

Нет автора

Журнал Холодильная техника 1961 года №2

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
Н57

Н57 **Нет автора**
Журнал Холодильная техника 1961 года №2 / Нет автора – М.: Книга по Требованию, 2021. – 78 с.

ISBN 978-5-458-64571-3

ISBN 978-5-458-64571-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Эта страница оригинала содержит
исключительно социалистическую
пропаганду, которая на сегодняшний
день не представляет никакой
научно-практической ценности

Расчет толщины изоляции стенок торгового холодильного оборудования

Канд. техн. наук И. Ф. ДУШИН — Всесоюзный научно-исследовательский институт холодильной промышленности

В настоящее время при выборе толщины изоляции стенок охлаждаемых шкафов, прилавков, витрин и др. мало уделяют внимания вопросам технико-экономического анализа.

Для расчета оптимальной толщины изоляции стенок закрытого торгового холодильного оборудования, по аналогии с большими стационарными холодильниками, можно применить формулу проф. И. С. Бадилькеса [1]. При этом необходимо учесть, что в торговом холодильном оборудовании изоляционный слой находится между двумя обшивками, т. е. строительная несущая конструкция отсутствует. Поэтому выражение для определения оптимальной толщины изоляции будет представлять частный случай указанной формулы

$$x = \sqrt{\frac{\lambda_0 + 0,5 \frac{\beta}{\mu_{\text{и}}}}{\mu_{\text{и}} f}} \times \sqrt{0,5 n a b_0 (1 + \varphi) \Delta t + \mu_{\text{к}} c \Delta t_{\text{max}}}, \quad (1)$$

где: x — оптимальная толщина изоляции;
 λ_0 — начальная теплопроводность изоляционного материала;
 β — коэффициент пропорциональности, учитывающий увлажнение изоляции в процессе эксплуатации объекта;
 f — стоимость 1 м³ изоляционной конструкции;
 $\mu_{\text{и}}$ — амортизационные отчисления на изоляцию;
 n — число часов работы холодильного оборудования;
 a — расход электроэнергии на выработку 1 ккал холода;
 b_0 — стоимость 1 кВт-ч электроэнергии к началу эксплуатации объекта;
 φ — коэффициент, учитывающий снижение стоимости электроэнергии;
 Δt — разность между среднегодовыми температурами снаружи и внутри объекта;

$\mu_{\text{к}}$ — амортизационные отчисления на оборудование;

c — установочная стоимость 1 ккал холода;

Δt_{max} — разность между максимальной расчетной температурой наружного воздуха и температурой воздуха внутри объекта.

Пользуясь формулой (1), найдем оптимальную толщину изоляции для холодильного шкафа Т-125 (средняя поверхность теплопередачи 12,1 м²).

Представляет интерес определение оптимальной толщины изоляции для двух различных по стоимости материалов, имеющих примерно одинаковый коэффициент теплопроводности. К таким материалам, применяемым в торговом холодильном оборудовании, относятся пенопласт ПС-4 и мипора. Расчетный коэффициент теплопроводности этих материалов с учетом его изменения в процессе эксплуатации равен 0,045 ккал/м час град. Срок службы материалов одинаков, так как он определяется в основном временем «морального износа» данного вида оборудования, который наступает примерно через 20—25 лет. Это соответствует принятым амортизационным отчислениям на ограждающие конструкции сооружений — 4,3%. Амортизационные отчисления на автоматизированные холодильные агрегаты составляют 14%. Установочная стоимость 1 ккал холода для агрегатов холодопроизводительностью 700—900 ккал/час, по данным лаборатории экономических исследований ВНИИХ, равна в среднем 33 коп., а стоимость выработки 1000 ккал холода — 3,8 коп.

Таким образом, подставив в формулу (1) цифровые значения $\lambda_0 + 0,5 \frac{\beta}{\mu_{\text{и}}} = 0,05$; $0,5 a b_0 (1 - \varphi) = 0,0038$; $\Delta t = 18^\circ$; $\Delta t_{\text{max}} = 32^\circ$; $c = 0,33$; $\mu_{\text{и}} = 0,043$; $f = 40$ (для мипоры) и $f = 113$ (для пенопласта ПС-4), получим оптимальную толщину изоляции из пенопласта ПС-4 — 27,6, из мипоры — 46,3 см.

Изменение общей стоимости изоляции в зависимости от ее толщины показано на рис. 1. Полученные значения намного превышают толщину изоляции, применяемую в торговом холодильном оборудовании (8—10 см).

Однако к определению оптимальной толщины изоляции торгового холодильного оборудования со встроенными агрегатами необходимо подходить также с точки зрения наивыгоднейшего соотношения его полезного объема и объема, занимаемого изоляцией и машинным отделением [2], что в формуле (1) не учитывается.

