

کاربرد و مزایا سیستم گرمایش از کف و انتقال حرارت و تاثیر آن در بهینه سازی مصرف انرژی و روش طراحی و نکات فنی در مراحل اجراء

حمید رضا ابراهیمی، مهندس تاسیسات حرارتی و برودتی؛ floorheating9@gmail.com
 علیرضا ابراهیمی، مهندس تاسیسات حرارتی و برودتی، Ebrahimi.tasi@yahoo.com

چکیده

جای خود را به سیستم گرمایش و تهویه مطبوع داد. با تولد پلمیر PEX در اواخر دهه ۶۰ میلادی در قاره اروپا دانشمندان پلیمر لوله های PEX رابه عنوان یکی از ره آوردهای این قرن برای مهندسان مکانیک به ارمغان آوردند. اگرچه لوله های PEX توانستند معضل پوسیدگی لوله های آهنی را مرتفع نمایند ولی به دلیل دو محدودیت دیگر (نفوذ اکسیژن و ضریب انبساط طولی زیاد) نتوانستند نیازهای مهندسان مکانیک را به طور کامل اجابت کنند لذا دانشمندان پلیمر با متخصصات ساخت و تولید جهت تولید لوله های پلیمری - فلزی هماهنگ شدند و تحقیقات گسترده ای را آغاز نمودند. این تحقیقات زمینه تولید لوله های PEX-AL-PEX فراهم نمود. که همزمان با حل معضل پوسیدگی لوله های فلزی ، مشکل نفوذ اکسیژن و زیاد بودن ضریب انبساط طولی لوله های تک لایه پلیمری را مرتفع نمودند. به همین دلیل لوله های PEX-AL-PEX به عنوان کاملترین محصول جهت کاربردهای تاسیسات گرمایشی و سرمایشی شناخته شده اند و بدون داشتن رقیب جدی بخش زیادی از بازار را به خود اختصاص داده اند

در این مقاله به بررسی یکی از روشهای نوین گرمایش ، یعنی گرمایش از کف که مورد استقبال واقع شده ، پرداخته شده است . پس از معرفی این روش گرمایش و انواع آن و چگونگی مطابقت آن با فرایند و مکانیسم آزاد سازی انرژی از بدن انسان و مقایسه این دو مورد مورد توجه قرار گرفته است . همچنین در بخش دیگری از این تحقیق مقدمات ، ساختار کلی و اجزا سیستم گرمایش از کف و اجرای آن که شامل لایه عایق ، لوله های بکار رفته در آن، ورقه بتونی ، منیفولد مورد بررسی قرار گرفته است . در ضمن به روشهای طراحی و چگونگی آرایش و فواصل لوله ها و محاسبات دبی سیال وافت فشار بین کلکتورهای رفت و برگشت که یکی از پارامترهای مهم این سیستم میباشد، پرداخته شده است . همچنین به روشهای کنترل دما و انواع منابع تامین کننده حرارتی جهت استفاده در گرمایش از کف معرفی شده است .
 کلمات کلیدی: گرمایش از کف، انتقال حرارت، بهینه سازی ، مصرف انرژی، کلکتور گرمایش از کف

بدنه اصلی مقاله

- به طور کلی سه نوع روش گرمایش از کف موجود است :
 ۱. سیستم گرمایش از کف با هوای گرم
 ۲. سیستم گرمایش از کف با جریان الکتریسیته
 ۳. سیستم گرمایش از کف با آب گرم

به دلیل اینکه هوا نمی تواند گرمای زیادی را در خود نگاه دارد سیستم گرمایش از کف با هوای گرم در منازل مسکونی چندان مقرون به صرفه نیست. روش الکتریکی نیز فقط زمانی مقرون به صرفه است که قیمت انرژی الکتریکی کم باشد در مقایسه با دو روش ذکر شده سیستم گرمایش با آب گرم مقرون به صرفه تر می باشد و بدین علت است که سالیهای متمادی در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفته است.

