فصل دوازدهم

محاسبات بار سرمایی

هدف‌های رفتای: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ بارسرمایی از دیوار، سقف و کف را توضیح دهد.

۲ــ بارسرمایی تعویض هوا را شرح دهد.

۳ــ بارسرمایی محصول را توضیح دهد.

۴ــ بارهای‌سرمایی متفرقه را شرح دهد.

۵ــ محاسبه بارسرمایی به روش کوتاه را شرح دهد.

۶ــ محاسبه بارسرمایی یخچال و فریزر به روش کوتاه را توضیح دهد.

۷ــ محاسبه بارسرمایی فضاهای مختلف به روش کوتاه را توضیح دهد.

۸ــ تعیین قدرت کمپرسور یخچال‌ها و فریزرها را توضیح دهد.

۹ــ روش انتخاب اواپراتور سردخانه از روی کاتالوگ را توضیح دهد.

۱۰ــ روش انتخاب کندانسینگ یونیت از روی کاتالوگ را توضیح دهد.

۱۱ــ روش انتخاب شیر انبساط از روی کاتالوگ را توضیح دهد.

۱۲ــ محاسبات بارسرمایی

بار سرمایی دستگاه‌های تبرید صرفاً از یک منبع گرمایی حاصل نمی‌شود بلکه مجموع گرماهایی است که معمولاً از چندین راه وارد سردخانه می‌شود.

۱ــ گرمای ورودی از دیواره‌ها و سایر سطوح به داخل سردخانه

۲ــ گرمای ورودی از راه تابش از پنجره‌ها

۳ــ گرمای هوای ورودی از درهای باز یا درز پنجره‌ها و درها

۴ــ گرمای ورودی از محصولات ورودی به سردخانه

۵ــ گرمای افراد داخل سالن‌ها

۶ــ وسایل و تجهیزات مولد گرما نظیر موتورهای الکتریکی، لامپ‌ها و لوله‌های حامل بخار و ...

لازم به ذکر است که در یک کاربرد به خصوص تبرید، همه منابع گرمایی وجود نداشته و اهمیت هر یک از آن‌ها نسبت به بار سرمایی کل، به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند، لذا برای سادگی محاسبات بار سرمایی در تبرید تجاری بار کل را به چهار بار مجزا تقسیم می‌کنیم.

۱ــ بارسرمایی دیوارها و سقف

۲ــ بار سرمایی تعویض هوا

۳ــ بارسرمایی محصول

۴ــ بارهای متفرقه سرمایی

جدول ۱ــ۱۲ــ قابلیت و ضریب هدایت گرمایی مواد و مصالح معمولی موررد استفاده در دیوارهای سردخانه

مواد	توضیح	قابلیت هدایت حرارتی (k) W/mK	ضریب هدایت حرارتی (C) W/m^2K
مصالح ساختمان	Brick, common — آجر معمولی	0.72	
	Brick, face — آجر، نما	1.30	
	Concrete, mortar or plaster — بتن، روکش	0.72	
	Concrete, sand aggregate — بتن، شن و ماسه‌ای	1.73	
	Concrete block — بلوک بتنی		
	Sand aggregate 100 mm — ماسه فشرده ۱۰۰ میلی‌متر		7.95
	Sand aggregate 200 mm — ماسه فشرده ۲۰۰ میلی‌متر		5.11
	Sand aggregate 30 mm — ماسه فشرده ۳۰۰ میلی‌متر		4.43
	Cinder aggregate 100 mm — سیمان فشرده ۱۰۰ میلی‌متر		5.11
	Cinder aggregate 200 mm — سیمان فشرده ۲۰۰ میلی‌متر		3.29
	Cinder aggregate 300 mm — سیمان فشرده ۳۰۰ میلی‌متر		3.01
	Gypsum plaster 13 mm — روکش گچ ۱۳ میلی‌متر		17.72
	Tille, hollow clay 100 mm — کاشی، سفال توخالی ۱۰۰ میلی‌متر		5.11
	Tille, hollow clay 150 mm — کاشی، سفال توخالی ۱۵۰ میلی‌متر		3.75
چوب‌ها	Tille, hollow clay 200 mm — کاشی، سفال توخالی ۲۰۰ میلی‌متر		3.07
	Maple, oak, similar hardwoods — افرا ــ بلوط، چوب‌های سخت مشابه	0.16	
	Fir, pine, similar softwoods — کاج ــ سرو ــ چوب‌های نرم مشابه	0.12	
	Plywood 13 mm — تخته سه لا ۱۳ میلی‌متر		9.09
بام	Plywood 19 mm — تخته سه لا ۱۹ میلی‌متر		6.08
	Asphalt poll roofing — آسفالت رولی (ایزوگام)		36.91
مواد عایق	Built-up roofing 9 mm — روکش آسفالت بام ۹ میلی‌متر		17.03
	Blanket or batt, mineral or glass fiber — مواد پتویی، پشم شیشه یا پشم معدنی	0.039	
	Board or slab — تخته یا تخته سنگ		
	Cellular glass — شیشه متخلخل	0.058	
	Corkboard — ورق چوب پنبه	0.043	
	Glass fiber — پشم شیشه	0.036	
	Expanded polystyrene (smooth) — پلی استیرن منبسط شده (صاف)	0.029	
	Expanded polystyrene (cut cell) — پلی استیرن منبسط شده (قطعه‌ای)	0.036	
	Expanded polyurethane — پلی‌یورتان منبسط شده	0.025	
	Sawdust or shavings — خاک اره یا پوشال	0.065	
	Mineral wool (rick, glass, slag) — پشم معدنی (سنگ ــ شیشه ــ سرباره)	0.039	
ضرایب هدایت سطح	Redwood bark — پوست چوب قرمز	0.037	
	Wood fiber (soft woods) — الیاف چوب (چوب‌های نرم)	0.043	
	Still air — هوای ساکن		9.37
	Moving air (3.35 m/s or 12 km/h) — هوای متحرک (۱۲km/h یا ۳/۳۵m/s)		22.70
	Moving air (6.7 m/s or 24 km/h) — هوای متحرک (۶/۷m/s یا ۲۴km/h)		34.10
	Single pane — یک جداره		6.42
شیشه‌ها	Two pane — دو جداره		2.61
	Three pane — سه جداره		1.65
	Four pane — چهار جداره		1.19

Adapted form ASHRAE Data Book, Fundamentals Volume, 1972 Edition, by permission of the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

۱ــ۱۲ــ بارسرمایی دیوارها و سقف و کف

بار سرمایی دیوارها، سقف و کف عبارت از میزان گرمایی است که به طریق هدایت، از سطوح خارجی به فضای سردخانه وارد می‌شود. به دلیل این‌که عایق گرمایی مطلق وجود ندارد هنگامی که دمای داخل کمتر از دمای خارج باشد مقدار گرما از خارج به داخل به وسیله دیوارها وارد می‌شود. در سردخانه‌های تجاری، کاربردهای تهویه مطبوع، بار سرمایی سطوح خارجی قسمت عمده بار برودتی را تشکیل می‌دهد.

H مقدار گرمایی که در واحد زمان از دیوارهای سردخانه به داخل عبور می‌کند از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$H = UA(t_0 - t_i)$$

t_i دمای داخل سردخانه به درجه سانتی‌گراد ($^\circ C$)

t_0 دمای هوای بیرون و محل نصب سردخانه به درجه سانتی‌گراد ($^\circ C$)

A سطح دیوارهای خارجی به متر مربع (m^2)

U ضریب کلی انتقال گرما به وات بر متر مربع بر درجه سانتی‌گراد $\frac{W}{m^2.^\circ C}$

مقدار U به ضخامت دیوار و جنس مواد تشکیل‌دهنده دیوار بستگی دارد بنابراین هر چه مواد به کار رفته عایق‌تر و ضخامت بیشتری داشته باشند مقدار گرمای انتقال یافته از سطوح کمتر خواهد بود.

در جدول ۱ــ۱۲ مواد و مصالح معمول در سردخانه با توجه به قابلیت هدایت گرمایی آن‌ها معرفی شده است.

در سردخانه برای محاسبه U اغلب ماده عایق به کار رفته در دیوارها در نظر گرفته می‌شود و از تأثیر سایر مواد و محاسبه آن‌ها صرف‌نظر می‌شود. در جدول ۲ــ۱۲ مقدار U را با توجه به جنس عایق و ضخامت عایق می‌توان به دست آورد.

جدول ۲ــ۱۲ــ ضریب هدایت گرمایی U برای دیوارها، سقف و کف سردخانه با توجه به ضخامت عایق بر حسب $\frac{W}{m^2.^\circ K}$

ضخامت عایق	قابلیت هدایت حرارتی عایق							
(میلی‌متر)	0.025	0.030	0.030	0.040	0.045	0.050	0.055	0.60
25	0.732	0.834	0.931	1.013	1.091	1.163	1.229	1.289
50	0.420	0.489	0.556	0.617	0.675	0.731	0.784	0.834
75	0.295	0.346	0.397	1.443	0.489	1.533	0.576	0.617
100	0.227	0.267	0.308	0.346	0.383	0.420	0.455	0.489
125	0.182	0.218	0.252	0.283	0.315	0.346	0.376	0.405
150	0.153	0.184	0.213	0.240	0.267	0.294	0.320	0.346
175	0.136	0.159	0.185	0.208	0.232	0.256	0.279	0.302
200	0.119	0.140	0.163	0.184	0.206	0.227	0.247	0.267

مثال: در صورتی که سطوح خارجی سردخانه $۱۱۶m^2$ دمای داخل سردخانه $۴^\circ C$ و دمای خارج $۳۵^\circ C$ باشد مقدار گرمای وارد شده به سردخانه را از طریق سطوح خارجی حساب کنید اگر در ساختمان دیواره‌های سردخانه ۱۲۵ میلی‌متر عایق پلی‌ارتان استفاده شده باشد.

حل:

از جدول ۱ــ۱۲ مقدار k را برای عایق پلی یورتان ۰/۰۲۵ به دست می‌آوریم در جدول ۲ــ۱۲،با توجه به ضخامت ۱۲۵mm عایق $k = ۰/۰۲۵ \frac{W}{m.^\circ k}$ مقدار $U = ۰/۱۸۲ \frac{W}{m^2.^\circ k}$ خواهد شد. بنابراین مقدار گرمای وارد شده به سردخانه از طریق جدارها

خواهد بود.

$$H = UA(t_{\circ} - t_i)$$

$$H = ۰/۱۸۲ \times ۱۱۶(۳۵ - ۴)$$

$$H = ۶۵۴/۵ \ W$$

۲ــ۱۲ــ بارسرمایی تعویض هوا

هنگامی که در فضای سردشونده‌ای باز می‌شود مقداری از هوای گرم بیرون جایگزین هوای سرد می‌گردد گرمایی که از هوای گرم بیرون گرفته می‌شود تا دما و رطوبت آن به شرایط داخل فضا برسد، قسمتی از بارسرمایی کل دستگاه‌های سردکننده می‌باشد و بارسرمایی تعویض هوا نامیده می‌شود.

چون در یخچال‌های تجاری به درزگیرهای خوب مجهز است درز اطراف درها کاملاً آب‌بندی می‌شود و نشت هوا از اطراف درهای دستگاه‌های سردکننده خیلی کم است. بنابراین تعویض هوا معمولاً به بازوبسته شدن درها محدود می‌شود.

به حداقل رساندن یا جلوگیری از نشت هوا از طریق درز اطراف درها و سایر شکاف‌ها از خارج به داخل یخچال‌ها و فریزرها اهمیت زیادی دارد زیرا چنین بارهایی ممکن است تأثیر محسوسی روی بارسرمایی نداشته باشد ولی بخار آبی که در درزها تقطیر و غالباً به یخ تبدیل می‌شود می‌تواند خیلی زیان‌آور باشد و باید از آن جلوگیری شود.

در طراحی یک سیستم تبرید خوب علاوه بر استفاده از درهای کاملاً چفت شده و درزگیری شده از سیستم‌های گرمکن الکتریکی برای جلوگیری از تقطیر و یخ بستن آب در آن‌ها پیشنهاد می‌شود.

برای محاسبه بارسرمایی تعویض هوا می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد.

$$H = Q(ho - hi)$$

hi = انتالپی یا گرمای کلی هوای داخل بر حسب $\frac{kJ}{L}$ (کیلو ژول بر لیتر)

ho = انتالپی یا گرمای کلی هوای خارج بر حسب $\frac{kJ}{L}$ (کیلو ژول بر لیتر)

Q = مقدار هوای تعویض شده بر حسب $\frac{L}{S}$ (لیتر بر ثانیه)

که مقادیر $(ho - hi)$ و Q از را طریق جدول‌های مربوطه می‌توان به‌دست آورد.[۱]

مثال: شدت نفوذ هوا به فضای سردخانه $۸\frac{L}{S}$ است اگر $ho - hi$ بدست آمده از جدول $۰/۰۶\frac{KJ}{L}$ باشد بارسرمایی تعویض هوا را محاسبه کنید.

$$H = Q(ho - hi)$$

$$= (۸\frac{L}{S})(۰/۰۶\frac{kJ}{L}) = ۰/۴۸\frac{kJ}{L} \text{ یا } ۰/۴۸ \ kW$$

۳ــ۱۲ــ بارسرمایی محصول

بارسرمایی محصول گرمایی است که برای کاهش دمای محصول تا حد موردنظر، از محصول سردشونده گرفته می‌شود. اصطلاح محصول به تمامی موادی که دمای آن‌ها به وسیله دستگاه‌های سردکننده کاهش می‌یابد اطلاق می‌شود و تنها شامل مواد غذایی نمی‌شود بلکه موادی نظیر بلوک‌هایی بتنی پلاستیک جعبه‌های نگهداری مواد غذایی را نیز دربر می‌گیرد.