Задача, следовательно, заключается в том, чтобы найти наиболее выгодную толщину изоляции, при которой сумма отношений объемов изоляции и машинного отделения к полезному охлаждаемому объему была минимальной.

На рис. 2 приведен график, дающий решение этой задачи для торгового холодильного шкафа Т-125. График показывает, что оптимальная толщина изоляции составляет 4—5 см при коэффициенте ее теплопроводности 0,045 ккал/м час град. При такой толщине изоляционного слоя коэффициент теплопередачи стен-

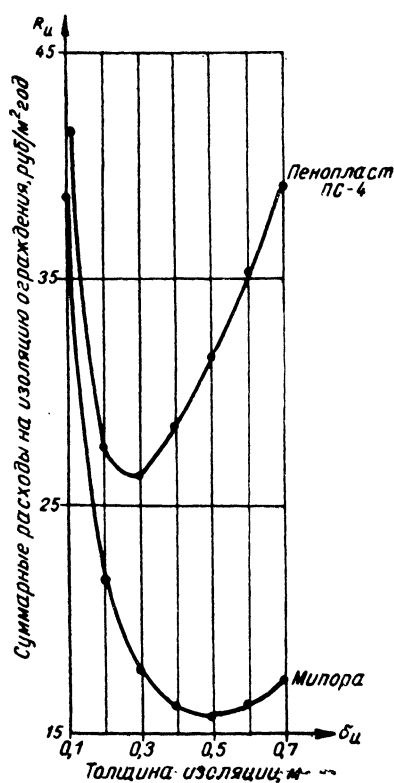


Рис. 1. Зависимость стоимости от толщины изоляции.

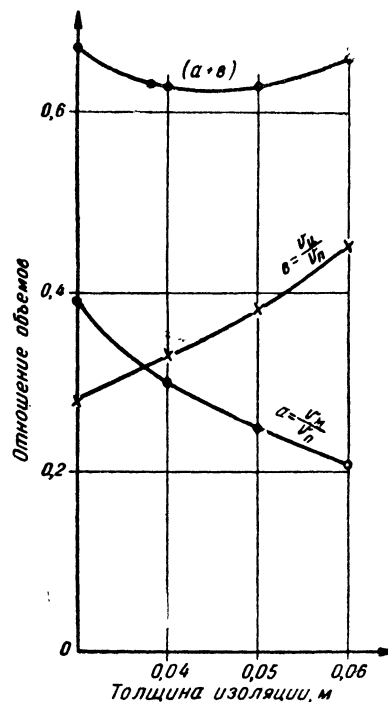


Рис. 2. График определения оптимальной толщины изоляции холодильного шкафа Т-125 по отношению объема изоляции и машинного отделения к полезному объему.

ки будет близок к единице и не удовлетворит условию недопущения конденсации влаги на ее поверхности. Использование в торговом холодильном оборудовании герметичных фреоновых агрегатов не приведет к существенным изменениям значений оптимальной толщины изоляции.

Следовательно, по этой методике, применимой к тому же только для одного вида оборудования — со встроенным агрегатом, получаются недопустимо высокие коэффициенты теплопередачи ограждений.

Результатом принятия завышенных коэффициентов теплопередачи явились бы конденсация влаги на наружных поверхностях стенок оборудования и порча металлической поверхности из-за коррозии, а также излишний расход холода на поддержание требуемой температуры внутри оборудования. Поэтому следует проверить применяемые сейчас толщины изоляции стенок торгового холодильного оборудования с точки зрения недопущения конденсации влаги на их наружной поверхности. При этом возникает вопрос о выборе расчет-

ных параметров воздуха, при которых должно выполняться это условие.

Из анализа метеорологических данных следует, что среднемесячная температура и относительная влажность наружного воздуха летом достигают, соответственно: в средней полосе 20° и 73% , в северной 19° и 80% и в южной 24° и 82% (Северный Кавказ и Черноморское побережье).

На температурно-влажностный режим изоляционной конструкции торгового холодильного оборудования могут оказывать влияние изменения температуры и относительной влажности окружающего воздуха, даже если они кратковременны.

Продолжительность изменения температуры наружного воздуха z , влияющая на распределение температуры в ограждающей конструкции, зависит от ее теплоустойчивости, выраженной в безразмерных единицах условной толщины ограждения D [3]:

$$D \dots \dots \begin{matrix} 1 \\ 0,1 \end{matrix} \begin{matrix} 2 \\ 0,2 \end{matrix} \begin{matrix} 3 \\ 0,5 \end{matrix} \begin{matrix} 4 \\ 0,8 \end{matrix} \begin{matrix} 5 \\ 1,4 \end{matrix} \begin{matrix} 6 \\ 2,1 \end{matrix} \begin{matrix} 7 \\ 3,0 \end{matrix} \begin{matrix} 8 \\ 4,0 \end{matrix} \begin{matrix} 9 \\ 4,8 \end{matrix} \begin{matrix} 10 \\ 5,4 \end{matrix} \begin{matrix} 11 \\ 6,0 \end{matrix} \begin{matrix} 12 \\ 6,5 \end{matrix}$$

Значения D для ограждений торгового холодильного оборудования с нулевыми температурами колеблются в зависимости от теплотехнических характеристик изоляционного материала от 1 до 2, а для ограждений низкотемпературного оборудования — от 2 до 4. Им соответствует расчетный отрезок времени (в сутках) 0,1—0,2; 0,5—0,8 и выше.

