

سیستم های حرارت مرکزی

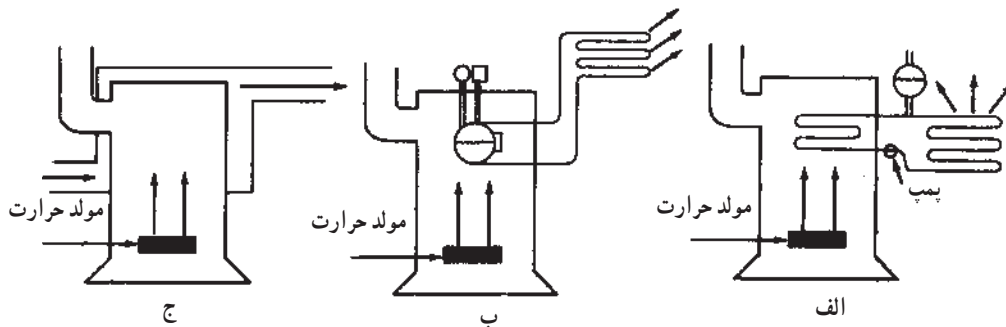
هدف های رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می رود :

- ۱- سیستم های حرارت مرکزی را بیان کند.
- ۲- نحوه کار انواع سیستم های حرارت مرکزی با آب گرم را توضیح دهد.
- ۳- قسمت های مختلف یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را شرح دهد.
- ۴- سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را از روی شکل تشریح کند.

۳- سیستم های حرارت مرکزی

جذب و به اتاق های مختلف هدایت می شود. این سیال واسطه، ممکن است آب (شکل ۱-۳-الف)، بخار آب (شکل ۱-۳-ب) و یا هوا (شکل ۱-۳-ج) باشد. بنابراین سیستم حرارت مرکزی در سه نوع : حرارت مرکزی با آب گرم - حرارت مرکزی با بخار آب - حرارت مرکزی با هوای گرم است.

نصب بخاری در هر اتاق برای ساختمان هایی که اتاق های زیادی دارند مشکلات زیادی از نظر بهره برداری، نگهداری و کیفیت کار پیش می آورد. در چنین ساختمان هایی باید سیستم های حرارت مرکزی ایجاد شود. در این سیستم، گرما در محلی به نام موتورخانه یا اتاق مکانیکی تولید شده، توسط سیال واسطه ای

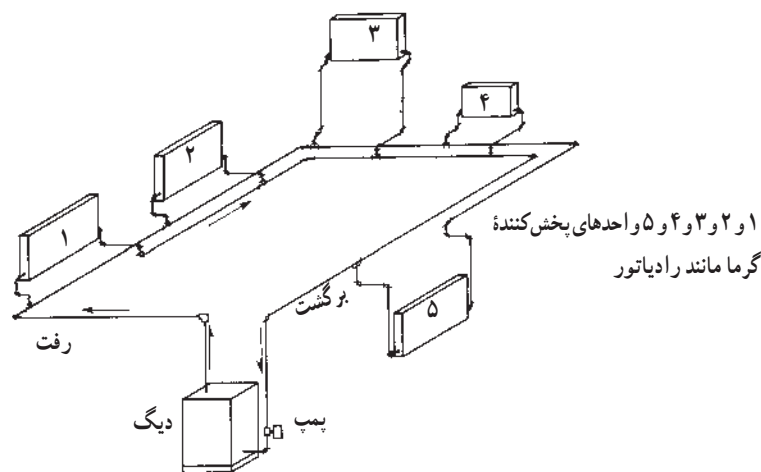


شکل ۱-۳- نمای انواع سیستم های حرارت مرکزی

۳-۱- سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

یک پمپ جریانی و سیستم لوله کشی در واحدهای پخش کننده گرما (مانند رادیاتور، فن کویل و ...) جریان یافته، گرمای خود را به هوای اتاق می دهد و برای جذب گرمای مجدد به طرف دیگ

در حرارت مرکزی با آب گرم، گرمای تولید شده توسط مشعل به آب درون دیگ منتقل می شود. آب گرم شده به وسیله



شکل ۲-۳- نمای ساده یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

برمی گردد. شکل ۲-۳ نمای ساده یک سیستم حرارت مرکزی با

زیر است :

۱-۲-۳- دستگاه های بخش کننده گرما :

دستگاه ها شامل «کنوکتورها»، «رادیاتورها»، «فن کویل ها» و «یونیت هیتر» است. آب گرم از طریق «لوله رفت» وارد این دستگاه ها شده، در آنها از طریق «هدایت»، «تابش»، «وزش» با هوای اتاق تبادل گرمایی انجام می دهد و آب خروجی از دستگاه بخش کننده، کاهش دما پیدا می کند.

۲-۲-۳- سیستم انتقال آب گرم :

سیستم انتقال آب گرم شامل سیستم لوله کشی بین دستگاه های بخش کننده و تولیدکننده گرما و پمپ سیرکولاتور است. جریان گردش آب ممکن است به طور طبیعی براساس اختلاف دمای آب رفت و برگشت نیز صورت گیرد.

برای بالا بردن سرعت آب و کاهش قطر لوله ها امروزه معمولاً از سیستم پمپی استفاده می شود. به وسیله سیستم انتقال آب گرم، آب با حجم ثابتی پیوسته بین دستگاه های تولید کننده و بخش کننده گرما در گردش است. آب گرمی از دست داده خود در بخش کننده را از دستگاه تولید کننده آب گرم به دست می آورد.

آب گرم را نشان می دهد.

سیستم حرارت مرکزی با آب گرم سه نوع^۱ است :

سیستم حرارت مرکزی با دمای پائین^۲ که در آن دما تا 12°C است.

سیستم حرارت مرکزی با دمای متوسط^۳ که دمای آن $(12^{\circ}\text{C}-175^{\circ}\text{C})$ است.

سیستم حرارت مرکزی با دمای بالا^۴ که دمای آن $23^{\circ}\text{C}-176^{\circ}\text{C}$ است.

زمانی از سیستم گرمایی با دمای کم استفاده می شود که دمای آب در لوله رفت زیر نقطه جوش آب (در حدود 8°C) و در لوله برگشت بین 6° تا 70° درجه سانتی گراد باشد. آب گرمی ویژه بالایی دارد، $(\frac{4}{2} \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}})$ بنابراین از طریق آن می توان گرمای زیادی را به کمک لوله هایی با قطر نسبتاً کم، به بخش کننده های گرمایی رسانید.

۲-۳- اجزای سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

سیستم حرارت مرکزی با آب گرم شامل قسمت های

۱- تعاریف از مبحث چهاردهم مقررات ملی ساختمانی ایران آورده شده است. [جدول ۱۴-۱-۳-۲] «ب»

۲- Low Temperature Water Heating Systems

۳- Medium Temperature Water Heating Systems

۴- High Temperature Water Heating Systems

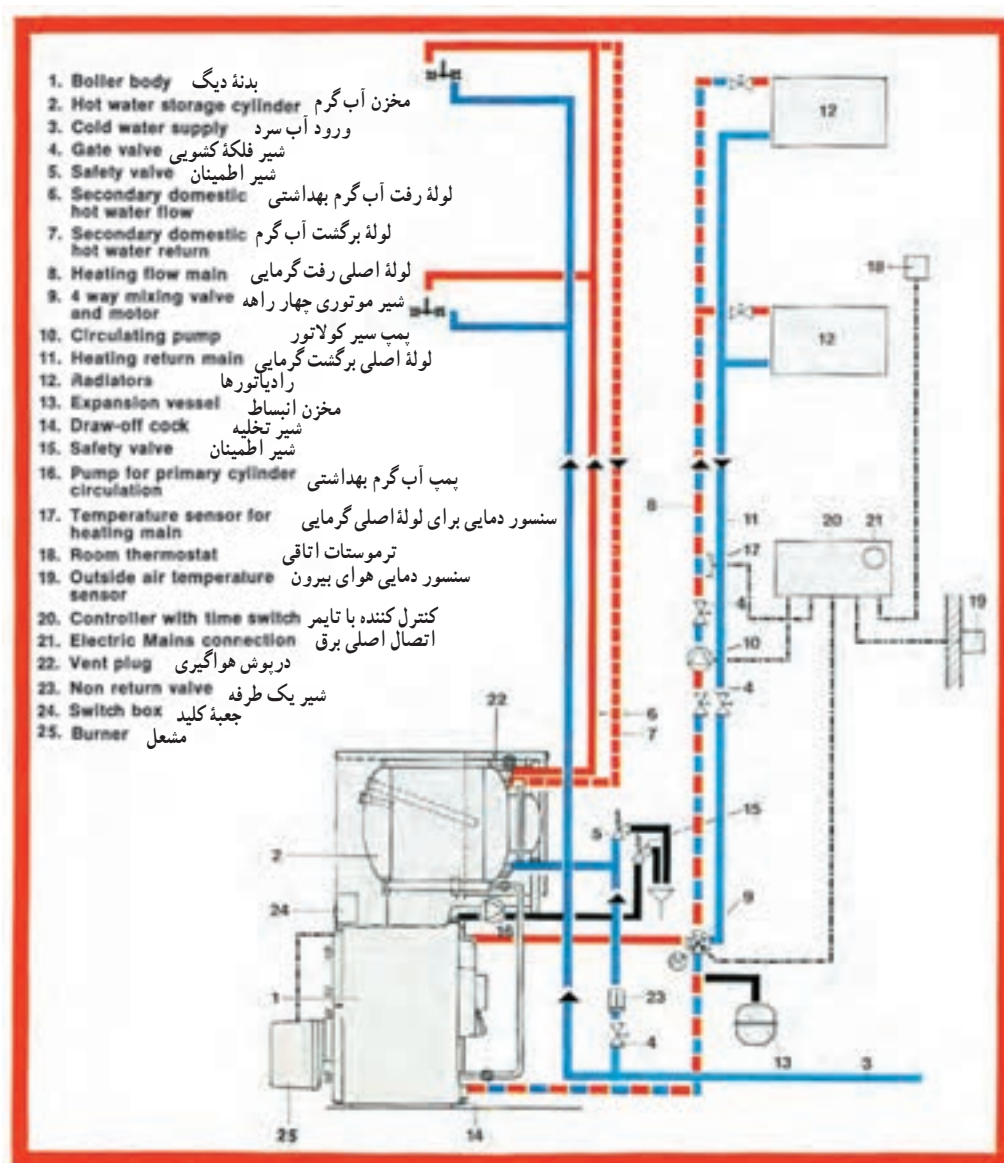
۵-۲-۳- مخازن : مخزن گازوئیل برای نگهداری گازوئیل مصرفی در زمان خاصی از سال، مخزن گازوئیل روزانه، مخزن انبساط بسته، مخزن انبساط باز، مخزن آب گرم مصرفی از لوازم ضروری و جنبی یک سیستم حرارت مرکزی هستند.

۳-۳- نمایش اجزای سیستم

در شکل ۳-۳ نمایش اجزای یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را مشاهده می کنید. در فصل های آینده به بررسی اجزای مختلف یک سیستم حرارت مرکزی و محاسبات و روش انتخاب دستگاه های آن خواهیم پرداخت.

۳-۲-۳- دستگاه های مولد آب گرم : که شامل انواع مشعل و دیگ آب گرم است. گرمای حاصل از احتراق سوخت توسط مشعل به آب درون دیگ انتقال یافته، موجب گرم شدن آب عبوری داخل دیگ می شود.

۴-۲-۳- نشان دهنده ها و کنترل کننده ها : نشان دهنده هایی مانند «ترمومتر» و «مانومتر دیگ»، سطح نمای «مخزن گازوئیل» و آب نمای «مخزن انبساط» و کنترل هایی مانند «ترموستات دیگ»، «ترموستات جداری»، «ترموستات اتاقی»، «شیر اطمینان» و «رله مشعل» از لوازمی هستند که برای راهبری و نگهداری صحیح سیستم ضرورت دارند.



شکل ۳-۳- اجزای مختلف یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

- ۱- انواع سیستم‌های حرارت مرکزی را نام ببرید.
- ۲- وظیفه سیال واسطه در سیستم‌های حرارت مرکزی چیست؟
- ۳- اجزای یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را نام ببرید.
- ۴- دستگاه‌های پخش‌کننده کدام‌اند و چه وظیفه‌ای دارند؟
- ۵- سیستم انتقال آب گرم را توضیح دهید.
- ۶- دستگاه‌های مولد آب گرم را شرح دهید.
- ۷- یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را از روی شکل شماتیک توضیح دهید.

دستگاه‌های پخش کننده گرما

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

- ۱- رادیاتور و انواع آن را شرح دهد.
- ۲- معیارهایی را که در انتخاب رادیاتورها در نظر گرفته می‌شود، توضیح دهد.
- ۳- ساختمان و ویژگی‌های انواع رادیاتورها را بیان کند.
- ۴- ساختمان، طرز کار و انواع کنوکتور، یونیت هیتر و فن کویل را توضیح دهد.
- ۵- راه‌های صرفه جویی در انرژی مصرفی را شرح دهد.

