

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ضمیمہ کتاب

چیلر تراکمی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
انواع واحدهای اندازه‌گیری	4
تقسیم بندی سیستم های تهویه مطبوع	19
محاسبه بار سرمایی ساختمان	20
سختی گیری آب	33
پمپ آب	45
محاسبه و انتخاب پمپ آب	49
عایق حرارت	54
هواساز	61
هواشوی (ایرواشر)	72
فن کویل	73
شیرانبساط الکترونیکی	82
انتخاب برج خنک کننده	93

واحد های اندازه گیری:

طول (L): در سیستم بین المللی (SI) واحد اصلی متر می باشد و واحدهای کوچکتر آن عبارت از دسی متر (dcm)، سانتی متر (cm)، میلی متر (mm) و میکرون (μm) می باشد.

$$1m = 10 \text{ dcm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm} = 1000000 \mu m$$

در سیستم انگلیسی واحد اصلی اینچ و واحدهای بزرگتر از آن فوت و یارد می باشد.

$$1ft = 12in$$

$$1yd = 3ft = 36in$$

سطح (A): در سیستم بین المللی (SI) واحد آن متر مربع است و عبارت از سطح مربعی که طول هر ضلع آن 1m باشد.

$$A = L \times L = L^2$$

$$1 \text{ m} \times 1\text{m} = 1 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10000 \text{ cm}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 1000000 \text{ mm}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$$

واحد سطح در سیستم اینچی، فوت مربع و اینچ مربع می باشد و اینچ مربع عبارت از سطح مربعی است که طول هر ضلع آن یک اینچ باشد.

$$1ft^2 = 144 \text{ in}^2$$

$$1yd^2 = 1296 \text{ in}^2$$

$$1yd^2 = 9 \text{ ft}^2$$

حجم (V): در سیستم (SI) واحد حجم، متر مکعب است و آن حجم مکعبی است که طول و عرض و ارتفاع آن 1 متر باشد.

$$V = L \times L \times L = L^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000000 \text{ cm}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ Lit}$$

در سیستم انگلیسی واحد حجم فوت مکعب است و آن حجم مکعبی است که طول و عرض و ارتفاع آن برابر یک فوت باشد.

نکته: گالن (gal) و لیتر (Lit) واحدهای حجم هستند که برای اندازه گیری مایعات بیشتر به کار می روند.

$$1 \text{ gal} = 4.546 \text{ Lit} = 4.546 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$(u.s.gal) = 3.785 \text{ Lit} = 0.83 \text{ gal}$$

$$1 \text{ Lit} = 0.22 \text{ gal} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 1000 \text{ cc} = 0.035 \text{ ft}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 = 7.481 \text{ u.s.gal}$$

واحد های جرم و وزن: در سیستم (SI) واحد اصلی کیلوگرم است و در سیستم اینچی واحد اصلی پوند می باشد و واحدهای دیگر آن اونس و اسلاگ می باشد.

$$1 \text{ تن} = 1000 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$$

$$1 \text{ Lb} = 16 \text{ oz}$$

$$1 \text{ slug} = 32.17 \text{ Lb}$$

$$1 \text{ kg} = 2.205 \text{ Lb}$$

$$1 \text{ Lb} = 453 \text{ gr}$$

$$1 \text{ Lb} = 16 \text{ oz}$$

$$1 \text{ oz} = 28.31 \text{ gr}$$

$$1 \text{ slug} = 14.59 \text{ kg}$$

تبدیل واحد های جرم و وزن به یکدیگر :

نیرو (F): نشان دهنده عاملی است که باعث حرکت جسم می شود و بر حسب نیوتون بیان می شود. $F = m . a$
شتاب $\times$ جرم = نیرو

کار (W): هرگاه بر جسمی نیرو وارد می شود و بتواند آن را جا به جا کند کار انجام می شود به عبارت دیگر از حاصل ضرب نیرو در مسافت بدست می آید.

$$W = F \times X$$

مسافت $\times$ نیرو = کار

W: کار بر حسب ژول (j)

F: نیرو بر حسب نیوتون (N) یا کیلوگرم (kg)

X: جا به جایی بر حسب متر (m)

توان مکانیکی (P): کار انجام شده بر واحد زمان را گویند و بر حسب وات (W) بیان می شود

$$P: \text{توان بر حسب وات (W) که همان ژول بر ثانیه } \left(\frac{J}{s}\right) \text{ می باشد}$$

$$p = \frac{W}{t}$$

W: کار بر حسب ژول (j)

t: زمان بر حسب ثانیه (s)

توان الکتریکی (P): عبارت از حاصل ضرب ولتاژ در جریان بدست می آید که بر حسب وات (W) می باشد.

$$p = U \times I$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \times 1 \text{ A}$$

نکته: توان الکتریکی و مکانیکی بر حسب وات بیان می شوند برای بیان ساده آنها توان مکانیکی را بر حسب اسب بخار (HP) و توان الکتریکی را بر حسب وات بیان می شود. $1 \text{ HP} = 736 \text{ W}$

گرما: گرما یا حرارت نوعی انرژی است و باعث حرکت مولکول های مواد می شود. هر چه تحرک مولکولی بیشتر شود گرمای آنها نیز زیاده تر می شود. اما دمای جسم درجه گرمای آن را نشان می دهد.

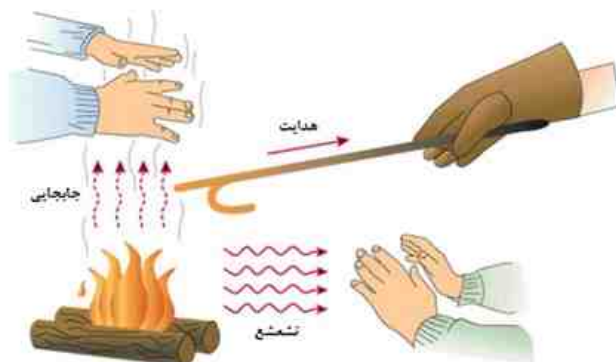
انتقال گرما از 3 طریق انجام می شود:

1- جابجایی (Convection)

2- هدایت (Conduction)

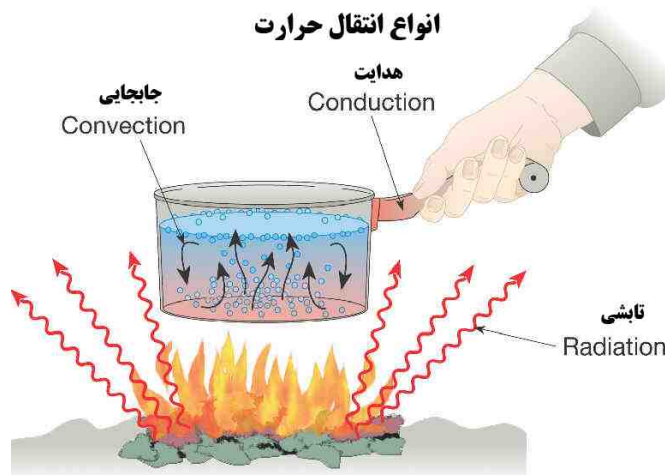
3- تشعشع (Radiation)

در زمانی که بین دو نقطه اختلاف دما وجود داشته باشد، بین آنها انتقال حرارت صورت می گیرد. به طور کلی حرارت به سه صورت هدایت، جابجایی و تابش منتقل می شود. انتقال حرارت هدایتی نیاز به محیط مادی داشته و در جامدات و سیالات رخ می دهد انتقال حرارت جابجایی نیز نیاز به محیط مادی داشته و زمانی رخ می دهد که یک سیال بر روی یک سطح حرکت کند. انتقال حرارت تشعشعی نیاز به محیط مادی نداشته و همیشه بین اجسامی که اختلاف دما دارند روی می دهد



انتقال حرارت هدایتی در اثر تماس فیزیکی جسم سرد با جسم گرم تر رخ می دهد. به عنوان مثال در پخت غذا که حرارت از طریق تماس مستقیم ماده غذایی با ظرف داغ به آن منتقل می شود، انتقال حرارت هدایتی رخ می دهد. این نوع انتقال حرارت بیشتر درون اجسام صلب یا بین اجسام صلبی که با هم در تماس هستند رخ داده و کمتر در مورد سیالات (به خصوص گازها) اتفاق می افتد.

انتقال حرارت جابجایی یا همرفت، جابجا شدن حرارت از یک مکان به مکان دیگر در اثر حرکت سیال است. فرآیندی است که در آن جابجا شدن حرارت در اثر جابجا شدن جرم رخ می دهد. انتقال حرارت جابجایی، به دو صورت اجباری (forced) و آزاد (natural) رخ می دهد. جابجایی اجباری زمانی رخ می دهد که سیال توسط یک نیروی خارجی (توسط پمپ، فن و یا باد)، به صورت اجباری بر روی یک سطح جریان پیدا کند. جابجایی آزاد بدون فن صورت می گیرد.



تابش یا تشعشع، انرژی ساطع شده از سطح سیال به صورت امواج الکترومغناطیس است. بر خلاف هدایت و جابجایی، انتقال حرارت تشعشعی نیازی به محیط مادی ندارد. این انرژی با سرعت نور انتقال یافته و در محیط خلأ نیز حرکت می کند. و در تمام جامدات، مایعات و گازها، جذب و ساطع کردن انرژی را انجام می دهند. ویژگی مهم دیگر سطح در تشعشع، قابلیت جذب آن است. ضریبی است که بیان می کند چه کسری از انرژی تابشی رسیده شده به سطح جسم توسط آن دریافت می شود. مقدار عددی این ضریب نیز بین صفر و یک می باشد. مشابه قابلیت انتشار، قابلیت جذب جسم سیاه نیز برابر با 1 بوده و برای سایر اجسام کمتر از 1 است.

انواع درجه بندی گرما:

- 1- سانتی گراد ($^{\circ}C$) یا سلیوس
- 2- سانتی گراد مطلق $^{\circ}CA$ یا کلوین ($^{\circ}K$)
- 3- فارانهایت ($^{\circ}F$)
- 4- فارانهایت مطلق $^{\circ}FA$ یا رانکلین ($^{\circ}R$)

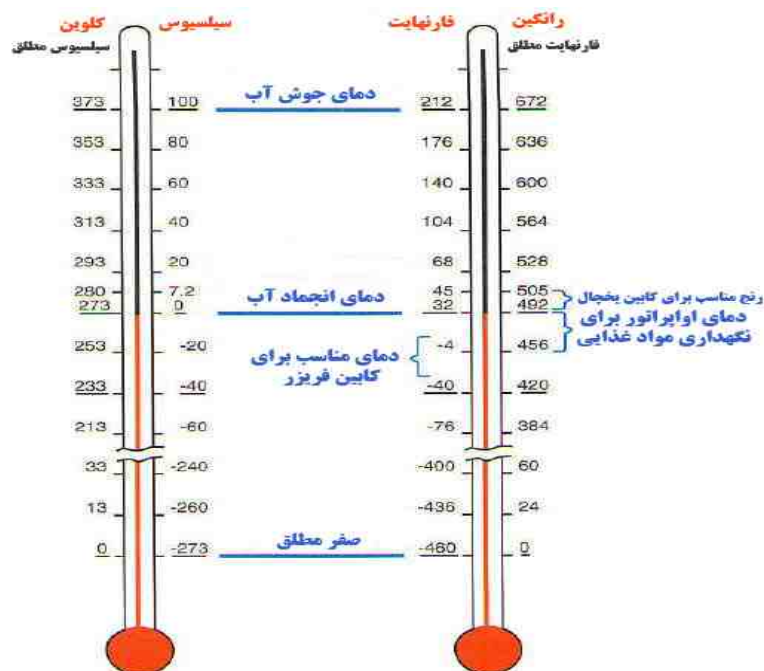
تقسیم بندی مقیاس سانتیگراد و فارانهایت :

در سیستم اندازه گیری بین المللی (SI) از درجه سانتی گراد و در سیستم انگلیسی از درجه فارانهایت استفاده می شود. در مقیاس سانتی گراد نقطه انجماد و جوش آب در فشار جو در کنار دریا در نظر گرفته و فاصله بین این دو عدد را به 100 قسمت مساوی (10 درجه) تقسیم بندی کرده اند. در مقیاس فارانهایت نقطه انجماد آب را 32 درجه و نقطه جوش آب را 212 درجه در نظر گرفتند و فاصله بین این 2 عدد را به 180 قسمت مساوی تقسیم کرده اند.

نکته: در دمای $-40^{\circ}C$ و $^{\circ}F$ با هم یکسان می شوند.

درجه بندی میاس رانکلین (R°) و کلون (K°)

به درجه بندی رانکلین R° فارا نهایت مطلق FA° گفته می شود و صفر درجه آن معادل -460 -درجه فارا نهایت است. به درجه بندی کلون K° سانتیگراد مطلق یا سلیوس مطلق CA° گفته می شود و صفر درجه آن معادل -273 -درجه سانتیگراد است. صفر مطلق همان صفر درجه R° و K° می باشد در نتیجه آنها دارای درجه منفی نمی باشند برای بدست آوردن دمای رانکلین کافی است عدد 460 را به دمای فارا نهایت و برای K° عدد 273 را به دمای سانتیگراد اضافه کرد.



$$R^{\circ} = 460 + F^{\circ}$$

$$K^{\circ} = 273 + C^{\circ}$$

مثال 1: دمای $32F^{\circ}$ چند درجه رانکلین می باشد.

$$R^{\circ} = 460 + 32 = 492R^{\circ}$$

مثال 2: دمای $0C^{\circ}$ چند درجه کلون است.

$$K^{\circ} = 273 + 0 = 273K^{\circ}$$

انواع گرما: شامل گرمای ویژه - گرمای محسوس و گرمای نهان می باشد.

1- گرمای ویژه (c): مقدار انرژی لازم برای افزایش یا کاهش دمای $1kg$ از یک ماده به میزان $1C^{\circ}$ می باشد و واحد آن $\frac{kJ}{kg \cdot C^{\circ}}$

می باشد مثلاً گرمای ویژه برنج $0.195 \frac{kJ}{kg \cdot C^{\circ}}$ است یعنی $0.195 kJ$ به هر کیلوگرم برنج داده شود یا گرفته شود تا دمای

آن $1C^{\circ}$ افزایش یا کاهش یابد و برای انواع مواد غذایی و مبردها به جداول مربوطه باید مراجعه کرد. گرمای ویژه آب $4.19 \frac{kJ}{kg \cdot C^{\circ}}$

می باشد.

مواد	گرمای ویژه	
	Btu/lb./°F	kJ/kg·K
چوب	0.327	1.369
آب	1.0	4.187
بج	0.504	2.110
آهن	0.129	0.540
جیوه	0.0333	0.139
الکل	0.615	2.575
مس	0.095	0.398
سنگ مرمر	0.177	0.741
شیشه	0.187	0.783
گرانیت	0.200	0.837
آجر	0.200	0.837
گلیسیرین	0.576	2.412
R-717 (آمونیاک در دمای 40 °F)	1.1	4.606
R-744 (دی اکسید کربن در دمای 40 °F)	0.6	2.512
R-502	0.255	1.068
آب نمک 20%	0.85	3.559
R-12	0.213	0.892
R-22	0.26	1.089

2- **حرارت محسوس (آشکار):** مقدار گرمایی که صرف تغییر درجه حرارت جسم می شود ولی حالت ماده تغییر نمی کند و درجه حرارت آن را می توان با دماسنج اندازه گیری کرد ولی میزان انرژی حرارتی آن از فرمول زیر محاسبه می شود.

m: جرم بر حسب kg

$$Q = mc\Delta T$$

C: گرمای ویژه بر حسب $\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$

ΔT : اختلاف دمای داخل و خارج محیط بر حسب $^\circ C$ ($T_2 - T_1$)

Q: میزان انرژی حرارتی بر حسب kJ

3- **گرمای نهان:** مقدار گرمایی که باعث تغییر حالت ماده می شود ولی میزان درجه حرارت آن ثابت می ماند که خود بر 2 نوع

می باشد: 1- گرمای نهان انجماد یا ذوب

$$Q = mh_{if}$$

2- گرمای نهان تبخیر یا تقطیر

$$Q = mh_{fg}$$

h_{if} : حرارت نهان ذوب یا انجماد بر حسب $\frac{kJ}{kg}$

m: جرم جسم بر حسب kg

h_{fg} : حرارت نهان تقطیر یا تبخیر

مواد	گرمای نهان انجماد یا ذوب Btu/lb.	گرمای نهان تبخیر یا تقطیر Btu/lb.	گرمای نهان انجماد یا ذوب kJ/kg	گرمای نهان تبخیر یا تقطیر kJ/kg
Water	144	970.4 at 212°F	335	2257 at 100°C
R-717 (آمونیاک)	-	565.0 at 5°F	-	1314 at -15°C
R-502	-	68.96 at 5°F	-	180 at -15°C
R-40 (متیل کلرید)	-	178.5 at 5°F	-	415 at -15°C
R-12	-	68.2 at 5°F	-	159 at -15°C
R-22	-	93.2 at 5°F	-	217 at -15°C

کاربرد گرمای نهان :

گرمای نهان مورد استفاده در سیستم های تهویه و تبرید از نوع گرمای نهان تقطیر یا تبخیری می باشد. در اواپراتور هنگامی که مبرد به جوش می آید و محیط اطراف آن را سرد می کند گرمای زیادی را در خود به صورت نهان ذخیره می کند تا در کندانسور این گرما به محیط پس داده شود بنابراین هر مبردی که دارای گرمای نهان بالاتری باشد از قدرت سرد کنندگی بیشتر می تواند برخوردار باشد. در جدول زیر گرمای نهان تقطیر یا تبخیر برخی از مبردها بر حسب B.T.U/Lb در دمای 50°F نشان داده می شود.

گرمای نهان تبخیر یا تقطیر در 50°F	نوع مبرد
68.2	R-12
93.2	R-22
89.34	R-134a
68.86	R-502
565	R-717

نکته: هر قدر گرمای نهان یک مبرد بالا باشد می تواند گرمای زیادتری در خود حفظ کند ولی آشکار نکند بنابراین دارای توان سرمایشی بالاتری می باشد مثلاً مبرد R-22 دارای گرمای نهان بالاتری نسبت به R-134a می باشد پس R-22 دارای توان سرمایشی بالاتری می باشد.

قابلیت هدایت گرمایی (K): عبارت از گرمایی که از جسمی به ضخامت یک متر و سطح یک متر مربع بر حسب وات عبور کند

در صورتی که اختلاف دمای دوطرف جسم 1°C باشد و بر حسب $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ (وات بر متر درجه سانتی گراد) بیان می شود.

ضریب هدایت حرارتی (C): مقدار گرمایی است بر حسب وات که از یک جسم به سطح 1m² به ضخامت دلخواه عبور کند به

طوری که اختلاف دوطرف جسم 1°C باشد و بر حسب $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ (وات بر متر مربع درجه سانتی گراد) بیان می شود به عبارت دیگر

$$\text{اگر } k \text{ رابر مقدار ضخامت عایق سردخانه هاتقسیم کنیم } C \text{ بدست می آید } C = \frac{K}{X}$$

ضریب کلی هدایت حرارتی (U): این ضریب مانند C بر حسب $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ می باشد اما برای دیوارهای که از مصالح مختلفی

از قبیل آجر - پلاستراعیق و غیره تشکیل شده اند باید مجموع ضرایب آنها را بدست آورد. $U = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$

مقاومت حرارتی: نسبت ضخامت لایه به ضریب هدایت حرارت آن که با R نشان داده می شود و واحد آن m².k/w می باشد. **قابلیت مقاومت گرمایی:** عکس قابلیت هدایت گرمایی است و آن را با $p = \frac{1}{k}$ نشان می دهند و واحد آن m.c/w (متر درجه سانتیگراد بر وات) می باشد. که نشان دهنده مقاومت ماده در برابر عبور جریان گرما است.

ضریب مقاومت گرمایی r: عکس ضریب هدایت حرارتی است و آن را $r = 1/C$ نشان می دهند و واحد آن متر مربع درجه سانتی گراد بر وات m².C/w می باشد

ضریب مقاومت گرمایی کل R: مانند ضریب r می باشد و برای لایه های مختلف که باهم جمع بسته می شوند و واحد آن متر مربع درجه سانتی گراد بر وات m².C/w می باشد

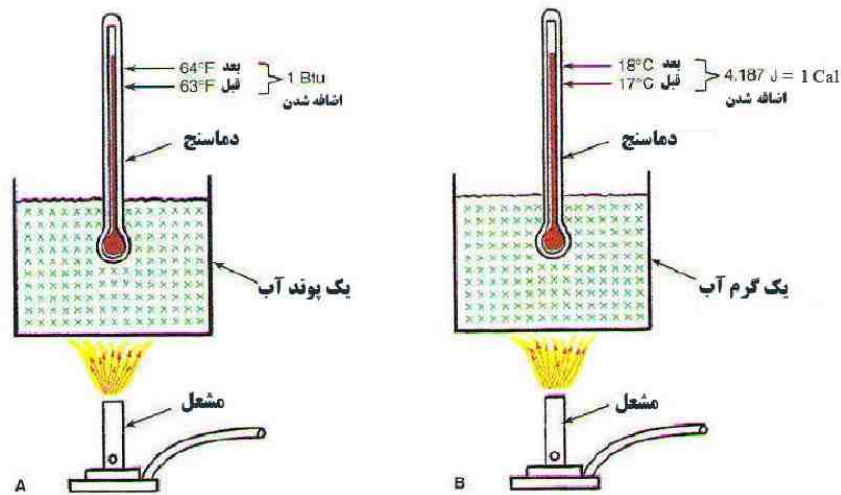
$$R = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$$

واحد های اندازه گیری گرما: در سیستم SI معمولاً بر حسب کالری (cal) و وات ($\frac{J}{s}$) سنجیده می شود و در سیستم اینچی

بر حسب BTU و تن تبرید سنجیده می شود

کالری (Cal): مقدار گرمایی که به یک گرم آب خالص 17 درجه سانتی گراد داده می شود تا دمای آب به اندازه 1 درجه سانتی گراد افزایش یابد و بلعکس.

بی تی یو (B.T.U) : مقدار گرمایی که به یک پوند آب خالص 63 درجه فارنهایت داده می شود تا دمای آن به اندازه یک درجه فارنهایت افزایش یابد و بلعکس.



تن سرمایی (T.R) : عبارتست از مقدار گرمایی که یک تن یخ (2000Lb) با دما 32°F در مدت 24 ساعت جذب می کند تا به آب 32°F تبدیل شود.

$$1 \text{ T.R} = 288000 \text{ B.T.U/24 hr}$$

$$1 \text{ T.R} = 12000 \text{ B.T.U/ hr}$$

$$1 \text{ T.R} = 200 \text{ B.T.U / min}$$

در سیستم های برودتی و تهویه مطبوع واحد بی تی یو بر ساعت (B.T.U / hr) کاربرد فراوان دارد.

کاربرد Cal و B.T.U : معمولاً از کالری برای بیان ظرفیت های حرارتی دستگاههای گرم کننده مانند دیگ، بخاری و غیره استفاده می شود، همچنین ظرفیت سرد کنندگی دستگاههای تبرید را با B.T.U یا تن سرمایی یا وات بیان می کنند.

$$\frac{1 \text{ kcal}}{\text{hr}} = 4 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$\left(\frac{\text{J}}{\text{s}}\right) \text{w} = 3.4 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$1 \text{ kw} = 3419 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$1 \text{ Hp} = 746 \text{ w} = 2545 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$1 \text{ T.R} = 3.516 \text{ kw}$$

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$$

$$1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$$

$$1 \text{ cal} = 4.1186 \text{ J}$$

$$\frac{1 \text{ kcal}}{\text{hr}} = 1.163 \text{ w} \left(\frac{\text{J}}{\text{s}}\right)$$

$$1 \text{ w} = 0.86 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

انرژی کل (آنتالپی) : در مورد مبردها در سیستم های برودتی مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی موجود در آنها را آنتالپی (h)

گفته می شود. در سیستم SI بر حسب $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ و در سیستم اینچی بر حسب $\frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$ بیان می شود.

دمای تبخیر در فشار اتمسفر				
مواد	فارنهایت °F	رانکین °R	سلیسیوس °C	کلون °K
آب	212	672	100	373
R-12	-22	438	-30	243
R-22	-41	419	-41	230
R-744 (دی اکسید کربن)	-109	351	-78	195
R-1150 (اتیلن)	-135	325	-93	180
متان	-258	202	-161	112
اکسیژن	-297	163	-183	90
هوا	-313	147	-192	81
نیترژن	-320	140	-196	77
نئون	-411	49	-246	27
هیدروژن	-423	37	-253	20
هلیوم	-452	8	-270	4

* دامنه رنج دمایی سیالات کریوژنیک از °C -183 تا °C -270 می باشد.

تأثیر فشار بر دمای تبخیر :

دمای تبخیر هر مایع بوسیله فشار محیطی که در آن قرار دارد کنترل می شود. با افزایش فشار ، دمای تبخیر هر ماده بالا می رود مثلاً آب در فشار جو (15 Psi) در °C 100 به جوش می آید اما اگر این فشار به 45 Psi افزایش یابد آب در °C 125 به جوش می آید و یا اگر فشار آب به 7 Psi کاهش یابد دمای جوش آن به °C 80 خواهد رسید. در دستگاههای سردکننده تراکمی و جذبی از اثر کاهش فشار بر دمای تبخیر در اواپراتور استفاده می شود، مثلاً مبرد R-12 را در نظر بگیرید که اگر فشار اواپراتور برابر با 15 Psi باشد دمای تبخیر آن °C -29 خواهد بود ولی اگر فشار آن به 9 Psi تقلیل یابد دمای تبخیر آن به °C -41 خواهد رسید.

مواد	دمای تبخیر بر حسب °C در فشار		
	60 kPa	100 kPa	200 kPa
Water	89	100	122
R-12	-41	-29	-10
R-717	-40	-38	-18

فشار (pressure): عبارت از وزن یا نیرویی که بر واحد سطح وارد می شود و چگونگی کار کردن یک سیستم تبرید بستگی

زیادی به فشار موجود در آن می باشد در نتیجه درک اساسی فشار وقوانین آن دارای اهمیت زیادی می باشد.

$$p = \frac{F}{A}$$

پاسکال (pa): واحد فشار در سیستم متریک (SI) می باشد و عبارت از نیروی یک نیوتونی یا وزنه یک کیلوگرمی که بر سطح یک متر مربع وارد می شود.

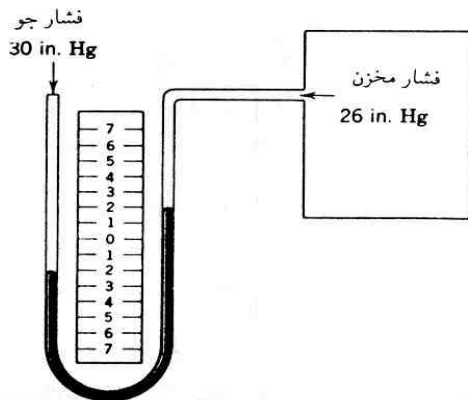
$$pa = \frac{1N}{1m^2}$$

پوند بر اینچ مربع (PSI): واحد فشار در سیستم اینچی می باشد و عبارت از نیرویی که توسط وزنه یک پوندی بر یک اینچ مربع وارد می شود.

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow psi = \frac{Lb}{1in^2}$$

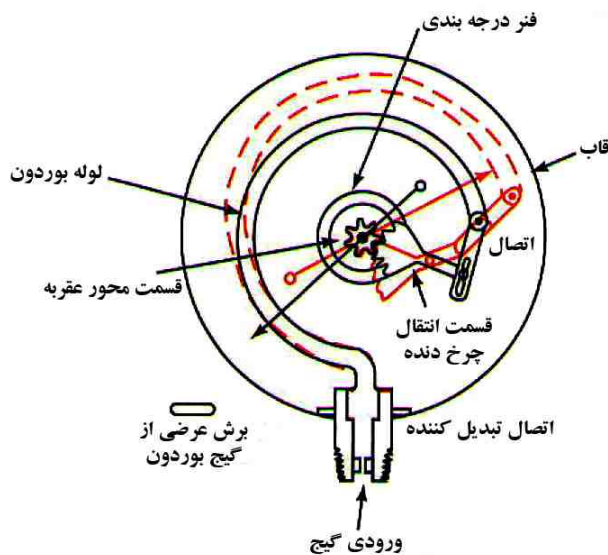
فشار سنج: وسیله ای برای اندازه گیری فشار گاز یا مایع در سیستم های بسته می باشد. در صنعت تبرید در 2 نوع ساخته می شود
الف) مانومتر (manometer)
ب) لوله بوردون (bourdon tube)

فشار سنج مانومتر: لوله شیشه ای U شکل که از 2 طرف باز است و از آب یا جیوه پر شده است که به آن مانومتر جیوه ای یا آبی گفته می شود. یک طرف مانومتر را به مخزن اندازه گیری فشار وصل می کنیم و طرف دیگر آن آزاد و تحت فشار جو می باشد و بر اثر اختلاف فشار جو و مخزن، سطح جیوه یا آب تغییر می کند و این اختلاف فشار مقدار فشار درون مخزن را نشان می دهد. بارومتری که برای اندازه گیری فشار جو به کار می رود یک نوع مانومتر است.



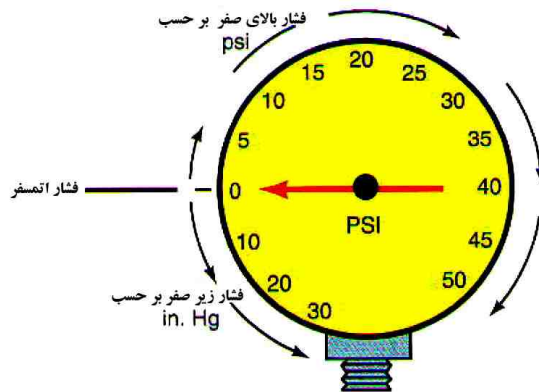
این مانومتر نشان می دهد که فشار مخزن 4 in Hg کمتر از فشار 30 in Hg جو است

فشار سنج بوردون: از لوله فلزی به شکل بیضی تشکیل شده که با افزایش و کاهش فشار این لوله می تواند انحنای بیشتری یا کمتر داشته باشد. این تغییرات فشار از طریق دنده ای به عقربه متقل می شود و به آن گیج فشار بوردونی گفته می شود

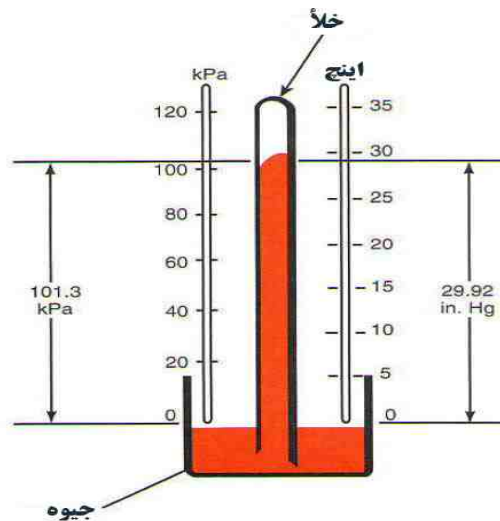


گیج فشار در 2 نوع ساخته می شود:

- 1 - **گیج فشار ساده**: فقط فشار بالای جو را به مان نشان می دهد که معمولاً تا 500psi ساخته می شوند و دارای رنگ قرمز می باشد
- 2 - **گیج فشار مرکب**: می تواند فشار بالا و پایین جو را به مان نشان دهد یعنی می توان برای انجام وکیوم و شارژ گاز از آن استفاده کرد و دارای رنگ آبی می باشد و کاربرد فراوانی می باشد .



بارومتر: وسیله اندازه گیری فشار جو می باشد که از یک لوله شیشه ای به طول 35 اینچ پر از جیوه در یک ظرف حاوی جیوه ، وارونه قرار می گیرد. ارتفاع سطح جیوه بر اثر فشار جو کره زمین پایین می آید و بر روی عدد 29/92 که آن را 30 اینچ در نظر می گیریم پایین می آید این فشار به عنوان مبناء در کنار دریا در نظر گرفته می شود.



بنابراین فشار جو برابر ستونی از جیوه به ارتفاع 30 اینچ جیوه یا 76 سانتی متر جیوه یا 760 میلی متر جیوه می باشد. حال اگر بخواهیم همین آزمایش را با آب انجام دهیم به علت اختلاف وزن مخصوص آب با جیوه ستون آب برابر 10.33 متر می شود.

واحد های فشار دیگر نیز در دستگاه های تبرید از قبیل bar و $\frac{kg}{cm^2}$ نیز استفاده می شود

تبدیل بین واحدهای فشار در سیستم SI و سیستم انگلیسی

	pascal	atm	bar	kg/cm ²	psi	mmHg	inHg	dyne/cm ²
pascal	1	9.8692×10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	1.0192×10 ⁻⁵	1.45038×10 ⁻⁴	0.00750	2.953×10 ⁻⁴	10
atm	101.325	1	1.01325	1.03323	14.6960	760.0	29.921	1013.250
bar	10 ⁵	0.98692	1	1.01972	14.5038	750.062	29.530	10 ⁶
kg/cm ²	98.066	0.96784	0.98066	1	14.223	735.559	28.959	980.665
psi	6894.8	0.068046	0.068948	0.07030696	1	51.715	2.0360	33.864
mmHg	133.32	0.00131579	0.0013332	0.0013595	0.0193368	1	0.03937	1333.2
inHg	3386.4	0.033421	0.033864	0.034532	0.491154	25.400	1	33.864
dyne/cm ²	0.100	9.8692×10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	1.01972×10 ⁻⁶	1.45038×10 ⁻⁵	0.000750	2.953×10 ⁻⁵	1

فشار متعارفی (نسبی): فشاری که توسط گیج های بوردونی در سیستم های سرد کننده رابه ما نشان می دهند و با PSI یا PSig نشان داده می شود گیج بوردونی فشار جو را به ما نشان نمی دهند به همین دلیل است که در حالت عادی عقربه آنها عدد صفر را نشان می دهد.

فشار مطلق: فشار مطلق، فشار واقعی می باشد و به عنوان مبناء در محاسبات سیستم های برودتی کاربرد دارد و از رابطه زیر بدست می آید.

$$p_{abs} = p_{guge} + p_{atm}$$

فشار اتمسفر + فشار گیج = فشار مطلق

	Psi پوند بر اینچ مربع		اینچ جیوه in. Hg	cm Hg سانتی متر جیوه	kPa کیلو پاسکال
	مطلق psia	متعارفی (گیج) psig or psi			
فشار مثبت	105	90			725
	90	75			621
	75	60			518
	60	45			414
	45	30			311
	30	15			207
فشار جو	14.7	0	0	0	101.3
فشار منفی یا وکیوم	10	-5	10	25.4	69
	5	-10	20	50.8	35
	0	-15	29.92	76.0	0

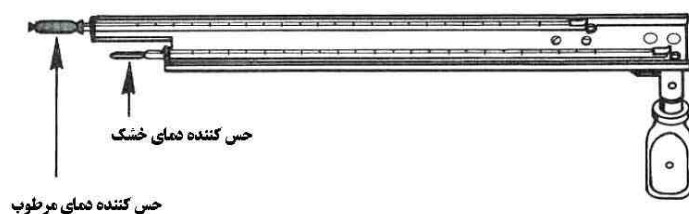
مثال: اگر فشار لوله برگشت یک چیلر با گاز R-407c توسط گیج فشار عدد 65 psi را به ما نشان دهد فشار واقعی آن را بدست آورید. فشار مطلق را با psia نشان می دهند و کافی است عدد 15 که همان فشار جو است رابه فشار متعارفی اضافه کرد
 فشار مطلق = 65+15=80 psia

دمای خشک (dry bulb temperature): دمایی که بوسیله دماسنج معمولی اندازه گیری می شود دمای خشک (DB) نامیده می شود و به منظور کاهش اثر تشعشع خورشید باید آن را در سایه قرار دارد.

