فصل سوم

سیستم های حرارت مرکزی

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

۱ــ سیستم‌های حرارت مرکزی را بیان کند.

۲ــ نحوهٔ کار انواع سیستم‌های حرارت مرکزی با آب گرم را توضیح دهد.

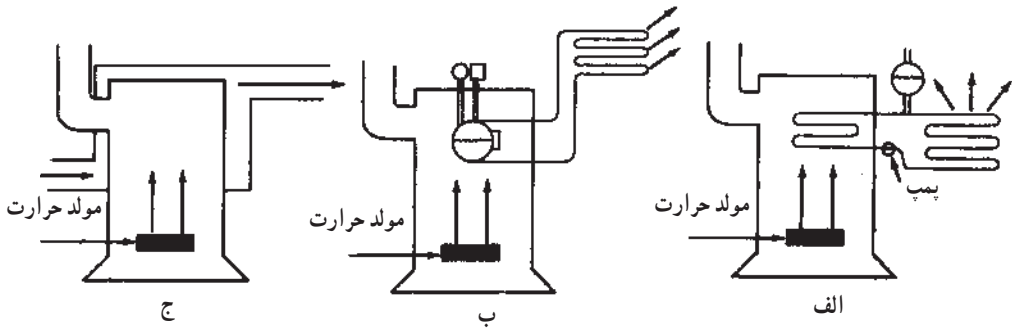
۳ــ قسمت‌های مختلف یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را شرح دهد.

۴ــ سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را از روی شکل تشریح کند.

۳ــ سیستم های حرارت مرکزی

نصب بخاری در هر اتاق برای ساختمان‌هایی که اتاق‌های زیادی دارند مشکلات زیادی از نظر بهره‌برداری، نگه‌داری و کیفیت کار پیش می‌آورد. در چنین ساختمان‌هایی باید سیستم‌های حرارت مرکزی ایجاد شود. در این سیستم، گرما در محلی به‌نام موتورخانه یا اتاق مکانیکی تولید شده، توسط سیال واسطه‌ای جذب و به اتاق‌های مختلف هدایت می‌شود. این سیال واسطه، ممکن است آب (شکل ۱ــ۳ــ الف)، بخار آب (شکل ۱ــ۳ــ ب) و یا هوا (شکل ۱ــ۳ــ ج) باشد.

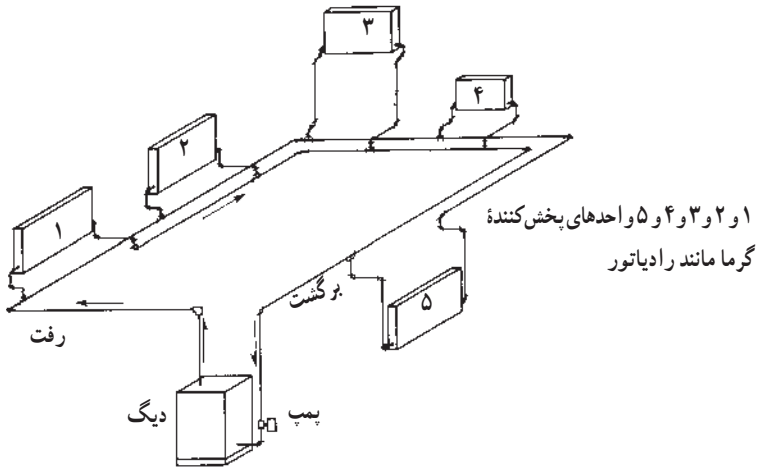
بنابراین سیستم حرارت مرکزی در سه نوع : حرارت مرکزی با آب گرم ــ حرارت مرکزی با بخار آب ــ حرارت مرکزی با هوای گرم است.



شکل ۱ــ۳ــ نمای انواع سیستم‌های حرارت مرکزی

۱ــ۳ــ سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

در حرارت مرکزی با آب گرم، گرمای تولیدشده توسط مشعل به آب درون دیگ منتقل می‌شود. آب گرم شده به‌وسیلهٔ یک پمپ جریانی و سیستم لوله‌کشی در واحدهای پخش‌کنندهٔ گرما (مانند رادیاتور، فن کویل و ...) جریان یافته، گرمای خود را به‌هوای اتاق می‌دهد و برای جذب گرمای مجدد به‌طرف دیگ



شکل ۲ــ۳ــ نمای سادهٔ یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

برمی‌گردد. شکل ۲ــ۳ نمای سادهٔ یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را نشان می‌دهد.

سیستم حرارت مرکزی با آب گرم سه نوع[1] است :

سیستم حرارت مرکزی با دمای پائین[2] که در آن دما تا ۱۲۰°C است.

سیستم حرارت مرکزی با دمای متوسط[3] که دمای آن (۱۲۰–۱۷۵°C) است.

سیستم حرارت مرکزی با دمای بالا[4] که دمای آن ۱۷۶–۲۳۰°C است.

زمانی از سیستم گرمایی با دمای کم استفاده می‌شود که دمای آب در لولهٔ رفت زیر نقطهٔ جوش آب (در حدود ۸۰°C) و در لولهٔ برگشت بین ۶۰ تا ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد باشد. آب گرمای ویژهٔ بالایی دارد، ($۴/۲ \frac{kj}{kg.K}$) بنابراین از طریق آن می‌توان گرمای زیادی را به‌کمک لوله‌هایی با قطر نسبتاً کم، به پخش‌کننده‌های گرمایی رسانید.

۲ــ۳ــ اجزای سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

سیستم حرارت مرکزی با آب گرم شامل قسمت‌های زیر است :

۱ــ۲ــ۳ــ دستگاه‌های پخش‌کنندهٔ گرما : این دستگاه‌ها شامل «کنوکتورها»، «رادیاتورها»، «فن‌کویل‌ها» و «یونیت هیتر» است. آب گرم از طریق «لولهٔ رفت» وارد این دستگاه‌ها شده، در آنها ازطریق «هدایت»، «تابش»، «وزش» با هوای اتاق تبادل گرمایی انجام می‌دهد و آب خروجی از دستگاه پخش‌کننده، کاهش دما پیدا می‌کند.

۲ــ۲ــ۳ــ سیستم انتقال آب گرم : سیستم انتقال آب گرم شامل سیستم لوله‌کشی بین دستگاه‌های پخش‌کننده و تولیدکنندهٔ گرما و پمپ سیرکولاتور است. جریان گردش آب ممکن است به‌طور طبیعی براساس اختلاف دمای آب رفت و برگشت نیز صورت گیرد.

برای بالا بردن سرعت آب و کاهش قطر لوله‌ها امروزه معمولاً از سیستم پمپی استفاده می‌شود . به وسیلهٔ سیستم انتقال آب گرم، آب با حجم ثابتی پیوسته بین دستگاه‌های تولیدکننده و پخش‌کنندهٔ گرما در گردش است. آب گرمای ازدست دادهٔ خود در پخش‌کننده را از دستگاه تولیدکنندهٔ آب گرم به‌دست می‌آورد.

۱ــ تعاریف از مبحث چهاردهم مقررات ملی ساختمانی ایران آورده شده است. [جدول ۱۴ــ۰ ۱ــ۳ــ۲] «ب»

۲ــ Low Temperature Water Heating Systems

۳ــ Medium Temperature Water Heating Systems

۴ــ High Temperature Water Heating Systems

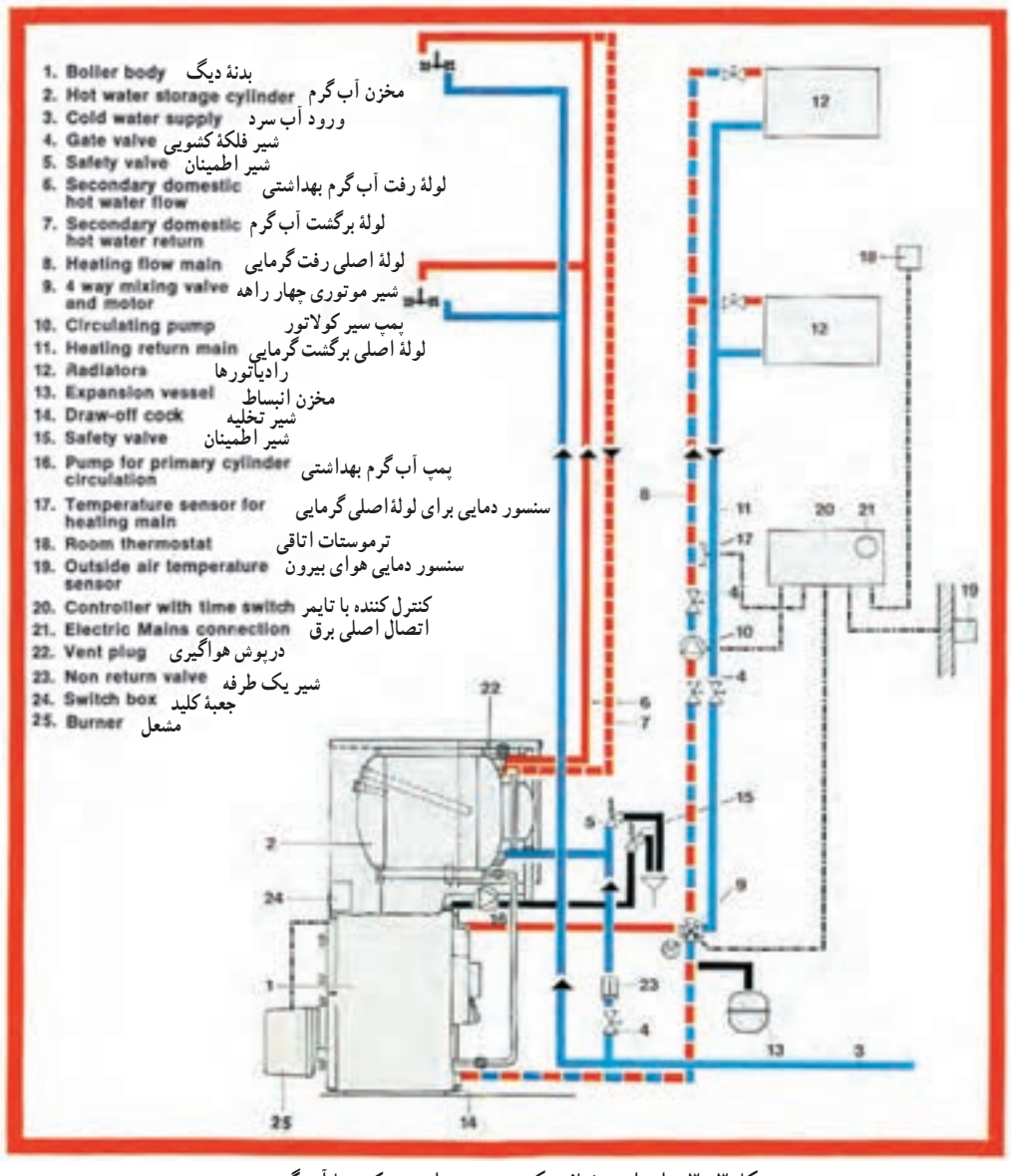
۳ــ۲ــ۳ــ دستگاه‌های مولد آب گرم : که شامل انواع مشعل و دیگ آب گرم است. گرمای حاصل از احتراق سوخت توسط مشعل به آب درون دیگ انتقال یافته، موجب گرم شدن آب عبوری داخل دیگ می‌شود.