- روش گرمایش از کف به عنوان راحت ترین ، سالم ترین و طبیعی ترین روش برای گرمایش شناخته شده است. همانطور که افراد در یک روز سرد زمستانی توسط تابش خورشید احساس گرما می نمایند در این روش نیز گرما را بوسیله انتقال حرارت تابشی از کف محل سکونت خود دریافت می کنند و یقیناً احساس آسایش بیشتری خواهند نمود.
- در این سیستم گرمایشی ، معمولاً دمای آب گرم موجود در لوله های گرمایش از کف بین ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتیگراد می باشد که در مقایسه با سایر روشهای موجود که دمای آب بین ۶۵ تا ۸۲ درجه سانتیگراد است حداقل بین ۴۰ تا ۶۰ درجه در مصرف انرژی صرفه جویی می شود.
- یکی از دلایلی که سیستم گرمایش از کف را به شدت مورد استقبال ساکنان ساختمانها قرار داده است هماهنگی آن با مکانیزم آزاد

مقدمه

با افزایش روز افزون جمعیت و همچنین کاهش منابع انرژی ، اهمیت مصرف ساختمان ها و مجتمع های مسکونی در کنترل و بهینه سازی مصرف انرژی مهم و قابل تأمل می باشد سیستم گرمایش از کف که در فرآیند گرمایشی آن ، انتقال حرارت تابشی سهم زیادی دارد (بیش از ۵۰ درصد از انتقال حرارت به صورت تابشی است) در مقایسه با سایر سیستم های گرمایشی نه تنها در صرفه جویی و بهینه سازی مصرف انرژی بلکه در مقوله رفاه و آسایش ساکنان ساختمان ها دارای نقاط قوت بسیاری می باشد.

- استفاده از روش گرمایش از کف جهت گرمایش محل سکونت از دیرباز به روش های مختلف انجام می گرفته است بطوری که رومیها از این روش برای گرم کردن حمامهای عمومی خود استفاده می کرده اند و کره ای ها دود حاصل از سوخت را قبل از اینکه دودکش عبور کند از درون کانال هایی که در زیر کف تعبیه شده بود انتقال می دادند. در کشور ایران نیز در مناطق کوهستانی و سردسیر از جمله آذربایجان این روش مورد استفاده قرار می گرفته که بیشترین مورد استفاده آن در حمام ها بوده است.
- در سالهای اخیر ، سیستم گرمایش از کف در کشورهای اروپایی و آمریکا بسیار متداول شده است به نحوی که در اواسط قرن ۲۰ میلادی سیستم گرمایش از کف با استفاده از لوله های آهنی و مسی گسترش یافت ولی به دلیل پوسیدگی لوله های آهنی و گرانی لوله های مسی دیری نپائید که

همچنین به علت عدم وجود رطوبت در کف اتاقها، جایی برای رشد و تکثیر حشرات موزی وجود ندارد.

- یکی دیگر از مزایای سیستم گرمایش از کف این است که دیگر فضای منزل یا محل کار توسط رادیاتور یا بخاری اشغال نمی شود و به همین دلیل در تغییر دکوراسیون محل زندگی آزادی بیشتری خواهید داشت.

- همانطور که می دانید بیشتر افراد از کثیف شدن دیوارها و محیط زندگی در اثر استفاده از منابع گرمایی مانند بخاری و رادیاتور احساس ناراضی می کنند، از آنجا که در سیستم گرمایش از کف جریان هوای کمتری وجود دارد بنابراین دیوارها پاکیزه می مانند. همین امر در مورد افرادی که دارای حساسیت (آلرژی) هستند بسیار اهمیت دارد، زیرا محیط زندگی در این روش عاری از هرگونه محرک است.

- استفاده از این سیستم در مکان هایی همچون آشپزخانه و حمام که کف آنها معمولاً خیس و مرطوب است مناسب بوده و استفاده از این روش باعث خشک شدن کف این محل ها می شود. مسئله مهم دیگر اینکه در این روش رطوبت زمین که در بعضی از منازل منجر به بروز بیماری های مفصلی می شود از بین رفته و کاهش درد بیماران مبتلا به ناراحتی هایی از قبیل روماتیسم از دیگر مزایای این سیستم است.

- یکی از مزایای قابل توجه سیستم گرمایش از کف امکان کنترل دمای هر اتاق به صورت مجزا و جداگانه است که نتیجه آن آسایش هر چه بپیر تک تک افراد خانواده می باشد.