دمای تر (wet bulb temperature): مانند دماسنج خشک است ولی کپسول آن داخل کیسه یا پارچه خیس قرار دارد و سرعت هوا در اطراف آن 5 تا 10 متر ثانیه باید باشد یا اینکه با چرخاندن ترمومتر توسط حلقه آن در هوای ساکن این سرعت را بدست آورد دمای تر (WB) نامیده می شود. دمای تر همیشه کمتر از دمای خشک است فقط زمانی که هوا صد در صد اشباع شود دمای خشک و مرطوب با هم مساوی می باشد.



نکته: دماسنج الکترونیکی میتواند همزمان دمای خشک و مرطوب و رطوبت نسبی را نیز محاسبه کند.



دماسنج مخصوص اندازه گیری هوای خشک و مرطوب محیط



اندازه گیری دمای مرطوب محیط با جر خاندن دماسنج مخصوص

دمای نقطه شبنم (dew point): دمایی است که در آن تقطیر رطوبت هنگام سرد کردن هوا آغاز می شود (dp). دمای اشباع (Saturation temperature): دمایی که در آن سیال از مایع به بخار و برعکس تبدیل می شود مایع را در دمای اشباع، مایع اشباع و بخار را در دمای اشباع، بخار اشباع گویند. برای هر فشار خاص دمای اشباع مربوطه خود را دارد این دما در کندانسور و اپراتور رخ می دهد. در هر فشار دمای اشباع بالاترین دمایی است که مایع می تواند داشته باشد و پایین ترین دمایی است که بخار می تواند داشته باشد

رابطه دمای خشک و تر نقطه شبنم: همیشه دمای تر نقطه شبنم از دمای خشک کمتر هستند اما اگر رطوبت هوا اشباع شود یعنی به رطوبت نسبی 100 در صد برسد این سه دما با هم برابر می شود که برای هر درجه حرارت مقدار آن تغییر می کند. هوا هر چه گرمتر شود می تواند رطوبت بیشتری را در خود حل کند

نکته: رطوبت به معنای بخار آب موجود در جو است

رطوبت مخصوص (w): مقدار واقعی بخار آب بر حسب گرین یا پوند در هر پوند هوای خشک در سیستم انگلیسی و یا کیلو گرم بخار آب در هر کیلو گرم هوای خشک در سیستم متریک است.

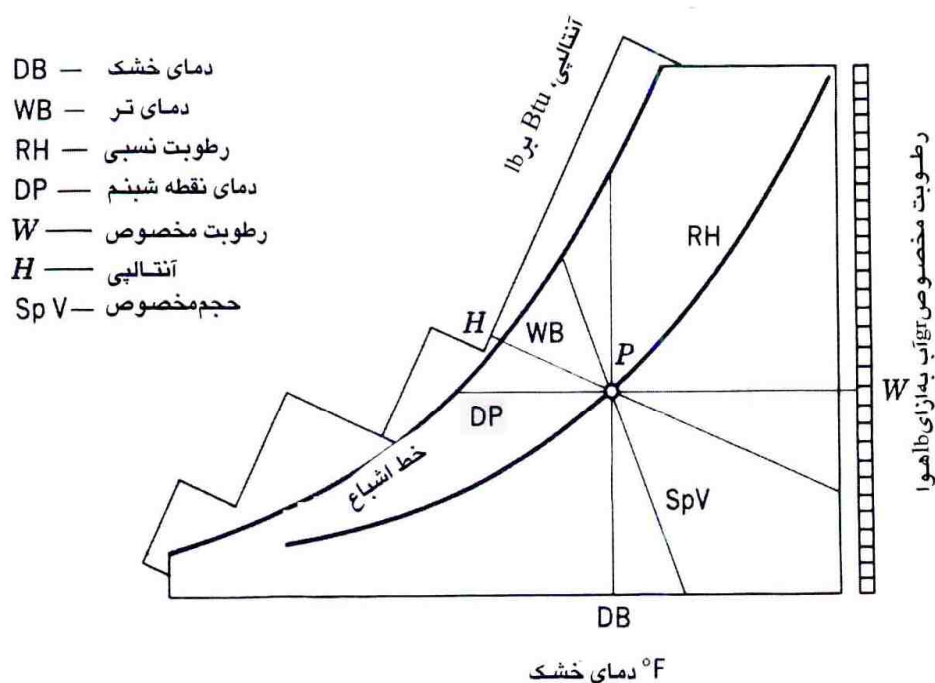
گرین 0.0648 = گرین grain

گرین 15.43 = گرم gram

گرین 7000 = پوند lb

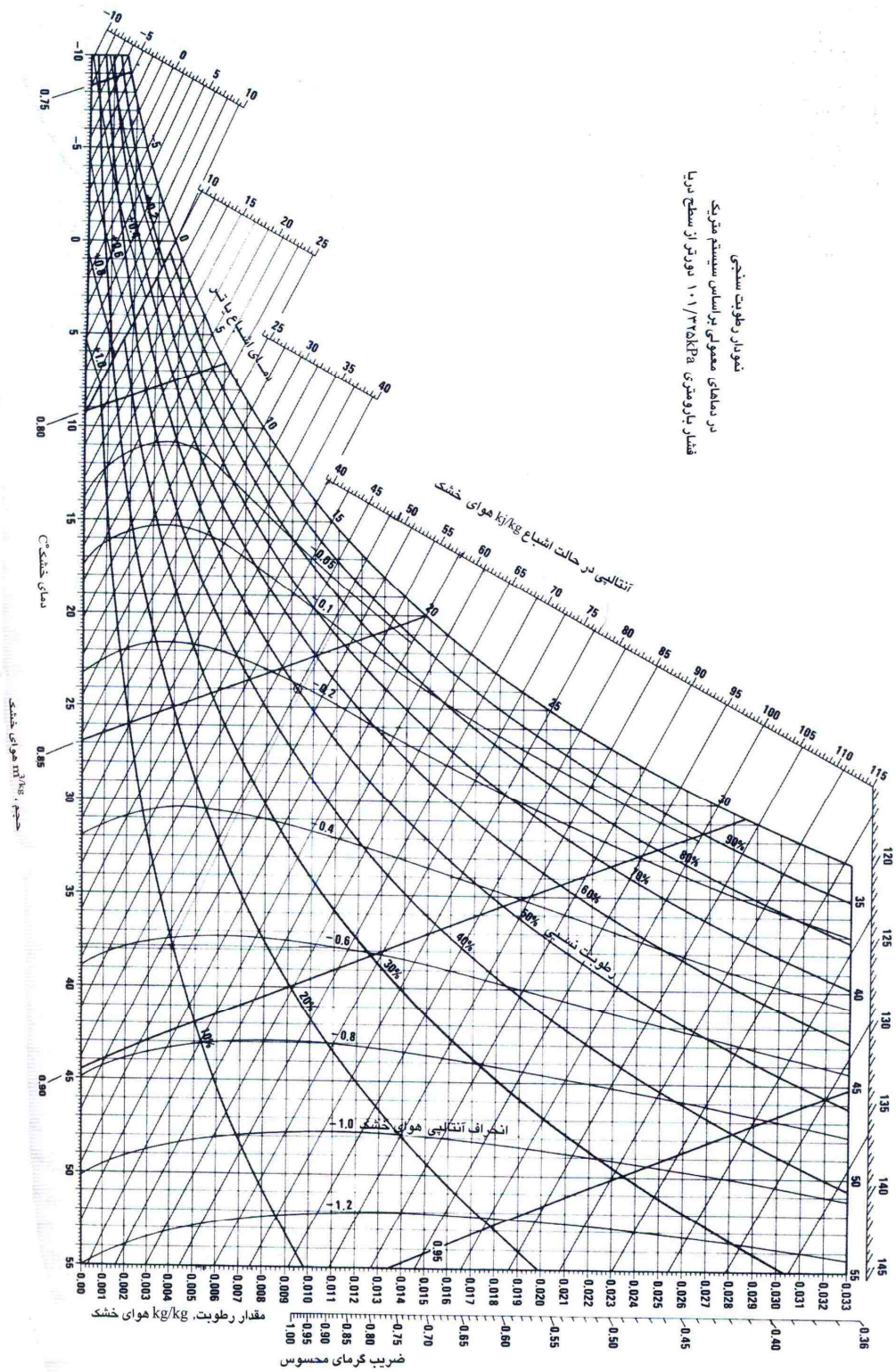
رطوبت نسبی (RH): به صورت درصد بیان می شود که بیان گر نسبت مقدار رطوبت در هوا در یک دمای معین به حد اکثر مقدار رطوبت ممکن در همان دما می باشد یا نسبت جرم بخار آب موجود در هوا به جرم بخار آب موجود در هوای اشباع در همان دمای خشک رطوبت نسبی Relative humidity گفته می شود.

آنتالپی هوا: مجموع گرمای محسوس هوا و گرمای محسوس آب موجود در هوا به اضافه گرمای نهان رطوبت تبخیر شده و گرمای فوق گرم کردن بخار



نمودار رطوبت سنجی که ارتباط بین هفت مشخصه مخلوط هوا - بخار آب را نشان می دهد. اگر دو تا از این مشخصه ها معلوم باشند، می توان با ترسیم نقطه وضعیت آن دو، پنج مشخصه دیگر را از روی نمودار قرائت کرد.

نمودار رطوبت سختی
در دماهای معمولی بر اساس سیستم متریک
فشار بارومتري ۱۰۱۳/۳۵۵ کاپا/تورتر از سطح دریا



نمودار رطوبت سختی بر حسب واحدهای متریک برای دماهای معمولی.

تقسیم بندی سیستم های تهویه مطبوع

بر اساس عملکرد اصلی بردن نوع تقسیم می شوند

1- تهویه مطبوع آسایشی: هدف آن ایجاد شرایط هوای مناسب برای آسایش و افزایش کارایی افراد در منازل، ادارات، فروشگاهها، رستوران ها، مدارس، بیمارستان ها و اماکن عمومی می باشد.

برای راحتی کار تهویه مطبوع آسایشی به دو دسته مسکونی و تجاری تقسیم می شود:

الف- تهویه مطبوع مسکونی: (residential): برای منازل به کار می رود.

ب- تهویه مطبوع تجاری: (commercial): برای ادارات و اماکن عمومی بکار می رود.

تهویه مطبوع صنعتی: هدف آن کنترل شرایط محیطی هوا و رطوبت در کارهای تولیدی و تحقیقاتی است مانند سیستمهای تهویه مطبوع در کارخانجات نساجی، کاغذ سازی، شیرینی سازی و غیره

دسته بندی براساس فصول سال

1- تهویه مطبوع زمستانی: برای گرمایش هوا و افزایش مقدار رطوبت تا حد قابل قبول است.

2- تهویه مطبوع تابستانی: برای ایجاد سرمایش و گرفتن رطوبت اضافی است.

3- تهویه مطبوع برای تمام سال (دوفصله): ترکیبی از تجهیزات گرمایش و سرمایش می باشد که شرایط افراد را در تمام سال تامین می کند.

آسایش گرمایی: دمای داخلی بدن انسان در حالت عادی در حدود 37 درجه سلسیوس است که این دما در سطح پوست به 32 درجه کاهش می یابد آسایش گرمایی یعنی که فرد نه احساس سرما و نه احساس گرما می کند.

عوامل مؤثر بر آسایش گرمایی

1. دمای خشک، 2. دمای مرطوب، 3. رطوبت، 4. سرعت جریان هوا، 5. تابش، 6. پوشش

پوشش: واحد اندازه گیری پوشش لباس است. در نمودارهای آسایش گرمایی به صورت پیش فرض پوشش افراد برابر 0.5 لباس رسمی در نظر گرفته می شود.

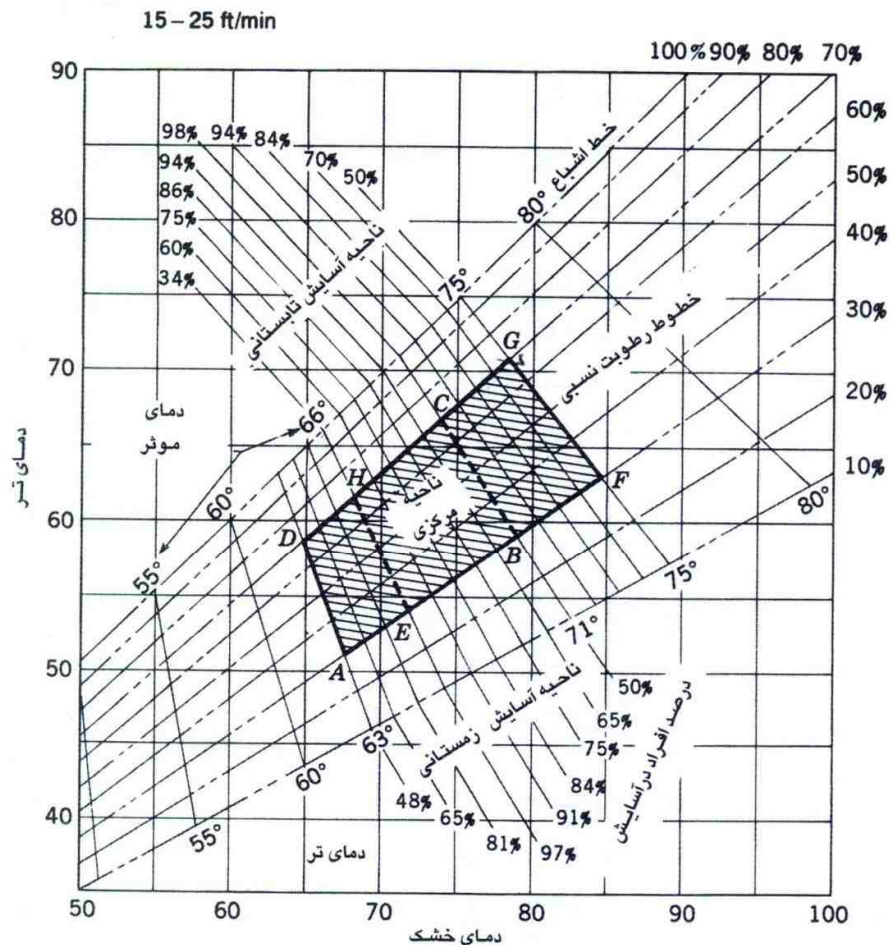
عوامل فیزیکی (سن، جنس، نژاد): افراد مسن برای احساس آسایش احتیاج به دمایی 1 تا 2 درجه بالاتر از افراد عادی دارند. زن ها نیز برای آسایش احتیاج به دمایی 1 تا 2 درجه بیشتر از مرد ها دارند. عامل دیگر نژاد است. برای مثال افرادی که در مناطق گرمسیر زندگی می کنند راحت تر می توانند دماهای بالاتر از نقطه آسایش را تحمل کنند.

نقطه آسایش

به شرایطی که در آن فاکتورهای دما، رطوبت، جریان هوا، تابش و پوشش برای آسایش فراهم باشد، نقطه آسایش می گوئیم. با تغییر هر یک از فاکتورهای پیش گفته شرایط آسایش از بین رفته و برای جبران آن باید فاکتور دیگر را تغییر دهیم. مثلاً در صورت افزایش دما می توان پوشش را کم کرد یا با افزایش جریان هوا مجدداً به یک نقطه آسایش جدید برسیم. مجموعه تمام نقاط آسایش را محدوده آسایش می نامند. حد نهایی تحمل جریان هوا 700 فوت در دقیقه (3.5 متر بر ثانیه) است.

دمای مؤثر: ترکیبی از تاثیر دمای خشک، رطوبت نسبی و جریان هوا می باشد که برای درصد بالایی از مردم احساس آسایش یکسانی داشته باشند.

محدوده آسایش انسان ها: شرایط حرارتی و رطوبتی که حدود 80 درصد ساکنین یا استفاده کنندگان در آن احساس آسایش کنند. برای زمستان بین 18-23 درجه سانتی گراد و برای تابستان 20-29 درجه سانتی گراد با پوشاک معمولی و سبک تعریف شده است.



نمودار آسایش. توجه کنید که دمای خشک، دمای تر و دمای موثر همگی در روی خط اشباع (رطوبت نسبی 100 درصد) یکسان هستند. در این نمودار درصد افرادی که در شرایط نشان داده شده آسایش دارند براساس آماری مشخص شده است.

بار سرمایی ساختمان: بار سرمایی مقدار گرمایی است که ساختمان در روز فصل تابستان در واحد زمان می گیرد، برخلاف بار گرمایی ساختمان که عوامل به وجود آورنده آن محدود است، مؤلفه های تشکیل دهنده باربردتی متعدد و شامل عوامل مختلف در داخل و خارج ساختمان می باشد. قدم اول در طراحی سیستم های بردوتی، بررسی اولیه شرایط ساختمان می باشد.

- تعیین شرایط آب و هوایی، طرح خارج
- تعیین شرایط طرح داخل برابر منحنی آسایش
- جنس دیوارها
- جهت ساختمان در مقابل باد یا خورشید
- موقعیت ساختمان نسبت به ساختمان های اطراف
- نحوه تابش آفتاب
- مشخصات پنجره ها (ابعاد، قاب، مواد تشکیل دهنده، تعداد جدار شیشه ها)
- تعداد افراد حاضر در ساعت طرح و نوع فعالیت و مدت زمان حضور
- سیستم روشنایی
- مشخصات وسایل برقی و گرمایی
- گونه بهره برداری از ساختمان

افزایش گرما در ساختمان در یک ساختمان به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود:

1. **بار سرمایی بخش خارجی:** شامل هدایت از دیوارها، پنجره‌ها، سقف، کف، تابش، هوای نفوذی و همه گرمای محسوس منتقل شده از خارج

2. **بار سرمایی بخش داخلی:** شامل گرمای محسوس و نهان تولید شده مانند ساکنین، روشنایی، دستگاه ها و.. برای برآورد بار سرمایی 2 روش اصلی به کار می‌رود:

1. محاسبات دقیق مهندسی

2. محاسبات با جداول آماده و محاسبه سرانگشتی

محاسبه بار سرمایی دقیق ساختمان در تابستان

1- محاسبه بار سرمایی تابشی از پنجره ها و شیشه های خارجی

2- محاسبه بار سرمایی هدایتی از پنجره ها و شیشه های خارجی

3- محاسبه بار سرمایی تشعشعی و هدایتی جداره های خارجی

4- محاسبه بار سرمایی هدایتی جداره ها و پنجره ها و درهای داخلی

5- محاسبه بار سرمایی محسوس ناشی از تهویه اتاق ها

6- محاسبه بار سرمایی محسوس ناشی از ساکنین و وسایل گرمازای داخلی اتاق

7- محاسبه بار سرمایی نهان موثر اتاق

8- محاسبه بار سرمایی محسوس بقیه هوای خارج

9- محاسبه بار سرمایی نهان بقیه هوای خارج

9 حالت ذکر شده بالا را محاسبه و با هم جمع می کنند تا بار سرمایی در تابستان بدست آید.

برآورد بار سرمایی بر اساس جداول آماده: در زیر خلاصه ای از جداول تهیه شده توسط شرکت بوتان را مشاهده می کنید

کاربری مسکونی بر حسب BTU/hr به ازای یک متر مربع (معادل سه متر مکعب)

شهر	بار کم	بار متوسط	بار زیاد
زاهدان	330	430	530
زنجان	300	390	470
ساری	360	450	540
سمنان	400	500	600
سنندج	300	390	470
شهرکرد	260	340	420
شیراز	300	380	460
قزوین	350	440	540
قم	330	410	500
کاشان	340	440	540
کرج	270	360	450
کرمان	330	410	500
کرمانشاه	260	340	410
گرگان	380	480	580
مشهد	290	370	460
مهاباد	250	340	430
نیشاپور	270	340	410
همدان	250	330	400
یاسوج	240	300	370
یزد	320	410	500
آبادان	450	555	660
اراک	270	350	440
اردبیل	240	320	400
ارومیه	300	370	440
اصفهان	310	380	460
اهواز	460	570	670
ایلام	280	360	440
بروجرد	240	320	390
بندرانزلی	370	460	550
بندر بوشهر	440	550	650
بندر عباس	380	550	720
تبریز	270	360	450
تهران	310	410	510
جزیره کیش	450	570	680
خرم آباد	380	470	560
رشت	360	450	530

کاربری اداری بر حسب BTU/hr به ازای هر یک متر مربع

شهر	بار کم	بار متوسط	بار زیاد
آبادان	540	670	800
اراک	320	430	530
اردبیل	290	380	480
ارومیه	350	440	520
اصفهان	370	460	550
اهواز	550	680	810
ایلام	340	430	530
بابل	400	500	610
بروجرد	290	380	470
بندر انزلی	450	560	670
بندر بوشهر	520	650	830
بندر عباس	450	660	860
تبریز	330	430	540
تهران	370	490	610
خرم آباد	460	570	680
رشت	430	540	640

کاربری اداری بر حسب BTU/hr به ازای هر یک متر مربع

شهر	بار کم	بار متوسط	بار زیاد
زاهدان	400	520	640
زنجان	360	460	560
ساری	430	540	650
سمنان	400	500	600
شهرکرد	260	340	420
شیراز	300	380	460
قزوین	420	530	650
کرج	320	430	530
کرمان	390	490	600
کرمانشاه	310	400	490
گرگان	520	650	770
مشهد	350	450	550
مهاباد	300	410	520
همدان	300	390	490
یاسوج	280	640	450
یزد	350	490	600

کاربری آموزشی بر حسب BTU/hr به ازای هر متر مربع

شهر	بار کم	بار متوسط	بار زیاد
ابادان	680	830	990
اراک	400	530	660
اردبیل	360	480	590
ارومیه	440	550	660
اصفهان	460	580	690
اهواز	680	850	1000
ایلام	420	540	670
بروجرد	360	480	590
بندر انزلی	560	690	830
بندر بوشهر	660	820	980
بندرعباس	560	820	1100
تبریز	610	540	680
تهران	470	610	760
جزیره کیش	680	850	1020
خرم آباد	570	700	840

کاربری آموزشی بر حسب BTU/hr به ازای هر متر مربع

شهر	بار کم	بار متوسط	بار زیاد
رشت	540	670	800
زاهدان	500	650	800
زنجان	450	580	700
ساری	530	670	810
سنندج	450	580	830
شهرکرد	390	510	830
شیراز	420	570	830
قزوین	520	660	810
کرج	400	530	670
کرمان	490	620	750
کرمانشاه	390	500	610
مشهد	430	560	680
نیشابور	400	510	620
همدان	380	490	610
یاسوج	350	450	550
یزد	480	610	750

فروشگاههای بزرگ بر حسب BUT/hr به ازای هر متر مربع

شهر	بار کم	بار متوسط	بار زیاد
آبادان	1150	1400	1650
اراک	700	900	1100
اردبیل	600	800	100
ارومیه	750	950	1100
اصفهان	750	950	1150
اهواز	1150	1400	1700
ایلام	700	900	1100
بروجرد	600	800	1000
بندر انزلی	950	1150	1400
بندر بوشهر	1100	1400	1650
بندر عباس	950	1400	1800
خرم آباد	950	1200	1400
تبریز	700	900	1150
تهران	800	1050	1300
جزیره کیش	1150	1450	1700
رشت	900	1150	1350

فروشگاههای بزرگ بر حسب BTU/hr به ازای یک متر مربع

شهر	بار کم	بار متوسط	بار زیاد
زاهدان	850	1100	1350
زنجان	750	100	1200
ساری	900	1100	1400
شهرکرد	750	1000	1200
شیراز	650	850	1100
قزوین	750	950	1200
کرج	665	888	1110
کرمان	800	1050	1250
کرمانشاه	650	850	1050
گرگان	950	1200	1450
مشهد	750	950	1150
مهاباد	650	850	1100
نهاد	680	900	1100
نیشابور	660	850	1050
همدان	630	820	1000
یاسوج	590	760	930
یزد	800	1050	1250

برآورد سرانگشتی بار سرمایی بر اساس هوای گذریافته از روی کویل

$$Q = (AF) \times (CLF) \times (A) \times (XT_0 + YT_1 + T_e)$$

ضریب هوا (AF) در سطح دریا $AF = 1.08 \text{ Btu. Min/ft}^3 \cdot \text{F.hr}$

از جدول زیر مقدار ضریب هوا (AF) را در سایر ارتفاعها از سطح دریا برای شهر مورد نظر می توان مشخص کرد.

جدول مقدار ضریب هوا (AF)

ارتفاع از سطح دریا (متر)	۰	۳۰۰	۶۰۰	۹۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۸۰۰	۲۱۰۰	۲۴۰۰	۲۷۰۰	۳۰۰۰
AF	۱/۰۸	۱/۰۴	۱/۰۱	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۷۷	۰/۷۴

ضریب بار سرمایی (CLF)، ضریب حجم هوای مورد نیاز به ازای واحد سطح را برای ساختمانهای گوناگون نشان می دهد در جدول زیر ضریب بار سرمایی (CLF) برای ساختمانهای گوناگون آورده شده است.

جدول ضریب بار سرمایی (CLF)

CLF (CFM/ft2)	ساختمان نوع کاربری
۱	ساختمان مسکونی – آپارتمان
۱/۲	ساختمان اداری یا تجاری
۱/۵	کلاس درس – مدارس
۲	بیمارستان (اتاق بیماران)
۲/۵	ساختمانهای چند منظوره – مجتمع ها – فروشگاههای بزرگ

A- مساحت فضا

X- سهم هوای تازه بیرون

Y- سهم هوای بازگشتی به دستگاه

To- دمای خشک طرح خارج

Ti- دمای خشک طرح داخل

Tc- دمای نقطه شبنم کویل سرد

مثال: بار سرمایی یک ساختمان اداری در تهران به مساحت 1000 فوت مربع، چند تن تبرید است؟ (20 درصد هوای تازه) برای شهر تهران داریم:

$$CLF= 1/2 \quad AF= 0.93 \quad T_c= 55^{\circ}F \quad T_i= 75^{\circ}F \quad T_o= 105^{\circ}F$$

بنابراین:

$$Q= 0.93 \times 1.2 \times 1000 \times (0.2 \times 105 + 0.8 \times 75 - 55) = 29016 \text{ Btu/hr} = 2.4 \text{ T.C}$$

محاسبه دبی هوای حامل بار حرارتی ساختمان

محاسبه دبی هوای حامل بار سرمایی هر اتاق با استفاده از فرمول زیر صورت می گیرد:

$$RCFM = \frac{ERSH}{1.08(t_r - t_{adp})(1 - BF)}$$

دبی هوای لازم برای حمل بار سرمایی اتاق بر حسب فوت مکعب بر دقیقه RCFM

گرمای محسوس مؤثر اتاق ERSH (Btu/hr)

دمای خشک طرح تابستانی اتاق t_r (F)

دمای نقطه شبنم دستگاه t_{adp} (F)

ضریب 1.08 در شرایط سطح دریا می باشد در شرایط غیر استاندارد باید از جدول صفحه قبل استفاده کرد. دبی هوای بدست آمده از فرمول فوق، همزمان بار سرمایی محسوس و نهان اتاق را حمل می کند.

ضریب میان بر (BF): پره هایی روی کویل های دستگاه های تهویه مطبوع از قبیل هواسازوفن کویل سطح تماس بین هوا و کویل ها را افزایش می دهد ولی به علت سرعتی که هوا دارد و فاصله ای که بین پره ها موجود است، همواره تعدادی از مولکول های هوا فرصت کافی برای تبادل حرارت با کویل ها را نیافته بدون کوچکترین تغییری از کویل خارج می شوند. ضریب میان بر نشان دهنده بخشی از هواست که بدون تغییر از میان کویل دستگاه تهویه مطبوع عبور و یا در واقع فرار می کند. ضریب میان بر یا ضریب عبور از مختصاتی است که توسط کارخانه سازنده کویل در کاتالوگ مربوطه ارائه می شود و چنانچه کاتالوگ در دسترس نباشد آن را 0.1 در نظر گرفته می شود.

شرایط اتاق					ضریب حرارت محسوس مؤثر و نقطه شبنم دستگاه									
DB	RH	WB	W		ESHF	ADP	1.00	.84	.73	.67	.63	.61	.59	.58
(F)	(%)	(F)	(gr/lb)											
65	64.0	76.3			ESHF	ADP	1.00	.84	.73	.67	.63	.61	.59	.58
72					ADP	59.5	58	56	54	52	50	48	47	
70	65.2	82.3			ESHF	ADP	1.00	.80	.69	.62	.59	.56	.54	.53
					ADP	61.6	60	58	56	54	51	48	44	

20	49.9	21.6			ESHF	ADP	1.00	.98	.96	.94	.93			
					ADP	27.6	26	24	22	21				
25	51.5	27.0			ESHF	ADP	1.00	.97	.94	.92	.90	.88		
					ADP	33.7	31	29	27	25	22			
30	53.0	32.8			ESHF	ADP	1.00	.98	.94	.91	.88	.86	.84	.82
					ADP	37.1	36	34	32	30	27	25	20	
35	54.4	38.0			ESHF	ADP	1.00	.97	.93	.89	.86	.84	.82	.80
					ADP	41.1	40	38	36	34	32	30	27	.78
40	55.8	43.5			ESHF	ADP	1.00	.95	.90	.86	.83	.80	.78	.74
					ADP	44.5	43	41	39	37	35	32	29	.72
45	57.1	49.1			ESHF	ADP	1.00	.93	.87	.82	.79	.77	.75	.73
					ADP	47.7	46	44	42	40	38	36	33	.71
50	58.5	54.8			ESHF	ADP	1.00	.92	.84	.80	.76	.74	.71	.69
					ADP	50.5	49	47	45	43	41	38	35	.67
55	59.7	60.1			ESHF	ADP	1.00	.93	.83	.77	.73	.71	.68	.66
					ADP	53.1	52	50	48	46	44	42	38	.64
60	60.9	65.5			ESHF	ADP	1.00	.89	.79	.73	.69	.66	.64	.62
					ADP	55.4	54	52	50	48	46	43	40	.61
65	62.2	71.1			ESHF	ADP	1.00	.93	.78	.71	.66	.63	.61	.59
					ADP	57.7	57	55	53	51	49	47	44	.58
70	63.4	76.9			ESHF	ADP	1.00	.90	.74	.66	.61	.59	.57	.56
					ADP	59.8	59	57	55	53	51	49	47	.55
75	64.5	82.5			ESHF	ADP	1.00	.88	.70	.62	.57	.55	.53	.52
					ADP	61.7	61	59	57	55	53	51	49	.51
80	65.7	88.0			ESHF	ADP	1.00	.87	.73	.65	.60	.54	.51	.49
					ADP	63.5	63	62	61	60	58	56	53	.48
85	66.8	93.7			ESHF	ADP	1.00	.71	.56	.52	.50	.48	.47	.46
					ADP	65.3	64	62	61	60	59	58	57	.45
90	67.9	99.3			ESHF	ADP	1.00	.66	.56	.50	.47	.45	.43	.42
					ADP	66.9	66	65	64	63	62	61	60	.41
95	69.0	105.0			ESHF	ADP	1.00	.60	.47	.42	.39	.38	.37	
					ADP	68.5	68	67	66	65	64	62		

60	56.6	55.0			ESHF	ADP	1.00	.95	.84	.77	.73	.70	.68	.66
					ADP	50.6	50	48	46	44	42	39	36	.65
65	57.7	59.7			ESHF	ADP	1.00	.92	.85	.80	.73	.69	.66	.64
					ADP	52.9	52	51	50	48	46	44	41	.62
70	58.9	64.5			ESHF	ADP	1.00	.89	.80	.76	.69	.65	.62	.60
					ADP	55.0	54	53	52	50	48	46	43	.58
75	59.9	69.2			ESHF	ADP	1.00	.88	.78	.72	.65	.61	.58	.56
					ADP	56.9	56	55	54	52	50	48	45	.55
80	61.0	73.8			ESHF	ADP	1.00	.75	.68	.63	.60	.58	.55	.53
					ADP	58.7	57	56	55	54	53	51	48	.52
85	62.0	78.6			ESHF	ADP	1.00	.71	.63	.58	.55	.52	.50	.49
					ADP	60.3	59	58	57	56	54	52	50	
90	63.0	83.2			ESHF	ADP	1.00	.70	.58	.53	.50	.48	.46	.45
					ADP	61.9	61	60	59	58	57	55	53	
95	64.0	88.0			ESHF	ADP	1.00	.69	.51	.46	.43	.42	.41	
					ADP	63.5	63	62	61	60	59	58		

شرایط اتاق				ضریب حرارت محسوس مؤثر و نقطه شبنم دستگاه																																												
DB	RH	WB	W	ESHF	ADP	1.00	.94	.89	.81	.77	.74	.72	.70	.68	.66	.64	.62	.60	.58	.56	.54	.52	.50	.48	.46	.44	.42	.40	.38	.36	.34	.32	.30	.28	.26	.24	.22	.20	.18	.16	.14	.12	.10	.08	.06	.04	.02	.00
(F)	(%)	(F)	(gr/lb)																																													
60	60	52.3	46.2	ESHF	ADP	1.00	.94	.89	.81	.77	.74	.72	.70	.68	.66	.64	.62	.60	.58	.56	.54	.52	.50	.48	.46	.44	.42	.40	.38	.36	.34	.32	.30	.28	.26	.24	.22	.20	.18	.16	.14	.12	.10	.08	.06	.04	.02	.00
	65	53.3	50.0	ESHF	ADP	1.00	.91	.86	.78	.74	.70	.69	.67	.65	.63	.61	.59	.57	.55	.53	.51	.49	.47	.45	.43	.41	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.01	.00	
	70	54.3	53.9	ESHF	ADP	1.00	.89	.83	.74	.70	.67	.65	.63	.61	.59	.57	.55	.53	.51	.49	.47	.45	.43	.41	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.01	.00			
	75	55.3	57.8	ESHF	ADP	1.00	.79	.74	.71	.68	.64	.62	.60	.58	.56	.54	.52	.50	.48	.46	.44	.42	.40	.38	.36	.34	.32	.30	.28	.26	.24	.22	.20	.18	.16	.14	.12	.10	.08	.06	.04	.02	.00					
	80	56.3	61.7	ESHF	ADP	1.00	.85	.76	.70	.66	.61	.59	.57	.55	.53	.51	.49	.47	.45	.43	.41	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.01	.00						
	85	57.2	65.5	ESHF	ADP	1.00	.75	.67	.63	.57	.56	.54	.53	.51	.49	.47	.45	.43	.41	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.01	.00								
	90	58.2	69.4	ESHF	ADP	1.00	.72	.62	.57	.54	.52	.50	.49	.47	.45	.43	.41	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.01	.00										
	95	59.1	73.5	ESHF	ADP	1.00	.69	.55	.49	.47	.46	.45	.43	.41	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.01	.00													
					ESHF	ADP	1.00	.69	.55	.49	.47	.46	.45	.43	.41	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.01	.00												
					ESHF	ADP	1.00	.69	.55	.49	.47	.46	.45	.43	.41	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.01	.00												
					ESHF	ADP	1.00	.69	.55	.49	.47	.46	.45	.43	.41	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.01	.00												
					ESHF	ADP	1.00	.69	.55	.49	.47	.46	.45	.43	.41	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.01	.00												

60	47.9	38.4			ESHF	ADP	1.00	.93	.89	.85	.80	.77	.75	.73
					ADP	41.3	40	39	38	36	34	32	29	.71
65	48.8	41.4			ESHF	ADP	1.00	.91	.86	.83	.78	.74	.72	.70
					ADP	43.3	42	41	40	38	36	34	31	.68
70	49.7	44.6			ESHF	ADP	1.00	.90	.84	.80	.74	.71	.69	.67
					ADP	45.2	44	43	42	40	38	36	33	.66
75	50.6	48.0			ESHF	ADP	1.00	.89	.82	.74	.69	.66	.65	.64
					ADP	47.1	46	45	43	41	39	37	36	.63
80	51.5	51.2			ESHF	ADP	1.00	.88	.79	.74	.67	.64	.62	.61
					ADP	48.8	48	47	46	44	42	40	39	.60
85	52.4	54.5			ESHF	ADP	1.00	.77	.70	.66	.63	.60	.58	.57
					ADP	50.4	49	48	47	46	44	42	40	
90	53.2	57.7			ESHF	ADP	1.00	.76	.67	.61	.58	.55	.54	.53
					ADP	52.0	51	50	49	48	46	44	41	
95	54.2	61.2			ESHF	ADP	1.00	.69	.58	.54	.51	.49		
					ADP	53.6	53	52	51	50	48			

*The values shown in the gray areas indicate the lowest effective sensible heat factor possible without the use of reheat. This limiting condition is the lowest effective sensible heat factor line that intersects the saturation curve. Note that the room dewpoint is equal to the required apparatus dewpoint for an effective sensible heat factor of 1.0.

