициента теплопередачи изоляционной конструкции из-за увлажнения ее (накопление влаги в изоляции судна за 5 лет может составить 1% всего объема изоляции) возрастает в 1,7 раза. Требуемая холодопро-

изводительность установки при перевозке замороженных грузов соответственно возрастает на 20—60% и при перевозке фруктов — на 10—20%.

Причины накопления влаги — трещины, периодическое отепление трюмов в период их загрузки и разгрузки и т. п. Поэтому в

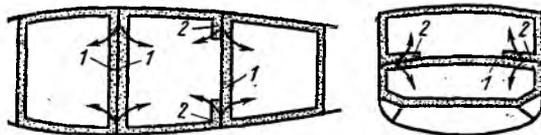


Рис. IV-62. Схема передачи тепла от периметров промежуточных палуб и переборок и изоляции их:

1 — сплошная изоляция; 2 — риббанд.

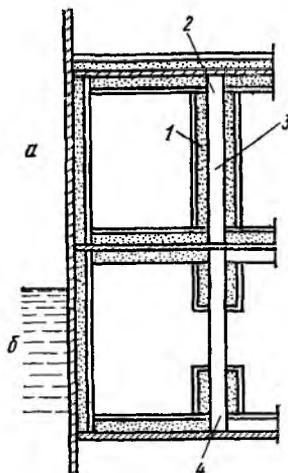


Рис. IV-63. Сплошная (*а*) и частичная (*б*) изоляция пиллерсов:

1 — изоляция; 2 — головка; 3 — пиллерс; 4 — ножка.

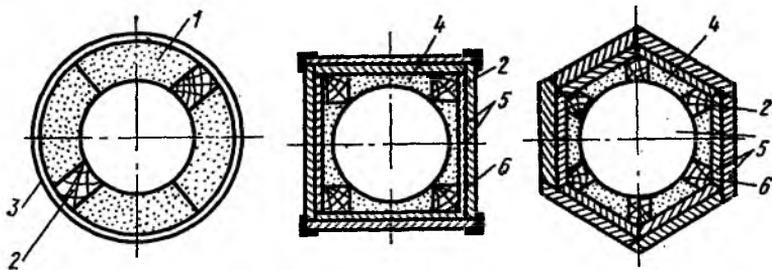


Рис. IV—64. Различные конструкции изоляции круглого пиллера:

1 — экспанзит; 2 — основной брусок; 3 — зашивка дюралюминиевая; 4 — пробковая крошка; 5 — сосновые доски; 6 — пергамин.

последнее время для сохранения теплозащитных свойств изоляционных конструкций предусматривают систематическое осушение их.

Наиболее совершенный метод осушения — диффузионный с принудительной циркуляцией воздуха в каналах осушающих слоев в изоляции, располагаемых непосредственно за зашивкой (рис. IV—65). Это позволяет почти полностью освободить изоляцию от проникающей влаги еще до того, как водяные пары сконденсируются или вода превратится в лед.

В каналы осушающего слоя изоляции вентилятором подается сухой воздух, который поглощает влагу, проникающую в изоляцию, и направляется в специальный аппарат — дегидратор (осушитель). Оттуда сухой воздух снова забирается вентилятором. Дегидратором могут служить поверхностный воздухоохладитель — осушитель или сорбционный аппарат. Затраты энергии на его работу невелики.

Применение дегидраторов позволяет сократить расчетную толщину судовой изоляции и таким образом получить экономию не толь-

ко в затратах на нее, но и в объеме грузовых помещений примерно 5%.

**Расчет судовой изоляции.** При проектировании судовой изоляции определяют коэффициенты теплопередачи конкретных изоляционных конструкций со сложным их пересечением металлическими частями набора корпуса и креплений, деревянными брусками и т. д.

Методы расчета коэффициента теплопередачи судовых изоляционных конструкций имеют несколько общих допущений: из-за относительной малости пренебрегают тепловым сопротивлением с наружной и внутренней сторон изоляционной конструкции (достаточно хорошая теплоотдача); не учитывают тепловые сопротивления переходов между соприкасающимися частями конструкции и влияние мелких крепежных частей (болтов, гвоздей, подвесок и т. п.); а также материала, скрепляющего изоляционные плиты; материалы конструкции считают изотропными со средними значениями их теплофизических констант.

Метод Иоэльсона — Ниточкина, применяемый для расчета изоляции по дугам кругов, предполагает разработку изоляционной конструкции на зоны с учетом искажений теплового потока, вносимых набором корпуса и брусками обрешетки (рис. IV—66). В этом методе приняты дополнительные допущения: термическое сопротивление металлических частей конструкции пренебрежимо мало; внутренняя часть профиля набора заполнена не изоляцией, а металлом; тепловые потоки от прямоугольника, заменяющего профиль набора, идут влево и вправо по дугам кругов с радиусами от 0 до  $h$  (высота профиля до прямой линии AA, затем нормально к ней, т. е. к наружной обшивке (см. рис. 64, а).

Покажем применение этого метода к расчету нормальной конструкции изоляции, представленной на рис. 64, а. При этом будем

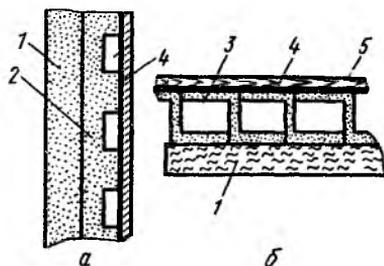


Рис. IV—65. Устройство осушающих слоев изоляции:

а — борта; б — второго дна;  
1 — основная изоляция; 2 — осушающий слой экспанзита; 3 — Z-образные пластины изоляции; 4 — гидро-изоляционная бумага; 5 — зашивка.

определять по зонам тепловые потоки  $q_i$  [Вт/(м·К)], приходящиеся на площадь шириной каждой зоны (I—VI) и длиной в направлении, перпендикулярном чертежу, равной 1 м. Все размеры элементов конструкции и обозначения приведены на чертеже, а формулы представлены в конечном виде.

Тогда тепловые потоки по зонам:

$$q_I = \frac{b \lambda_{из}}{j} \quad (IV-30)$$

$$q_{II} = \frac{2\lambda_{из}}{\pi} \ln \frac{j+h}{j}; \quad (IV-31)$$

$$q_{III} = \lambda_{из} \frac{S - b - \frac{4}{\pi}h}{j+h}; \quad (IV-32)$$

$$q_{IV} = \frac{2}{\pi} \lambda_{дер} \ln \frac{a+i+\frac{\pi}{2}c}{a+i}; \quad (IV-33)$$

$$q_V = \lambda_{из} \frac{g-c}{j+\rho'}; \quad (IV-34)$$

$$q_{VI} = \lambda_{из} \frac{\frac{\pi}{2}h - g}{\frac{h}{2} + \frac{\pi}{4}g + i}, \quad (IV-35)$$

где  $j$  — приведенная толщина изоляции под полкой профиля набора, м;

$$j = i + a \frac{\lambda_{из}}{\lambda_{дер}};$$

$$\rho' = \frac{c+g}{2} \left( \frac{\lambda_{из}}{\lambda_{дер}} \arcsin \frac{2c}{c+g} + \arccos \frac{2c}{c+g} \right).$$

Средний по длине шпации  $S$  коэффициент теплопередачи  $k_m$  [Вт/(м<sup>2</sup>·К)]

$$k_m = \frac{q_I + q_{II} + q_{III} + q_{IV} + q_V + q_{VI}}{S}, \quad (IV-36)$$

а действительный расчетный

$$k_d = 1,2 k_m, \quad (IV-37)$$

где 1,2 — экспериментальный коэффициент, учитывающий влияние крепежных деталей, возможность ухудшения изоляции со временем и т. д.

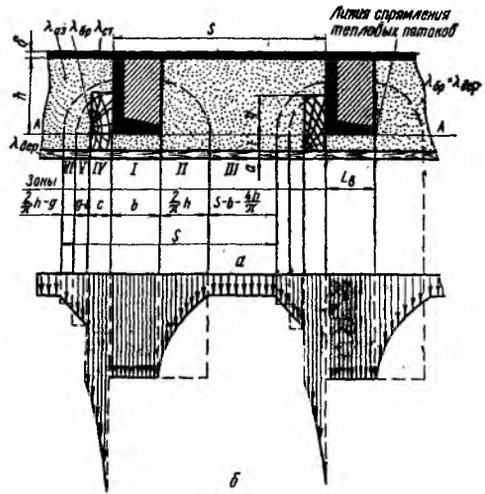


Рис. IV-66. К расчету судовой изоляции дуговым круговым методом:

$a$  — расчетные зоны нормальной конструкции;  $b$  — интенсивность теплового потока в различных зонах.

Расчеты показывают, что при учете влияния набора коэффициент теплопередачи увеличивается в 2 раза, а при учете влияния бруса — еще на 25%.

Дополнительный приток тепла в трюмы (камеры) через промежуточные палубы или переборки на крупных судах составляет 10—20% от общего, поэтому его необходимо более точно рассчитывать.

При одинаковых температурах в смежных трюмах линейный коэффициент теплопередачи, т. е. количество тепла, которое поступает в оба охлаждаемые помещения через 1 м периметра промежуточной палубы или переборки в единицу времени при разности температуры в 1°C, определяют по формулам: при сплошной изоляции с одной стороны и риббанде с другой

$$k_{лин} = \sqrt{\delta_{ст} \lambda_{ст}} k c \operatorname{th} B_p \sqrt{\frac{k}{\delta_{ст} \lambda_{ст}}}; \quad (IV-38)$$

при сплошной изоляции с обеих сторон

$$k_{лин} = \sqrt{\delta_{ст} \lambda_{ст}} k \operatorname{th} B_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{\delta_{ст} \lambda_{ст}}}, \quad (IV-39)$$

где  $\delta_{ст}$  и  $\lambda_{ст}$  — толщина и коэффициент теплопроводности материала палубы или переборки;

$B_p$  — ширина риббанда;

$B_0$  — полуширина палубы или переборки;  
 $k$  — суммарный коэффициент теплопередачи палубы или переборки;  $k = k_1 + k_2$  (здесь  $k_1$  и  $k_2$  — соответственно коэффициенты теплопередачи изоляции палубы или переборки со стороны первого и второго трюмов).

При определении  $k_1$  и  $k_2$  коэффициенты теплоотдачи  $\alpha$  к воздуху трюма принимают равными 12 при охлаждении батареями (эмевиками) и 58 [Вт/(м<sup>2</sup>·К)], при воздушном охлаждении.