۴ــ۲ــ۳ــ نشان دهنده‌ها و کنترل‌کننده‌ها : نشان دهنده‌هایی مانند «ترمومتر» و «مانومتردیگ»، سطح نمای «مخزن گازوئیل» و آب‌نمای «مخزن انبساط» و کنترل‌هایی مانند «ترموستات دیگ»، «ترموستات جداری»، «ترموستات اتاقی»، «شیر اطمینان» و «رلهٔ مشعل» از لوازمی هستند که برای راهبری و نگه‌داری صحیح سیستم ضرورت دارند.

۵ ــ۲ــ۳ــ 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.

۳ــ۳ــ نمایش اجزای سیستم

در شکل ۳ــ۳ نمایش اجزای یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را مشاهده می کنید. در فصل‌های آینده به بررسی اجزای مختلف یک سیستم حرارت مرکزی و محاسبات و روش انتخاب دستگاه‌های آن خواهیم پرداخت.



شکل ۳ــ۳ــ اجزای مختلف یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

پرسش و تمرین

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

فصل چهارم

دستگاه‌های پخش کنندهٔ گرما

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

۱ــ رادیاتور و انواع آن را شرح دهد.

۲ــ معیارهایی را که در انتخاب رادیاتورها درنظر گرفته می‌شود، توضیح دهد.

۳ــ ساختمان و ویژگی‌های انواع رادیاتورها را بیان کند.

۴ــ ساختمان، طرز کار و انواع کنوکتور، یونیت هیتر و فن‌کویل را توضیح دهد.

۵ــ راه‌های صرفه‌جویی در انرژی مصرفی را شرح دهد.

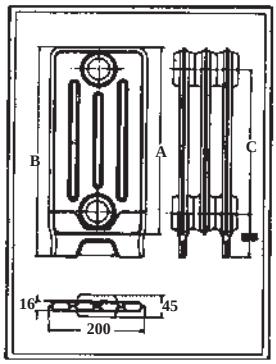
۴ــ دستگاه‌های پخش کنندهٔ گرما

دستگاه‌های پخش‌کنندهٔ گرما وسایلی هستند که از آنها برای جبران تلفات حرارتی ساختمان و گرم‌نگه‌داشتن محل موردنظر استفاده می‌شود. در این دستگاه‌ها سیال گرم (آب گرم، آب داغ و یا بخار) جریان داشته، گرمای خود را از طریق سطح تبادل‌کنندهٔ حرارت، به محیط منتقل می‌کند.

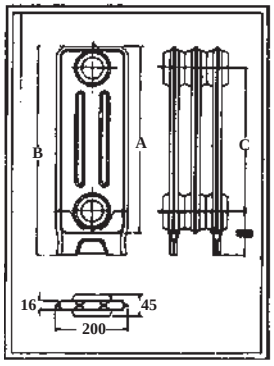
۱ــ۴ــ رادیاتورهای فولادی و ساختمان آنها

رادیاتورهای فولادی از ورق‌های آهن به ضخامت ۱/۲۵ میلی‌متر در ابعاد و اندازه‌های مختلف، معمولاً به‌صورت پره‌ای ساخته می‌شوند. هر پرهٔ رادیاتور شامل دو صفحهٔ پرس‌شده است که بر روی هم قرار گرفته، لبهٔ آنها به یک‌دیگر جوش مقاومتی داده می‌شود. با قرارگرفتن دو صفحهٔ پرس‌شده برروی هم، مسیرهایی برای عبور آب در حد فاصل دو صفحه ایجاد می‌گردد. پره‌های تولیدشده، در کارخانه به یک‌دیگر متصل می‌شوند تا رادیاتور با تعداد پرهٔ موردنظر تولید شود. کارخانه‌ها تعداد پره‌های رادیاتورهای فولادی را برحسب سفارش بازار تولید می‌کنند. اندازهٔ رادیاتورهای فولادی برحسب پهنای پره و ارتفاع محور تا محور کلکتورهای بالا و پایین آن بیان می‌شود. منظور از رادیاتور (۵۰۰×۲۰۰×۲۵)، رادیاتور (۲۵) پره با پره‌هایی به پهنای ۲۰۰ میلی‌متر و ارتفاع محور تا محور لوله‌های رفت و برگشت ۵۰۰ میلی‌متر است.

رادیاتورهای فولادی ازنظر ارتفاع و پهنا در اندازه‌های مختلفی ساخته شده، به بازار عرضه می‌شوند که هرکدام برحسب ابعاد و اندازهٔ محل نصب رادیاتور در داخل ساختمان، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل ۱ــ 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.



مشخصات	200 × 600	200 × 500	200 × 300
برحسب mm ارتفاع پره =A	592	592	392
برحسب mm ارتفاع پره و پایه =B	737	637	437
برحسب mm فاصلهٔ محور تا محور =C	600	500	300
برحسب kg وزن هر پره	2.7	2.5	2.3
برحسب m^2 سطح حرارتی هر پره	.31	.26	.18
برحسب U.S.gal حجم آب هر پره	336	.286	.206



مشخصات	150 × 600	150 × 500	150 × 300
برحسب mm ارتفاع پره =A	592	592	392
برحسب mm ارتفاع پره و پایه =B	737	637	437
برحسب mm فاصلهٔ 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 ۱ــ۴ــ چند نمونه رادیاتور فولادی و جدول‌های مشخصات آنها

شکل ۲ــ ۴ــ یک شیر رادیاتور

۱ــ۱ــ۴ــ 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 زاویه‌ای[۱] است. یک طرف این شیر حالت مهرهٔ ماسوره‌ای دارد که به‌رادیاتور متصل می گردد و طرف دیگر آن که از داخل به‌صورت دنده است به لولهٔ ورود آب گرم وصل می‌شود. در شکل ۲ــ۴ یک شیر رادیاتور نشان داده شده است.

۱ــ Angle globe Valve

برای کنترل خودکار درجهٔ حرارت محلی که در آن رادیاتور نصب شده است به‌جای استفاده از شیر دستی رادیاتور، می‌توان از شیر خودکار حرارتی رادیاتور[1] (شیر ترموستاتیکی رادیاتور) استفاده کرد. این شیردارای یک قطعهٔ آکاردئونی فلزی شکل (فانوسه) است که با یک نوع گاز پُرشده است. دراثر بالا رفتن درجهٔ 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 درجهٔ حرارت هوای محل کم می‌شود و دراثر سرد شدن هوای محل، فشار گاز کمتر شده، قطعهٔ آکاردئونی جمع می‌شود و مجرای عبور آب بازتر می‌گردد، درنتیجه مقدار دبی آب گرم ورودی به رادیاتور بیشتر شده، قدرت حرارتی رادیاتور و درجهٔ حرارت هوای محل افزایش می‌یابد. در شکل ۳ــ ۴ یک شیر ترموستاتیکی و طریقهٔ اتصال آن به رادیاتور نشان داده شده است.

در شیر ترموستاتیکی شکل ۳ــ۴ چون‌که قسمت «فانوسه» بر روی شیر قرار دارد و شیر نیز بر روی لولهٔ رفت آب‌گرم و رادیاتورنصب شده است، هم گرمای حاصل از هدایت و هم گرمای هوای خروجی از رادیاتور بر آن اثر می‌کند و از هوای محل کمتر تأثیرمی‌پذیرد؛ برای رفع این اشکال و کنترل بهتر هوای محل، می‌توان درجه تنظیم شیر را پایین‌تر انتخاب کرد.

(ب) (الف)

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

۲ــ۱ــ۴ــ زانو قفلی رادیاتور : بر روی لولهٔ برگشت رادیاتور، زانوی مخصوصی به نام «زانو قفلی» نصب می‌گردد. یک طرف این زانو مانند شیر رادیاتور حالت مهره‌ماسوره دارد که بر روی رادیاتور نصب می‌شود و طرف دیگر آن‌که از داخل به‌صورت دنده است برروی لوله نصب می‌گردد. ساختمان زانو قفلی مانند شیر است و به‌وسیلهٔ آن می‌توان مجرای عبور آب را باز و بسته نمود؛ با این تفاوت که قسمت عمل کنندهٔ آن که در زیر درپوش زانو قرار گرفته به‌طورمعمول، به‌وسیلهٔ آچار «آلن» باز و بسته می‌شود. باید توجه داشت که هنگام جداسازی رادیاتور از شبکهٔ لوله‌کشی هم شیر رادیاتور (لولهٔ رفت) و هم زانو قفلی (لولهٔ برگشت) را باید بست و سپس اقدام به‌باز کردن مهره ماسوره‌ها و رادیاتور نمود. تا چند سال پیش، زانوهای رادیاتور فاقد قسمت شیرمانند داخلی بود به همین علت امکان جداسازی یک رادیاتور از شبکه، در حالی که بقیه رادیاتورها در حال کار بودند، وجود نداشت (شکل ۴ــ۴).

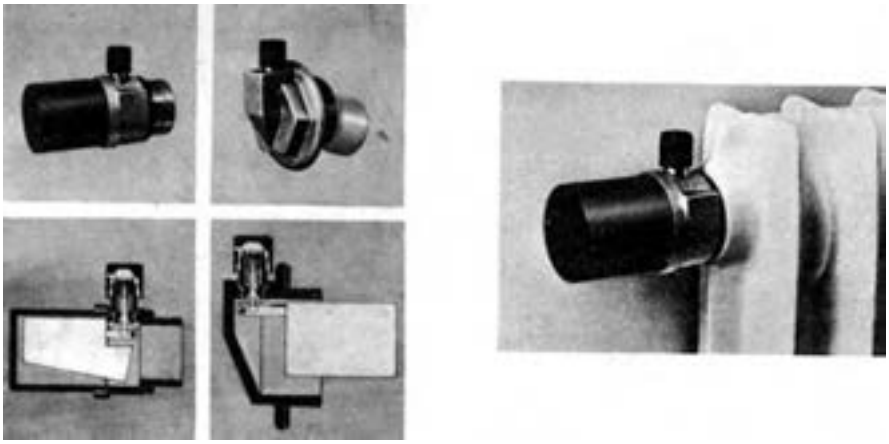
شکل ۴ــ۴ــ زانو قفلی رادیاتور

۱ــ Radiator Thermostatic valve

۳ــ۱ــ۴ــ شیر هواگیری رادیاتور : برای تخلیهٔ هوای داخل شبکهٔ لوله‌کشی و رادیاتورها، در زمان آب‌اندازی و نیز خارج نمودن حباب‌های هوایی (که در اثر گرم‌شدن آب در دیگ از آن جدا شده، همراه جریان آب گرم از طریق شبکهٔ لوله‌کشی به‌داخل رادیاتور هدایت می‌شود) در بالای رادیاتور یک شیر مخصوص به‌نام «شیر هواگیری» نصب می‌کنند. شیرهای هواگیری رادیاتور در دو نوع : دستی و خودکار به بازار عرضه می‌شوند. در شکل ۵ــ۴ نوع دستی شیر هواگیری رادیاتور که رایج‌تر است همراه آچار آن نشان داده شده است.

شکل ۵ــ۴ــ یک شیر هواگیری دستی رادیاتور با آچار آن

در ساختمان نوع خودکار شیرهای هواگیری، از شناوری متصل به یک سوزن استفاده شده است؛ درصورت وجود هوا در محفظهٔ شیر، شناور و سوزن متصل به آن پایین آمده، مجرای خروج هوا باز می‌شود، با خارج شدن هوا و ورود آب به محفظه، شناور بالا آمده، به‌وسیلهٔ سوزن، مجرا بسته می‌شود. استفاده از این شیرها به دلیل گرانی، آب‌بندی نشدن و چکه‌کردن آب از آنها متداول نشده است. در شکل ۶ ــ۴ دو نمونه از این شیر نشان داده شده است.