اگر محصول قبل از ورود به سردخانه، تا دمای نگهداری سرد شود نیازی به در نظرگرفتن بار سرمایی آن نمی‌باشد ولی وقتی محصول در دمایی بالاتر از دمای نگهداری وارد سردخانه شود بایستی مقداری گرما از محصول گرفته شود تا دمای محصول به دمای سردخانه برسد در این صورت گرمای گرفته شده نیز به صورت قسمتی از بارسرمایی دستگاه سردکننده در نظر گرفته شود. در مواردی برای سردکردن محصول تا دمای نگهداری از اتاق سردکن استفاده شود و اگر اتاق سردکن مجدداً با محصول گرم پرشود نیز بار محصول جزیی از بارهای سرمایی دستگاه‌های

۱ــ این جدول‌ها در کتاب‌های مرجع وجود دارد در صورت نیاز به منابع مربوطه مراجعه نمایید.

سردکننده محسوب می‌شود.

برای محاسبه بارمحصول از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$H = \frac{mc \quad \Delta t}{\text{زمان سردکردن برحسب ثانیه}}$$

Δt = اختلاف دمای محصول با دمای نگهداری درسردخانه برحسب $^{\circ}C$

c = گرمای ویژه محصول برحسب $\frac{kJ}{kg.^{\circ}C}$

m = جرم محصول بر حسب kg

مثال: روزانه ۳۵۰۰ کیلوگرم گوشت تازه گاو با دمای $39^{\circ}C$ به سردکنی وارد می‌شود و تا $7^{\circ}C$ سرد می‌شود عمل سردشدن در مدت ۲۰ ساعت انجام می‌گیرد بارسرمایی محصول را حساب کنید.

$$H = \frac{m.c.\Delta t}{\text{زمان برحسب ثانیه}}$$

$$H = \frac{۳۵۰۰(kg) \times ۳/۱۴(\frac{kJ}{kg^{\circ}C}) \times (۳۹-۷)(^{\circ}C)}{۲۰ \times ۳۶۰۰(s)}$$

$$H = ۴/۸۸(kW)$$

ـ گرمای ویژه محصول، دمای نگهداری، مدت زمان نگهداری و اطلاعات دیگر در زمینه نگهداری مواد در جداول ۳ـ۱۲ تا ۵ـ۱۲ آمده است که برای محاسبه بارسرمایی محصول می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۴ـ۱۲ـ بارهای سرمایی متفرقه

بارهای متفرقه در برگیرنده تمام منابع گرمایی مختلف می‌شود و عمده‌ترین آن‌ها افراد و وسایلی نظیر لامپ‌ها یا سایر تجهیزات الکتریکی می‌باشند که در داخل فضای سردشونده وجود دارد.

هر فرد بسته به دمای سردخانه از ۲۱۱W تا ۴۰۷ وات در مدت ۲۴ ساعت گرما به محیط اضافه می‌کند، لامپ و وسایل الکتریکی بار توان مصرفی خود بار سرمایی بر روی دستگاه سردکننده وارد می‌کنند.

$$\text{وسایل الکتریکی } H = \frac{\text{ساعت کارکرد} \times \text{توان}}{\text{۲۴ ساعت}}$$

$$\text{افراد } H = \frac{\text{ساعت حضور} \times \text{گرمای معادل هر نفر} \times \text{تعداد نفرات}}{\text{۲۴ ساعت}}$$

۵ـ۱۲ـ محاسبه بارسرمایی سردخانه‌ها از روش کوتاه

آنچه در مورد بارهای سرمایی سردخانه گفته شد مبنای محاسبه بارسرمایی سردخانه می‌باشند. برای محاسبه دقیق باید بارسرمایی سطوح خارجی ـ بارسرمایی محصول، بارسرمایی نفوذ هوا و بارسرمایی متفرقه به طور جداگانه برای سردخانه محاسبه می‌شود جمع بارهای سرمایی مبنای انتخاب دستگاه سردکننده قرار می‌گیرد ـ با توجه به هدف‌های آموزشی در دوره هنرستان محاسبه باربرودتی ـ روش کوتاه و تخمینی در این فصل آورده شده است.

نمودار شکل ۱ـ۱۱ برای برآورد سریع بارسرمایی سردخانه‌های کوچک تا حجم ۵۵۰ متر مکعب تهیه و تنظیم شده است در منحنی مذکور در ستون سمت چپ، مقادیر سطح کل خارجی سردخانه برحسب متر مربع قید شده و در قسمت افقی پایین نمودار بار سرمایی برحسب کیلو وات (kW) نوشته شده است. استفاده از نمودار مذکور جهت برآورد سریع بار سرمایی سردخانه بسیار ساده می‌باشد به طوری‌که مقدار سطح کل خارجی سردخانه را از ستون سمت چپ انتخاب و به طور افقی خطی ترسیم می‌کنیم تا خط مورب (خط بار) را قطع نماید از محل تقاطع به طور عمود حرکت کرده و مقدار بارسرمایی برحسب kW را روی محور افقی قرائت می‌کنیم. یادآوری چند نکته در استفاده از این نمودار لازم است :

۱ـ نمودار مذکور برای سردخانه‌های پیش ساخته تا حجم ۵۵۰ متر مکعب تهیه و تنظیم شده است.

۲ـ نمودار براساس $32^{\circ}C$ دمای محیط طراحی گردیده است.

۳ـ ساعات کار تجهیزات براساس ۱۶ تا ۱۸ ساعت در

جدول ۳ــ۱۲

اطلاعات طراحی برای سرد خانه گوشت

گوشت‌ها	نوع نگهداری	شرایط طرح سالن: دما — توصیه شده °C	دما — محدوده مجاز °C	رطوبت نسبی — توصیه شده %	رطوبت نسبی — محدوده مجاز %	نسبت رطوبت (g/kg)	بیشترین مدت نگهداری °C	اطلاعات سرمایش: دمای محصول — آغاز	دمای محصول — پایان	زمان ساعت	ضریب سرد کردن	گرمای نهان محصول kJ / g.24h	گرمای ویژه kJ/kg K — قبل از انجماد	گرمای ویژه kJ/kg K — بعد از انجماد	گرمای نهان ذوب kJ / kg	درصد آب ٪	نقطه انجماد °C	بیشترین سرعت حرکت هوا در اتاق m / s	نوع یونیت
ژامبون	Short	12.75	10-15.5	65	55-65	5.95	15 days					5.81	2.09	1.25	69	20		0.75	S or B
	Hardening	- 2.25	(-2.25)-(-1.0)	75	70-80	2.34						2.79						0.45	B
	Slicing room	10.00	10-12.75	40	35-40	3.04												0.30	S or B
گوشت گاو سرمایش و نگهداری	Chill start	3.25		85[b]		4.11		37.75	6.75	24	0.56	7.74	3.14	1.67	228	72	-0.5	1.25	B
	Chill finish	0.5		85[b]		3.31						11.60						0.45[d]	
گوشت گاو ــ خشک	Long	12.75	12.75-15.5	65	65-70	5.95	6 mo					0.23	0.92-1.42	0.79-1.09	16-51	5-15		0.75	S or B
گوشت گاو ــ تازه	Short	1.75	1.75-4.50	87[b]	85-90	3.71	3 wks	37.75	6.75	18	0.67	11.60	3.14	1.67	228	72	-0.5	0.30	S or B
	Long	- 1.0	(-1.00)-0	87[b]	85-90	2.97						3.95						0.30	B
	Chill start			87		5.47						51.10						1.25	B
	Chill finish	- 1.0		87		2.97						3.95						0.75[d]	
گوشت نمک سود	Short	4.5	4.5-7.25	85	80-85	4.42	6 mo					2.32	3.14					0.75.	S or B
	Long	- 0.5	(0.5)-0	85	80-85	3.04						1.86						0.75	B
گوشت تکه شده	Short	1.0	1.0-3.25	87[a]	85-90	3.54	5 days					13.00	3.01	1.67	221	65	-1.75	0.30	S
ماهی منجمد یخی	Long	-18.0		85[c]	80-85	6.64	6 mo					0.23	3.18	1.72	235	70	-2.25	1.25	S or B
	Short	1.0	1.0-3.25	85[c]	80-85	3.47						13.25						0.45	S or B
	Long	-1.0	(-1.0)-0	85[a]	80-85	2.91	15 days					0.93						0.45	S or B
ژامبون و گوشت راسته تازه	Short	1.0	1.0-3.25	85[a]	85-87	3.47	3 wks					7.90	2.85	1.59	201	52	0.5	0.30	S or B
	Long	- 2.0	(-2.25)-(-1.0)	85[b]	85-87	2.64						4.18						0.30	B
	Short	12.75	10-15.0	65	55-65	5.95						3.02	2.50	1.34		57		0.75	S or B
دودی	Chill starts	15.5		70		7.70		40.5	1.14	8	1.00	11.60						0.75	S or B
	Chill finish	12.75		70		6.40						0.70						0.45[d]	
خوک ۱۸ ساعت سرمایش ۴ ساعت سرمایش	Chill start	7.25		85		5.35		40.5	1.75	18	0.67	55.80	2.85	1.59	201	60	-2.75	1.25	B
	Chill finish	- 1.0		85		2.91						4.42						0.75	
	Chill start	3.25		90		4.36		40.5	1.75	14	0.67	53.50						1.25	B
	Chill finish	- 2.25		90		2.81						4.42						0.75[d]	
بره	Short	1.0	1.0-3.25	90	85-90	3.68	2 wks	37.75	4.5	5	0.75	7.90	2.80	1.26	194	58	-1.75	0.30	S or B
	Long	- 2.25	(-2.25)-(-1.0)	90[b]	85-90	2.81						3.02						0.30	B
	Chill start	7.25		90		5.65						44.20						1.25	B
	Chill finish	- 1.0		90		3.08						3.02						0.45[d]	

ادامه جدول ۳ــ۱۲

دل و جگر	Chill start Chill finish	4 5 0		85 85		4.42 3 18		32 25	1.75	18	0.70	48.80 3.02	3.14	1.76	239	72		0.75 0.45[d]	S or B
صدف در پوست	Short Long Short Long	1 75 0 1.75 0	1.75-4.5 0-3 25 1.75-4.5 0-3 25	90[c] 90[c] 70 70	85-90 85-90 70-75 70-75	3.82 3.38 2 97 2.65	15 days 10 days					9.76 1.16 5.35 0.46	3 47 3.77	1.84 1.92	270 291	80.4 87	-2.75 -2.75	0.45 0.45 0.25 0.75	S B S S or B
گوشت خوک (تازه)	Short	1 0	1 0-3 25	85	85-90	3 47	15 days					7.90	2.85	1.59	201	60	-2.25	0.45	S or B
ماکیان (طیور) تازه منجمد خیس برداشته شده	Long Long Chill starts Chill finish	- 2.25 -18.0 7 25 0	(-2.25)-(-1 0)	87[b] 85 85 85	85-90 85-90	2.71 0 664 5 35 3.18	10 days 10 mo	29.5	4.5	5	1 00	0.93 0 46 39 50 0.93	3.18	1.55	246	74	-2.75	0.30 0.75 0 75 0.45	B S B
سوسیس و کالباس (نمک سود)	Short Long	4.5 0 5	4.5-7.25 (-0 5)-0	80[c] 80[c]	75-80 75-80	4.15 2.87	4 mo					0.46 0.	2.51					0.75 0.75	S or B B
سوسیس دودی	Short Chill start Chill finish	1 75 5 5 0	1.75-4.5	85[a] 80 80	80-90	3.60 4.51 3.01	48 h	21.0	1.75	2	1 00	10.00 20.90	3.56	2.34	200	60	-1.75	0.30 0.75 0.30[d]	S or B B
تازه	Short Chill start Chill finish	1.75 5 5 0	1.75-4.5	85[a] 85 85	85-90	3.60 4 80 3 18	7 days	21.0	1.75	2	1 00	10.00 20.90	2.07	2.34	216	65	-3.25	0.30 0.75 0.30[d]	S or B B
اطاق قصابی (Mfg)		12.75	12.75-15.5	40	35-40	3.64						0						0.30	S or B
دودی تابستان	Short Drying Long	4.5 10.0 0	1 75-4.5 9-13 25 0-1.0	85 70 70	80-90 65-80 70-75	4.42 5 31 2 65	6 mo 6-8 mo					7 44 11 60 4.65	3.56	2.34	200	60	-4	0.30 0.30 0.30	S or B B B
اطاق بسته‌بندی		7.25	7 25-10.0	85[b]	80-85	5.35						0						0.30	S or B
گوشت گوساله	Short Long Chill start Chill finish	1.0 - 2 25 7.25 - 1.0	1.0-3.25 (-2.25)-(-1 0)	87[b] 87[b] 90[b] 90[b]	85-90 85-90	3.54 2 71 5 65 3.08	15 days	37.25	4 5	6	0.75	8.37 3.02 48.80 3.02	1.65	1.63	212	63	-1.75	0.30 0.30 0.45 0 30[d]	S or B B B