Conversion Tables	
Pressure	Heat Flow
psig $\times 6.8948$ = kPa	BTU/hr $\times 0.2931$ = watts
psig $\times 0.069$ = bar	watts $\times 3.412$ = BTU/hr
bar $\times 14.5$ = psi	Ton Refrig. $\times 1200$ = BTU/hr
bar $\times 100$ = kPa	Ton Refrig. $\times 3516.8$ = watts
kPa $\times 0.01$ = bar	kcal/h $\times 1.163$ = watts
Length	Temperature
metres $\times 3.281$ = feet	$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$
metres $\times 39.37$ = inches	$^{\circ}\text{F} = (9/5 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$

1 Kcal	3.9685 Btu
1 kWh	3413 Btu
1 kWh	860 kcal
1 Btu	1.055 kJ
1 calorie	4.186 Joules
1 hp	746 Watts
1 kg	2.2 lb (pounds)
1 metre	3.28 feet
1 inch	2.54 cm
1 kg/cm ²	14.22 psi
1 atmosphere	1.0332 kg/cm ²
1 kg/cm ²	10 metres of water column @ 4°C
1 kg/cm ²	9.807 $\times 10^4$ Pascals
1 Ton of Refrigeration	3023 kcal/hour
1 Ton of Refrigeration	12000 Btu/hour
1 US Gallon	3.785 litres
1 Imperial Gallon	4.546 litres
°F	1.8 $\times$ °C + 32
°K	°C + 273

جدول تبدیل واحدها

Pressure						
	in. wg.	psi	bar	atm	pa	mmHg
1 in. wg.	1	0.04	0.002	0.002	249.08	1.868
1 psi	27.67	1	0.068	0.068	6894.8	51.71
1 bar	401.46	14.5	1	0.98	100000	750.06
1 atm	401.78	14.69	1.01	1	101325	760
1 pa	0.004	0.0002	0.00001	0.00001	1	0.007
1 mmHg	0.53	0.02	0.001	0.001	133.32	1

Enthalpy		
	Kj/kg	Btu/Lb
1 Kj/kg	1	0.49
1 Btu/Lb	2.32	1

Temperature		
	Y (°F)	Y (°C)
X (°F)	Y=X	$Y=0.55X(X)-17.8$
X (°C)	$Y=1.8X(X)+32$	Y=X

Density		
	Kg/m ³	Lb/ft ³
1 Kg/m ³	1	0.06
1 Lb/ft ³	16.01	1

Power				
	Hp	KW	Btu/Hour	Ton(Ref.)
1 Hp	1	0.746	2545.45	0.21
1 KW	1.34	1	3412.14	0.28
1 Btu/Hour	0.0004	0.0003	1	0.00008
1 Ton(Ref.)	4.71	3.51	12000	1

Volumetric Flow Rate			
	CFM	m ³ /Hour	GPM
1 CFM	1	1.67	7.48
1 m ³ /Hour	0.59	1	4.04
1 GPM	0.13	0.23	1

Length				
	m	Ft	In	mm
1 m	1	3.28	39.37	1000
1 Ft	0.3	1	12	304
1 In	0.025	0.083	1	25.4
1 mm	0.001	0.003	0.037	1

Energy			
	Kj	Btu	Kcal
1 Kj	1	0.94	0.23
1 Btu	1.05	1	0.25
1 Kcal	4.18	3.96	1

سختی گیری آب

آنالیز شیمیایی رسوب نشان می دهد ترکیب اصلی تشکیل دهنده رسوب، کربنات کلسیم، سولفات کلسیم، سولفات باریم، سیلیکا و آهن هستند و در این میان درصد فراوانی کربنات کلسیم بیشتر از ترکیبات دیگری باشد. معمولاً کاتیون های کلسیم و منیزیم در آب عامل رسوب هستند. کاتیون کلسیم صرف نظر از نمک های آن که شامل سولفات کلسیم، کلرور کلسیم و سایر نمک های کلسیم می شود، سختی کلسیم را تشکیل می دهد. در روش های معمول از مواد افزودنی شیمیایی استفاده می شود، اما این مواد علاوه بر پایین بودن بازدهی، مشکلات زیست محیطی نیز ایجاد می کنند.

طبقه بندی آب از نظر سختی

نوع آب	سختی آب (کربنات کلسیم mg/lit)
سبک	5 – 55
سختی کم	56 – 100
متوسط	101 – 200
خیلی سخت	201 – 500

استفاده از سختی گیر و تصفیه آب :

سختی گیرها به انواع مختلفی تقسیم بندی می شوند که در زیر به شرح دو نوع از مهمترین آنها یعنی سختی گیرهای رزینی و سختی گیرهای الکترونیکی می پردازیم:

یک سختی گیر رزینی چه می کند؟

سختی گیر آب مشخصاً یک تبادیل کننده یونی است که به منظور حذف یون هایی طراحی شده که دارای بار مثبت هستند، سختی گیرها اصولاً یون های کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) را حذف می کنند، اصولاً کلسیم و منیزیم مواد معدنی هستند که باعث ایجاد سختی در آب می شوند گاهی اوقات از سختی گیرها برای حذف آهن نیز استفاده می شود. سختی گیرها می توانند آهن محلول در آب را تا 5 میلی گرم در لیتر کاهش دهند. همچنین سختی گیرها می توانند به صورت اتوماتیک، نیمه اتوماتیک یا دستی کار کنند. یک سختی گیر مواد معدنی را در مخزن خود جمع آوری کرده و در فواصل زمانی مشخص آن را به سیستم فاضلاب تخلیه می کند.

رزین چیست :

رزین ترکیبی طبیعی یا مصنوعی است که بسیار چسبناک است و تحت شرایطی سخت می شود. معمولاً در الکل قابل حل است اما در آب حل نمی شود. رزین طبیعی از گیاهان بدست می آید. بهترین نمونه آن شیره درخت کاج است. بعضی گیاهان ماده ای مشابه به نام صمغ تراوش می کنند که با آب واکنش نمی دهد و نرم تر و انعطاف پذیر تر است. رنگ رزین گیاهی از شفاف تا قهوه ای تیره متغیر است و میزان سختی و کدورت آن متفاوت است.

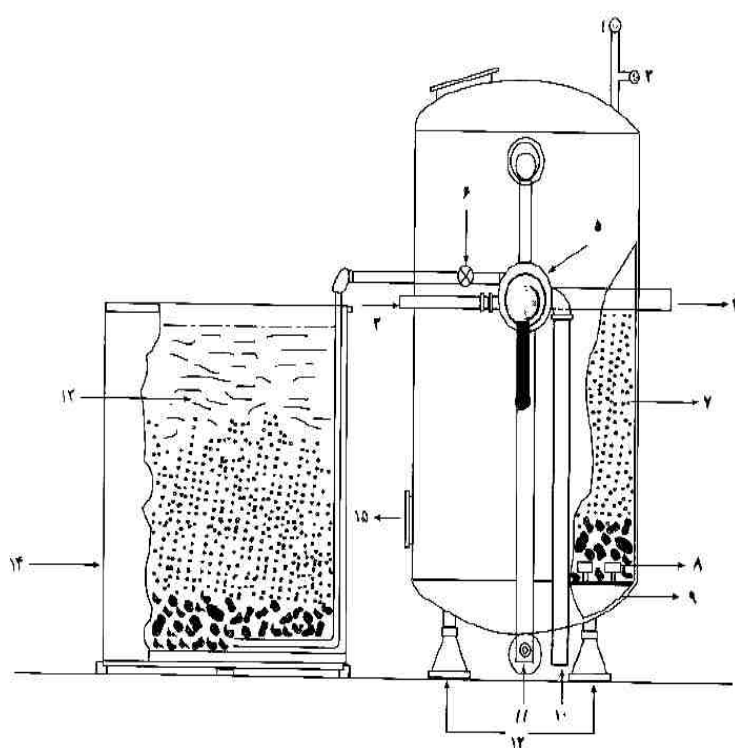
رزینهای مصنوعی در اکثر موارد با پلیمرها ساخته می شوند که ارزاتر و تصفیه آنها راحت تر است. رزینها موادی هستند که دارای مولکولهای بزرگی می باشند که دو سر آنها قطبی بوده و دارای بارهای مخالف می باشند، در نتیجه رزینها چسبندگی خوبی را ایجاد می کنند. رزین ها در ساختن پلاستیکها، چسبها و ... کاربرد دارند. رزینهای کاتیونی سدیمی نه تنها کاتیونهای سختی آور آب بلکه همه یونهای فلزی را با سدیم تعویض می کنند. برای احیا این نوع رزینهای کافی است که رزین را با آب نمک شست و شو دهیم تا رزین به فرم اولیه خود برگردد.

سختی گیرهای رزینی

متداولترین روش برای حذف سختی آب، استفاده از سختی گیرهای رزینی می باشد. رزین ها، کلسیم و منیزیم را با سدیم تعویض کرده و به عبارت دیگر یون های کلسیم و منیزیم در املاح سخت آب شده و آنها را به املاحی تبدیل می کند که رسوب کننده نمی باشند و به این ترتیب آب سخت به آب نرم تبدیل می شود. با جریان آب از روی رزین، رزین های دستگاه سختی گیر پس از مدت زمان معین، قدرت تبادیل یونی خود را از دست داده و کارایی خود را از دست می دهند و در این هنگام رزین با محلول نمک (کلرید سدیم 10%) شستشو می شود تا خاصیت تبادیل یونی آن احیا گردد. لازم به توضیح است که قبل از عبور آب نمک از روی رزین، باید آبکشی رزین صورت گیرد تا از ورود نمک که به شدت خورنده است به سیستم جلوگیری شود.

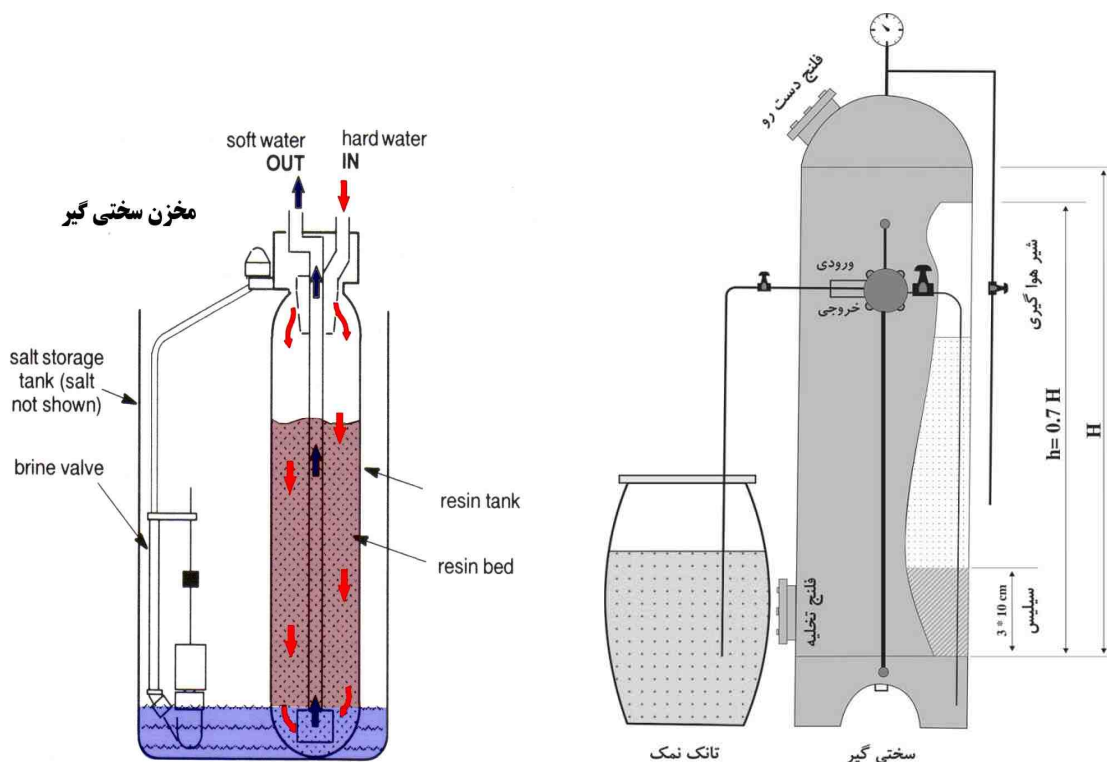
سختی آب با واحد پی پی ام (قسمت در میلیون) سنجیده می شود. آب هایی که دارای حداکثر 150ppm سختی می باشد، آبهای نرم و چنانچه سختی آب بین 150 ppm تا 250 ppm باشد آب متوسط و اگر بیشتر باشد آب سخت محسوب می شود. سختی آب ورودی به سیستم تهویه مطبوع باید بسیار پایین باشد. لازم است متصدی موتورخانه پیوسته با نمونه برداری از آب خروجی از سختی گیر و آزمایش آن، سختی آب ورودی به سیستم را کنترل و برنامه شستشوی دستگاه سختی گیر را طوری تنظیم نماید که همواره آب با سختی بسیار پایین وارد سیستم شود. در سیستم های تهویه مطبوع علاوه بر دیگ، آب ورودی به برج خنک کن و نیز آب مبرد (CHILLED WATER) به وسیله سختی گیر تأمین می شود. دستگاه سختی گیر شامل مخزن آب نمک از جنس پلی اتیلن (یا مواد مقاوم در مقابل مواد شیمیایی)، شیر هیدرولیک چندراهه کنترل شستشو و مخزن اصلی سختی گیر است. مخزن اصلی معمولاً از جنس ورق فولادی با رنگ داخلی اپوکسی و حاوی رزین (زئولیت) و شن (جهت ایجاد بستر شنی زیر رزین) می باشد.

یک سختی گیر رزینی از اجزاء زیر تشکیل شده است:



دستگاه سختی گیر نیمه اتوماتیک

- (۱) شیر تخلیه هوا
- (۲) فشار سنج
- (۳) ورودی آب
- (۴) خروجی آب
- (۵) شیر چند راهه
- (۶) شیر آب نمک
- (۷) رزین
- (۸) آب پخش کن ها
- (۹) صفحه آب پخش کن ها
- (۱۰) خروجی شستشوی معکوس
- (۱۱) شیر تخلیه آب
- (۱۲) پایه ها
- (۱۳) آب نمک
- (۱۴) مخزن آب نمک
- (۱۵) دریچه بازدید



انتخاب دستگاه سختی گیر توسط فرمول زیر انجام می گیرد:

$$\text{ظرفیت سختی گیر (گالین)} = \frac{60 \times \text{درجه سختی آب (ppm)} \times \text{سیکل شستشو (hr)} \times \text{GPM}}{17.1}$$

برج بر اساس ظرفیت و نوع چیلر تعیین می گردد (درسیستمی که از چیلرهای جذبی استفاده شده است، GPM برج ضربدر 0.045 و درسیستمی که از چیلرهای تراکمی استفاده شده است، GPM برج ضربدر 0.03 می گردد).
سیکل شستشو: این سیکل بستگی به کاربرد ساختمان و تعداد ساعات کارکرد تجهیزات در هر شبانه روز دارد و ممکن است به صورت روزانه یا هفتگی باشد. معمولاً به علت اینکه در سیکل شستشو آب زیادی هدر می رود، بهتر است سیکل شستشو طولانی تر باشد. به عنوان مثال اگر تجهیزات در یک ساختمان اداری، 8 ساعت در روز کار کنند و طراح، سیکل شستشو را به صورت هفتگی در نظر بگیرد، با احتساب یک روز تعطیلی در هفته، ساعات سیکل شستشو برابر با 48 ساعت در هفته خواهد بود. بدیهی است که هرچه سیکل شستشو طولانی تر باشد، ظرفیت سختی گیر نیز بیشتر خواهد بود. درجه سختی آب نیز، از نتایج حاصل از آزمایش آب به دست می آید.

راهنمای انتخاب سختی گیرهای رزینی

ظرفیت (Kgrain)	آبدهی متوسط (m ³ /hr)	ابعاد مخزن (cm)		سایز لوله کشی (Inch)	مقدار رزین (Lit.)	حجم مخزن آب نمک (Lit.)	مقدار نما احیاء (Kg)
		ارتفاع	قطر				
۶۰	۲	۱۵۰	۳۰	۳/۴	۵۰	۱۰۰	۸
۱۲۰	۳/۵	۱۵۰	۴۰	۳/۴	۱۰۰	۱۵۰	۱۵
۱۵۰	۵	۱۵۰	۵۰	۱	۱۲۵	۲۲۰	۱۹
۲۰۰	۶/۵	۱۵۰	۶۰	۱	۱۷۵	۲۲۰	۲۶
۲۵۰	۸/۵	۱۵۰	۶۰	۱ ۱/۴	۲۲۵	۲۲۰	۳۴
۳۰۰	۱۱	۱۵۰	۷۰	۱ ۱/۲	۲۷۵	۳۰۰	۴۲
۴۰۰	۱۴	۱۵۰	۸۰	۱ ۱/۲	۳۵۰	۴۰۰	۵۳
۵۰۰	۱۹	۱۵۰	۹۰	۱ ۱/۲	۴۵۰	۵۰۰	۶۸
۶۰۰	۲۲	۱۵۰	۹۰	۲	۵۵۰	۵۰۰	۸۳
۷۰۰	۲۴	۱۵۰	۱۰۰	۲	۶۵۰	۱۰۰۰	۹۸
۸۰۰	۲۸	۱۵۰	۱۰۰	۲ ۱/۲	۷۵۰	۱۰۰۰	۱۱۵
۹۰۰	۳۲	۱۸۰	۱۰۰	۲ ۱/۲	۸۵۰	۱۰۰۰	۱۲۸
۱۰۰۰	۳۵	۱۸۰	۱۱۰	۲ ۱/۲	۹۵۰	۱۰۰۰	۱۴۳
۱۲۰۰	۴۵	۱۸۰	۱۲۰	۳	۱۱۲۵	۱۵۰۰	۱۷۰
۱۵۰۰	۵۰	۱۸۰	۱۳۰	۳	۱۴۲۵	۱۵۰۰	۲۱۵
۲۰۰۰	۶۸	۱۸۰	۱۵۰	۴	۱۸۷۵	۲۰۰۰	۲۸۵

نصب و راه اندازی سختی گیر

تمام قسمت های سختی گیر باید در یک محل امن، خشک، مسطح و به دور از سرمای انجماد نصب شود. سختی گیر باید در نزدیک ترین فاصله به خط آب اصلی و نسبتاً نزدیک به فاضلاب نصب شود. فاضلاب نباید بیش از 15 فوت با سختی گیر فاصله داشته باشد. اتصال سختی گیر به فاضلاب می تواند توسط یک لوله پلاستیکی با سایز 1/2 اینچ انجام شود. اگر فاصله سختی گیر تا فاضلاب بیش از 15 فوت باشد بهتر است قطر لوله تخلیه سختی گیر 1 اینچ باشد. پیش از پر کردن مخزن سختی گیر اطمینان حاصل کنید که سختی گیر به صورت تراز نصب شده و پایه ها کاملاً مستحکم هستند.

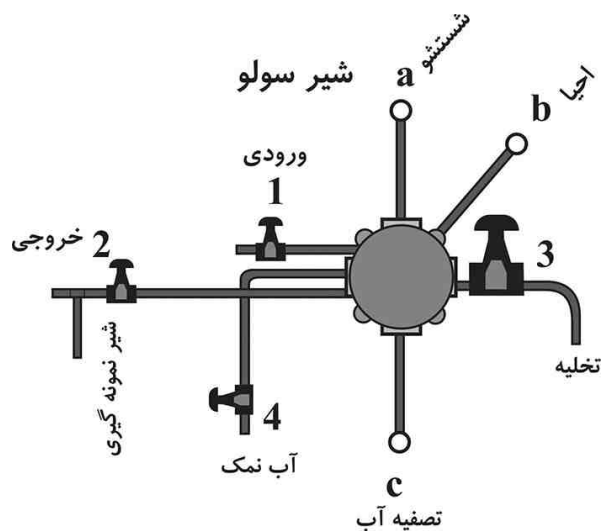
الف- پیش از استقرار دستگاه در محل مناسب:

- 1- لوله های آب ورودی و خروجی به دستگاه متصل می گردد.
 - 2- دریچه دسترسی بالای مخزن باز شده و بستر لازم توسط شن و رزین آماده می گردد.
 - 3- تانک آب نمک در مجاورت دستگاه قرار گرفته و لوله تزریق آب نمک در عمق مناسبی از تانک قرار می گیرد.
- ب- شارژ دستگاه

- 1- پس از باز کردن شیر هواگیری، شیر هیدرولیکی در وضعیت RUN قرار داده می شود.
- 2- باید شیرهای شماره 1 و 2 (ورودی و خروجی) باز شوند. در این حالت مخزن دستگاه به تدریج پر از آب شده و دستگاه آماده بهره برداری می شود.

نکته 1: فشار نسبی داخل مخزن دستگاه در حین کاربایستی بین 1.7 تا 2.5 بار باشد. در صورتی که فشار داخل مخزن کمتر از این مقدار باشد، شیر هیدرولیکی از حالت آب بندی خارج شده و مکش آب نمک دچار اختلال خواهد شد. بالا بودن فشار درون مخزن باعث آسیب قطعات هیدرولیکی می گردد.

نکته 2: کیفیت آب خروجی از دستگاه سختی گیر باید پیوسته کنترل شود و در صورت عدم عملکرد صحیح، نسبت به رفع مشکل اقدام گردد.

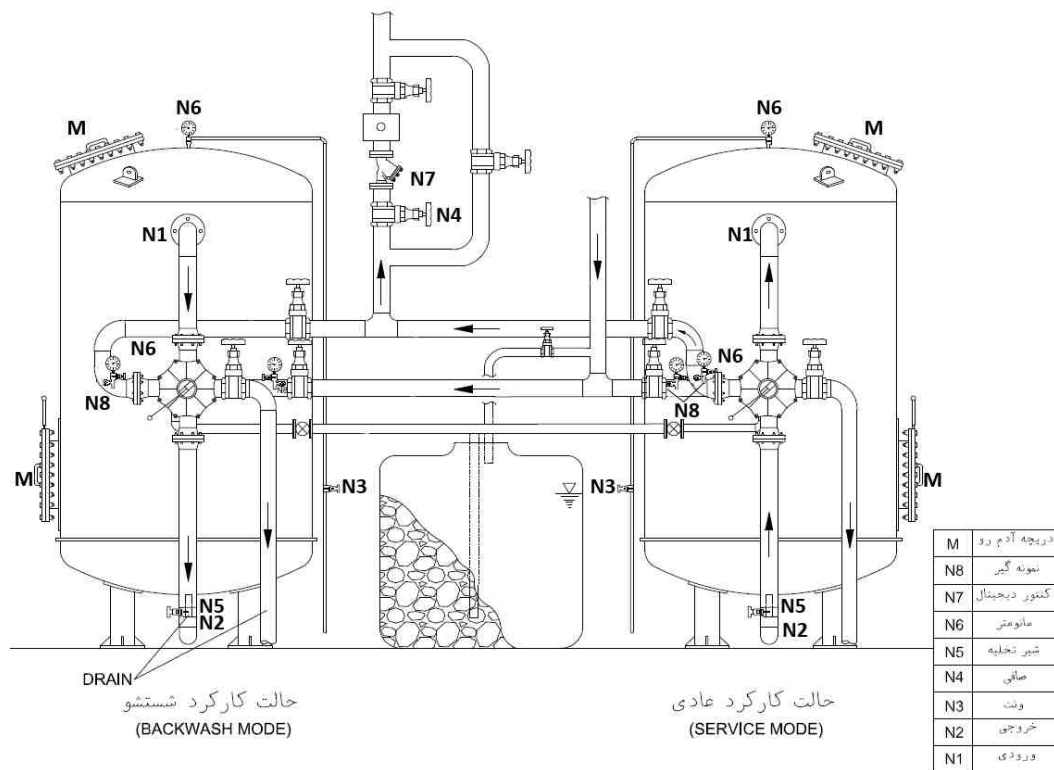


روش احیاء سختی گیر رزینی با شیر چند راهه

در شکل زیر روش احیاء سختی گیره ترتیب شرح داده شده است:

- 1- دسته شیر را به مدت 10-20 دقیقه روی شماره 1 بگذارید تا شستشوی معکوس انجام شود. به این ترتیب مواد معلق از بستر رزین زدوده می شوند و فشرده گی بستر کاهش می یابد.
- 2- شیر منبع آب نمک را باز کنید، سپس اهرم را به مدت 25 الی 40 دقیقه در موقعیت 2 قرار دهید تا رزین دستگاه سختی گیر با محلول نمک شستشو شود.
- 1- شیر منبع آب نمک را ببندید، اهرم را در موقعیت 2 نگهدارید تا رزین با آب تمیز شستشو شود.
- 2- به منظور بهره برداری از دستگاه تصفیه، اهرم شیر را به موقعیت 3 منتقل نمایید.
- 3- منبع آب نمک را برای احیاء دوره بعد آماده نمایید. برای این منظور، کمبود نمک آن را جبران و مخزن را از آب سختی گرفته شده پر کنید.





نگهداری سختی گیر

زمانی که دستگاه سختی گیر، آب را به اندازه کافی سختی گیری نکند، ابتدا باید نمک مورد استفاده یا عملکرد اجزاء سختی گیر مورد بررسی قرار گیرد. وقتی این موارد، عامل عدم سختی گیری کافی نباشد، زمان تعویض رزین سختی گیر یا حتی زمان تعویض خود سختی گیر، فرا رسیده است. بر اساس تجربیات به دست آمده اغلب رزین های مبدل یونی، حدود 20-25 سال کارایی دارند.

اسمز معکوس :

اسمز معکوس (Osmosis Reverse) یا به طور اختصار RO، در صنعتی که احتیاج به تفکیک مواد حل شده از آب است عمومیت پیدا کرده است. این فرآیند در تهیه آب آشامیدنی از طریق نمک زدایی آب دریا و حتی بهبود مزه آب از طریق حذف آلودگی های مضر، مورد استفاده قرار می گیرد.

فشار اسمزی:

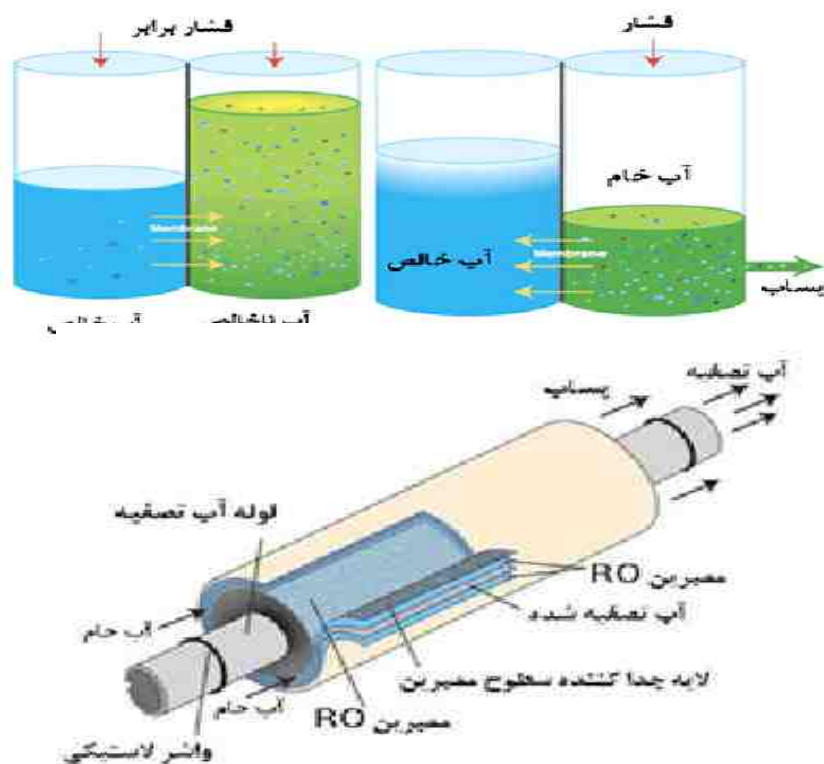
اسمز، پدیده ای است که بطور طبیعی در دیواره های سلول، بعضی مواد مغذی را از خود عبور می دهد و بعضی مواد را از خود دفع می کند. در این حالت، دیواره های سلول به عنوان یک غشای نیمه تراوا در نظر گرفته می شود. عبور آب از غشای نیمه تراوا که به عنوان حلال در اسمز معکوس به کار گرفته می شود، نسبت به عبور نمکها، جامدات معلق و مواد آلی سنگین در اولویت قرار دارد. در اسمز معکوس، عبور مواد بر خلاف پدیده اسمز است، به طوری که جریان از سمت غلیظ تر به سمت رقیق تر عبور می کند.

اگر محلول آب نمک در داخل یک ظرف ریخته شود و توسط غشای نیمه تراوا از آب خالص جدا شود، تغییر در حجم هر یک از دو قسمت ظرف مشاهده می شود. آب خالص از میان غشای سمیت محلول آب نمک حرکت می کند در نتیجه، در سمت آب نمک، ارتفاع آب بالاتر می رود، در حالی که در بخش آب خالص ارتفاع آب، کاهش پیدا می کند. این عبور جریان آب از غشا به طرف محلول آب نمک، اسمز نامیده می شود.

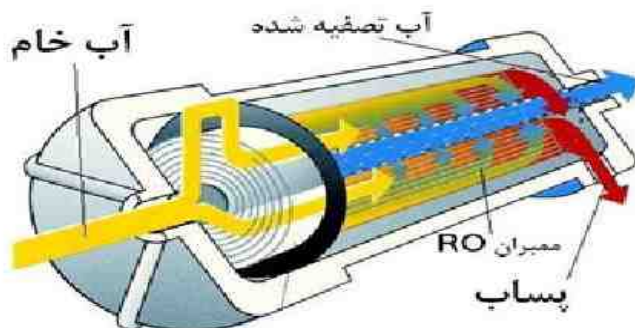
اگر با اعمال فشار فیزیکی یا افزایش ارتفاع محلول آب نمک، تعادل بین آب خالص و آب نمک به هم بخورد، آب خالص از طریق غشا از قسمت آب نمک به قسمت آب خالص نفوذ می کند و نفوذ تا زمانی ادامه می یابد که تعادل، مجدداً برقرار شود، به طوری

که فشار اسمزی محلول آب نمک با فشار محلول آب نمک بروی غشای نیمه تراوا برابر شود که این نیز بستگی به فشار آب خالص بر روی غشا دارد. اعمال فشار به قسمت آب نمک را می توان توسط یک پمپ اعمال نمود. در این حالت، پمپ نیروی مورد نیاز جهت راندن مولکولهای آب از میان غشا را تامین می کند. عبور جریان آب از بخش آب نمک به بخش آب خالص، اسمز معکوس نامیده می شود.

دهه های اخیر با به بازار آمدن انواع جدیدی از غشاها، بطور قابل توجهی گسترش یافته است. اسمز معکوس با ظرفیت 10 لیتر در روز الی 40 متر مکعب در دقیقه را می توان از بازارهای جهانی تهیه کرد. جالب است بدانید که در ریاض، پایتخت عربستان، دستگاه اسمز معکوسی با ظرفیت 31 متر مکعب در دقیقه (31 هزار لیتر در دقیقه)، برای تهیه آب آشامیدنی وجود دارد.



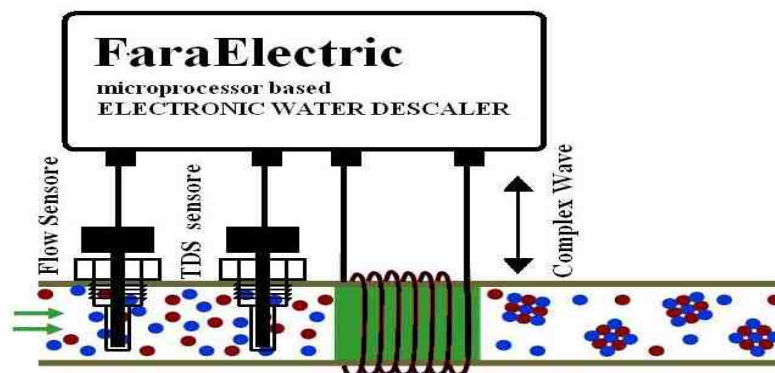
چون ناخالصی ها قادر به عبور از غشاء نیستند از این رو در یک طرف غشاء آب تقریباً خالص وجود خواهد داشت که راهی لوله مرکزی شده و به سمت خروجی آب تصفیه شده هدایت می شود. در طرف دیگر لایه های غشاء، آب تغلیظ شده از ناخالصی ها وجود خواهد داشت که به سمت مجرای فاضلاب هدایت می شود. شکل زیر برشی از یک محفظه را نشان می دهد که ممبرین در آن قرار گرفته است.

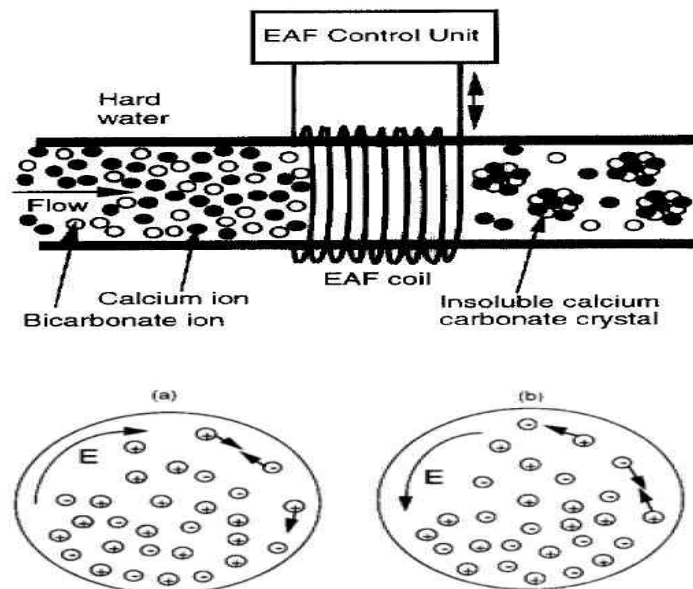


وجود پمپ به این دلیل است که آب جهت عبور از چشمه های غشاء که قطر آنها 0.0001 میکرون است، نیاز به فشار دارد ، لذا وجود پمپ در سیستم ضروری است خروجی پساب در سیستم های اسمز معکوس، به منظور دفع ناخالصی هایی که توسط غشاء از آب جدا شده است، تعبیه شده و در واقع آب تغلیظ شده و سرشار از ناخالصی ها از طریق خروجی پساب وارد فاضلاب می شود. همچنین عبور آب از روی سطح غشاء و جاری شدن آن به مجرای فاضلاب باعث می شود که ناخالصی های جدا شده از آب روی سطح غشاء رسوب گذاری نکنند و باعث کاهش عمر غشاء نشوند. در صورتی که مجرای خروجی پساب بنا به هر دلیلی بسته شود، غشاء در مدت زمان کوتاهی کاملاً کیپ شده و می بایست تعویض شود. با توجه به اینکه غشاء اسمز معکوس از قیمت نسبتاً بالایی برخوردار است، در نظر گرفتن خروجی پساب جهت افزایش عمر غشاء مقرون به صرفه خواهد بود. امروزه روش اسمز معکوس اقتصادی ترین فرایند برای تهیه آب آشامیدنی از آبهای شور مناطق کم آب می باشد

تصفیه الکترونیکی آب

در این فناوری از امواج الکترومغناطیسی به عنوان مانعی جهت جلوگیری از تشکیل رسوب بر دیواره سطوح حامل آب های سخت استفاده می شود. انتقال امواج الکترومغناطیسی به داخل لوله های حاوی آب های سخت از یک سیم پیچ که به دور لوله پیچیده می شود، استفاده می گردد. بنا به قانون آمپر در صورت عبور جریان الکتریکی از سیم پیچ میدان مغناطیسی متناسب با آن در سیم پیچ پدیدار می گردد. در صورتی که مقدار جریان نسبت به زمان تغییر کند بنا به قانون القای فاراده میدان الکتریکی متناسب با تغییرات میدان به دست می آید. میدان الکتریکی القا کننده باعث حرکت یون های مثبت و منفی نسبت به یکدیگر شده باعث ایجاد ذرات خنثی معلق در آب می گردد. با تشکیل این هسته های کوچک پدیده های به نام اثر دانه برفی رخ می دهد که باعث جذب یون های معلق دیگر در آب شده و هسته های اولیه رشد پیدا می کنند.