В средней и северной климатических полосах число дней со средне-суточной температурой наружного воздуха $25\text{—}30^\circ$ превышает 0,5 только в июле, а в южной полосе — во всех трех летних месяцах, но очень незначительно. Продолжительность периода с температурой воздуха $30\text{—}35^\circ$ даже в южной зоне составляет только 0,1 дня. Следовательно, расчетная температура окружающего воздуха для проверки толщины изоляции по этому условию должна быть принята равной 25° .

Число дней с относительной влажностью 80% и выше в 1 час дня во всех климатических зонах составляет 0,9—5,4. Очевидно, что в другие часы таких дней относительная влажность достигнет 85% и выше. Однако такая влажность сохраняется в течение незначительного периода времени, следовательно, она будет оказывать влияние только на ограждения с нулевыми температурами. На более массивные ограждения низкотемпературного оборудования влияет относительная влажность 80% , со-

храняющаяся в течение большего отрезка времени, чем влажность 85% . Следовательно, расчетная относительная влажность для определения толщины изоляции торгового холодильного оборудования с нулевыми температурами должна быть принята равной 85% , а низкотемпературного оборудования — 80% .

Итак, при определении требуемого коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций в качестве расчетных параметров окружающего воздуха, исходя из условия недопущения конденсации влаги, можно принимать:

— для торгового оборудования с нулевыми температурами $t_{\text{расч}} = 25^\circ$, $\varphi_{\text{расч}} = 85\%$;

— для низкотемпературного торгового оборудования $t_{\text{расч}} = 25^\circ$, $\varphi_{\text{расч}} = 80\%$.

При этом необходимо учесть, что температура 25° не может служить расчетной при определении потребной холодопроизводительности компрессора, так как последнюю определяют при температуре окружающего воздуха 32° .

Формула для расчета требуемого коэффициента теплопередачи ограждения по условию недопущения конденсации влаги на его наружной поверхности имеет следующий вид [4]:

$$k_{\text{тр}} = 0,95 \frac{\alpha_o (t_o - \tau_p)}{(t_o - t_b) mn}, \quad (2)$$

где: t_o — расчетная температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$;

t_b — расчетная температура воздуха, омывающего данную стенку с внутренней стороны, $^\circ\text{C}$;

τ_p — точка росы, соответствующая расчетным параметрам окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$;

α_o — коэффициент теплопередачи у наружной поверхности данной стенки, $\text{ккал}/\text{м}^2 \text{ час град}$;

m — коэффициент, зависящий от массивности ограждения (в данном случае 1,15);

n — коэффициент, зависящий от положения ограждения относительно наружного воздуха (в данном случае 1).

Подставляя в формулу (2) цифровые значения входящих в нее величин, получим коэффициенты теплопередачи для отдельных стенок в зависимости от температуры воздуха внутри охлаждаемого объема. Эти данные приведены в табл. 1, где указаны и соответствующие им значения толщины изоляции.

Как видно из табл. 1, коэффициенты теплопередачи и соответствующие им значения толщины изоляции отдельных стенок одного и того же объекта (шкафа, прилавка и т. п.) отличаются друг от друга.

Так, при температуре воздуха, омывающего внутреннюю поверхность ограждения, 0° дно и задняя стенка оборудования должны иметь коэффициент теплопередачи 0,45, боковые стенки 0,54, верхняя стенка — 0,63 $\text{ккал/м}^2 \text{ час град}$. При изоляции стенок материалом, имеющим коэффициент теплопроводности 0,045 ккал/м час град , этим значениям будут соответствовать следующие толщины изоляции: 100, 85 и 70 мм.

Если вблизи какой-либо стенки смонтирован испаритель, то расчетная температура воздуха, омывающего ее с внутренней стороны, принимается равной средней между температурой кипения холодильного агента и температурой воздуха в середине охлаждаемого объекта. Это приведет к соответствующему уменьшению коэффициента теплопередачи, т. е. к увеличению толщины изоляции данной стенки по сравнению с другими.

Данные, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о том, что в большинстве выпускаемых сейчас образцов торгового холодильного оборудования толщина изоляции весьма близка к получаемой по табл. 1, т. е. соответствует условию недопущения конденсации влаги на

внешней поверхности ограждений при принятых расчетных параметрах окружающего воздуха.