جدول ۴ــ۱۲

سبزیجات	Type of Storage	Design Room Conditions: Temperature: Recommended °C	Design Room Conditions: Temperature: Permissible Range °C	Design Room Conditions: Relative Humidity: Recommended %	Design Room Conditions: Relative Humidity: Permissible %	g/kg At Recommended Conditions	Maximum Storage Period	Chilling Data: Product Temp. °C: Start	Chilling Data: Product Temp. °C: Finish	Chilling Data: Time Hours	Chilling Data: Rate Factor	Est. Prod. Latent Heat kJ/kg 24 Hours	specific Heat kJ/kg K: Before Freezing	specific Heat kJ/kg K: After Freezing	Latent Heat of Fusion kJ/kg	Water Content %	Freezing Point °C	Maximum Room Air Motion m/s	Type of Unit Preferred
مارچوبه	Short	4.5	4.5-7.25	90	85-90	4.68	30 days	15.5	1.0	24	0.90	13.90	3.81	2.05	314	94.0	−1.25	0.45	S
	Long	0	0-2.25	90[a]	85-90	3.38						1.16						0.30	S or B
	Chill start	4.5		85		4.42						30.20						0.75	S or B
	Chill finish	0.5		85		3.31						1.16						0.30[d]	
حبوبات سبز	Short	4.5	4.5-7.25	90	85-90	4.68	30 days	26.5	1.75	20	0.67	6.97	3.64	1.97	277	83.0	−1.25	0.45	S
	Long	0.5	0-4.5	90[a]	85-90	3.51						1.63						0.30	S or B
	Chill start	4.5		85		4.42						34.90						0.75	S or B
	Chill finish	0.5		85		3.31						1.63						0.30[d]	
نوعی لوبیا	Short	4.5	4.5-7.25	90	85-90	4.68	15 days shelled					6.97	3.26	1.51	230	68.5	−2.00	0.45	S
	Long	0.5	0-4.5	90[a]	85-90	3.51	30 days unshelled					1.39						0.30	S or B
چغندر قند	Short	4.5	4.5-7.25	90	85-90	4.68	1-3 mo					4.65	3.77	2.01	300	90.0	−2.75	0.45	S
	Long	0	0-2.25	95	95-98	3.57						0.70						0.30	S or B
چغندر	Short	4.5	4.5-7.25	90	85-90	4.68	10-14 days	21.0	1.0	24	0.80	6.97	3.77	2.01	300	90.0	−0.5	0.45	S
	Long	0	0-0.25	90[a]	85-90	3.38						0.93						0.30	S or B
	Chill start	4.5		90		4.68						39.50						0.75	S or B
	Chill finish	0		90		3.38						0.93						0.30[d]	
گل کلم	Short	4.5	4.5-7.25	90	90-95	4.68	7-10 days	26.75	1.0	24	0.80	9.30	3.77	2.01	314	93.0	−1.5	0.45	S
	Long	0	0-1.75	90	90-95	3.38						1.16						0.30	S or B
	Chill start	4.5		90		4.68						32.50						0.75	S or B
	Chill finish	0.5		90		3.51						1.16						0.30[d]	
کلم دلمه‌ای	Short	4.5	4.5-7.25	95	90-95	4.92	3-4 wks	26.75	1.0	24	0.80	11.60	3.81	2.05	316	94.5	-0.5	0.45	S
	Long	0.5	0-1.75	95[b]	90-95	3.71						1.16						0.30	S or B
	Chill start	4.5		90		4.68						32.5						0.75	S or B
	Chill finish	0.5		90		3.51						1.16						0.30[d]	
کلم برگ	Short	1.75	1.75-4.5	95	90-95	4.02	3-4 mo	21.0	1.0	24	0.80	16.30	3.89	1.97	307	91.5	-0.5	0.45	S or B
	Long	0	0-2.25	95[b]	90-95	3.57						1.16						0.30	S or B
	Chill start	4.5		90		4.68						39.50						0.75	S or B
	Chill finish	0		90		3.38						1.16						0.30[d]	
هویج	Short	4.5	4.5-7.25	90	85-90	4.68	4-5 mo					4.65	3.89	1.88	293	88.0	-0.75	0.45	S
	Long	0	0-2.25	95	95-98	3.57						0.70						0.30	S or B

ادامه جدول ۴ــ۱۲

هویج	Short	4.5	4.5-7 25	90	85-90	4.68	10-14 days	21.0	1 0	24	0.80	9.30	3 60	1.88	293	88.0	-0 5	0 30	S
	Long	0	0-2.25	90[b]	85-90	3 38						1 16						0 30	S or B
	Chill start	4 5		90		4.68						39 50						0 75	S or B
	Chill finish	0		90		3.38						1 16						0.30[d]	
گل کلم	Short	1.75	1.75-4 5	90	85-90	3 82	2-3 wks	21.0	1 0	24	0.80	9.30	3.77	1.92	309	92 5	-1 0	0 45	S
	Long	0	0-2 25	90[a]	85-90	3.38						0 70						0 30	S or B
	Chill start	4.5		90		4.68						39.5						0.75	S or B
	Chill finish	0		90		3.38						0 70						0 30[d]	
کرفس	Short	1.75	1.75-4.5	90	90-95	3 82	2-4 mo					9.30	3.81	1 92	316	94 5	-1.25	0.45	S
	Long (welled)	0	-0.5-0	90[a]	90-95	3 38						2.32						0.30	S or B
ذرت (سبز)	Short	1 75	1.75-4.45	90	85-90	3.82	4-8 days	21.0	21 0	24	0 80	16.30	3.60	1.59	251	75.5	-1.75	0.45	S
	Long	0	-5.5-0	90[a]	85-90	3.38						1 16						0.30	S or B
	Chill start	4.5		85		4.42						39.50						0 75	S or B
	Chill finish	0		85		3.18						1 16						0.30[d]	S or B
خیار	Short	10	10-15.5	85	80-85	6.45	10-14 days	1.0	1 0	24	1 0	6.97	3.89	2.01	318	95 5	-0.75	0.45	S
	Long	7.25	7.25-10	85	80-85	5.35						0 46						0 45	S or B
	Chill start	15		80		8 81						30.20						1 25	S or B
	Chill finish	10		80		6.08						0.46						0 75[d]	
کاسنی فرنگی	Short	1.75	1.75-4 5	90	90-95	3.82	2-3 wks					9.30	3.77	1.92	316	89.0	-0.5	0 45	S
	Long (iced)	1 75	0-2.25	90[a]	90-95	3.82						2.32						0 45[d]	S or B
کاهو	Short	1.75	1 75-4.5	90	90-95	3.82	2-3 wks					16.3	3.77	1 92	316	89 0	-0.5	0.45	S
	Long (iced)	1.75	0-2 25	90[a]	90-95	3.82						2.32						0.30	S or B
هندوانه	Short	7 25	7 25-10	85	75-85	5.35	2-4 wks					6.97	3 81	1 92	267	85 0	-1.75	0.45	S
	Long	2.25	2.25-4 5	85[a]	75-85	3.74						0 46						0 75	
آب هندوانه	Long	0	0-1.75	85	75-85	3.18	7-10 days	26 75	1 0	24	0.90	0 46	3.81	1 97	298	89.0	-1.75	0 45	S or B
	Chill start	4 5		85		4 42						32 50						1 25	S or B
	Chill finish	0		85		3 18						0.46						0 75[d]	
پیاز	Short	10	10-15 5	75	70-75	5.71	6-8 mo	21.0	1.0	24	0.30	4 65	3 81	2.13	302	89 0	-1.0	0.75	S
	Long	0	0-2.25	75	70-75	2 82						0 46						0 75	S or B
	Chill start	4 5		75		3.92						23 20						1 25	S or B
	Chill finish	0		75		2.82						0 46						0 75[d]	
زردک (نوعی هویج)	Short	1.75	1.75-4.5	95	90-95	4.02	2-4 mo	21.0	1 1	24	0 80	9 29	3.60	1.84	277	83.0	-1.75	0 30	S
	Long	0	0-2.25	95[b]	90-95	3 57						1.16						0 30	S or B
	Chill start	4.5		90		4.68						39 50						0.75	S or B
	Chill finish	0		90		3.38						1.16						0 45[d]	
لوبیا (سبز)	Short	1 75	1.75-4.5	90	85-90	3.82	1-2 wks	26 75	1.0	20	0 67	6.97	3 43	1 88	249	80.0	1 75	0 45	S
	Long	0	0-2 25	90[b]	85-90	3.38						1 16						0 45	S or B
	Chill start	4 5		85		4 42						32 50						0 75	S or B
	Chill finish	0.5		85		3 31						1 16						0 45[d]	

ادامه جدول ۴ــ۱۲

سبزی‌ها	Type of Storage	Design Room Conditions: Temperature: Recommended °C	Design Room Conditions: Temperature: Permissible Range °C	Design Room Conditions: Relative Humidity: Recommended %	Design Room Conditions: Relative Humidity: Permissible %	g/kg At Recommended Conditions	Maximum Storage Period	Chilling Data: Product Temp. °C: Start	Chilling Data: Product Temp. °C: Finish	Chilling Data: Time Hours	Chilling Data: Rate Factor	Est. Prod. Latent Heat kJ/kg 24 Hours	specific Heat kJ/kg K: Before Freezing	specific Heat kJ/kg K: After Freezing	Latent Heat of Fusion kJ/kg	Water Content %	Freezing Point °C	Maximum Room Air Motion m/s	Type of Unit Preferred
سیب‌زمینی (خوراکی)		10	10-21	85	85-90	6.45						6.97	3.60	1.97	263	78.5	-1.75	0.75	S
سیب‌زمینی (بذری)		2.25	2.25-10	85[a]	85-90	3.37						1.16					-1.75	0.75	S or B
کلم ترشی	Short	7.25	7.25-10	80	75-80	5.04						6.97	3.85	2.14	298	89.0	-3.5	0.75	S
	Long	-1.0	(-1.0)-0	80[c]	75-80	2.74	5 mo					0.46						0.45	B
اسفناج	Short	1.75	1.75-4.5	95	90-95	4.02						16.30	3.85	2.13	300	90.0	-1.0	0.45	S
	Long	0	0-2.25	95[a]	90-95	3.57	10-14 days					1.16						0.30	S or B
سیب‌زمینی تر و تازه	Short	12.75	12.75-15.5	85	80-85	7.78						6.97	3.60	0.42	237	78.0	-2.0	0.75	S
	Long	12.75	12.75-15.5	85[a]	80-85	7.78	4-6 mo					0.93						0.75	S or B
گوجه‌فرنگی (سبز)	Short	12.75	12.75-15.5	85	85-90	7.78						6.97	3.85	1.92	307	95.0	-0.75	0.45	S
	Long	12.75	12.75-15.5	85	85-90	7.78	3-5 wks					1.16						0.30	S or B
	Ripening	18.25	18.25-21	85	85-90	11.17						4.65						0.45	S
گوجه‌فرنگی رسیده	Chill start	21.00		85		13.32		26.75	1.0	34	1.0	32.50						0.75	S
	Chill finish	10		85		6.45						0.93						0.45[d]	
	Long	7.25	4.5-10	85[a]	85-90	5.35	7-10 days					6.97						0.45	S
شلغم	Short	1.75	1.75-4.5	95	95-98	4.02						9.30	3.77	1.88	298	89.5	-0.75	0.45	S
	Long	0	0-2.25	95[a]	95-98	3.57	4-5 mo					1.16						0.30	S or B
	Chill start	4.5		95		4.92		21.0	1.0	24	0.80	39.50						0.75	S or B
	Chill finish	0		95		3.57						1.16						0.30[d]	
سبزی‌ها (مخلوط)	Short	4.5	4.5-7.25	85[b]	85-90	4.42						11.60	3.77	1.88	302	90.0	-1.0	0.45	S
	Long	1.75	1.75-4.5	87[b]	85-90	3.71	2-4 mo					2.79						0.45	
	Chill start	10		90		6.85				18	0.70	53.50						0.75	S or B
	Chill finish	1.75		90		3.82		26.75	3.25			2.79						0.45[d]	S or B