عکس های گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونیکی این پدیده را به خوبی نشان می دهد با تشکیل بلورهای خنثی دیگر رسوبی بر روی سطح تشکیل نمی شود. این روش مقابله با رسوب در مصارفی مانند حرارت و برودت و صنایع شستشو و مبدل های حرارتی بسیار سودمند است و در کاربردهای دیگر مانند صنایع غذایی می توان بلورهای معلق را با روش های غیر شیمیایی و به سهولت از آب خارج نمود. در صورت استفاده از سختی گیر الکترونیکی با گذشت زمان نه تنها رسوب تشکیل نمی شود بلکه رسوب های قبلی نیز به مرور زمان از بین می روند.

تصفیه کننده الکترونیکی آب می توان جایگزین بسیار مناسبی برای سختی گیرهای شیمیایی، تعویض یونی و فیلترهای اسمز معکوس باشد و به دلیل عدم استفاده از موارد سمی و نگهداری آسان برتریهای زیادی نسبت به روش های معمول دارد. در صورت تشکیل لایه بسیار نازک از رسوب اندازه گیری ها نشان داده است که انرژی مصرفی بین ده تا بیست درصد افزایش پیدا می کند همچنین به دلیل تغییر در قطر مسیرهای انتقال، فشار ایجاد شده در سیستم و در نتیجه هد پمپ تغییر پیدا کرده و عامل دیگر جهت افزایش انرژی پدیدار می شود که به نظر می رسد استفاده از تصفیه کننده الکترونیکی با همراه داشتن مزایای بسیار زیاد این مشکل را نیز حل می کند.



در تصفیه آب به روش الکترونیکی در اثر اعمال امواج الکترومغناطیسی رسوب در داخل آب به صورت بلور می باشد که از چسبیدن آنها به دیواره جلوگیری می شود. اصطلاحاً گفته می شود در آب پدیده دانه برفی تشکیل می شود با گذشت زمان حجم هسته های بلور رسوب بزرگتر شده و به صورت خنثی در آب خاصیت چسبندگی خود را از دست می دهند.

آب مهم ترین سیال در حرارت و برودت است که در چیلرها، برج ها و دیگ و مبدل های حرارتی وظیفه انتقال حرارت را دارد. سختی آب بیشتر به کربنات کلسیم است که موجب تشکیل لایه رسوب بر روی سطوح داخلی لوله های حامل آب می شود. پوستره رسوب به قطر یک میلی متر باعث افزایش هزینه 10 درصدی می شود. انتقال امواج الکترومغناطیسی به داخل لوله حاوی آب سخت با یک سیم پیچ که به دور لوله پیچیده می شود استفاده می گردد و موجب تشکیل میدان الکتریکی در آب می شود. یون های مثبت و منفی همدیگر را جذب و باعث ایجاد ذرات معلق خنثی در آب می شوند. این ذرات با هسته های کوچک با تشکیل پدیده ای به نام دانه برفی باعث جذب یون های دیگر در آب می شود.

در برج ها تصفیه آب بسیار مهم است چون تشکیل رسوب موجب کاهش بازدهی برج و موجب خوردگی لوله ها و بدنه که در نهایت خسارات سنگینی را وارد می کند و مجبوریم از روش شیمیایی مانند اسید شویی استفاده کرده که خود باعث ایجاد خوردگی در سیستم می شود. از نظر بیولوژیکی برج خنک کننده به علت تماس مستقیم با هوا و محیط باعث رشد و تشکیل باکتری، میکروب، ویروس، جلبک ها و خزها می شود (میکروارگانیزم ها)

استفاده از سختی گیری های الکترونیکی باعث حذف تاسیسات مربوط به تصفیه آب، کم شدن فضای موتورخانه، عدم استفاده از مواد شیمیایی برای تصفیه آب، عدم اسیدشویی برج و کندانسور، پایین آمدن هزینه ها می شود. در روش قدیمی باید آب را از داخل رزین ها عبور داده تا یون کلسیم و منیزیم آن گرفته شود که بعد از مدتی این رزین ها اشباع می شوند.

سختی گیری الکترونیکی در چیلرها بهتر است در ورودی کندانسورها از آن استفاده شود.

نکته: با افزایش دمای آب میزان حلالیت مواد معدنی (کربنات کلسیم و منیزیم) در آن کاهش و در نتیجه موجب افزایش رسوب می شود.

عمده ترین مواد تشکیل دهنده رسوب :

- 1- کربنات کلسیم CaCO_3
- 2- سولفات کلسیم CaSO_4
- 3- سولفات باریم BaSO_4
- 4- سیلیکا SiO_2
- 5- آهن Fe_2O_3 , Fe_2C_3

علت وجود املاح فوق در آب وجود فراوان گاز کربنیک در هوا است که با قطرات باران حل شده و در میان زمین با مواد معدنی مانند کلسیم ترکیب شده و آب های سخت را تشکیل می دهند. وقتی آب سخت وارد مصارف خانگی و صنعتی می شود تبدیل به رسوب می شود حال اگر دمای آب و PH آن بالاتر رود رسوب بیشتر تشکیل می شود. رسوب به دیواره سطوح در تماس با آن می چسبد که علت آن وجود الکترون های آزاد در دیواره فلزی لوله ها می باشد. این لایه دارای بار منفی می شود و باعث جذب یون های مثبت مانند کلسیم و منیزیم می شود. هنگام باران دی اکسید کربن و اکسیژن موجود در اتمسفر با آب حل می شود و اسید کربنیک H_2CO_3 تشکیل می گردد و هنگامی که به خاک برخورد می کند کربنات کلسیم (CaCO_3) تشکیل می دهد. PH میزان تمرکز وجود یون هیدروژن در آب را نشان می دهد

خوردگی با آب:

رخ دادن خوردگی نیاز به یک کاند و یک آند و جریان الکتریکی در آب می باشد یعنی یون های فلز که در آب حل شده اند به سمت آند می روند و الکترون ها از منبع جریان الکتریکی به سمت کاند می روند در نتیجه در یک سمت رسوب و در سمت دیگر خوردگی رخ می دهد. خوردگی عمومی در سطح فلزات به صورت یکسان به صورت اکسید آهن خود را نشان می دهد اگر 2 فلز متفاوت در تماس با همدیگر باشند مانند فولاد و برنج - آلومینیوم و فولاد - روی و فولاد - برنج و روی که فلزی که اسم آن اول آمده است زودتر خورده می شود که این اتفاق در هنگام استفاده در سیستم های آبی رخ می دهد.

خوردگی میکروبیولوژیک بر اثر ترشحات باکتری موجب خوردگی سطح فلز می شود این باکتری ها با گل ولای مخلوط می شوند. رطوبت باعث خوردگی می شود و در محیط خشک هیچ وقت خوردگی رخ نمی دهد. اکسیژن موجود در آب باعث افزایش خوردگی می شود.

محلول با PH اسیدی باعث خوردگی می شود در حالی که محیط قلیایی باعث کاهش آن می شود چون در محیط اسیدی افزایش یون های هیدروژن صورت می گیرد. پس گاهی به آب کمی نمک قلیایی اضافه می شود تا PH آن 9 بالا رود. سرعت جریان زیاد می تواند سبب افزایش میزان خوردگی شود. گرد سفید که روی سطوح گالوانیزه ظاهر می شود محصول خوردگی روی است که به صورت ماده سفید مومی یا اسفنجی که دارای مقداری کم خاصیت چسبندگی می باشد که وجود آن موجب خوردگی بیشتر روی توسط آب می شود.

توجه کنید سختی کل به صورت کربنات کلسیم نمایش داده می شود که مجموع سختی کلسیم و منیزیم است. رسوبات کربنات کلسیم در لوله ها و سطوح انتقال حرارت می تواند تبادل گرما بین آب و سطوح را دچار مشکل نمایند. کم شدن قطر داخلی لوله ها با وجود کربنات کلسیم، جریان آب را آهسته تر می کند که خود این مسئله باعث افزایش رسوب می شود رسوب به عنوان عایق عمل می کند و میزان انتقال حرارت از آب به لوله را کاهش می دهد. آب خالص بدون هیچ یون محلول، رسانای الکتریکی بسیار ضعیف است اما بر افزایش غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کربنات، فسفات، کلر، سولفات و مواد دیگر دارای بار الکتریکی، هدایت آن نیز افزایش می یابد.

PH آب شاخص اسیدی بودن آن است. در PH معادل 6.5 و کمتر فلزات با سرعت بیشتری خورده می شوند پس آب های برج و چیلر را با اضافه کردن یک ماده قلیایی معادل 8.5 تا 9.5 ثابت نگه می دارند. گازها و ذرات موجود در هوا مانند گازهای تخلیه شده از کارخانجات، آشپزخانه ها، آگزوز خودروها و دودکش های ساختمان مجاور دارای کربن گازی شکل هستند که در آب حل می شود و تبدیل به غذای میکروب ها می گردد.

جامدات مانند برگ ها، پرندگان مرده، پروژه های ساختمانی و گرد و خاک ذرات قابل توجهی ایجاد می نمایند که توسط بادبزن به داخل آبی که در برج خنک کن جریان دار کشیده می شود که باعث تشکیل لایه بیوفیلم (بیو به معنی زندگی و فیلم به معنی لایه نازک) می شود. لایه بیوفیلم سطح لوله ها را پوسته پوسته می کند و موجب رشد باکتری ها می شود. جلبک ها در برج های خنک کننده هم توسط انرژی خورشید با تبدیل دی اکسید کربن و بی کربنات تشکیل می شوند. از مشکلات دیگر وجود گرد و خاک که موجب تشکیل گل و لای می شود که این مواد صافی ها، حفره های توزیع برج خنک کن و پمپ های برج را مسدود می کنند.

حداکثر سختی آب باید 450 تا 500 میلی گرم در لیتر انتخاب شود و باید از مسئله خوردگی نیز غافل نشویم و با ایجاد یک برنامه موثر تصفیه آب که بستگی به خصوصیات شیمیایی آب محل مورد نظر بستگی دارد از ایجاد رسوب و خوردگی جلوگیری کنیم.

معروف ترین کاتیون های محلول در آب عبارتند از:

کلسیم Ca^{2+} ، منیزیم Mg^{2+} و سدیم Na^{+}

معروف ترین آنیون های محلول در آب عبارتند از

کلرید Cl^{-}

سولفات SO_4^{2-}

بی کربنات HCO_3^{-}

آب خالص به طور طبیعی در حالت خنثی یون های هیدروژن H^{+} و هیدرواکسید OH^{-} به طور مساوی دارد. خاصیت اسیدی به دلیل وجود یون های هیدروژن مثبت (H^{+}) که باعث کم شدن PH باشد و به کمتر از 7 عدد آن می رسد. خاصیت بازی و بودن یون های هیدرواکسید (OH^{-}) می باشد که مقدار PH آب را بیش از 7 عدد می رساند. برای اولین بار یونانیان و مصریان به خاصیت گندزدایی مس و نقره پی بردند که آب را در ظرف نقره نگهداری می کردند امروز بهترین نابود کننده جلبک و خزه اکسید مس و سولفات مس است. هنگامی که یون مس و نقره در آب هستند تبدیل به ذرات کاتیونی می شوند. عمل گندزدایی زمانی آغاز می شود که میکروارگانیسم دارای بار منفی هستند توسط یون های مس و نقره محاصره می شوند و به تدریج آنها را از بین می برند. در عمل یونیزاسیون از الکترودهای مس و نقره استفاده می شود که در مسیر حرکت آب و با ایجاد اختلاف

پتانسیل در 2 سر الکتروود (جریان بسیار کم) حال از الکتروودها یون های مس و نقره جدا نشده و به آب اضافه می شوند. طبق موسسه EPA مقدار مجاز مس برای آب شرب 1.3 ذره در میلیون و مقدار مجاز نقره 100 ذره در میلیارد (یکدهم مس) است. معمولاً خزه ها و جلبک ها توسط یون مس و باکتری و ویروس ها توسط یون نقره از بین می روند. با توجه به اینکه جریان الکتریکی از آند به سمت کاتد هدایت می شود.

گندزدایی با ازن :

رسوبات و لایه های بیولوژیکی که بر روی تجهیزات برج خنک کن قرار گرفته اند ناشی از تجمع میکروارگانیسم های موجود در آب می باشند و موجب ایجاد سه مشکل اساسی می شوند:

1. خوردگی و فرسایش پیش از موقع تجهیزات
2. ایجاد پوشش عایق بر روی سطوح انتقال حرارت
3. کاهش قطر لوله ها و مجاری باریک داخل برج خنک کن (انسداد لوله ها)

به طور کلی از گندزدایی ازن در مواقع زیر استفاده می شود:

- اگر هزینه مواد شیمیایی و تاسیسات آن بالا باشد.
- اگر حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک باشد.
- هنگامی که مواد شیمیایی مؤثر نباشند.
- در مناطقی که دفع مواد شیمیایی ممنوع باشد.

ازن، یک اکسید کننده فوق العاده قوی می باشد و قادر است کلیه میکروارگانیسم های موجود در آب را با نابودی دیواره سلولی آنها نابود کند. با توجه به آنکه ازن غشای سلولی میکروارگانیسم ها را تخریب می کند هیچ میکروارگانیسمی قادر به مقابله با آن نبوده و نمی تواند در برابر آن مصونیت پیدا کند. در ضمن ازن قادر است برخی از عناصر از جمله آهن و منگنز را اکسید کرده و موجب رسوب آنها قبل از ورود به تجهیزات شود. ازن بیوفیلمی را که بر روی سطوح مبدل حرارتی قرار دارد، اکسید می کند و با نابودی آن موجب می شود که حرارت انتقالی از کندانسور، فشار چیلر را کاهش می دهد که این امر موجب می شود چیلر با بارده بالاتری کار کرده و انرژی کمتری مصرف کند. با وجود تمام مزایای گندزدایی ازن، نمی توان این روش را در موارد زیر به کار برد:

- هنگامی که تقاضای شیمیایی اکسیژن (COD) بالا باشد.
- هنگامی که درجه حرارت آب بیشتر از 110 درجه فارنهایت باشد، زیرا درجه حرارت بالا موجب کاهش پایداری ازن می شود. (ازن سریعتر به اکسیژن تبدیل می شود)
- سختی آب بیش از 500mg/l باشد.
- سیستم لوله کشی آب طولانی باشد، زیرا زمان پایداری ازن محدود است (حدود 20 دقیقه)

(اگر نیاز به زمان پایداری طولانی تری داریم باید از کلر استفاده کنیم)

مزیت مهم ازن قابلیت شگرف آن در اکسید کردن مواد و عناصر می باشد. تأثیر آن تا 1000 برابر کلر می باشد. لازم به ذکر است که قبل از عمل ازن زنی، آب باید سختی گیری یا پیش تصفیه شود و به آب پلی فسفات افزوده شود تا از شکل گیری کربنات ها جلوگیری شود. ازن همچنین به عمل انعقاد نیز کمک می کند اما نمی توان آن را به تنهایی برای انعقاد بکار برد. باید توجه داشت که ازن نمی تواند عناصری مثل کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سولفات ها و نیترات ها را اکسید کند، برای جدا کردن این مواد از آب باید از بسترهای تبادل یون استفاده نمود. به طور کلی تأثیر ازن در آب بستگی به عوامل زیر دارد:

- عکس العمل میکروارگانیسم ها و مواد موجود در آب، در برابر ازن
- درجه حرارت آب
- زمان تماس میکروارگانیسم ها با ازن
- غلظت ازن

هر چه غلظت ازن بیشتر باشد و زمان تماس میکروارگانیسم ها با ازن بیشتر باشد و درجه حرارت آب کمتر باشد تأثیر ازن بیشتر می شود.

دستگاه های تولید کننده ازن

1. تخلیه هاله کرونا (CD=Corona discharge)

2. استفاده از اشعه ماوراء بنفش (UV=ultraviolet)

تولید ازن به روش تخلیه هاله کرونا مشابه تولید ازن توسط رد برق می باشد، در این روش از فاصله بین دو الکترود اکسیژن یا هوا عبور می کند و با ایجاد قوس الکتریکی بین این دو الکترود (با ولتاژی در حدود 6 تا 20 هزار ولت) مولکول های اکسیژن شکاف خورده و تبدیل به ازن می شوند.

تولید ازن با استفاده از اشعه ماوراء بنفش مشابه تولید ازن توسط اشعه ماوراء بنفش خورشید می باشد، در این روش از لامپ های تولید کننده اشعه ماوراء بنفش با طول موج 185nm (نانومتر) استفاده می شود. اشعه ماوراء بنفش با این طول موج مولکول های اکسیژن را شکافته و آنها را تبدیل به اتم های اکسیژن می کند و این اتم ها با دیگر مولکول های اکسیژن تولید ازن می کنند. در اکثر موارد از دستگاه های تولید کننده ازن به روش تخلیه هاله کرونا استفاده می شود. زیرا این دستگاه ازن بیشتر تولید می کند. با توجه به آن که ازن خود نیز از قدرت خوردندگی بالایی برخوردار است، تجهیزاتی که در معرض ازن قرار دارند باید از مواد مقاوم در برابر ازن مثل تفلون، شیشه یا فولاد ضد زنگ ساخته شوند. برای آنکه ازن بتواند آب را گندزدایی کند، باید با آب در تماس مستقیم باشد، به دستگاهی که ازن را با آب تماس می دهد کنتاکتور می گویند، در برج های خنک کن کنتاکتور به صورت ونتوری می باشد، این ونتوری در خط گردش مجدد آب در مخزن برج خنک کن که آب کمترین دما را دارد قرار می گیرد. البته در بعضی برج های خنک کن که محدودیت فضا وجود ندارد از کنتاکتورهای به شکل دیفیوزر حبابی و با توربینی و یا ستونی نیز استفاده می شود.

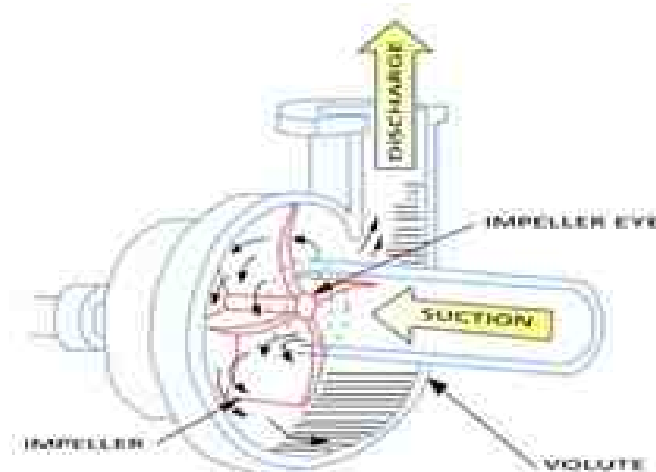
پمپ ها: به 2 نوع اصلی طبقه بندی می شوند 1- گریز از مرکز 2- جا به جایی مثبت

پمپ گریز از مرکز:

پمپ ها برای به جریان انداختن آب در یک مدار بسته استفاده می شود و از دو قسمت اصلی موتور و پمپ تشکیل شده است. موتور آن معمولاً برقی از نوع آسنکرون قفس سنجابی با استاتور سیم پیچی شده است و در دو نوع تک فاز و سه فاز وجود دارد و پمپ آن از نوع سانتریفوژ (گریز از مرکز) است.

طرز کار پمپ گریز از مرکز:

هر پمپ سانتریفوژ دارای یک پروانه است که داخل محفظه حلزونی شکلی به وسیله موتور به چرخش درمی آید. آب از دهانه مکش پمپ وارد قسمت وسط فضای مابین پره ها می شود، در صورت روشن بودن پمپ انرژی جنبشی (سرعتی) دریافت می کند و تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز به طرف محیط خارجی پروانه حرکت کرده و از لبه پروانه خارج می شود. در محفظه حلزونی شکل، به دلیل شکل محفظه و محل قرار گرفتن پروانه در آن، به تدریج سرعت آب کاهش می یابد و مقداری از انرژی جنبشی به انرژی پتانسیل (فشار استاتیک که همان هد پمپ است) تبدیل شده، آب از دهانه پمپ خارج می شود.

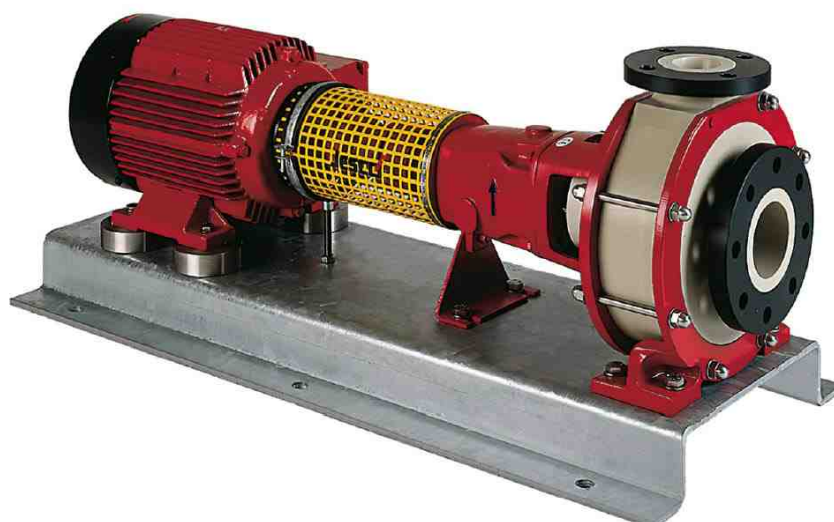
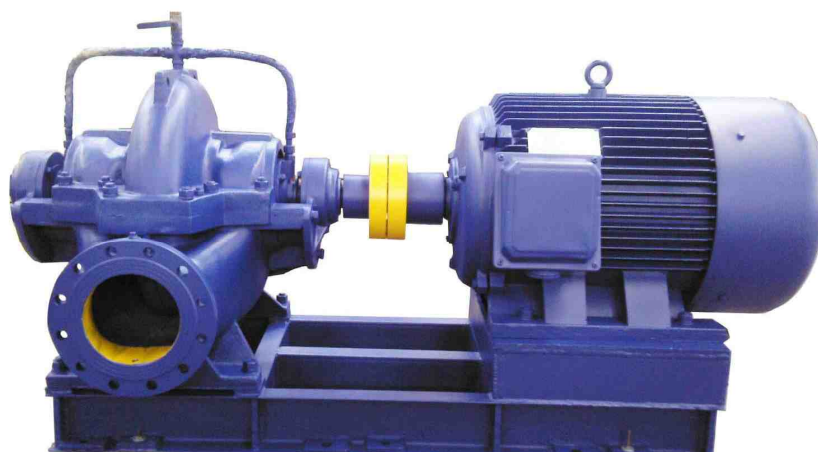


انواع پمپ ها پمپ گریز از مرکز: پمپ ها را از نظر مقدار آب دهی (دبی) و مقدار فشار استاتیک (هد پمپ) به دودسته پمپ های جریانی خطی که دارای قدرت های کم (مقدار دبی و هد کم) و پمپ جریانی زمینی که دارای قدرت زیاد (مقدار دبی و هد زیاد) تقسیم می کنند.

پمپ های پمپ گریز از مرکز خطی: پمپ های با مقدار دبی و هد کم را به دلیل سبکی می توان روی لوله نصب کرد، امتداد ورود و خروج آب در این پمپ ها در یک راستا است و به همین علت امتداد لوله ای که روی پمپ نصب می شود، تغییر نمی کند این نوع پمپ ها را خطی و یا هوایی می گویند.



پمپ های پمپ گریز از مرکز زمینی: پمپ های با مقدار دبی و هد زیاد، موتور پمپ بزرگی خواهند داشت. این موتور پمپ ها به علت وزن زیادشان باید زمین و روی فونداسیون نصب گردند. به این پمپ ها، پمپ های زمینی گفته می شود.



پمپ ها دارای مشخصات زیر می باشند

H: فشار سیال پمپ شده بر حسب فوت یا متر (هدپمپ)

N: سرعت دورانی پمپ بر حسب دور بر دقیقه

Q: دبی پمپ بر حسب گالن بر دقیقه یا مترمکعب در ساعت

P: توان موردنیاز بر حسب اسب بخار یا کیلو وات

دبی یعنی چه؟ گذر یک سیال مانند آب از یک نقطه را دبی می گویند.

1- دبی حجمی: مقدار حجم آب یا سیال دیگر در واحد زمان که باید از نقطه ای به نقطه دیگر منتقل گردد.

2- دبی جرمی: مقدار جرم آب یا سیال دیگر در واحد زمان از نقطه به نقطه دیگر منتقل گردد.

واحد های دبی حجمی:

GPH گالن بر ساعت

GPM گالن بر دقیقه

m³/hr مترمکعب بر ساعت

L/s لیتر بر ثانیه

هداستاتیک کل پمپ:

ارتفاع یا هداستاتیک کل را به صورت فاصله عمودی بین سطح آزاد مایع در منبع مکش و سطح آزاد مایع در مخزن تخلیه تعریف می کنند.

ارتفاع مکش در پمپها :

ارتفاعی که یک پمپ سانتریفوژ بتواند بالاتر از سطح آزاد آب قرار گیرد ارتفاع مکش نامیده می شود .

ارتفاع مکش مناسب برای پمپهای گریز از مرکز بستگی به عوامل زیر دارد :

1- سرعت گردش پمپ

2- دبی پمپ

3- ارتفاع مکانیک پمپ

4- افت فشار در داخل پمپ

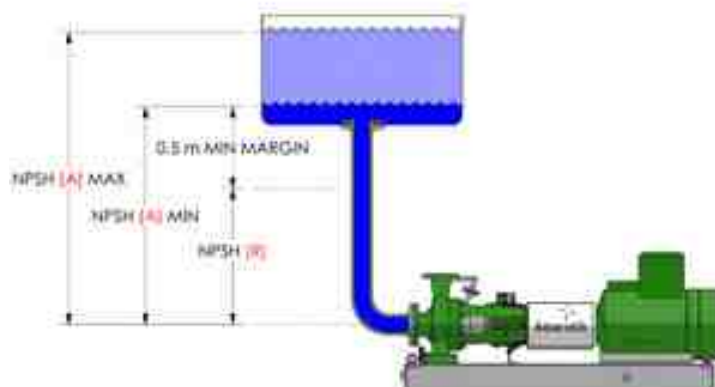
5- درجه حرارت محل نصب پمپ

6- ارتفاع محل نصب پمپ نسبت به سطح دریا

که عوامل فوق سبب افزایش و یا کاهش ارتفاع مکش می گردد

توازن بازده (کارایی) پمپ ها : NPSH باتوجه به اینکه فشار پایین تر از فشار بخار سیال درمکش پمپ می تواند باعث

آسیب رسیدن به پمپ به دلیل ایجاد کاویتاسیون گردد پس اهمیت NPSH بسیار مهم می باشد



درپمپ ها 2 محدودیت وجود دارد: 1- حداکثر سرعت طراحی 2- ایجاد فشار کافی درمکش برای جلوگیری از خوردگی (کاوتیاسیون) دردهانه ورودی پروانه پمپ

پدیده کاوتیاسیون در پمپ:

بیشتر تعمیرکاران و مهندسان تصویری کنند کاوتیاسیون به دلیل ورود هوا به درون سیکل روی می دهد اما درحقیقت کاوتیاسیون ناشی از حباب های بخار است که درمناطق کم فشار پروانه پمپ تولید می شود یعنی اگر فشار درمکش پمپ کافی نباشد مایع به بخارتبدیل می شود و هنگام برخورد آنها به پروانه دوباره به حالت مایع برگشته و منفجر می شوند این عمل تشکیل شدن و ترکیدن صدایی شبیه غرش ایجاد می کنند که تصور می شود پمپ درحال پمپ کردن دانه های شن است که آسیب بدی به پمپ وارد می شود. برای جلوگیری از این پدیده باید فشار مکش کافی درپمپ برقرار باشد.

رابطه قدرت با مقدار دبی ، هد و بازده پمپ:

درموتور پمپ ها ، دو قدرت مورد ارزیابی قرار می گیرد یکی قدرت مفید (قدرت جذب شده توسط آب) و دیگری قدرت مصرفی (قدرت داده شده به موتور) است قدرت مفید یا قدرت جذب شده توسط آب از این رابطه بدست می آید که در آن:

$$P_W = \frac{Q(P_2 - P_1)}{1000}$$

« P_W » قدرت مفید بر حسب وات است ،

« Q » مقدار دبی (آب در جریان) بر حسب لیتر بر ثانیه است.

« P_1 » فشار آب ورودی به پمپ (مکش) بر حسب پاسکال است

« P_2 » فشار آب خروجی از پمپ (رانش) بر حسب پاسکال است.

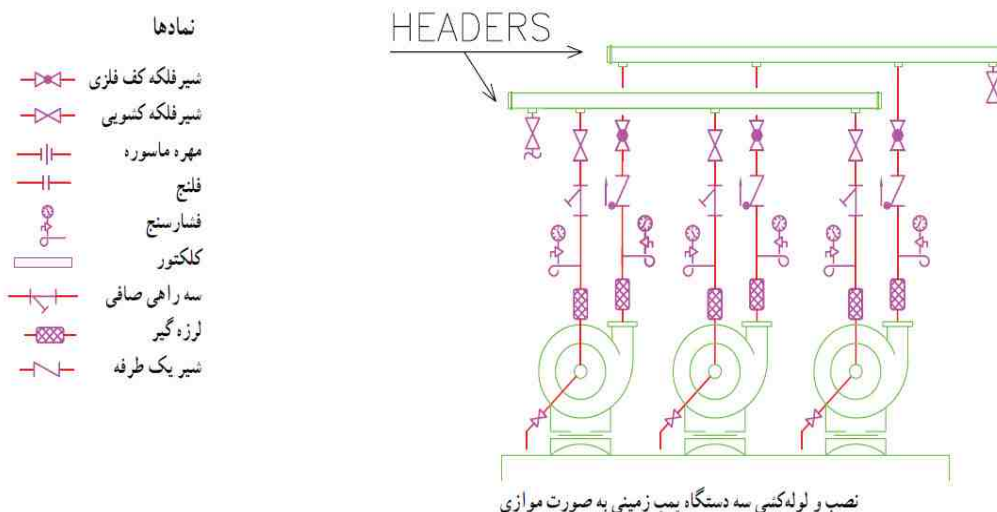
عدد (1000) تبدیل لیتر به متر مکعب است

قدرت مصرفی یا همان قدرت داده شده به محور پمپ که همان قدرت موتور است (قدرت نوشته شده بر روی پلاک موتور) با توجه به بازده پمپ به دست می آید.

بازده پمپ (η_p) عبارت است از نسبت قدرت مفید به قدرت مصرف. بازده موتور پمپ های خطی در حدود (30%) تا (60%) و بازده موتور پمپ های زمینی به حدود (80%) می رسد.

اتصال موازی پمپ ها:

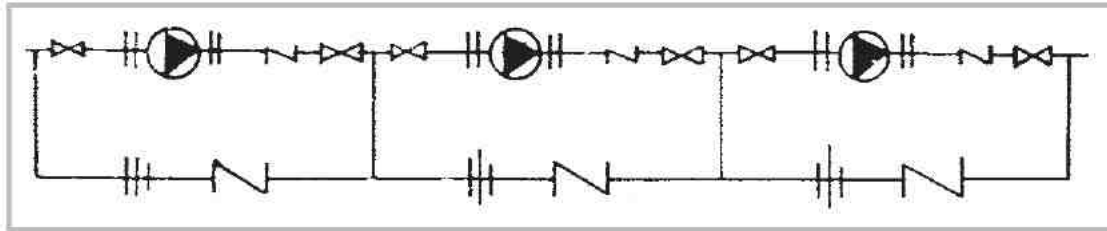
دو یا چند پمپ مشابه رامی توان به منظور افزایش دبی و یا رزرو بودن یکی از آنها و یا هر دو منظور ، به صورت موازی به یکدیگر متصل کرد. در اتصال موازی موتور پمپ ها برای جلوگیری از برگشت آب درجهت خلاف درمدار، باید روی لوله رانش هریک از پمپها شیر یک طرفه نصب گردد. لازم به ذکر است که هرگاه چند پمپ مشابه ، به صورت موازی درمداری کار کنند، دبی مدار، برابر مجموع دبی آن چند پمپ خواهد بود. در شکل زیر طریقه اتصال موازی چند پمپ زمینی نشان داده شده است.



اتصال سری پمپ ها:

دو یا چند پمپ ها مشابه را می توان به منظور افزایش فشار، به طور سری نصب کرد. به این طریق که رانش پمپ اول را به مکش پمپ دوم و رانش پمپ دوم را به مکش سوم اتصال می دهند. شکل زیر طریقه نصب سه پمپ خطی (هوایی) را به طور سری نشان می دهد. شیر فلکه های کشویی دو طرف پمپ ها برای باز کردن پمپ هادر موقع تعمیر خرابی، پیش بینی شده است و شیر های یکطرفه برای آن است که در صورت خرابی یک پمپ از سه پمپ و یا رزرو بودن یکی از آنها، دو پمپ دیگر بدون آنکه لازم باشد شیر های کشویی پمپ رزرو و یا پمپ خراب بسته شوند بتوانند کار کنند.

توجه: دو و یا چند پمپ مشابه، به طور سری در مدار نصب گردند، فشار و یا هد آنها جمع خواهد شد.



نصب سه دستگاه موتور پمپ خطی به طور سری

محاسبه و انتخاب پمپ: برای به جریان انداختن آب در مدار های مختلف سیستم سرد کننده و گرم کننده از پمپ استفاده می شود. برای انتخاب پمپ باید شاخص های ذکر شده در زیر را محاسبه و تعیین نمود، تا بتوان پمپ مناسب را انتخاب کرد.

1- مقدار آبدی پمپ ها: دبی پمپ جریانی برابر است با مجموع دبی دستگاه های خنک کننده فضای مورد نظرمانند فن کویل ها یا هواسازها به اضافه دبی مورد نیاز مخزن انبساط چیلر

2- فشار و یا هد پمپ: فشار و یا هد پمپ باید به اندازه ای باشد که افت فشار مقاومترین مسیر (طولانی ترین مسیر) را جبران کند. بنابراین برای محاسبه هد پمپ باید افت فشار آب در مقاومترین مسیر را محاسبه نمود.

نوع موتور پمپ: در موقع انتخاب موتور پمپ لازم است از نظر تکفاز و یا سه فاز و نیز از نظر تعداد دور در دقیقه (RPM 1450) و یا (RPM 2900) مشخص گردد. پس از محاسبه و تعیین شاخص های ذکر شده، با استفاده از منحنی کارکرد پمپ ها می توان موتور پمپ مورد نظر را انتخاب کرد. در انتخاب پمپ باید به این نکته توجه داشت که موتور پمپ دارای حد اکثر بازده باشد.

شرح قسمت های مختلف نمودار ها:

در هریک از نمودار های مربوط به پمپ ها این موارد مشخص شده است.

1- مقدار دبی پمپ روی محور افقی بر حسب گالن آمریکایی بر دقیقه مشخص گردیده است.

2- مقدار هد پمپ روی محور قائم بر حسب فوت آب نشان داده شده است

3- منحنی هایی که پمپ با پروانه ای با آن قطر هستند.

توضیح: کارخانه های سازنده پمپ به طور معمول پمپ را با بزرگترین پروانه به بازار عرضه می کنند و در صورت نیاز باید آن را تا قطر مورد نظر تراشید و یا اینکه سفارش خرید مخصوص داد.

4- منحنی هایی که روی آن ها اعدادی بر حسب درصد مشخص گردیده، بازده موتور پمپ هستند.