Исключение составляет витрина В-ЗУ, на задней стенке которой смонтирован испаритель (толщина изоляции стенки 40 мм вместо требуемой 90 мм). В низкотемпературном прилавке П-ЗМ, где испаритель примыкает к облицовке стенок и крыши, толщина изоляции также значительно меньше требуемой.

Толщина изоляции ограждений тамбура низкотемпературной камеры НКР-1 может быть уменьшена в соответствии с температурой воздуха в нем.

Принятые значения толщины изоляции близки к требуемым по расчету (табл. 1) только при условии применения высокоэффективных изоляционных материалов с коэффициентом теплопроводности 0,035—0,045 $\text{ккал/м}^2 \text{ час град}$ и надежной защиты влагоемких материалов от увлажнения. В случае использования малоэффективных материалов (например, пакеты из гофрокартона с воздушными прослойками между листами 15 мм) коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций будут примерно в 1,5 раза больше требуемых. Таким образом, главное заключается не в принятии толщины изоляции, а в обеспечении требуемого коэффициента теплопередачи.

Использование изоляционных материалов, коэффициент теплопроводности которых изме-

Таблица 1

Коэффициенты теплопередачи $k_{\text{тр}}$ и соответствующие им значения толщины изоляции $\delta_{\text{и}}$ (в мм) при $\lambda_{\text{ср}} = 0,045$

В д ограждения	Температура воздуха, омывающего внутреннюю поверхность ограждения, °C													
	—18		—15		—10		0		4		8		12	
	$k_{\text{тр}_0}$	$\delta_{\text{и}}$	$k_{\text{тр}_0}$	$\delta_{\text{и}}$	$k_{\text{тр}_0}$	$\delta_{\text{и}}$	$k_{\text{тр}_0}$	$\delta_{\text{и}}$	$k_{\text{тр}_0}$	$\delta_{\text{и}}$	$k_{\text{тр}_0}$	$\delta_{\text{и}}$	$k_{\text{тр}_0}$	$\delta_{\text{и}}$
Дно и задняя стенка (в пристенном оборудовании) .	0,35	140	0,39	130	0,43	110	0,45	100	0,53	85	0,66	70	0,86	50
Передняя и торцовые стенки .	0,42	120	0,47	105	0,51	95	0,54	85	0,64	70	0,79	55	1,0	50
Верхняя стенка (крыша) .	0,49	100	0,55	90	0,60	80	0,63	70	0,74	60	0,92	50	1,0	50

Таблица 2

Сравнение значений толщины изоляции, приведенных в табл. 1 и принятых в производстве торгового холодильного оборудования, при $\lambda_{\text{и}} = 0,045 \text{ ккал/м час град}$

Вид оборудования	Толщина изоляции, мм						Необходимое увеличение тол- щины изоляции, мм		
	требуемая			принятая			дн и заднй стенки с ис- парителем	торцовых стенок	верхней стенки
	дн и заднй стенки с ис- парителем	торцовых стенок	верхней стенки	дн и заднй стенки с ис- парителем	торцовых стенок	верхней стенки			
Оборудование с нулевыми и плюсовыми температурами воздуха в охлаждаемом объекте									
Витрины									
2В-12 . . .	100	70	—	90	70	—	+10	—	—
В-8У . . .	90	90	—	90	90	—	—	—	—
В-9У . . .	90	90	—	90	90	—	—	—	—
В-3У . . .	90	40	—	90/40	40	—	-/+50	—	—
Прилавки- витрины									
ПВ-7 . . .	100	70	—	90	70	—	+10	—	—
Шкафы									
ШСО-1 . .	100	90	80	90	90	80	+10	—	—
Т-60 . . .	100	85	70	90	90	70	+10	—	—
Т-125 . . .	100	85	70	85	85	70	+15	—	—
Камеры									
ЗХКР-а . .	100	100	80	100	100	100	—	—	—
ХКР-1М . .	100	100	80	130	100	100	—	—	—
Низкотемпературное оборудование									
Прилавки									
4ХПН . . .	120	100	75	140/120	120	70	—	—	—
П-3М . . .	140	140	100	150/110	110	75	—	+30	+25
Камеры									
НКР-1 . .	140*	120	100	140	140	140	—	-20	-40

* Температура в тамбуре около $-8 \div -10^\circ$, поэтому толщина изоляции должна быть 110, 100 и 90 мм.

няется в зависимости от степени их уплотнения, позволяет в некоторых пределах уменьшить коэффициент теплопередачи любой стенки, не увеличивая толщины ее изоляционного слоя.

При уплотнении сжатием образца войлока

из тонкого стекловолокна (типа штапельного) с 43 до 53 кг/м³ его коэффициент теплопроводности уменьшается с 0,043 до 0,041 ккал/м час град. При таком сжатии войлока изоляционный слой толщиной 90 мм соответствует толщине 100 мм несжатого войлока.