جدول ۵ــ۱۲ اطلاعات طراحی برای سردخانه میوه‌جات

میوه‌ها	Type of Storage	Design Room Conditions: Temperature: Recommended °C	Temperature: Permissible Range °C	Relative Humidity: Recommended %	Relative Humidity: Permissible %	g/kg at Recommended Conditions	Maximum Storage Period	Chilling Data: Product Temp. °C: Start	Chilling Data: Product Temp. °C: Finish	Chilling Data: Time Hours	Chilling Data: Rate Factor	Est Prod. Latent Heat kJ/kg 24 Hours	Speific Heat kJ/kg K: Before Freezing	Speific Heat kJ/kg K: After Freezing	Latent Heat of Fusion kJ/kg	Water Content %	Freezing Point °C	Maximum Room Air Motion m/s	Type of Unit Preferred
سیب‌ها	Short	1 75	1 75-4 5	87	85-88	3.75	48 mo[1]	26.75	0	24	0 67	9.30	3.72	1.82	284	84	−1 75	0.45	S
	Long	- 1.0	(-1 0)-0	87[a]	85-88	2.97						0 46						0 30	B
	Chill start	4 5		85		4 42						55 79						0 75	B
	Chill finish	. 1 0		85		2 91						0.70						0.30	
زردآلوها	Short	1 75	1 75-4 5	85	80-85	3 60	7-14 days	26.75	0.5	20	0.67	9 30	3.85	2.1	284	85	-2.25	0 45	S
	Long	0	(-0 5)-0	85[a]	80-85	3 18						0 70						0.30	S or B
	Chill start	4 5		85		4.42						46.5						0.75	B
	Chill finish	0		85		3 16						0.70						0 30	
گیاه و میوه	Short	4 5	4.5-11 75	85[b]	85-90	4 42	10 days	26.75	3.75	22	0 67	10.46	3 81	2.1	316	94	- 2,75	0 45	S
	Long	3.25	2 75-11 75	85[b]	85-90	4.11						0 70						0 45	S
	Chill start	4 5		85		4 42						51 14						1.25	S
	Chill finish	0 5		85		3 31						0 70						0.45	
موزها	Ripening	21	16.75-21	95	90-95	14 95	10 days	Heating 20 0	13 25	12	0 1	4.65	3.77		251	75	(-3.25)	0 45	S
	Chill start	21		95		14 55						25.57					-(-1.0)	0.75	S
	Chill finish	13 5		90		8 57				13.3°- 12 1°		2 32						0.45	
	Holding green	13 5	13.25-15 5	92	90-95	8.75						2 32						0 45	S
	Holding ripe	13 5	13 25-15 5	87	85-90	8.28						2 32						0 45	S
توت‌ها	Short	1 75	1 75-4 5	85	80-85	3.60	3-10 days	26 75	1 0	20	0 67	14 64	3 77	2.1	279	84	(-2.25)	0 45	S or B
	Long	0	(0 5)-0	85[b]	80-85	3.18						0 70					(-1 0)	0 30	S or B
	Chill start	4 5		85		4.42						46 50						1 25	S or B
	Chill finish	0		85		3 18						0 70						0 30	
نوعی توت فرنگی	Short	2.25	2.25-4.5	85	85-90	3 77	1-3 mo	21 0	3 25	20	0 67	11.62	3 81	1.97	284	88	-2.75	0 45	S
	Long	2 25	2 25-4 5	85[b]	85-90	3 77						0.46						0.45	S or B
	Chill start	4 5		85		4.42						41.84						0.75	S or B
	Chill finish	2 25		85		3 74						0.46						0 45	
خرما	Short	1 75	1 75-4 5	70[c]	65-75	2 92	3-6 mo[1]					0 23	1 46		60	18	-15.5	0 75	S or B
	Long	-2 25	(-2 25)-0	70[c]	65-75	2 20						0 12						0.75	S or B
میوه‌های خشک شده	Short	1 75	1.5-4 5	70[c]	70-75	2 67	9-12 mo					0 23	1.9	1 34	100	30		0 75	S
	Long	0	0-2 25	70[c]	70-75	2 65						0.16						0 75	S or B
انجیر و خرما (تازه)	Short	4 5	4.5-10	75	65-75	3 92	15 days					11.62	2.97	1 84	270	90	-2 0	0 45	S
	Long	1 0	1 0-2 25	70	65-75	2.85						0.93						0 45	S
انگور	Short	1 75	1 75-4 5	85	80-85	3.60	3-8 Wks[1]	21.0	1.0	20	0 60	11 62	3 77	2 55	260	77	-2.0	0.45	S
	Long	-0 6	(0 5)-0	85[b]	80-85	3 04						0 93						0.45	S or B
	Chill start	4 5		85		4 42						32 54						0 25	S or B
	Chill finish	0		85		3 18						0.93						0.45	S or B

ادامه جدول ۵ــ۱۲

انگور	Short Long Chill start Chill finish	1 25 −1.0 4 5 0	1 75-4 5 (−1)-0	85 85[b] 85 85	85-90 85-90	3 60 2 91 4.42 3.18	3-6 mo	21 0	1 0	20	0.80	11 62 0.93 32 54 D 93	3.56	2 47	260	79	−4 25	0.45[a] 0 45 1.25 0.45[d]	S S or B S or B
گریپ‌فروت	Short Long Chill start Chill finish	4 5 0 4.5 0	4.5-7.25 0-1.0	90 85[b] 85 85	85-90 85-90	4.68 3.18 4.42 3 18	6-8 Wks	24 0	1 0	22	0.70	4 65 0.70 44.16 0.70	3.81	2.1	298	88	−2	0.45 0.45 1.25 0.45[d]	S S or B S or B
لیمو	Short Long Chill start Chill finish	12.75 12.75 15 5 12.75	12.75-15.5 [a] 12.75-15.5	85[b] 85[b] 85 85	85-90 85-90	7 78 7.78 9.35 7.78	1-4 mo	24.0	1.0	20	1 0	6 97 0.70 23.24 0.70	3.81	2 1	293	88	−2 25	0.45 0.45 1.25 0.45[d]	S S or B S or B
لیموترش	Short Long Chill start Chill finish	7 25 7.25 10.0 7 25	7 25-10 7.25-10	85[b] 90[b] 85 85	85-90 85-90	5.35 5.65 6.45 5.35	6-8 wks	24 0	8.25	20	0.90	9.30 0.46 32 54 0.46	3 81	2.1	293	88	−1.50	0.30 0.30 0.75 0 30[d]	S S or B S
پرتقال	Short Long Chill start Chill finish	4 5 0 4.5 0	4.5-7.25 0-1.0	85 85[b] 85 85	85-90 85-90	4.42 3.18 4.42 3.18	8-10 wks[f]	24 0	0	22	0.70	9 30 0.70 44.16 0 70	3 81	1 84	291	81	−2.0	0.45 0.45 1.25 0.45[d]	S S or B S or B
هلو	Short Long Chill start Chill finish	1.75 0 4.5 0	1.75-4.5 (−0.5)-0.5 (−0.5)-0.5	85[a] 85[b] 85 85	80-85 80-85	3.60 3.18 4.42 3.18	2-4 wks[f]	29.5	1.0	24	0.62	11.85 0.70 53.46 0.70	3 81	1 72	298	90	−1.5	0.30 0 30 0.75 0.30[d]	S B B
گلابی	Short Long Chill start Chill finish	1.75 0.5 4.5 0	1 75-4.5 (1.75)-(−0.5)	90[a] 90[b] 85 85	85-90 85-90	3.82 3.24 4.42 3.18	1-7 mo[f]	21.0	1.0	24	0.80	13.95 0.70 39.52 0.70	3.81	2.1	284	84	−2.25	0.30 0 30 0.75 0.30[d]	S B B
آناناس	Short Long ripe green Chill start Chill finish	4.5 4 5 10.0 7 25 3.25	4.5-7.25 4.5-7.25 10-15.5	85 85[b] 90[b] 85 85	85-90 85-90 85-90	4 42 4.42 6.85 5.35 4.11	2-4 wks 3-4 wks	29.5	4.5	3	0 67	6.97 0.23 0 23 55 79 0.23	3.77	2.1	298	88	−1.25 −1 75	0.75 0.75 0 75 1.25 0 75	S or B S or B S or B S or B
آلو	Short Long Chill start Chill finish	1.75 0 4.5 0	1.75-4 5 (−0 5)-1.0	85 85[b] 80 80	80-85 80-85	3.60 3.18 4.15 3 01	3-8 wks[f]	26.75	1.0	20	0.67	9.29 0.70 46 49 0.70	3.68	2	270	80	−2.25	0 45 0.45 1.25 0 45[d]	S S or B S or B
به	Short Long Chill start Chill finish	1.75 0 4.5 0	1.75-4.5 (−0.5)-1 0	85 85[b] 85 85	80-85 80-85	3.68 3.18 4 42 3.18	2-3 mo	26 75	0	24	0 67	9 29 0.70 55.79 0.70	3.77	2.1	284	85	−2.25	0.30 0 30 0 75 0.30[d]	S B

۲۴ ساعت در نظر گرفته شده است.

۴ــ اگر دمای محیط ۳۸°C و دمای سالن ۱/۵°C باشد. ۱۲٪ به مقادیر به‌دست آمده از نمودار اضافه می‌شود.

۵ــ اگر دمای محیط ۳۸°C و دمای سالن ۲۹°C− باشد. ۱۰٪ به مقادیر به‌دست آمده از نمودار اضافه می‌شود.

۶ــ بارسرویس سردخانه متوسط در نظرگرفته شده است.

۷ــ نوع عایق مصرفی پشم شیشه یا معادل آن می‌باشد.

۸ــ ضخامت عایق برای سالن‌های با دمایی ۱°C+ و بالاتر ۷۵(mm) میلی‌متر

ضخامت عایق برای سالن‌هایی با دمایی ۰/۵°C+ تا ۱۲°C− ۱۰۰ میلی‌متر

ضخامت عایق برای سالن‌های با دمایی ۱۵°C− تا ۲۳°C− ۱۵۰ میلی‌متر

ضخامت عایق برای سالنی با دمای ۲۹°C− برابر ۲۰۰ میلی‌متر لحاظ گردیده است.

با توجه به این‌که این نمودار با شرایط ذکر شده تهیه و تنظیم شده اگر شرایط مسئله در خصوص برآورد بارسرمایی با شرایط بالا هماهنگ باشد می‌توان از نمودار ارائه شده استفاده کرد در غیر این صورت بایستی بارسرمایی به روش معمول محاسبه شود.

شکل ۱ــ۱۲ــ برآورد بارسرمایی سردخانه

مثال: سطوح خارجی سردخانه ۱۶۰ مترمربع می‌باشد سردخانه در محیطی قرارگرفته است که دارای دمای ۳۲°C می‌باشد اگر دمای سردخانه ۱/۵°C و از ۷۵ میلی‌متر عایق پشم شیشه در سردخانه استفاده شده باشد. بارسرمایی سردخانه را تعیین کنید.

حل: عدد $160m^2$ را روی محور عمودی انتخاب می‌کنیم و با ترسیم خط افقی و برخورد آن با خط مورب به طور عمودی حرکت می‌کنیم عدد ۷kW را می‌خوانیم از آن جایی که شرایط مسأله با شرایط ذکر شده در نمودار مطابقت می‌کند عدد ۷kW جواب مسأله می‌باشد.

مثال: سطوح سردخانه‌ای $320m^2$ بوده و سردخانه در محیطی با دمای ۳۸°C واقع شده است دمای داخل سردخانه ۱/۵°C می‌باشد بارسرمایی را تعیین کنید.

حل: با انتخاب ۳۲۰ روی محور افقی و قطع خط افقی با

خط بار (مورب) عدد ۱۴/۵kW برای بارسرمایی به دست می‌آید با توجه به توضیحات جدول در موقعی که دمای خارج سردخانه ۳۸°C باشد باید ۱۲٪ به بار اضافه شود بنابراین

بارسرمایی = ۱۴/۵ + ٪۱۲ = ۱۶/۲۴kW

مثال: سردخانه‌ای به ابعاد خارجی ۱۰m × ۸m × ۴m مفروض است در صورتی که شرایط سردخانه با شرایط نمودار هماهنگ باشد بارسرمایی را حساب کنید.

سطح جانبی سردخانه = ۲(۱۰ + ۸) × ۴ = ۱۴۴m²

سطح سقف و کف = ۲(۱۰ × ۸) = ۱۶۰

سطح خارجی سردخانه = ۳۰۴

با عدد ۳۰۴ وارد نمودار می‌شویم و مطابق روش گفته شده عدد بارسرمایی را از محور افقی می‌خوانیم ۱۳/۵kW

در صورتی که دمای داخلی سردخانه ۲۹− و دمای هوای بیرون ۳۸°C فرض شود ۱۰٪ به بارسرمایی اضافه می‌شود.

بار سرمایی = ۱۳/۵ + ٪۱۰ = ۱۴/۸۵kW

برای کم‌کردن محاسبه و برآورد سریع بار سرمایی سردخانه از منحنی، با داشتن ابعاد سالن در سایزهای مختلف، برای دو ارتفاع ۳ متری و ۴ متری سطح کل خارجی سردخانه محاسبه و در جدول ۶ــ۱۲ آورده شده است. در ستون اول طول سالن برحسب متر، در ستون دوم عرض سالن برحسب متر و در ستون سوم سطح کل خارجی سالن برای ارتفاع سه‌متری برحسب متر مربع و در ستون چهارم سطح کل خارجی سالن برای ارتفاع چهارمتری برحسب متر مربع نوشته شده است.