شکل ۶ــ۴ــ دو نمونه شیر هواگیری خودکار رادیاتور

۴ــ۱ــ۴ــ محاسبهٔ سطح حرارتی موردنیاز : سطح حرارتی موردنیاز برای گرم نگه‌داشتن یک محل به‌وسیلهٔ رادیاتور را می‌توان از فرمول $A = \frac{H}{H_R}$ به‌دست آورد که در آن :

A= سطح حرارتی رادیاتور موردنیاز برحسب متر مربع؛

H= تلفات حرارتی محل گرم‌شده برحسب وات؛

H_R= قدرت حرارتی یک مترمربع رادیاتور برحسب وات.

محاسبهٔ تلفات حرارتی محل که همان بار گرمایی ساختمان است در فصل دوم بیان شده است. قدرت حرارتی یک متر مربع رادیاتور را به‌روش زیر می‌توان محاسبه کرد :

اگر درجهٔ حرارت آب‌گرم ورودی به‌رادیاتور را با «t_S» و درجهٔ حرارت آب گرم برگشتی از رادیاتور را با «t_R» نشان دهیم، درجهٔ حرارت متوسط آب در داخل رادیاتور از رابطهٔ $t_m = \frac{t_S + t_R}{۲}$ به‌دست می‌آید.

حال اگر درجهٔ حرارت هوای محل گرم‌شده (درجهٔ حرارت

بیرون پرهٔ رادیاتور) را «t_I» بنامیم، اختلاف درجهٔ حرارت دو طرف جدار رادیاتور چنین خواهد شد :

$$\Delta t_m = \frac{t_S + t_R}{۲} - t_I$$

مقدار «U» ضریب انتقال گرما برای رادیاتور فولادی $۸/۴ \frac{W}{m^۲.K}$ در نظر گرفته می‌شود.

اگر مقدار«t_S» برابر $۹۰^\circ C$ و «t_R» مساوی $۷۰^\circ C$ و درجهٔ حرارت محل «t_I» نیز برابر $۲۰^\circ C$ درنظر گرفته شوند، چنین خواهیم داشت :

$$H=AU\Delta t \text{ و } H_R = AU(\frac{t_S + t_R}{۲} - t_I)$$

$$H_R = ۱\times ۸/۴(\frac{۹۰+۷۰}{۲} - ۲۰)$$

قدرت حرارتی یک مترمربع رادیاتور $H_R=۵۰۴W$ و حال اگر اتلاف حرارتی یک اتاق (۴۴۴۰) وات باشد، سطح حرارتی موردنیاز برای گرم نگه داشتن آن اتاق تا ($۲۰^\circ C$) چنین به‌دست می‌آید :

$$A = \frac{H}{H_R} \text{ و } A = \frac{۴۴۴۰}{۵۰۴} = ۸/۸ m^۲$$

انتخاب رادیاتور فولادی : کارخانه های سازندهٔ رادیاتور، قدرت حرارتی هر پرهٔ رادیاتور تولیدی خود را در انواع مختلف مطابق با استاندارد، در کاتالوگ‌هایی به‌صورت جدول ارائه می‌نمایند، که با استفاده از آنها می‌توان تعداد پرهٔ رادیاتور موردنیاز هر محل را تعیین نمود. در جدول‌های **۱ــ۴** و **۲ــ۴** 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 برحسب $(\frac{kcal}{hr.m^۲.^\circ C})$ است.

تذکر : یک‌وات‌برابر $۳/۴۱۳ \frac{Btu}{hr}$ و مساوی $۰/۸۶ \frac{kcal}{hr}$ است.

مثال : تلفات حرارتی اتاقی ۳ کیلووات است، چند پرهٔ رادیاتور ۵۰۰×۲۰۰ باید در آن اتاق نصب گردد؟

پاسخ :

$$H = ۳۰۰۰\times ۰/۸۶ = ۲۵۸۰ \frac{kcal}{hr}$$

و

$$H\left(\frac{kcal}{hr}\right) = H(W)\times ۰/۸۶$$

با مراجعه به جدول **۲ــ۴** ملاحظه می‌شود تعداد (۲۴) پره از رادیاتور موردنظر برای این اتاق کافی است.

تذکر : در صورتی که شرایط حل مسأله استاندارد نباشد یا به عبارت دیگر $\Delta t_m = ۶۰^\circ C$ نباشد باید ابتدا سطح حرارتی را به روش ذکر شده پیدا کرده سپس با داشتن سطح حرارتی از روی جدول **۱ــ۴** و **۲ــ۴** تعداد پره‌ها را انتخاب کرد.

مثال : قدرت حرارتی اتاقی ۳ کیلووات است اگر دمای اتاق $۲۰^\circ C$، دمای آب ورودی به رادیاتور $۷۰^\circ C$ و دمای آب خروجی از رادیاتور $۶۰^\circ C$ باشد چند پره رادیاتور ۵۰۰×۲۰۰ باید در اتاق نصب شود.

$$t_m = \frac{۷۰+۶۰}{۲} = ۶۵$$

$$\Delta t_m = ۶۵ - ۲۰ = ۴۵^\circ C$$

شرایط استاندارد نیست باید سطح حرارتی را حساب کرد.

$$H_R = ۱\times ۸/۴\times ۴۵ = ۳۷۸ w$$

$$A = \frac{H}{HR} = \frac{۳۰۰۰}{۳۷۸} = ۷/۹ m^۲$$

با عدد ۷/۹ به جدول **۲ــ۴** مراجعه می کنیم و از ستون اول تعداد پره‌ها ۳۱ به‌دست می‌آید.

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

جدول ۱ــ۴ــ مشخصات چند نمونه از رادیاتورهای فولادی در اندازه‌های مختلف با شرایط استاندارد

تعداد پره	طول رادیاتور بر حسب mm	150 x 600 K = ۷/۲ برای اختلاف دمای ۶۰°C		سطح حرارتی M^2	150 x 500 K = ۷/۳ برای اختلاف دمای ۶۰°C		سطح حرارتی M^2	150 x 300 K = ۷/۷ برای اختلاف دمای ۶۰°C		سطح حرارتی M^2
		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	4710	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 ۲ــ۴ــ مشخصات چند نمونه از رادیاتور فولادی در اندازه‌های مختلف با شرایط استاندارد

تعداد پره	طول رادیاتور بر حسب mm	200 x 600 K = ۷/۲ برای اختلاف دمای ۶۰°C		سطح حرارتی M^2	200 x 500 K = ۷/۳ برای اختلاف دمای ۶۰°C		سطح حرارتی M^2	200 x 300 K = ۷/۷ برای اختلاف دمای ۶۰°C		سطح حرارتی M^2
		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

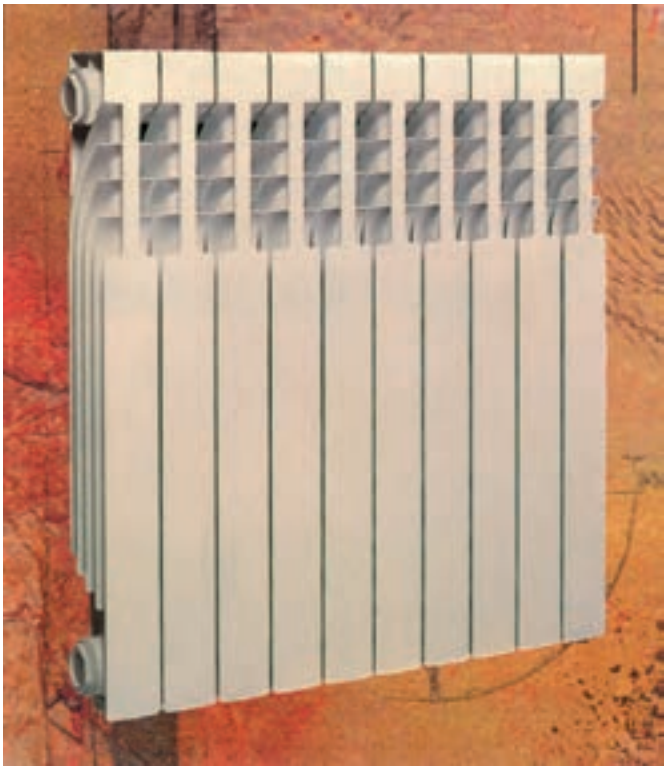
۲ــ۴ــ رادیاتورهای آلومینیومی و ساختمان آنها

رادیاتورهای آلومینیومی نیز به‌صورت پره‌ای از جنس آلومینیوم تولید و معمولاً در قطعات ۵، ۷ و ۱۰ پره به‌بازار عرضه می‌شوند. لبهٔ کلکتور بالا و پایین این رادیاتورها در یک طرف از داخل رزوهٔ راست‌گرد و در طرف دیگر رزوهٔ چپ‌گرد می‌شود، به‌این ترتیب رادیاتورها را می‌توان به‌وسیلهٔ مغزی‌هایی که نصف طول آن دندهٔ راست‌گرد و نصف دیگر آن، چپ‌گرد است به یکدیگر متصل نمود. به‌عنوان مثال برای رادیاتور۱۵ پره، یک دستگاه رادیاتور ۵ پره را با یک دستگاه رادیاتور ۱۰پره به‌هم متصل می‌کنند.

۱ــ۲ــ۴ــ 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 ۷ــ۴ و ۸ــ۴ 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
TERMOCOLOR	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	1¼	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: $Q = Qn\ (\frac{\Delta t}{60})^{\eta}$

شکل ۷ ــ۴ــ رادیاتور مدل ترموکالر و جدول مشخصات آن

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 Δt at 60° C (140° F) mean water to room temperature from tests carried out in accordance with DIN EN442

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

شکل ۸ ــ۴ــ رادیاتور مدل تمپو و جدول مشخصات آن

۲ــ۲ــ۴ــ انتخاب رادیاتور آلومینیومی : کارخانه‌های سازندهٔ رادیاتور آلومینیومی نیز قدرت حرارتی استاندارد هر پرهٔ رادیاتور تولیدی خود را در جدولی ارائه می‌نمایند که با استفاده از آنها به سادگی می‌توان تعداد پرهٔ مورد نیاز یک محل را تعیین نمود.

در جدول مربوط به شکل‌های ۷ــ۴ و ۸ــ۴ قدرت هر پره رادیاتورهای مختلف با شرایط استاندارد برحسب سه‌واحد : 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 ۱۶۲باید در این اتاق نصب گردد؟

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

تعداد پره لازم = ۲۴۰۰ ÷ ۱۶۲ = ۱۴/۸ = ۱۵ پره

که باید یک دستگاه ۱۰ پره و یک دستگاه ۵ پره را به یکدیگر متصل نمود.

۳ــ۴ــ رادیاتورهای پنلی[1]

رادیاتورهای پنلی یا رادیاتورهای پانلی به دلیل استفاده از ورق‌های فولادی در گروه رادیاتورهای فولادی قرار می‌گیرند. رادیاتورهای پنلی مانند رادیاتورهای آلومینیمی 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 ۹ــ۴).

(الف)

(ب)

شکل ۹ ــ۴ــ رادیاتور پنلی

در جدول ۳ــ۴ مشخصات رادیاتورهای پنلی تولید یکی از کارخانه‌های داخلی آورده شده است. همان‌طورکه در جدول مشاهده می‌شود این رادیاتورها در مدل‌های گوناگون تولید می‌شوند. هر مدل براساس 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، ۱۶۰۰، ۲۰۰۰، ۲۲۰۰، ۲۴۰۰ و ۲۶۰۰ میلی‌متر خواهد بود[2]. هریک ازمدل‌های رادیاتور ممکن است تک‌پنل[3]، یک‌کنوکتور[4]، دوپنل[5]، دو کنوکتور[6] مطابق شکل ۱۰ــ۴ باشد.