۴- دستگاه‌های پخش کننده گرما

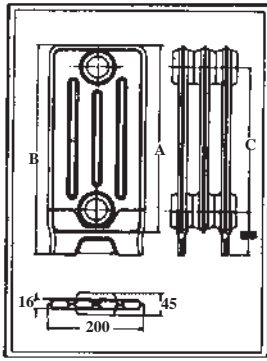
با تعداد پره مورد نظر تولید شود. کارخانه‌ها تعداد پره‌های رادیاتورهای فولادی را برحسب سفارش بازار تولید می‌کنند. اندازه رادیاتورهای فولادی برحسب پهنای پره و ارتفاع محور تا محور کلکتورهای بالا و پایین آن بیان می‌شود. منظور از رادیاتور (۲۵×۲۰۰×۵۰۰)، رادیاتور (۲۵) پره با پره‌هایی به پهنای ۲۰۰ میلی‌متر و ارتفاع محور تا محور لوله‌های رفت و برگشت ۵۰۰ میلی‌متر است.

رادیاتورهای فولادی از نظر ارتفاع و پهنا در اندازه‌های مختلفی ساخته شده، به بازار عرضه می‌شوند که هر کدام برحسب ابعاد و اندازه محل نصب رادیاتور در داخل ساختمان، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل ۱-۴ چند نمونه رادیاتور فولادی همراه با جدول مشخصات آنها داده شده است. سطح دو طرف رادیاتورهای فولادی یکسان است و پشت و رو ندارند.

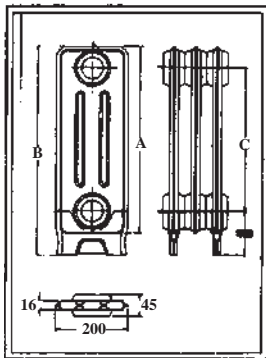
دستگاه‌های پخش کننده گرما وسایلی هستند که از آنها برای جبران تلفات حرارتی ساختمان و گرم نگه داشتن محل مورد نظر استفاده می‌شود. در این دستگاه‌ها سیال گرم (آب گرم، آب داغ و یا بخار) جریان داشته، گرمای خود را از طریق سطح تبادل کننده حرارت، به محیط منتقل می‌کند.

۴-۱- رادیاتورهای فولادی و ساختمان آنها

رادیاتورهای فولادی از ورق‌های آهن به ضخامت ۱/۲۵ میلی‌متر در ابعاد و اندازه‌های مختلف، معمولاً به صورت پره‌ای ساخته می‌شوند. هر پره رادیاتور شامل دو صفحه پرس شده است که بر روی هم قرار گرفته، لبه آنها به یک دیگر جوش مقاومتی داده می‌شود. با قرار گرفتن دو صفحه پرس شده بر روی هم، مسیرهایی برای عبور آب در حد فاصل دو صفحه ایجاد می‌گردد. پره‌های تولید شده، در کارخانه به یک دیگر متصل می‌شوند تا رادیاتور



مشخصات	200 × 600	200 × 500	200 × 300
برحسب mm ارتفاع پره = A	602	502	302
برحسب mm ارتفاع پره و پایه = B	727	627	427
برحسب mm فاصله محور تا محور = C	600	500	300
برحسب kg وزن هر پره	2.7	2.4	2.3
برحسب m ² سطح حرارتی هر پره	.31	.24	.18
برحسب U.S.gal حجم آب هر پره	.336	.286	.206



مشخصات	150 × 600	150 × 500	150 × 300
برحسب mm ارتفاع پره = A	602	502	302
برحسب mm ارتفاع پره و پایه = B	727	627	427
برحسب mm فاصله محور تا محور = C	600	500	300
برحسب kg وزن هر پره	2.2	2.0	1.5
برحسب m ² سطح حرارتی هر پره	.23	.20	.13
برحسب U.S.gal حجم آب هر پره	.246	.216	.156



شکل ۱-۴- چند نمونه رادیاتور فولادی و جدول های مشخصات آنها



شکل ۲-۴- یک شیر رادیاتور

۱-۱-۴- شیر رادیاتور : برای قطع جریان و یا کنترل

مقدار جریان آب در رادیاتور، سر راه ورود آب گرم به رادیاتور، شیر مخصوصی به نام «شیر رادیاتور» نصب می گردد. شیر رادیاتور در حقیقت یک نوع شیر کف فلزی زاویه ای است. یک طرف این شیر حالت مهرة ماسوره ای دارد که به رادیاتور متصل می گردد و طرف دیگر آن که از داخل به صورت دنده است به لوله ورود آب گرم وصل می شود. در شکل ۲-۴ یک شیر رادیاتور نشان داده شده است.

در نتیجه مقدار دبی آب گرم ورودی به رادیاتور بیشتر شده، قدرت حرارتی رادیاتور و درجه حرارت هوای محل افزایش می‌یابد. در شکل ۳-۴ یک شیر ترموستاتیکی و طریقه اتصال آن به رادیاتور نشان داده شده است.

در شیر ترموستاتیکی شکل ۳-۴ چون که قسمت «فانوسه» بر روی شیر قرار دارد و شیر نیز بر روی لوله رفت آب گرم و رادیاتور نصب شده است، هم گرمای حاصل از هدایت و هم گرمای هوای خروجی از رادیاتور بر آن اثر می‌کند و از هوای محل کمتر تأثیر می‌پذیرد؛ برای رفع این اشکال و کنترل بهتر هوای محل، می‌توان درجه تنظیم شیر را پایین تر انتخاب کرد.

برای کنترل خودکار درجه حرارت محلی که در آن رادیاتور نصب شده است به جای استفاده از شیر دستی رادیاتور، می‌توان از شیر خودکار حرارتی رادیاتور^۱ (شیر ترموستاتیکی رادیاتور) استفاده کرد. این شیر دارای یک قطعه آکاردئونی فلزی شکل (فانوسه) است که با یک نوع گاز پُر شده است. در اثر بالا رفتن درجه حرارت محل، این گاز منبسط شده، مجرای عبور آب را تنگ می‌کند؛ در نتیجه مقدار دبی آب گرم ورودی به رادیاتور کاهش یافته، قدرت حرارتی رادیاتور و درجه حرارت هوای محل کم می‌شود و در اثر سرد شدن هوای محل، فشار گاز کمتر شده، قطعه آکاردئونی جمع می‌شود و مجرای عبور آب بازتر می‌گردد،



(ب)



(الف)

شکل ۳-۴- یک شیر ترموستاتیکی رادیاتور و روش نصب آن بر روی رادیاتور

چند سال پیش، زانوهای رادیاتور فاقد قسمت شیر مانند داخلی بود به همین علت امکان جداسازی یک رادیاتور از شبکه، در حالی که بقیه رادیاتورها در حال کار بودند، وجود نداشت (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴- زانو قفلی رادیاتور

۲-۱-۴- زانو قفلی رادیاتور : بر روی لوله برگشت رادیاتور، زانوی مخصوصی به نام «زانو قفلی» نصب می‌گردد. یک طرف این زانو مانند شیر رادیاتور حالت مهره ماسوره دارد که بر روی رادیاتور نصب می‌شود و طرف دیگر آن که از داخل به صورت دنده است بر روی لوله نصب می‌گردد. ساختمان زانو قفلی مانند شیر است و به وسیله آن می‌توان مجرای عبور آب را باز و بسته نمود؛ با این تفاوت که قسمت عمل کننده آن که در زیر درپوش زانو قرار گرفته به طور معمول، به وسیله آچار «الن» باز و بسته می‌شود. باید توجه داشت که هنگام جداسازی رادیاتور از شبکه لوله کشی هم شیر رادیاتور (لوله رفت) و هم زانو قفلی (لوله برگشت) را باید بست و سپس اقدام به باز کردن مهره ماسوره‌ها و رادیاتور نمود. تا

به نام «شیر هواگیری» نصب می کنند. شیرهای هواگیری رادیاتور در دو نوع: دستی و خودکار به بازار عرضه می شوند. در شکل ۴-۵ نوع دستی شیر هواگیری رادیاتور که رایج تر است همراه آچار آن نشان داده شده است.

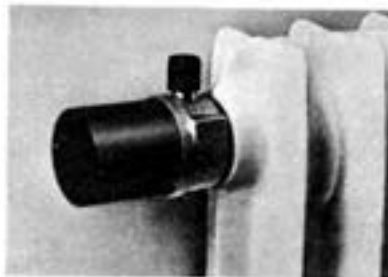
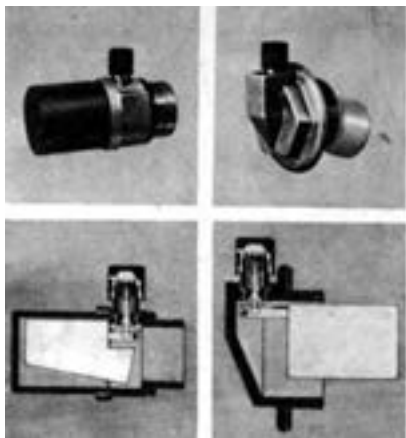
۳-۱-۴- شیر هواگیری رادیاتور: برای تخلیه هوای داخل شبکه لوله کشی و رادیاتورها، در زمان آب اندازی و نیز خارج نمودن حباب های هوایی (که در اثر گرم شدن آب در دیگ از آن جدا شده، همراه جریان آب گرم از طریق شبکه لوله کشی به داخل رادیاتور هدایت می شود) در بالای رادیاتور یک شیر مخصوص



شکل ۴-۵- یک شیر هواگیری دستی رادیاتور با آچار آن

شناور بالا آمده، به وسیله سوزن، مجرا بسته می شود. استفاده از این شیرها به دلیل گرانی، آب بندی نشدن و چکه کردن آب از آنها متداول نشده است. در شکل ۴-۶ دو نمونه از این شیر نشان داده شده است.

در ساختمان نوع خودکار شیرهای هواگیری، از شناوری متصل به یک سوزن استفاده شده است؛ در صورت وجود هوا در محفظه شیر، شناور و سوزن متصل به آن پایین آمده، مجرای خروج هوا باز می شود، با خارج شدن هوا و ورود آب به محفظه،



شکل ۴-۶- دو نمونه شیر هواگیری خودکار رادیاتور

است در فصل دوم بیان شده است. قدرت حرارتی یک متر مربع رادیاتور را به روش زیر می توان محاسبه کرد:

اگر درجه حرارت آب گرم ورودی به رادیاتور را با « t_S » و درجه حرارت آب گرم برگشتی از رادیاتور را با « t_R » نشان دهیم، درجه حرارت متوسط آب در داخل رادیاتور از رابطه $t_m = \frac{t_S + t_R}{2}$ به دست می آید.

حال اگر درجه حرارت هوای محل گرم شده (درجه حرارت

۴-۱-۴- محاسبه سطح حرارتی مورد نیاز: سطح

حرارتی مورد نیاز برای گرم نگه داشتن یک محل به وسیله رادیاتور

را می توان از فرمول $A = \frac{H}{H_R}$ به دست آورد که در آن:

A = سطح حرارتی رادیاتور مورد نیاز بر حسب متر مربع؛

H = تلفات حرارتی محل گرم شده بر حسب وات؛

H_R = قدرت حرارتی یک مترمربع رادیاتور بر حسب وات.

محاسبه تلفات حرارتی محل که همان بار گرمایی ساختمان

رادیاتور 2000×500 باید در آن اتاق نصب گردد؟
پاسخ:

$$H = 3000 \times 0.86 = 2580 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

$$H \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right) = H(W) \times 0.86$$

با مراجعه به جدول ۲-۴ ملاحظه می شود تعداد (۲۴) پره از رادیاتور مورد نظر برای این اتاق کافی است.

تذکر: در صورتی که شرایط حل مسأله استاندارد نباشد یا به عبارت دیگر $\Delta t_m = 6^\circ\text{C}$ نباشد باید ابتدا سطح حرارتی را به روش ذکر شده پیدا کرده سپس با داشتن سطح حرارتی از روی جدول ۱-۴ و ۲-۴ تعداد پره ها را انتخاب کرد.

مثال: قدرت حرارتی اتاقی ۳ کیلووات است اگر دمای اتاق 20°C ، دمای آب ورودی به رادیاتور 70°C و دمای آب خروجی از رادیاتور 60°C باشد چند پره رادیاتور 2000×500 باید در اتاق نصب شود.

$$t_m = \frac{70 + 60}{2} = 65$$

$$\Delta t_m = 65 - 20 = 45^\circ\text{C}$$

شرایط استاندارد نیست باید سطح حرارتی را حساب کرد.

$$H_R = 1 \times 8 / 4 \times 45 = 378 \text{ W}$$

$$A = \frac{H}{HR} = \frac{3000}{378} = 7.9 \text{ m}^2$$

با عدد $7/9$ به جدول ۲-۴ مراجعه می کنیم و از ستون اول تعداد پره ها ۳۱ به دست می آید.

تحقیق: مقدار U برای رادیاتور آلومینیمی را با مراجعه به منابع و اینترنت پیدا کنید.

بیرون پره رادیاتور) را (t_I) بنامیم، اختلاف درجه حرارت دو طرف جدار رادیاتور چنین خواهد شد:

$$\Delta t_m = \frac{t_S + t_R}{2} - t_I$$

مقدار (U) ضریب انتقال گرما برای رادیاتور فولادی

$$\frac{W}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad 8/4 \text{ در نظر گرفته می شود.}$$

اگر مقدار (t_S) برابر 90°C و (t_R) مساوی 70°C و درجه

حرارت محل (t_I) نیز برابر 20°C در نظر گرفته شوند، چنین خواهیم داشت:

$$H = AU\Delta t \quad \text{و} \quad H_R = AU \left(\frac{t_S + t_R}{2} - t_I \right)$$

$$H_R = 1 \times 8 / 4 (90 + 70 - 20)$$

قدرت حرارتی یک مترمربع رادیاتور $H_R = 504 \text{ W}$ و حال

اگر اتلاف حرارتی یک اتاق (4440) وات باشد، سطح حرارتی مورد نیاز برای گرم نگه داشتن آن اتاق تا (20°C) چنین به دست می آید:

$$A = \frac{H}{H_R} \quad \text{و} \quad A = \frac{4440}{504} = 8.8 \text{ m}^2$$

انتخاب رادیاتور فولادی: کارخانه های سازنده

رادیاتور، قدرت حرارتی هر پره رادیاتور تولیدی خود را در انواع مختلف مطابق با استاندارد، در کاتالوگ هایی به صورت جدول ارائه می نمایند، که با استفاده از آنها می توان تعداد پره رادیاتور مورد نیاز هر محل را تعیین نمود. در جدول های ۱-۴ و ۲-۴ قدرت حرارتی چند مدل رادیاتور فولادی در شرایط استاندارد داده شده است.