Для палубы или переборки, изолированной с двух сторон при охлаждении только одного рефрижераторного помещения,

$$k_{\text{лин}} = B_0 k' + \frac{k_1^2}{k} \cdot \sqrt{\frac{\delta_{\text{СТ}} \lambda_{\text{СТ}}}{k}} \times \\ \times \text{th } B_0 \sqrt{\frac{k}{\delta_{\text{СТ}} \lambda_{\text{СТ}}}}, \quad (IV-40) \\ k' = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}.$$

Для палубы или переборки, изолированной с одной стороны сплошным слоем, а с другой — риббандом:

при охлаждении помещения со стороны риббанда и понижении наружной температуры в первом помещении

$$k_{\text{лин}} = \frac{k_1^2 + k_1 k_2 + k_2^2}{k} \sqrt{\frac{\delta_{\text{СТ}} \lambda_{\text{СТ}}}{k}} \text{th} \times \\ \times \frac{B_p}{2} \sqrt{\frac{k}{\delta_{\text{СТ}} \lambda_{\text{СТ}}}} + B_p k'; \quad (IV-41)$$

при охлаждении помещения со стороны сплошной изоляции и понижении наружной температуры со стороны риббанда

$$k_{\text{лин}} = \sqrt{\frac{2k_1^2}{k}} \sqrt{\frac{\delta_{\text{СТ}} \lambda_{\text{СТ}}}{k}} \text{th} \frac{B_p}{2} \times \\ \times \sqrt{\frac{k}{\delta_{\text{СТ}} \lambda_{\text{СТ}}}} + B_p k'. \quad (IV-42)$$

Тепловой поток в охлаждаемое помещение через один изолированный пиллерс круглого сечения

$$Q = (t_1 + t_2 - 2t_{\text{ТР}}) \sqrt{F \lambda_{\text{СТ}} - k_{\text{лин}}} \times \\ \times \left[ c \text{th } H \sqrt{\frac{k_{\text{лин}}}{F \lambda_{\text{СТ}}}} - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{\text{sh } H \sqrt{\frac{k_{\text{лин}}}{F \lambda_{\text{СТ}}}}} \right]; \quad (IV-43)$$

$$k_{\text{лин}} = \frac{\pi}{\frac{\ln \frac{D_2}{D_1}}{2\lambda_{\text{из}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}} D_2}}. \quad (IV-44)$$

Здесь  $t_1$  и  $t_2$  — температуры концов пиллерса;

$t_{\text{ТР}}$  — температура воздуха в трюме;

$F$  и  $D_1$  — соответственно площадь поперечного сечения и диаметр пиллерса без изоляции;

$H$  — высота пиллерса;

$D_2$  — диаметр пиллерса с изоляцией;

$\alpha_{\text{н}}$  — коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изолированного пиллерса.

Для приближенных расчетов тепловой поток, проходящий через один конец пиллерса или маты при разности температур в 1°С, можно принимать равным 0,6—1,2 Вт/К.

При расчете теплопритоков температуру подводного борта следует принимать равной температуре забортной воды  $t_{3.в}$ , а температуру палубы — с учетом солнечного облучения

$$t_{\text{пал}} = \frac{q_s + kt_{\text{ТР}} + \lambda_{\text{н}} t_{\text{н.в}}}{k + \alpha_{\text{н}}}, \quad (IV-45)$$

где  $t_{\text{ТР}}$  и  $t_{\text{н.в}}$  — температура воздуха в трюме и наружного воздуха;

$\alpha_{\text{н}}$  — коэффициент теплоотдачи от обшивки (палубы) к наружному воздуху, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$q_s$  — лучистый тепловой поток, воспринимаемый поверхностью палубы, Вт/м<sup>2</sup>; принимают для черной окрашенной поверхности равным 640, а для светлоокрашенной поверхности 280.

Коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_{\text{н}} = 2,32 + 11,6 \sqrt{\omega}, \quad (IV-46)$$

где  $\omega$  — скорость судна, м/с.

Температуру надводного борта можно вычислять по формуле  $t_{\text{н.б}} = 0,5 (t_{\text{пал}} + t_{3.в})$ .

По данным эксплуатации судов, при плавании в южных морях летом температура палубы 55°С (черная окраска) или 45°С (светлая окраска). Для бортов, окрашенных в черный

или в светлый цвета, температура соответственно составляет 44 и 35°C. Если облучаемые поверхности смачиваются, то их температуру принимают равной 28°C. Температуру переборки машинно-котельных отделений считают равной 40°C.

Кроме рассмотренных выше, имеются дополнительные теплопритоки: через металлические кницы, для которых  $k_{\text{лин}} = 1 \div 2$  Вт/(м·К); через люки (15—30% теплопритоков через данную палубу); через каждую температурную трубку, в которую пропускают термометр — примерно 0,6 Вт/К; через болты для крепления рассольных труб и воздушных каналов — 15—20% всех теплопритоков.

### Испытания транспортных рефрижераторных судов и их холодильных установок

Для надежной работы транспортного рефрижераторного судна еще до сдачи судна в эксплуатацию проводят серию испытаний механизмов, устройств, систем, включая оборудование и холодильную установку в целом. Кроме того, периодически проводят испытания в период эксплуатации судна. Объем и сроки проведения всех этих испытаний судовых холодильных установок регламентируются Правилами Регистра СССР, а для установок, не подлежащих наблюдению Регистра, — документами и программами, утверждаемыми судовладельцем.

Различают следующие виды испытаний: испытания на заводе-изготовителе холодильного оборудования для проверки соответствия изготовленного оборудования техническим условиям;

испытания на заводе-строителе судна для проверки качества и работоспособности изготовленных и смонтированных холодильных систем и их элементов;

приемо-сдаточные испытания судовой холодильной установки для проверки ее надежности и соответствия проектным данным, их проводят комплексно во время швартовых или ходовых испытаний судна; некоторые качества и показатели установки проверяют либо определяют позднее, во время первого эксплуатационного рейса судна (если во время испытаний не было соответствующих метеорологических и других условий).

Наиболее полным испытаниям подвергают головные образцы оборудования и холодильные установки головных судов.

На заводе-изготовителе испытания (включая стендовые теплотехнические) головных образцов оборудования для судовых холодильных установок осуществляются государственными межведомственными комиссиями

(МВК), определяющими соответствие изготовленного оборудования всем требованиям морского (речного) флота, которые сформулированы в технических условиях. По техническим условиям производят последующую поставку и приемку серийного оборудования.

Испытания на заводе-строителе, приемо-сдаточные испытания проводят с участием представителей Регистра, судовладельца и судовых механиков.

Все элементы и детали судовых холодильных машин и установок после их изготовления должны быть испытаны на заводе-изготовителе на прочность гидравлическим давлением и затем на плотность сухим воздухом или инертным газом при пробных давлениях, указанных в табл. IV—25. Заводские испытания на плотность следует производить с погружением элементов или деталей под воду.

Элементы и детали, работающие под давлением воды или рассола, подвергают только гидравлическому испытанию на двойное рабочее давление, но не менее 0,4 МПа ( $\sim 4$  кгс/см<sup>2</sup>).

После монтажа холодильной установки на судне все сварные или паяные соединения подвергают гидравлическому испытанию на прочность по нормам давлений для аппаратов. При испытании на прочность фреоновых трубопроводов разрешается вести пневматические испытания по нормам давлений для гидравлических испытаний. До установления изоляции на аппараты и трубопроводы и заполнения системы холодильным агентом проводят испытания на проверку плотности всех соединений. Испытаниям подвергают: систему холодильного агента, включая трубопроводы, аппараты и арматуру (при отключенных компрессорах); трубопроводы охлаждающей воды, включая водяную часть конденсаторов; рассольный трубопровод в сборе с арматурой и батареями, включая рассольную часть испарителей.

Испытание систем холодильного агента на плотность производят давлением, соответствующим нормам Регистра (см. табл. IV—25), причем у аммиачных машин эти испытания осуществляют воздухом, а у фреоновых — сухим азотом или углекислотой. Для установок, не подлежащих наблюдению Регистра СССР, пробные давления составляют 1,0 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>). Испытания системы водяных и рассольных трубопроводов производят гидравлическим давлением.

До испытания системы на плотность ее продувают сжатым высушенным воздухом или инертным газом, чтобы удалить различные загрязнения и окалину. При испытании на плотность вся система должна оставаться в течение 18 ч под давлением, фиксируемым каждый час. За первые 6 ч падение давления не должно превышать 2%, а в течение остальных 12 ч оставаться постоянным.

Нормы пробных давлений, МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

Элементы холодильной машины и установки	Холодильный агент	Гидравлические испытания		Пневматические испытания	
		сторона высокого давления	сторона низкого давления	сторона высокого давления	сторона низкого давления
Цилиндры компрессоров, сосуды, аппараты, арматура, трубопроводы и другие элементы, работающие под давлением холодильного агента Картеры компрессоров, подверженные давлению	Аммиак, Фреон-22	3,5/3,2(35/32)	2,7/2,0(27/20)	2,1/2,5(21/25)	1,6/1,6(16/16)
	Фреон-12	2,4/2,0(24/20)	1,8/2,0(18/20)	1,4/1,6(14/16)	1,05/1,6(10,5/16)
	Аммиак, фреон-22	—	2,1/2,0(21/20)	—	1,6/1,6(16/16)
	Фреон-12	—	1,4/1,3(14/13)	—	1,05/1,0(10,5/10)

Примечание. В числителе приведены пробные давления для установок, подлежащих наблюдению регистра, в знаменателе — не подлежащих наблюдению.

Перед заполнением холодильным агентом систему, особенно фреоновую, нужно просушить и вакуумировать. Вакуум должен сохраняться в течение 12 ч с остаточным давлением не более 1,33 кПа. (0,0133 кгс/см<sup>2</sup>). Затем фреоновую систему дополнительно проверяют на плотность газообразным фреоном в течение 48 ч при давлении не ниже 0,4 МПа (4 кгс/см<sup>2</sup>). Если при неизменной температуре помещения, которая должна все это время оставаться выше температуры насыщения при данном давлении фреона, давление упадет не более чем на 0,01 МПа (0,1 кгс/см<sup>2</sup>), значит плотность системы удовлетворительная (при изменении температуры в помещении падение давления определяют с учетом его пересчета на первоначальную температуру). Места утечек обнаруживают с помощью галоидных течеискателей и ламп или путем обмыливания соединений.

При удовлетворительной плотности системы производят дальнейшее заполнение ее фреоном с помощью компрессора при закрытом жидкостном вентиле на ресивере или конденсаторе и работающем циркуляционном насосе водяного охлаждения конденсатора и компрессора. Холодильный агент, засасываемый из баллонов, подается компрессором в конденсатор, где конденсируется и скапливается.

На любом построенном судне производят испытания холодильной установки на работоспособность и возможность поддержания специфических температур в охлаждаемых

помещениях. Эти температуры доводят до наименьших спецификационных значений и поддерживают в течение 24 ч. При этих температурах проверяют резервное оборудование, отключая отдельные элементы основного оборудования и включая соответствующие элементы резервного оборудования при условии непрерывной работы в течение 10—12 ч.

Установку испытывают при включенной системе автоматического регулирования в течение 18—20 ч, остальное время установка работает на ручном управлении.

Температуру в охлаждаемых помещениях измеряют приблизительно в их геометрическом центре; колебания температуры не должны превышать  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

После испытания установки на поддержание средней спецификационной температуры в течение 24 ч во всех грузовых помещениях (в различных их сочетаниях — по условиям эксплуатации) ее выключают. Затем наблюдают за темпом возрастания температуры в охлаждаемых помещениях в течение 12 ч, через каждый час измеряя температуру в этих помещениях и в помещениях, смежных с охлаждаемыми, а также температуру наружного воздуха, забортной воды. При темпах роста температуры выше расчетных (или опытных по аналогичным судам) проверяют качество изоляции и выполненных изоляционных конструкций, осматривая их и проводя специальные испытания для определения среднего коэффициента теплопередачи изоляции трю-

мов. Если данные графика испытаний по нагреву трюмов серийного судна отличаются от графика для головного судна не более чем на 10%, то спецификационные условия по Правилам Регистра СССР считают подтвержденными.

По требованию владельцев судна или Регистра СССР продолжительность указанных выше испытаний можно увеличить, проводя испытания на работоспособность и надежность оборудования в условиях нормальной эксплуатации.

На головных судах, кроме того, проводят теплотехнические испытания на холодопроизводительность установки, расход мощности и определяют осредненный коэффициент теплопередачи изоляции грузовых трюмов. Такие испытания могут быть проведены по требованию Регистра на любом серийном судне в случае неудовлетворительной работы холодильной установки, изменения материала или плохого качества изоляции и т. п.