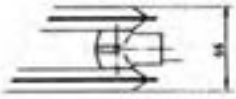
۱ــ۳ــ۴ــ انتخاب رادیاتور پنلی : بار گرمایی رادیاتور پنلی براساس اختلاف دمای $60^{\circ}C$ بین دمای متوسط آب رفت و برگشت با هوای اتاق تعیین شده است. اگر اختلاف دمای یاد شده

۱ــ Panel radiator

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

۳ــ Single ۴ــ Single convcter ۵ــ Double ۶ــ Double convcter

جدول ۳ــ۴ــ مشخصات یک نمونه رادیاتور پنلی

Model		SINGLE			SINGLE CONVECTOR			 DOUBLE			DOUBLE CONVECTOR		
Height	Length	H.surface	Heat Emission		H.surface	Heat Emission		H.surface	Heat Emission		H.surface	Heat Emission	
mm	mm	m²	Watts/h	kcal/h	m²	Watts/h	kcal/h	m²	Watts/h	kcal/h	m²	Watts/h	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	2062	1765	5.56	2814	2420	8.52	4105	3530
	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	4924	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	1686	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 $60^{\circ}C$ باشد می‌توان 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 $60^{\circ}C$ باشد ابتدا باید سطح حرارتی را به روش گفته‌شده حساب کرد و پس از آن به جدول مربوطه برای انتخاب مدل مراجعه نمود.

مثال : بار گرمایی اتاق ۳۰۰۰W است مدل رادیاتور پنلی یک کنوکتور را تعیین کنید. اگر ارتفاع رادیاتور ۶۰۰ میلی‌متر انتخاب شود.

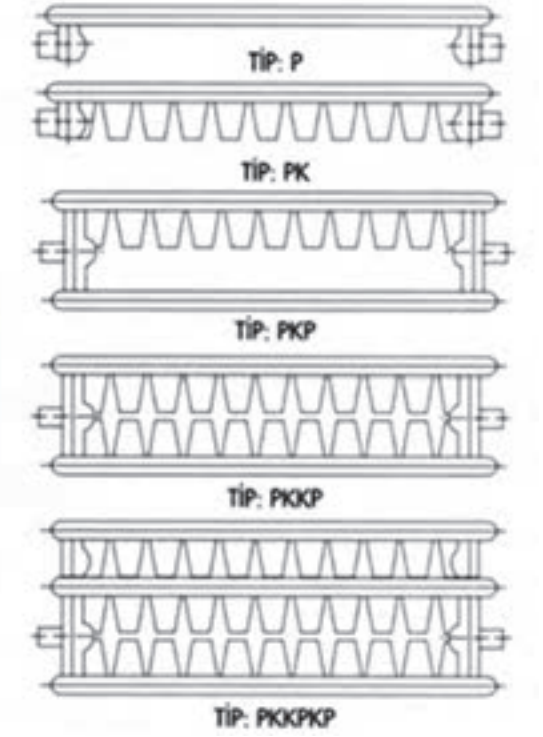
حل : با توجه به اینکه بزرگترین رادیاتور با ارتفاع ۶۰۰ میلی‌متر در شرایط جدول ۲۶۴۲W گرمادهی دارد. بنابراین به بیش از یک بلوک رادیاتور از این مدل نیاز داریم.

$$\frac{۳۰۰۰}{۲} = ۱۵۰۰W$$

رادیاتوری که می‌تواند جوابگوی ۱۵۰۰W باشد مدل ۶۰۰×۱۶۰۰ 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 : هریک از رادیاتورهای ۷۰۰×۱۸۰۰ ، ۶۰۰×۲۰۰۰، ۵۰۰×۲۶۰۰ پاسخ مسئله است اگر بخواهیم از دو بلوک رادیاتور استفاده کنیم. هریک از مدل‌های ۷۰۰×۱۰۰۰ ، ۶۰۰×۱۰۰۰، ۵۰۰×۱۴۰۰، ۴۰۰×۱۶۰۰ جواب مسئله خواهد بود.



P : یک پنل

PK : یک کنوکتور

PKP : دو پنل

PKKP : دو کنوکتور

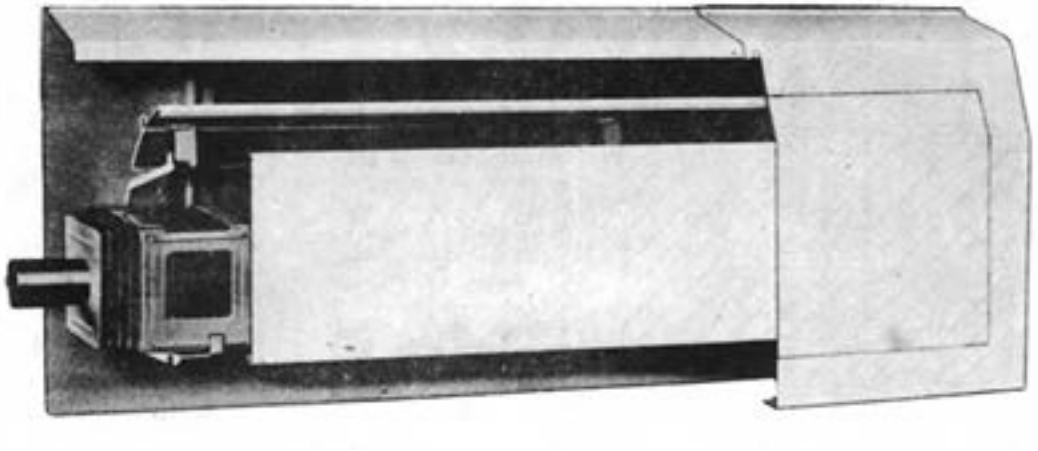
شکل ۱۰ــ۴ــ ساختمان انواع رادیاتور پنلی

۴ــ۴ــ کنوکتور[1] و ساختمان آن

«کنوکتور» از یک یا چند لولهٔ پره‌دار که در داخل محفظه‌ای قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. این دستگاه در اندازه‌های مختلفی ازنظر طول، ارتفاع و پهنا ساخته می‌شود. لوله‌های پره‌دار ممکن است از نوع لوله‌های آهنی و یا غیرآهنی مانند لوله‌های مسی باشند. هوا از قسمت پایین وارد و پس از گرم‌شدن به‌روش جابه‌جایی از دریچهٔ بالا خارج شده، وارد فضای موردنظر می‌شود. در محل خروج هوا از کنوکتور «دمپری» وجود دارد که به‌وسیلهٔ آن می‌توان مقدار جریان هوا و درنتیجه قدرت حرارتی کنوکتور را تنظیم کرد (شکل ۱۱ــ۴).

شکل ۱۱ــ۴ــ لوله پره دار

کاربرد کنوکتور در جایی که از آب داغ و یا بخار به‌عنوان حامل انرژی حرارتی استفاده می‌شود مناسب است، زیرا به‌علت داشتن پوشش بر روی لوله‌ها امکان تماس بدن با سطوح داغ لوله‌ها و پره‌ها وجود ندارد. در شکل ۱۲ــ۴ یک نوع کنوکتور نشان داده شده است.



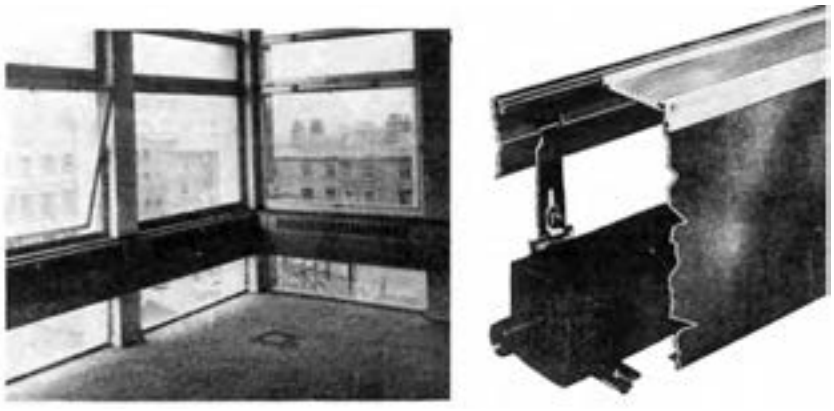
شکل ۱۲ــ۴ــ یک نوع کنوکتور

۱ــ۴ــ۴ــ انواع کنوکتور : به‌طور کلی کنوکتورها در دو نوع : «روکار» و «توکار» ساخته می‌شوند. در نوع روکار[2] آن، لوله‌ها توسط کارخانهٔ سازنده در داخل کابینتی نصب می‌گردد.

نوع توکار آن بدون کابینت است. به‌عبارت دیگر فقط لوله‌های پره‌دار است که در محل فرورفتگی دیوار، بر روی آن نصب می‌شود و با پیش‌بینی دریچه‌ای در پایین و بالا برای ورود و خروج هوا، سایر قسمت‌های جلوی آن با مصالح ساختمانی (نظیر رابیتس و گچ و خاک) پوشیده شده، مانند سایر قسمت‌ها، نازک کاری و رنگ می‌شود؛ در این‌صورت باید پیش‌بینی لازم برای پیاده‌کردن لوله‌ها جهت انجام تعمیرات به‌عمل آید و یا اینکه در جلوی آن، صفحات برداشتنی فلزی و یا چوبی نصب گردد. در شکل ۱۳ــ۴ یک نوع کنوکتور بدون کابینت نشان داده شده است.

۱ــ Convector

۱ ــ Cabinet type



شکل ۱۳ــ۴ ــ کنوکتور بدون کابینت

۵ــ۴ــ یونیت هیتر[1] و ساختمان آن

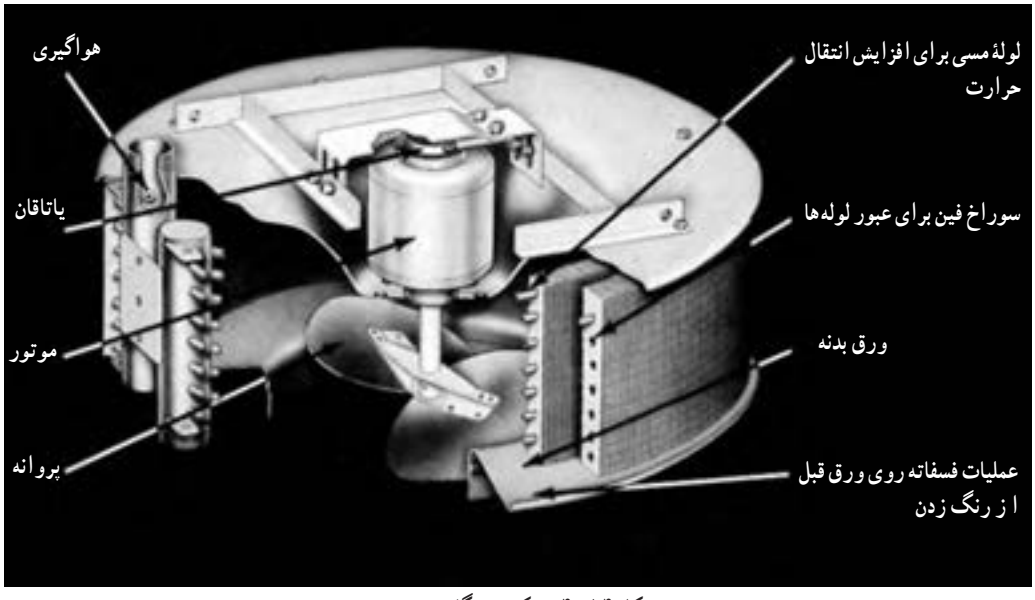
«یونیت هیتر» یا واحد گرم کننده، دستگاهی است که از آن برای گرم کردن فضاهای بزرگ (نظیر سالن‌های سرپوشیدهٔ ورزشی، سالن‌های کارخانه‌ها و غیره) استفاده می‌شود. هر دستگاه یونیت هیتر از قسمت‌های مختلفی به‌شرح زیر تشکیل شده است :

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

۲ــ «پروانه» و یا «فن»، که وظیفهٔ عبور دادن هوا از روی کویل و به‌جریان 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 «سانتری‌فوژ» (گریز از مرکز) باشد.