مقادیری که در جدول برای (K) منظور شده است ضریب

کلی انتقال حرارت (U) رادیاتور بر حسب $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}} \right)$ است.

تذکر: یک وات برابر $3/413 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$ و مساوی $0.86 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$

است.

مثال: تلفات حرارتی اتاقی ۳ کیلووات است، چند پره

جدول ۱-۴- مشخصات چند نمونه از رادیاتورهای فولادی در اندازه‌های مختلف با شرایط استاندارد

تعداد پره	طول رادیاتور mm	150 x 600			150 x 500			150 x 300		
		K = γ/λ		سطح حرارتی M	K = γ/λ		سطح حرارتی M	K = γ/λ		سطح حرارتی M
		برای اختلاف دمای ۶۰°C			برای اختلاف دمای ۶۰°C			برای اختلاف دمای ۶۰°C		
BTU/H	KCAL/H	BTU/H	KCAL/H	BTU/H	KCAL/H	BTU/H	KCAL/H			
1	45	395	100	0.23	345	90	0.20	240	60	0.13
2	90	785	200	0.46	695	175	0.40	475	120	0.26
3	135	1180	300	0.69	1040	265	0.60	715	180	0.39
4	180	1575	395	0.92	1390	350	0.80	950	240	0.52
5	225	1965	495	1.15	1735	440	1.00	1190	300	0.65
6	270	2360	595	1.38	2080	525	1.20	1425	360	0.78
7	315	2755	695	1.61	2430	615	1.40	1665	420	0.91
8	360	3150	795	1.84	2775	700	1.60	1905	480	1.04
9	405	3540	895	2.07	3120	790	1.80	2140	540	1.17
10	450	3935	995	2.30	3470	875	2.00	2380	600	1.30
11	495	4330	1095	2.53	3815	965	2.20	2615	660	1.43
12	540	4720	1190	2.76	4165	1050	2.40	2855	720	1.56
13	585	5115	1290	2.99	4510	1140	2.60	3090	780	1.69
14	630	5510	1390	3.22	4855	1225	2.80	3330	840	1.82
15	675	5900	1490	3.45	5205	1315	3.00	3570	900	1.95
16	720	6295	1590	3.68	5550	1400	3.20	3805	960	2.08
17	765	6690	1690	3.91	5895	1490	3.40	4045	1020	2.21
18	810	7080	1790	4.14	6245	1575	3.60	4280	1080	2.34
19	855	7475	1890	4.37	6590	1665	3.80	4520	1140	2.47
20	900	7870	1985	4.60	6940	1750	4.00	4755	1200	2.60
21	945	8265	2085	4.83	7285	1840	4.20	4995	1260	2.73
22	990	8655	2185	5.06	7630	1925	4.40	5230	1320	2.86
23	1035	9050	2285	5.29	7980	2015	4.60	5470	1380	2.99
24	1080	9445	2385	5.52	8325	2100	4.80	5710	1440	3.12
25	1125	9835	2485	5.75	8670	2190	5.00	5945	1500	3.25
26	1170	10230	2585	5.98	9020	2280	5.20	6185	1560	3.38
27	1215	10625	2685	6.21	9365	2365	5.40	6420	1620	3.51
28	1260	11015	2780	6.44	9715	2455	5.60	6660	1680	3.64
29	1305	11410	2880	6.67	10060	2540	5.80	6895	1740	3.77
30	1350	11805	2980	6.90	10405	2630	6.00	7135	1800	3.90
31	1395	12195	3080	7.13	10755	2715	6.20	7375	1860	4.03
32	1440	12590	3180	7.36	11100	2805	6.40	7610	1920	4.16
33	1485	12985	3280	7.59	11450	2890	6.60	7850	1980	4.29
34	1530	13380	3380	7.82	11795	2980	6.80	8085	2040	4.42
35	1575	13770	3480	8.05	12140	3065	7.00	8325	2100	4.55
36	1620	14165	3575	8.28	12490	3155	7.20	8560	2160	4.68
37	1665	14560	3675	8.51	12835	3240	7.40	8800	2220	4.81
38	1710	14950	3775	8.74	13180	3330	7.60	9040	2280	4.94
39	1755	15345	3875	8.97	13530	3415	7.80	9275	2340	5.07
40	1800	15740	3975	9.20	13875	3505	8.00	9515	2400	5.20

جدول ۲-۴- مشخصات چند نمونه از رادیاتور فولادی در اندازه‌های مختلف با شرایط استاندارد

تعداد پره	طول رادیاتور mm	200 x 600			200 x 500			200 x 300		
		K = γ/λ		سطح حرارتی M	K = γ/λ		سطح حرارتی M	K = γ/λ		سطح حرارتی M
		برای اختلاف دمای ۶۰°C			برای اختلاف دمای ۶۰°C			برای اختلاف دمای ۶۰°C		
BTU/H	KCAL/H	BTU/H	KCAL/H	BTU/H	KCAL/H	BTU/H	KCAL/H			
1	45	500	125	0.30	440	110	0.26	300	75	0.17
2	90	1000	250	0.60	880	220	0.52	600	150	0.34
3	135	1495	380	0.90	1315	330	0.78	895	225	0.51
4	180	1995	505	1.20	1755	445	1.04	1195	300	0.68
5	225	2495	630	1.50	2195	555	1.30	1595	375	0.85
6	270	2995	755	1.80	2630	665	1.56	1795	455	1.02
7	315	3495	880	2.10	3070	775	1.82	2090	530	1.19
8	360	3990	1010	2.40	3510	885	2.08	2390	605	1.36
9	405	4490	1135	2.70	3945	995	2.34	2690	680	1.53
10	450	4990	1260	3.00	4385	1110	2.60	2990	755	1.70
11	495	5490	1385	3.30	4825	1220	2.86	3290	830	1.87
12	540	5990	1510	3.60	5265	1330	3.12	3585	905	2.04
13	585	6485	1640	3.90	5700	1440	3.38	3885	980	2.21
14	630	6985	1765	4.20	6140	1550	3.64	4185	1055	2.38
15	675	7485	1890	4.50	6580	1660	3.90	4485	1130	2.55
16	720	7985	2015	4.80	7020	1770	4.16	4780	1210	2.72
17	765	8480	2140	5.10	7455	1885	4.42	5080	1285	2.89
18	810	8980	2270	5.40	7895	1995	4.68	5380	1360	3.06
19	855	9480	2395	5.70	8335	2105	4.94	5680	1435	3.23
20	900	9980	2520	6.00	8770	2215	5.20	5980	1510	3.40
21	945	10480	2645	6.30	9210	2325	5.46	6275	1585	3.57
22	990	10975	2770	6.60	9650	2435	5.72	6575	1660	3.74
23	1035	11475	2900	6.90	10090	2545	5.98	6875	1735	3.91
24	1080	11975	3025	7.20	10523	2660	6.24	7175	1810	4.08
25	1125	12475	3150	7.50	10965	2770	6.50	7475	1885	4.25
26	1170	12975	3275	7.80	11405	2880	6.76	7770	1960	4.42
27	1215	13470	3400	8.10	11840	2990	7.02	8070	2040	4.59
28	1260	13970	3530	8.40	12280	3100	7.28	8370	2115	4.76
29	1305	14470	3655	8.70	12720	3210	7.54	8670	2190	4.93
30	1350	14970	3780	9.00	13160	3325	7.80	8965	2265	5.10
31	1395	15470	3905	9.30	13595	3435	8.06	9265	2340	5.27
32	1440	15965	4030	9.60	14035	3545	8.32	9565	2415	5.44
33	1485	16465	4160	9.90	14475	3655	8.58	9865	2490	5.61
34	1530	16965	4285	10.20	14915	3765	8.84	10165	2565	5.78
35	1575	17465	4410	10.50	15350	3875	9.10	10460	2640	5.95
36	1620	17965	4535	10.80	15790	3985	9.36	10760	2715	6.12
37	1665	18460	4660	11.10	16230	4100	9.62	11060	2795	6.29
38	1710	18960	4790	11.40	16665	4210	9.88	11360	2870	6.46
39	1755	19460	4915	11.70	17105	4320	10.14	11665	2945	6.63
40	1800	19960	5040	12.00	17545	4430	10.40	11955	3020	6.80

۴-۲- رادیاتورهای آلومینیومی و ساختمان آنها

رادیاتورهای آلومینیومی نیز به صورت پره‌ای از جنس آلومینیوم تولید و معمولاً در قطعات ۵، ۷ و ۱۰ پره به بازار عرضه می‌شوند. لبه کلکتور بالا و پایین این رادیاتورها در یک طرف از داخل رزوه راست گرد و در طرف دیگر رزوه چپ گرد می‌شود، به این ترتیب رادیاتورها را می‌توان به وسیله مغزی‌هایی که نصف طول آن دنده راست گرد و نصف دیگر آن، چپ گرد است به یکدیگر متصل نمود. به عنوان مثال برای رادیاتور ۱۵ پره، یک دستگاه رادیاتور ۵ پره را با یک دستگاه رادیاتور ۱۰ پره به هم

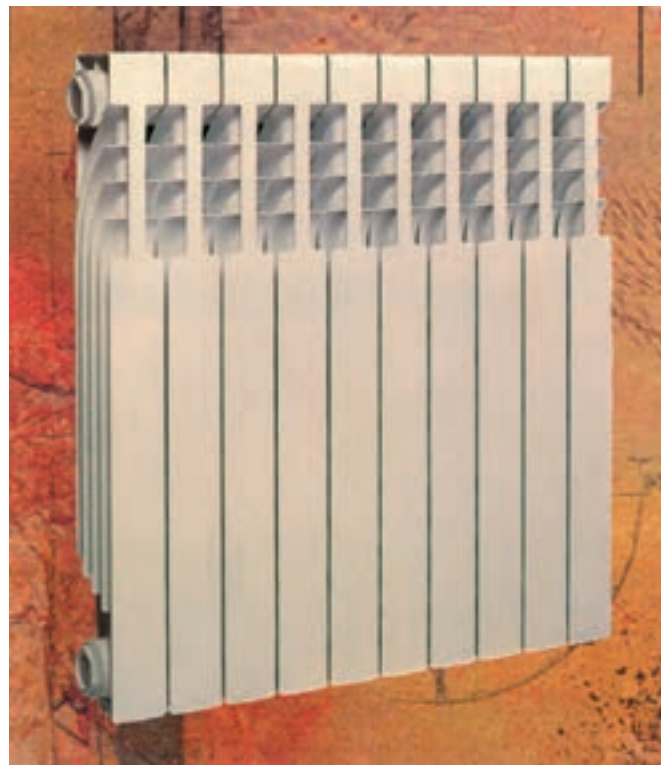
متصل می‌کنند.

۴-۲-۱- انواع رادیاتورهای آلومینیومی:

رادیاتورهای آلومینیومی در انواع مختلفی از نظر: پهنا، ضخامت پره، ارتفاع محور تا محور، کلکتورهای بالا و پایین، شکل ظاهری، قدرت حرارتی متفاوت و با شرایط استاندارد تولید و به بازار عرضه می‌شوند.

در شکل‌های ۴-۷ و ۴-۸ چند نمونه از رادیاتور آلومینیومی

همراه با جدول مشخصات آنها نشان داده شده است.



THERMAL AND DIMENSIONAL CHARACTERISTICS													
MODEL	DIN EN442				A	B	C	D	E	F	G	Water content	Weight of element
	Watt	Kcal/h	Btu/h	η	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Inch	Liter	Kg
500	145	125	496	1.317	585	500	90	81	25	150	1 1/4	0.47	1.50

Output in Watt/hr Δt at 60° C (180° F) mean water to room temperature from tests carried out in accordance with DIN EN442.

Outputs of other Δt calculated as follows: $Q = Q_n \left(\frac{\Delta t}{60}\right)^\eta$



THERMAL AND DIMENSIONAL CHARACTERISTICS													
MODEL	DIN EN442				A	B	C	D	E	F	G	Water content	Weight of element
TEMPO	Watt	Kcal/h	Btu/h	η	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Inch	Liter	Kg
600	194	167	662	1.321	678	600	97	80	25	150	1	0.52	1.87
500	162	140	553	1.306	585	500	95	80	25	150	1	0.59	1.71
350	125	107	426	1.306	430	350	95	80	25	150	1	0.34	1.29

Output in Watt/hr At at 60° C (180° F) mean water to room temperature from tests carried out in accordance with DIN EN442

Outputs of other At calculated as follows: $Q = Q_n \left(\frac{\Delta t}{60}\right)^\eta$

شکل ۸-۴- رادیاتور مدل تمپو و جدول مشخصات آن

پره ۱۵ = $14/8 = 162 \div 2400 =$ تعداد پره لازم
 که باید یک دستگاه ۱۰ پره و یک دستگاه ۵ پره را به یکدیگر متصل
 نمود.