Теплотехнические испытания судовых холодильных установок рекомендуется производить при установившемся тепловом режиме, когда все температуры, давления, влажность воздуха, частота вращения и все другие параметры испытываемого контура и холодильной установки поддерживаются по возможности неизменными. Колебания температур кипения, конденсации и переохлаждения жидкого холодильного агента допускаются до 0,5°C, а разности температур воды и рассола до и после аппаратов до ± 5% от среднего значения разности температур.

Во время испытаний холодильной установки соблюдают следующие условия работы и измерений параметров: жидкий холодильный агент перед регулирующим клапаном должен быть переохлажденным не менее чем на 3°C; пар, всасываемый компрессором, должен быть перегретым не менее чем на 5°C в аммиачных машинах и на 10—15°C во фреоновых; разность температур воды (рассола) на входе в конденсатор (испаритель) и на выходе из него должна быть не менее 3°C; а температуру следует измерять с погрешностью не более 0,1°C; температуры холодильного агента и воздуха перед воздухоохладителем и за ним необходимо измерять с погрешностью 0,1°C, за исключением температур нагнетания паров холодильного агента и воздуха машинного отделения, которые измеряют с погрешностью не более 0,5°C; все давления холодильного агента измеряют в паровой части на сторонах всасывания и нагнетания, отсчет давлений по пружинным манометрам производят с погрешностью до 0,1 цены деления шкалы, а по ртутным — до 133 Па (1 мм рт. ст.); для записи температуры и влажности воздуха в охлаждаемых помещениях применяют термографы и гиг-

рографы; расход воды и рассола определяют мерными баками или дроссельными приборами (диафрагмами, соплами); расход холодильного агента в судовых условиях обычно не измеряют, так как это трудно сделать; плотность рассола определяется ареометром при температуре 15°C; расход воздуха определяют путем нахождения его средней скорости в сечении воздуховода или приемного (выпускного) отверстия воздухоохладителя, скорость измеряется напорными трубками или анемометрами (термоанемометрами) с погрешностью не более 0,1 м/с.

Холодопроизводительность нетто установки (кВт), если в ее составе имеется рассольный испаритель, можно определить как холодопроизводительность нетто испарителя

$$Q_0^{\text{нетто}} = Q_0^{\text{нетто}}_{\text{исп}} = V_p \rho_p c_p (t_{p_1} - t_{p_2}), \quad (IV-47)$$

где  $V_p$  — измеренный расход рассола, м<sup>3</sup>/с;  
 $\rho_p$  — плотность рассола при его средней температуре, кг/м<sup>3</sup>;

$c_p$  — теплоемкость рассола при его средней температуре, кДж/(кг·К);

$t_{p_1}$  и  $t_{p_2}$  — температуры рассола на входе в испаритель и на выходе из него, °C.

Для воздухоохладителя непосредственного испарения

$$Q_0^{\text{нетто}} = Q_0^{\text{нетто}}_{\text{исп}} = V_B \rho_B (I_{B_1} - I_{B_2}), \quad (IV-48)$$

где  $V_B$  — расход воздуха, м<sup>3</sup>/с;

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

$I_{B_1}$  и  $I_{B_2}$  — энтальпии воздуха на входе в воздухоохладитель и на выходе из него, кДж/кг.

Холодопроизводительность брутто установки, кВт

$$Q_0^{\text{брутто}} = Q_0^{\text{нетто}} + \Delta Q_{0 \text{ вс}} + \Delta Q_{0 \text{ ж}} + \Delta Q_{0 \text{ исп}} + \Delta Q_{0 \Gamma}, \quad (IV-49)$$

где  $\Delta Q_{0 \text{ вс}}$  — теплопритоки к холодильному агенту во всасывающем трубопроводе от испарителя до компрессора;

$\Delta Q_{0 \text{ ж}}$  — теплопритоки к холодильному агенту в жидкостном трубопроводе между регулирующим клапаном и испарителем;

$\Delta Q_{0 \text{ исп}}$  — теплопритоки через корпус испарителя от окружающего воздуха;

$\Delta Q_{0 \Gamma}$  — тепловой эквивалент работы мешалок (в рассольном испарителе), вентиляторов (в воздухоохладителе) и гидравлического сопротивления испарителя по хладонносителю (можно считать тепловой эквивалент мощности рассольных насосов).

Чаще всего при испарителях непосредственного охлаждения холодопроизводительность установки определяют через тепловой баланс конденсатора. Тепловая нагрузка конденсатора

$$Q_k = V_W \rho_W c_W (t_{W_2} - t_{W_1}) \pm \Delta Q_k, \quad (IV-50)$$

где  $V_W$  — расход воды, м<sup>3</sup>/с;  
 $\rho_W$  — плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  
 $c_W$  — теплоемкость воды, кДж/(кг·К);  
 $t_{W_1}$  и  $t_{W_2}$  — температуры воды на входе в конденсатор и на выходе из него;  
 $\Delta Q_k$  — тепловой поток между холодильным агентом и воздухом, окружающим конденсатор, через его корпус, кВт.

Величины  $\Delta Q_{овс}$ ,  $\Delta Q_{ож}$ ,  $\Delta Q_{исп}$ ,  $\Delta Q_{ок}$  определяют по уравнениям теплопередачи или теплоотдачи через соответствующие коэффициенты теплообмена, площади поверхности теплообмена и разности температур окружающего воздуха и холодильного агента (рассола) — для теплопередачи или внешней (как правило, изолированной) поверхности. При разности этих температур менее 10°C указанные теплопритоки малы. Как правило, при испытании установок на судах (не в лабораториях и на стендах) их не определяют.

Количество холодильного агента, циркулирующего в установке (производительность компрессора)

$$G_0 = \frac{Q_k}{i_1 - i_2}, \quad (IV-51)$$

где  $G_0$  — производительность компрессора, кг/с;  
 $i_1$  и  $i_2$  — энтальпия холодильного агента на входе в конденсатор и на выходе из него.

Холодопроизводительность брутто установки, кВт

$$Q_0^{брутто} = G_0 (i_{к_1} - i_{п}), \quad (IV-52)$$

где  $i_{к_1}$ ,  $i_{п}$  — энтальпия пара во всасывающем патрубке компрессора и жидкости перед регулирующим клапаном, кДж/кг.

Холодопроизводительность нетто, кВт

$$Q_0^{нетто} = Q_0^{брутто} - \Delta Q_{овс} - \Delta Q_{ож} - \Delta Q_{исп} - \Delta Q_{ок}. \quad (IV-53)$$

При полных теплотехнических испытаниях судовых холодильных установок составляют полный тепловой баланс установки в целом и ее отдельных элементов, определяют удель-

ные тепловые нагрузки аппаратов, коэффициенты теплопередачи в них, затраты мощности на компрессор, циркуляционные водяные и рассольные насосы, электровентиляторы, холодильные коэффициенты (удельные холодопроизводительности) по мощности компрессора и по всей потребляемой установкой мощности, строят характеристики при различных эксплуатационных режимах.

Для определения мощности холодильных компрессоров пользуются электроизмерениями, индицированием и данными по механическому к.п.д. и к.п.д. передач. Для насосов, вентиляторов определяют мощность, потребляемую их электродвигателями.

Осредненный коэффициент теплопередачи судовой изоляции определяют при незагруженных помещениях, предварительно охлажденных до наиболее низкой спецификационной температуры, после чего приступают к измерению температуры сред, окружающих охлаждаемые помещения, и продолжают измерения температуры внутри этих помещений.

Температуры рекомендуется измерять с погрешностью 0,2°C, но не более 0,5°C. По требованию Регистра все измерения производят через каждый час в течение 24 ч. Практика испытаний показала, что для надежного определения осредненного коэффициента теплопередачи испытание следует производить в течение 48 ч и более, тогда не проявится даже влияние тепловой инерции предметов и оборудования, находящихся в охлаждаемых помещениях (например, рыбопромысловых судов).

За весь период испытаний осредненная температура окружающей среды (наружного воздуха, забортной воды и температура в помещениях, смежных с охлаждаемыми) не должна быть ниже расчетной более чем на 25%. Она определяется как

$$t_{н, оср} = \frac{\sum F_i t_{ин}}{\sum F_i}, \quad (IV-54)$$

где  $t_{ин}$  — средняя за время испытаний температура окружающей среды у соответствующей поверхности ограждения  $F_i$ , °C.

Если  $t_{н, оср}$  ниже расчетной более чем на 25%, то изоляцию испытывают при неспецификационной, более низкой температуре в охлаждаемых помещениях. При этом создают осредненный температурный напор

$$\theta_{оср} = \frac{\sum F_i \theta_i}{\sum F_i}, \quad (IV-55)$$

равный расчетному, но не менее 30°C ( $\theta_i$  — соответствующая поверхности  $F_i$  разность

температур в трюме и снаружи). С этой целью холодильная установка может работать не на все помещения, а на группу помещений, либо используется и резервное холодильное оборудование.

Осредненный коэффициент теплопередачи изоляции  $[Вт/(м^2 \cdot К)]$  вычисляют по формуле

$$k_{из} = \frac{10^3 \sum Q_{0 из}}{\tau \sum F_i \theta_i}, \quad (IV-56)$$

где  $\tau$  — продолжительность испытания, ч;  
 $\sum Q_{0 из}$  — количество тепла, переданного через изоляцию за время  $\tau$ , кВт·ч.

Величина  $\sum Q_{0 из}$  равна  $Q_{0 нетто} \tau$  за вычетом теплопритоков к рассольным трубопроводам между испарителем и приборами охлаждения в трюмах, а также тепла, эквивалентного работе механизмов, расположенных в охлаждаемых помещениях (за исключением электровентиляторов воздухоохлаждителей, что уже учтено при определении  $Q_{0 нетто}$ ).

Если испытание приходится вести при низких температурах окружающей среды, то необходимая разность температур достигается не охлаждением помещений, а их нагреванием. Для этого используют грелки воздухоохлаждителей, систему оттаивания снеговой шубы или временно смонтированные греющие устройства. Тогда

$$k_{из} = \frac{10^3 \sum Q_{нагр}}{\tau \sum F_i \theta_i}, \quad (IV-57)$$

где  $Q_{нагр}$  — количество тепла, выделенного нагревателями, расположенными внутри помещений, за время  $\tau$ , кВт·ч.

Если полученная при испытаниях величина  $k_{из}$  отличается от проектной не более чем на 10%, то по Правилам Регистра СССР спецификационные условия следует считать подтвержденными.

Для определения локальных значений коэффициентов теплопередачи конкретных конструкций судовой изоляции могут быть использованы специальные тепломеры.

В случае, если  $k_{из}$  оказывается непомерно завышенным, а явных дефектов в выполнении изоляции трюмов не обнаруживают, проверяют кратность смены воздуха в трюмах, т. е. приток туда свежего (теплого) воздуха. Это особенно необходимо делать на судах с воздушной системой охлаждения. Теплый наружный воздух может проникать в трюмы в количествах, превышающих расчетные нормы, через щели недостаточно уплотненных люков, через двери помещений воздухоохлаждителей и т. д.

Испытания для определения количества проникающего в трюм наружного воздуха производят следующим образом: при работающих вентиляторах воздухоохлаждителей открывают в камере воздухоохлаждителя несколько баллонов с углекислотой или кислородом, а затем через определенные промежутки времени измеряют газоанализатором содержание выпущенного газа в трюме. Строят графические зависимости концентрации газа от времени и сравнивают их с расчетными для этих трюмов. При более быстром, чем расчетное, падение концентрации газа отыскивают места притоков воздуха и добиваются уплотнения этих мест.