۳ــ پره‌های جهت‌دهندهٔ هوا، که به‌وسیلهٔ آنها می‌توان هوای خروجی از یونیت هیتر را به قسمت‌های مختلف محل گرم‌شونده هدایت نمود.

۴ــ کابینت و یا محفظه، که پروانه و کویل در داخل آن و پره‌های جهت‌دهندهٔ هوا بر روی آن نصب می‌گردند. در شکل ۱۴ــ۴ یک دستگاه یونیت هیتر نشان داده شده است.



شکل ۱۴ــ۴ــ یک دستگاه یونیت هیتر

۱ــ Unit heater

۱ــ۵ــ۴ــ انواع یونیت هیتر : یونیت هیترها به روش‌های مختلفی به‌شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند :

۱ــ ازنظر واسطه و انرژی حرارتی : در این طبقه بندی، یونیت هیتر به انواع آبی، بخار آبی و برقی تقسیم‌بندی می‌شوند.

۲ــ ازنظر نوع پروانه (فن) : در این طریقهٔ دسته‌بندی، یونیت هیترها به انواع با پروانهٔ ملخی[1] (پروانه پنکه‌ای) و باپروانهٔ سانتری‌فوژ دسته‌بندی می‌شوند.

۳ــ ازنظر ترتیب قرارگرفتن قطعات : در این روش، یونیت هیترها به‌نوع مکنده (که هوا به‌وسیلهٔ پروانه از روی کویل مکیده می‌شود) و نوع دمنده (که در آن هوا به‌وسیلهٔ فن بر روی کویل دمیده می‌شود) تقسیم‌بندی می‌شوند.

۴ــ ازنظر محل نصب : در این نوع طبقه‌بندی، یونیت هیترها به‌انواع «سقفی آویزی» و «دیواری» تقسیم‌بندی می‌شوند. در نوع سقفی آویزی جریان هوا می‌تواند افقی یا عمودی باشد و در نوع دیواری دستگاه برروی دیوار نصب شده و هوا به‌وسیلهٔ هدایت کننده‌هایی به صورت افقی پخش می‌شود. در شکل ۱۵ــ۴ یک نوع یونیت هیترنشان داده شده است.

شکل ۱۵ــ۴ ــ یونیت هیتر سقفی آویزی با جریان افقی هوا

۲ــ۵ــ۴ــ کاربرد یونیت هیتر : یونیت هیترها برای گرم‌کردن فضاهای بزرگ (نظیر سالن‌های ورزشی و سالن‌های کارخانه‌ها) به دلایل ذکر شده در زیر، مورداستفاده قرار می‌گیرند.

۱ــ داشتن قدرت حرارتی زیاد؛

۲ــ جاگیری کمتر مخصوصاً در مدل‌های دیواری و سقفی؛

۳ــ توزیع بهتر هوای گرم؛

۴ــ سرعت زیاد در گرم‌کردن فضا.

۳ــ۵ــ۴ــ انتخاب یونیت هیتر : کارخانه‌های سازنده، یونیت هیترهای تولیدی خود را در شرایط استاندارد و یا 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 :

۱ــ حامل انرژی حرارتی؛ (که معمولاً آب و یا بخار آب است.)

---

۱ ــ Axial

۲ــ نوع یونیت هیتر مناسب؛

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

۴ــ سطح مجاز صدا؛ (شاید پرداختن به مسئلهٔ صدا مربوط به بحث این کتاب نباشد. بنابراین فقط به‌طور خلاصه می‌توان بیان کرد که صدای حاصل از کارکردن پروانهٔ یونیت هیتر نباید به‌صورتی 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 کار کردن پروانه‌های یونیت هیترها باشد.)

۵ ــ ظرفیت حرارتی هر دستگاه یونیت هیتر؛

۶ ــ نیاز به انجام تصفیهٔ مکانیکی هوا و یا عدم نیاز به آن.

۶ــ۴ــ فن‌کویل[1] و ساختمان آن

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

فن : کار فن گرفتن هوای محل گرم‌شده و هوای تازه، عبور آن از روی کویل و به‌جریان انداختن هوا (توزیع گرما) در محل است. فنِ فن‌کویل‌ها معمولاً از نوع سانتری‌فوژ (گریز از مرکز) هستند و هر فن‌کویل 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 وظیفهٔ انتقال گرما از آب به هوا را به عهده دارد. بر روی لوله‌های کویل به‌منظور بیشتر شدن سطح تبادل حرارت (انجام تبادل حرارت بیشتر بین آب و هوا) پره‌هایی به‌نام «فین» (FIN) نصب می‌کنند.

فیلتر : فیلتر فن‌کویل از نوع فیلتر خشک قابل شست و شو است و کار آن تصفیهٔ فیزیکی هوا است. جای صحیح نصب فیلتر در داخل فن‌کویل در محل ورود هوا به فن است. فن‌کویل‌هایی هم وجود دارد که فیلتر آنها بعد از فن در پشت کویل قرار داده شده، که به نظر مؤلف صحیح نیست چون قبل از آن‌که ذرات و مواد به فیلتر برسد و به‌وسیلهٔ آن گرفته شود، در داخل پره‌های پروانه قرار می‌گیرد، درنتیجه ظرفیت هوادهی پروانه و قدرت حرارتی فن‌کویل را کم می‌کند، فن را از بالانس می‌اندازد، باعث ایجاد صدا و لرزش می‌شود و ...

کلید : کلید فن‌کویل از نوع «سلکتوری» و معمولاً چهارحالته است که به‌وسیلهٔ آن می‌توان موتور فن‌کویل را با سرعت موردنظر 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 مجرایی به لولهٔ تخلیه از وظایف آن است.

کابینت : کابینت فن‌کویل محفظه‌ای است که قطعات فن‌کویل در داخل آن نصب می‌شوند. به‌عبارت دیگر پوششی است بر روی قطعات فن‌کویل و باید دارای شکل ظاهری و رنگ زیبایی باشد. در شکل ۱۶ــ۴ قسمت‌های مختلف یک فن‌کویل نشان داده شده است.

۱ــ۶ــ۴ــ انواع فن‌کویل : فن‌کویل‌ها را به‌دو صورت تقسیم‌بندی می‌کنند : یکی از نظر مقدار هوادهی پروانه و دیگری از نظر شکل ظاهری و محل نصب.

انواع فن‌کویل از نظر مقدار هوادهی : مدل‌های مختلف فن‌کویل در این طبقه‌بندی عبارت‌اند از :

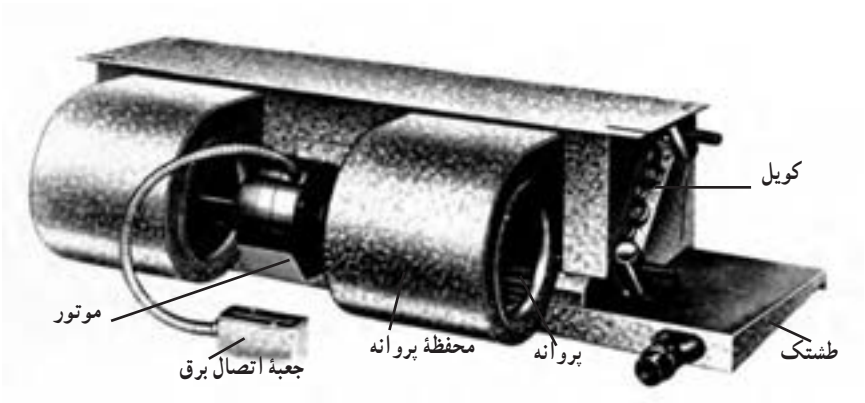
۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ سی‌اف‌ام (CFM)[2]

انواع فن‌کویل از نظر شکل ظاهری و محل نصب : فن‌کویل‌ها از نظر شکل ظاهری و محل نصب به‌صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱ــ فن‌کویل‌های زمینی روکار که خود به دو نوع خروجی هوا از بالا و خروجی هوا از جلو تقسیم می‌شوند.

۱ــ Fancoil

۲ــ CFM فوت مکعب در دقیقه



شکل ۱۶ــ۴ــ قسمت‌های مختلف یک فن‌کویل سقفی بدون کابینت

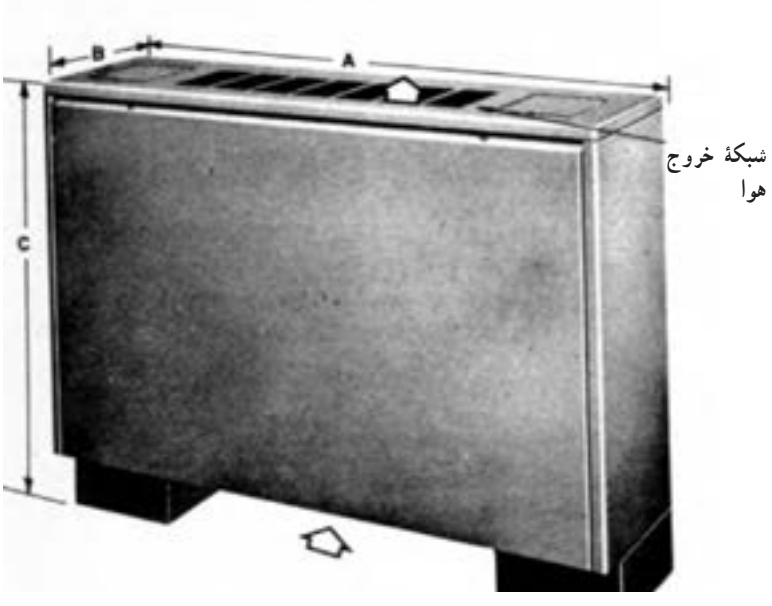
۲ــ فن‌کویل‌های زمینی توکار که داخل فرورفتگی دیوار نصب می‌شوند و فقط صفحهٔ جلوی آن دیده می‌شود. این مدل فن‌کویل به‌اجبار با خروجی هوا از جلو است.

۳ــ فن‌کویل‌های سقفی که این مدل نیز دارای یک نوع روکار (با کابینت) و یک نوع توکار (بدون کابینت) است.

۴ــ فن‌کویل کانالی که این مدل قدرت هوادهی و حرارتی بالایی دارد و درجلوی دهانهٔ خروجی هوا از آن، یک سیستم کانال کشی هوای رفت تعبیه شده که هوا را به قسمت‌های مختلف هدایت می‌کند. لازم به تذکر است که پیش‌بینی یک مسیر برگشت هوا به قسمت مکش فن‌کویل الزامی است.