برای مثال سطح کل خارجی سالنی به ابعاد ۴ × ۷ به ارتفاع ۳ متر برابر ۱۲۲ متر مربع می‌باشد اگر همین سالن دارای ارتفاع ۴ متر باشد سطح خارجی برابر ۱۴۴ متر مربع را دارد. و یا اگر ابعاد سالن ۱۰ × ۱۵ متر باشد سطح کل خارجی سالن برای ارتفاع ۳ متر ۴۵۰ متر مربع، و برای ارتفاع ۴ متر برابر ۵۰۰ متر مربع می‌باشد.

مثال: سردخانه‌ای به ابعاد ۱۰m × ۸m × ۴m جهت نگهداری بستنی ساخته شده است. عایق مصرفی از نوع پشم شیشه با ضخامت ۲۰۰mm می‌باشد. درجه حرارت محیط ۳۸°C بوده و بار سرویس متوسط فرض می‌شود بار برودتی سردخانه را از طریق منحنی (روش کوتاه) برآورد نمایید. درجه حرارت نهایی سردخانه ۲۹°C− می‌باشد.

حل: از جدول ۱ــ۱۲ با داشتن ابعاد سردخانه، سطح کل خارجی ۲۸۴ متر مربع انتخاب می‌شود مقدار سطح را از قسمت عمودی سمت چپ منحنی انتخاب کرده به طور افقی حرکت می‌کنیم پس از برخورد با خط بار از محل تقاطع به سمت پایین رفته تا بار برودتی ۱۲/۹kW انتخاب شود. با توجه به شرایط داخل و خارج به مقدار ده درصد به مقدار فوق اضافه نموده تا بار برودتی مورد نیاز سردخانه انتخاب شود.

۱۲/۹ + ٪۱۰ = ۱۴/۱۹kW

مثال: سردخانه‌ای به ابعاد ۱۰m × ۱۵m به ارتفاع ۴ متر جهت نگهداری گوشت ماهی در دمای ۱۸°C− در نظر گرفته شده است دمای محیط برابر ۳۰°C می‌باشد مطلوبست برآورد باربرودتی سردخانه. در ضمن نوع عایق و ضخامت آن را ذکر نمایید. زمان کارکرد دستگاه‌ها را ۱۶ ساعت در ۲۴ ساعت و بار سرویس را متوسط در نظر بگیرید.

حل: با توجه به دمای داخل سردخانه نوع عایق پیش‌نهادی ۱۰۰ میلی‌متر پلی‌یورتان معادل ۱۵۰mm پشم شیشه می‌باشد. سطح کل خارجی سردخانه با ابعاد ذکر شده از جدول بدون محاسبه ۵۰۰m² بدست می‌آید برای برآورد بار، مقدار سطح را از ستون سمت چپ جدا نموده وارد نمودار می‌شویم از محل تقاطع با خط بار به سمت پایین حرکت کرده و مقدار بار برودتی را انتخاب می‌کنیم که می‌شود ۲۲/۵kw .

مثال: سردخانه‌ای به ابعاد ۶m × ۴m به ارتفاع ۳m با عایق پشم‌شیشه به ضخامت ۱۰۰ میلی‌متر پوشش داده شده است. دمای محیط ۳۲°C و دمای سالن ۲°C− بوده که برای نگهداری خرما لحاظ گردیده است. اگر زمان سردشدن ۱۸ ساعت و بار سرویس متوسط در نظر گرفته شود بار برودتی سردخانه را از روش کوتاه (منحنی) برآورد نمایید.

حل: از جدول ۶ــ۱۲ با معلوم بودن ابعاد سردخانه، سطح کل خارجی برابر ۱۰۸ متر مربع به‌دست می‌آید از نمودار ۱ــ۱۲

جدول ۶ــ۱۲ــ محاسبه سطح خارجی سردخانه براساس ارتفاع ۳ و ۴ متری

طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع ۳ متر	ارتفاع ۴ متر
2	2	32	40
2.5	2	37	46
3	2	42	52
3.5	2	47	58
4	2	52	64
4.5	2	57	70
5	2	62	76
6	2	72	88
7	2	82	100
2.5	2.5	42.5	52.5
3	2.5	48	59
3.5	2.5	53.5	65.5
4	2.5	59	72
4.5	2.5	64.5	78.5
5	2.5	70	85
5.5	2.5	75.5	91.5
6	2.5	81	98
6.5	2.5	86.5	104.5
7	2.5	92	111
7.5	2.5	97.5	117.5
8	2.5	103	124
9	2.5	114	137
3	3	54	66
3.5	3	60	73
4	3	66	80
4.5	3	72	87
5	3	78	94
5.5	3	84	101
6	3	90	108
6.5	3	96	115
7	3	102	122
7.5	3	108	129
8	3	114	136
8.5	3	120	143
9	3	126	150
10	3	138	164
11	3	150	178
12	3	162	192
3.5	3.5	66.5	80.5
4	3.5	73	88
4.5	3.5	79.5	95.5
5	3.5	86	103
5.5	3.5	92.5	110.5
6	3.5	99	118
6.5	3.5	105.5	125.5
7	3.5	112	133
7.5	3.5	118.5	140.5
8	3.5	125	148
9	3.5	138	163
10	3.5	151	178
12	3.5	177	208
4	4	80	96
4.5	4	87	104
5	4	94	112
5.5	4	101	120
6	4	108	128
6.5	4	115	136
7	4	122	144
7.5	4	129	152
8	4	136	160
8.5	4	143	168
9	4	150	176
9.5	4	157	184
10	4	164	192
11	4	178	208
12	4	192	224
4	5	94	112
4.5	5	102	121
5	5	110	130
5.5	5	118	139
6	5	126	148
6.5	5	134	157
7	5	142	166
7.5	5	150	175
8	5	158	184
5	6	126	148
5.5	6	135	158
6	6	144	168
6.5	6	153	178
7	6	162	188
7.5	6	171	198
8	6	180	208
8.5	6	189	218
9	6	198	228
10	6	216	248
7	7	182	210
7.5	7	192	221
8	7	202	232
8.5	7	212	243
9	7	222	254
9.5	7	232	265
10	7	242	276
10.5	7	252	287
11	7	262	298
12	7	282	320
13	7	302	342
6.5	8	191	220
7	8	202	232
7.5	8	213	244
8	8	224	256
8.5	8	235	268
9	8	246	280
9.5	8	257	292
10	8	268	304
11	8	290	328
12	8	312	352
13	8	334	376
14	8	356	400
15	8	378	424
10	10	320	360
11	10	346	388
12	10	372	416
13	10	398	444
14	10	424	472
15	10	450	500
16	10	476	528
17	10	502	556

با داشتن سطح خارجی ($۱۰۸m^۲$) و انتقال نقطه‌ی موردنظر به داخل نمودار از محل برخورد با خط بار به طور عمودی حرکت کرده و بار برودتی سردخانه یعنی ۵kW را به دست می‌آوریم.

۶ــ۱۲ــ محاسبه بارسرمایی یخچال و فریزر

جدول ۷ــ۱۲ برای برآورد بار برودتی یخچال و فریزرهای پیش‌ساخته تجاری تهیه شده است. با داشتن حجم خارجی یخچال یا فریزر برحسب متر مکعب بار برودتی برحسب وات مشخص می‌شود درجه حرارت پیشنهادی برای یخچال $+۱/۵^{\circ}C$ و برای فریزر $-۱۸^{\circ}C$ است. نوع عایق مصرفی برای یخچال و فریزر ۲۵ میلی‌متر پلی‌یورتان یا معادل آن و دمای محیط $۲۷^{\circ}C$ فرض شده است. به ازاء هر در شیشه‌ای دو جداره ۲۶۰ وات به بار اضافه می‌شود.

جدول ۷ــ۱۲ــ باربرودتی یخچال و فریزر

فریزرهای پیش ساخته کوچک (۱۸- درجه سانتی‌گراد)

بار برودتی(W)	تعداد در	حجم خارجی (متر مکعب)
۷۳۰	۱	۰/۷
۱۱۰۰	۲	۱/۵
۱۳۴۵	۳	۲
۱۸۲۰	۴	۳
۲۲۴۰	۵	۴

یخچال‌های پیش‌ساخته قفسه‌بندی شده (۵ و ۱+ درجه سانتی‌گراد)

بار برودتی (W)	حجم خارجی (متر مکعب)
۲۹۰	۰/۵
۴۳۰	۱
۵۴۵	۱/۵
۶۶۰	۲
۷۶۵	۲/۵
۸۷۰	۳
۹۸۵	۴
۱۱۶۰	۵
۱۳۳۰	۶
۱۴۵۰	۷
۱۵۱۰	۸

۷ــ۱۲ــ محاسبه بارسرمایی فضاهای مختلف

در جدول ۸ــ۱۲ قابلیت برودتی هر تن تبرید به ازاء سطوح زیر بنای معین آمده است چنان‌چه واضح است هر فضایی برای کاربری خاصی تدارک دیده می‌شود لذا با توجه به نوع کاربری فضا و سطح زیر بنای آن بار برودتی مورد نیاز مشخص شده است. برای مثال به ازاء هر ۱۴ تا ۲۸ متر مربع سطح زیر بنای ساختمانی با کاربری بانک، یک تن تبرید مورد نیاز است.

برای ساختمان‌های مسکونی به صورت آپارتمانی به ازاء

هر واحد آپارتمان سه خوابه یک تن تبرید کافی می‌باشد. برای ساختمان‌های اداری به ازاء ۱۹ تا ۳۷ متر مربع سطح زیر بنا یک تن تبرید مورد نیاز می‌باشد. لذا برای ساختمان اداری با سطح زیر بنای $۲۰۰۰m^2$ (متر مربع) حداقل بار برودتی ۵۴ تن تبرید و حداکثر ۱۰۵ تن تبرید مورد نیاز است.

جدول ۸ــ۱۲ــ برآورد سریع بار برودتی اماکن مختلف برحسب تن تبرید

انبار	تن تبرید / متر مربع ۲۸ ــ ۱۸
بانک	تن تبرید / متر مربع ۲۸ ــ ۱۴
فروشگاه مدرن	تن تبرید / متر مربع ۱۸ ــ ۹
انبارهای سرد	تن تبرید / متر مربع ۳۲
وزارتخانه‌ها	
طبقه زیرزمین	تن تبرید / متر مربع ۲۱
همکف و اول و بالا	تن تبرید / متر مربع ۲۳ ــ ۲۱
انبار دارو	تن تبرید / متر مربع ۲۶ ــ ۲۳
کارخانجات	تن تبرید / متر مربع ۲۸ ــ ۱۸
رستوران (غذاخوری)	تن تبرید / متر مربع ۱۸ ــ ۱۴
انبار مواد غذایی	تن تبرید / متر مربع ۲۸ ــ ۱۴
اتاق‌های هتل	تن تبرید / متر مربع ۴۷ ــ ۳۷
اتاق‌های بسته‌بندی گوشت	اتاق / تن تبرید ۳/۴
اتاق‌های نگهداری گوشت	تن تبرید / hr ۲۴ گوشت ۱۸۰۰kg
اداره‌ها	
خصوصی (غیردولتی)	تن تبرید / متر مربع ۱۸ ــ ۱۷
عمومی (دولتی)	تن تبرید / متر مربع ۳۷ ــ ۱۹
پزشکی (بیمارستان‌ها)	تن تبرید / متر مربع ۱۸ ــ ۱۴
چاپخانه (کارگاه)	تن تبرید / متر مربع ۲۳ ــ ۱۸
چاپخانه (مسکونی)	تن تبرید / متر مربع ۵۵ ــ ۴۶
خانه‌های مسکونی	
آپارتمان	آپارتمان ۳ اتاقه / تن تبرید ۱
ساختمان معمولی	آپارتمان ۵ اتاقه / تن تبرید ۱/۵
فروشگاه	تن تبرید / متر مربع ۳۷ــ ۲۸
سالن اجتماعات (تالار سخنرانی)	تن تبرید / صندلی ۱۷

۸ــ۱۲ــ تعیین قدرت کمپرسور یخچال‌ها و فریزرها

در شکل ۲ــ۱۲ انواع یخچال و فریزرهای خانگی در حجم و مدل‌های مختلف آمده است. در مقابل هر مدل یخچال یا فریزر نوع عایق مصرفی (پشم شیشه یا پلی یورتان) و ظرفیت کمپرسور با توجه به حجم آن قید شده است چنان‌چه مشاهده می‌کنید هر اندازه حجم یخچال یا فریزر بزرگ‌تر می‌شود ظرفیت

شکل ۲ــ۱۲ــ قدرت کمپرسور برای انواع مختلف یخچال و فریزر با دو نوع عایق پشم شیشه و فوم

کمپرسور نیز بیشتر می‌شود لیکن آن‌چه مهم است نوع عایق می‌باشد که در ظرفیت کمپرسور بیشتر اثرگذار است. در یک حجم برابر عایق فوم (پلی یورتان) بهتر از عایق پشم شیشه عمل کرده و باعث می‌شود ظرفیت کمپرسور کمتر شده و به نسبت هزینه تهیه کمپرسور و برق مصرفی آن نیز کاهش می‌یابد برای مثال در فریزر صندوقی خوابیده ۱۱ الی ۱۳ فوت مکعبی (۳۱۱ـ۳۶۸ لیتری) با عایق پشم شیشه کمپرسوری با توان $\frac{۱}{۵}$ اسب بخار نیاز است در حالی‌که فریزر فوق با همان حجم ولی با عایق فوم می‌تواند کمپرسوری با توان $\frac{۱}{۶}$ اسب را داشته باشد که از نظر اقتصادی به صرفه‌تر است.