- چون در سیستم گرمایش از کف نیازی به جابجایی اجباری هوا نیست بنابراین دلیلی برای استفاده از فن و یا دمنده وجود ندارد و همین امر باعث حذف صدای اضافی این وسایل می شود.

از دیگر کاربردهای روش گرمایش از کف استفاده از آن در سیستم های ذوب برف است به طوری که می توان از این سیستم برای ذوب کردن یخ و برف پیاده روها، لنگرگاههای بارگیری، جاده ها، ورودی ساختمان ها و بیمارستان ها، بند فرود هواپیما و زمین های ورزشی که دسترسی آسان و سریع به محل الزامی است استفاده کرد. با استفاده از این روش هزینه های برف رویی و نمک پاشی از بین می رود و همچنین از محیط زیست پیرامون ساختمان مورد نظر به خوبی محافظت می شود.

ساختار کلی

پیش شرایط کلی لازم برای نصب سیستم گرمایش از کف در ساختمان عبارتند از:

الف) نصب چهارچوب تمام ورودیها و خروجیهای ساختمان مانند چهارچوب دربها و پنجره ها

ب) گچکاری داخل ساختمان به طوری که عملیات مذکور تا ۳۰ سانتیمتر بالاتر از کف نهایی کاملاً تکمیل گردد.

سیستم گرمایش از کف شامل لایه عایق کف، لوله پنج لایه، ورقه بتونی و لایه عایق پیرامونی می باشد.

لایه های ساختمان، اجزای ساختمان

کف ساختمان (Structural base slab)

کف ساختمان باید مطابق با استانداردهای لازم خود طراحی و ساخته شود، قبل از اجرای سیستم گرمایش از کف باید تمام عملیات تأسیسات برق و مکانیک که لازم است در کف ساختمان اجرا گردد به اتمام رسیده و تست شده باشد. از جمله این موارد، اجرای سیستم های لوله کشی آب سرد و آب گرم مصرفی ساختمان و سیستم های لوله کشی فاضلاب می باشد. همچنین رعایت نکات ذیل ضروری است:

سازی انرژی از بدن انسان می باشد. چهار فرآیند طبیعی در آزاد سازی حرارت از بدن دخالت دارد:

- انتقال حرارت به واسطه تنفس و تبخیر رطوبت از پوست
- انتقال حرارت به هوای اطراف بدن از طریق جابجایی
- انتقال حرارت از طریق هدایت به اشیائی که بدن با آنها در تماس است.
- انتقال حرارت به صورت تابشی بین بدن و اشیاء پیرامون آن

انتقال حرارات به وسیله تنفس و تبخیر رطوبت از پوست

تنفس و تبخیر رطوبت از پوست ۲۵٪ از کل حرارت انتقال یافته از بدن انسان طی یک فعالیت سبک در یک فضای خانگی یا اداری را تشکیل می دهد.

انتقال حرارت به هوای اطراف بدن از طریق جابجایی

حرارت از پوست و لباس ما به هوای اطراف جریان می یابد مشروط بر آنکه هوای دمای پائینتری داشته باشد. این نمونه ای از انتقال حرارت جابجایی محسوب می شود. هر فرد به شرط آنکه لباس ضخیم نبوشیده باشد و در یک فضای خانگی یا اداری قرار داشته باشد حدود ۳۰٪ از کل حرارت انتقال یافته را به روش جابجایی دفع می نماید.

انتقال حرارت از طریق هدایت به اشیائی که بدن با آنها در تماس است

انتقال حرارت از طریق هدایت زمانی اتفاق می افتد که هر یک از قسمت های بدن ما شیء سردتری را لمس کند اگر شما با پای برهنه بر روی کف محوطه ای واقع در طبقه فوقانی یک زیرزمین سرد بایستید، پاهایتان سریعاً تأثیر انتقال حرارت هدایتی را حس خواهند کرد. همچنین اگر شما جای فردی را که برای مدتی (هرچند کوتاه) روی یک صندلی نشسته بوده است اشغال کنید، تأثیر انتقال هدایت حرارتی را لمس خواهید کرد. چون بدن انسان به طور پیوسته با اشیاء سردتر یا گرمتر در ارتباط نمی باشد برای انتقال حرارت هدایتی نمی توان درصد ثابتی در نظر گرفت.