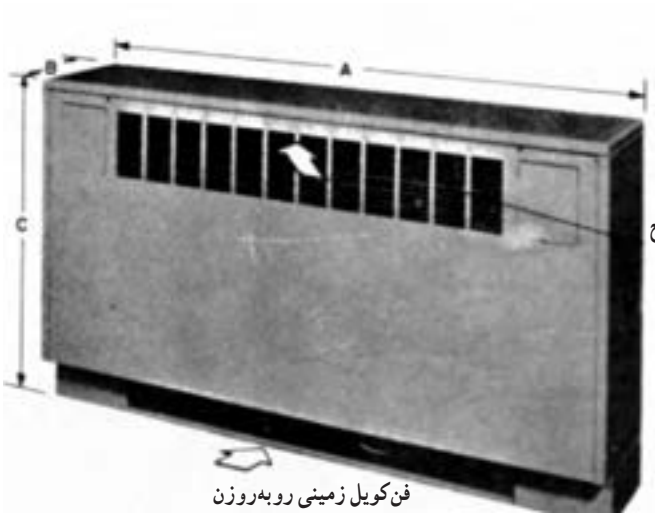
۵ــ دسته‌بندی فن‌کویل‌ها از نظر موقعیت لوله‌های کویل :

در این طبقه‌بندی اگر شخص ناظر رو به فن‌کویل ایستاده باشد لوله‌های کویل سمت راست شخص باشد آن را فن‌کویل دست راست و اگر لوله‌ها سمت چپ شخص باشد آن را فن‌کویل دست چپ می‌نامند. در شکل ۱۷ــ۴ چند مدل مختلف فن‌کویل نشان داده شده است.



فن‌کویل زمینی بالا زن

فن‌کویل زمینی توکار



فن‌کویل زمینی رو به‌روزن

فن‌کویل سقفی توکار

شکل ۱۷ــ۴ــ چند مدل مختلف فن‌کویل

۷ــ۴ــ صرفه‌جویی در انرژی

با به‌کاربستن موارد ذکرشده 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 :

۱ــ تلفات حرارتی ساختمان کاهش می‌یابد، درنتیجه مصرف سوخت (گازوئیل و یا گاز) کم‌تر شده، محیط زیست نیز کمتر آلوده می‌شود.

۲ــ مصرف انرژی برق کاهش می‌یابد.

ب) با خاموش‌کردن فنِ فن‌کویل هر محل، در زمانی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، در این صورت :

۱ــ مصرف انرژی برق کاهش می‌یابد.

۲ــ تلفات حرارتی ساختمان کاهش می‌یابد، درنتیجه مصرف سوخت کمتر می‌شود.

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

توجه : تأثیر بستن شیر فلکهٔ رادیاتورها و خاموش‌کردن فنِ فن‌کویل محل‌هایی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرند در صرفه‌جویی انرژی و کمتر آلوده‌شدن محیط زیست، زمانی کاملاً محسوس است که به‌صورت کلان و در سطح کشور مورد بررسی قرار گیرد.

۸ــ۴ــ کف گرمایی[۱]

در فرایند گرمایش از کف در حدود ۵۰ درصد انتقال گرما به‌صورت 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 :

۱ــ سیستم گرمایش از کف با آب گرم

۲ــ سیستم گرمایش از کف با جریان الکتریسیته

۳ــ 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 ذکرشده سیستم گرمایش از کف با آب گرم نسبتاً مقرون‌به‌صرفه بوده، و به‌همین دلیل در دنیا مورد استفاده

۱ــ Under floor heating

قرار گرفته و متداول می‌باشد (شکل‌های ۱۸ــ۴).

در این سیستم گرمایش، معمولاً دمای آب گرم موجود در لوله‌ها بین ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتی گراد بوده، که در مقایسه با سایر روش‌های موجود که دمای آب در حال گردش بین ۶۵ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد است، صرفه‌جویی در مصرف انرژی محسوس است. استفاده گرمایش از کف موجب حذف وسایل تبادل حرارت از قبیل رادیاتورها و فن‌کویل‌ها گشته و امکان تغییر دکوراسیون محل زندگی را بیشتر می‌کند. و همچنین نارضایتی که از سیاه‌شدن (کثیف‌شدن) اطراف رادیاتورها به‌وجود می‌آید برطرف خواهد کرد.

۱ــ۸ــ۴ــ طرح سیستم کف گرمایی : لوله‌کشی با آب گرم با لوله‌های زیر انجام می‌پذیرد.

۱ــ لوله‌کشی با آب گرم و با لوله‌های مسی

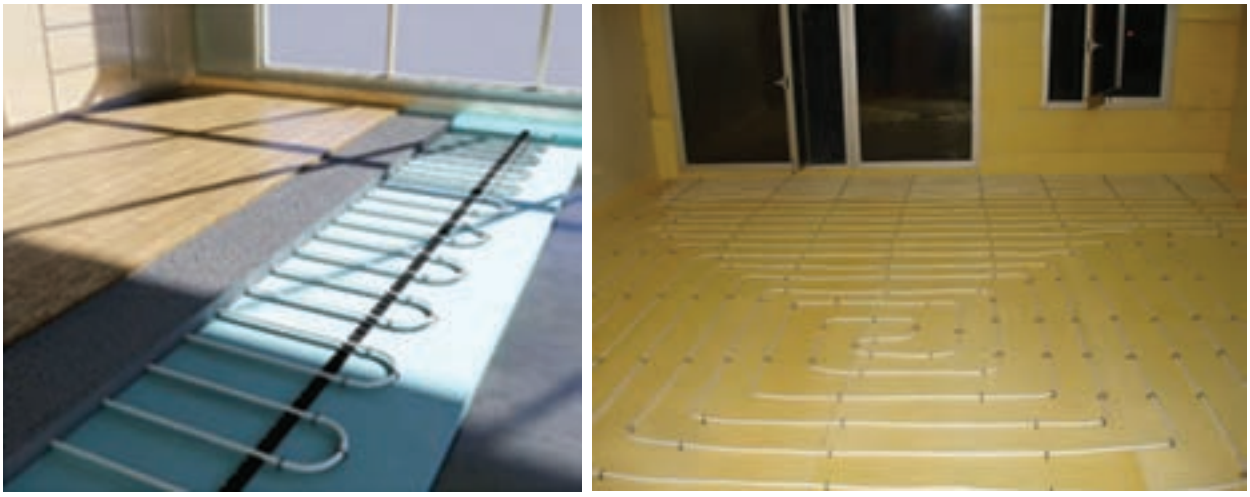
۲ــ لوله‌کشی با آب گرم و با لوله‌های فولادی

۳ــ لوله‌کشی با آب گرم و با لوله‌های پلیمری

در لوله‌کشی با آب گرم لوله‌های مسی به علت بالابودن قیمت لوله‌های مسی و لوله‌های فولادی به دلیل پوسیدگی احتمالی امروزه کمتر استفاده می‌شود و به همین دلیل استفاده از لوله‌های پلیمری Pex یا Pex–Al–Pex با اقبال بیشتری در کف گرمایی مواجه شده‌اند.

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 می‌شود. برای توزیع آب گرم تولید شده بین مدارهای موازی و برگشت آب از همان مدارها به سیستم مرکزی از منیفولدهای رفت و برگشت استفاده می‌شود. محل نصب منیفولدهای رفت و برگشت در قسمتی از پلان است که مدارهای هم‌طول را ایجاد کند. از مزایای استفاده از مدارهای موازی عبارت‌است از افت فشار کمتر در طول مسیر و در عین حال استقلال فضاهای مختلف که لازم است در نحوه کنترل دما به‌صورت مستقل عمل کنند.

به علت محدودیت در افت دمای آب ورودی توصیه می‌شود حداکثر افت دما ۱۵ درجه فارنهایت یا $^{\circ}$۸ سانتی‌گراد باشد. طول مدارهای سیستم‌های گرمایش از کف از مقادیر ارائه شده در جدول ۴ــ۴ بیشتر نباشد.



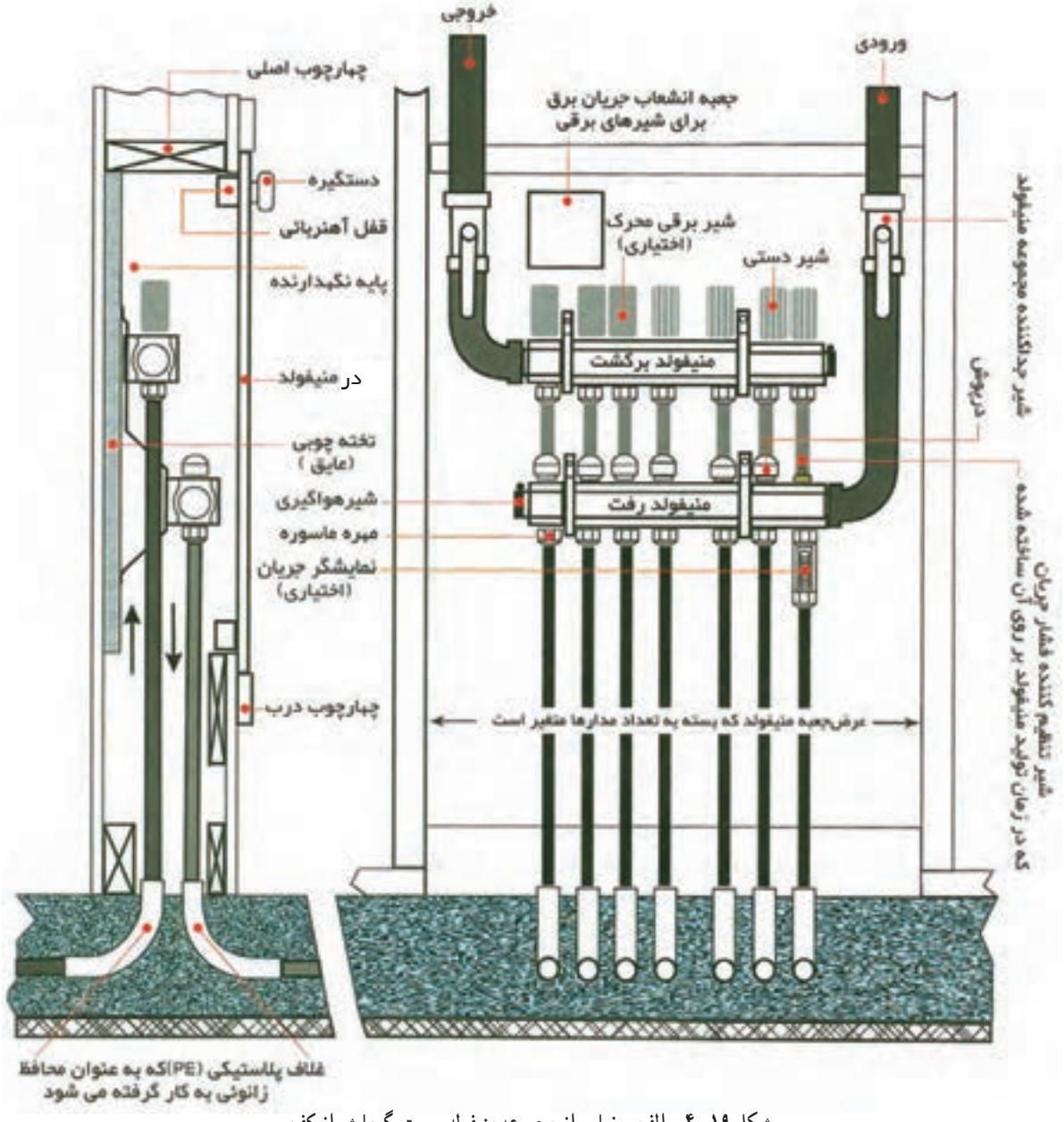
شکل ۱۸ــ۴ــ اجرای سیستم کف گرمایی در یک اتاق

جدول ۴ــ۴ــ طول پیشنهادی هر مدار

سایز اسمی لوله mm (in)	قطر داخلی لوله mm (in)	قطر خارجی لوله mm (in)	ضخامت جداره mm (in)	وزن gr/m (lb/c ft)	حجم L/m (US gal/ft)	طول پیشنهادی هر مدار m (ft)	حداکثر طول هر مدار m (ft)
5-12 (3.8)	9 (0.35)	12 (0.47)	1.60 (0.063)	80 (5.4)	0.084 (0.005)	60 (200)	76 (250)
12-16 (1.20)	12 (0.47)	16 (0.63)	1.65 (0.065)	101 (6.8)	0.113 (0.009)	90 (300)	106 (350)
16-20 (5.8)	16 (0.63)	20 (0.79)	1.9 (0.075)	150 (10.1)	0.201 (0.016)	122 (400)	152 (500)
20-25 (3.4)	20 (0.79)	25 (0.98)	2.25 (0.089)	203 (13.7)	0.314 (0.025)	152 (500)	182 (600)

شکل ۱۹ــ۴ــ الف یک منیفولد و شکل ۱۹ــ۴ــ ب پلان است نشان می‌دهد.