۴-۳-۲ رادیاتورهای پنلی^۱

رادیاتورهای پنلی یا رادیاتورهای پانلی به دلیل استفاده از
 ورق‌های فولادی در گروه رادیاتورهای فولادی قرار می‌گیرند.
 رادیاتورهای پنلی مانند رادیاتورهای آلومینیومی روی دیوار نصب
 می‌شوند آب در سطح جلو و عقب جریان دارد. وجود فاصله بین
 دو سطح جلو و عقب با یک یا دو ردیف کنوکتور باعث جریان هوا
 از پایین به بالا در بین دو سطح شده و راندمان گرمایی آن افزایش
 می‌یابد (شکل ۴-۹).



(ب)

شکل ۴-۹- رادیاتور پنلی

۱۶۰۰، ۲۰۰۰، ۲۲۰۰، ۲۴۰۰ و ۲۶۰۰ میلی‌متر خواهد بود.^۲
 هر یک از مدل‌های رادیاتور ممکن است تک پنل^۳، یک کنوکتور^۴،
 دو پنل^۵، دو کنوکتور^۶ مطابق شکل ۴-۱۰ باشد.

۴-۳-۱ انتخاب رادیاتور پنلی: بار گرمایی رادیاتور
 پنلی بر اساس اختلاف دمای 6°C بین دمای متوسط آب رفت و
 برگشت با هوای اتاق تعیین شده است. اگر اختلاف دمای یاد شده

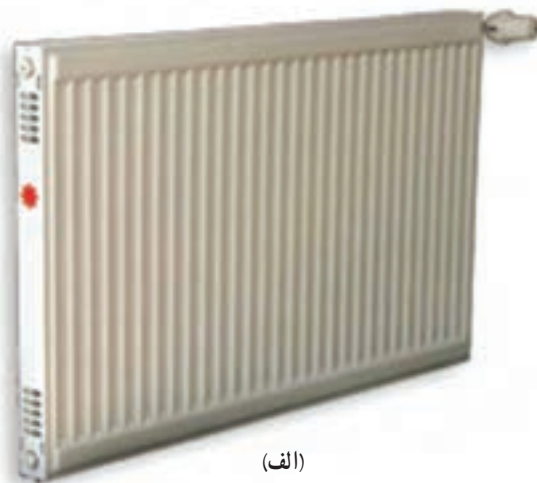
۴-۲-۲ انتخاب رادیاتور آلومینیومی: کارخانه‌های

سازنده رادیاتور آلومینیومی نیز قدرت حرارتی استاندارد هر پره
 رادیاتور تولیدی خود را در جدولی ارائه می‌نمایند که با استفاده از
 آنها به سادگی می‌توان تعداد پره مورد نیاز یک محل را تعیین نمود.

در جدول مربوط به شکل‌های ۴-۷ و ۴-۸ قدرت هر
 پره رادیاتورهای مختلف با شرایط استاندارد برحسب سه واحد:
 وات، کیلوکالری بر ساعت و بی‌تی‌یو بر ساعت داده شده است.

مثال: تلفات حرارتی اتاقی ۲۴۰۰ وات است اگر بخواهیم
 از رادیاتور آلومینیومی مدل «تمپو ۵۰۰» استفاده کنیم چند پره
 رادیاتور ۱۶۲ باید در این اتاق نصب گردد؟

پاسخ: در جدول رادیاتور مدل تمپو قدرت حرارتی هر پره
 این رادیاتور ۱۶۲ وات است، بنابراین:



(الف)

در جدول ۴-۳ مشخصات رادیاتورهای پنلی تولید یکی
 از کارخانه‌های داخلی آورده شده است. همان‌طور که در جدول
 مشاهده می‌شود این رادیاتورها در مدل‌های گوناگون تولید
 می‌شوند. هر مدل بر اساس ارتفاع و طول رادیاتور معین می‌شود.
 ارتفاع رادیاتور یکی از اعداد ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ میلی‌متر
 است و طول آنها هم یکی از مقادیر ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۴۰۰،

۱- Panel radiator

۲- Single

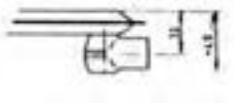
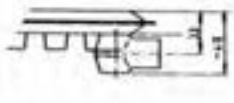
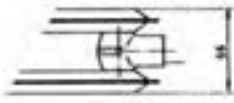

۳- Single convcter

۴- Double

۵- Double convcter

۲- برخی از کارخانه‌ها ارتفاع را ثابت و برابر ۶۰۰ میلی‌متر گرفته‌اند.

جدول ۳-۴- مشخصات یک نمونه رادیاتور پبلی

Model																	
	SINGLE		SINGLE CONVECTOR		DOUBLE		DOUBLE CONVECTOR		SINGLE		SINGLE CONVECTOR		DOUBLE		DOUBLE CONVECTOR		
	Height mm	Length mm	H.surface m ²	Heat Emission Watts/h	Heat Emission kcal/h	H.surface m ²	Heat Emission Watts/h	Heat Emission kcal/h	H.surface m ²	Heat Emission Watts/h	Heat Emission kcal/h	H.surface m ²	Heat Emission Watts/h	Heat Emission kcal/h	H.surface m ²	Heat Emission Watts/h	Heat Emission kcal/h
Height 400 mm	800	.74	357	307	1.09	564	485	1.48	714	614	2.18	1127	970				
	1000	.93	516	444	1.37	782	672	1.86	1033	888	2.74	1564	1345				
	1200	1.11	601	516	1.63	910	783	2.22	1202	1033	3.26	1820	1565				
	1400	1.30	731	629	1.92	1104	949	2.60	1462	1257	3.84	2208	1898				
	1600	1.48	835	718	2.19	1262	1085	2.96	1670	1436	4.38	2524	2170				
	1800	1.67	932	802	2.47	1407	1210	3.34	1864	1604	4.94	2814	2420				
	2000	1.85	1044	898	2.74	1579	1358	3.70	2088	1796	5.48	3158	2716				
	2200	2.05	1124	967	3.02	1699	1461	4.09	2248	1933	6.04	3398	2922				
	2400	2.23	1253	1077	3.29	1895	1630	4.46	2506	2154	6.58	3980	3260				
	2600	2.42	1345	1156	3.57	2033	1748	4.84	2690	2313	7.14	4066	3496				
Height 500 mm	800	.93	415	357	1.28	654	562	1.85	830	714	2.58	1308	1124				
	1000	1.16	600	516	1.60	907	780	2.32	1200	1032	3.20	1814	1560				
	1200	1.39	698	600	1.92	1056	908	2.78	1396	1200	3.84	2112	1816				
	1400	1.62	842	724	2.24	1281	1102	3.25	1698	1448	4.48	2563	2204				
	1600	1.86	970	834	2.57	1464	1259	3.71	1970	1668	5.14	2929	2518				
	1800	2.09	1082	931	2.89	1632	1403	4.18	2164	1862	5.78	3264	2806				
	2000	2.32	1213	1043	3.21	1832	1575	4.64	2426	2086	6.42	3664	3151				
	2200	2.55	1306	1123	3.52	1971	1695	5.10	2612	2246	7.04	3943	3390				
	2400	2.78	1455	1251	3.87	2198	1890	5.57	2910	2502	7.68	4396	3781				
	2600	3.02	1562	1343	4.17	2359	2028	6.03	3124	2687	8.34	4718	4057				
Height 600 mm	800	1.11	482	414	1.70	733	631	2.22	963	829	3.40	1468	1263				
	1000	1.39	695	598	2.13	1016	874	2.78	1391	1196	4.26	2032	1748				
	1200	1.67	810	697	2.56	1183	1017	3.34	1621	1393	5.12	2366	2034				
	1400	1.94	985	847	2.96	1435	1234	3.89	1970	1694	5.92	2870	2468				
	1600	2.23	1125	968	3.41	1640	1411	4.45	2251	1936	6.82	3280	2821				
	1800	2.50	1255	1079	3.83	1828	1572	5.00	2510	2157	7.66	3656	3145				
	2000	2.78	1407	1210	4.26	2052	1765	5.56	2814	2420	8.52	4105	3630				
	2200	3.06	1515	1303	4.68	2208	1899	6.12	3030	2608	9.36	4417	3799				
	2400	3.34	1688	1452	5.11	2462	2117	6.67	3377	2905	10.22	4824	4234				
	2600	3.62	1812	1558	5.54	2642	2272	7.23	3624	3167	11.08	5285	4544				
Height 700 mm	800	1.29	655	563	1.88	910	782	2.58	1310	1125	3.76	1820	1565				
	1000	1.61	818	703	2.35	1137	977	3.23	1635	1405	4.70	2275	1955				
	1200	1.94	980	843	2.83	1366	1175	3.87	1961	1688	5.64	2733	2350				
	1400	2.26	1144	984	3.29	1592	1369	4.52	2289	1967	6.59	3184	2738				
	1600	2.58	1307	1124	3.76	1820	1565	5.16	2614	2248	7.52	3640	3130				
	1800	2.90	1470	1264	4.23	2047	1760	5.81	2940	2529	8.46	4095	3520				
	2000	3.23	1634	1405	4.71	2280	1960	6.45	3268	2810	9.41	4559	3920				
	2200	3.55	1798	1548	5.17	2502	2151	7.10	3596	3091	10.35	5004	4302				
	2400	3.87	1961	1686	5.64	2730	2347	7.74	3922	3372	11.28	5460	4694				
	2600	4.19	2125	1827	6.11	2957	2543	8.39	4250	3653	12.22	5915	5081				

یعنی $(\Delta t_m - t_r)$ برابر $6^\circ C$ باشد می توان با داشتن بار گرمایی، با توجه به تناسب رادیاتور با ابعاد اتاق مدل رادیاتور را از روی جدول انتخاب نمود. اگر $\Delta t_m - t_r$ غیر از $6^\circ C$ باشد ابتدا باید سطح حرارتی را به روش گفته شده حساب کرد و پس از آن به جدول مربوطه برای انتخاب مدل مراجعه نمود.

مثال: بار گرمایی اتاق $3000W$ است مدل رادیاتور پنلی یک کنوکتور را تعیین کنید. اگر ارتفاع رادیاتور 600 میلی متر انتخاب شود.

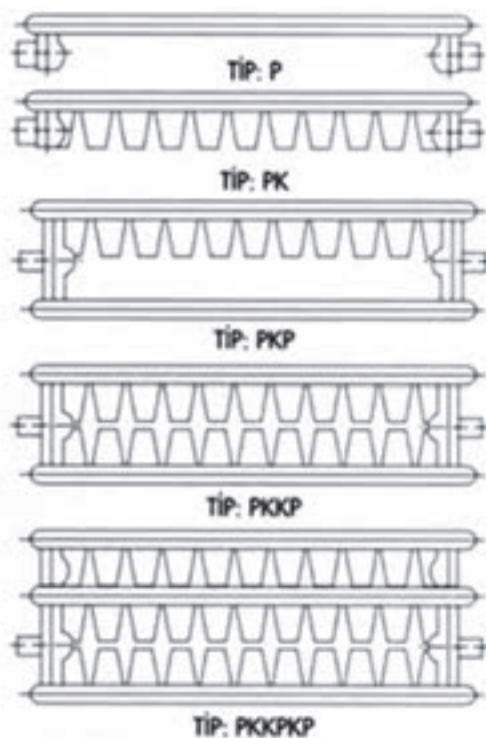
حل: با توجه به اینکه بزرگترین رادیاتور با ارتفاع 600 میلی متر در شرایط جدول $2642W$ گرمادهی دارد. بنابراین به بیش از یک بلوک رادیاتور از این مدل نیاز داریم.

$$\frac{3000}{2} = 1500W$$

رادیاتوری که می تواند جوابگوی $1500W$ باشد مدل 1600×600 است بنابراین دو بلوک از این رادیاتور باید انتخاب شود.

مثال: سطح حرارتی محاسبه شده $4m^2$ است. مدل رادیاتور پنلی از نوع یک کنوکتور را تعیین کنید.

حل: هر یک از رادیاتورهای 700×1800 ، 600×2000 ، 500×2600 پاسخ مسئله است اگر بخواهیم از دو بلوک رادیاتور استفاده کنیم. هر یک از مدل های 700×1000 ، 600×1000 ، 500×1400 ، 400×1600 جواب مسئله خواهد بود.