5- منحنی های خط چینی که روی آن اعدادی با واحد HP نوشته شده، قدرت موتور پمپ بر حسب اسب بخار است.

6- مدل هر موتور پمپ در بالای منحنی های کار آن پمپ نوشته شده است (نظیر AA یک اینچ، AA یک ویک چهارم اینچ و ..)

7- موتور تمام پمپ ها (220) ولت (50) سیکل (1450) دور در دقیقه است.

در زیر جدولی برای تبدیل واحد های مختلف هد به فوت آب و نیز تبدیل واحد های مختلف دبی به گالن آمریکایی بر دقیقه با ضرایب تبدیل آن ها داده شده است.

جدول تبدیل واحده فوت ارتفاع آب			جدول تبدیل واحده گالن آمریکایی بر دقیقه		
Multiply	By	To Obtain	Multiply	By	To Obtain
Centimeter	.0328	Feet of Head	Imperial Gals./Min.	1.2	U.S. Gals. per Min.
Meters	3.28	Feet of Head	Liters/Min.	.264	U.S. Gals. per Min.
PSI	2.31	Feet of Head	Liters/Sec.	15.85	U.S. Gals. per Min.
			Liters/Hr.	.0044	U.S. Gals. per Min.
			Cubic Meters/Min.	264.2	U.S. Gals. per Min.
			Lbs./Min.	.12	U.S. Gals. per Min.
			Cubic Meters/Hr.	4.4	U.S. Gals. per Min.

مثال: اگر در یک محاسبه ، هد پمپی (5PSI) بر آورد شده باشد مقدار آن بر حسب فوت آب چنین است:

$$Ft = \text{psi} \times 2.31$$

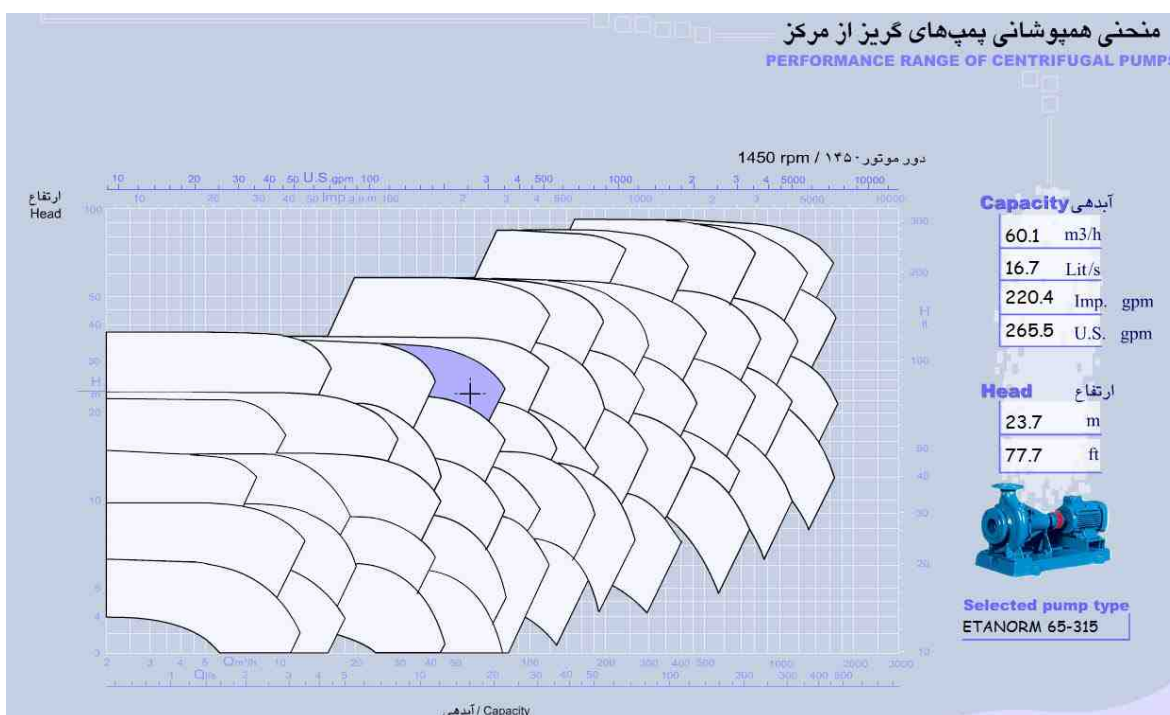
$$Ft = 5 \times 2.31 = 11.55$$

مثال: دبی 8 لیتر بر انیه معادل چند گالن بر دقیقه است؟

$$\text{Gpm} = 1/s \times 15.85$$

$$\text{Gpm} = 8 \times 15.85 = 126.8$$

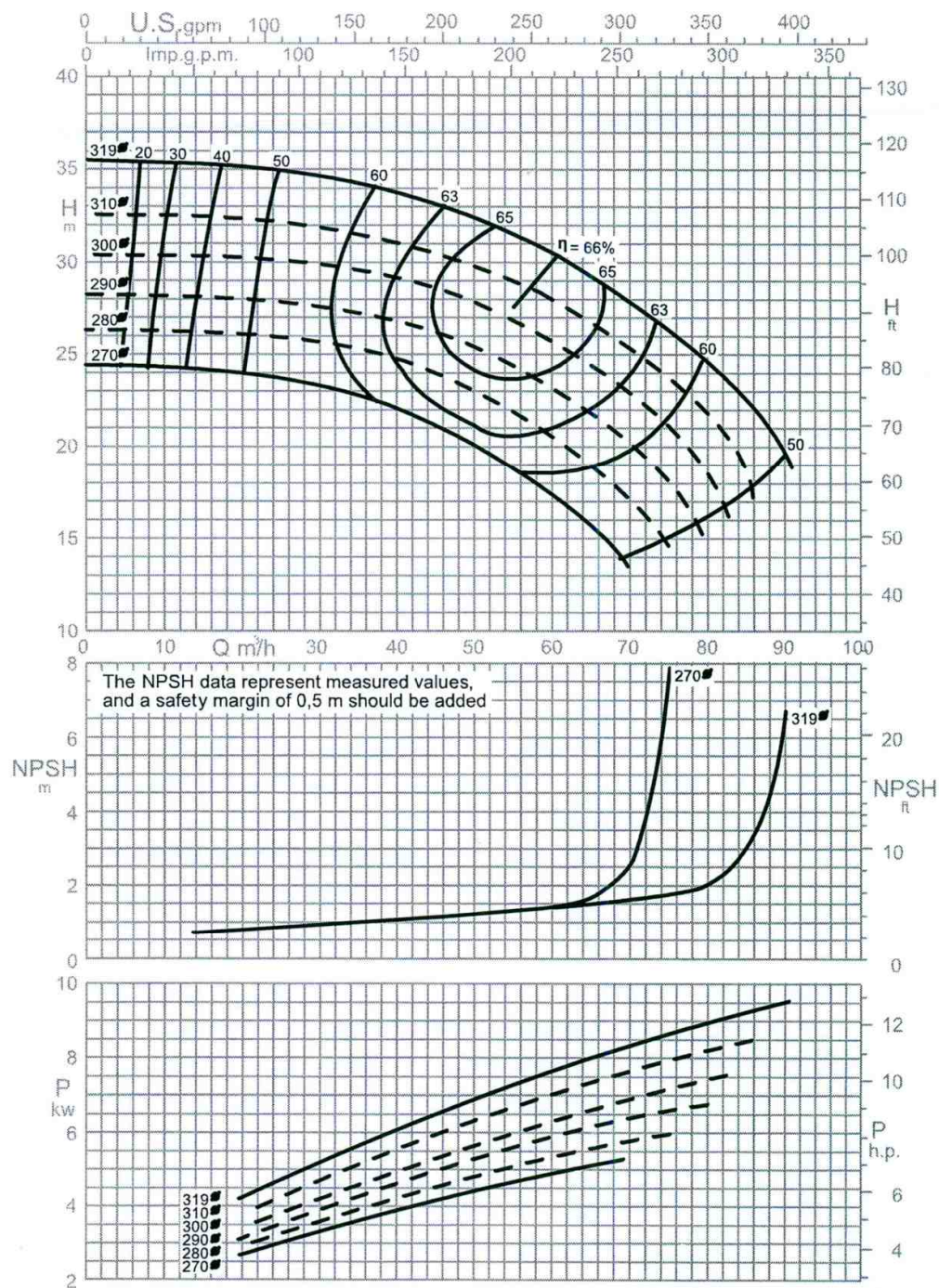
الف) انتخاب پمپ: پمپ های زمینی در دور های 1450 دور در دقیقه و 2900 دور در دقیقه تولید می شوند ، استهلاک پمپ در دورهای بالا بیشتر است در صورتی که کارکرد پمپ مداوم باشد بهتر است پمپ با سرعت دورانی 1450 دور در دقیقه انتخاب شود. برای انتخاب پمپ به منحنی همپوشانی پمپ در شکل مراجعه می کنیم. برای مثال محل تقاطع آبدهی 50 متر مکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی 29 متر پمپ 65-315 رامشخص می کند.



ب) تعیین قطر پروانه: شکل زیر منحنی مشخصات پمپ 65-315 در 1450 دور در دقیقه مراجعه می کنیم. بر روی منحنی نقطه تقاطع آبدهی 50 متر مکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی 29 متر یافته و اولین منحنی بالای این نقطه که مربوط پروانه با قطر 310 میلیمتری باشد انتخاب می کنیم. بنابراین پمپ انتخاب شده 1450 دور در دقیقه با قطر 310 میلی متر 65-315 می باشد

ج) راندمان پمپ : با توجه به اینکه نقطه انتخاب در منحنی شکل زیر بین راندمان 65% و 66% قرار می گیرد راندمان پمپ انتخاب شده 65.2% است.

د) انتخاب الکترو موتور: برای انتخاب الکترو موتور انتهای منحنی توان را برای قطر پروانه 310 میلی متر در نظر گرفته به عدد 8.2 کیلووات می رسمیم بنابراین برای عملکرد مطمئن الکتروموتور 11 کیلو وات 1450 دور در دقیقه انتخاب می کنیم.



دور موتور ۱۴۵۰ / 1450 rpm

منحنی مشخصات پمپ ۳۱۵-۶۵

دور ۱۴۵۰ RPM 1450	آبدهی (مترمکعب بر ساعت) Capacity (m ³ /h)					قطر پروانه Imp. Dia. (mm)	فلنج پمپ Pump Flange (mm)		مشخصات موتور Motor Characteristics			قطر لوله Pipe Dia. (Inch)	
	25	40	60	70	80		مکش Inlet	رانش outlet	Power / قدرت		I / جریان آمپر Amp	مکش Inlet	رانش outlet
									kW کیلووات	HP اسب بخار			
ارتفاع (متر) Head (m)	35	33.5	30.5	27.5	24	319	80	65	11	15	23.8	***	***
	32	31	28	25	21.5	310			11	15	23.8		
	30	29	25.5	22.5	18	300			11	15	23.8		
	28	26.7	23	20	-	290			11	15	23.8		

* توان موتور بر اساس حداکثر آبدهی محاسبه شده و ممکن است در نقطه کار کمتر باشد.
 * اندازه فلنج مکش پمپ الزاماً برابر اندازه لوله مکش نمی باشد. قطر لوله مکش طوری در نظر گرفته شود تا سرعت مایع در آن از ۲ متر بر ثانیه تجاوز ننماید.
 * قطر لوله رانش طوری انتخاب گردد تا سرعت مایع در آن تا حد ممکن پایین نگه داشته شود تا از افت انرژی جلوگیری بعمل آید. لیکن در این مورد نیز برقراری توازنی اقتصادی بین قطر لوله رانش و انرژی پمپ لازم می باشد.
 — ارتفاع هندسی مکش پمپ باتوجه به نقطه کار پمپ، منحنی NPSH، فشار اتمسفر محل نصب، مشخصات فیزیکی سیال و افتهای لوله مکش قابل محاسبه است.

نصب ، راه اندازی :

1- باپیش بینی یک فونداسیون بتنی سطح مناسب برای مهار شاسی پمپ ایجاد می شود و پمپ نیز بالاتر از کف قرار می گیرد تا نگهداری آن آسانتر باشد وزن فونداسیون باید حداقل 2.5 برابر وزن مجموعه پمپ باشد. ارتفاع فونداسیون باید حداقل 4 اینچ و از هرطرف 6 اینچ بزرگتر از شاسی پمپ باشد

2- وقتی پمپ نصب شد، هم محور بودن پمپ و موتور را بررسی کنید. کوپلینگ های محور پمپ را به طور صحیح تنظیم کنید و زیر پایه های موتور در صورت لزوم لایه های نازک ورق قرار دهید. هم محور نبودن پمپ و موتور می تواند باعث تسریع خرابی یا تاقان و کوپلینگ گردد.

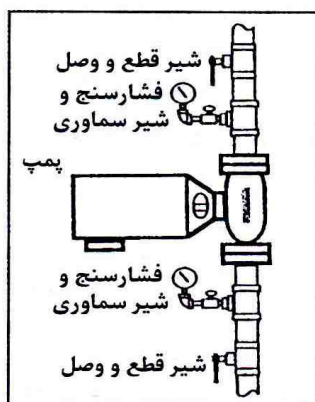
3- لوله کشی مکش پمپ باید حتی الامکان مستقیم و صاف باشد. برای جلوگیری از ورود ذرات خارجی که ممکن است به پمپ صدمه بزنند، یک صافی با شبکه بندی درشت در قسمت مکش پمپ نصب کنید. برای اطمینان از یکنواختی توزیع جریان ورود به پمپ حد اقل یک بخش مستقیم به طول 4 تا 6 برابر قطر لوله مکش در ورود به پمپ وجود داشته باشد و برای تغییر مسیر از زانو های با شعاع بلند استفاده کنید.

4- اگر در سمت تخلیه پمپ از وسایل اندازه گیری جریان و یا شیر تنظیم استفاده می کنید ، بین دهانه تخلیه پمپ و محل اندازه گیری حداقل 10 برابر قطر فاصله باشد

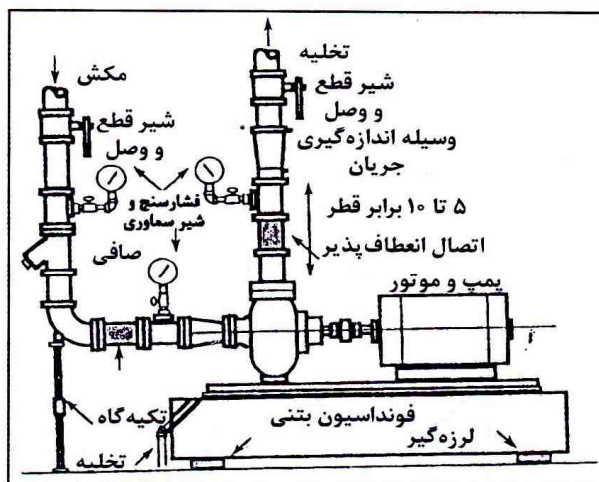
5- فلنج لوله ها باید هم اندازه باشند. فلنج های پمپ با فلنج های لوله کشی باید متناسب باشد و بین آنها یک واشر که تمام سطح بین دو فلنج را می پوشاند استفاده کنید برای اتصال لوله های تخلیه و مکش به فلنج های پمپ از تبدیل های مخروطی استفاده نمایید.

6- اگر در اندازه اولیه پمپ جدا کردن مواد زائد از توری با دانه بندی ریز استفاده می کنید، بعد از راه اندازی پمپ آن را با توری های دانه بندی معمولی جایگزین نمایید تا ضمن محافظت از پمپ ، مقدار افت فشار در سمت مکش به حد اقل برسد.

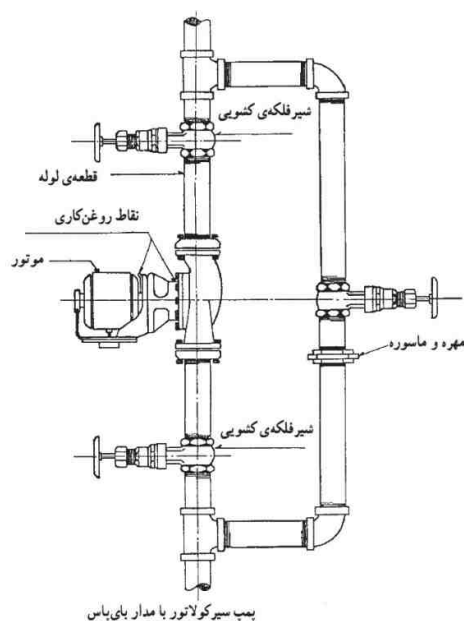
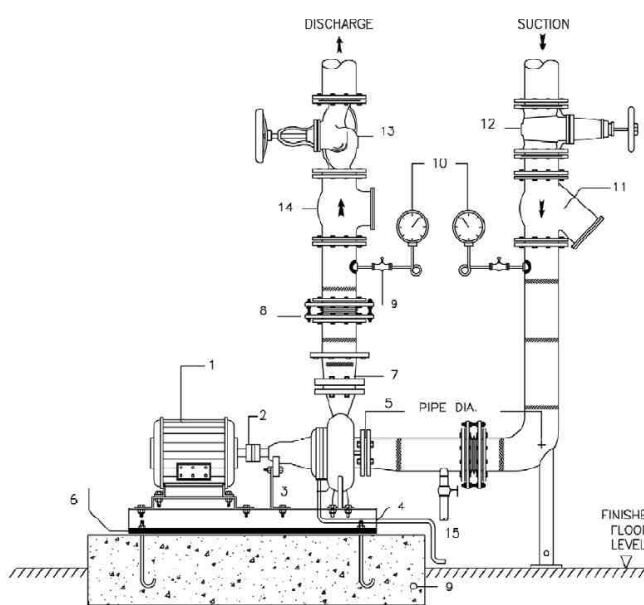
7- شیرهای قطع جریان سمت مکش و تخلیه را در نزدیکی پمپ نصب کنید تا بتوان پمپ و صافی را بدون اینکه سیستم تخلیه شود ، سرویس یا تعویض کرد. وقتی از چند پمپ استفاده می کنید در روی خط تخلیه پمپ شیر یکطرفه نصب نمایید تا از برگشت جریان در هنگامی که پمپ خاموش است جلوگیری کنید.



چگونگی نصب پمپ خطی



نحوه نصب پمپ‌های گریز از مرکز زمینی



8- برای کاهش انتقال صدا و ارتعاش به فضای ساختمان بر روی خطوط مکش و تخلیه پمپ لرزه گیر نصب کنید موقعیت مناسب آویزها و تکیه گاه های لوله می تواند تنش وارده از لوله به پمپ را کاهش دهد .

9- بر روی هر پمپ باید فشارسنج و شیر سماوری وجود داشته باشد تا بتوان فشار های سیستم و افت فشار را اندازه گرفت. حداقل محلی برای نصب فشار سنج همراه با یک شیردر قسمت مکش و تخلیه پمپ و یک فشارسنج مشترک پیش بینی گردد. نصب فشار سنج در قبل از صافی این امکان را می دهد که مقدار افت فشار آن کنترل گردد.

پمپ های با جابه جایی مثبت

پمپ با جابه جایی مثبت یک محفظه خالی را به طور متناوب پر و حجم معینی از سیال را جابه جا می کند. مزیت آنها نسبت به پمپ های گریز از مرکز، ظرفیت ثابتی است که خروجی پمپ دارد که اگر نرخ جریان مورد نیاز تغییر کند می توانیم با تنظیم طول کورس یا سرعت رفت و برگشت آن را جبران کنیم. در پمپ های گریز از مرکز تنها به فشار سامانه پاسخ می دهد و اگر

فشارروی پمپ تغییر کند ظرفیت آن نیز تغییر خواهد کرد که این مسئله نامطلوب بوده و اثر منفی روی پایداری و بازدهی پمپ می گذارد. پمپ های با جا به جایی مثبت برای جا به جایی مایعات با گران روی بالا استفاده می شود.

انواع پمپ های جا به جایی مثبت

- 1- پمپ پیستونی: دارای پیستون رفت و برگشتی برای راندن مایع به سمت خروجی پمپ می باشند.
- 2- پمپ دیافراگمی: مانند پمپ پیستونی است فقط به جای پیستون یک دیافراگم این عمل را انجام می دهد که برای پمپ کردن مواد شیمیایی که مقدار ثابت و دقیق از یک مایع مورد نیاز باشد به کار می رود. انواع بزرگ تر آن را می توان به عنوان لجن کش در تخلیه فاضلاب به کار برد.

پمپ باکوپلینگ مغناطیسی

این پمپ با عنوان راه انداز مغناطیسی نامیده می شود که از 2 مغناطیس که توسط یک مایع سیال و یا پوسته بازدارنده از یکدیگر جدا می شوند تشکیل شده است. مغناطیسی خارجی به شفت موتور متصل می شود و مغناطیس داخلی نیز به قطعات مکانیکی پمپ (دنده، پروانه، تیغه ها و ...) وصل می گردد. این 2 مغناطیس در حالی که مایع سیال در بین آنها قرار گرفته است بایکدیگر جفت شده و به موتور امکان می دهند تا پمپ کردن را بدون وجود آب بند شفت راه اندازی نمایند.

عایق حرارت insulator

مصلحی که انتقال گرما را از محیط به محیط دیگری به طور موثر کاهش دهد. عایق حرارت قابل استفاده در ساختمان به عایقی اطلاق می شود که دارای ضریب هدایت حرارتی کمتر یا مساوی $0.065 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$ و مقاومت حرارتی مساوی یا بیشتر از $0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/w}$ باشد

$$\lambda \leq 0.065 \quad \frac{R}{d} \geq 0.5$$

برای جلوگیری از نفوذ رطوبت و انتقال صدا از مصالحی به نام عایق استفاده می شود. عایق ها به سه دسته حرارتی، رطوبتی و صوتی تقسیم می شوند. برای سیستم لوله کشی که دمای سیال داخل آب بین 12 تا 40 درجه سانتی گراد باشد یا این که لوله در معرض یخ زدن باشد عایق می شوند.

انواع عایق حرارتی هدایتی:

- 1- پشم شیشه که حداکثر تحمل 450°C را دارد.
 - 2- پشم معدنی که گاهی بایک ورقه کاغذ قیراندود روی آن پوشیده می شود که بیش تر در منابع تولید آب گرم استفاده می شود و تا 550°C تحمل حرارت دارد.
 - 3- پشم سنگ مانند پشم معدنی است و تا 850°C تحمل دارد.
- نکته:** کلمه پشم به علت وزش بخار آب روی آن ها با عبور مواد مذاب آن ها از میان بخار آب یا هوای گرم انجام می شود گفته می شود مانند الیاف شیشه، سنگ سلیس دار یا سنگ خاک رس دار
- 4- ترکیبی از پشم شیشه و سنگ به صورت لوله ای و بر اساس قطر داخلی آن ها ساخته می شود در سائزهای کوچک باید تعمیر کار آن را روی لوله نصب کند و بپیچاند. مدل بدون روکش آن را برای استفاده ماستیک و رنگ استفاده می شود.

عایق حرارتی جابه جایی: مانند استفاده از پنجره های چند لایه که مانع انتقال حرارت به روش جابه جایی می شود.

عایق حرارتی تشعشعی: آلومینیوم 95 درصد اشعه حرارت را منعکس می کند و به عنوان حرارتی به صورت رول ساخته می شود گاهی اوقات می توان از ترکیبی از پشم شیشه و پشم معدنی با روکش آلومینیوم به عنوان عایق هدایتی و تشعشعی استفاده کرد. **عایق رطوبتی:** برای جلوگیری از نفوذ رطوبت استفاده می شود مانند اجسامی که آغشته به قیر شده باشند یا مواد لاستیکی یا پلاستیکی باشند. گاهی اوقات برای جلوگیری از پوسیدگی لوله ها از ضد زنگ و رنگ های روغنی و برای لوله های زیر کار از پرایمر استفاده می شود.

عایق صدا: صدا از کمپرسورها و فن ها و موتورها به قسمت های مختلف ساختمان منتقل می شود که می توان با نصب لرزه گیرها در زیر شاسی آن ها و یا در مسیر لوله ها آن را کم کرد.

چرا عایق کاری می کنیم:

- 1- مانع هدر رفتن انرژی و هزینه می شود

- 2- کاهش آلودگی محیط زیست
- 3- جلوگیری از استهلاک و خوردگی تجهیزات
- 4- فراهم آوردن ایمنی و آسایش

عوامل مهم در انتخاب عایق های حرارتی و برودتی:

- 1- مقاومت حرارتی بالا
- 2- قابلیت احتراق کم
- 3- سمیت
- 4- چروک خوردگی بر اثر انقباض و انبساط
- 5- مقاومت در برابر رشد قارچ و میکروب
- 6- خاصیت شیمیایی خنثی
- 7- چگالی مناسب
- 8- دمای کارکرد
- 9- ضریب نفوذ رطوبت
- 10- عمر مفید کاری

عایقکاری با پشم شیشه و مل و ماستیک:

از متداول ترین و اقتصادی ترین روش های عایقکاری تاسیسات عایقکاری با پشم شیشه و مل و ماستیک لوله و منابع در موتورخانه های گرمایشی می باشد در این روش معمولاً از پشم شیشه با ضخامت 2.5 سانتیمتر برای عایقکاری لوله ها استفاده می شود. برای عایقکاری لوله ها ابتدا سطح لوله را سنباده ماری کرده و ضد زنگ می زنیم و سپس پشم شیشه را به اندازه مناسب بریده و بر روی لوله نصب می کنیم. سپس با استفاده از پلاستیک و کارتن روی آنرا می پوشانیم و با پارچه مناسب روکش نهایی عایق را اجرا می کنیم. با مخلوط کردن مل، ماستیک و سیریش ملات مورد نیاز جهت روکش نمودن عایق را تهیه کرده بر روی پارچه می کشیم. بعد از خشک شدن این ملات می توان به رنگ امیزی لوله و نشانه گذاری آن پرداخت.



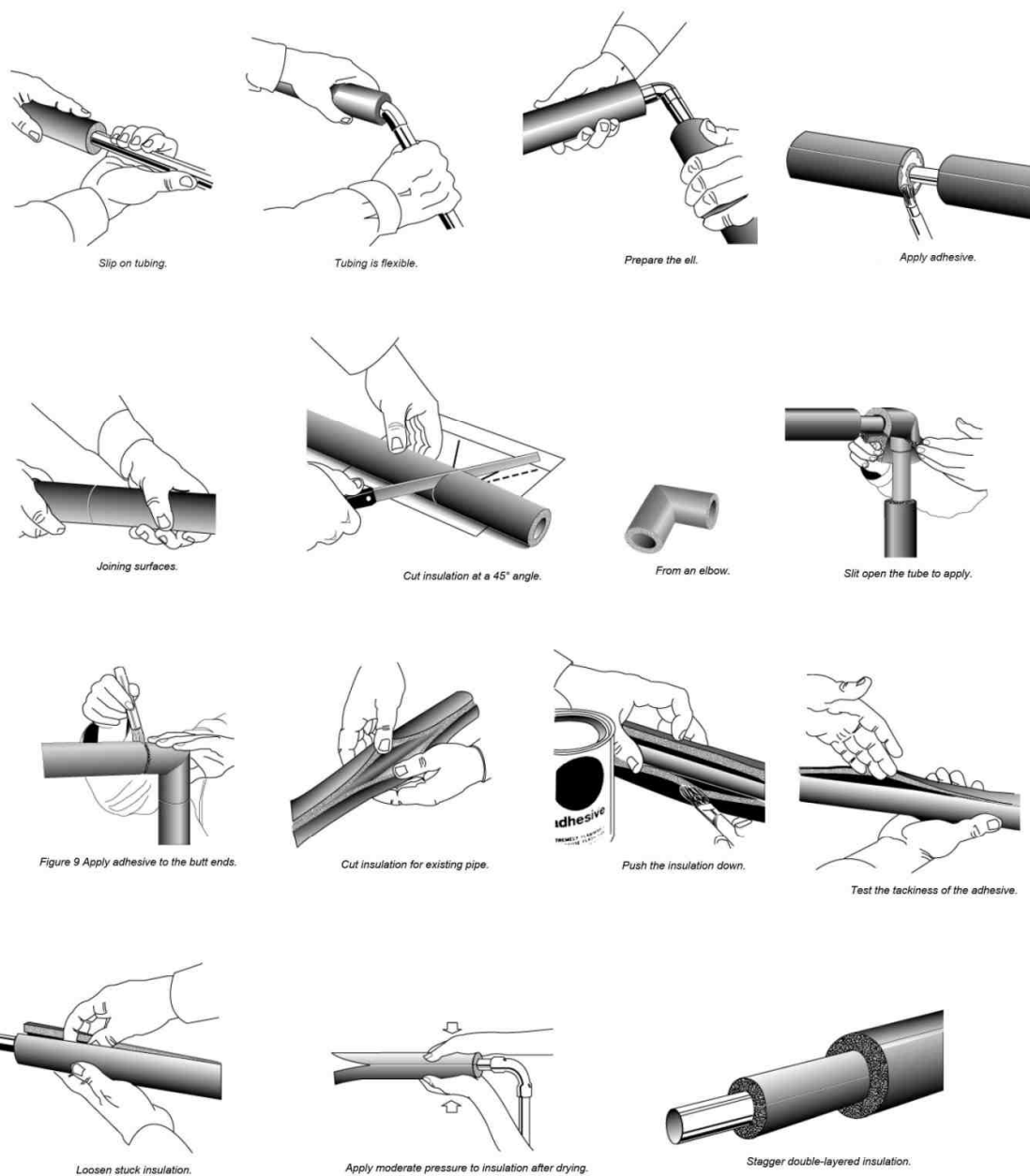
نسل جدید عایق‌ها، عایق‌های الاستومری سلول بسته هستند. این عایق‌ها به دلیل دارا بودن سلول‌های بسیار ریز کنار هم که هوا در آن قرار دارد و نوع آرایش میکروسکوپی آنها، باعث جلوگیری از اتلاف انرژی می‌شود. آنها دمای منهای 70 درجه تا 120 درجه سانتی‌گراد را کنترل می‌کنند. ضمن اینکه رطوبت یا بخار آب به هیچ عنوان در آنها نفوذ نمی‌کند. به همین دلیل از زنگ‌زدگی و پوسیدگی عایق‌ها جلوگیری می‌شود و نیاز به تغییر و تعویض ندارند. عایق‌های الاستومری بر روی لوله‌های آب گرم و سرد، کانال هوا و مخازن، چیلرها، برج‌های خنک‌کننده نفت و گاز و پتروشیمی کاربرد بالایی دارند. همچنین برای نصب در کف، سقف و دیوار ساختمان به کار می‌روند. البته در مقایسه با عایق‌های پشم شیشه به هزینه بیشتری نیاز دارند یکی از راه‌های شناسایی عایق‌ها این است که آنها را داخل مایکروویو قرار دهیم. مایکروویو اجناس مثل خودش که ساختار مولکولی قطبی داشته باشد را داغ می‌کند. از آنجا که عایق‌های EPDM دارای ساختار مولکولی غیر قطبی هستند، بنابراین داغ نمی‌شوند و در مقابل اشعه مقاوم هستند.

علاوه بر این سبکی عایق، سرعت اجرا، پایداری و ماندگاری در عایق کاری بسیار مهم است. حداکثر مقاومت هدایت حرارتی در 24 درجه سانتی‌گراد معادل 0.04 است. دارای مقاومت بالا در برابر جذب رطوبت اما عیب آن مقاومت کم در برابر آتش است. در مدل‌های باروکش و بدون روکش آلومینیومی ساده، چسب دار و همچنین در انواع رولی و لوله ای ساخته می‌شود. الاستومرها برای عایق حرارتی و برودتی و رطوبتی مناسب هستند.





Piping System	Up to 2"	Over 2" to 4"	Over 4" to 6"	Over 6"
	(50mm)	(50mm-100mm)	(100mm-150mm)	(150mm)
Chilled water:				
Chilled water (40°F) (4°C)	½" (13mm)	½" (13mm)	½" (13mm)	¾" (19mm)
Condensate Drain	½" (13mm)	½" (13mm)	½" (13mm)	¾" (19mm)
Refrigeration:				
Above 25°F (-4°C)	¾" (19mm)	¾" (19mm)	¾" (19mm)	¾" (19mm)
10°F to 25°F (-12°C to -4°C)	¾" (19mm)	1" (25mm)	1" (25mm)	1" (25mm)
-10°F to 10°F (-23°C to -12°C)	1" (25mm)	1" (25mm)	1-¼" (32mm)	1-¼" (32mm)
-30°F to -10°F (-34°C to -23°C)	1-¼" (32mm)	1-¼" (32mm)	1-3/8" (35mm)	1-½" (38mm)



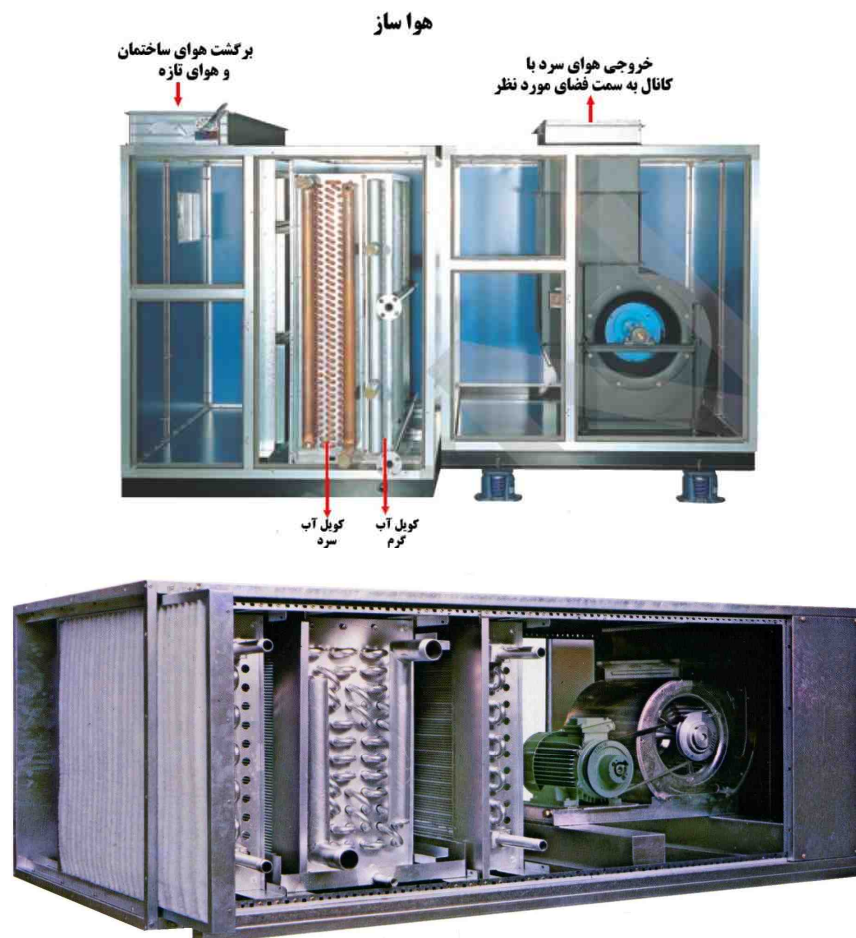
عایق لوله ها در چیلرها:

خط مکش تا 4.4c(40F) سرد می شود و تحت چنین شرایطی احتمال تقطیر رطوبت بر روی جدار خارجی لوله و همچنین اتلاف گرما از طریق تبادل با هوای محیط بسیار زیاد است، مگر آن که دما و رطوبت محل نصب چیلر به همین اندازه کم باشد که به طور معمول چنین شرایطی وجود ندارد. بنابراین استفاده از عایق مناسب برای خط مکش و اواپراتور ضروری است. خط مایع نیز تحت شرایطی که دمای محیط بیش دمای مبرد مایع باشد باید عایق شود. به طور معمول دمای مایع مبرد $110^{\circ}\text{F}(43.3^{\circ}\text{C})$ است و وقتی چیلر از نوع دو تکه با کندانسور هوایی مورد استفاده قرار می گیرد، احتمال اینکه لوله حاوی مایع مبرد در معرض تابش یا دمای بیشتری در فضای باز مانند بام قرار گیرد وجود دارد. خط دهش به دلیل دمای بالا که تا $150^{\circ}\text{F}(66^{\circ}\text{C})$ هم بالا می رود نیازی به عایق ندارد.