ساختمان یک طبقه‌ای را که سیستم کف گرمایی در آن اجرا شده



شکل ۱۹ــ۴ــ الف ــ 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 ۱۹ــ۴ــ ب ــ نمونه‌ای از نقشه طراحی‌شده

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 تمام ورودی‌ها و خروجی‌های ساختمان مانند چهارچوب درب‌ها و پنجره‌ها انجام شده باشد. همچنین گچ‌کاری داخل ساختمان تا ۳۰ سانتی‌متر بالای کف نهایی کاملاً تکمیل شده باشد.

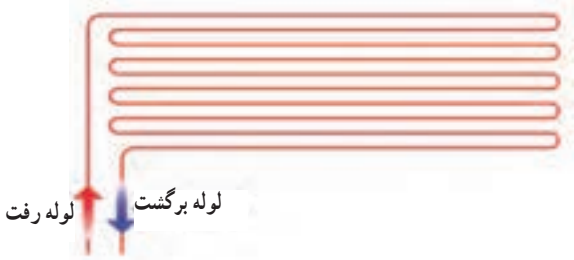
در صورت اجرای سیستم‌های لوله‌کشی برق و مکانیک روی کف ساختمان، باید پس از تست آنها، سایر اجزاء و قطعات سیستم‌های مذکور کاملاً پوشانده شوند و سطح ترازی برای نصب عایق گرمایی فراهم گردد. توجه داشته باشید هر نوع برآمدگی در سطح تراز مجاز نمی‌باشد. از شن طبیعی و ماسه نمی‌توان برای تراز کردن کف استفاده نمود.

۲ــ۸ــ۴ــ انواع آرایش سیستم لوله‌کشی گرمایش

از کف : در حالت کلی دو آرایش لوله در اجرای سیستم گرمایش از کف وجود دارد :

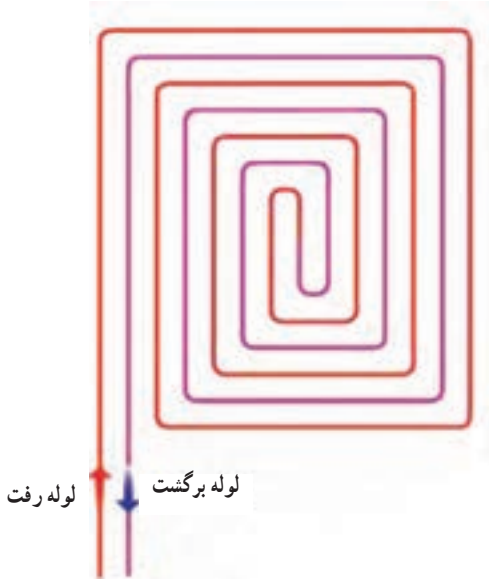
۱ــ روش مارپیچی: در فضاهایی که در معرض نفوذ هوای سرد قرار دارند، حتماً لوله‌کشی باید به‌صورت مارپیچ اجرا شود. بدین صورت که ابتدا لوله به مرز سرد رفته و با توجه به نوع طراحی، فاصله مرز سرد را مارپیچ اجرا می‌نماییم.

در این روش به دلیل کنار هم‌بودن لوله‌ها با دمای بالا، شار حرارتی بیشتری ایجاد شده و تأمین آسایش، بهتر صورت می‌گیرد (شکل ۲۰ــ۴).



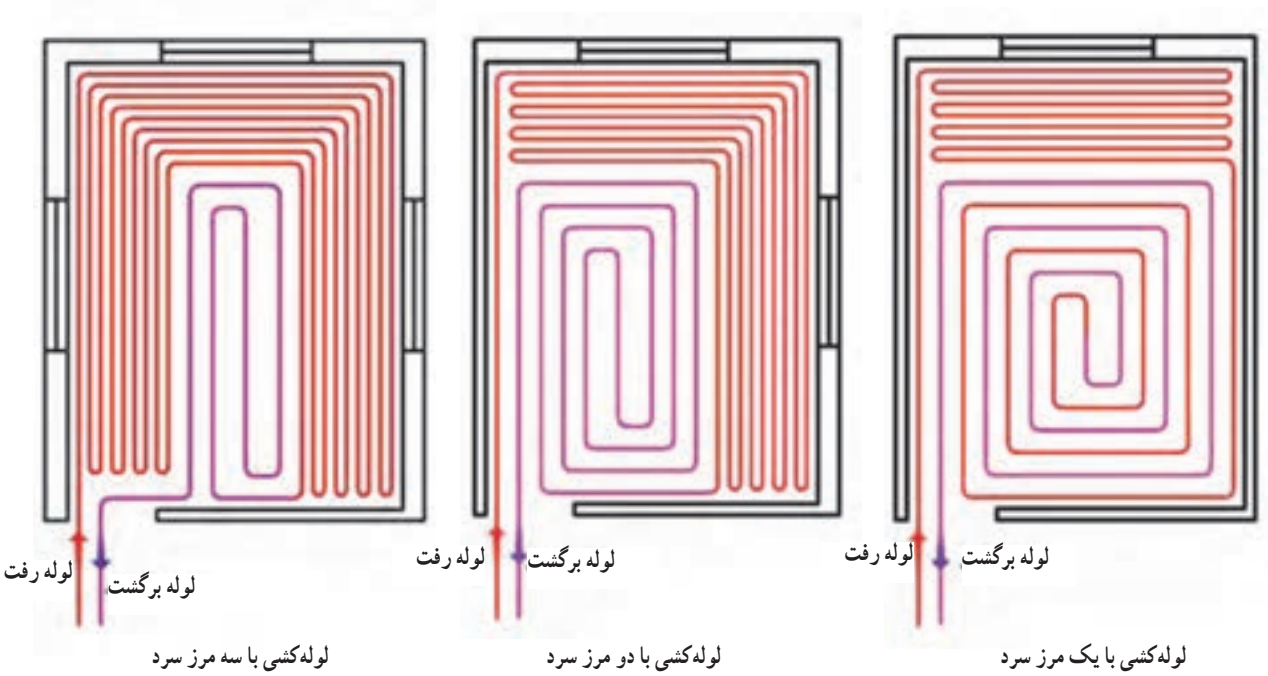
شکل ۲۰ــ۴ــ آرایش مارپیچی (کویلی) کف گرمایی

۲ــ روش حلقه‌ای (حلزونی) : روش دیگر اجرا، روش حلزونی یا همان روش حلقه‌ای است که در آن لوله‌های رفت و برگشت به‌صورت حلقه در کنار هم قرار می‌گیرند. این روش اجرا، به‌راحتی انجام می‌گیرد و با توجه به تعادل حرارتی که در این روش در کف انجام می‌گیرد، بیشتر مورد توجه است (شکل ۲۱ــ۴).



شکل ۲۱ــ۴ــ آرایش حلزونی 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 به‌صورت یکی از روش‌های ترسیم‌شده در شکل ۲۲ــ۴ باشد.



لوله‌کشی با سه مرز سرد — لوله‌کشی با دو مرز سرد — لوله‌کشی با یک مرز سرد

شکل ۲۲ــ۴ــ آرایش لوله‌ها در سیستم کف گرمایی با توجه به مرز سرد

۳ــ۸ــ۴ــ محاسبه مقدار شار گرمایی : با داشتن مقدار گرمای مورد نیاز جهت تأمین شرایط آسایش گرمایی ساکنان و سطح خالص گرمایش از کف، مقدار شار گرمایی به‌دست می‌آید. قابل توجه است که سطح خالص گرمایش از کف شامل سطوح کف کمدها، زیر کابینت‌ها و یخچال‌ها نمی‌باشد.

بنابراین مقدار شار گرمایی عبارت‌است از مقدار انرژی گرمایی مورد نیاز در واحد سطح خالص گرمایش از کف. اگر مقدار انرژی گرمایی برحسب وات (W) و سطح خالص برحسب m^2 (مترمربع) باشد مقدار شار گرمایی با واحد W/m^2 محاسبه می‌گردد.

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

پارامتر مهمی که در این مرحله باید مورد بررسی قرار گیرد حداکثر دمای سطح کف می‌باشد. که برای هریک از مقادیر شار گرمایی با توجه به دمای اتاق از جدول ۵ــ۴ به‌دست می‌آید.

حداکثر دمای کف اتاق‌هایی که اتلاف گرمای زیادی دارند، از قبیل حمام‌ها و ورودی‌های ساختمان ۳۲ درجه سلسیوس، در نظر گرفته می‌شود و حداکثر دمای کف اتاق‌هایی که اتلاف گرمای زیادی ندارند، از قبیل آشپزخانه‌ها، اتاق‌های پذیرایی ۲۹ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود.

۴ــ۸ــ۴ــ انتخاب فواصل بین لوله‌ها : فاصله بین لوله‌ها در سیستم گرمایش از کف ارتباط مستقیم با مقدار شار

جدول ۵ــ۴ــ دمای سطح اتاق با توجه به شار گرمایی و دمای هوای اتاق

شار گرمائی Btu/h.ft²	دمای اتاق					
	60°F	65°F	68°F	70°F	72°F	75°F
10	65.0	70.0	73.0	75.0	77.0	80.0
15	67.5	72.5	75.5	77.5	79.5	82.5
20	70.0	75.5	78.0	80.0	82.0	85.5
25	72.5	77.5	80.5	82.5	84.5	87.5
30	75.0	80.0	83.0	85.0	87.0	90.0
35	77.5	82.5	85.5	87.5	89.5	92.5
40	80.0	85.0	88.0	90.0	92.0	95.0
45	82.5	87.5	90.5	92.5	94.5	97.5
50	85.0	90.0	93.0	95.0	97.0	100.0
55	87.5	92.5	95.5	97.5	99.5	102.5
	دمای سطح مورد نیاز(°F)					

گرمایی، دمای آب ورودی و آسایش ساکنان دارد که در جدول ۶ــ۴ فاصله پیشنهادی بین لوله‌ها را و دیگر پارامترهای مؤثر در کف گرمایی حالت‌های مختلف مسکونی و تجاری ارائه داده است.

طراحی اغلب ساختمان‌های مسکونی و مراکز کم‌جمعیت تجاری با لوله‌های سایز ۱۶ــ۱۲میلی‌متر ($\frac{1}{2}''$) انجام می‌گیرد.

هرچند در برخی از طرح‌ها ممکن است از لوله‌های سایز ۱۲ــ۹ میلی‌متر ($\frac{3}{8}''$) یا ۲۰ــ۱۶میلی‌متر ($\frac{5}{6}''$) نیز استفاده گردد.

جدول ۷ــ۴ــ محاسبات تخمینی سیستم کف گرمایی را که بیشتر متداول است نشان می‌دهد که از جدول ۶ــ۴ استخراج شده است.