P: یک پنل

PK: یک کنوکتور

PKP: دو پنل

PKKP: دو کنوکتور

شکل ۱۰-۴- ساختمان انواع رادیاتور پنلی

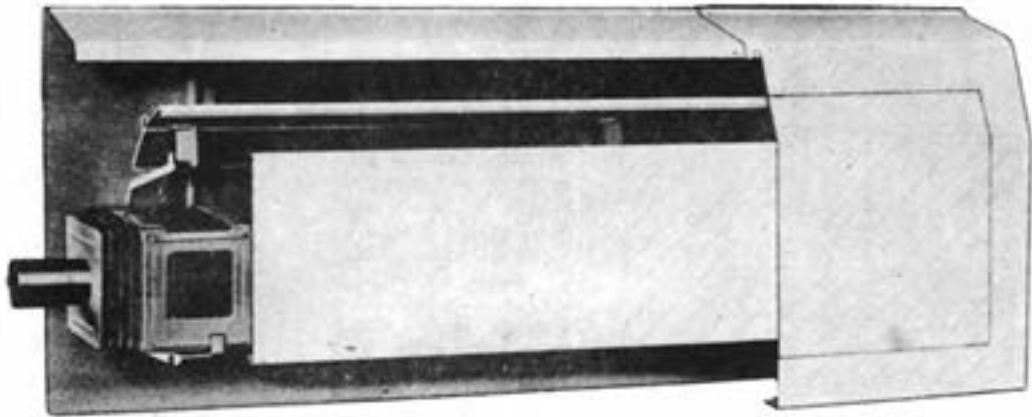
۴-۴- کنوکتور^۱ و ساختمان آن

«کنوکتور» از یک یا چند لوله پره دار که در داخل محفظه‌ای قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. این دستگاه در اندازه‌های مختلفی از نظر طول، ارتفاع و پهنا ساخته می‌شود. لوله‌های پره دار ممکن است از نوع لوله‌های آهنی و یا غیر آهنی مانند لوله‌های مسی باشند. هوا از قسمت پایین وارد و پس از گرم شدن به روش جابه‌جایی از دریچه بالا خارج شده، وارد فضای مورد نظر می‌شود. در محل خروج هوا از کنوکتور «دمپری» وجود دارد که به وسیله آن می‌توان مقدار جریان هوا و در نتیجه قدرت حرارتی کنوکتور را تنظیم کرد (شکل ۴-۱۱).

کاربرد کنوکتور در جایی که از آب داغ و یا بخار به عنوان حامل انرژی حرارتی استفاده می‌شود مناسب است، زیرا به علت داشتن پوشش بر روی لوله‌ها امکان تماس بدن با سطوح داغ لوله‌ها و پره‌ها وجود ندارد. در شکل ۴-۱۲ یک نوع کنوکتور نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۱- لوله پره دار



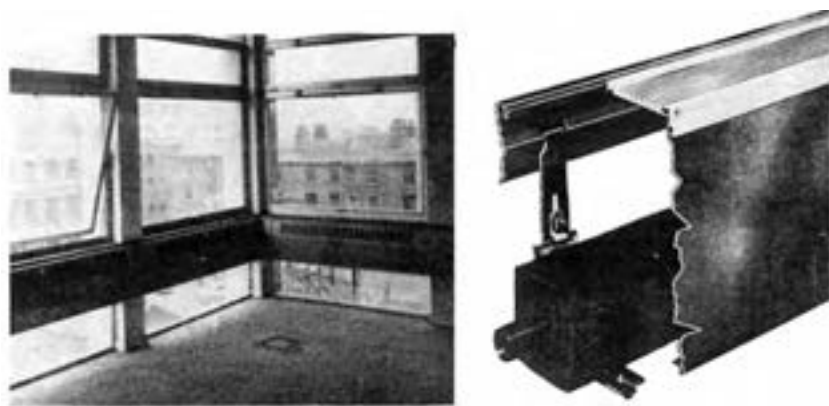
شکل ۴-۱۲- یک نوع کنوکتور

هوا، سایر قسمت‌های جلوی آن با مصالح ساختمانی (نظیر رایبتس و گچ و خاک) پوشیده شده، مانند سایر قسمت‌ها، نازک کاری و رنگ می‌شود؛ در این صورت باید پیش‌بینی لازم برای پیاده کردن لوله‌ها جهت انجام تعمیرات به عمل آید و یا اینکه در جلوی آن، صفحات برداشتنی فلزی و یا چوبی نصب گردد. در شکل ۴-۱۳ یک نوع کنوکتور بدون کابینت نشان داده شده است.

۴-۴-۱- انواع کنوکتور: به طور کلی کنوکتورها در دو نوع: «روکار» و «توکار» ساخته می‌شوند. در نوع روکار آن، لوله‌ها توسط کارخانه سازنده در داخل کابینتی نصب می‌گردد. نوع توکار آن بدون کابینت است. به عبارت دیگر فقط لوله‌های پره دار است که در محل فرورفتگی دیوار، بر روی آن نصب می‌شود و با پیش‌بینی دریچه‌ای در پایین و بالا برای ورود و خروج

۱- Convector

۱- Cabinet type



شکل ۱۳-۴- کنوکتور بدون کابینت

۵-۴- یونیت هیتر^۱ و ساختمان آن

و به جریان انداختن هوا در داخل فضای گرم شونده را عهده‌دار است. این فن برحسب ظرفیت و فشار هوادهی ممکن است از نوع «ملخی» (پنکه‌ای) و یا «سانتری فوژ» (گریز از مرکز) باشد.

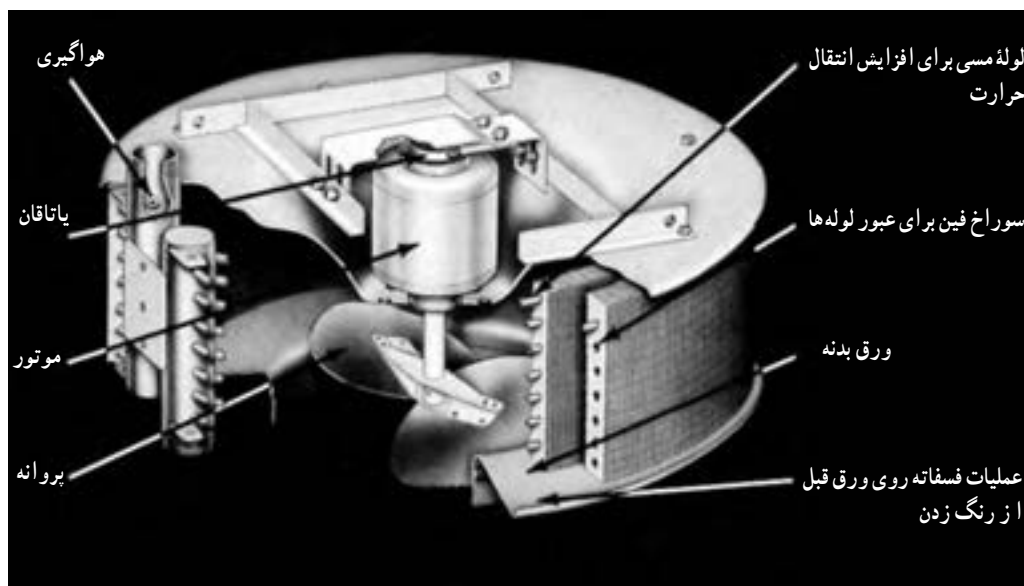
۳- پره‌های جهت دهنده هوا، که به وسیله آنها می‌توان هوای خروجی از یونیت هیتر را به قسمت‌های مختلف محل گرم شونده هدایت نمود.

۴- کابینت و یا محفظه، که پروانه و کوپل در داخل آن و پره‌های جهت دهنده هوا بر روی آن نصب می‌گردند. در شکل ۱۴-۴ یک دستگاه یونیت هیتر نشان داده شده است.

«یونیت هیتر» یا واحد گرم کننده، دستگاهی است که از آن برای گرم کردن فضاهای بزرگ (نظیر سالن‌های سرپوشیده ورزشی، سالن‌های کارخانه‌ها و غیره) استفاده می‌شود. هر دستگاه یونیت هیتر از قسمت‌های مختلفی به شرح زیر تشکیل شده است:

۱- «کویل» یا لوله‌های پره‌دار، که در داخل آن آب گرم، آب داغ و یا بخار به عنوان حامل انرژی حرارتی جریان دارد. برحسب نوع یونیت هیتر، کوپل ممکن است صاف، مکعبی شکل، گرد و یا دایره‌ای شکل باشد.

۲- «پروانه» و یا «فن»، که وظیفه عبور دادن هوا از روی کوپل



شکل ۱۴-۴- یک دستگاه یونیت هیتر

۱-۵-۴ انواع یونیت هیتر : یونیت هیترها به روش‌های مختلفی به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند :

۱- از نظر واسطه و انرژی حرارتی : در این طبقه‌بندی، یونیت هیتر به انواع آبی، بخار آبی و برقی تقسیم‌بندی می‌شوند.

۲- از نظر نوع پروانه (فن) : در این طبقه دسته‌بندی، یونیت هیترها به انواع با پروانه ملخی^۱ (پروانه پنکه‌ای) و با پروانه ساتتری فوز دسته‌بندی می‌شوند.

۳- از نظر ترتیب قرار گرفتن قطعات : در این روش،

یونیت هیترها به نوع مکنده (که هوا به وسیله پروانه از روی کویل مکیده می‌شود) و نوع دمنده (که در آن هوا به وسیله فن بر روی کویل دمیده می‌شود) تقسیم‌بندی می‌شوند.

۴- از نظر محل نصب : در این نوع طبقه‌بندی، یونیت هیترها به انواع «سقفی آویزی» و «دیواری» تقسیم‌بندی می‌شوند. در نوع سقفی آویزی جریان هوا می‌تواند افقی یا عمودی باشد و در نوع دیواری دستگاه بر روی دیوار نصب شده و هوا به وسیله هدایت‌کننده‌هایی به صورت افقی پخش می‌شود. در شکل ۴-۱۵ یک نوع یونیت هیتر نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۵- یونیت هیتر سقفی آویزی با جریان افقی هوا

۳-۵-۴ انتخاب یونیت هیتر : کارخانه‌های سازنده، یونیت هیترهای تولیدی خود را در شرایط استاندارد و با در شرایط دیگری که مشخص می‌کنند، در جدولی برای مدل‌های مختلف ارائه می‌نمایند که با استفاده از جدول و توجه به فاکتور مهم ذکر شده در زیر، می‌توان تعداد و مدل یونیت هیتر مناسب برای محل گرم‌شونده را تعیین نمود :

۱- حامل انرژی حرارتی؛ (که معمولاً آب و با بخار آب است.)

۲-۵-۴ کاربرد یونیت هیتر : یونیت هیترها برای گرم کردن فضاها (ظرف سالن‌های ورزشی و سالن‌های کارخانه‌ها) به دلایل ذکر شده در زیر، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱- داشتن قدرت حرارتی زیاد؛

۲- جاگیری کمتر مخصوصاً در مدل‌های دیواری و سقفی؛

۳- توزیع بهتر هوای گرم؛

۴- سرعت زیاد در گرم کردن فضا.

۲- نوع یونیت هیتر مناسب؛

۳- محل مناسب قرارگرفتن یونیت هیتر از نظر توزیع بهتر هوا و حرارت؛

۴- سطح مجاز صدا؛ (شاید پرداختن به مسئله صدا مربوط به بحث این کتاب نباشد. بنابراین فقط به طور خلاصه می‌توان بیان کرد که صدای حاصل از کارکردن پروانه یونیت هیتر نباید به صورتی باشد که برای افراد ایجاد ناراحتی بنماید. اگرچه احتمالاً سر و صدای حاصل از کارکردن ماشین‌آلات در کارخانه‌ها و سر و صدای حاصل از افراد و وسایل ورزشی در سالن‌های ورزشی به تنهایی بیش از سر و صدای حاصل از کارکردن پروانه‌های یونیت هیترها باشد.)

۵- ظرفیت حرارتی هر دستگاه یونیت هیتر؛

۶- نیاز به انجام تصفیه مکانیکی هوا و یا عدم نیاز به آن.

۴-۶- فن کویل^۱ و ساختمان آن

دستگاه پخش‌کننده حرارت است و از دو قسمت اصلی فن و کویل تشکیل شده، نام آن هم از ترکیب نام همین دو قطعه به دست آمده است. قطعات دیگر فن کویل عبارت‌اند از: فیلتر، کلید و کابینت.

فن: کار فن گرفتن هوای محل گرم‌شده و هوای تازه، عبور آن از روی کویل و به جریان انداختن هوا (توزیع گرما) در محل است. فن فن کویل‌ها معمولاً از نوع سانتری فوژ (گریز از مرکز) هستند و هر فن کویل بسته به ظرفیت آن دارای یک و یا چند عدد فن است.

کویل: کویل که در زمستان معمولاً آب گرم در داخل آن جریان می‌یابد و وظیفه انتقال گرما از آب به هوا را به عهده دارد. بر روی لوله‌های کویل به منظور بیشتر شدن سطح تبادل حرارت (انجام تبادل حرارت بیشتر بین آب و هوا) پره‌هایی به نام «فین» (FIN) نصب می‌کنند.

فیلتر: فیلتر فن کویل از نوع فیلتر خشک قابل شست و شو است و کار آن تصفیه فیزیکی هوا است. جای صحیح نصب فیلتر

در داخل فن کویل در محل ورود هوا به فن است. فن کویل‌هایی هم وجود دارد که فیلتر آنها بعد از فن در پشت کویل قرار داده شده، که به نظر مؤلف صحیح نیست چون قبل از آن که ذرات و مواد به فیلتر برسد و به وسیله آن گرفته شود، در داخل پره‌های پروانه قرار می‌گیرد، در نتیجه ظرفیت هوادهی پروانه و قدرت حرارتی فن کویل را کم می‌کند، فن را از بالانس می‌اندازد، باعث ایجاد صدا و لرزش می‌شود و ...

کلید: کلید فن کویل از نوع «سلکتوری» و معمولاً چهارحالتی است که به وسیله آن می‌توان موتور فن کویل را با سرعت مورد نظر مورد استفاده قرار داد.

طشتک: «طشتک» و یا «سینی»، قطعه‌ای است که در زیر کویل نصب می‌گردد و کار آن جمع‌آوری آب‌هایی است که در زمان هواگیری کویل از آن خارج می‌گردد 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 ۱۶-۴ قسمت‌های مختلف یک فن کویل نشان داده شده است.