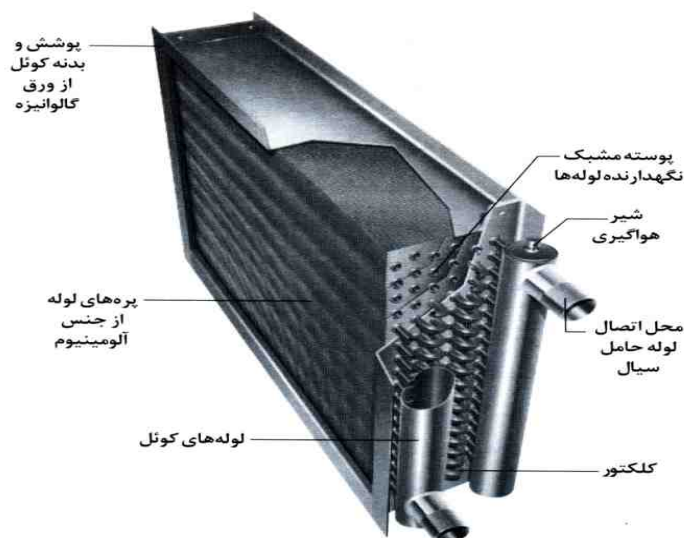
ردیف	مشخصات	EPDM	پشم شیشه	پشم سنگ	پلی یورتان
1	نفوذ آب و رطوبت	مقاومت بسیار بالا	بسیار نفوذ پذیر	بسیار نفوذ پذیر	نسبتاً مقاوم
2	ریزش ذرات آلاینده	بدون ذرات	بسیار سمی و آلاینده	سمی و آلاینده	دارای ذرات به میزان کم
3	اشتعال زایی	خود خاموش شونده	اشتعال زا	نسوز	اشتعال زا و بسیار سمی
4	تولید دود و گازهای سمی	عدم ایجاد گازهای سمی CFC، HCFC و دانسیته دود بسیار پایین	گاز های سمی	بدون دود	بسیار دودزا و سمی
5	ضریب مقاومت در مقابل جذب بخار آب	10000	1	1	2000
6	دانسیته	50/90/kg/m ³	10/12/16/20 kg/m ³	30/80/100/128	30kg/m ³
7	ایجاد خوردگی روی لوله ها	بدون خوردگی	خوردگی شدید	نسبتاً خورنده	خوردگی کم
8	سرعت نصب	بسیار سریع	دارای چند مرحله	دارای چند مرحله	بسیار کند
9	عوارض و ایجاد امراض برای نصاب و مصرف کننده	بدون عوارض	تولید سرطان و بیماری ریوی سیلیکوز	تولید بیماری ریوی سیلیکوز	بدون عوارض

ردیف	مشخصات	EPDM	پشم شیشه	پشم سنگ	پلی یورتان
10	سرویس دهی	عایق سرد و گرم و صوتی	در برودت بسیار ضعیف و در حرارت متوسط	عایق گرم و صوتی	عایق سرد
11	عمر مفید	حدود 20 سال	کمتر از 5 سال	حدود 10 سال	حدود 10 سال
12	میزان صرفه جویی در مصرف انرژی	70% تا 90% با توجه به ضخامت به کار رفته	25% تا 40%	50%	70%
13	مقاومت در مقابل شرایط بد آب و هوا و UV و رطوبت	بسیار بالا	به سرعت متلاشی می گردد	در مقابل آب بسیار ضعیف	نسبتاً مقاوم
14	تغییر شکل روکش	در صورت ایجاد فشار و نیرو های فشاری، دوباره به حالت اول باز می گردد	در صورت اعمال نیرو تغییر شکل داده و ضخامت عایق در آن ناحیه کم می شود	در صورت ایجاد ضربه تغییر شکل داده و ضخامت عایق در آن ناحیه کم می شود	در صورت ایجاد ضربه روکش مربوطه تغییر شکل داده و عایق پودر می شود و ریزش می کند
15	محدوده دمائی	(-40)-(+95-120)	(-20)-(+45)	(-20)-(+60)	(-30)-(+110)

هواساز (Air Handling Unit) : دستگاهی است که با انجام عملیاتی همچون تغییر دما، افزایش یا کاهش رطوبت، تصفیه و تنظیم سرعت، مشخصات هوا را تغییر داده و آن را مطبوع می سازد .



سیال گرم یا سرد از طریق سیستم مرکزی گرمایشی سرمایشی در اختیار هواساز قرار می گیرد اما سایر مشخصات هوا باتوجه به امکانات و تجهیزات جانبی توسط هواساز تغییر نموده یا تنظیم می شود. اجزای تشکیل دهنده هواساز باتوجه به نوع کاربری آن متفاوت است اما یک هواساز کامل از قسمت های مختلفی همچون کویل گرمایی، کویل سرمایی، کویل پیش گرم کن، کویل دوباره گرمکن، باد زن، موتور الکتریکی، جعبه مخلوط کننده هوا، انواع فیلتر های تصفیه هوا، رطوبت زن، قطره گیر، تشتک جمع آوری آب، لوله تخلیه، پمپ گردش آب رطوبت زن، دهانه های ورودی، خروجی، هوای تازه، پوشش خارجی و تجهیزات کنترل کننده تشکیل شده است. کویل های گرمایی یا سرمایی هواساز از لوله های مسی یا فولادی پره دار ساخته می شوند که باتوجه به ظرفیت در چندین ردیف در مسیر هوای عبوری قرار می گیرند. کویل های گرمایی معمولا با آب داغ، بخار و برق عمل می کنند. کویل های سرمایی با آب سردچیلر (chilled water) و یا مستقیما با یک ماده مبرد کار می کنند. در حالت دوم کویل دستگاه هواساز اواپراتور یک سیستم تبرید می باشد.

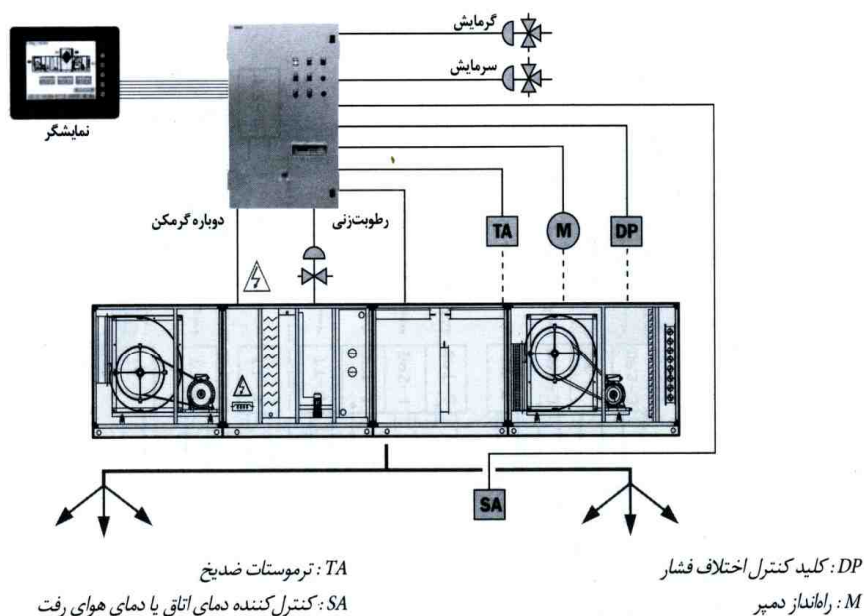


کویل هواساز که می تواند به عنوان کویل آبگرم یا آب سرد مورد استفاده قرار گیرد.

باتنظیم های مختلف بخش های گرمایی، سرمایی، رطوبت زن و غیره در مجموعه دستگاه هواساز می توان سیستم های مختلف تهویه مطبوع را برای پروژه های با شرایط متفاوت طراحی نمود. دستگاه هواساز معمولا با دو کانال رفت و برگشت هوا به داخل ساختمان و به وسیله یک کانال به هوای تازه خارج ارتباط دارد.

گاهی نیز هواساز هوای تازه و هوای برگشتی را از فضای داخل بدون کانال دریافت می کنند. هواساز های بزرگتر که در شرایط استفاده 100% هوا را از بیرون می گیرند و هیچ هوای برگشتی به آنها وارد نمی شود (MUAU) make up air unit نامند. هواساز های طراحی شده برای بیرون ساختمان در روی پشت بام نصب می شود و به یونیت های پشت بامی معروفند.

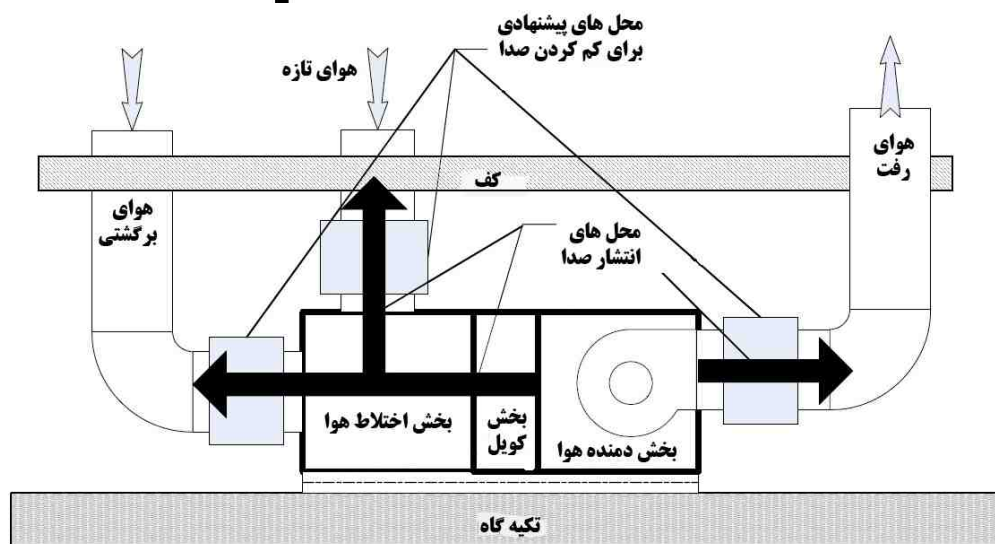
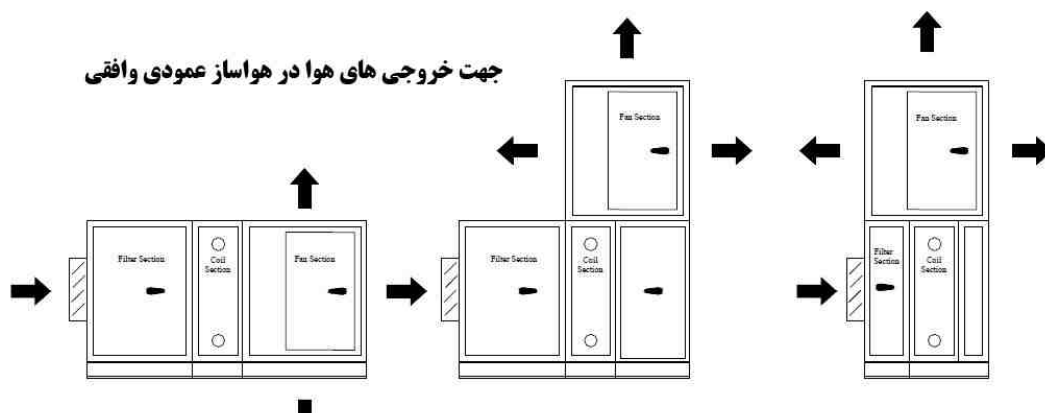
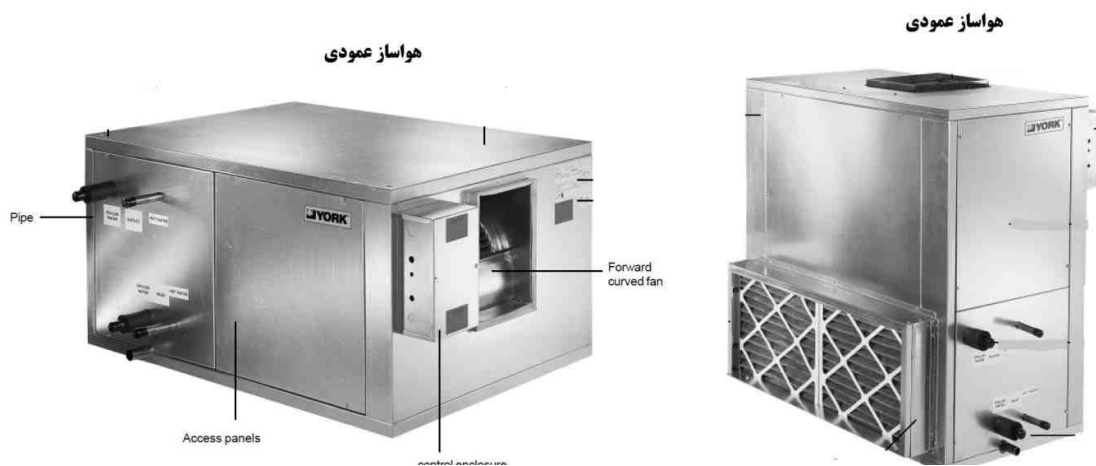
دستگاه هواساز باتنظیم دما و رطوبت و همچنین تامین هوای تازه و فیلتر کردن آن عمل تهویه مطبوع تابستانی و زمستانی را انجام می دهد. هوای برگشتی از اتاقها با هوای تازه در محفظه اختلاط دستگاه مخلوط شده و سپس از کویل های سرمایی یا گرمایی و رطوبت زن (معمولا در زمستان) عبور می کند. سرعت عبور هوا از کویل حد 500 فوت بر دقیقه است. فرآیند رطوبت زنی به وسیله پاشش آب از افشانک ها یا شبکه بخار و فرآیند رطوبت گیری توسط کویل سرد انجام می شود. کویل پیش گرمکن در صورت لزوم برای تعدیل هوای سرد زمستانی به کار می رود. در مناطقی که هوا بسیار سرد است و امکان یخ زدگی آب رطوبت زن وجود دارد، گرم کردن مقدماتی ضروری است. این گرمکن ها ممکن است از نوع الکتریکی، بخاری، و یا آب گرم باشند.



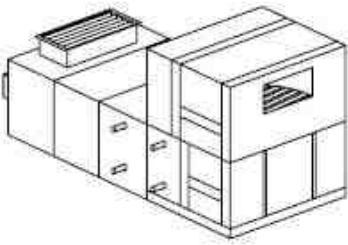
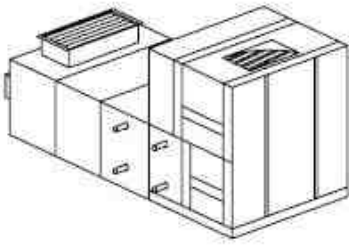
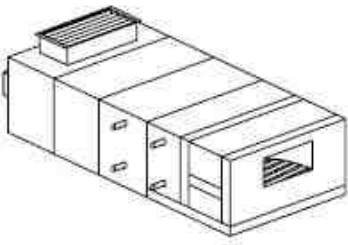
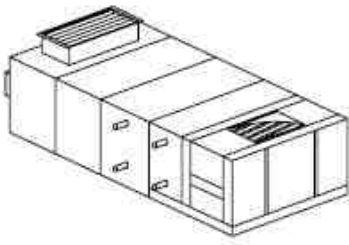
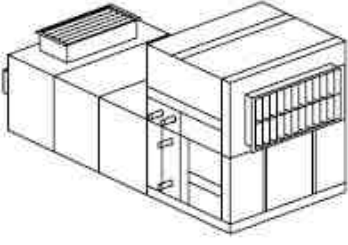
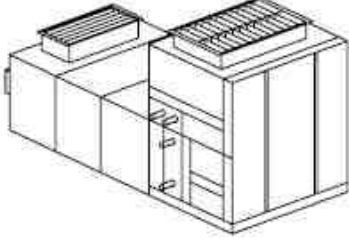
طرحواره کنترل کننده های هواساز در یک سیستم کنترل، مبتنی بر پردازش رایانه ای (کنترل DDC) به همراه رطوبت زنی و دوباره گرمایش

بادزن هواساز از نوع گریز از مرکز است و انتقال حرکت الکتروموتور به بادزن از طریق یک یا چند تسمه صورت می گیرد. جعبه مخلوط کننده هوا برای اختلاط هوای تازه و هوای برگشتی مورد استفاده قرار می گیرد اختلاط هوای تازه و هوای برگشتی بنا به مشخصات طرح توسعه دمپر ها انجام می شود. هواساز ها را می توان بر اساس تعداد کویل، تجهیزات جانبی، مناطق هوادهی و شکل ظاهری در انواع مختلفی طبقه بندی نمود. هواساز ها از نظر ساختار شکل ظاهری در دو گروه عمده افقی و عمودی دسته بندی می شوند. و از نظر کویل می توان به دو گروه دو کویله و کویل دوفصلی نام برد از نظر مناطق هوادهی نیز هواساز به دو گروه یک منطقه ای و چند منطقه ای قابل تقسیم است.

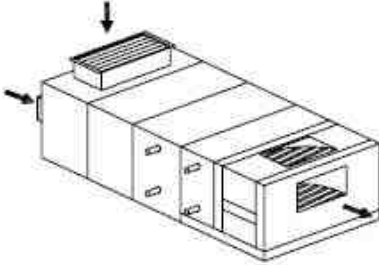
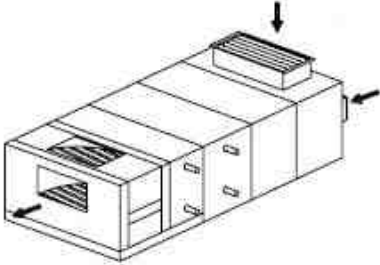
هواساز ها از نظر نحوه قرارگیری بادزن و کویل نیز در دو گروه عمده جریان مکشی و جریان مکشی جای می گیرند. در هواساز های نوع اول بادزن قبل از کویل ها قرار می گیرد و در هواساز های نوع جریان مکشی بادزن هواساز بعد از کویل تعبیه می شود. دستگاه هواساز را باید حتی المقدور نزدیک اتاق هایی که قرار است تهویه شوند و در داخل اتاقی که مخصوص آن در نظر گرفته شده قرارداد تا طول مسیر کانال کشی کاهش یافته و هزینه اولیه تأسیسات تقلیل یابد. گاهی در ساختمانهای چند طبقه، برای هر طبقه یک دستگاه هواساز در نظر می گیرند.



قرار گرفتن هواساز در داخل کانال

	رانش هوا از جلو	رانش هوا از بالا
عمودی تک منطقه ای		
افقی تک منطقه ای		
افقی چند منطقه ای		

محل قرارگیری کویل ها

	راست	چپ
برای همه مدلها		

فرآیندهای داخل دستگاه هواساز عبارتند از :

الف) گرم کردن هوا: این فرآیند به وسیله کویل گرمایی آب داغ یا بخار انجام می شود. با توجه به اینکه در این فرآیند مقدار رطوبت موجود در هوا تغییر نمی کند، در روی منحنی رطوبی فرآیند با یک خط افقی (W ثابت) نشان داده می شود که در طول آن رطوبت نسبی کاهش و حرارت محسوس افزایش پیدا می کنند. به همین دلیل گفته می شود بخاری یا شوفاژ هوا را خشک می کند.

ب) سرد کردن هوا: توسط کویل سرمایی که از داخل آن آب سرد چیلر یا آب سرد حاوی نمک کلرور سدیم یا کلرور کلسیم که نقطه انجماد آب راتا حدود 10- درجه فارنهایت پایین می برند و یا ماده مبرد در کویل سرمایی دستگاه هواساز مانند اواپراتور چرخه تبرید است، عبور می کند. در روی منحنی رطوبتی این فرآیند بایک خط افقی که به سمت چپ حرکت می کند، نشان داده می شود. چنانچه فرآیند سرد کردن ادامه پیدا کند، در روی منحنی رطوبی به محور اشباع می رسد و چون سرمایش بیشتر موجب تقطیر آب می شود، در روی محور اشباع پایین می آید.

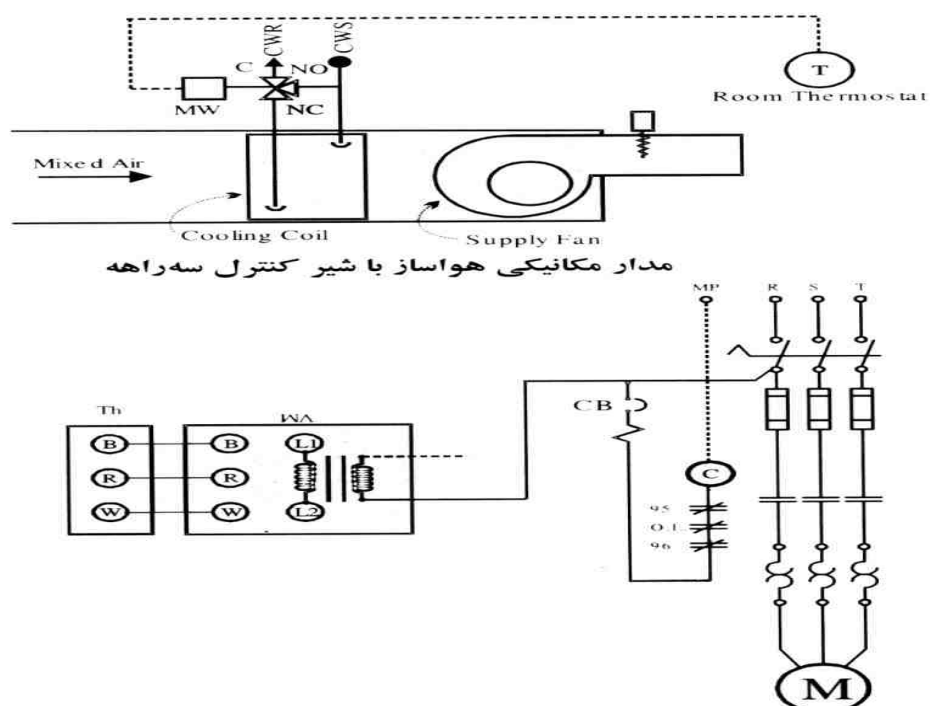
ج) رطوبت زدن: این فرآیند به وسیله پاشش آب یا بخار به داخل جریان هوا انجام می شود. در فرآیند پاشش آب حرارت محسوس کاهش و رطوبت نسبی افزایش پیدا می کند.

د) خشک کردن: این فرآیند عکس فرآیند رطوبت زنی است و می تواند به وسیله کویل سرمایی که دمای سطح آن پایین تر از دمای نقطه شبنم هوای عبوری می باشد، صورت می گیرد در تهویه مطبوع معمولاً رطوبت گیری هوا به وسیله کویل سرمایی انجام می شود. در این فرآیند رطوبت نسبی هوا کاهش پیدا می کند.

نکته: فرآیند فوق را می توان با پاشش آب سرد به داخل جریان هوا انجام داد. به عنوان مثال اگر دمای آب اسپری از نقطه شبنم هوای عبوری کمتر باشد عمل رطوبت گیری و عمل سرمایش با هم انجام می شود.

کنترل دما به دو صورت می تواند انجام شود: روش اول با استفاده از شیر سه راه برقی یا موتور که روی لوله رفت و برگشت کویل نصب شده و به وسیله ترموستاتی که در کانال برگشت هوا به هواساز نصب می شود، عمل قطع و وصل و یا کم و زیاد کردن جریان آب انجام می گیرد. در روش دوم به وسیله ترموستات نصب شده در اتاق یا راهرو یا مکان مناسب دیگر (مانند حالت فن کویل) به فن دستگاه هواساز فرمان خاموش و روشن داده می شود. سیستم کنترل لازم است به گونه ای طراحی شود که ابتدا مجموعه ترموستات کانالی و شیر سه راهی عمل نماید و سپس در مرحله بعد در صورت لزوم ترموستات اتاقی به بادزن دستگاه دستور دهد.





مدار الکتریکی شکل بالا

دستگاه‌های هواساز که از ورق گالوانیزه ساخته می‌شوند، با توجه به شرایط مکانی و موقعیت نصب ممکن است قائم و یا افقی ساخته شوند. دستگاه هواساز به صورت یک منطقه ای و یا چند منطقه ای طراحی و ساخته می‌شوند. در نوع یک منطقه ای تمام بخش‌های ساختمان که تحت پوشش آن است با شرایط یکنواخت دما و رطوبت هوادهی می‌شود و در نوع چند منطقه ای به کمک دمپرهای مخصوص امکان هوادهی با دما و رطوبت‌های مختلف به مناطق متفاوت وجود دارد.

هواساز هوشمند که می‌تواند تمامی قطعات را داشته باشد و الکترونیکی کنترل شود



معیار اصلی انتخاب هواساز

برای انتخاب هر دستگاهی پارامترهای مختلفی در انتخاب آن موثر هستند.

1- بارهای سرمایی و گرمایی کلی ساختمان (اگر برای ساختمان بیش از یک هواساز استفاده می شود باید سهم هر هواساز از بارهای سرمایی و گرمایی کلی مشخص شود).

2- حجم هوایی که در واحد زمان از هواساز عبور می کند (با توجه به محاسبات و شرایط آب و هوایی محل)

3- افت فشار استاتیکی طولانی ترین مسیر کانال یا هد استاتیکی فن

4- مشخصات فنی کویل سرمایش و گرمایش شامل سطح تبادل حرارت کویل، تعداد ردیفهای کویل، جنس کویل، تعداد پره در اینج کویل

5- قدرت موتور فن هواساز و نوع برند موتور و فشار استاتیکی فن جهت امکان عبور حجم هوای مورد نیاز تا آخرین دریچه از کانالهای منشعب

6- ابعاد، جنس، بدنه، عایق بندی بدنه، نوع برند انتخابی کارفرما، نوع فیلتراسیون هوا و تعداد فیلترها، گارانتی، زمان تحویل و قیمت

شرایط استفاده از ماده مبرد در کویل هواساز:

در صورتیکه به لحاظ برخی محدودیتهای از جمله نبود فضای موتورخانه و عدم امکان نصب چیلر در پروژه می توان با استفاده از یک کندانسینگ یونیت (شامل کمپرسور و کندانسور هوایی) و نصب آن در فضای باز مانند پشت بام یا کنار ساختمان ماده مبرد را مستقیماً وارد کویل سرمایش هواساز نمود که در اینصورت به آن هواساز با کویل DX گفته می شود. استفاده از هواساز با کویل DX و کندانسینگ یونیت مربوطه با توجه به عدم نیاز به موتورخانه و چیلر و پمپهای سیرکولاتور و برج خنک کننده و تاسیسات مربوطه می تواند از نظر هزینه برای کارفرما اقتصادی تر باشد.

رطوبت زن:

اغلب در آب و هوای سرد که در آن حرارت مداوم باعث خشکی هوا شده و ناراحت کننده است، کنترل رطوبت امری ضروری است. رطوبت زن ها انواع مختلفی دارد.

تبخیری: هوای خشک به مخزن آب دمیده شده و آب را تبخیر می کند. میزان تبخیر با اسپری آب روی بافل های هوا می تواند بیشتر شود.

بخارساز: بخار یا آب داغ بویلر مستقیماً به هوا دمیده شود و باعث افزایش رطوبت شود.

اسپری آب: آب توسط نازل به قطرات ریز تبدیل می شود و در هوا انتشار می یابد.

اولتراسونیک: سطح آب، در جریان عبور از دستگاه اولتراسونیک، تشکیل غباری از آب می دهد.

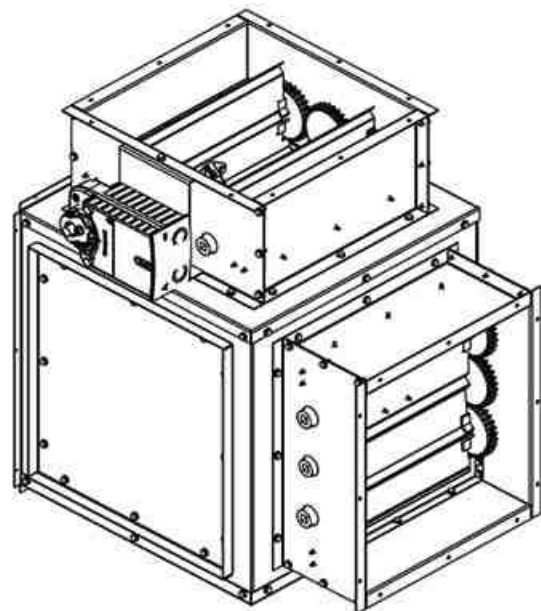
رطوبت رسانی: الیاف خاصی را با آب تازه مرطوب می کنند و جریان هوا را از روی آن عبور می دهند. این امر رطوبت را به سرعت بالا می برند.

دمنده: در هواسازها فن هایی وجود دارد که با الکتروموتور القایی به حرکت درآمده تا هوا را با فن ها ممکن است با دور ثابت یا متحرک گردش کنند تا حجم هوای متغیری را وارد سیستم کند. سرعت جریان نیز توسط پره های ورودی یا دمپر خروجی کنترل می شود. فن های چندتایی در واحد های بزرگ معمولاً در انتهای هواساز و ابتدای کانال هوا نصب می شوند تا هوا را در کانال بدمند.



تجهیزات کنترلی: کنترل بخش های مختلف از جمله: سرعت جریان هوا، دمای هوا، درجه حرارت هوای مخلوط شده، رطوبت، کیفیت هوا امری ضروری است. کنترلر ممکن است یک ترموستات ساده خاموش/روشن یا سیستم پیچیده کنترل هوشمند ساختمانی باشد.

محفظه اختلاط: به منظور حفظ کیفیت هوای داخل ساختمان، هواسازها تا حدی اجازه ورود هوا از خارج به داخل می دهند. در آب و هوای معتدل، مخلوط کردن مقدار مناسب هوای خنک بیرون با هوای گرم برگشتی می تواند دمای مطلوب را فراهم کند. در محفظه اختلاط دمپرهایی برای کنترل ورود هوای تازه و هوای برگشتی تعبیه شده.



لرزه گیر: فن ها در هواسازها لرزه های شدیدی ایجاد می کنند و سرو صدای لرزش را به داخل ساختمان منتقل می کنند برای جلوگیری از این امر لرزه گیر ها رادرست قبل و بعد از هواساز با میان فن ها نصب می کنند.

مزایات هواساز: هواساز ها با استفاده از عبور هوا از میان کوئل سرمایش خود هوا را خنک می کنند و امکان رطوبت زنی هوا در زمستان، تصفیه هوا و حتی گرفتن رطوبت اضافی هوا در تابستان را ایجاد می نمایند.

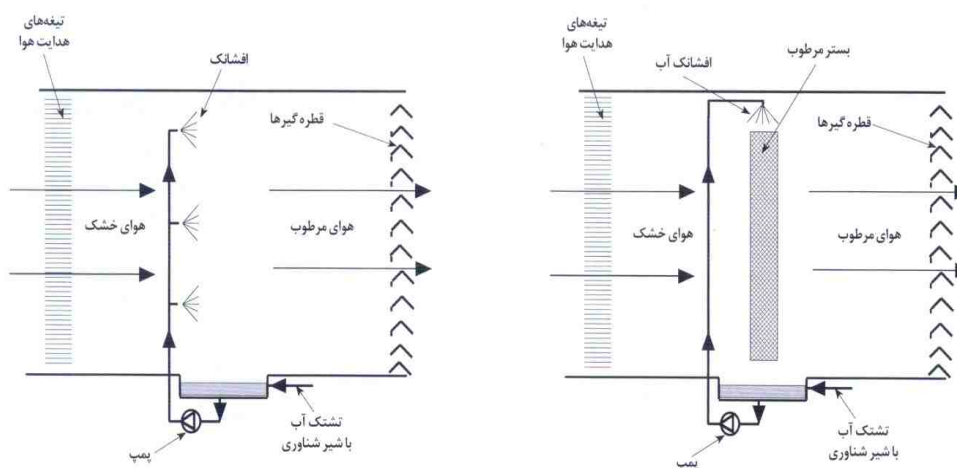
راهنمای عیب یابی

اشکال	علت	اقدام اصلاحی
سر و صدای بیش از حد	چرخ فن به قسمت ورودی یا به محفظه فن مالیده می شود.	چرخ و یا مخروط ورودی را تنظیم کنید. توبی چرخ یا یقه های یاتاقان را به محور محکم کنید.
	تسمه V شکل از جای خود می لغزد	محور پولی های موتور و یا فن را محکم کنید. کشش تسمه را تنظیم کنید. پولی ها را کاملاً هم راستا کنید. تسمه ها یا پولی های پوسیده را تعویض کنید.
	یاتاقان	یاتاقان های معیوب را تعویض کنید. یاتاقان ها را روانکاری کنید. بوشن ها و اتصالات را محکم کنید.
	عدم تعادل چرخ	چرخ را کاملاً تعادل کنید. تعادل چرخ را چک کنید. در صورت لزوم چرخ را در محل خود دوباره متعادل کنید.
جریان هوای کم	فن	چک کنید که چرخ در جهت مناسب دوران کند. ورودی ها و خروجی ها را چک کنید که گرفتگی نداشته باشد. سرعت فن را افزایش دهید.
	سیستم کانال	محاسبات افت کانال های سیستم را چک کنید.
جریان هوای زیاد	فن	سرعت فن را کاهش دهید.
	سیستم کانال	دریچه های دسترسی و فیلترها نصب نشده اند.
فشار استاتیکی نامناسب	در سیستم کانال کما بیش گرفتگی وجود دارد.	موانع سیستم را تغییر دهید. از ضرایب تصحیح دما و یا ارتفاع استفاده کنید. سیستم کانال را دوباره سایز بندی کنید. فیلترها و یا کوئل ها را تمیز کنید.
hp (قوه اسب) بالا	فن	دوران چرخ را چک کنید. سرعت فن را کاهش دهید.
	سیستم کانال	سیستم کانال را دوباره سایز بندی کنید. عملکرد دمپرها، کوئل ها و مسیرهای بای پس را چک کنید که مناسب باشد. فیلترها و درب های دسترسی را چک کنید.
فن کار نمی کند	برق ورودی	فیوزها و سیرکولیت برکرها (قطع کن های مدار) را چک کنید. سوئیچ ها را چک کنید که قطع نشده باشند. ولتاژ ورودی را چک کنید که صحیح باشد.
	محرک	چک کنید که تسمه ها پاره نشده باشند. پولی های شل را محکم کنید.
	روانکاری	چک کنید که گریس یاتاقان ها بیش از اندازه زیاد یا کم نباشد.
یاتاقان ها بیش از حد گرم شده اند	مکانیکی	یاتاقان های خراب را تعویض کنید. در صورتی که کشش تسمه بیش از اندازه است، آن را کم کنید. راستای یاتاقان را تنظیم کنید. چک کنید که محور دچار خمیدگی و تاب نشده باشد.

هواشوی (ایرواشر): پدیده سرمایش و رطوبت زدایی در یک جریان هوای مرطوب می تواند با استفاده از آب سردی که در تماس مستقیم با جریان هوا قرار می گیرد، به دست آید. بر همین اساس، آقای کریر برای اولین بار یک سیستم تهویه مطبوع از نوع اسپری (ایرواشر) را طراحی نمود.



در یک ایر واشرمعمولی، قطرات آب در تماس مستقیم با هوا قرار می گیرند و در نتیجه، تبادل حرارت و جرم (رطوبت) از هوا به قطرات آب انجام می شود. اگر دمای آب تغذیه کمتر از دمای نقطه شبنم هوای ورودی باشد، رطوبت از هوا به درون قطرات آب چگالیده شده و بدین ترتیب، رطوبت زدایی هوای تغذیه صورت می گیرد. آب سرد، به صورت مستقیم به داخل جریان هوای گرم و مرطوب که قبلاً فیلتر شده است، اسپری می شود. آب سرد اسپری شده، گرما را از هوا گرفته و زمانی که دمای آب کمتر از دمای نقطه شبنم هوای ورودی باشد، رطوبت هوا را چگالیده می نماید. نازل های پاشش آب می توانند طوری تنظیم شوند که در راستای جریان و یا در خلاف جهت جریان هوا قرار گیرند. همچنین، می توان از یک ماده ی پر کننده (بستر) برای افزایش سطح تماس آب با جریان هوای تغذیه، سود جست. بسته به سرعت هوا در سیستم و همچنین خصوصیات قطرات آب اسپری شده، ممکن است نیاز باشد از یک مه زدا در پایین دست سیستم استفاده شود. اسپری آب در آرایش ایرواشر، دارای قابلیت فیلتر کردن هوا با بازدهی 95 درصد برای ذرات بزرگتر از 5 میکرون می باشد.