Выводы

Толщина изоляции ограждений торгового холодильного оборудования, принятая на практике, значительно меньше определяемой по формуле И. С. Бадыльке-са. Следовательно, любое увеличение толщины изоляции охлаждаемого оборудования в пределах, получаемых по упомянутой формуле, окупится за счет сокращения суммарных расходов на единицу ограждения. Однако при этом должны быть использованы высокоэффективные теплоизоляционные материалы с коэффициентом теплопроводности 0,035—0,045 ккал/м час град.

Приведенные же в табл. 2 значения толщины изоляции весьма близки к минимальным, определяемым исходя из условия недопущения конденсации влаги на внешней поверхности ограждений.

Методика определения коэффициентов теплопередачи ограждений по условию недопущения конденсации влаги на их наружной поверхности при расчетных параметрах воздуха применима для всех видов торгового холодильного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Бадыльке-с, Выбор рациональной толщины изоляции в холодильных сооружениях, «Холодильная техника», 1952, № 4.
2. С. Некрутман, Определение оптимальной величины коэффициента теплопередачи ограждения кузова вагона-холодильника, «Холодильная техника», 1958, № 3.
3. К. Ф. Фокин, Расчетные температуры наружного воздуха, Стандартгиз, 1946.
4. Строительные нормы и правила, часть II, Госстройиздат, 1954.
5. И. Ф. Душин, Н. Т. Кудряшов, Изоляционные материалы для торгового холодильного оборудования, «Холодильная техника», 1959, № 6.

Графито-металлические сальники для холодильных компрессоров

Инж. А. А. СОФЕР — Центральное конструкторское бюро холодильного машиностроения

Коленчатые валы отечественных бескрейцкопфных компрессоров уплотняются сальниками торцового трения, которые должны удовлетворять двум основным требованиям: надежно обеспечивать герметичность компрессоров и быть износоустойчивыми.

По ГОСТу 7475—55 сальники фреоновых компрессоров холодопроизводительностью до 8000 *ккал/час* не должны пропускать холодильный агент и смазочное масло. Через сальники аммиачных и фреоновых компрессоров холодопроизводительностью свыше 8000 *ккал/час* допускается проникновение не более 20 капель масла в час. Сальники не должны пропускать воздух под давлением 8 *кг/см²*. Гарантийный срок их службы — не менее 5000 часов.

Большое значение для производства и эксплуатации имеет простота конструкции, удобство сборки и разборки, а также низкая стоимость сальников.

Выпускавшиеся до последнего времени отечественной промышленностью сальники холодильных компрессоров не всегда отвечали этим требованиям.

На фреоновых компрессорах холодопроизводительностью от 12 до 120 тыс. ст. *ккал/час* и аммиачных компрессорах — от 75 до 150 тыс. ст. *ккал/час* (диаметр вала 40—100 *мм*) устанавливали мембранные сальники, на малых фреоновых (диаметр вала до 30 *мм*) — сильфонные, а на аммиачных компрессорах холодопроизводительностью 15, 30 и 300 тыс. ст. *ккал/час* (диаметр вала 40—150 *мм*) — пружинные.

У всех этих сальников вал уплотняется за счет торцового трения бронзовой обоймы или баббитового покрытия стальной обоймы по стальному кольцу или чугунной крышке.

Для надежной работы сальников необходимо, чтобы при всех условиях сохранялся контакт между деталями уплотняющей пары трения и поддерживалось заданное удельное давление.

Однако при изготовлении деталей компрессора неизбежны неточности, кроме того, во время его работы возникают упругие деформации коленчатого вала от сил, действующих по шатунам, и от силы натяжения ремней (при клиноременном приводе).

Для предотвращения раскрытия стыка уплотняющей пары и обеспечения контакта между деталями уплотняющего комплекта нужен пружинный элемент. Трущиеся поверхности деталей уплотняющей пары не должны повреждаться при случайных нарушениях режима смазки и повышении удельного давления на стыке. Выполнение этого условия зависит от подбора материалов трущейся пары.

У мембранных сальников роль пружины выполняют кольцевые диафрагмы, установленные с предварительным натягом. На внутренних кромках диафрагмы укреплены бронзовые кольца, прижимающиеся к торцу стального кольца.

Эта конструкция имеет следующие недостатки:

- подвеска бронзовых колец относительно жестка, в связи с чем требуется точная установка стального кольца по индикатору (неперпендикулярность не более 0,015 *мм*);

- величина натяга диафрагмы, создаваемого при помощи регулировочных прокладок с точностью до 0,1 *мм*, равна 0,5 *мм*, что не обеспечивает длительной работы сальника без перегрузки, так как неизбежный износ трущихся поверхностей вызывает недопустимое уменьшение натяга. Начальный натяг нельзя увеличивать, иначе это приведет к задиру рабочих поверхностей трущихся колец из-за повышения удельного давления;

- трущаяся пара (сталь—бронза) не может даже кратковременно работать без масла;

- сальник выходит из строя при увеличении давления в его камере выше 8 *кг/см²*, например, при пуске отепленной установки с открытым всасывающим вентилем;

- стоимость изготовления мембранного сальника весьма высока.