### Условия перевозки скоропортящихся грузов на транспортных рефрижераторах

Скоропортящиеся грузы перевозят на рефрижераторных судах, как правило, при той же температуре, при которой их хранят на стационарных холодильниках. Однако иногда допускаются отклонения от этого правила в целях уменьшения размеров и холодопроизводительности судовой холодильной установки, экономии эксплуатационных расходов и упрощения схемы регулирования.

В табл. IV—26 указаны рекомендуемые тепловлажностные режимы для перевозки скоропортящихся грузов на судах-рефрижераторах, а также погрузочная плотность, кратность циркуляции воздуха и вентиляции трюмов для различных грузов. Наиболее низкие температуры для замороженных мяса и рыбы целесообразны при дальних перевозках и укладке высоким штабелем (глубокие трюмы). Чем ниже поддерживается температура, тем выше может быть относительная влажность воздуха.

При пониженной влажности воздуха в трюме замедляется развитие бактерий, но вместе с тем происходит значительная усушка большинства скоропортящихся грузов. Усушка приводит не только к потере массы, но зачастую и к снижению питательных свойств и ухудшению внешнего вида продукта. Повышенная влажность способствует, даже при весьма низких температурах, развитию бактерий, а также интенсивному образованию плесени на поверхности продуктов и деревянной внутренней зашивке трюмов.

Смена воздуха обязательна только для продуктов, выделяющих углекислоту (фруктов и овощей). Однако если учесть, что изоляция помещения и тара могут иметь различные запахи, то смена воздуха необходима и для грузов, восприимчивых к таким посторон-

## Нормы загрузки охлаждаемых помещений на судах и оптимальные условия перевозки скоропортящихся грузов

Груз	Погрузочный удельный объем (при судовой укладке), м <sup>3</sup> /т	Температура хранения, °С	Относительная влажность воздуха, %	Число обменов свежего воздуха в сутки (при вентиляции)	Кратность циркуляции (число обменов в час при воздушном охлаждении)	Теплоемкость продуктов, кДж/(кг·К)		Содержание соков в пищевых продуктах, %
						при положительных температурах	при отрицательных температурах	
Бананы	5,0—8,0	12—13	85—90	Необходимо	—	—	—	—
Бекон и копчености	2,2—2,4	-3÷+2	70—95	1—2	3—5	—	—	—
Икра рыбная	2,0—2,2	-6÷-4	70—100	2—4	6—8	—	—	—
Консервы рыбные	1,8—2,0	1÷-5	70—95	Желательно	—	—	—	—
Масло коровье в ящиках и бочках	2,0—2,4	-18÷-12	85—90	1—2	2—4	3,1—5,12	2,09—7,04	3.
Мясо мороженое навалом	2,3—2,7	-18÷-9	70—95	1—2	4—6	2,18—3,35	1,34—1,8	39—73
Мясо охлажденное подве- шенное	3,3—3,7	-3÷+1	70—90	2—4	8—10	2,18—3,35	1,34—1,8	39—73
Овощи в ящиках	3,5—4,0	0—6	70—90	2—4	10—40	3,56—4,1	—	74—91
Рыба мороженая								
в блоках с подпрессов- кой, в картонной таре	1,8—2,2	-25÷-18	70—100	1—2	4—6	2,85—3,35	1,59—1,8	60—78
в мешочках и корзинах	3,0—3,5							
Рыба соленая в бочках	2,0—2,2	-6÷-1	70—100	Не требуется	—	—	—	—
Фрукты в ящиках	2,2—2,8	1—4	70—85	2—4	30—40	3,35—3,98	—	75—90
Яйца в ящиках	3,0—3,5	-1÷+1	70—80	2—4	6—8	3—14	—	70

ним запахам (яйца, масло). При перевозке фруктов иногда стремятся осуществить дозревание их в пути. В этом случае необходим особый режим температуры и смены воздуха.

Груз может поступать на судно не только охлажденным до спецификационных температур, но и теплым (фрукты, овощи) или требующим доохлаждения в рейсе.

При перевозке скоропортящихся грузов в охлаждаемом трюме обеспечивают не только требуемые температуру и относительную влажность, но и равномерность режима для всего груза. Идеально равномерного охлаждения во всем объеме трюма добиться невозможно. Для исключения или уменьшения неравномерности распределения температур в трюме предотвращают непосредственное прилегание груза к более теплым или холодным поверхностям ограждений и приборов охлаждения, попадание на груз струй теплого наружного воздуха через неплотности, неравномерность циркуляции воздуха в трюме. Для этого применяют обшивку брусками поверхностей, укладку груза таким образом, чтобы образовывались воздушные каналы (горизонтальные и вертикальные) в грузовом объеме, под грузом, около поверхностей ограждения, охлаждаемых приборов, около пиллерсов.

Перед погрузкой в трюм скоропортящихся грузов, за исключением герметически укупоренных, отправитель и приемщик измеряют температуру грузов. Пригодность трюмов к приему скоропортящихся грузов определяет комиссия, которая состоит из представителей пароходства, грузоотправителя, госинспекции по качеству, а при перевозке мясопродуктов — ветеринарного надзора. Грузят скоропортящиеся грузы быстро. При этом холодильные установки работают в режиме максимальной нагрузки, поддерживая температуру воздуха в трюмах на 1—2°C ниже требуемой. Следует предусматривать воздушные или другого типа завесы открытых наружных люков грузовых помещений для уменьшения теплопритоков.

Рассольная (тихая) система охлаждения в период погрузки и выгрузки должна работать постоянно; воздушная система может работать периодически. В период подготовки трюма к погрузке и приемки груза разность температур рассола в воздухоохладителе повышается до 10°C, затем уменьшается.

Грузовые операции производят по указанию вахтенного штурмана в соответствии с карто-планом или инструкцией по загрузке судна. Вначале загружают трюмы, а затем соответственно первый и последующие твиндеки. Разгрузку производят в обратном порядке. Ответственность за температуру груза на судне несет старший механик.

Трюмы полностью заполняют грузом без оставления проходов. После закрытия люков доступ к грузу и охлаждающим устройствам трюмов прекращается на все время рейса.

При одновременной перевозке грузов, требующих разных температур хранения (например, бананы при 12°C и мясо при —18°C), необходимо иметь рассол (холодильный агент) с разными температурами (0—2°C для бананов и —26 ÷ —28°C для мяса). При перевозке разных грузов, температуры хранения которых мало отличаются друг от друга (например, для бананов 12°C и для ананасов 7—9°C), можно ограничиться одной температурой рассола (холодильного агента) 0°C.

Вне зависимости от состояния и надежности дистанционных термометров и приборов по определению влажности (термографов и гигрографов, записывающих параметры тепло-влажностного режима в течение всего рейса) необходимо:

1) не менее одного раза в сутки замерять температуру непосредственно в трюмах, пользуясь температурными трубами. В каждом трюме следует производить не менее двух замеров с каждого борта. Такие замеры называются замерами по «большому кругу»; их производят через 3—4 ч после фиксирования наивысшей температуры наружного воздуха. Точки и схему замеров по большому кругу утверждает капитан судна;

2) в конце каждой ходовой вахты измерять у воздухоохладителей температуру, влажность и содержание CO<sub>2</sub> во входящем и выходящем воздухе.

Результаты замера температур заносят в температурный журнал судна. При расхождении данных замеров по большому кругу и дистанционными приборами, осуществляемых штурманской службой, об этом ставят в известность рефрижераторного механика.

При установившемся режиме температуры входящего и выходящего из трюмов воздуха должны лежать в пределах, допускаемых для хранения данного вида груза.

В начале охлаждения при неустановившемся режиме температура входящего воздуха может быть более низкой, а выходящего — более высокой, чем нижний и верхний допустимые температурные пределы хранения груза.

Особенности укладки и хранения различных видов груза следующие.

Овощи перевозят в ящиках со щелями, реже в корзинах. Укладка овощей должна способствовать быстрому первоначальному отнятию тепла от овощей, так как их грузят в период созревания без предварительного охлаждения. Для этого создают хорошую циркуляцию воздуха, используя в качестве прокладок между рядами ящиков баттенсы и рейки.

Бананы требуют чрезвычайно осторожной и трудоемкой (с отбором кондиционных гроздей) погрузкой и весьма строгого поддержания температурного, влажностного и газового режима: температура 11,7—12,2°C, относительная влажность 85—95%, концентрация CO<sub>2</sub> в пределах 0,3—0,5%. Для увлажнения воздуха нередко пользуются паром в воздухоохладителе. Воздух осушается при переохлаждении его в воздухоохладителе и последующем подогреве перед поступлением в трюм.

Принимая бананы на борт теплыми, их по возможности следует быстро охладить. Это обусловливает и способ погрузки. Гроздья бананов без упаковки укладывают одну на другую против направления потока охлаждающего воздуха. Если гроздья нельзя подвесить, их складывают на специальных деревянных решетчатых перекрытиях или на прокладках из гофрированного картона. Применяют упаковку гроздьев в полиэтиленовые мешки для предохранения их от воды и взаимного трения: мешки оставляют открытыми и делают в них отверстия диаметром 15 мм для свободного обтекания бананов воздухом. Для лучшего складирования и сохранения бананов во время перевозки трюм разделяют деревянными решетчатыми перегородками. Плотность погрузки неупакованных бананов около 300 кг/м<sup>3</sup>, упакованных — около 200 кг/м<sup>3</sup>.

Яйца перевозят в стандартных ящиках, тщательно фиксируя штабеля на время перевозки. Между рядами устанавливают прокладки, чтобы обеспечить хорошую циркуляцию воздуха. Необходимо предотвращать местное промораживание груза (исключать непосредственный контакт с поверхностями, обдув холодным воздухом и т. п.). Для перевозки яиц (обязательно отдельно от других грузов) наиболее пригодны твиндеки или трюмы небольшой высоты.

Масло перевозят в ящиках, реже в бочках. Как тяжелый груз масло размещают в нижних трюмах. Его можно перевозить вместе с мороженым мясом. Между рядами ящиков с маслом прокладывают бруски.

Бекон перевозят в тюках или в ящиках. При укладке ящиков после каждого ряда прокладывают баттенсы размером 25 мм. При

укладке тюков устанавливают продольно бруски, а по ним — баттенсы. При неудачной упаковке бекона или слишком высоком штабеле из тюков может вытекать солевой раствор (тузлук), поэтому перед погрузкой беконя решетки пола плотно засыпают опилками.

Охлажденное мясо можно перевозить только в подвешенном состоянии, для чего к бимсам в поперечном направлении крепят съемные рельсы (трубы) для подвески на них крюков с тушами. Расстояние между рельсами 300 мм. Туши подвешивают близко друг к другу, чтобы исключить их раскачивание при шторме. При перевозке охлажденного мяса в глубоких трюмах применяют подвеску в два яруса, из которых нижний — на длинных цепях.

В английском флоте успешно применяется новый метод перевозки охлажденного мяса, когда в трюме поддерживается концентрация углекислоты 10—12%, что значительно замедляет образование плесени и в 2—3 раза замедляет процессы биологического разложения.

Мороженое мясо укладывают штабелями вдоль судна по баттенсам. Туши крупного скота и свинины можно укладывать в более высокие штабеля, чем баранину и телятину, которую можно укладывать поверх крупных туш скота.

Птицу мороженую перевозят в ящиках.

Мороженую рыбу перевозят в ящиках и в специальной картонной таре. Крупная красная рыба поступает иногда в виде кип, т. е. зашитой в мешковину или в чистую рогожу. Целесообразно устройство стеллажей из брусков 75 × 75 мм с высотой полки не более чем на 2—3 ряда кип. Ящики с мороженой рыбой укладывают в штабеля с прокладкой через каждые 3—4 ряда (по высоте) деревянных реек сечением 40 × 40 мм.