۹ـ۱۲ـ انتخاب اواپراتور

برای انتخاب اواپراتور ابتدا ظرفیت سرمایی اواپراتور را که برابر با بارسرمایی است تعیین می‌کنیم عامل دوم در انتخاب اواپراتور تعیین مقدار TD[۱] یا اختلاف دمای کویل اواپراتور با دمای محیط سردخانه است که به روش زیر تعیین می‌شود.

براساس نوع محصولی که باید در سالن سردخانه نگهداری شود از ستون سوم جدول‌های شماره ۳ ـ ۱۲ ، ۴ ـ ۱۲ و ۵ـ ۱۲ مشخصات میوه‌ها، سبزی و مواد گوشتی رطوبت نسبی پیشنهادی و دمای سالن برداشت می‌نماییم.

با استفاده از جدول ۹ـ۱۲ و رطوبت نسبی تعیین شده سردخانه و نوع اواپراتور از نظر جریان هوا (طبیعی یا اجباری) مقدار اختلاف دمای سالن و ماده مبرد (TD) معلوم می‌گردد.

اگر مقدار TD از دمای سالن (ti) کم کنیم دمای جوش ماده مبرد در داخل کویل به‌دست می‌آید.

جدول ۱۰ـ۱۲ نمونه از یک کاتالوگ اواپراتور می‌باشد برای انتخاب اواپراتور توسط این جدول باید بارسرمایی سردخانه (W) و دمای جوش ماده مبرد در اواپراتور معلوم باشد (Te) ؛

جدول ۹ـ۱۲ـ تعیین TD سردخانه برحسب تغییرات رطوبت‌نسبی

(TD اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریانی در داخل کویل اواپراتور)

رطوبت نسبی ٪	اختلاف درجه حرارت (TD) °C	
	هوا با جریان طبیعی	هوا با جریان اجباری
۹۵ـ۹۱	۷ـ ۸	۵ـ ۶
۹۰ـ۸۶	۸ـ ۹	۶ـ۷
۸۵ـ۸۱	۹ـ۱۰	۷ـ۸
۸۰ـ۷۶	۱۰ـ۱۱	۸ ـ۹
۷۵ـ۷۰	۱۱ـ۱۲	۹ـ۱۰

پس از انتخاب مدل اواپراتور مشخصات دیگر اواپراتور مانند میزان جریان هوا ($\frac{m^۳}{h}$)، سطح حرارتی ($m^۲$)، حجم کویل (lit) قطر فن‌اواپراتور (mm) شدت جریان مصرفی (A) و قدرت الکتریکی فن (kW) را می‌توان از جدول استخراج نمود.

نمونه این جدول برای فواصل مختلف بین پره‌ها (فین‌ها) تهیه می‌شود بنابراین یکی از عوامل مؤثر در انتخاب اواپراتور فاصله بین پره‌ها است هر چه فاصله پره‌ها کمتر باشد عمل برفک‌زدایی در فاصله زمانی کمتری انجام می‌گیرد برای انتخاب فاصله بین پره‌ها موارد زیر توصیه می‌شود.

فاصله فین ۶mm برای اتاق‌های نگهداری بالای $+۴^\circ C$

فاصله فین ۸mm برای اتاق‌های نگهداری مرطوب با دمای بین $۰^\circ C$ تا $۵^\circ C$

۱ ـ Temperature Diffrence

جدول ۱۰ــ۱۲ــ الف کاتالوگ نمونه انتخاب اواپراتور

8mm FIN SPACING — TECHNICAL DATA

مدل	CAPACITY Te = -5°C w	CAPACITY Te = -30°C w	AIRFLOW m 3 /h	SURFACE m2	COIL VOLUME lit	FANS NO.	FANS DIA.	FANS A	FANS KW
8-406-8	5101	4397	5700	20	7	1	450	0.88	0.45
8-606-8	7010	6042	5600	30	12	1	450	0.88	0.45
12-606-8	11500	9890	8300	45	16	1	500	1.95	0.76
12-806-8	13067	11237	8200	60	21	1	500	1.95	0.76
8-409-8	7525	6471	8400	30	10	1	500	1.95	0.76
8-609-8	10488	9019	8300	45	15	1	500	1.95	0.76
12-609-8	15606	13421	10600	68	24	1	630	1.55	0.72
12-809-8	20155	17333	10300	89	29	1	630	1.55	0.72
8-412-8	10495	9025	11400	40	12	2	450	0.88	0.45
8-612-8	14267	12269	11200	59	18	2	450	0.88	0.45
12-612-8	21059	18110	16600	89	28	2	500	1.95	0.76
12-812-8	26413	22715	16400	119	37	2	500	1.95	0.76
8-414-8	10966	9430	11400	46	14	2	450	0.88	0.45
8-614-8	16471	14165	11200	69	21	2	450	0.88	0.45
12-614-8	25165	21641	18600	104	36	2	560	2.1	0.9
12-814-8	31441	27039	18400	139	46	2	560	2.1	0.9
8-418-8	14910	12822	16800	60	18	2	500	1.95	0.76
8-618-8	20800	17888	16600	89	31	2	500	1.95	0.76
12-618-8	31215	26844	21200	134	40	2	630	1.55	0.72
12-818-8	40174	34549	20600	178	56	2	630	1.55	0.72
12-624-8	41693	35855	27900	179	56	3	560	2.1	0.9
12-824-8	51542	44326	27600	238	76	3	560	2.1	0.9
12-124-8	65112	55996	34400	298	91	2	630	4.2	2.3
16-624-8	62384	53650	47000	238	76	2	710	6	3.3
16-824-8	76475	65768	46000	317	101	2	710	6	3.3
16-124-8	88167	75823	45200	397	121	2	710	6	3.3
12-628-8	50957	43823	36000	208	61	2	630	4.2	2.3
12-828-8	63050	54223	35600	278	81	2	630	4.2	2.3
12-128-8	73670	63356	34400	347	101	2	630	4.2	2.3
16-628-8	66442	57140	47000	278	81	2	710	6	3.3
16-828-8	83771	72043	46000	370	111	2	710	6	3.3
16-128-8	97559	83917	45200	463	141	2	710	6	3.3
12-636-8	66159	56896	42400	268	81	4	630	1.55	0.72
12-836-8	82637	71067	41200	357	106	4	630	1.55	0.72
12-136-8	94004	80843	37200	446	131	4	630	1.55	0.72
16-636-8	80528	69254	54000	357	111	3	630	4.2	2.3
16-836-8	106753	91807	69000	476	141	3	710	6	3.3
16-136-8	131832	113375	67800	595	181	3	710	6	3.3
12-642-8	76342	65654	54000	312	91	3	630	4.2	2.3
12-842-8	99704	85745	53400	417	121	3	630	4.2	2.3
12-142-8	107952	92838	51600	521	151	3	630	4.2	2.3
16-642-8	94992	81693	72400	417	121	3	710	6	3.3
16-842-8	126047	108400	69000	556	161	3	710	6	3.3
16-142-8	148730	127907	67800	695	201	3	710	6	3.3

جدول ۱۰ــ۱۲ــ ب ــ کاتالوگ نمونه انتخاب رادیاتور

10mm FIN SPACING — TECHNICAL DATA

مدل	CAPACITY Te = -5°C w	CAPACITY Te = -30°C w	AIRFLOW m³/h	SURFACE m²	COIL VOLUME lit	FANS NO.	FANS DIA.	FANS A	FANS KW
8-406-10	4594	3950	5900	16	7	1	450	0.88	0.45
8-606-10	6233	5360	5700	24	12	1	450	0.88	0.45
12-606-10	11225	9653	8400	36	16	1	500	1.95	0.76
12-806-10	12460	10715	8300	48	21	1	500	1.95	0.76
8-409-10	6679	5743	8500	24	10	1	500	1.95	0.76
8-609-10	9681	8325	8400	36	15	1	500	1.95	0.76
12-609-10	13794	11862	11000	54	24	1	630	1.55	0.72
12-809-10	18177	15632	10600	71	29	1	630	1.55	0.72
8-412-10	9378	8065	11900	32	12	2	450	0.88	0.45
8-612-10	12794	11002	11400	48	18	2	450	0.88	0.45
12-612-10	19128	16450	16 800	71	28	2	500	1.95	0.76
12-812-10	24227	20835	16600	95	37	2	500	1.95	0.76
8-414-10	9609	8263	11900	37	14	2	450	0.88	0.45
8-614-10	14756	12690	11400	56	21	2	450	0.88	0.45
12-614-10	22901	19694	19000	83	36	2	560	2.1	0.9
12-814-10	29768	25600	18600	111	46	2	560	2.1	0.9
8-418-10	13361	11490	17000	48	18	2	500	1.95	0.76
8-618-10	18963	16308	16800	71	31	2	500	1.95	0.76
12-618-10	28115	24178	22000	107	40	2	630	1.55	0.72
12-818-10	36185	31119	21200	143	56	2	630	1.55	0.72
12-624-10	37472	32225	28500	143	56	3	560	2.1	0.9
12-824-10	46265	39877	27900	191	76	3	560	2.1	0.9
12-124-10	58910	52666	36600	238	91	2	630	4.2	2.3
16-624-10	59057	50789	48000	191	76	2	710	6	3.3
16-824-10	70608	60722	47000	254	101	2	710	6	3.3
16-124-10	83306	71643	46000	318	121	2	710	6	3.3
12-628-10	44919	38630	36600	167	61	2	630	4.2	2.3
12-828-10	56511	48599	36000	224	81	2	630	4.2	2.3
12-128-10	65541	56709	35600	278	101	2	630	4.2	2.3
16-628-10	57579	49517	48000	222	81	2	710	6	3.3
16-828-10	73393	63117	47000	297	111	2	710	6	3.3
16-128-10	86551	74433	46000	371	141	2	710	6	3.3
12-636-10	62086	53393	49000	214	81	4	630	1.55	0.72
12-836-10	77918	67009	42100	286	106	4	630	1.55	0.72
12-136-10	85997	73957	41200	357	131	4	630	1.55	0.72
16-636-10	67824	58328	54900	286	111	3	630	4.2	2.3
16-836-10	93294	80232	70500	381	141	3	710	6	3.3
16-136-10	122814	105620	69000	477	181	3	710	6	3.3
12-642-10	67078	57677	54900	250	91	3	630	4.2	2.3
12-842-10	85068	73158	54000	334	121	3	630	4.2	2.3
12-142-10	94825	81549	53400	417	151	3	630	4.2	2.3
16-642-10	78796	67764	72000	334	121	3	710	6	3.3
16-842-10	110535	95060	70500	445	161	3	710	6	3.3
16-142-10	133609	114930	69000	556	201	3	710	6	3.3

فاصله فین ۱۰mm برای اتاق‌های نگهداری بین ۰ تا $-۲۵^{\circ}C$

فاصله فین ۱۲mm برای اتاق نگهداری ۰ تا $-۴^{\circ}C$ با رطوبت بالا بانضمام تونل انجماد

فاصله فین ۱۵mm برای تونل‌های انجماد

فاصله فین ۸mm/۰ برای تونل‌های انجماد با رطوبت بالا و محصول مرطوب بدون بسته‌بندی

مثال: دمای نگهداری سالن $ti = -۱۶$ و درصد رطوبت نسبی در سالن ۸۵٪ می‌باشد در صورتی‌که اواپراتور از نوع فن‌دار انتخاب شود مدل اواپراتور را از روی کاتالوگ داده شده انتخاب کنید در صورتی‌که بارسرمایی ۵۵kW باشد.

حل:

۱ــ با توجه به دمای سردخانه اواپراتور انتخابی باید از نوعی باشد که فاصله بین فین‌های آن ۱۰mm باشد.

۲ــ مقدار TD از جدول ۹ــ۱۲ تعیین می‌کنیم.