در این روش، انتقال میکروب ها از هوا به داخل آب باشد، این سوال مطرح می شود که آیا مخزن آب ایرواشر می تواند یک منبع احتمالی برای آلاینده‌گی باشد یا خیر.

راهکارهای بسیاری وجود دارند که می توان از آن ها برای جلوگیری از تکثیر ریزاندامگان (میکرواورگانیزم ها) در سیستم تغذیه آب استفاده نمود. یکی از این راهکارها، استفاده از میکروب کش های شیمیایی سنتی مانند کلر است. روش دیگری که می توان برای این منظور به کار برد، استفاده از ازن محلول می باشد. ازن، یک میکروب کش قوی است که قادر است باکتری ها و ویروس ها را از بین برده و همچنین بسیاری از ترکیبات آلی و معدنی را اکسید نماید. ازن همچنین به عنوان ماده ضد رسوب عمل می کند. این ماده به دلیل خاصیت اکسید کنندگی قوی، امکان تصفیه جریان هوا به صورت غیر مستقیم با اسپری کردن آب تازه ضد عفونی شده با ازن به داخل جریان هوا (و نه ورود مستقیم ازن به صورت گاز به داخل هوا) را فراهم می سازد. غلظت ازن محلول در فاز مایع می تواند برای دست یابی به کنترل موثر میکروبی و در عین حال، حفظ غلظت این ماده در کمتر از حد آستانه مجاز، کنترل شود (حد آستانه مجاز یا TLV برای ازن، معادل 0.1ppm است).

سرمایش هوا: تماس مستقیم و غیر مستقیم

ایرواشر از توان کمتری نسبت به سیستم غیر مستقیم برای راه اندازی فن و پمپ استفاده می کند. توان فن به این دلیل نسبت به سیستم غیر مستقیم مشابه کمتر است که افت فشار سمت هوا در ایرواشر کمتر می باشد. توان پمپ برای هردو سیستم، مقدار جزیی است. هزینه اولیه سیستم ایرواشر می تواند نسبت به هزینه های کویل خنک کننده آب سرد، پایین تر باشد. ایرواشرها در اندازه های 500 cfm تا 300000 cfm (236 L/S تا 141570 L/S) قابل دسترس می باشند.

یکی از مزایای قابل توجه ایرواشرها، توانایی آنها در کنترل دما و رطوبت جریان هوا، بدون عواقب حرارتی می باشد. به علاوه، ایرواشرهای می توانند در ایجاد فیلتراسیون در سمت هوا نیز مفید واقع شوند. چالش موجود در ایرواشرها در حفظ و نگهداری یک سیستم آبی بازمی باشد که شامل مواردی مانند تصفیه آب (استفاده از میکروب کش ها، ایجاد رسوب، خوردگی و غیره) و فیلتراسیون سمت آب برای زدایش ذرات شسته شده از جریان هوا می گردد.

فن کویل و ساختمان آن: دستگاه پخش کننده حرارت است و از دو قسمت اصلی فن و کویل تشکیل شده، نام آن از ترکیب همین دو قطعه به دست آمده است.

فن: کار فن گرفتن هوای گرم شده و هوای تازه، عبور آن از روی کویل و به جریان انداختن هوا در محل است. فن فن کویل ها معمولاً از نوع سانتریفوژ (گریز از مرکز) هستند و هر فن کویل بسته به ظرفیت آن دارای یک و یا چند عدد فن است.

کویل: کویل مسی به طور مایل در محفظه دستگاه قرار می گیرد و بادزن در زیر کویل جاسازی شده است کویل که در زمستان معمولاً آب گرم و در تابستان آب سرد در داخل آن جریان می یابد وظیفه انتقال گرما از آب به هوا را به عهده دارد. بر روی لوله های کویل به منظور بیشتر شدن سطح تبادل حرارت پره هایی به نام فین نصب می کنند.

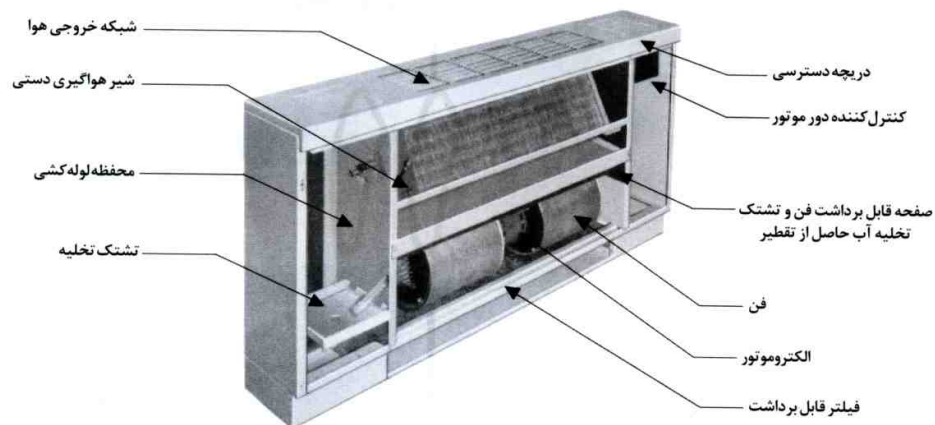
فیلتر: فیلتر فن کویل از نوع فیلتر خشک قابل شستشو است و کار آن تصفیه فیزیکی هوا است. جای صحیح نصب فیلتر در داخل فن کویل در محل ورود هوا به فن است. فن کویل هایی هم وجود دارد که فیلتر آنها بعد از فن در پشت کویل قرار داده شده که به نظر صحیح نیست چون قبل از آن که ذرات و مواد به فیلتر برسند به وسیله آن گرفته شود، در داخل پره های پروانه قرار می گیرد، در نتیجه ظرفیت هوادهی پروانه و قدرت حرارتی فن کویل را کم می کند، فن را از بالانس می اندازد، باعث ایجاد صدا و لرزش می شود.

کلید: کلید فن کویل از نوع سلکتوری و معمولاً چهار حالت است که به وسیله آن می توان موتور فن کویل را با سرعت مورد نظر مورد استفاده قرار داد.

طشتک: طشتک ویاسینی قطعه ای است که در زیر کویل نصب می گردد و کار آن جمع آوری آب هایی است که در زمان هواگیری کویل از آن خارج می گردد و همچنین بخار آب تقطیر شده بر روی کویل سرد در تابستان و هدایت آنها از طریق مجرای به لوله تخلیه از وظایف آن است.

کابینت: کابینت فن کویل محفظه‌ای است که قطعات فن کویل در داخل آن نصب می‌شوند. به عبارت دیگر پوششی است بر روی قطعات فن کویل و باید دارای شکل ظاهری و رنگ زیبایی باشد. در شکل زیر قسمت‌های مختلف یک فن کویل نشان داده شده است.

فن کویل به غیر از این دو بخش دارای اجزای دیگری مانند فیلتر هوا، کلید سه حالت دور موتور، تشتک تخلیه آب، لوله تخلیه و پوش خارجی نیز می‌باشد. فن کویل‌ها از نظر شکل ظاهری و محل نصب شامل انواع زمینی، سقفی، ایستاده، کانالی، دولوله ای و چهار لوله ای می‌شود.



تصویر اجزای فن کویل زمینی



انواع فن کویل از نظر مقدار هوادهی عبارتند از:

200، 300، 400، 600 و 800 CFM.

انواع فن کویل از نظر شکل ظاهری و محل نصب

فن کویل‌ها از نظر شکل ظاهری و محل نصب به صورت زیر تقسیم بندی می‌شوند:

1. فن کویل‌های زمینی روکار که خود به دو نوع خروجی هوا از بالا و خروجی هوا از جلو تقسیم می‌شوند. فن کویل‌های زمینی بالا زن یا روبرو زن که معمولاً در ظرفیت‌های 200 cfm تا 1000 cfm ساخته می‌شوند.

2. فن کویل های زمینی توکار که داخل فرورفتگی دیوار نصب می شوند فقط صفحه ی جلوی آن دیده می شود. این مدل فن کویل با خروجی هوا از جلو است.

3. فن کویل های سقفی که این مدل نیز دارای یک نوع روکار با کابینت و یک نوع توکار بدون کابینت است. فن کویل های سقفی که مکش آنها از زیر یا از پشت می باشد و معمولاً در ظرفیت های 200 cfm تا 1000 cfm ساخته می شوند. این فن کویل ها می توانند با کابینت یا بدون کابینت باشند.

4. فن کویل کانالی که این مدل قدرت هوادهی و حرارتی بالایی دارد و در جلوی دهانه ی خروجی هوا از آن، یک سیستم کانال کشی هوای رفت بعبیه شده که هوا را به قسمت های مختلف هدایت می کند. لازم به ذکر است که پیش بینی یک مسیر برگشت و هوا به قسمت مکش فن کویل الزامی است. فن کویل های کانالی که معمولاً در ظرفیت های 600 cfm تا 2000 cfm ساخته می شوند. این فن کویل ها به صورت کانالی سقفی توکار یا کانالی سقفی روکار با مکش از پشت و همچنین به صورت کانالی دیواری روکار ایستاده ساخته می شوند.

در داخل فن کویل ها علاوه بر کویل و فن قطعاتی از قبیل فیلتر، الکتروموتور، شیر فلکه و شیر هواگیری وجود دارد. معمولاً بدنه داخلی فن کویل ها از ورق گالوانیزه به ضخامت 1.25 میلی متر ساخته می شود. الکتروموتور فن کویل ها دارای سه سرعت کند، متوسط و تند می باشد که با انتخاب دور مناسب می توان ظرفیت آن را تنظیم کرد.



Ceiling Horizontal Exposed Model, HE



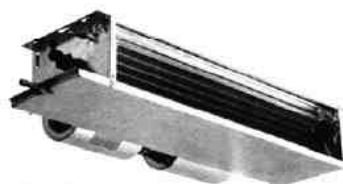
Top Discharge Exposed Unit, TE



Ceiling Horizontal Concealed Model, HC



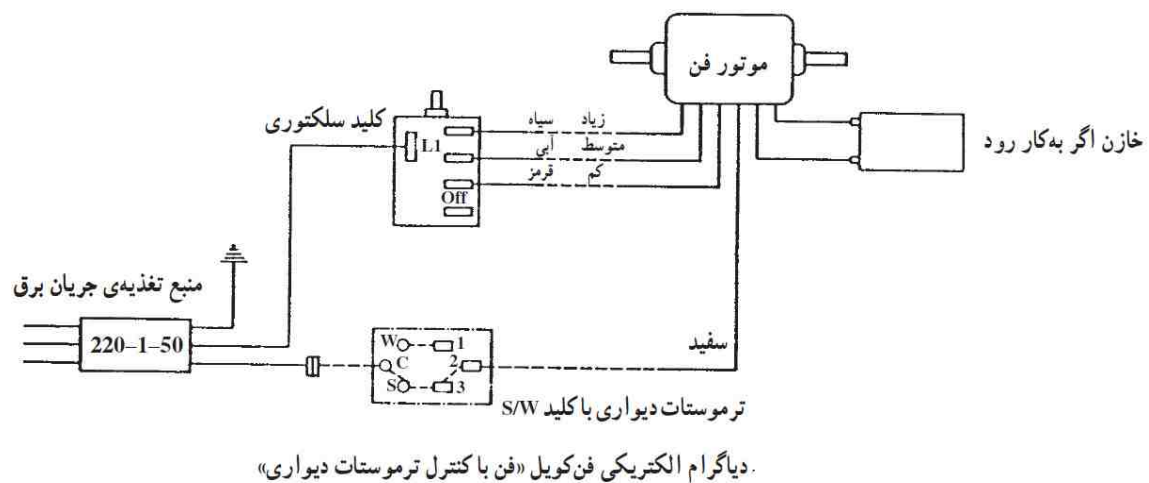
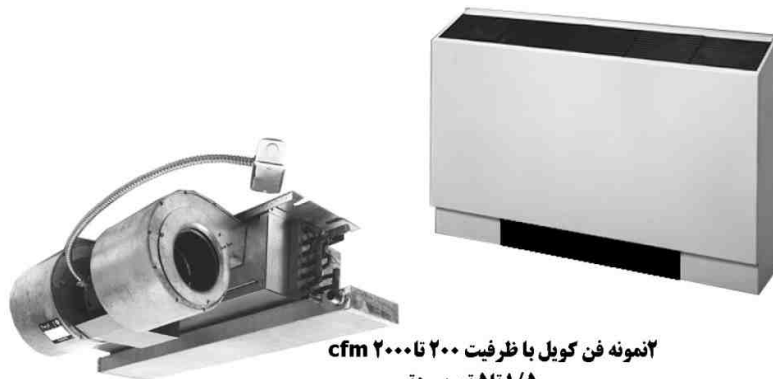
Top Discharge Exposed Unit, SE

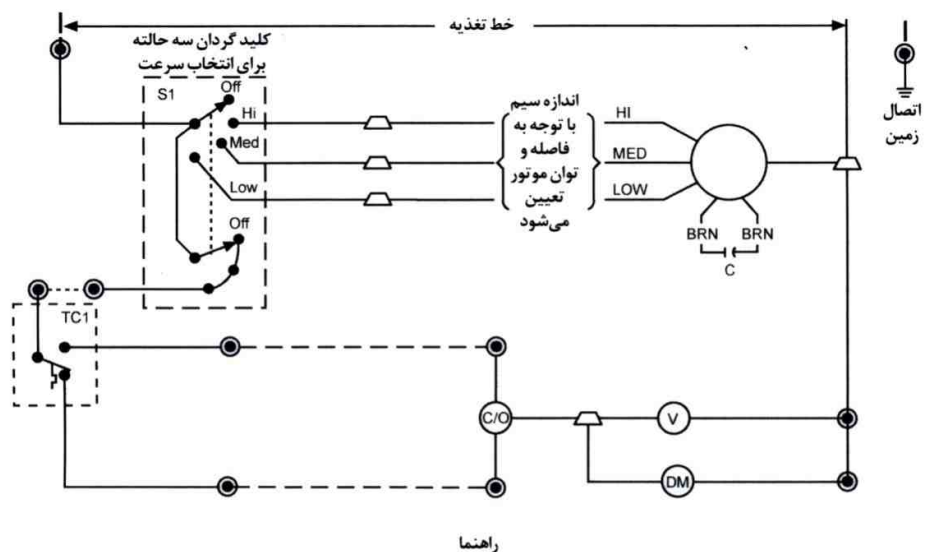


Optional HC Model



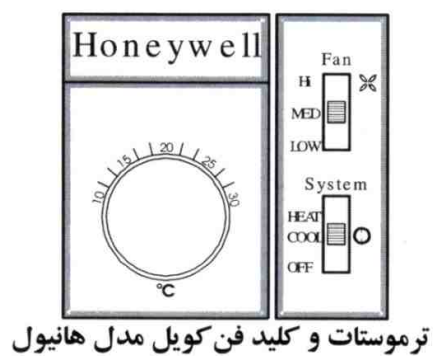
Lo-Boy, TB





CLG سرمایش	R1 رله	C/O کلید دو حالت دستی - اتوماتیک
HTG گرمایش	S1 کلید انتخاب سرعت	DM دمپر موتوری
C خازن	TC1 ترموستات	
MTR موتور	V شیر	

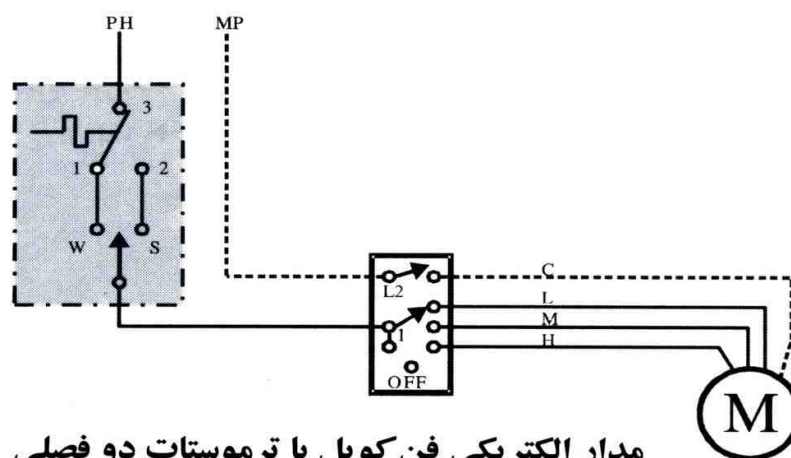
تصویر مدار کنترل فن کوئل مجهز به شیر کنترل و دمپر اتوماتیک.



ترموستات و کلید فن کوئل مدل هانیول

ترموستات دیواری فن کوئل





مدار الکتریکی فن کویل با ترموستات دو فصلی



انتخاب فن کویل از کاتالوگ

برای انتخاب فن کویل که یک واحد تهویه مطبوع انفرادی است به مشخصات زیر نیاز داریم:

1- دبی هوای مورد نیاز جهت حمل بار حرارتی اتاق (سرمایی و گرمایی) [CFM]

2- بار حرارتی کل گرمایی و سرمایی اتاق [Btu/hr]

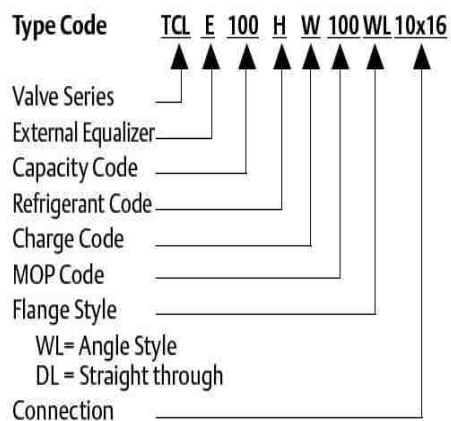
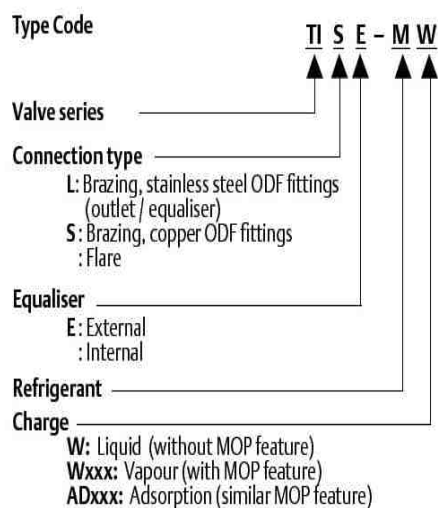
3- فشار استاتیک بادن هوا ساز [in.wg]



شیرانبساط حرارتی اسپورلان



چند نمونه شیر انبساط حرارتی الکو همراه گدشناسایی آنها



چند نمونه شیر انبساط حرارتی الکو همراه کدشناسایی آنها

Type Code ZZC E 1 1/2 H W 35 WL 10x16

Valve Series
External Equalizer
Capacity Code
Refrigerant Code
Charge Code
MOP Code
Flange Style
WL=Angle Style
DL=Straight through
Connection



ZZCE

XC726 H W 35 - 2 B

Power Assembly
Refrigerant Code
Charge Code
MOP Code
Capillary Tube Length
External Equalization

Type Code

935 - 7 - B WL 10x16

Valve Series
Temperature Code
Capacity Code
Flange Style
WL=Angle Style
DL=Straight through
Connection Size



935

Type Code

XB1019 YL - 2A

Power Assembly
Charge Code
Capillary Tube Length (3m)

Type Code

XB1019 CL - 2 B

Power Assembly
Charge Code
Capillary Tube Length (3 m)
External Equalization



LCLE

Type Code

LCL E 4 CL WL 10x16

Valve Series
External Equalizer
Capacity Code
Charge Code
Flange Style
WL=Angle Style
DL=Straight through
Connection



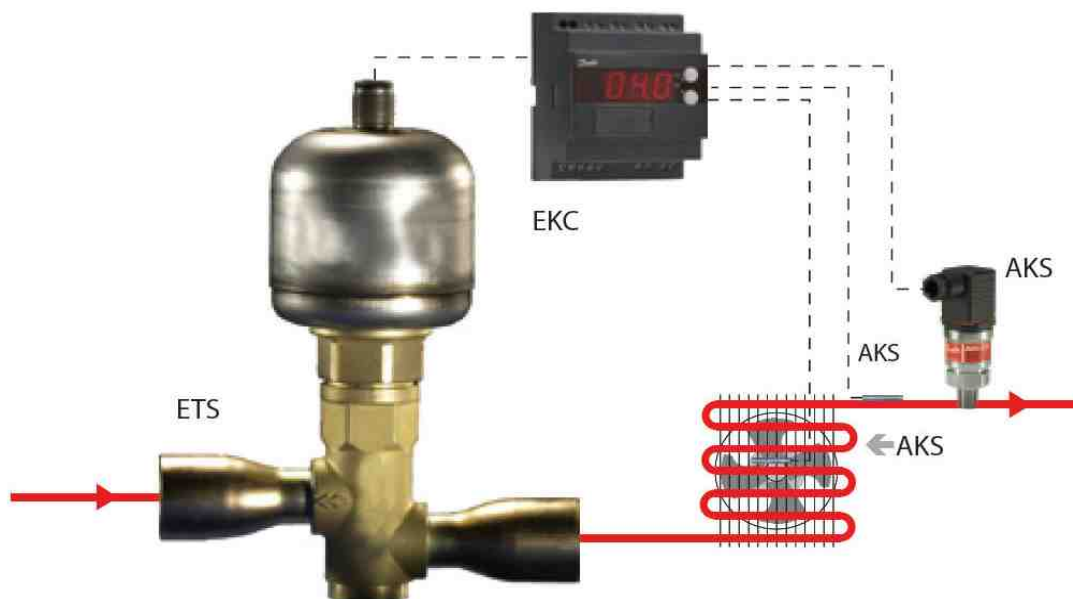
TX3



TX6

شیر انبساط الکترونیکی (E.E.V)

این نوع شیر انبساط با عملکرد الکتریکی جهت تزریق میزان دقیق مایع مبرد در اواپراتورهایی که در سیستم های تبرید و تهویه مطبوع بکار می رود، استفاده می گردد. این نوع شیر جهت قطع مسیر سیال دارای یک سیم پیچ الکترومغناطیسی است که هسته این سیم پیچ با برق دار شدن تحریک می شود و باعث کنترل مایع ورودی به اواپراتور می گردد.



**Electrically operated expansion valves,
type ETS 25 and ETS 12½**





چند نمونه شیر انبساط الکترونیکی الکو



شیر انبساط با عملکرد الکتریکی مدل ETS

Electrically operated expansion valves type ETS

نوعی سوپاپ یا شیرکاهش فشار که در دستگاه برودتی تراکمی قبل از اواپراتور قرار می گیرد این شیر انبساط امکان تبخیر بهتر و سریعتر مبرد رادر اواپراتور فراهم می آورد.

Danfoss



Electrically operated expansion valves Type ETS

Precision and reliability

Cable connectors
on request.

Precise positioning for optimal
control of liquid injection.

ETS 50 and 100 have bi-metal
connections providing "waterless
brazing", improved process and
productivity. ETS 250 - 400 have pure
copper connections.

ETS 50 and 100 are designed for
HFC/HCFC conditions including R410A,
providing 45.5 bar (659.9 psig) working
pressure.

ETS 250 and 400 are designed for
HFC/HCFC conditions, providing 34 bar
(448 psig) working pressure.

Balanced design providing bi-flow
operation as well as solenoid tight shut-
off function in both flow directions at
MOPD 33 bar (478.6 psig).

For manual operation and service of
ETS valves an AST-g service driver is
available.

ETS 250 and 400 are both designed
with a built-in sight glass.
A built-in sight glass is optional for
ETS 50 and 100.



Technical data

Parameter	ETS 50B / ETS 100B
Compatibility	HFC, HCFC
CE marking	Yes
MOPD	33 bar (448.6 psi)
Max. working pressure (PS/MWP) ETS 50 / 100	45.5 bar (659.9 psig)
Max. working pressure (PS/MWP) ETS 250 / 400	34 bar (493 psi)
Refrigerant temperature range	-40°C to 10°C (-40°F to 50°F)
Ambient temperature	-40°C to 60°C (-40°F to 140°F)
Total stroke ETS 50 / 100	13 mm / 16 mm (0.5 in. / 0.6 in.)
Total stroke ETS 250 / 400	17.2 mm
Motor enclosure	IP67

معرفی :

این نوع شیر انبساط (ETS) با عملکرد الکتریکی جهت تزریق میزان دقیق مایع مبرد در اواپراتورهایی که در سیستم های تبرید و تهویه مطبوع بکار می رود، استفاده می گردد. ساختار و طرح خاص صفحه سوپاپ آن به صورت مستقیم و خطی باعث می شود که جریان ورودی به صورت کاملاً متعادل برقرار گردد. این نوع شیر جهت قطع مسیر سیال دارای یک سیم پیچ الکترومغناطیسی است که هسته این سیم پیچ در واقع قطعه آب بند کننده شیر است که با برق دار شدن سیم پیچ تحریک می شود و باعث بستن کاملاً مطمئن مسیر مایع می گردد شیر انبساط نوع (ETS) باید از یک قطعه محرک الکتریکی بر حسب آمپر و ولت مشخص به عنوان واسطه راه انداز استفاده گردد. از این نوع واسطه های راه انداز الکتریکی مطلوب و مناسب می توان به نوع EKC316 دانفوس جهت استفاده اشاره کرد.

ویژگیهای کاربردی شیر انبساط نوع ETS :

شیرهای انبساط نوع ETS 50-100 در دستگاههای تهویه مطبوعی با مبردهای HFC/HCFC از جمله R-410A با فشار 660 Psig (45.5 bar) می تواند کار کند. شیرهای انبساط نوع ETS 250-400 با مبردهای ترکیبی HFC/HCFC با فشار 493 Psig (34 bar) می تواند کار کند. طرح متعادل و هماهنگ با کارکرد دوطرفه جریان شیر به صورت الکتریکی همراه با 33bar (478.6) Psig MOPD باعث ایجاد ویژگی خاصی در عملکرد شیر انبساط نوع ETS شده است. شیرهای انبساط نوع ETS250 و ETS400 مجهز به یک شیشه رویت مبرد در درون شیر می باشد که می تواند در شیرهای انبساط نوع 100 و ETS50 نیز وجود داشته باشد.

مشخصات فنی شیر انبساط ETS زاویه ای :

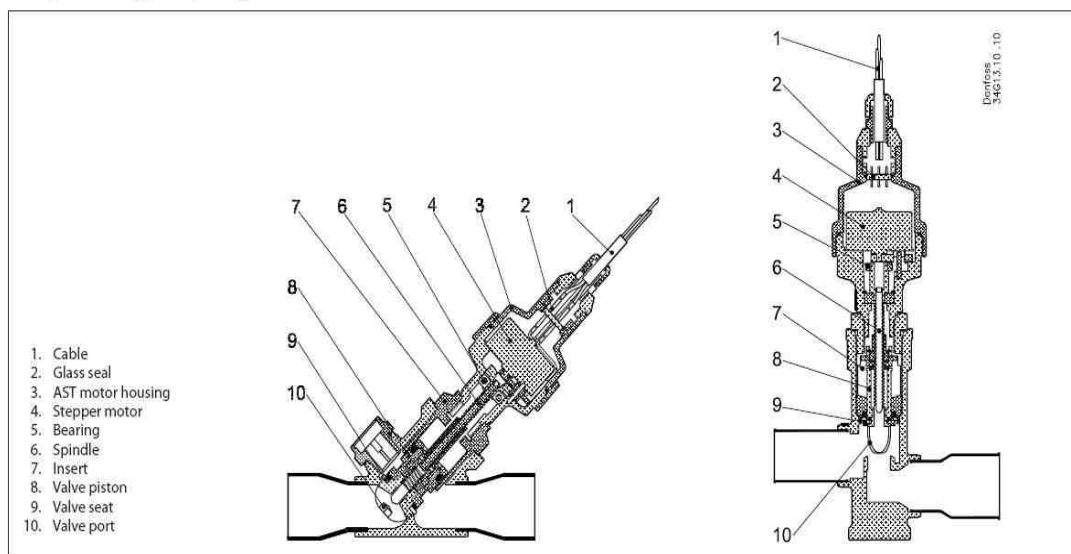
مشخصات	ETS 100B /ETS50B
مبرد سازگار	HFC / HCFC
حداکثر فشار عبوری از روزنه شیر (MOPD)	33 بار معادل 478.6 psi
حداکثر فشار کاری	45.5 بار معادل 659.9 Psi
محدوده دمای مبرد در حین کار شیر انبساط	10°c تا -40°c
دمای محیط متناسب با کارکرد شیر	60°c تا -40°c
میزان باز شده گی کامل مخروطی شیر	13mm/16mm

مشخصات فنی شیر انبساط ETS خطی :

مشخصات	ETS 400 /ETS 250
مبرد سازگار	HFC / HCFC
حداکثر فشار عبوری از روزنه شیر (MOPD)	33 بار معادل 478.6 Psi
حداکثر فشار کاری	34 بار معادل 493 Psi
محدوده دمای مبرد در حین کار شیر انبساط	10°c تا -40°c
دمای محیط متناسب با کارکرد شیر	60°c تا -40°c
میزان باز شده گی کامل مخروطی شیر	17.2mm

Design

Valve / Actuator type ETS / AST-g



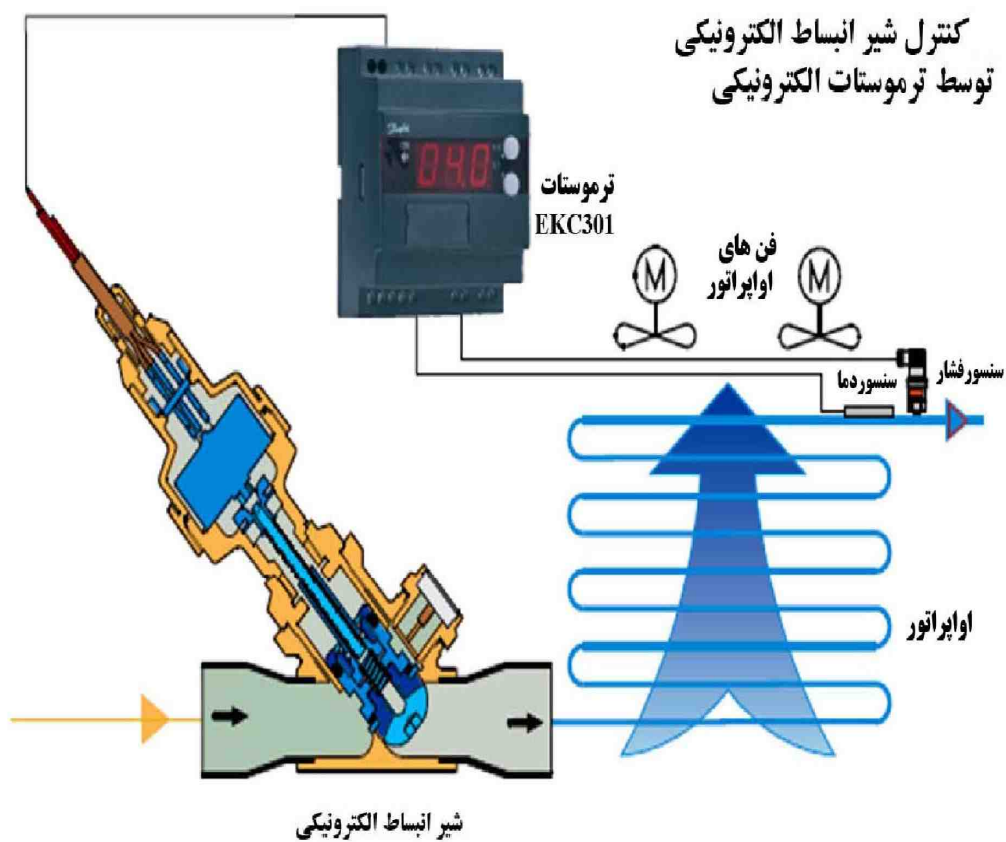
معرفی اجزاء داخلی شیر نوع AST-g ETS

مشخصات الکتریکی	ETS 50 - 400
نوع موتور چند مرحله ای (گامی)	دو قطب با مغناطیس دائم
مقاومت سیم پیچ موتور	52 اهم با خطای 10%
القاء سیم پیچ	85 میلی هانری
ظرفیت تحمل جریان	مقدار تحمل جریان تا 100٪ جریان عبوری می باشد
زاویه گام طی شده موتور	طول زاویه نسبت دنده های محور موتور به همدیگر: 1 به 8.5 زاویه گام موتور درجه $7/5^\circ$ زاویه خط پیچ 0.9°
ولتاژ نامی	12 VDC معادل 150 گام طی شده در 1 ثانیه می باشد.
مقدار جریان در فاز	100 میلی آمپر
حداکثر توان کاری	بین وات 1.3w تا 5.5w وات می باشد.
ارتفاع بلند شدگی موتور از دهانه عبوری سیال	ETS50 :13mm ETS100 :16mm ETS250-400 17.2mm
محل استقرار مخروطی شیر در دهانه عبور سیال	حرکت خطی سریع مخروطی به سمت دهانه عبوری سیال که باعث بسته شدن کامل شیر می گردد.
اتصالات الکتریکی الحاقی	2 متر کابل 4 رشته 0.5

ترتیب سیمهای موتور گام (چند مرحله ای) جهت باز و بستن شیر

ترتیب گام از پایین به بالا جهت بستن شیر از مرحله 1-4-3-2-1	سیم پیچ 1		سیم پیچ 2	
	قرمز	سبز	سفید	سیاه
1	+	-	+	-
2	+	-	-	+
3	-	+	-	+
4	-	+	+	-
1	+	-	+	-

چگونگی عملکرد شیر انبساط :



وظیفه شیرانبساط ETS متعادل سازی و تنظیم مایع مبرده سمت اوپراتور می باشد. این عمل توسط موتور گامی (چند مرحله ای) با عملکرد الکتریکی که نیروی محرکه آن از قطعه محرک ولتاژ (درون کنترلر) می باشد انجام می گیرد. موتور از دو مجموعه جدا از هم با سیم پیچهای ساکن که هر کدام از آنها جهت چرخش موتور را مشخص می کنند راه کار می اندازد. موتور گامی در موقعیت استقرار مخروطی دهانه عبوری سیال قرار می گیرد. جهت چرخش سیم پیچهای ساکن (استاتور) بستگی به رابطه فازی نیروی محرکه ناشی از کنترلر با سیم پیچ موتور دارد و افزایش تعداد دورها باعث افزایش زمان طی شده گام (مرحله) موتور می شود. موتور AST باعث راه اندازی محور موتور می گردد و حرکت چرخشی موتور AST با استقرار در دهانه عبوری سیال به حرکت خطی و مستقیم محور تبدیل می شود. به محفظه موتور AST کابل مخصوص و استاندارد 4 رشته (0.5 mm) به طول 2 متر که دارای پوشش آب بند شیشه ای می باشد، متصل گردیده است. طول کابل متناسب با در نظر گرفتن مجموعه در پوش و حفره ورودی کابل مقدار ثابت و مشخصی می باشد. مخروطی شیر دارای ظاهر V شکل خاص می باشد که باعث ایجاد بهترین کیفیت عملکرد شیر انبساط در قسمت بار سیستم و همچنین باعث ایجاد حداکثر ظرفیت شیر انبساطی با مقاومت و اصطکاک صفر در کارکرد شیر انبساط می گردد. ظرفیت شیر انبساط بر اساس میزان سیال مبرد و عبوری به داخل اوپراتور تعیین می گردد بر حسب کیلو وات یا بی تی یو بر ساعت و یا تن تبرید سنجیده می شود.