Глазированной крупной рыбы иногда перевозят в подвешенном состоянии; этот способ требует значительной кубатуры (3,5 м<sup>3</sup>/т.)

Соленую рыбу перевозят упакованной в деревянные, заливные и сухотарные бочки.

Консервы рыбные упаковывают в стандартные ящики и транспортируют при температуре от 1 до 5°C.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Баланов И. П., Горелый И. П., Третьюхин А. А.* Современное состояние и направления развития морского транспортного рефрижераторного флота.— «Холодильная техника», 1974, № 3, с. 15—18.
- Выбор системы охлаждения трюмов рефрижераторных судов.*— «Судостроение», 1972, № 12, с. 21—24. Авт.: С. Г. Чуклин, Е. С. Авдеев, В. И. Карев, Г. К. Цвиговский.
- Гутковский К.* Проектирование насосных холодильных установок.— «Холодильная техника», 1969, № 12, с. 46—50.
- Добровольский А. П.* Судовые холодильные машины и установки. Л., «Судостроение», 1969. 255 с.
- Добровольский А. П.* Теплотехнические испытания судовых холодильных установок. Л., «Судостроение», 1974, 343 с.
- Зайцев В. П.* Рефрижераторный флот океана.— «Холодильная техника», 1972, № 12, с. 33—37.
- Захаров Ю. В.* Современные речные рефрижераторные суда. Новосибирск, Западно-Сибирское книжное издательство, 1965. 80 с.
- Захаров Ю. В., Краутер Ф.* Новая судовая холодильная установка блочного типа.— «Холодильная техника», 1965, № 5, с. 29—33.
- Захаров Ю. В.* Судовые холодильные установки. М., «Транспорт», 1967. 272 с.
- Ионов А. Г., Кан А. В.* Применение фреоновых холодильных установок на рыбопромышленных судах. «Холодильная техника», 1974, № 5, с. 11—14.
- Ионов А. Г., Кан А. В., Петров В. П.* Эксплуатационные характеристики судовых холодильных установок с винтовыми компрессорами.— «Холодильная техника», 1976, № 2, с. 12—16.
- Использование изотермических охлаждаемых контейнеров для технологических целей.* М., ЦНИИТЭИмясомопром СССР, 1975. 22 с. Авт.: В. А. Граф, Ю. А. Афанасьев, Ю. П. Ермаков, А. М. Хелемский, К. П. Венгер.
- Кан А. В., Матвеев В. И.* Холодильное оборудование рыбопромышленного флота. М., «Пищевая промышленность», 1974. 208 с.
- Кан А. В., Ионов А. Г.* Особенности холодильной установки с винтовыми компрессорами на судах типа «Амурский залив».— «Холодильная техника», 1972, № 9, с. 19—21.
- Канышев Г. А.* Винтовые агрегаты 5ВХ-350/5ФС и 5ВХ-350/2. 6А.— «Холодильная техника», 1975, № 10, с. 60—62.
- Кац К. З.* Двухкорпусный морозильный траулер-сейнер «Эксперимент-2».— «Судостроение», 1975, № 7, с. 16—18.
- Китаев Б. Н., Гамиров В. И., Сидоров А. Б.* Влияние температурных условий на результаты определения коэффициента теплопередачи кузова изотермического вагона.— «Холодильная техника», 1975, № 3, с. 34—36.
- Комаров А. В.* Требования к изотермическому подвижному составу предъявляемые соглашением о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов.— «Холодильная техника», 1974, № 3, с. 42—45.
- Контейнерная транспортная система.* Сб. под ред. А. Т. Дерibasа, М., «Транспорт», 1974, 430 с.
- Лебедев В. Ф., Хелемский А. М., Якобсон В. Б., Фреоновые холодильные машины рефрижераторных контейнеров.*— Холодильная техника, 1974, № 3, с. 55—57.
- Лебедев В. Ф., Хелемский А. М., Якобсон В. Б.* Автономные и централизованные системы охлаждения рефрижераторных контейнеров.— «Холодильная техника», 1974, № 2, с. 57—59.
- Мартынов М. С., Ниточкин А. Е., Гимпелевич С. А.* Холодильный транспорт М., Госторгиздат, 1960. 175 с.
- Мартыновский В. С., Мельцер Л. З.* Судовые холодильные установки и их эксплуатация. Л., «Судостроение», 1971. 375 с.
- Мельцер Л. З.* Выбор схемы расположения судовых холодильных установок.— «Судостроение», 1970, № 3, с. 15—16.
- Мец З.* Автономный рефрижераторный вагон с ограждающими конструкциями типа «сэндвич».— «Холодильная техника», 1974, № 3, с. 51—54.
- Нестеров Ю. Ф.* Теория и расчет судовой тепловой изоляции. Л., «Судостроение», 1973. 439 с.
- Новые малотоннажные изотермические кузова.*— «Холодильная техника», № 1, 1973, с. 18—21. Авт.: И. Д. Барулина, М. М. Поварчук, Ю. А. Симонян, Р. А. Меликян.
- Осинов В. Т.* Контейнеризация в зарубежных странах. М., «Наука», 1975, 230 с.
- Отечественные судовые аммиачные винтовые компрессорные агрегаты.*— «Холодильная техника», 1976, № 1, с. 13—18. Авт.: Г. А. Канышев, А. П. Курьянов, А. И. Шварц, А. Л. Верный.
- Правила технической эксплуатации судовых холодильных установок ММФ СССР.* М., «Транспорт», 1966. 131 с.
- Правила технической эксплуатации холодильных установок на судах флота рыбной*

промышленности СССР. Л., «Транспорт», 1972. 200 с.

*Рачевский В. С., Рачевский С. М., Радчик И. И.* Транспорт и хранение углеводородных сжиженных газов. М., «Недра», 1974, 300 с.

*Регистр СССР.* Правила классификации и постройки морских судов. Л., «Транспорт», 1974, т. I, ч. I; т. II, ч. XII.

*Савицкий И. К., Канышев Г. А., Гришуткина Л. П.* Холодильное оборудование на судах рыбопромышленного флота.— «Холодильная техника», 1973, № 1, с. 15—18.

*Скрипкин В. В.* Затухание внешних температурных колебаний в кузове рефрижераторного вагона.— «Холодильная техника», 1969, № 12, с. 16—19.

*Теоретические основы контейнерной системы СССР.* Сб. под ред. С. С. Ушакова, М. Д. Ситник, М., «Транспорт», 1975, 450 с.

*Фанторович Л. М.* Тепловая изоляция. М., «Недра», 1966. 456 с.

*Чуклин С. Г., Авдеев Е. С.* Панельные системы охлаждения рефрижераторных судов. Л., «Судостроение», 1969. 222 с.

*Шавра В. М.* Развитие автомобильного холодильного транспорта.— «Холодильная техника», 1970, № 4, с. 22—25.

*Шавра В. М.* Холодильный автотранспорт.— «Холодильная техника», 1972, № 12, с. 37—38.

*Яковлев И. Н., Шаповаленко М. М.* Изотермический подвижной состав. М., «Транспорт», 1972. 240 с.

*Agreement of the international carriage of perishable foodstuffs and on the special equipment to be used for such carriage (A.T.P.).* Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, Geneva—U. N., 1971.

*Bornschlegt A.* Technische Gesichtspunkte der Ausstattung von Fahrzeugen und deren Tiefkühlrichtungen, Dritte Europäische Eiskremkonferenz, Berlin, 1967.

*Institut International du Froid, Commissions 2 et 7,— Methodes de mesure de l'isothermie et de l'étanchéité des caisses isothermes de transport des denrées périssables — 1968.*

*Recommended conditions for land transport of perishable food stuffs, 3-rd edition, IIR, 1974.*

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технические характеристики малых холодильных агрегатов

Показатели	ФАК-0,7М	ФАК-0,7Е	ФГК-0,7	BC0,7~3	BC0,7~3(2)
Холодопроизводительность <sup>1</sup>					
Вт	815	815	815	815	815
ккал/ч	700	700	700	700	700
Потребляемая мощность, Вт	520	520	430	430	435
Холодильный коэффициент	1,56	1,56	1,89	1,89	1,87
Уровень звуковой мощности, дБА	—	78	—	72	69
Масса, кг	92	77	54	50	44
Габаритные размеры, мм					
длина	680	580	570	600	500
ширина	490	445	423	410	405
высота	530	445	410	355	355
частота вращения, с <sup>-1</sup>	7,5	7,5	25	25	50
об/мин	450	450	1500	1500	3000

<sup>1</sup> Холодопроизводительность малых холодильных агрегатов приведена при температуре кипения, равной  $-15^{\circ}\text{C}$  и при температуре воздуха  $20^{\circ}\text{C}$ .

№ пп.	Давление		Обмерзание испарителя	Дополнительные признаки неисправности	Возможные причины	Способ устранения
	кипения	конденсации				

1. ТЕМПЕРАТУРА В ОХЛАЖДЕННОМ ОБЪЕМЕ ВЫШЕ ЗАДАННОЙ

Машина с реле температуры или давления

а) агрегат не включается автоматически

220

1	Соответствуют температуре окружающей среды	Оттаял	—	Неисправность пускового электрооборудования Неисправность электродвигателя компрессора	Проверить пусковые приборы и предохранители, отремонтировать или заменить их Проверить сопротивление изоляции, целостность обмотки электродвигателя. Заменить неисправный электродвигатель сальникового компрессора (или агрегат с герметичным компрессором или бессальниковый компрессор)
2	Ниже давления выключения реле низкого давления или соответствующей ему температуры РТ испарителя	Оттаял	При пуске прибор электрической защиты срабатывает	Заклинилась рычажная система реле давления (РД) или реле температуры (РТ). Контакты прибора разомкнуты. Заклинен компрессор	Проверить механизм РД или РТ. Отремонтировать или заменить прибор Если сальниковый компрессор не провернуть рукой, вскрыть его, отремонтировать или заменить. Герметичный или бессальниковый компрессор заменить
	Ниже обычного			Вследствие низкой температуры окружающей среды давление конденсации недостаточно для подачи холодильного агента в испаритель	Оградить агрегат или его конденсатор с воздушным охлаждением, уменьшить сечение для прохода, заслонив часть фронтальной поверхности

3	Равно нулю	Оттаял	<p>Понижение температуры или обмерзание трубопровода после фильтра</p> <p>Обмерзает входной штуцер ТРВ</p>	<p>Проходное отверстие терморегулирующего вентиля (ТРВ) закупорено грязью или выпавшими из масла фракциями</p> <p>Засорен жидкостный фильтр или осушитель</p> <p>Утечка наполнителя из патрона ТРВ</p> <p>ТРВ неправильно настроено</p> <p>Засорен фильтр ТРВ</p> <p>В системе есть неплотности, через которые вышел холодильный агент</p>	<p>Прочистить ТРВ, проверить марку масла и, если нужно, заменить его</p> <p>Очистить засорившийся аппарат</p> <p>Если при подогреве патрона давление всасывания не повышается, сменить ТРВ</p> <p>Произвести настройку ТРВ</p> <p>Прочистить фильтр ТРВ</p> <p>Обнаружить и уплотнить места утечек, затем зарядить машину холодильным агентом</p>
б) агрегат работает короткими циклами					
4	Нормальное	Частичное	<p>Срабатывает тепловая защита. Электродвигатель сальникового компрессора (или кожух герметичного компрессора, или корпус электродвигателя бессальникового компрессора) горячий</p>	<p>Возрос ток, потребляемый электродвигателем, вследствие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>слишком большого натяжения приводных ремней сальникового компрессора;</li> <li>падения напряжения в сети;</li> <li>недостаточной смазки подшипников;</li> <li>виткового замыкания обмотки</li> </ul>	<p>Уменьшить натяжение ремней</p> <p>Изменить проводку или снизить нагрузку линии, питающей агрегат</p> <p>Очистить и смазать подшипники сальникового компрессора</p> <p>Проверить сопротивление изоляции и целостность обмотки, в случае виткового замыкания заменить электродвигатель</p>