۱-۶-۴- انواع فن کویل: فن کویل‌ها را به دو صورت تقسیم بندی می‌کنند: یکی از نظر مقدار هوادهی پروانه و دیگری از نظر شکل ظاهری و محل نصب.

انواع فن کویل از نظر مقدار هوادهی: مدل‌های مختلف فن کویل در این طبقه بندی عبارت‌اند از:

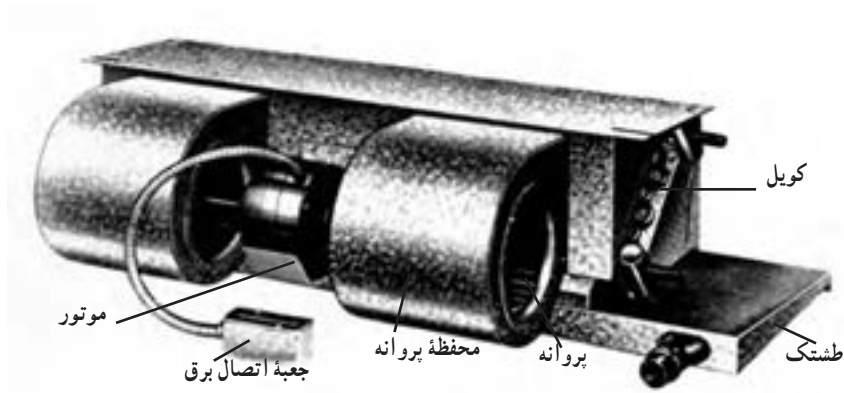
۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ سی افام (CFM)^۲

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.

۱- فن کویل‌های زمینی روکار که خود به دو نوع خروجی هوا از بالا و خروجی هوا از جلو تقسیم می‌شوند.

۱- Fancoil

۲- فوت مکعب در دقیقه CFM

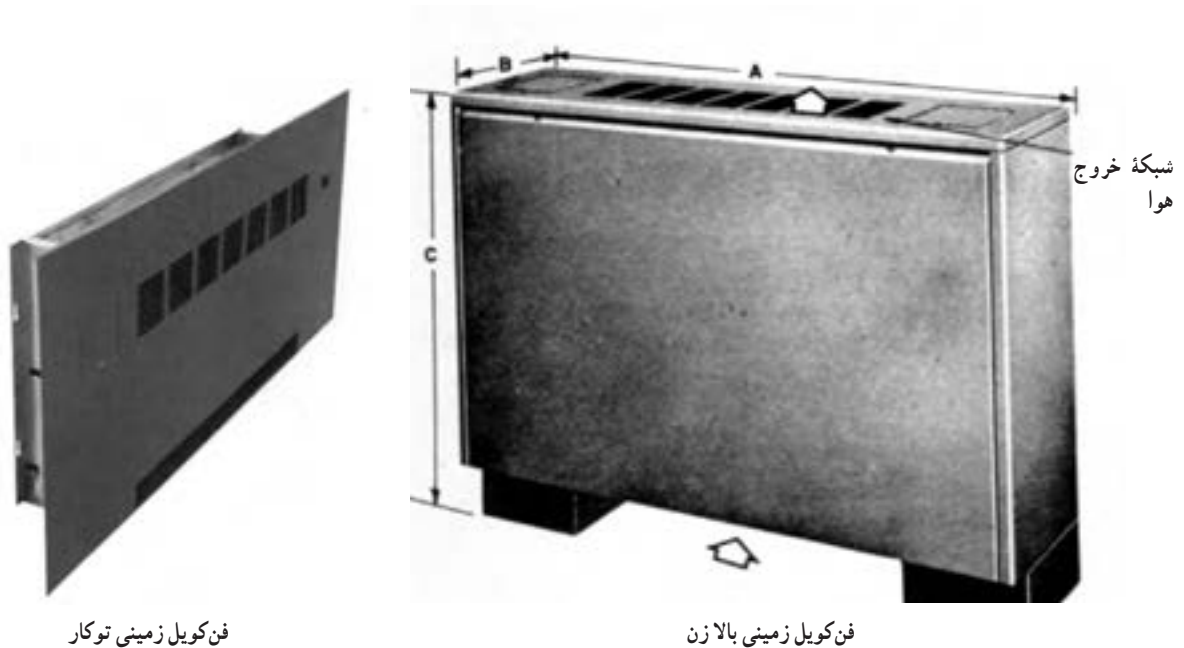


شکل ۱۶-۴- قسمت های مختلف یک فن کویل سقفی بدون کابینت

۲- فن کویل های زمینی توکار که داخل فرورفتگی دیوار نصب می شوند و فقط صفحه جلوی آن دیده می شود. این مدل فن کویل به اجبار با خروجی هوا از جلو است.

۳- فن کویل های سقفی که این مدل نیز دارای یک نوع روکار (با کابینت) و یک نوع توکار (بدون کابینت) است. ۴- فن کویل کانالی که این مدل قدرت هوادهی و حرارتی بالایی دارد و در جلوی دهانه خروجی هوا از آن، یک سیستم کانال کشی هوای رفت تعبیه شده که هوا را به قسمت های مختلف

۵- دسته بندی فن کویل ها از نظر موقعیت لوله های کویل: در این طبقه بندی اگر شخص ناظر رو به فن کویل ایستاده باشد لوله های کویل سمت راست شخص باشد آن را فن کویل دست راست و اگر لوله ها سمت چپ شخص باشد آن را فن کویل دست چپ می نامند. در شکل ۱۷-۴ چند مدل مختلف فن کویل نشان داده شده است.



فن کویل زمینی توکار

فن کویل زمینی بالازن



شبکه خروج
هوا



فن کویل سقفی توکار

شکل ۱۷-۴- چند مدل مختلف فن کویل

فن کویل محل‌هایی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرند در صرفه‌جویی انرژی و کمتر آلوده شدن محیط زیست، زمانی کاملاً محسوس است که به صورت کلان و در سطح کشور مورد بررسی قرار گیرد.

۸-۴- کف گرمایی^۱

در فرایند گرمایش از کف در حدود ۵۰ درصد انتقال گرما به صورت تابش انجام می‌گیرد. که در مقایسه با سایر سیستم‌های گرمایش در صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی مؤثر است. در سیستم گرمایش از کف که برای مناطق سردسیر مناسب است، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود، که عبارت‌اند از:

۱- سیستم گرمایش از کف با آب گرم

۲- سیستم گرمایش از کف با جریان الکتریسیته

۳- سیستم گرمایش از کف با هوای گرم

به دلیل اینکه هوا نمی‌تواند گرمای زیادی را در خود نگاه دارد، سیستم گرمایش از کف با هوای گرم چندان مقرون‌به‌صرفه نیست و همچنین در روش گرمایش از کف با جریان الکتریسیته با توجه به گرانی انرژی الکتریکی مقرون به صرفه نمی‌باشد. در مقایسه با روش‌های ذکر شده سیستم گرمایش از کف با آب گرم نسبتاً مقرون‌به‌صرفه بوده، و به همین دلیل در دنیا مورد استفاده

۷-۴- صرفه‌جویی در انرژی

با به کار بستن موارد ذکر شده در زیر، می‌توان در انرژی مصرفی صرفه‌جویی نمود:

الف) با بستن شیر رادیاتور هر محل، در زمانی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، در این صورت:

۱- تلفات حرارتی ساختمان کاهش می‌یابد، در نتیجه مصرف سوخت (گازوئیل و یا گاز) کم تر شده، محیط زیست نیز کمتر آلوده می‌شود.

۲- مصرف انرژی برق کاهش می‌یابد.

ب) با خاموش کردن فن کویل هر محل، در زمانی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، در این صورت:

۱- مصرف انرژی برق کاهش می‌یابد.

۲- تلفات حرارتی ساختمان کاهش می‌یابد، در نتیجه مصرف سوخت کمتر می‌شود.

به دلیل کم شدن مصرف انرژی برق (قسمت زیادی از انرژی برق تولیدی کشور در نیروگاه‌های حرارتی با سوزاندن سوخت‌های فسیلی تولید می‌گردد.) و همچنین به دلیل کم شدن تلفات حرارتی ساختمان، محیط زیست نیز کمتر آلوده می‌شود.

توجه: تأثیر بستن شیر فلکه رادیاتورها و خاموش کردن فن

۱- Under floor heating

قرار گرفته و متداول می باشد (شکل های ۱۸-۴).

امروزه کمتر استفاده می شود و به همین دلیل استفاده از لوله های پلیمری Pex یا Pex-Al-Pex با اقبال بیشتری در کف گرمایی مواجه شده اند.

در این سیستم گرمایش، معمولاً دمای آب گرم موجود در لوله ها بین ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتی گراد بوده، که در مقایسه با سایر روش های موجود که دمای آب در حال گردش بین ۶۵ تا ۹۰ درجه سانتی گراد است، صرفه جویی در مصرف انرژی محسوس است. استفاده گرمایش از کف موجب حذف وسایل تبادل حرارت از قبیل رادیاتورها و فن کویل ها گشته و امکان تغییر دکوراسیون محل زندگی را بیشتر می کند. و همچنین نارضایتی که از سیاه شدن (کثیف شدن) اطراف رادیاتورها به وجود می آید برطرف خواهد کرد.

جهت کنترل دقیق دمای طرح داخل برای دستیابی به شرایط آسایش گرمایی در هر پروژه از تعدادی مدار موازی جهت طراحی سیستم گرمایش از کف استفاده می شود. برای توزیع آب گرم تولید شده بین مدارهای موازی و برگشت آب از همان مدارها به سیستم مرکزی از منیفولدهای رفت و برگشت استفاده می شود. محل نصب منیفولدهای رفت و برگشت در قسمتی از پلان است که مدارهای هم طول را ایجاد کند. از مزایای استفاده از مدارهای موازی عبارت است از افت فشار کمتر در طول مسیر و در عین حال استقلال فضاهای مختلف که لازم است در نحوه کنترل دما به صورت مستقل عمل کنند.

۱-۸-۴- طرح سیستم کف گرمایی: لوله کشی با آب

گرم با لوله های زیر انجام می پذیرد.

۱- لوله کشی با آب گرم و با لوله های مسی

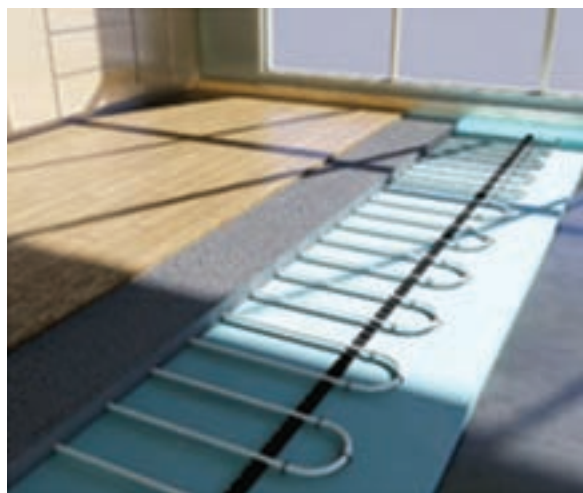
۲- لوله کشی با آب گرم و با لوله های فولادی

۳- لوله کشی با آب گرم و با لوله های پلیمری

در لوله کشی با آب گرم لوله های مسی به علت بالا بودن

قیمت لوله های مسی و لوله های فولادی به دلیل پوسیدگی احتمالی

به علت محدودیت در افت دمای آب ورودی توصیه می شود حداکثر افت دما ۱۵ درجه فارنهایت یا ۸ سانتی گراد باشد. طول مدارهای سیستم های گرمایش از کف از مقادیر ارائه شده در جدول ۴-۴ بیشتر نباشد.