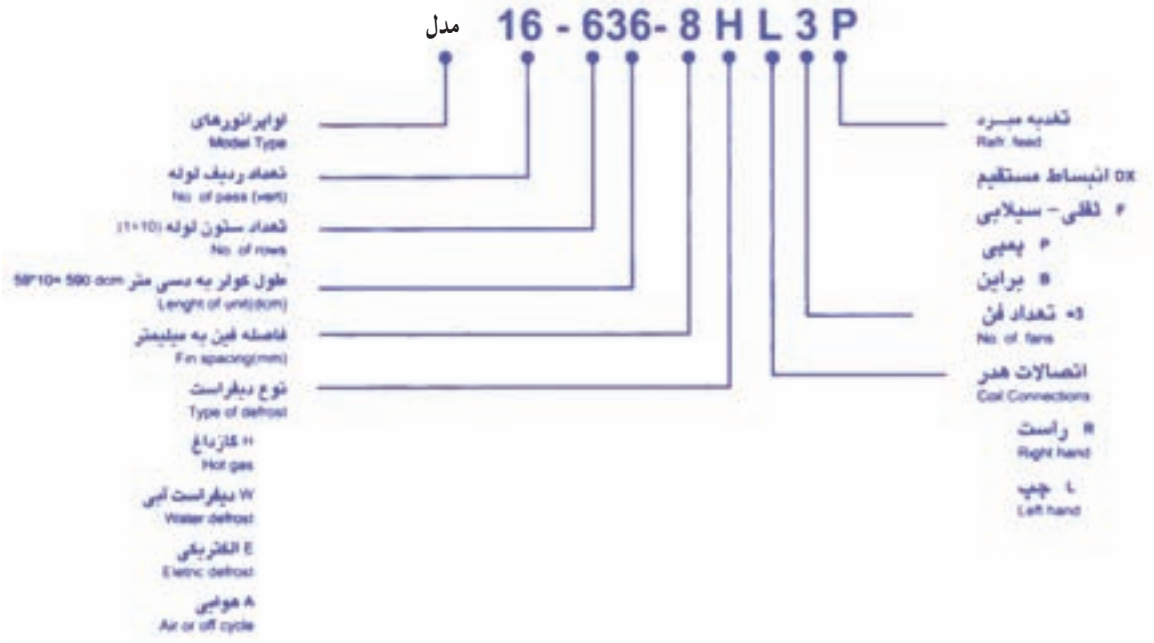
$$RH = ٪۸۵ \Rightarrow TD = ۷ \text{ تا } ۸^{\circ}C$$

۳ــ دمای جوش مبرد در اواپراتور انتخاب می‌کنیم.

$$Te = -۱۶ - (۷ \text{ تا } ۸) = (-۲۳) \text{ تا } (-۲۴)$$

۴ــ بر روی کاتالوگ موردنظر در ستون $Te = -۳۰^{\circ}C$ به پایین حرکت می‌کنیم تا به قدرت سرمایی ۵۵۰۰۰W یا کمی بیشتر از آن برسیم مدل انتخابی 12-828-10 خواهد بود سایر مشخصات اواپراتور را از جدول استخراج نمائیم.

در شکل ۳ــ۱۲ مفهوم شماره‌های مدل اواپراتور تبیین شده است.



شکل ۳ــ۱۲ــ راهنمای انتخاب مدل اواپراتور

۱۰ــ۱۲ــ انتخاب کندانسینگ یونیت (واحد تقطیر)

کندانسرها همراه کمپرسور روی یک شاسی سوار شده به نام کندانسینگ یونیت یا واحد تقطیر خوانده می‌شوند بنابراین علاوه بر این که کندانسرها و کمپرسورها به طور جداگانه می‌توان انتخاب نمود بیشتر این دو دستگاه یک‌جا انتخاب می‌شود.

برای انتخاب واحد تقطیر در سیستم Si جدول ۱۱ــ۱۲

۱ــ Condensingunit

تهیه و تنظیم شده است در این جدول ظرفیت واحد تقطیر را برحسب کیلووات (kW) شده است و مقادیر جدول براساس فرضیات زیر می‌باشد.

در صورتی که کندانسر هوایی باشد درجه حرارت محیط ۳۲°C فرض شده است.

برای کندانسرهای آبی دمای آب ورودی ۲۴°C و دمای تقطیر ۳۸°C فرض شده است.

دمای گاز ورودی به کمپرسور ۱۸°C تعیین شده است.

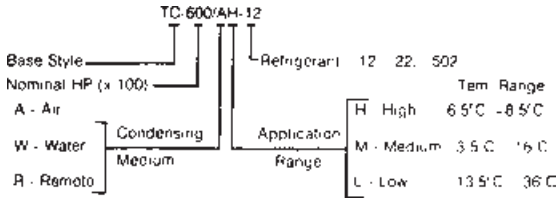
در جدول ۱۱ــ۱۲ یازده مقیاس مختلف دمای مکش در حالت اشباع داده شده و ۳۳ مدل TC ارائه گریده است که با داشتن بارسرمایی سیستم و انتخاب یک دمای مناسب برای گازسرد اشباع ورودی به کمپرسور می‌توان مدل و مشخصات مناسبی برای واحد تقطیر انتخاب نمود.

برای انتخاب دمای مناسب برای گاز ورودی به کمپرسور با توجه به نوع محصول از جدول مشخصات گوشت، میوه و سبزی رطوبت نسبتی پیشنهادی را برداشت و مشخص نموده و با معلوم بودن نوع جریان هوا (طبیعی یا اجباری) از روی کویل اواپراتور مقدار TD (اختلاف دمای سالن و ماده مبرد جریانی) را تعیین و از دمای سالن کم می‌کنیم تا دمای اشباع معلوم گردد هم‌چنین از جدول بخار اشباع ماده مبرد مورد استفاده می‌توان فشار خط مکش را نیز به دست آورد.

شکل ۴ــ۱۲ کد راهنمای مدل‌های واحد تقطیر به عنوان تعیین مشخصات با استفاده از شماره و یا حروف به‌ترتیب زیر می‌باشد :

جدول ۱۱ــ۱۲ــ ظرفیت واحد تقطیر بر حسب(kW)

Model Number	Saturated Suction Temperature (°C)										
	6.5	1.5	-3.5	-8.5	-13.5	-16	-18.5	-21	-26	-31	-36
TC-510/AH-12	17.15	14.27	11.96	9.23							
TC-500/AM-12			13.39	10.87	8.70	7.76					
TC-500/AL-12						9.51	8.50	7.64	5.92	4.44	3.14
TC-600/AH-12	19.78	16.66	13.95	11.20							
TC-750/AH-12	25.66	21.27	17.66	14.24							
TC-750/AM-12			22.40	18.05	14.16	12.50					
TC-750/AL-12							10.33	9.00	6.76	5.07	3.82
TC-900/AH-12	33.35	28.07	22.76	18.35							
TC-1000/AH-12	33.50	28.01	23.15	18.63							
TC-755/AH-22	27.65	23.12	19.02	16.91	15.21						
TC-900/AH-22	33.28	27.77	22.64	17.93							
TC-1000/AH-22	41.18	34.32	28.45	23.07	18.26						
TC-500/AL-502							9.21	8.19	6.17	4.65	3.26
TC-600/AL-502						12.56	11.20	9.82	7.40	5.40	3.68
TC-750/AL-502					18.26	16.53	15.02	13.28	10.19	7.61	5.50
TC-1000/AL-502					23.09	20.68	18.57	16.57	12.75	9.36	6.52
TC-500/WH-12	20.23	16.60	13.28	10.49							
TC-500/WM-12			14.94	11.85	9.20	8.03					
TC-500/WL-12						10.26	9.13	8.00	6.04	4.38	3.02
TC-600/WH-12	22.49	18.49	14.94	11.85							
TC-750/WH-12	27.85	22.72	18.41	14.49							
TC-750/WM-12			24.38	18.94	14.64	12.60					
TC-750/WL-12							11.02	9.43	6.87	4.91	3.62
TC-900/WH-12	36.84	30.19	24.38	18.94							
TC-1000/WH-12	36.99	30.19	24.45	19.31							
TC-755/WH-22	30.33	24.91	20.08	15.70							
TC-900/WH-22	36.99	29.89	23.85	18.79	14.49						
TC-1000/WH-22	44.23	36.52	29.89	23.77	18.34						
TC-1500/WH-22	61.72	47.10	38.63	30.48	24.15						
TC-500/WL-502					13.13	11.47	9.96	8.39	6.43	4.65	3.17
TC-600/WL-502						13.74	12.00	10.49	7.67	5.43	3.55
TC-750/WL-502					19.62	17.50	15.40	13.74	10.26	7.55	5.28
TC-1000/WL-502					25.06	22.04	19.62	17.21	12.83	9.21	6.34



شکل ۴ــ۱۲ــ راهنمای کد مدل‌های واحد تقطیر

۱ــ TC نوع مدل واحد تقطیر را نشان می‌دهد که از طرف کارخانه سازنده تعیین می‌شود.

۲ــ سه رقم شماره بعدی حاصل ضرب قدرت اسمی برحسب اسب بخار در عدد ۱۰۰ می‌باشد (۱۰۰× (HP) قدرت اسمی)

۳ــ حرف A و یا W بعد از اعداد سه رقمی معرف هوا یا آبی است که کندانسر را خنک می‌کند و R یعنی کندانسر هوایی جدا.

۴ــ حرف H یا M و یا L به ترتیب شاخص حدود درجات مکش در حالت اشباع می‌باشد که H به معنی حد بالا (بین $-8/5^{\circ}C$ تا $6/5^{\circ}C$) و M یعنی حد متوسط (بین $-3/5^{\circ}C$ تا $-16^{\circ}C$) و L به معنی حد پایین (بین $-13/5^{\circ}C$ تا $-36^{\circ}C$) می‌باشند.

۵ــ اعداد سمت راست (۱۲ و ۲۲ و ۵۰۲) مشخص کننده نوع مبرد به‌کار برده شده در سیستم می‌باشد که به ترتیب فریون ۱۲ و فریون ۲۲ و فریون ۵۰۲ را نشان می‌دهند.

مثال: در صورتی که دمای اشباع گاز مبرد در قسمت مکش کمپرسور $-13/5^{\circ}C$ و ظرفیت واحد تقطیر ۲۰kW باشد مدل واحد تقطیر را تعیین نمایید.

حل: از جدول ۱۱ــ۱۲ با توجه به دمای مکش و ظرفیت واحد تقطیر، مدل دستگاه عبارتست (TC-1000/Ah-502)

مثال: در صورتی که بخواهیم در سردخانه‌ای گوشت مرغ منجمد را در $-18^{\circ}C$ نگهداری نماییم و ظرفیت واحد تقطیر ۱۰kW محاسبه شده باشد با استفاده از جدول ۷ــ۱۱ مدل دستگاه واحد تقطیر را تعیین نمایید. با علم بر این‌که سردخانه در منطقه‌ای با آب و هوای مرطوب نصب گردیده و اختلاف دمای ماده مبرد جریانی با هوای سردخانه $8^{\circ}C$ است.

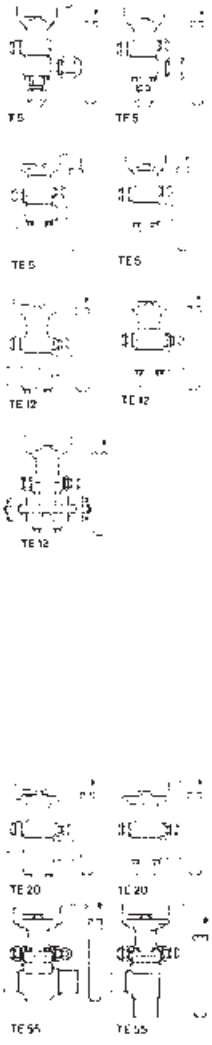
حل: از جدول ۱۱ــ۱۲ با داشتن دمای سالن $-18^{\circ}C$ و $TD = 8^{\circ}C$ ، دمای اشباع ماده مبرد در مکش $-26^{\circ}C$ انتخاب و با توجه به ظرفیت دستگاه از مقادیر متن جدول دو مدل TC750/AL-502 و TC750/WL-502 را می‌توانیم انتخاب نماییم ولی به لحاظ اینکه سردخانه در منطقه‌ای با آب و هوای مرطوب نصب شده مدل هوایی TC750/AL-502 را انتخاب می‌نماییم.

۱۱ــ۱۲ــ انتخاب شیر انبساط

شکل ۵ ــ۱۲ کاتالوگ مربوط به یک سری شیرهای انبساط ترموستاتیک می‌باشد در ستون اول جدول مدل شیر انبساط، در ستون دوم شماره روزنه (اریفیس) شیر انبساط، در ستون سوم شماره کد روزنه شیر انبساط، در ستون چهارم مدل و شماره روزنه شیر انبساط می‌باشد که در روی پلیت روی مغزی شیر حک شده است. در ستون‌های پنجم و دهم ظرفیت سرمایی سیستم بر حسب kW، $\frac{Kcal}{hr}$ و تن تبرید آورده شده است. در ستون یازدهم تا سیزده مقدار Y برای انواع مدل شیر برای مبردهای مختلف آمده است.