№ п. п.	Давление		Обмерзание испарителя	Дополнительные признаки неисправности	Возможные причины	Способ устранения
	кипения	конденсации				
5	Нормальное	Выше нормального	Частичное	<p>Срабатывает тепловая защита</p> <p>Срабатывает реле высокого давления или тепловая защита</p> <p>Компрессор у нагнетательного патрубка и электродвигатель сальникового компрессора горячие</p> <p>То же, но всасывающая линия холоднее обычного То же, но всасывающая линия теплее обычного Компрессор пускается рывками</p>	<p>Нагреватели тепловых реле магнитного пускателя или автоматический выключатель неправильно подобраны</p> <p>Загрязнился конденсатор</p> <p>Температура воздуха, охлаждающего конденсатор, недопустимо высокая</p> <p>В конденсатор с водяным охлаждением подается недостаточно воды</p> <p>Воздух в машине</p> <p>В машине избыток хладильного агента</p>	<p>сальникового компрессора (или агрегат с герметичным компрессором, или бессальниковый компрессор) Поставить нагреватели или автоматический выключатель, соответствующие мощности электродвигателя и напряжению в сети</p> <p>Очистить наружную поверхность конденсатора с воздушным охлаждением или внутреннюю поверхность труб конденсатора, охлаждаемого водой</p> <p>Обеспечить доступ свежего воздуха или переставить агрегат в более прохладное и вентилируемое помещение Проверить температуру воды на входе и выходе, довести разность температур до 10—12°C в зимнее время до 5—6°C в летнее время Сконденсировать фреон, выпустить воздух</p> <p>Убрать лишний хладильный агент</p>

6	Быстро возрастает после остановки компрессора	Обычное	Большой слой инея	Обмерзает всасывающая линия	Ухудшение теплоотдачи к испарителю из-за большого слоя инея или недостаточной циркуляции воздуха в охлаждаемом объеме	Убрать продукты, или другие предметы, загромождающие испаритель. Принять меры для своевременного оттаивания испарителя
7	Быстро возрастает после остановки компрессора	Обычное	Оттаял	—	Закупорен грязью или льдом ТРВ	Несколько раз закрыть и быстро открыть ТРВ. Если после этого в испаритель начнет нормально поступать холодильный агент, надо удалить из машины грязь, закупорившую ТРВ. Подогреть корпус ТРВ. Если после этого будет некоторое время подаваться холодильный агент, надо установить осушитель для удаления имеющейся в машине влаги
				<p>При подогреве чувствительного элемента ТРВ повышается давление всасывания</p> <p>При подогреве корпуса ТРВ с чувствительным элементом, заполненным газом, машина работает нормально</p>	Мал дифференциал РД или термореле ТРВ неправильно настроен	Увеличить дифференциал Изменить настройку
				Шипение в ТРВ	ТРВ установлен в слишком холодном месте, и газ, заполняющий чувствительный элемент, перетекает в корпус прибора	Перенести ТРВ в более теплое место на жидкостном трубопроводе или заменить его на другой с чувствительным элементом заполненным жидкостью Добавить холодильного агента Заменить на линию большего диаметра. Установить регенеративный теплообменник или теплоохладитель
				Шипение в дроселирующем приборе. Температура жидкостной линии понижается по направлению к испарителю	Недостает холодильного агента Жидкостная линия имеет большой подъем или мал по диаметру	

№ п.п.	Давление		Обмерзание испарителя	Дополнительные признаки неисправности	Возможные причины	Способ устранения
	кипения	конденсации				
				<p>Сильное падение температуры жидкого холодильного агента, на небольшом участке трубопровода в фильтре или осушителе</p> <p>Большое падение давления от испарителя до компрессора</p>	<p>Дросселирование в суженном сечении трубы (например, в месте сварки), неполностью открытым вентиле, загрязненных фильтре или осушителе</p> <p>Всасывающая линия мала по диаметру или засорена</p>	<p>Открыть полностью вентиль, очистить фильтр, заменить сорбент в осушителе, проверить сечение трубопровода</p> <p>Устранить засорение или заменить на трубы большего диаметра</p>

в) холодильный агрегат работает непрерывно

224	8	Нормальное	Низкое	Оттаял	<p>В машине циркулирует недостаточное количество холодильного агента, вследствие засорения линий, малой производительности компрессора или недостатка холодильного агента</p> <p>Снизилась частота вращения сальникового компрессора</p> <p>Пропускают клапаны или поршневые кольца (последние у сальникового или бессальникового компрессора)</p>	<p>Проверить приводные ремни и, если они проскальзывают, подтянуть их</p> <p>Проверить клапаны и кольца и в случае необходимости заменить клапаны, кольца у сальникового или бессальникового компрессора (в случае герметичного компрессора заменить агрегат)</p>
				<p>Компрессор у нагнетательного патрубку и жидкостная линия холоднее обычного</p>		

9	Выше нормального	Нормальное	Мало обмерзает	Шипение в ТРВ и резкое падение температуры в жидкостной линии	Дросселирование холодильного агента в местном сопротивлении до ТРВ или капиллярной трубки	Найти местное сопротивление на линии, в фильтре или осушителе и устранить его. Осушитель лучше сменить. При резком падении температуры вдоль всей жидкостной линии сменить ее на большую
				Шипение в ТРВ, головка компрессора холоднее обычного	Недостает холодильного агента	Добавить холодильного агента.
					Закупорены грязью или льдом ТРВ либо капиллярная трубка	Несколько раз закрыть и быстро открыть ТРВ. Если после этого в испаритель начнет нормально поступать холодильный агент, надо удалить из машины грязь, закупорившую ТРВ. Подогреть корпус ТРВ. Если после этого будет некоторое время подаваться холодильный агент, надо установить осушитель для удаления имеющейся в машине влаги
				Жидкостная линия и нагнетательный патрубком компрессора холоднее обычного	Неплотно закрываются клапаны компрессора	Исправить или заменить клапаны у сальникового или бессальникового компрессора (в случае герметичного компрессора заменить агрегат)
					Пропускает прокладку	Заменить прокладку
					Холодильный агрегат мал по производительности.	

№ п/п	Давление		Обмерзание испарителя	Дополнительные признаки неисправности	Возможные причины	Способ устранения
	кипения	конденсации				
10	Выше нормального	Высокое	Мало обмерзает	Нагнетательный патрубок компрессора горячий	Уменьшилась холодопроизводительность агрегата из-за возрастания температуры конденсации, вызванного загрязнением конденсатора, повышением температуры или уменьшением количества воздуха либо воды, охлаждающих конденсатор	Проверить количество поступающей воды. Очистить наружную поверхность конденсатора с воздушным охлаждением или внутреннюю поверхность труб при водяном охлаждении. Обеспечить подачу свежего воздуха к конденсатору с воздушным охлаждением или перенести агрегат в более прохладное место и лучше вентилируемое помещение
				То же, и компрессор пускается рывками	В машине избыток холодильного агента В машине есть воздух	Убрать излишек холодильного агента Удалить воздух
11	Выше обычного	Обычное	Обмерзает частично	Нагнетательный патрубок компрессора горячий, жидкостная линия холоднее обычного	Значительно увеличился теплоприток в оборудование из-за ухудшения изоляции, нарушения герметизации дверей, загрузки теплыми продуктами	Проверить состояние изоляции и дверных заporов, проинструктировать работников предприятия

## Машина с реле температуры

12	Очень низкое	Низкое	Частично оттаял	Жидкостная линия холоднее обычного	Не полностью открыт жидкостный вентиль	Открыть вентиль
----	--------------	--------	-----------------	------------------------------------	--	-----------------

					<p>Засорены фильтр или осушитель</p> <p>Проходное отверстие ТРВ забито грязью или замерзшей влагой</p> <p>Засорена всасывающая линия или недостаточно открыт всасывающий вентиль</p>	<p>Установить, где происходит наиболее резкое падение температур, очистить этот аппарат или прибор</p> <p>Прочистить ТРВ, поставить временно осушитель</p> <p>Открыть вентиль, прочистить всасывающую линию</p>	
13	Выше обычного	Обычное или ниже обычного	Частично оттаял	Давление у компрессора значительно ниже, чем в испарителе	Всасывающая линия отпотевает	<p>Игольчатый клапан ТРВ застопорился в открытом состоянии или пропускает после закрытия, в испаритель поступает слишком много фреона и компрессор не может понизить давление в испарителе</p>	<p>Исправить или заменить ТРВ</p>
14	Низкое	Обычное	Частично оттаял			<p>Проходное отверстие ТРВ забито грязью или замерзшей влагой</p> <p>Фреон (или другой заполнитель) чувствительного патрона переходит в корпус ТРВ</p>	<p>Несколько раз закрыть и быстро открыть ТРВ. Если после этого в испаритель начнет нормально поступать холодильный агент, надо удалить из машины грязь, закупорившую ТРВ. Подогреть корпус ТРВ. Если после этого будет некоторое время подаваться холодильный агент, надо установить осушитель для удаления имеющейся в машине влаги</p> <p>Слегка нагреть корпус ТРВ, если это приведет к обмерзанию испарителя, переставить прибор в более теплое место (дальше от испарителя), если это не поможет, ТРВ заменить</p>

№ пп.	Давление		Обмерзание испарителя	Дополнительные признаки неисправности	Возможные причины	Способ устранения
	кипения	конденсации				
15	Выше обычного	Обычное	Частично оттаял	Отпотевает картер	ТРВ неправильно настроено Клапан ТРВ застопорился в открытом положении	Подогреть чувствительный элемент. Если это поможет, изменить настройку ТРВ Отремонтировать или заменить или заменить ТРВ
16	То же	»	То же	Обмерзает всасывающая линия	ТРВ не закрывается плотно	То же

## 2. ТЕМПЕРАТУРА В ОХЛАЖДАЕМОМ ОБЪЕМЕ НИЖЕ ЗАДАННОЙ

17	Ниже обычного	Обычное	Обмерз, пар не перегревается	Машина работает слишком долго	РД или термореле настроены на слишком низкое давление или температуру выключения	Изменить настройку РД
18	Выше давления выключения	»	То же	Всасывающая линия отпотевает или обмерзала	РД или термореле неисправны и не выключают агрегат ТРВ неправильно настроено и пропускает в закрытом положении Чувствительный патрон ТРВ не прижат к всасывающей трубке	Отремонтировать или заменить неисправный прибор Изменить настройку, если не поможет, заменить ТРВ Прижать чувствительный патрон

## 3. ТЕМПЕРАТУРА В ОХЛАЖДАЕМОМ ОБЪЕМЕ ЗАДАННАЯ, НО КОЭФФИЦИЕНТ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ БОЛЬШЕ ОБЫЧНОГО

19	Обычное	Низкое	Частично оттаял		В системе циркулирует недостаточно холодильного агента из-за его утечки либо из-за появившегося местного сопротивления	Обнаружить и уплотнить места утечек, зарядить машину холодильным агентом. Очистить засорившийся аппарат или прибор
----	---------	--------	-----------------	--	--	--