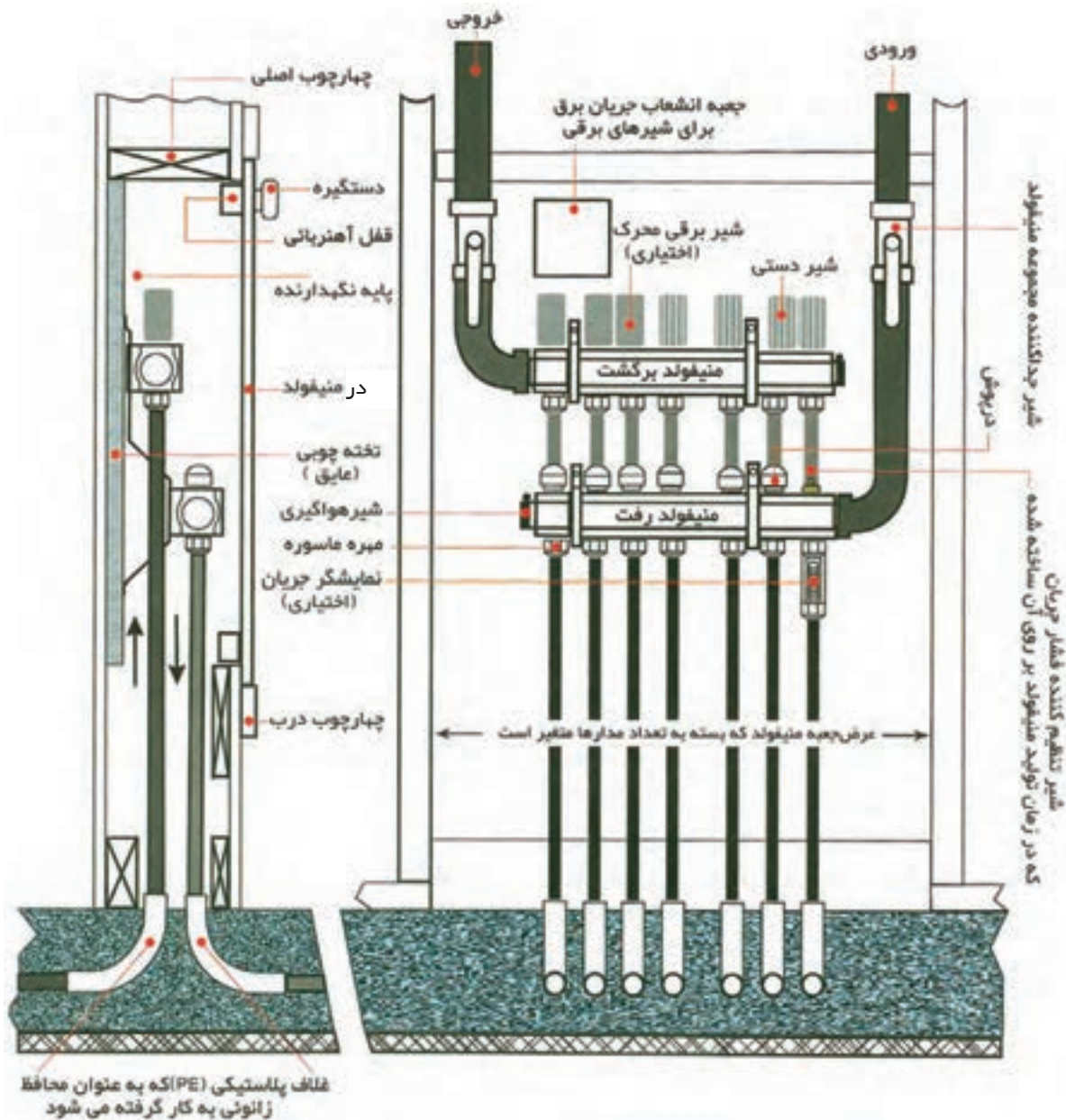


شکل ۱۸-۴- اجرای سیستم کف گرمایی در یک اتاق

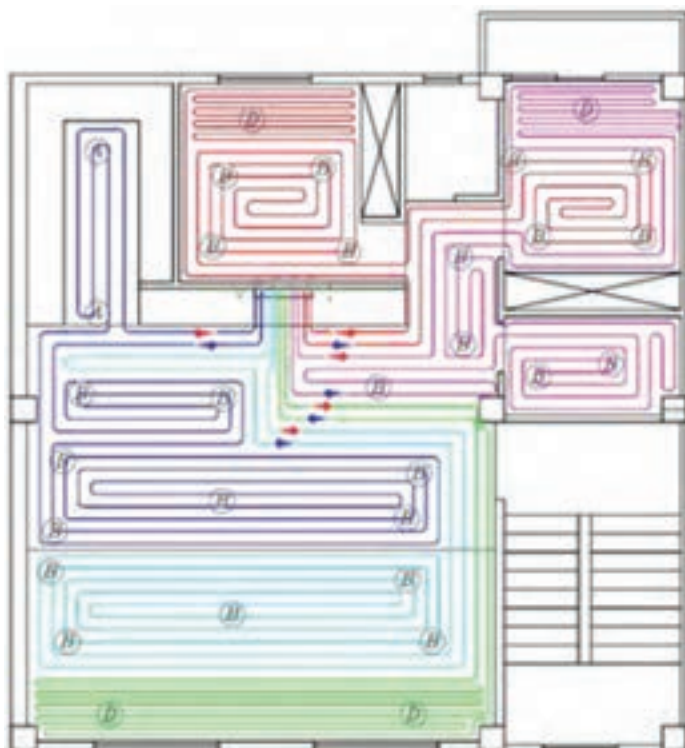
جدول ۴-۴ طول پیشنهادی هر مدار

حد اکثر طول هر مدار m (ft)	طول پیشنهادی هر مدار m (ft)	حجم L / m (US gal / ft)	وزن g / m (lb / ft)	ضخامت جداره mm (in)	قطر خارجی لوله mm (in)	قطر داخلی لوله mm (in)	سایز اسمی لوله mm (in)
76 (250)	80 (200)	0.064 (0.006)	30 (5.4)	1.60 (0.063)	12 (0.47)	9 (0.35)	5-12 (3.8)
106 (350)	90 (300)	0.113 (0.008)	101 (6.8)	1.65 (0.065)	16 (0.63)	12 (0.47)	10-16 (1.2)
152 (500)	122 (400)	0.201 (0.016)	150 (10.1)	1.9 (0.075)	20 (0.79)	16 (0.63)	15-20 (3.8)
182 (600)	152 (500)	0.314 (0.025)	203 (13.7)	2.25 (0.089)	25 (0.98)	20 (0.79)	20-25 (1.4)

شکل ۴-۱۹ الف یک مینیفولد و شکل ۴-۱۹ ب پلان است نشان می دهد. ساختمان یک طبقه ای را که سیستم کف گرمایی در آن اجرا شده



شکل ۴-۱۹ الف - نمایی از مجموعه منیفولد سیستم گرمایش از کف



طول مدار شماره ۱ ۸۸m

طول مدار شماره ۲ ۸۷m

طول مدار شماره ۳ ۹۲m

طول مدار شماره ۴ ۹۱m

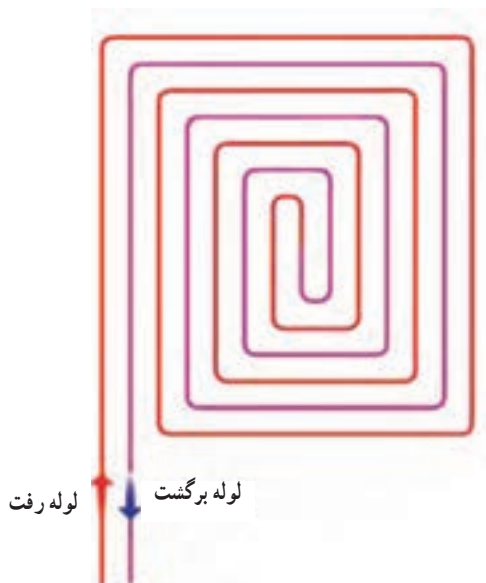
طول مدار شماره ۵ ۹۳m

شکل ۱۹-۴-ب - نمونه‌ای از نقشه طراحی شده

درب‌ها و پنجره‌ها انجام شده باشد. همچنین گچ کاری داخل ساختمان تا ۳۰ سانتی‌متر بالای کف نهایی کاملاً تکمیل شده باشد. در صورت اجرای سیستم‌های لوله‌کشی برق و مکانیک روی کف ساختمان، باید پس از تست آنها، سایر اجزاء و قطعات سیستم‌های مذکور کاملاً پوشانده شوند و سطح تراز برای نصب عایق گرمایی فراهم گردد. توجه داشته باشید هر نوع برآمدگی در سطح تراز مجاز نمی‌باشد. از شن طبیعی و ماسه نمی‌توان برای تراز کردن کف استفاده نمود.

حداکثر اختلاف طول مجاز در مدارهای یک منیفولد بدون قابلیت تنظیم ۱۰ درصد می‌باشد. مثلاً اگر کوتاه‌ترین مدار ۱۰۰ متر باشد بلندترین مدار نمی‌تواند از ۱۱۰ متر بیشتر باشد. توجه داشته باشید از اتصال در مدار سیستم گرمایش از کف فقط و فقط در ورودی و خروجی منیفولد مجاز می‌باشد و نصب مدارهای دو تکه در لوله‌های پلیمری به هیچ عنوان مورد تأیید نمی‌باشد. قبل از اجرای لوله‌کشی گرمایش از کف بایستی نصب چهارچوب تمام‌ورودی‌ها و خروجی‌های ساختمان مانند چهارچوب

برگشت به صورت حلقه در کنار هم قرار می‌گیرند. این روش اجرا، به راحتی انجام می‌گیرد و با توجه به تعادل حرارتی که در این روش در کف انجام می‌گیرد، بیشتر مورد توجه است (شکل ۲۱-۴).



شکل ۲۱-۴- آرایش حلزونی کف گرمایی

۲-۸-۴- انواع آرایش سیستم لوله‌کشی گرمایش از کف: در حالت کلی دو آرایش لوله در اجرای سیستم گرمایش از کف وجود دارد:

۱- روش مارپیچی: در فضاهایی که در معرض نفوذ هوای سرد قرار دارند، حتماً لوله‌کشی باید به صورت مارپیچ اجرا شود. بدین صورت که ابتدا لوله به مرز سرد رفته و با توجه به نوع طراحی، فاصله مرز سرد را مارپیچ اجرا می‌نمایم.

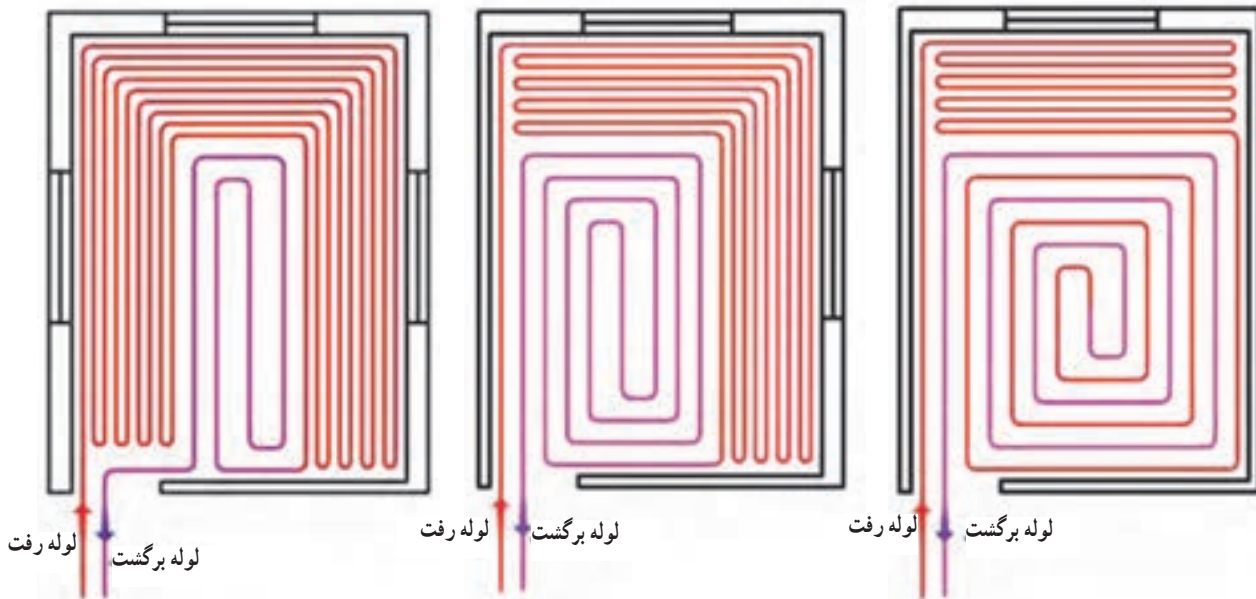
در این روش به دلیل کنار هم بودن لوله‌ها با دمای بالا، شار حرارتی بیشتری ایجاد شده و تأمین آسایش، بهتر صورت می‌گیرد (شکل ۲۰-۴).



شکل ۲۰-۴- آرایش مارپیچی (کویلی) کف گرمایی

با توجه به وجود مرز سرد در یک دیوار، دو دیوار و یا سه دیوار در یک فضا، آرایش لوله‌های گرمایش از کف می‌تواند به صورت یکی از روش‌های ترسیم شده در شکل ۲۲-۴ باشد.

۲- روش حلقه‌ای (حلزونی): روش دیگر اجرا، روش حلزونی یا همان روش حلقه‌ای است که در آن لوله‌های رفت و



لوله‌کشی با سه مرز سرد

لوله‌کشی با دو مرز سرد

لوله‌کشی با یک مرز سرد

شکل ۲۲-۴- آرایش لوله‌ها در سیستم کف گرمایی با توجه به مرز سرد

۳-۸-۴- محاسبه مقدار شار گرمایی : با داشتن

مقدار گرمای مورد نیاز جهت تأمین شرایط آسایش ساکنان و سطح خالص گرمایش از کف، مقدار شار گرمایی به دست می آید. قابل توجه است که سطح خالص گرمایش از کف شامل سطوح کف کمدها، زیر کابینت ها و یخچال ها نمی باشد.

بنابراین مقدار شار گرمایی عبارت است از مقدار انرژی گرمایی مورد نیاز در واحد سطح خالص گرمایش از کف. اگر مقدار انرژی گرمایی بر حسب وات (W) و سطح خالص بر حسب m^2 (مترمربع) باشد مقدار شار گرمایی با واحد W/m^2 محاسبه می گردد.

$$(w) \text{ انرژی گرمایی مورد نیاز فضا} \\ (m^2) \text{ سطح خالص گرمایش از کف} = \text{مقدار شار گرمایی } (w/m^2)$$

پارامتر مهمی که در این مرحله باید مورد بررسی قرار گیرد حداکثر دمای سطح کف می باشد. که برای هریک از مقادیر شار گرمایی با توجه به دمای اتاق از جدول ۴-۵ به دست می آید.

حداکثر دمای کف اتاق هایی که اتلاف گرمای زیادی دارند، از قبیل حمام ها و ورودی های ساختمان ۳۲ درجه سلسیوس، در نظر گرفته می شود و حداکثر دمای کف اتاق هایی که اتلاف گرمای زیادی ندارند، از قبیل آشپزخانه ها، اتاق های پذیرایی ۲۹ درجه سانتی گراد در نظر گرفته می شود.