Сильфонные и пружинные сальники с металлическими кольцами трения могут работать только при наличии масла. Они также весьма чувствительны к повышению давления в картере компрессора. Кроме того, пары сталь — бронза или сталь — баббит в поршневых компрессорах могут работать только при невысоких относительных окружных скоростях — до 3,5—4 *м/сек*.

С 1956 г. в производство внедряются новые холодильные компрессоры: поршневые, цен-

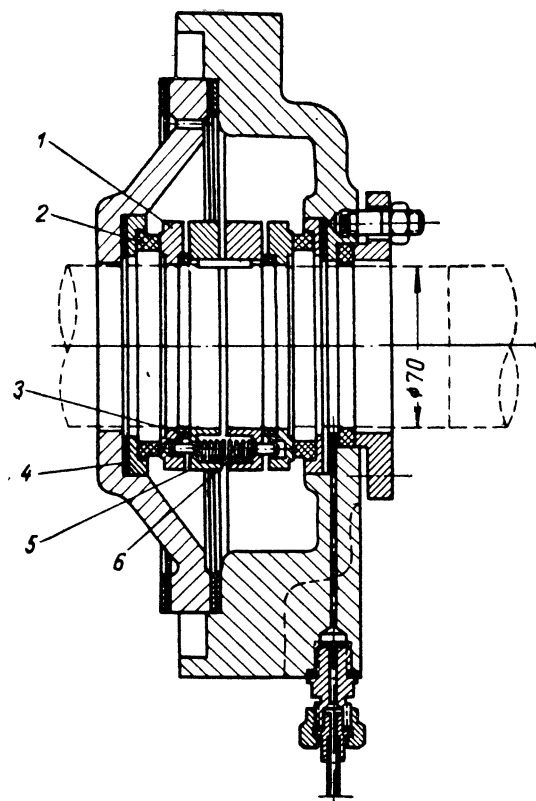


Рис. 1. Сальник графито-металлический компрессора 4АУ-15 (АУ-150):

1 — кольцо подвижное, 2 — кольцо неподвижное графитовое, 3 — кольцо уплотнительное, 4 — прокладка резиновая, 5 — обойма, 6 — пружина.

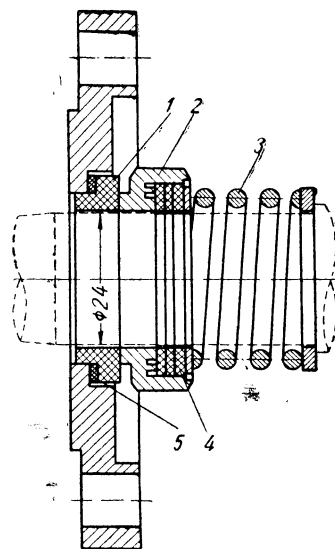


Рис. 2. Сальник графито-металлический компрессора 2ФВ-6,5:

1 — кольцо неподвижное графитовое, 2 — кольцо подвижное, 3 — пружина, 4 — кольцо резиновое, 5 — прокладка резиновая.

требжные и ротационные, разработанные Центральным конструкторским бюро холодильного машиностроения.

Отличительная особенность новых поршневых машин — быстроходность, а также повышенная износоустойчивость и надежность работы в условиях автоматических пусков и остановок.

В 1959 г. наши заводы начали изготавливать центробежные холодильные компрессоры со скоростью вращения 7—15 тыс. об/мин.

Одновременно с конструированием компрессоров разрабатывались сальники с применением новых материалов.

В 1956 г. лабораторией неметаллических материалов Института машиноведения Академии наук СССР был рекомендован графит марки 15Е-С, пропитанный свинцом.

В настоящее время один из Московских заводов выпускает графит АГ-1500-СО5 со свинцовооловянистой пропиткой, близкий по свой-

ствам графиту 15Е-С, а также графит АГ-1500-Б83 с баббитовой пропиткой.

При испытаниях графитов были получены хорошие результаты. Из графитов было рекомендовано изготавливать сальниковые кольца холодильных компрессоров.