20	Выше обычного	Обычное	Частично оттаял	<p>Нагнетательный патрубок компрессора и жидкостная линия холоднее обычного. Во время пуска компрессора свет соседних электрических ламп тускнеет из-за падения напряжения Шипение в ТРВ, жидкостная линия холоднее обычного Шипение в ТРВ. Резкое изменение температуры на каком-либо участке жидкостной линии</p> <p>Шипение в ТРВ незначительное, но падение температуры вдоль жидкостной линии равномерное Давление в испарителе много выше, чем перед компрессором Шипение в ТРВ. Головка компрессора (у нагнетательной полости) холоднее обычного Нагнетательный патрубок компрессора и жидкостная линия холоднее обычного</p>	<p>Недостаточно напряжение в клеммах электродвигателя</p> <p>Проскальзывают приводные ремни. сальникового компрессора</p> <p>Дросселирование в жидкостном вентиле</p> <p>Засорились фильтр, вентиль или сама линия</p> <p>Линия мала по диаметру или имеет слишком большой подъем</p> <p>Засорен или мал диаметр всасывающей линии Недостает холодильного агента</p> <p>Клапаны компрессора и прокладки клапанной доски неплотные</p> <p>Проходное отверстие ТРВ забито грязью</p>	<p>Заменить электрическую подводку или разгрузить линию</p> <p>Проверить и, если нужно, натянуть ремни сальникового компрессора</p> <p>Открыть вентиль полностью</p> <p>Установить места резкого падения температуры, проверить сечение трубопровода, открыть полностью вентиль, очистить фильтр, заменить сорбент в осушителе</p> <p>Заменить трубы на большие, установить регенеративный теплообменник</p> <p>Очистить линию или заменить ее на большую</p> <p>Добавить холодильного агента</p> <p>Проверить клапаны и прокладки. При необходимости заменить (у сальникового или бессальникового компрессора. В случае герметичного компрессора заменить агрегат) Несколько раз закрыть и быстро открыть ТРВ. Если после этого в испаритель начнет нормально поступать холодильный агент, надо</p>
----	---------------	---------	-----------------	--	--	--

№ пп.	Давление		Обмерзание испарителя	Дополнительные признаки неисправности	Возможные причины	Способ устранения
	кипения	конденсация				
21	Выше обычного	Высокое	Слегка оттаял у выхода фреона	Головка компрессора и электродвигатель теплее обычного Нагнетательный патрубок компрессора и жидкостная линия теплее обычного	Холодильный агрегат мал по производительности Не полностью открыт нагнетательный вентиль Производительность агрегата недостаточна из-за повышенного давления конденсации	удалить из машины грязь, закупорившую ТРВ. Подогреть корпус ТРВ. Если после этого будет некоторое время подаваться холодный агент, надо установить осушитель для удаления имеющейся в машине влаги. Заменить агрегат  Открыть вентиль  Очистить наружную поверхность конденсатора с воздушным охлаждением или внутреннюю поверхность труб при водяном охлаждении. Обеспечить подачу свежего воздуха к агрегату с воздушным охлаждением конденсатора или переставить его в более прохладное и лучше вентилируемое помещение. Отрегулировать количество воды, поступающей к конденсатору, так, чтобы разность ее температуры на выходе и входе была 10—12°C в зимнее время, 6—8°C в летнее

22	Выше обычного	Обычное	Перегрев заданный	То же, и компрессор включается рывками Давление в ресивере ниже, чем в конденсаторе	В системе есть воздух В машине слишком много холодильного агента Засорена трубка, соединяющая конденсатор с ресивером	Удалить воздух Удалить избыток холодильного агента Прочистить трубку
23	Ниже обычного	Низкое	Оттаял	В машине с ТРВ	Проходное отверстие ТРВ забито грязью или замерзшей влагой ТРВ неправильно настроен	Стремительная изоляция. Проинструктировать эксплуатирующее оборудование персонал. Заменить уплотнительную резину  Несколько раз закрыть и быстро открыть ТРВ. Если после этого в испаритель начнет нормально поступать холодильный агент, надо удалить из машины грязь, закупорившую ТРВ. Подогреть корпус ТРВ. Если после этого будет некоторое время подаваться холодильный агент, надо установить осушитель для удаления имеющейся в машине влаги.  Подогреть чувствительный патрон. Если это поможет, изменить настройку ТРВ

№ п/п	Давление		Обмерзание испарителя	Дополнительные признаки неисправности	Возможные причины	Способ устранения
	кипения	конденсации				
					Фреон или другой за- полнитель чувствитель- ного патрона переходит в корпус ТРВ	Слегка нагреть корпус ТРВ, если это приведет к обмерзанию испарите- ля, переставить прибор в более теплое место (далее от испарителя), если эта мера не даст результата, прибор за- менить

#### 4. ТЕМПЕРАТУРА В ОХЛАЖДАЕМОМ ОБЪЕМЕ ЗАДАННАЯ. РАСХОД ВОДЫ БОЛЬШЕ ОБЫЧНОГО. В УСТАНОВКЕ ИМЕЕТСЯ ВОДОРЕГУЛЯТОР

24	Обычное	Низкое			Водорегулятор непра- вильно настроен или испортился	Проверить водорегуля- тор и настроить так, чтобы разность темпера- туры воды после и до конденсатора была в зимнее время 10—12°C, в летнее 5—6°C
25	Обычное	Обычное			Конденсатор загрязнен	Очистить поверхность конденсатора, омывае- мую водой
26	»	Высокое			Водорегулятор не за- крывается плотно В машине есть воздух В машине излишний хо- лодильный агент Неполностью открыт нагнетательный или жид- костный вентили	Отремонтировать или заменить водорегулятор Удалить воздух Удалить излишек холо- дильного агента Открыть вентиль

## 5. УРОВЕНЬ ШУМА ПРИ РАБОТЕ МАШИНЫ,

Шум создается сальниковым или бессальниковым компрессором

Шум создается герметичным компрессором  
Шум создается вентилятором обдува конденсатора воздушного охлаждения

Шум создается электродвигателем сальникового компрессора или вентилятора

Шум возникает в магнитном пускателе при работе агрегата

## ВЫШЕ ОБЫЧНОГО

Плохо затянуты болты крепления к раме  
Хлопают приводные ремни сальникового компрессора

Износились подшипники  
Компрессор выбрасывает много масла  
В машине избыток холодильного агента  
Шум в сальнике вала

Сломалась пружина подвески компрессора  
Вентилятор задевает диффузор  
Вентилятор не отбалансирован  
Электродвигатель плохо закреплен

Плохая смазка подшипников  
Износились подшипники  
Винты, которыми прикреплен сердечник, завернуты не до конца

Якорь неплотно прилегает к сердечнику

Подтянуть болты

Проверить, расположены ли шкивы электродвигателя и компрессора на одной линии. Туже натянуть ремни

Заменить подшипники  
Удалить из машины избыток масла  
Удалить часть холодильного агента  
Проверить достаточно ли масла в ванночке сальника

Заменить агрегат

Отцентрировать вентилятор  
Отбалансировать или заменить вентилятор  
Подтянуть болты

Добавить смазочного масла

Заменить подшипники  
Прочно закрепить сердечник

Проверить поверхность прилегания, обеспечить плотное прилегание по всей плоскости

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

### А

- Абсорбционные бытовые холодильники. см. Холодильники бытовые абсорбционные
- Автомат для продажи газированной воды 30, 33
  - мороженого 39
  - охлажденных штучных товаров 38
  - пива 36
  - соков и вин 36
  - сосисок 40
- Автомобильный холодильный транспорт. см. Транспорт холодильный автомобильный
- Автомобили изотермические 115, 117
- Авторефрижераторы 115, 116
- Агрегаты бытовых морозильников 81
  - холодильников 58
    - — абсорбционные 77
    - — — размещение 79
    - — — с двумя испарителями 77
    - — — с одним испарителем 77
    - — компрессионные 58
    - — — размещение и способ установки в шкафу 58
    - — — с двумя испарителями 58
    - — — с одним испарителем 58
    - — — с охладителем масла 58

### Б

- Батареи термоэлектрические 86, 91
  - однокаскадные 96
  - многокаскадные 101
- Бытовые холодильники. см. Холодильники бытовые
- морозильники. см. Морозильники бытовые

### В

- Вагоны изотермические 134
  - машинное охлаждение и электроотопление 158
  - обозначение 135
  - охлаждаемые водным льдом или льдосоляной смесью 134, 149
  - рефрижераторные 134, 136
  - специальные 150
  - — для перевозки молока 150
  - — — вина 152
  - — — живой рыбы
  - теплоизоляционные материалы 153
  - тепловые расчеты 155
  - эксплуатация 162
- Вертикальная зонная плавка 89

- Витрины, закрытые 12
  - секционные открытые 9
  - ТАИР-10М 8
  - ТАИР-146 9
  - ПХС-2-2 9
  - ПХН-2-2 10
  - ПХС-2-1,25 11

### Д

- Длительность хранения скоропортящихся пищевых продуктов в торговом холодильном оборудовании 3,4
  - перевозок наземным холодильным транспортом 130

### Ж

- Железнодорожный холодильный транспорт. см. Транспорт холодильный железнодорожный

### И

- Изоляция изотермических вагонов 153
  - — кузовов 118
  - судовых охлаждаемых помещений 202
  - — изоляционные материалы 203
  - — изоляционные конструкции 204
  - — расчет
- Изотермические вагоны. см. Вагоны изотермические
- кузова. см. Кузова изотермические
- Испарители бытовых холодильников абсорбционных 78
  - — — компрессионных 60
- Испытания бытовых морозильников 85
  - — абсорбционных холодильников 77
  - — компрессионных холодильников 73
  - — — на надежность 76
  - — — прямо-сдаточные 73
  - — — периодические 74
  - — — типовые 76
  - изотермических кузовов 121
  - судовых холодильных установок 209
  - торгового холодильного оборудования 41
  - — — прямо-сдаточные 45
  - — — типовые и периодические 41
  - — — определение коэффициента теплопередачи ограждений 42
  - — — холодильные 41
  - — — эксплуатационные 45

## К

- Камеры сборные 27, 29
- Коммутационный переход 87
- Компоновка агрегатов с охлаждаемым оборудованием 4
- Конденсаторы бытовых холодильников 60
- Кондиционеры термоэлектрические 108
- Консервация холодильных установок 48
- Компрессоры бытовых холодильников 59
- Конструкции судовые изоляционные 204
- Контейнеры для скоропортящихся грузов 164
  - крупнотоннажные 165
  - малотоннажные 174
  - среднетоннажные 174
- Коэффициент добротности термоэлемента 86
  - использования внутреннего объема 67
  - — габаритного размера
  - — занимаемой холодильной площади 67
  - рабочего времени 41, 69
  - теплопередачи ограждений 42
- Кузова изотермические, конструкции 118
  - испытания 121
  - — определение коэффициента теплопередачи 121
  - — герметичности 124
  - тепловые расчеты 120

## Л

Льдогенераторы 29

## М

- Малый ремонт 46
- Материалы термоэлектрические 87
  - теплоизоляционные для изотермических вагонов 153
  - — кузовов 119
  - — для судов 203
- Морозильники бытовые, методы испытаний 85
  - основные элементы 80
  - показатели качества 83
  - приборы управления 82
  - системы оттаивания 82
  - температурно-энергетические показатели 83
  - устройство 81
  - характеристики 84
  - холодильные агрегаты 81

## Н

- Направленная кристаллизация 89
- Нормы расхода масла фреоновыми холодильными агрегатами 47
  - ремней клиновидных 47
  - фреона 47

## О

Оборудование торговое холодильное. см. Торговое холодильное оборудование

## П

- Планово-предупредительный ремонт 44
- Показатели качества бытовых морозильников 83
  - — — холодильников 66
  - — — — надежности 71
  - — — — назначения 66
  - — — — объемно-массовые 66
  - — — — температурно-энергетические 68
  - — — — эргономические 71
- Прессование 89
- Прилавки 13, 15
- Прилавки-витрины 16, 17, 19, 20
- Профилактический ремонт 46