۴-۸-۴- انتخاب فواصل بین لوله ها : فاصله بین

لوله ها در سیستم گرمایش از کف ارتباط مستقیم با مقدار شار

جدول ۴-۵- دمای سطح اتاق با توجه به شار گرمایی و دمای هوای اتاق

دمای اتاق						شار گرمایی Btu/h.ft ²
75°F	72°F	70°F	68°F	66°F	60°F	
80.0	77.0	75.0	73.0	70.0	65.0	10
82.5	79.5	77.5	75.5	72.5	67.5	15
85.5	82.0	80.0	78.0	75.5	70.0	20
87.5	84.5	82.5	80.5	77.5	72.5	25
90.0	87.0	85.0	83.0	80.0	75.0	30
92.5	89.5	87.5	85.5	82.5	77.5	35
95.0	92.0	90.0	88.0	85.0	80.0	40
97.5	94.5	92.5	90.5	87.5	82.5	45
100.0	97.0	95.0	93.0	90.0	85.0	50
102.5	99.5	97.5	95.5	92.5	87.5	55
دمای سطح مورد نیاز (°F)						

هرچند در برخی از طرح ها ممکن است از لوله های سایز ۱۲-۹ میلی متر ($\frac{3}{8}$) یا ۲۰-۱۶ میلی متر ($\frac{5}{8}$) نیز استفاده گردد.

جدول ۴-۷- محاسبات تخمینی سیستم کف گرمایی را که بیشتر متداول است نشان می دهد که از جدول ۴-۶ استخراج شده است.

گرمایی، دمای آب ورودی و آسایش ساکنان دارد که در جدول ۴-۶ فاصله پیشنهادی بین لوله ها را و دیگر پارامترهای مؤثر در کف گرمایی حالت های مختلف مسکونی و تجاری ارائه داده است. طراحی اغلب ساختمان های مسکونی و مراکز کم جمعیت تجاری با لوله های سایز ۱۶-۱۲ میلی متر ($\frac{1}{2}$) انجام می گیرد.

جدول ۴-۶ - راهنمای تخمین پارامترهای مختلف مؤثر در کف گرمایی ساختمان های مسکونی تجاری و صنعتی

مسکونی		تجاری		مسکونی		نوع کاربرد	پارامتر مؤثر					
								Imperial	Metric	Imperial	Metric	Imperial
65-70°F		13-21°C		60-72°F		15-22°C		65-72°F		18-22°C		دمای اتاق
85-120°F		30-50°C		90-140°F		32-60°C		95-140°F		35-60°C		میانگین دمای آب
70-85°F		22-29°C		75-85°F		25-29°C		75-85°F		25-29°C		دمای سطح
10-25 Btu/h.ft ²		32-80 W/m ²		15-30 Btu/h.ft ²		47.5-95 W/m ²		15-30 Btu/h.ft ²		47.5-95 W/m ²		شار گرمایی
15-20°F		8-10°C		15-20°F		8-10°C		15-20°F		8-10°C		افت دمای آب
3/4"	5/8"	20-25 mm	16-20 mm	1/2"	12-18 mm	1/2"	3/8"	12-16 mm	9-12 mm	سایز لوله مصرفی		
500 ft	400 ft	152 m	122 m	300 ft	90 m	300 ft	200 ft	90 m	60 m	طول پیشنهادی هر مدار		
1.5 gpm	1 gpm	5.7 L/m	3.8 L/m	0.75 gpm	2.8 L/m	0.75 gpm	0.35 gpm	2.8 L/m	1.3 L/m	دبی جریان برای هر مدار		
3.5-4.5 ft H ₂ O	3.5-4.5 ft H ₂ O	1-1.4 m H ₂ O	1-1.4 m H ₂ O	5-7 ft H ₂ O	1.5-2.2 m H ₂ O	6-7 ft H ₂ O	5-6 ft H ₂ O	1.5-2.2 m H ₂ O	1.5-1.8 m H ₂ O	افت فشار هر مدار		
10-14 in	8-12 in	25-35 cm	20-30 cm	8-12 in	20-30 cm	8-12 in	4-8 in	20-30 cm	10-20 cm	میانگین فاصله بین لوله ها		

جدول ۴-۷ - محاسبات تخمینی سیستم کف گرمایی

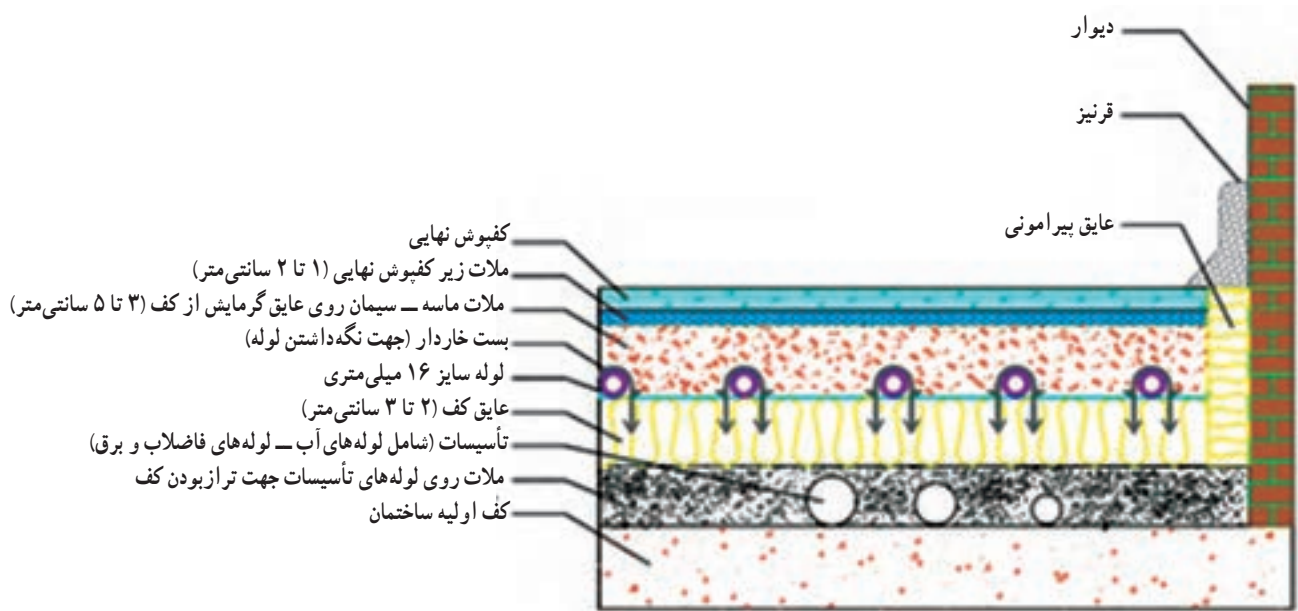
صنعتی		مسکونی - تجاری		کاربری	پارامترهای مؤثر
۱۳-۲۱		۲۲			دمای اتاق (درجه سانتی گراد)
۳۰-۵۰		۳۰-۶۰			میانگین دمای آب (درجه سانتی گراد)
۲۲-۲۹		۲۵-۲۹			دمای کف (درجه سانتی گراد)
۳۲-۸۰		۴۷/۵-۹۵			شار حرارتی (وات بر مترمربع)
۸-۱۰		۸-۱۰			افت دمای آب (درجه سانتی گراد)
۲۵	۲۰	۱۶			سایز لوله مورد استفاده در کف (میلی متر)
۱۵۲		۱۲۲			طول پیشنهادی هر مدار (متر)
۵/۷	۳/۸	۲/۸			دبی جریان در هر مدار (لیتر بر دقیقه)
۱-۱/۴	۱-۱/۴	۱/۸-۲/۲			افت فشار به ازای بالاترین مدار (متر ستون آب)
۲۵-۳۵		۲۰-۳۰			فاصله بین لوله ها (سانتی متر)

۵-۸-۴- اجرای سیستم کف گرمایی : اجرای

سیستم گرمایش از کف، نهایی ترین کارهای ساختمان بوده و قبل از هر چیز کف محل اجرا باید سطحی تراز داشته و وجود هرگونه برآمدگی در سطح تمام شده مجاز نیست.

در صورت اجرای سیستم های برق و مکانیک روی کف ساختمان، کلیه تأسیسات برق و مکانیک (اعم از آبرسانی و فاضلاب) قبل از اجرای سیستم گرمایش از کف، اجرا و تست گردیده، و پس

از تست، اجزا و قطعات سیستم های مذکور پوشانده شود. محل نصب کلکتور باید قبل از اجرای سیستم گرمایش از کف انتخاب شود کلیه عملیات گچ کاری از قبیل گچ کاری سقف، نصب درها، گچ کاری دیوارها (تا ۵/۰ متر مانده به کف) قبل از اجرای سیستم گرمایش از کف صورت پذیرد. شکل ۲۳-۴ لایه بندی کف در سیستم گرمایش از کف را نشان می دهد.



شکل ۲۳-۴- لایه بندی سیستم گرمایشی از کف

- ۱- دستگاه‌های پخش‌کنندهٔ حرارت را تعریف کنید.
- ۲- رادیاتور فولادی و ساختمان آن را شرح دهید.
- ۳- انواع مختلف رادیاتور فولادی را که در حال حاضر در کارخانه‌های داخلی تولید می‌شود، بنویسید.
- ۴- شیر دستی رادیاتور را شرح دهید.
- ۵- شیر ترموستاتیکی رادیاتور را توضیح دهید.
- ۶- زانو قفلی رادیاتور را شرح دهید.
- ۷- شیر هواگیری رادیاتور را توضیح دهید.
- ۸- شیر هواگیری خودکار رادیاتور را شرح دهید.
- ۹- اگر $t_s = 90^\circ\text{C}$ ، $t_R = 70^\circ\text{C}$ و $t_I = 20^\circ\text{C}$ باشد، قدرت حرارتی هر مترمربع رادیاتور فولادی برابر چند وات است؟

پاسخ: 504 وات

- ۱۰- قدرت و شرایط استاندارد یک رادیاتور را تعریف کنید.
 - ۱۱- تلفات حرارتی اتاقی (۲/۵) کیلووات است چند پره رادیاتور (150×600) برای آن کافی است؟
- پاسخ: ۲۲ پره
- ۱۲- رادیاتور آلومینیومی و ساختمان آن را شرح دهید.
 - ۱۳- تلفات حرارتی اتاقی (575) وات است اگر بخواهیم برای گرم کردن این اتاق از دو دستگاه رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر مساوی استفاده نماییم، تعداد پرهٔ هر دستگاه آن را محاسبه کنید.

پاسخ: ۲۰ پره

- ۱۴- رادیاتور چدنی و ساختمان آن را شرح دهید.
- ۱۵- کنوکتور و ساختمان آن را تشریح کنید.
- ۱۶- انواع مختلف کنوکتور را شرح دهید.
- ۱۷- یونیت هیتر و ساختمان آن را توضیح دهید.
- ۱۸- انواع مختلف یونیت هیتر را شرح دهید.
- ۱۹- کاربرد یونیت هیتر و دلایل آن را بنویسید.
- ۲۰- فن کویل و ساختمان آن را شرح دهید.
- ۲۱- انواع مختلف مدل‌های فن کویل را از نظر مقدار هوادهی نام ببرید.
- ۲۲- انواع مختلف مدل‌های فن کویل را از نظر شکل ظاهری و محل نصب شرح دهید.
- ۲۳- روش‌های صرفه‌جویی در انرژی را شرح دهید.
- ۲۴- تلفات حرارتی یک اتاق 4125 وات می‌باشد. اگر درجه حرارت آب رفت و برگشت به ترتیب 80° و 65° درجه سانتی‌گراد باشد و از رادیاتور فولادی 200×500 برای گرم کردن استفاده شود و اگر دمای هوای

اتاق $22/5^{\circ}\text{C}$ باشد مطلوبست :

- ۱- محاسبه سطح حرارتی لازم در صورتی که ضریب هدایت کلی $U = 8/2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ باشد.
- ۲- محاسبه تعداد پره‌های رادیاتور، در صورتی که سطح حرارتی هر پره 0.25m^2 باشد.
- پاسخ: ۱- 10m^2 ۲- ۴۱ پره
- ۲۵- رادیاتورهای پنلی را شرح دهید.
- ۲۶- انواع رادیاتور پنلی را نام ببرید.
- ۲۷- انواع رادیاتور پنلی را توضیح دهید.
- ۲۸- برای اتاقی که بار گرمایی آن 4800W است رادیاتور پنلی دوپنل و دو کنوکتور انتخاب کنید.
- ۲۹- روش مختلف کف گرمایی را نام ببرید.
- ۳۰- لوله‌های مورد استفاده در سیستم کف گرمایی با آب گرم را معرفی کنید.
- ۳۱- آرایش لوله‌ها در سیستم کف گرمایی را شرح دهید.
- ۳۲- کاربرد هر یک از انواع آرایش لوله‌ها را توضیح دهید.
- ۳۳- اگر بخواهیم اتاقی مسکونی به ابعاد ۶ متر در ۴ متر را با سیستم کف گرمایی با آب گرم، گرم کنیم در صورتی که بار گرمایی اتاق 3600W و دمای آن 20°C باشد تعیین کنید.
- ۱- شارژ گرمایی ۲- دمای کف ۳- طول مدار ۴- قطر نامی لوله مورد نظر ۵- فاصله بین لوله‌ها