عملکرد مخروطی شیر:

دهانه عبوری سیال مبرد دارای طرح مخروطی می باشد که باعث ایجاد تعادل جریان سیال و ایجاد حداکثر ظرفیت شیر انبساطی در طرفین ورودی و خروجی سیال می گردد. عمل قطع مسیر ورودی سیال به اوپراتور با ایجاد وقفه و قطع سریع (عملکرد الکتریکی) مخروطی شیر در دهانه عبوری سیال صورت می گیرد و هنگامی که دکمه ریست (تنظیم مجدد) کنترلر را فعال سازیم باعث قطع مکانیکی شیر و بستن مسیر عبوری سیال می گردد. گامهای طی شده موتور جهت قطع مسیر سیال به ترتیب از مرحله شماره 1 ← 4 ← 3 ← 2 ← 1 می باشد.

جهت راه اندازی شیرهای انبساط ETS نیاز به وجود کنترلر الکتریکی مجهز به قطعه محرک ولتاژ الکتریکی 12vdc به توان 5.5 وات و قطعه محرک قطع شیر الکتریکی 100 میلی آمپر در فاز سینوسی RMS می باشد. عواملی مانند طول واقعی کابل و طول خروجی کابل از مجموعه ترمینال برق موتو و درپوش و مدار محرک ولتاژ باعث ایجاد شکست و تداخل جریان به موتور راه انداز شیر انبساط می گردد به همین دلیل محدودیتهای در طول کابل بین موتور شیر و محرک ولتاژ وجود دارد معمولاً طول کابل کنترلرهای دانفوس نوع EKC312/316 حداکثر 5 متر و این طول برای نوع EKD316 50 می باشد جهت افزایش طول کابل کنترلرهای فوق الذکر می توان از یک فیلتر 10 میلی هانری نوع 211AKA که قابلیت نصب بر روی یک ترمینال برق 4 کانال را دارد، استفاده کرد

ضرب تصحیح:

میزان ضرب تصحیح در فرآیند مادون سرد بر حسب کلون جهت محاسبه ظرفیت اوپراتور در حال کار باید مقداری صحیح و متناسب با نوع شیر انبساط باشد. در صورتی که تغییرات دمای اوپراتور در فرآیند مادون سرد از مقدار 4 کلون معادل 7.2f° فارانهایت تجاوز کند ظرفیت صحیح کارکرد اوپراتور از بسط تقسیم ظرفیت واحد تبخیر کننده بر ضرب تصحیح از جدول زیر بدست می آید.

Correction factor	Δt_{sub}									
	4 K	10 K	15 K	20 K	25 K	30 K	35 K	40 K	45 K	50 K
	7.2°F	18°F	27°F	36°F	45°F	54°F	63°F	72°F	81°F	90°F
R22	1,00	1,06	1,11	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,44
R410A	1,00	1,08	1,15	1,21	1,27	1,33	1,39	1,45	1,50	1,56
R407C	1,00	1,08	1,14	1,21	1,27	1,33	1,39	1,45	1,51	1,57
R134a	1,00	1,08	1,13	1,19	1,25	1,31	1,37	1,42	1,48	1,54
R404A / R507	1,00	1,10	1,20	1,29	1,37	1,46	1,54	1,63	1,70	1,78

Range -40°C to +10°C

SI units

	t _s [°C]	Rated capacity [kW]															
		ETS 50B								ETS 100B							
		Pressure drop Δp [bar]															
		2	4	6	8	10	12	14	16	2	4	6	8	10	12	14	16
R410A	-40	173,7	224,6	255,1	275,5	289,5	299,2	305,7	309,6	323,5	418,1	475,0	512,9	539,1	557,2	569,2	576,4
	-30	169,3	220,8	252,3	273,5	288,3	298,6	305,7	310,1	315,2	411,2	469,7	509,2	536,8	556,1	569,2	577,5
	-20	163,3	214,9	246,8	268,6	284,1	295,0	302,5	307,4	304,0	400,1	459,6	500,2	528,9	549,2	563,3	572,4
	-10	155,9	206,8	238,8	260,9	276,6	287,9	295,8	301,0	290,3	385,0	444,6	485,7	515,1	536,1	550,8	560,5
	-5	151,7	202,0	233,7	255,8	271,6	283,0	291,0	296,4	282,5	376,0	435,2	476,3	505,8	527,0	541,9	551,8
	10	137,5	184,5	214,8	236,1	251,5	262,7	270,6	275,8	256,0	343,5	399,9	439,6	468,3	489,1	503,8	513,6
R407C	-40	158,5	199,3	222,0	235,6	243,8	248,1	249,7	249,1	295,1	371,2	413,3	438,7	453,9	462,0	464,9	463,8
	-30	157,6	200,3	224,4	239,3	248,5	253,7	256,1	256,2	293,5	373,0	417,8	445,5	462,6	472,5	476,9	477,1
	-20	155,3	199,5	224,9	241,0	251,2	257,3	260,5	261,3	289,2	371,5	418,8	448,7	467,7	479,2	485,1	486,6
	-10	151,7	196,8	223,3	240,4	251,5	258,5	262,5	263,9	282,4	366,4	415,9	447,6	468,4	481,4	488,7	491,4
	-5	149,4	194,7	221,7	239,2	250,8	258,1	262,4	264,2	278,1	362,6	412,8	445,4	466,9	480,6	488,6	491,9
	10	140,7	185,7	213,2	231,6	244,0	252,3	257,4	259,9	261,9	345,7	397,0	431,2	454,4	469,8	479,2	483,9
R22	-40	151,5	193,5	218,1	234,2	245,1	252,2	256,6	258,8	282,1	360,2	406,2	436,2	456,3	469,6	477,7	481,9
	-30	149,9	193,2	218,9	236,0	247,6	255,4	260,4	263,1	279,1	359,7	407,6	439,4	460,9	475,5	484,8	489,9
	-20	147,1	191,3	218,0	235,9	248,2	256,6	262,2	265,5	273,9	356,2	405,9	439,2	462,1	477,9	488,2	494,3
	-10	143,2	187,8	215,2	233,8	246,7	255,7	261,8	265,6	266,6	349,7	400,8	435,3	459,4	476,2	487,5	494,5
	-5	140,8	185,5	213,1	231,9	245,1	254,4	260,7	264,6	262,3	345,4	396,8	431,8	456,4	473,7	485,4	492,8
	10	132,4	176,2	203,9	223,0	236,7	246,5	253,2	257,6	246,5	328,1	379,6	415,3	440,8	458,9	471,5	479,7
R134a	-40	133,1	161,8	175,4	181,6	183,4	182,1	178,6	173,3	247,8	301,3	326,6	338,2	341,5	339,1	332,5	322,6
	-30	133,9	164,7	179,7	187,1	189,9	189,5	186,7	182,1	249,3	306,6	334,6	348,5	353,6	352,8	347,6	339,0
	-20	133,4	166,1	182,6	191,2	195,0	195,4	193,4	189,5	248,4	309,2	340,0	356,0	363,1	363,9	360,1	352,8
	-10	131,7	165,9	183,7	193,5	198,3	199,6	198,3	195,1	245,2	308,8	342,1	360,3	369,2	371,6	369,3	363,3
	-5	130,3	165,1	183,6	193,9	199,2	200,9	200,0	197,1	242,6	307,4	341,9	361,1	370,8	374,1	372,4	367,0
	10	124,5	160,3	180,2	191,9	198,3	201,2	201,3	199,3	231,8	298,5	335,5	357,2	369,3	374,6	374,8	371,1
R404a	-40	119,8	148,6	162,8	169,8	172,3	171,9	169,2	164,7	223,0	276,6	303,1	316,1	320,9	320,0	315,0	306,7
	-30	118,0	148,2	163,7	171,7	175,2	175,6	173,6	169,8	219,7	276,0	304,7	319,7	326,2	326,9	323,2	316,1
	-20	115,0	146,1	162,6	171,6	176,0	177,1	175,7	172,5	214,0	272,1	302,8	319,6	327,6	329,7	327,2	321,3
	-10	110,8	142,3	159,5	169,3	174,4	176,1	175,4	172,7	206,3	265,0	297,1	315,2	324,6	327,9	326,6	321,5
	-5	108,3	139,8	157,2	167,3	172,6	174,6	174,1	171,7	201,7	260,3	292,7	311,4	321,4	325,1	324,2	319,7
	10	99,4	129,7	147,1	157,5	163,3	165,8	165,8	163,7	185,0	241,6	273,9	293,2	304,0	308,7	308,6	304,8

Range -40°C to +10°C

SI units

	t _e [°C]	Rated capacity [kW]															
		ETS 250								ETS 400							
		Pressure drop Δp [bar]															
		2	4	6	8	10	12	14	16	2	4	6	8	10	12	14	16
R407C	-40	811	1017	1129	1195	1232	1249	1252	1244	1294	1622	1801	1905	1964	1992	1997	1984
	-30	806	1022	1141	1213	1255	1277	1284	1280	1286	1629	1820	1934	2002	2037	2049	2041
	-20	794	1017	1143	1220	1268	1295	1306	1305	1266	1621	1823	1947	2023	2065	2083	2082
	-10	774	1002	1133	1216	1269	1300	1315	1317	1235	1598	1808	1940	2024	2073	2097	2101
	-5	762	990	1124	1209	1264	1297	1314	1318	1215	1580	1793	1929	2016	2068	2095	2102
	10	715	941	1078	1167	1226	1264	1285	1293	1141	1502	1719	1862	1956	2016	2049	2062
R22	-40	779	995	1122	1205	1261	1297	1320	1331	1243	1587	1790	1922	2011	2069	2105	2123
	-30	771	994	1126	1214	1273	1314	1339	1353	1230	1585	1796	1936	2031	2095	2136	2159
	-20	757	984	1121	1213	1277	1320	1349	1366	1207	1569	1789	1935	2036	2106	2151	2178
	-10	737	966	1107	1202	1269	1315	1347	1366	1175	1541	1766	1918	2024	2098	2148	2179
	-5	724	954	1096	1193	1261	1309	1341	1361	1156	1522	1748	1903	2011	2087	2139	2171
	10	681	906	1049	1147	1218	1268	1303	1325	1086	1446	1673	1830	1942	2022	2078	2114
R134a	-40	684	832	902	934	943	937	919	891	1092	1328	1439	1490	1505	1494	1465	1422
	-30	688	847	924	963	977	975	960	937	1098	1351	1474	1535	1558	1555	1532	1494
	-20	686	854	939	983	1003	1005	995	975	1094	1362	1498	1569	1600	1603	1587	1555
	-10	677	853	945	995	1020	1027	1020	1003	1080	1360	1507	1587	1627	1637	1627	1600
	-5	670	849	944	997	1024	1033	1029	1014	1069	1354	1506	1591	1634	1648	1641	1617
	10	640	824	927	987	1020	1035	1035	1025	1021	1315	1478	1574	1627	1650	1651	1635
R404a	-40	615	763	836	871	884	881	867	844	981	1217	1333	1390	1410	1406	1383	1346
	-30	606	761	840	881	899	900	890	870	967	1214	1340	1406	1434	1436	1419	1387
	-20	591	750	835	881	903	908	901	884	942	1197	1332	1405	1440	1448	1437	1410
	-10	569	731	819	869	894	903	899	884	908	1166	1306	1386	1426	1440	1433	1411
	-5	556	718	807	858	885	895	892	879	887	1145	1287	1369	1412	1428	1423	1402
	10	510	666	755	807	837	849	849	838	814	1062	1204	1288	1335	1355	1354	1336

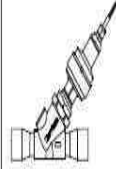
Range -40°F to +50°F

US units

	t _e [°F]	Rated capacity [TR]															
		ETS 50B								ETS 100B							
		Pressure drop Δp [psig]															
		40	60	80	100	125	150	175	200	40	60	80	100	125	150	175	200
R410A	-40	55,9	64,6	70,8	75,4	79,7	82,9	85,2	86,8	104,2	120,3	131,8	140,4	148,5	154,4	158,6	161,6
	-20	54,6	63,4	69,8	74,6	79,1	82,5	85,0	86,7	101,6	118,0	129,9	138,9	147,4	153,6	158,2	161,5
	0	52,6	61,4	67,9	72,8	77,5	81,0	83,6	85,5	97,8	114,3	126,4	135,6	144,3	150,9	155,7	159,2
	20	49,9	58,7	65,1	70,1	74,8	78,4	81,1	83,1	93,0	109,2	121,2	130,4	139,3	146,0	151,0	154,6
	40	46,8	55,2	61,4	66,3	71,0	74,6	77,2	79,2	87,1	102,7	114,4	123,5	132,2	138,8	143,8	147,5
	50	45,0	53,2	59,3	64,1	68,7	72,2	74,8	76,8	83,8	99,0	110,4	119,3	127,8	134,4	139,3	142,9
R407C	-40	50,4	57,3	61,9	65,1	67,9	69,6	70,6	71,0	93,9	106,6	115,2	121,2	126,4	129,6	131,5	132,2
	-20	50,4	57,6	62,5	66,0	69,1	71,1	72,4	73,0	93,8	107,2	116,4	122,9	128,7	132,4	134,7	135,9
	0	49,7	57,2	62,5	66,3	69,6	71,9	73,4	74,2	92,6	106,6	116,3	123,4	129,6	133,9	136,6	138,2
	20	48,5	56,2	61,7	65,7	69,3	71,8	73,5	74,6	90,4	104,7	114,9	122,3	129,1	133,8	136,9	138,8
	40	46,8	54,6	60,1	64,3	68,1	70,8	72,7	73,9	87,1	101,6	111,9	119,7	126,8	131,8	135,3	137,5
	50	45,7	53,5	59,0	63,2	67,1	69,9	71,8	73,1	85,2	99,5	109,9	117,7	125,0	130,1	133,7	136,1
R22	-40	48,5	55,6	60,6	64,3	67,7	70,1	71,8	72,9	90,3	103,6	112,9	119,8	126,1	130,5	133,7	135,7
	-20	48,1	55,5	60,8	64,7	68,3	70,9	72,8	74,0	89,6	103,4	113,1	120,4	127,2	132,0	135,5	137,8
	0	47,3	54,9	60,3	64,4	68,2	71,0	73,1	74,5	88,1	102,2	112,3	119,9	127,1	132,3	136,0	138,7
	20	46,0	53,6	59,2	63,5	67,5	70,4	72,6	74,1	85,6	99,9	110,3	118,1	125,6	131,1	135,1	138,0
	40	44,2	51,9	57,5	61,8	65,9	68,9	71,2	72,9	82,3	96,6	107,0	115,0	122,7	128,4	132,6	135,7
	50	43,2	50,8	56,4	60,7	64,8	67,9	70,2	71,9	80,4	94,5	104,9	112,9	120,6	126,4	130,7	133,8
R134a	-40	41,8	46,4	49,2	50,9	51,9	52,2	51,8	50,9	77,7	86,4	91,6	94,7	96,7	97,1	96,4	94,8
	-20	42,3	47,3	50,4	52,4	53,8	54,2	54,1	53,4	78,7	88,1	93,9	97,6	100,1	101,0	100,7	99,5
	0	42,3	47,7	51,1	53,4	55,1	55,8	55,9	55,5	78,7	88,8	95,2	99,4	102,5	103,9	104,1	103,3
	20	41,8	47,5	51,3	53,8	55,7	56,7	57,0	56,8	77,8	88,5	95,4	100,1	103,7	105,6	106,2	105,8
	40	40,8	46,7	50,7	53,4	55,6	56,9	57,4	57,4	75,9	87,0	94,4	99,5	103,6	105,9	106,9	106,8
	50	40,1	46,1	50,1	53,0	55,3	56,6	57,2	57,3	74,6	85,8	93,4	98,6	102,9	105,4	106,6	106,7
R404a	-40	37,9	42,6	45,6	47,4	48,6	49,0	48,9	48,2	70,6	79,4	84,8	88,2	90,5	91,3	91,0	89,8
	-20	37,5	42,5	45,7	47,8	49,3	50,0	50,0	49,6	69,9	79,2	85,1	89,0	91,8	93,0	93,1	92,3
	0	36,6	41,8	45,2	47,5	49,2	50,1	50,4	50,1	68,1	77,8	84,2	88,4	91,7	93,3	93,8	93,3
	20	35,2	40,5	44,0	46,4	48,4	49,4	49,8	49,7	65,5	75,3	81,9	86,4	90,1	92,0	92,8	92,6
	40	33,3	38,5	42,1	44,6	46,6	47,8	48,3	48,3	62,0	71,7	78,4	83,0	86,8	89,0	90,0	89,9
	50	32,2	37,3	40,9	43,4	45,4	46,6	47,2	47,2	59,9	69,5	76,1	80,7	84,6	86,8	87,8	87,8

Range -40°F to +50°F

US units

	t _e [°F]	Rated capacity [TR]															
		ETS 250								ETS 400							
		Pressure drop Δp [psig]															
		40	60	80	100	125	150	175	200	40	60	80	100	125	150	175	200
R407C	-40	258	292	315	331	344	351	355	356	411	466	502	527	548	561	567	568
	-20	257	293	318	335	350	359	364	366	410	468	507	535	558	573	581	584
	0	254	292	317	336	352	363	369	372	405	465	506	536	562	579	589	594
	20	247	286	313	333	350	362	369	374	395	456	499	531	559	577	589	596
	40	238	277	305	325	343	356	364	369	380	442	486	518	548	568	581	589
	50	232	271	299	319	338	351	360	365	371	432	476	509	539	560	574	582
R22	-40	250	286	312	331	348	361	369	375	398	456	497	528	556	575	589	598
	-20	248	286	313	333	351	365	374	381	395	455	499	531	560	582	597	607
	0	243	282	310	331	351	365	376	383	388	450	495	528	560	583	599	611
	20	236	276	305	326	347	362	373	381	377	440	486	521	553	578	595	608
	40	227	267	296	318	339	355	366	375	363	425	471	507	540	566	584	598
	50	222	261	290	312	333	349	361	370	354	416	462	498	531	557	576	590
R134a	-40	215	239	253	262	267	268	266	262	342	381	404	417	426	428	425	418
	-20	217	243	259	269	276	279	278	275	347	388	414	430	441	445	444	439
	0	217	245	263	275	283	287	288	285	347	391	420	438	452	458	459	455
	20	215	244	264	276	286	292	293	292	343	390	420	441	457	465	468	466
	40	210	240	261	275	286	292	295	295	334	383	416	438	456	466	471	470
	50	206	237	258	272	284	291	294	295	329	378	411	434	453	464	469	470
R404a	-40	195	219	234	243	249	252	251	247	311	349	373	388	398	401	400	394
	-20	193	218	235	245	253	256	256	254	307	348	374	391	403	409	409	405
	0	188	215	232	244	253	257	258	257	300	342	370	389	403	410	412	410
	20	181	208	226	238	248	253	256	255	288	331	360	380	396	404	408	406
	40	171	198	216	229	239	245	248	247	273	315	344	365	381	391	395	395
	50	165	192	210	222	233	239	242	242	263	306	334	355	371	381	385	385

روش انتخاب برج با استفاده از نمودار انتخاب

داده های لازم جهت محاسبه چیلرهای تراکمی

L = دبی آب در حال گذر از برج 1000 GPM

T_h = دمای آب گرم ورودی به برج $35^{\circ}\text{C}=95^{\circ}\text{F}$

T_c = دمای آب سرد خروجی از برج $29.4^{\circ}\text{C}=85^{\circ}\text{F}$

T_w = دمای مرطوب محیط $23.9^{\circ}\text{C}=75^{\circ}\text{F}$

محاسبات برج **AGB=300** از شرکت آبشار

A: اختلاف دمای خروجی و دمای مرطوب هوا

$T_c - T_w = 85 - 75 = 10^{\circ}\text{F} = \text{Approach}$

B: اختلاف دمای ورودی و خروجی آب برج

$(T_h - T_c = 95 - 85 = 10^{\circ}\text{F} = \text{Range})$

روش استفاده از نمودار :

1- Range را مشخص نموده و روی خط راست حرکت کنید تا approach از ستون عمودی سمت چپ مقدار محاسبه شده را قطع کنید.

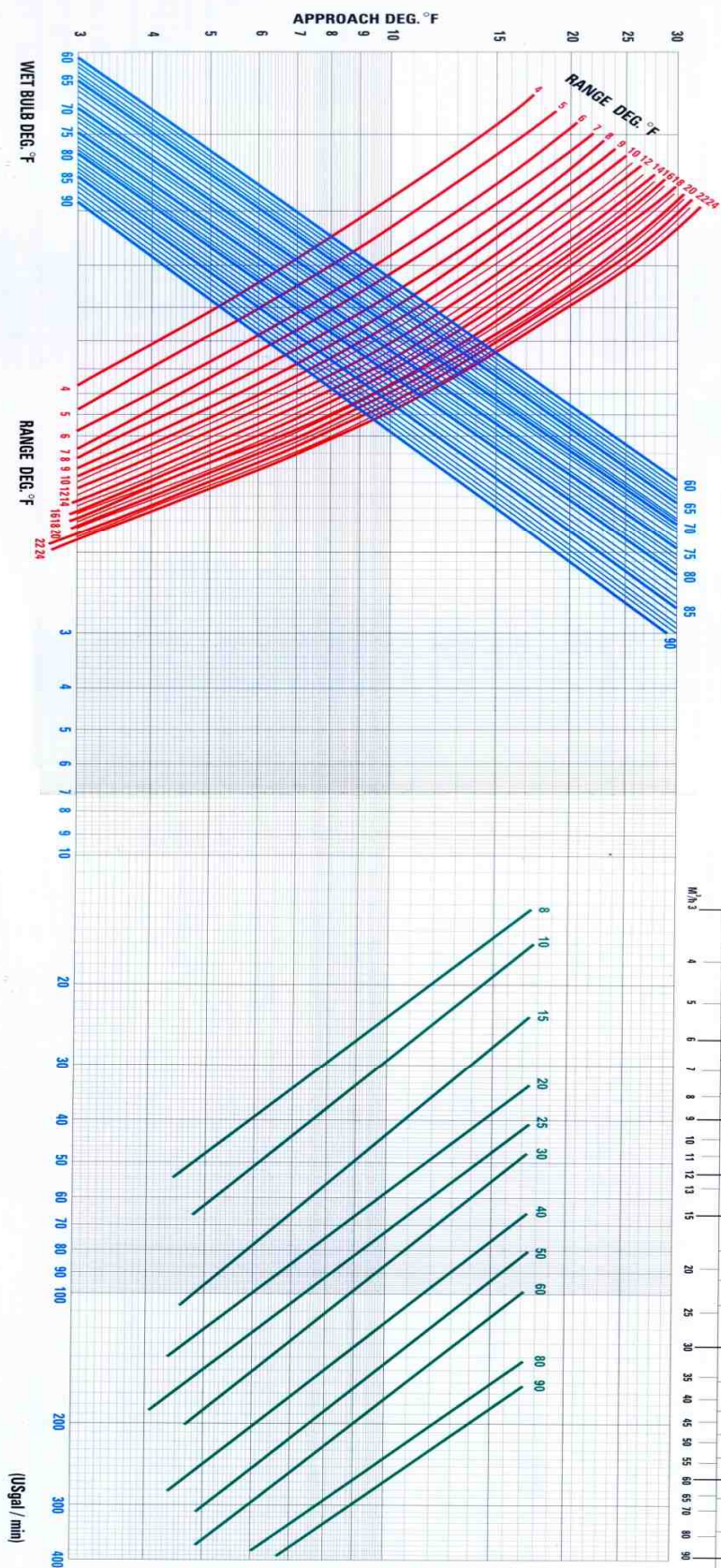
2- از نقطه حاصله در راستای قائم بنحوی حرکت کنید تا خط دمای مرطوب مورد نظر را در بالا یا پایین قطع نمائید.

3- از نقطه بدست آمده در راستای افق به سمت راست آنقدر پیش روید تا خط عمودی را در GPM مورد نظر قطع کنید.

4- مدل مناسب مدلی است که خط آن از بالا یا دقیقاً از روی آن نقطه بگذرد.

AGB 8 ~ AGB 90

WET BULB DEG. °F



TOWERS SPECIFICATION											
MODEL	NORMINAL WATER FLOW (GPM)	MOTOR POWER (HP)	FAN		PUMP HEAD (M)	DIMENSIONS (m)		WIGHT (G)		LOW NOISE TYPE	
			DIA (m)	NORMINAL AIR FLOW (CFM)		STANDARD		STANDARD		DRY	OPER
						LOW NOISE TYPE		TYPE			
						HEIGHT	DIA	DRY	OPER		
AGB-8	28	1/4	0.6	3000	1.3	1.4	0.93	52	120	54	122
AGB-10	35	1/4	0.6	3180	1.3	1.63	0.93	56	138	58	142
AGB-15	53	1/2	0.8	6360	1.6	1.68	1.17	83	218	85	220
AGB-20	71	1/2	0.8	7000	1.6	1.78	1.38	110	264	113	268
AGB-25	88	1/2	0.8	7770	1.8	2.02	1.38	115	329	118	332
AGB-30	105	1	0.9	8480	2	1.89	1.63	160	363	164	367
AGB-40	141	1	0.9	9410	2	2	1.78	171	410	175	414
AGB-50	176	1 1/2	0.9	11300	2.2	2.34	1.87	215	515	219	519
AGB-60	212	2	1.2	14500	2.5	2.37	1.99	399	708	405	714
AGB-80	282	2	1.2	17100	2.5	2.48	2.1	431	792	437	798
AGB-90	318	2	1.2	21800	3.1	2.35	2.59	459	854	471	864
AGB-100	352	2	1.2	24100	3.1	2.57	2.59	519	943	529	953
AGB-125	442	3	1.5	27500	3.5	2.38	2.95	629	1053	644	1068
AGB-150	528	5	1.5	29700	3.5	2.62	2.95	789	1468	804	1483
AGB-175	618	5	1.8	32900	3.8	2.62	3.33	874	1553	890	1569
AGB-200	705	5	1.8	47100	4.4	2.92	3.71	1342	3043	1360	3060
AGB-225	795	7 1/2	1.8	57100	4.4	3.15	3.71	1462	3162	1480	3180
AGB-250	880	7 1/2	2.4	66500	4.7	3.66	4.39	1657	3357	1678	3379
AGB-300	1050	7 1/2	2.4	76900	4.7	3.28	4.39	1766	3473	1788	3494
AGB-350	1230	10	2.4	83500	5	3.45	4.85	1861	3861	1885	3885
AGB-400	1410	15	2.4	90700	5	3.68	4.85	2305	4305	2329	4329
AGB-450	1580	15	3	106500	5.3	4.04	5.51	2535	5818	2565	5848
AGB-500	1770	15	3	119500	5.3	4.27	5.51	2590	7155	2619	7185
AGB-600	2120	15	3.3	139500	5.6	4.6	6.53	3493	10588	3524	10619
AGB-700	2460	20	3.3	171000	5.6	4.83	6.53	3652	10747	3684	10779
AGB-800	2830	25	3.6	197100	6.2	5	7.59	5229	12808	5264	12843
AGB-1000	3520	30	3.6	217700	6.2	5.23	7.59	5449	13247	5483	13282
AGB-1250	4400	30	4.2	270700	6.5	5.56	8.79	6476	15458	6516	15497

مشخصات برجهای خنک کننده فایبر گلاس از شرکت سرما آفرین

ردیف	مدل	مشخصات ابعادی						مشخصات فن و موتور		
		قطر (mm)	ارتفاع (mm)	وزن برج با آب (kg)	وزن برج (خالص) (kg)	گیر آب (gpm)	فلنج ورودی (inch)	قطر فن (mm)	مواد فن (cfm)	قدرت موتور (HP)
1	SAFCT110	900	1630	148	58	35	1 1/2	540	3180	1
2	SAFCT20	1200	1710	279	115	71	2	590	7000	1 1/2
3	SAFCT30	1600	2000	378	170	105	3	840	8480	1 1/2
4	SAFCT40	1600	2210	432	179	141	3	840	9710	1 1/2
5	SAFCT50	1900	2410	530	220	175	3	840	11300	1 1/2
6	SAFCT60	2000	2300	738	402	210	4	1140	14500	2
7	SAFCT80	2000	2600	802	441	280	4	1140	17100	2
8	SAFCT90	2600	2900	868	456	318	4	1140	21800	2
9	SAFCT100	2600	2900	959	528	352	4	1140	24100	2
10	SAFCT125	3000	2940	1060	634	442	5	1420	27500	3
11	SAFCT150	3000	2940	1479	795	528	5	1420	29700	4
12	SAFCT175	3300	2960	1568	889	620	6	1720	32900	5.5
13	SAFCT200	3700	3750	2070	1358	700	6	1800	47100	5.5
14	SAFCT225	3700	3750	3190	1482	800	6	1800	57100	7.5
15	SAFCT250	4500	3950	3390	1675	880	8	2320	66500	7.5
16	SAFCT300	4500	3950	3510	1790	1050	8	2320	76900	7.5
17	SAFCT350	4900	4280	3900	1885	1230	8	2320	83500	10
18	SAFCT400	4900	4280	4320	2355	1410	8	2320	90700	15
19	SAFCT450	5580	4420	5830	2548	1580	8	2920	106500	15
20	SAFCT500	5580	4420	7180	2610	1770	8	2920	119500	15
21	SAFCT600	6530	4870	10610	3220	2120	10	3300	139500	15
22	SAFCT700	6530	5170	10790	3690	2460	10	3300	171000	20
23	SAFCT800	7600	5250	12880	5280	2850	12	3600	197100	25
24	SAFCT1000	7600	5400	13290	5510	3520	12	3600	217700	30
25	SAFCT1250	8800	5600	14150	6220	4400	12	4200	270700	30
26	SAFCT1450	8800	6100	15085	7845	4700	12	4200	310500	40

نمونه ای از مشخصات فنی برج خنک کننده فایر کلاس مدور

Model No.	Dimensions (In.)			Piping Connections (In.)						Fan Motor H.P.	Fan Dia. (Inch)	Air Flow (cfm)	Water Flow (gpm)
	Height	Dia.	In	Out	O	Dr	Float	Q					
ACTS-5	52	34	1-1/2	1-1/2	1	3/4	1/2	-	1/6*	19 1/2	2,118	15	
ACTS-8	56	34	1-1/2	1-1/2	1	3/4	1/2	-	1/6*	19 1/2	2,648	23	
ACTS-10	54	42	1-1/2	1-1/2	1	3/4	1/2	-	1/4*	26 3/8	3,531	30	
ACTS-15	59	46	2	2	1	1	1/2	-	1/4*	26 3/8	4,767	44	
ACTS-20	63	55	2	2	1	1	1/2	-	1/2 ¹	30 1/4	6,356	58	
ACTS-25	71	55	2-1/2	2-1/2	1	1	1/2	-	3/4 ²	30 1/4	7,000	73	
ACTS-30	69	62	2-1/2	2-1/2	1	1	1/2	-	1.0 ²	30 1/4	8,100	88	
ACTS-40	75	72	2-1/2	2-1/2	1	1	3/4	-	1-1/2 ²	38 1/4	9,800	118	
ACTS-50	75	79	3	3	1	1	3/4	-	1-1/2 ²	38 1/4	11,500	148	
ACTS-60	75	79	3	3	1	1	3/4	-	1-1/2 ²	46	14,700	177	
ACTS-70	80	86	4	4	1	1	3/4	-	1-1/2 ²	46	17,500	207	
ACTS-80	80	86	4	4	1	1	3/4	-	2 ²	46	18,900	237	
ACTS-100	87	120	4	4	1	1	1	-	3 ²	57 7/8	24,500	295	
ACTS-125	90	130	5	5	2	1	1	-	3 ²	57 7/8	29,060	369	
ACTS-150	98	130	6	6	2	2	1	-	5 ²	68 7/8	33,260	446	
ACTS-175	98	130	5	5	2	2	1	-	5 ²	68 7/8	40,250	518	
ACTS-200	118	149	6	6	2	2	1 1/4	1-1/4	5 ²	68 7/8	43,760	592	
ACTS-225	125 5/8	148 3/8	6	6	2	2	1 1/4	1 1/4	7 1/2 ^s	93	61,270	656	
ACTS-250	125 5/8	148 3/8	8	8	2	2	1 1/4	1 1/4	7 1/2 ^s	93	61,270	737	
ACTS-300	131 7/8	174 3/4	8	8	2	2	1 1/4	1 1/4	10 ^s	93	77,020	883	
ACTS-350	133 1/2	188 5/8	8	8	2	2	1 1/4	1 1/4	10 ^s	93	77,020	1036	
ACTS-400	153 1/2	203 7/8	8	8	4	2	2	2	15 ^s	117	91,030	1190	
ACTS-500	154 11/16	219 5/8	10	10	4	2	2	2	15 ^s	117	91,030	1505	
ACTS-600	171 5/8	259 7/8	10	10	4	2	2	2	20 ^s	133 1/8	125,000	1777	
ACTS-700	181 5/16	259 7/8	10	10	4	2	2	2	20 ^s	133 1/8	125,000	2101	
ACTS-800	194 11/16	299 1/4	12	12	4	3	2	2	30 ^s	141	175,000	2370	
ACTS-1000	202 1/2	299 1/4	12	12	4	3	2	2	30 ^s	141	175,000	3011	

*Nominal flow is water cooled from 95 to 85 @ 75 WB.

ادامه مشخصات فنی نمونه ای از برج خنک کننده فایر کلاس مدور

FLOW GPM	Hot Water	90°F	90°F	95°F	92°F	95°F	97°F	95°F	95°F	95°F	96°F	98°F	90°F	94°F	Model
	Cold Water	80°F	80°F	85°F	82°F	85°F	87°F	85°F	85°F	85°F	86°F	88°F	83°F	85°F	
	Wet Bulb	65°F	70°F	70°F	72°F	75°F	75°F	77°F	78°F	80°F	82°F	75°F	75°F		
		17	12	20	13	15	18	12	11	10	11	15	16		
		27	20	32	21	23	29	20	18	16	17	25	26	ACTS-5	
		34	25	39	27	30	35	25	23	20	23	31	32	ACTS-8	
		51	37	60	40	44	54	37	33	31	33	46	48	ACTS-10	
		68	49	80	53	58	72	49	45	41	44	62	64	ACTS-15	
		85	62	97	66	73	90	62	56	52	56	77	79	ACTS-20	
		101	75	119	80	88	108	75	68	63	68	93	96	ACTS-25	
		134	100	156	106	118	142	101	92	85	91	124	128	ACTS-30	
		168	127	195	134	148	178	127	116	108	115	155	159	ACTS-40	
		201	150	224	160	177	211	151	138	128	137	185	191	ACTS-50	
		236	176	262	188	207	251	176	160	150	160	218	224	ACTS-60	
		268	203	308	215	237	253	203	185	173	184	248	256	ACTS-70	
		335	250	382	266	295	356	252	230	213	228	309	319	ACTS-80	
		420	316	480	235	369	446	316	289	270	289	388	400	ACTS-100	
		504	383	574	405	446	534	383	353	328	350	466	479	ACTS-125	
		588	441	676	471	518	611	444	407	377	404	541	558	ACTS-150	
		669	509	774	542	592	712	512	469	440	469	621	640	ACTS-175	
		757	559	885	595	656	803	559	503	468	503	696	717	ACTS-200	
		838	625	970	666	737	889	630	574	533	569	772	798	ACTS-225	
		1011	775	1175	800	883	1075	755	685	634	678	934	960	ACTS-250	
		1176	889	1340	946	1036	1240	895	818	767	818	1087	1119	ACTS-300	
		1349	1023	1540	1084	1190	1420	1023	930	871	932	1240	1278	ACTS-350	
		1657	1301	1885	1377	1505	1763	1324	1226	1157	1233	1551	1604	ACTS-400	
		2006	1526	2322	1625	1777	2137	1537	1406	1319	1406	1864	1919	ACTS-500	
		2317	1819	2640	1928	2101	2469	1841	1700	1641	1711	2177	2242	ACTS-600	
		2675	2035	3096	2166	2370	2849	2050	1875	1759	1875	2486	2559	ACTS-700	
		3303	2616	3760	2762	3011	3300	2660	2484	2353	2499	3098	3201	ACTS-800	
														ACTS-1000	

نمودار انتخاب برج از شرکت آبارا