## Р

Рефрижераторные суда. см. Суда рефрижераторные

## С

- Системы оттаивания бытовых морозильников 82
  - — — холодильников 64
  - охлаждения авторефрижераторов 125
  - трюмов 182
- Суда рефрижераторные 175
  - устройство 180
  - условия перевозки скоропортящихся грузов 213
  - холодильные машины и установки 188

## Т

- Термоэлектрические охлаждающие устройства, для исследовательских работ 110
  - для медицины 113
  - охладители приемников инфракрасного излучения 112
  - технологического назначения 112
  - электропитание 113
- Теплоконтактный электроизоляционный переход
  - — — клееный 92
  - — — паяный 93
  - — — прижимной 92
- Термоэлементы 89
- Торговое холодильное оборудование, компоновка агрегатов 4
  - методы испытаний 41
  - основные типы 3
  - регулирование температуры 5

То говое техническое обслуживание и эксплуатация 44  
— условия хранения скоропортящихся пищевых продуктов 3  
Транспорт холодильный автомобильный 115  
— — агрегатированные компрессорные холодильные установки 127  
— — — основные типы 115  
— — — условия сохранности пищевых продуктов 130  
— — железнодорожный 135  
— — водный 175

## Х

Холодильники бытовые, адсорбционные 76  
— — агрегаты холодильные 77  
— — классификация и устройство 79  
— — показатели назначения 79  
— — приборы управления 79  
— — системы оттаивания 79  
— — компрессорные 51  
— — агрегаты холодильные 58  
— — методы испытаний 73  
— — показатели качества 66  
— — приборы управления 62  
— — устройство 52  
— — системы оттаивания 64  
— — схемы электрические 65  
— — характеристики 72  
— — термоэлектрические 86  
— — кондиционеры 108  
— — охладители приемников инфракрасного излучения 112

Холодильники термоэлектрические охлаждающие устройства для медицины 113  
— — применение 105  
— — термоэлемент 87  
— — устройства для исследовательских работ 110  
— — устройства технологического назначения 112  
— — холодильники 105  
Холодильники бытовые, с естественной циркуляцией воздуха 52  
— — двухтемпературные с двумя испарителями 53  
— — двухтемпературные с одним испарителем 53  
— — с одним испарителем 52  
— — с принудительной циркуляцией воздуха 56  
— — теплообменник регенеративный 61  
— — фильтр-осушитель 61  
— — шкаф 56  
Холодильные агрегаты, см. Агрегаты холодильные

## Ш

Шкафы холодильные

— ШХ-0,40М 20  
— ШХ-0,80М 20  
— ШХ-0,80Ю 21  
— ШХ-0,56 22  
— ШХ-1,2С 22

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Глава I. Торговое холодильное оборудование</b> (инж. А. А. Кузнецова, инж. Д. Е. Геризон, канд. техн. наук В. И. Милованов, канд. техн. наук Б. К. Явнель, Е. И. Андраников и канд. техн. наук Л. Г. Каплан)		Кондиционеры . . . . .	108
Основные типы торгового холодильного оборудования . . . . .	3	Термоэлектрические охлаждающие устройства для исследовательских работ . . . . .	110
Температура и длительность хранения	3	Термоэлектрические охлаждающие устройства технологического назначения . . . . .	112
Компоновка агрегатов с охлаждаемым оборудованием . . . . .	4	Охладители приемников инфракрасного излучения . . . . .	112
Регулирование температуры в объектах при централизованном охлаждении . . . . .	5	Термоэлектрические охлаждающие устройства для медицины . . . . .	113
Витрины . . . . .	6	Электропитание термоэлектрических охлаждающих устройств . . . . .	114
Прилавки . . . . .	13	<b>Глава IV. Транспортные холодильные установки</b> (канд. техн. наук В. М. Шавра, инж. А. А. Раев, инж. М. М. Шаповаленко, инж. И. К. Савицкий, канд. техн. наук Ю. В. Захаров)	115
Прилавки-витрины . . . . .	16	Автомобильный холодильный транспорт . . . . .	115
Шкафы . . . . .	20	Основные типы средств автомобильного транспорта . . . . .	115
Сборные камеры . . . . .	25	Конструкции изотермических кузовов . . . . .	118
Льдогенераторы . . . . .	29	Тепловые расчеты изотермических кузовов . . . . .	119
Охлаждаемые торговые автоматы . . . . .	30	Испытания изотермических кузовов . . . . .	121
Испытания торгового холодильного оборудования . . . . .	41	Системы охлаждения авторефрижераторов . . . . .	125
Техническое обслуживание и эксплуатация торгового холодильного оборудования и малых холодильных установок . . . . .	44	Агрегатированные компрессионные холодильные установки . . . . .	127
Список использованной литературы . . . . .	50	Условия сохранности скоропортящихся пищевых продуктов при автомобильных перевозках . . . . .	130
<b>Глава II. Бытовые холодильники и морозильники</b> (инж. Л. Н. Вайн)	51	Железнодорожный холодильный транспорт . . . . .	134
Бытовые холодильники . . . . .	51	Основные типы изотермических вагонов . . . . .	134
Компрессионные бытовые холодильники . . . . .	51	Рефрижераторный подвижной состав . . . . .	136
Абсорбционные бытовые холодильники . . . . .	76	Вагоны-ледники . . . . .	149
Бытовые морозильники . . . . .	80	Специальные вагоны . . . . .	150
Список использованной литературы . . . . .	85	Теплоизоляционные материалы для изотермических вагонов . . . . .	153
<b>Глава III. Термоэлектрические охлаждающие устройства</b> (д-р техн. наук В. Ф. Лебедев, канд. техн. наук В. С. Орлов, канд. техн. наук В. А. Симонов, д-р техн. наук В. А. Наер)	86	Тепловые расчеты изотермических вагонов . . . . .	155
Термоэлементы . . . . .	86	Машинное охлаждение и электроотопление рефрижераторных вагонов . . . . .	158
Термоэлектрические батареи . . . . .	91	Эксплуатация и техническое обслуживание изотермических вагонов . . . . .	162
Однокаскадные термоэлектрические батареи . . . . .	96	Контейнеры для скоропортящихся грузов . . . . .	164
Многокаскадные термоэлектрические батареи . . . . .	101	Крупнотоннажные контейнеры . . . . .	165
Применение термоэлектрических охлаждающих устройств . . . . .	105		
Холодильники . . . . .	105		

Средне- и малотоннажные контей- неры . . . . .	174	Испытания транспортных рефриже- раторных судов и их холодильных установок . . . . .	209
Контейнерные пункты . . . . .	174	Условия перевозки скоропортящих- ся грузов на транспортных рефриже- раторах . . . . .	213
Водный холодильный транспорт . . . . .	175	Список использованной литературы . . . . .	217
Основные типы рефрижераторных судов . . . . .	175	Приложения . . . . .	219
Устройство рефрижераторных су- дов . . . . .	180	<i>Приложение 1</i> . . . . .	219
Системы охлаждения трюмов . . . . .	182	<i>Приложение 2</i> . . . . .	220
Судовые холодильные машины и установки . . . . .	187	Предметный указатель . . . . .	234
Изоляция охлаждаемых помещений . . . . .	202		

*Ефим Иосифович Андрачников  
Леонид Натанович Вайн  
Давид Ефимович Гершзон  
Юрий Васильевич Захаров  
Леонид Гдайлевич Каплан  
Анастасия Александровна Кузнецова  
Виктор Федорович Лебедев  
Валерий Иванович Милованов  
Вячеслав Андреевич Наер  
Вячеслав Сергеевич Орлов  
Александр Абрамович Раев  
Игорь Константинович Савицкий  
Владимир Алексеич Симонов  
Анатолий Михайлович Хелемский  
Виктор Михайлович Шавра  
Мария Михайловна Шаповаленко  
Борис Константинович Явнель*

**Виктор Борисович Якобсон**

## МАЛЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ХОЛОДИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Редактор Г. А. Гусева  
Художник Н. В. Гусев  
Художественный редактор С. Р. Нак  
Технический редактор Г. Г. Хацкевич  
Корректоры З. В. Коршунова, Е. А. Постникова

ИБ № 582

Т—11361. Сдано в набор 13/І 1977 г. Подписано в печать 21/VI 1977 г. Формат 70×90<sup>1/16</sup>. Бумага типографская № 3. Объем 15 п. л. Усл. п. л. 17,55 п. л. Уч.-изд. л. 23,63. Тираж 85 000 экз. Заказ 60. Цена 1 р. 70 к.

Издательство «Пищевая промышленность»  
113035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер.,  
12.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

## ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»

в течение 1977—1979 г. выпустит III серии плакатов по крупным холодильным установкам:

### *I-ая серия «Схемы холодильных установок»*

Комплект из 18 плакатов, ц. 5 р. 40 к.

В I серии даны безнасосные, насосные схемы аммиачных установок, схема с рассольным охлаждением с включением автоматических приборов, обеспечивающих их полную автоматизацию, а также схемы автоматизации двухступенчатых машин. На отдельных плакатах даны электрические схемы, показывающие взаимодействие приборов автоматики. В схемах использованы современные приборы автоматики и пульта управления типа ПУМ-100, ПУМ-200 и пульт УД-74.

Приведены схемы автоматизированных машин УА100, ХМ22ФУ200, турбохолодильной машины ТХМ1-25, агрегата АУ200/А. Раскрыты принцип действия машин, конструкция отдельных узлов и дана их достаточно полная техническая характеристика. Рассмотрена установка кондиционирования воздуха и схема обратного водоснабжения с конструкцией и технической характеристикой градирни, многоточечное реле температуры типа АМУР и отделитель воздуха АВ-4.

### *II-ая серия «Компрессоры и аппараты»*

Комплект из 16 плакатов, ц. 4 р. 80 к.

Во II серии плакатов приведена конструкция новых выпускаемых отечественных компрессоров: быстроходных поршневых компрессоров П110, П220, ротационного компрессора РАБ150, турбокомпрессора ХТМФ-348, винтового компрессора 5ВХ-350Б. Плакаты не только раскрывают принцип действия и конструкцию компрессоров, но и дают достаточно полную их техническую характеристику. В плакате винтового компрессора представлена новая диаграмма, позволяющая легко уяснить основные процессы работы компрессора.

Отдельные плакаты показывают компоновку винтового компрессора в составе двухступенчатых агрегатов АД130-3 и АД260-3. Наряду с широко распространенными кожухотрубными теплообменными аппаратами рассмотрены новые типы испарительного конденсатора, кожухотрубного испарителя с кипением холодильного агента внутри труб, панельного испарителя и других. В серию включены также плакаты, показывающие типовую компоновку компрессоров с аппаратами в составе двухступенчатых машин на холодильном агенте (фреон-22) и каскадной машины типа ФКМ25-90А. На отдельном плакате дана конструкция и техническая характеристика аммиачных герметичных насосов типа ЦНГ.

В III-ей серии в основном рассмотрены приборы и средства автоматизации холодильных установок.

Плакаты предназначены для учащихся техникумов мясной и холодильной промышленности, а также для механических отделений техникумов торговли и общественного питания. Плакаты могут быть использованы как учебные пособия и для других учебных заведений (институтов, курсов повышения квалификации, курсов подготовки машинистов холодильных установок и др.).

*Заказы на плакаты (без денежных переводов) следует направлять по адресу: 113035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер., д. 12. Отдел распространения издательства «Пищевая промышленность».*