جدول ۶ــ۴ــ راهنمای تخمین پارامترهای مختلف مؤثر در کف گرمایی ساختمان‌های مسکونی تجاری و صنعتی

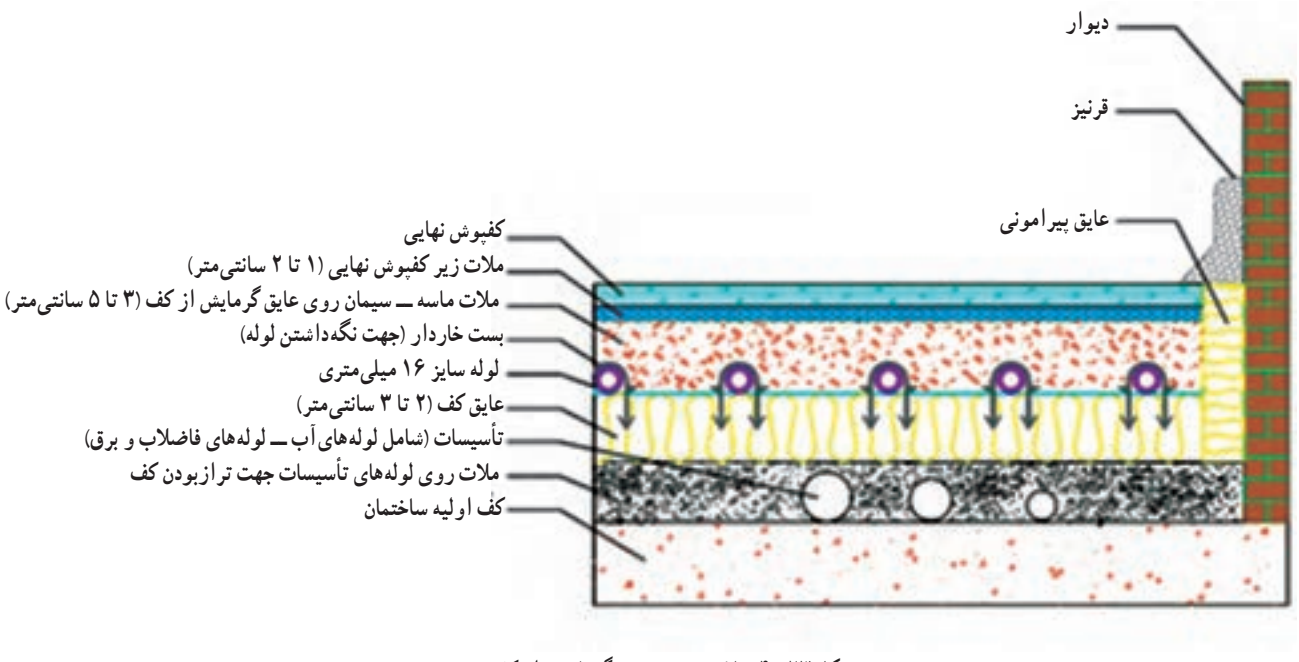
نوع کاربرد / پارامتر موثر	مسکونی				تجاری		صنعتی			
	سیستم Metric		سیستم Imperial		سیستم Metric	سیستم Imperial	سیستم Metric		سیستم Imperial	
دمای اتاق	18-22°C		65-72°F		15-22°C	60-72°F	13-21°C		55-70°F	
میانگین دمای آب	35-60°C		95-140°F		32-60°C	90-140°F	30-50°C		85-120°F	
دمای سطح	25-29°C		75-85°F		25-29°C	75-85°F	22-29°C		70-85°F	
شار گرمائی	47.5-95 W/m^2		15-30 $Btu/h.ft^2$		47.5-95 W/m^2	15-30 $Btu/h.ft^2$	32-60 W/m^2		10-25 $Btu/h.ft^2$	
افت دمای آب	8-10°C		15-20°F		8-10°C	15-20°F	8-10°c		15-20°F	
سایز لوله مصرفی	9-12 mm	12-16 mm	3/8"	1/2"	12-16 mm	1/2"	16-20 mm	20-25 mm	5/8"	3/4"
طول پیشنهادی هر مدار	60 m	90 m	200 ft	300 ft	90 m	300 ft	122 m	152 m	400 ft	500 ft
دبی جریان برای هر مدار	1.3 L/m	2.8 L/m	0.35 gpm	0.75 gpm	2.8 L/m	0.75 gpm	3.8 L/m	5.7 L/m	1 gpm	1.5 gpm
افت فشار هر مدار	1.5-1.8 m H_2O	1.8-2.2 m H_2O	5-6 ft H_2O	6-7 ft H_2O	1.8-2.2 m H_2O	6-7 ft H_2O	1-1.4 m H_2O	1-1.4 m H_2O	3.5-4.5 ft H_2O	3.5-4.5 ft H_2O
میانگین فاصله بین لوله ها	10-20 cm	20-30 cm	4-8 in	8-12 in	20-30 cm	8-12 in	20-30 cm	25-35 cm	8-12 in	10-14 in

جدول ۷ــ۴ــ محاسبات تخمینی سیستم کف گرمایی

کاربری / پارامترهای مؤثر	مسکونی ــ تجاری	صنعتی	
دمای اتاق (درجه سانتی‌گراد)	۲۲	۲۱ــ۱۳	
میانگین دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	۶۰ــ۳۰	۵۰ــ۳۰	
دمای کف (درجه سانتی‌گراد)	۲۹ــ۲۵	۲۹ــ۲۲	
شار حرارتی (وات بر مترمربع)	۹۵ــ۴۷/۵	۸۰ــ۳۲	
افت دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	۱۰ــ۸	۱۰ــ۸	
سایز لوله مورد استفاده در کف (میلی‌متر)	۱۶	۲۰	۲۵
طول پیشنهادی هر مدار (متر)	۹۰	۱۲۲	۱۵۲
دبی جریان در هر مدار (لیتر بر دقیقه)	۲/۸	۳/۸	۵/۷
افت فشار به ازای بالاترین مدار (متر ستون آب)	۲/۲ــ۱/۸	۱ــ۱/۴	۱ــ۱/۴
فاصله بین لوله‌ها (سانتی‌متر)	۲۰ــ۱۰	۳۰ــ۲۰	۳۵ــ۲۵

۵ــ۸ــ۴ــ اجرای سیستم کف گرمایی : اجرای سیستم گرمایش از کف، نهایی‌ترین کارهای ساختمان بوده و قبل از هر چیز کف محل اجرا باید سطحی تراز داشته و وجود هرگونه برآمدگی در سطح تمام‌شده مجاز نیست.

در صورت اجرای سیستم‌های 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 سیستم‌های مذکور پوشانده شود. محل نصب کلکتور باید قبل از اجرای سیستم گرمایش از کف انتخاب شود کلیه عملیات گچ‌کاری از قبیل گچ‌کاری سقف، نصب درها، گچ‌کاری دیوارها (تا ۰/۵ متر مانده به کف) قبل از اجرای سیستم گرمایش از کف صورت پذیرد. شکل ۲۳ــ۴ لایه‌بندی کف در سیستم گرمایش از کف را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳ــ۴ــ لایه‌بندی سیستم گرمایشی از کف

پرسش و تمرین

۱ــ دستگاه‌های پخش‌کنندهٔ حرارت را تعریف کنید.

۲ــ رادیاتور فولادی و ساختمان آن را شرح دهید.

۳ــ انواع مختلف رادیاتور فولادی را که در حال حاضر در کارخانه‌های داخلی تولید می‌شود، بنویسید.

۴ــ شیر دستی رادیاتور را شرح دهید.

۵ــ شیر ترموستاتیکی رادیاتور را توضیح دهید.

۶ــ زانو قفلی رادیاتور را شرح دهید.

۷ــ شیر هواگیری رادیاتور را توضیح دهید.

۸ــ شیر هواگیری خودکار رادیاتور را شرح دهید.

۹ــ اگر $t_S=۹۰^{\circ}C$، $t_R=۷۰^{\circ}C$ و $t_I=۲۰^{\circ}C$ باشد، قدرت حرارتی هر مترمربع رادیاتور فولادی برابر چند وات است؟

پاسخ : ۵۰۴ وات

۱۰ــ قدرت و شرایط استاندارد یک رادیاتور را تعریف کنید.

۱۱ــ تلفات حرارتی اتاقی (۲/۵) کیلووات است چند پره رادیاتور (۶۰۰×۱۵۰) برای آن کافی است؟

پاسخ : ۲۲ پره

۱۲ــ رادیاتور آلومینیومی و ساختمان آن را شرح دهید.

۱۳ــ تلفات حرارتی اتاقی (۵۷۵۰) وات است اگر بخواهیم برای گرم‌کردن این اتاق از دو دستگاه رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر مساوی استفاده نماییم، تعداد پرهٔ هر دستگاه آن‌را محاسبه کنید.

پاسخ : ۲۰ پره

۱۴ــ رادیاتور چدنی و ساختمان آن را شرح دهید.

۱۵ــ کنوکتور و ساختمان آن را تشریح کنید.

۱۶ــ انواع مختلف کنوکتور را شرح دهید.

۱۷ــ یونیت هیتر و ساختمان آن را توضیح دهید.

۱۸ــ انواع مختلف یونیت‌هیتر را شرح دهید.

۱۹ــ کاربرد یونیت هیتر و دلایل آن را بنویسید.

۲۰ــ فن‌کویل و ساختمان آن را شرح دهید.

۲۱ــ انواع مختلف مدل‌های فن‌کویل را از نظر مقدار هوادهی نام ببرید.

۲۲ــ انواع مختلف مدل‌های فن‌کویل را از نظر شکل ظاهری و محل نصب شرح دهید.

۲۳ــ روش‌های صرفه‌جویی در انرژی را شرح دهید.

۲۴ــ تلفات حرارتی یک اتاق ۴۱۲۵ وات می‌باشد. اگر درجه حرارت آب رفت و برگشت به ترتیب ۸۰ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد باشد و از رادیاتور فولادی ۲۰۰×۵۰۰ برای گرم کردن استفاده شود و اگر دمای هوای

اتاق $22/5^{\circ}C$ باشد مطلوبست :

۱ــ محاسبه سطح حرارتی لازم درصورتی که ضریب هدایت کلی $U = 8/2 \frac{W}{m^2.K}$ باشد.

۲ــ محاسبه تعداد پره‌های رادیاتور، در صورتی که سطح حرارتی هر پره $0/25m^2$ باشد.

پاسخ : ۱ــ $10m^2$ ۲ــ ۴۱ پره

۲۵ــ رادیاتورهای پنلی را شرح دهید.

۲۶ــ انواع رادیاتور پنلی را نام ببرید.

۲۷ــ انواع رادیاتور پنلی را توضیح دهید.

۲۸ــ برای اتاقی که بار گرمایی آن $4800W$ است رادیاتور پنلی دوپنل و دو کنوکتور انتخاب کنید.

۲۹ــ روش مختلف کف گرمایی را نام ببرید.

۳۰ــ لوله‌های مورد استفاده در سیستم کف گرمایی با آب گرم را معرفی کنید.

۳۱ــ آرایش لوله‌ها در سیستم کف گرمایی را شرح دهید.

۳۲ــ کاربرد هریک از انواع آرایش لوله‌ها را توضیح دهید.

۳۳ــ اگر بخواهیم اتاقی مسکونی به ابعاد ۶ متر در ۴ متر را با سیستم کف گرمایی با آب گرم، گرم کنیم درصورتی که بار گرمایی اتاق $3600W$ و دمای آن $20^{\circ}C$ باشد تعیین کنید.

۱ــ شارژ گرمایی ۲ــ دمای کف ۳ــ طول مدار ۴ــ قطر نامی لوله مورد نظر ۵ــ فاصله بین لوله‌ها