Свойства графитов АГ-1500-СО5 и АГ-1500-Б83 приведены ниже [1, 2]:

	АГ-1500-СО5	АГ-1500-Б83
Удельный вес, $г/см^3$	2,3	2,0
Предел прочности на сжатие, $кг/см^2$	700	800
Коэффициент трения после приработки (сухой)	0,04—0,05	
Теплопроводность, $ккал/м час град$	80—120	
Термический коэффициент линейного расширения, $мм/м град$	$2,7 \cdot 10^{-6}$	
Водопоглощение (не более), %	1	
Допустимое удельное давление, $кг/см^2$	25	
Допустимая окружающая скорость, $м/сек$	20	
Допустимая температура, $^{\circ}C$	от — 60 до 310	

Сальник с парой трения графит АГ-1500-СО5 — цементированная хромистая сталь был

сконструирован для компрессора 4АУ-15, работающего на фреоне-22. Удельные давления на стыках деталей сальников составляют: графит — сталь 5 кг/см^2 , обойма с графитом — резиновая прокладка 8 кг/см^2 , обойма с графитом — уплотнительное кольцо 8 кг/см^2 .

Относительная окружная скорость на стыке графит—сталь $2,8 \text{ м/сек}$.

Производственная проверка в течение 300 часов показала полную герметичность нового сальника. Средний износ во время испытаний, включая период приработки, составил менее $0,0001 \text{ мм/час}$, что при допустимом в данной конструкции общем износе в $1,5 \text{ мм}$ обеспечит работу сальника без замены и притирки каких-либо деталей свыше 15000 часов. При монтаже сальника не требуется регулировки и можно обойтись без специальных инструментов и приспособлений.

Компрессоры 2ФВ-15 и 4ФУ-15 с графито-металлическими сальниками, установленные на холодильнике в г. Владимире, нормально работали от 2000 до 4000 часов. С 1960 г. этот сальник устанавливают на всех вертикальных и У-образных аммиачных и фреоновых компрессорах (кроме АВ-300), выпускаемых московским заводом «Компрессор».

Результаты первых испытаний были проверены на пяти опытных сальниках машин разной конструкции: аммиачном двухступенчатом компрессоре ДАУ-80, фреоновых компрессорах 4ФУ-6,5, 4ФУ-10, 2ФВ-6,5 и турбокомпрессоре ТК-3-1.

Условия работы этих компрессоров:

число оборотов в минуту . . .	720—7500
окружная скорость, м/сек . . .	до 15,5
диаметр валов, мм	8—110
удельное давление на стыке графит—сталь, кг/см^2 . . .	2—8

Смазка сальников — принудительная или разбрызгиванием; вращающийся элемент в парах — графитовые или стальные кольца.

В паре с графитом применяли кольца из различных сталей (15Х, 20Х, 20, 9ХС — цементированные и каленые; 40Х и 45 — каленые) с твердостью трущихся поверхностей в пределах 48—64 и чистотой обработки поверхности от $\nabla 10$ до $\nabla 12$.

Компрессоры работали на аммиаке и фреонах-12, -22, -142, -143 при давлении в картере от 0,15 до 5 ата и температуре кипения от 15 до -80° .

Испытания сальников компрессоров с принудительной смазкой были проведены на опыт-

ных стендах ЦКБХМ и заводов холодильного машиностроения. Конструкция сальников со смазкой разбрызгиванием разработана и испытана ЦКБХМ совместно с ВНИИ [3]. Испытания продолжались от 300 до 1200 часов.

В ходе испытаний первоначальные конструкции сальников были улучшены и упрощены. Графито-металлические сальники новой конструкции изображены на рис. 1, 2 и 3. Испытания показали, что эти сальники надежны в работе.

В настоящее время все новые компрессоры (поршневые, центробежные и ротационные) с уплотнением вращающегося вала, независимо от размеров, скорости вращения, системы смазки и вида холодильного агента, изготавливаются с графитовыми сальниками, в которых применена пара графит — сталь.

Некоторые предприятия выпускают ранее разработанные модели компрессоров только с такими сальниками. К ним относятся московский завод «Компрессор», изготавливающий ком-

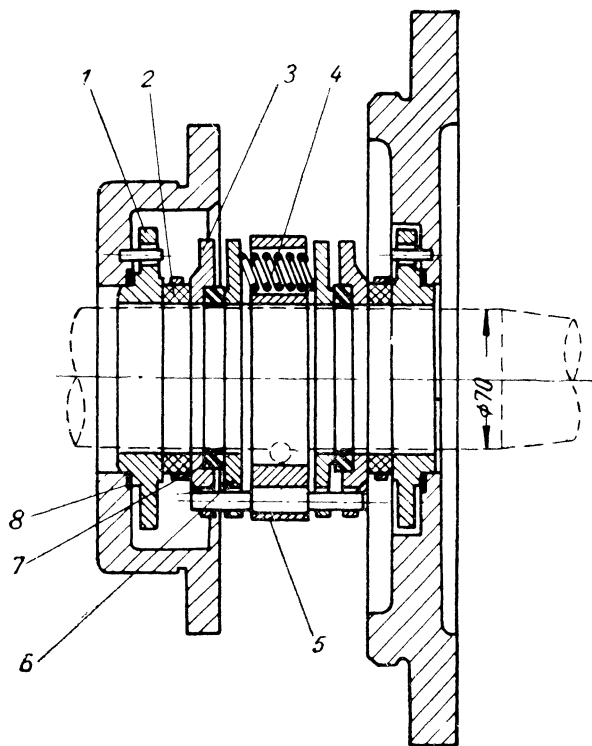


Рис. 3. Сальник графито-металлический турбокомпрессора ТК-3-1:

1 — кольцо неподвижное, 2 — кольцо уплотнительное графитовое, 3 — кольцо подвижное, 4 — пружина, 5 — обойма, 6 — диск, 7 — кольцо уплотнительное резиновое, 8 — прокладка резиновая.

прессоры 2АВ-15 (АВ-75), 4АУ-15 (АУ-150), 2ФВ-19 (ФВ-60), 2ФВ-15, 4ФУ-15, 4БАУ-19, 4Ф22У-19, 4ФУ-19 (ФУ-120), Читинский машиностроительный завод — компрессор 4ФУ-10 для агрегата АК 4ФУ-60/30, Одесский завод холодильного машиностроения — компрессор 4ФУ-6,5.

Следующим этапом должна быть организация производства сменных комплектов сальников для компрессоров, находящихся в эксплуатации.

Целесообразнее всего поручить изготовле-

ние и поставку таких комплектов специализированным предприятиям, заводам, выпускавшим в свое время компрессоры с сальфонными и мембранными сальниками, и крупным ремонтно-монтажным комбинатам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. А. Плуталова, Графитовые уплотнения вращающихся валов. Вестник машиностроения, 1957, № 2.
2. ВНИИХ, Отчет по теме № 09, Выбор рациональной конструкции бессальфонных сальников, 1959.

Реле уровня РУ-4

В. И. АЛЕКСЕЕВ, канд. техн. наук А. Г. РОТЕНБЕРГ — Всесоюзный научно-исследовательский институт холодильной промышленности

В течение многих лет для сигнализации о положении уровня жидкости в закрытых сосудах и аппаратах холодильных установок применяли дистанционный указатель уровня ДУ-3. Этот прибор имеет поплавковый датчик с магнитно-меркоидной системой и сигнальный щиток открытого типа.

Поскольку магнитно-меркоидная система работает недостаточно надежно, был создан дистанционный указатель уровня ДУ-4 с тем же поплавковым датчиком, но с чувствительной системой, состоящей из индуктивной катушки и двух токовых реле ЭТ-523. Этот прибор [1, 2] предназначался в основном в качестве сигнализатора уровня. Красная лампа и звонок сигнализируют о недопустимом повышении уровня.

Для создания реле, обеспечивающего регулирование и сигнализацию уровня, во ВНИИХ разработан и испытан прибор типа РУ-4.

Реле уровня РУ-4 предназначено для сигнализации и регулирования уровня рабочих сред с удельным весом не менее 0,65 кг/л: воды, аммиака, рассолов CaCl_2 , KCl , фреона-30, спиртов. Минимальная температура среды — 70°, максимальная 120°.

Реле применяется для следующих целей:

— автоматической сигнализации при помощи зеленой, белой и красной ламп, соответственно, о низком, среднем или высоком уровне жидкости в сосуде. Желтая лампа сигнализирует о подаче команды на открывание соленого вентиля;

— автоматического двухпозиционного регулирования в пределах заданного среднего уровня (горит белая лампа);

— автоматической защиты при опасном повышении или понижении уровня.

Реле РУ-4 состоит из поплавкового датчика с индуктивным преобразователем (рис. 1) и релейного комплекта. Датчик имеет сварной корпус 1 из стали Ст. 3, к которому приварена втулка 2 из немагнитной нержавеющей стали с заглушкой и два патрубка. К поплавку 3, выполненному из декапированного железа толщиной 0,8 мм, приварена стальная трубка 4. На втулку 2 надета индуктивная катушка 5, защищенная пластмассовым кожухом и крышкой. Провода вводятся в кожух катушки через герметизирующую втулку и подсоединяются к катушке винтами. Корпус датчика после монтажа покрывают изоляцией толщиной 60 мм. Вес датчика 7 кг.

Релейный комплект (рис. 2) состоит из шасси 1, на котором смонтированы все агрегаты, и кожуха 2 с ножевой и клеммной колодками 3 и 4. Размеры лицевого щитка 5 шасси 125×195 мм. На щитке укреплены четыре тумблера, четыре сигнальные лампы и ручка.

Габариты релейного комплекта значительно уменьшены за счет компактного размещения агрегатов и применения токовых реле ЭТ-523 и реле МКУ-48 без защитных пластмассовых кожухов. При этом обеспечивается удобный доступ ко всем элементам, каждый из кото-