068R9635

N = −40°C → +10°C (−40°F → +50°F)
B = −60°C → −25°F (−75°F → −15°F)

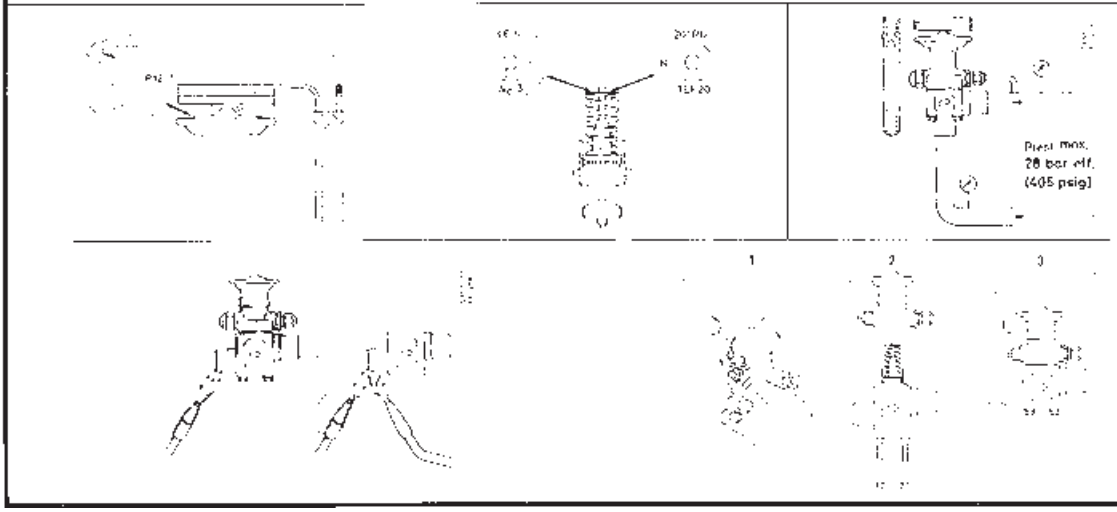


	Orifice No.	Orifice Code no.		Q_o* R 12 R 502 kW (kJ/s)	R 12 R 502 kcal/h	R 12 R 502 TR (tons)	R 22 kW (kJ/s)	R 22 kcal/h	R 22 TR (tons)	Y mm ± 1 mm R 12	R 22	R 502
T 5 TE 5	1	68B2086 68B2089	T 5-No. 1 TE 5-No. 1	7.0	6 000	2	10.5	9 000	3	28	26	26
T 5 TE 5	2	68B2087 68B2090	T 5-No. 2 TE 5-No. 2	10.5	9 000	3	15.5	13 500	4.5			
T 5 TE 5	3	68B2088 68B2091	T 5-No. 3 TE 5-No. 3	17.5	15 000	5	26	22 500	7.5			
TE 5	4	68B2092	TE 5-No. 4	28	24 000	8	42	36 000	12			
TE 12	1	68B2005	TE 12-No. 1	10.5	9 000	3	15.5	13 500	4.5	36	35	32
	2	68B2006	TE 12-No. 2	17.5	15 000	5	26	22 500	7.5			
	3	68B2007	TE 12-No. 3	28	24 000	8	42	36 000	12			
	4	68B2008	TE 12-No. 4	42	36 000	12	63	54 000	18			

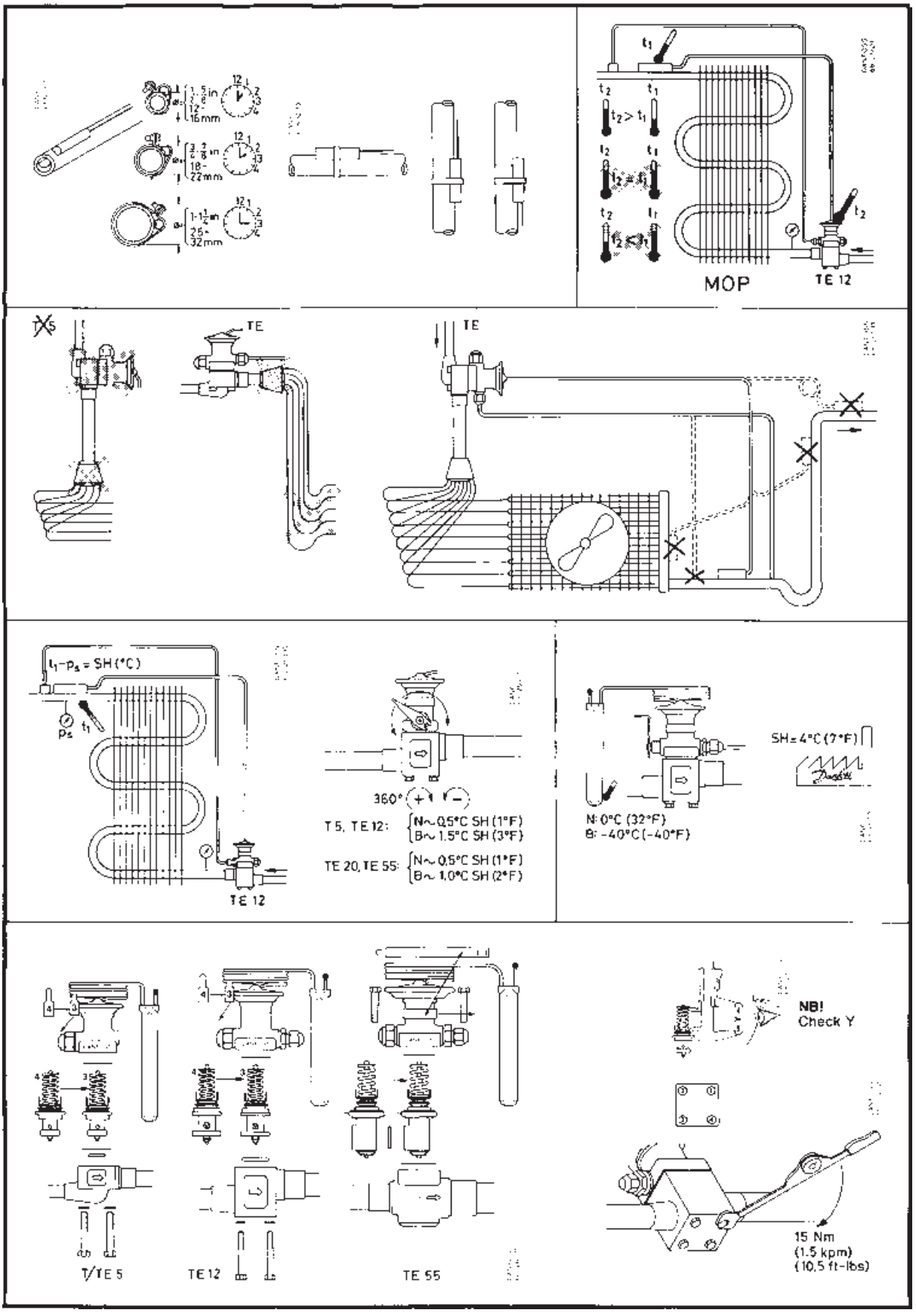
* N: t_c = +5°C, t_e = +32°C (t_o = +40°F, t_e = +90°F)
* B: t_c = −30°C, t_e = +32°C (t_o = −22°F, t_e = +90°F)

	Orifice			Q_o* kW (kJ/s)	kcal/h	TR (tons)	Y mm ± 1 mm N	B
TEF 20-20	R 12	68B2170	20 TR 12-TEF 20-N	70	60 000	20	34	
TEX 20-30	R 22	68B2172	30 20 TR 22-TEX 20-N B	105	90 000	30	33.5	36
TEY 20-20	R 502	68B2175	20 14 TR 502-TEY 20-N B	70	60 000	20	33	33
TEF 55-33	R 12	68G2001	33 TR 12-TEF 55-N	115	99 000	33	33	
TEF 55-55		68G2002	55 TR 12-TEF 55-N	190	165 000	55	33	
TEX 55-50	R 22	68G2005	50 35 TR 22-TEX 55-N B	175	150 000	50	32	
TEX 55-85		68G2006	85 60 TR 22-TEX 55-N B	295	255 000	85	32	
TEX 55-35		68G2005	50 35 TR 22-TEX 55-N B	120	105 000	35		34
TEX 55-60		68G2006	85 60 TR 22-TEX 55-N B	210	180 000	60		34
TEY 55-33	R 502	68G2011	33 24 TR 502-TEY 55-N B	115	99 000	33	33	
TEY 55-55		68G2012	55 40 TR 502-TEY 55-N B	190	165 000	55	33	
TEY 55-24		68G2011	33 24 TR 502-TEY 55-N B	84	72 000	24		34
TEY 55-40		68G2012	55 40 TR 502-TEY 55-N B	140	120 000	40		34

* N: t_c = +5°C, t_e = +32°C (t_o = +40°F, t_e = +90°F)
* B: t_c = −30°C, t_e = +32°C (t_o = −22°F, t_e = +90°F)



شکل ۵ــ۱۲ــ نمونه مشخصات شیرهای انبساط ترموستاتیک



ادامه شکل ۵ــ۱۲

پرسش و تمرین

۱ــ راه‌های مختلف ورود گرما به سردخانه را نام ببرید.

۲ــ بارهای سرمایی سردخانه را نام ببرید.

۳ــ بارسرمایی از دیوارها، سقف و کف سردخانه را بیان کنید.

۴ــ فرمول محاسبه بارسرمایی سطوح خارجی را توضیح دهید.

۵ــ تأثیر جنس مواد بر بارسرمایی سطوح خارجی را شرح دهید.

۶ــ در صورتی ضخامت عایق به کار رفته ۱۵۰mm و جنس آن از نوع پلی‌یورتان باشد ضریب هدایت گرمایی دیوار را تعیین کنید.

۷ــ بارسرمایی تعویض هوا را توضیح دهید.

۸ــ روش محاسبه بارسرمایی تعویض هوا را توضیح دهید.

۹ــ بارسرمایی محصول را بیان کنید.

۱۰ــ روش محاسبه بارسرمایی محصول را توضیح دهید.

۱۱ــ دما نگهداری و رطوبت سردخانه برای نگهداری گوشت تازه گاو را از جدول مربوطه استخراج نمایید.

۱۲ــ بارهای سرمایی متفرقه سردخانه را بیان کنید.

۱۳ــ سردخانه‌ای به ابعاد خارجی $۱۰m \times ۸m \times ۵m$ مفروض است در صورتی دمای $-۲۰^{\circ}C$ و دمای هوای محیط سردخانه ۳۲C باشد . الف ــ ضخامت عایق سردخانه را تعیین کنید.

ب ــ بارسرمایی سردخانه از روی نمودار تعیین کنید.

۱۴ــ سردخانه‌ای به ابعاد خارجی $۱۲m \times ۱۰m \times ۴m$ با دمای محیط $۳۸^{\circ}C$ و دمای داخلی $۱/۵^{\circ}C$ مفروض است. ضخامت عایق و بارسرمایی سردخانه را از روی نمودار تعیین کنید.

۱۵ــ سطوح خارجی سردخانه به ابعاد $۱۲m \times ۱۰m \times ۴m$ را محاسبه کرده با عدد جدول مقایسه کنید.

۱۶ــ برای سالن اجتماعات با جمعیت ۱۷۰ نفر بارسرمایی دستگاه‌های سردکننده را حساب کنید.

۱۷ــ بارسرمایی دستگاه سردکننده را برای اتاق یک هتل حساب کنید در صورتی سطح زیر بنای هر اتاق $۲۰m^{۲}$ باشد.

۱۸ــ کمپرسور لازم برای یک یخچال فریزر بدون برفک به حجم ۱۴ فوت مکعب را تعیین کنید.

۱۹ــ بارسرمایی محاسبه شده برای سردخانه‌ای ۲۵۰۰۰W می‌باشد اگر دمای داخل سردخانه $+۵^{\circ}C$ و رطوبت نسبی لازم ۷۵ درصد باشد.

۱ــ مقدار TD

۲ــ دمای ماده مبرد در کویل

۳ ــ فاصله بین فین‌های کویل را

۴ــ مدل کویل سردکننده با فن را

۵ــ شدت جریان و قدرت مصرفی فن اواپراتور

۶ــ مدل کندانسر و کمپرسور (کندانسینگ یونیت) را تعیین نمایید.

۷ــ مدل شیر انبساط ترموستاتیک مناسب را تعیین نمایید.

منابع و مآخذ

ـ حاج سقطی، اصغر، تأسیسات برودتی کد ۴۹۵/۸
ـ حاج سقطی، اصغر، اصول تبرید (ترجمه) دانشگاه علم و صنعت ایران
ـ پورسید محمد باقر تهویه مطبوع (ترجمه) مرکز نشر دانشگاهی
ـ زمانی پرویز ، سلیمانی سپانوس، اصول نوین سردکننده‌ها (ترجمه) دانشگاه خواجه‌نصیر طوسی
ـ قدیری مقدم اصغر و دیگران، تأسیسات حرارتی کد ۴۹۴/۶
ـ کاظمی مازیار، برهانی صفا، اصول ترمودینامیک کلاسیک (ترجمه) انتشارات شهراب
۱) Airconditioning and Refrigeration for professional By Robert chatenever
۲) Refrigeration and Air Conditioning Tecnology by Whitman. Johnson. tomczyk