انتقال حرارت به صورت تابشی بین بدن و اشیاء پیرامون آن

انتقال حرارت تابشی از پوست و لباس ما به اشیاء پیرامون نقش مهمی را در تأمین یا عدم تأمین آسایش دمائی ایفا می کند. هرگاه ما در مجاورت اشیائی سردتر از سطوح پوست و لباسمان قرار بگیریم حرارت از بدنمان به سطوح پیرامونی تابیده می شود. در یک فضای خانگی یا اداری به شرط آنکه شخص لباس ضخیم نبوشیده باشد تقریباً نیمی از کل حرارت انتقال یافته به صورت تابشی آزاد می شود.

بدن ما به طور خودکار همه این فرآیندها را تعدیل می کند تا حرارت داخلی بدن تنظیم شود. وقتی یک از روش های چهارگانه انتقال حرارت محدود می شود، بدن ما تلاش می کند تا سایر مکانیزمهای آن را تسریع بخشد. از طرفی چون حدود ۵۰ درصد از کل حرارت انتقال یافته در سیستم گرمایش از کف به صورت تابشی انتقال می یابد، بدن ما جهت تسریع سایر مکانیزم ها تلاش می نماید بدین ترتیب هماهنگی خاصی بین این سیستم گرمایشی و مکانیزم انتقال حرارت بدن انسان به وجود آمده و آسایش گرمائی به نحو بی نظیری تأمین می گردد.

- با استفاده از این روش رطوبت دیوارها از بین می رود و دیگر شاهد ترک یا پوسیدگی حاصل از رطوبت در سطح دیوارها نخواهیم بود.

کف تمام شده ادامه یابد و به ورقه بتونی امکان حرکت حداقل به میزان ۵ میلیمتر (به دلیل انبساط حرارتی) بدهد بخش بالایی نوار عایق پیرامون که تا بالای سطح کف کامل شده بالا می آید تا زمان تکمیل پوشش کف بریده نمی شود. در صورت عدم تامین این شرایط ، افزایش حجم در بتون به صورت تنش ذخیره شده و این تنش به حساس ترین المانهای درون بتون که همان لوله های گرمایشی می باشند وارد می گردد و از عمر سیستم کاسته می شود.

لوله گرمایش از کف

برای انتقال آب گرم به کف گرمایشی باید آب از درون لوله گرمایش عبور کند. آنچه در دنیا بعنوان لوله گرمایشی کاربرد دارد لوله های پلیمری از جنس PEX است. به خصوص اگر بخواهیم با حفظ تمام مزایا بر معضل انبساط طولی لوله PEX غلبه کنیم لوله PEX-AL-PEX مطرح می گردد که لوله نیوپایپ دارای این مشخصات است.

امروزه لوله های پنج لایه علاوه بر دارا بودن خاصیت انتقال حرارت کمتر نسبت به لوله های مسی دارای خواص ایده ال دیگری از قبیل انعطاف پذیری ، مقاومت در برابر خوردگی و طول عمر بالای ۱۰۰ سال می باشد. همچنین کم بودن ضریب انتقال حرارت لوله پنج لایه (۰,۴۵) w/mk نسبت به لوله مسی (۴۰۰) w/mk یک مزیت برای این لوله در استفاده از آن در سیستم گرمایش از کف محسوب می گردد. چرا که نتیجه آن گرمایش یکنواخت سطح و محل مورد نظر است.

لوله پنج لایه نوعی لوله مرکب است که سطوح داخلی و خارجی آن از جنس پلی اتیلن متبک و لایه مرکزی آن از جنس آلومینیوم می باشد. بین لایه آلومینیومی و پلی اتیلنی از یک لایه چسب استفاده شده است. این ترکیب خاص لوله پنج لایه را بعنوان بهترین گزینه برای استفاده در سیستم گرمایش از کف معرفی کرده است.

مدار و منی فولد سیستم گرمایش از کف

جهت کنترل دقیق دمای طرح داخل برای دستیابی به شرایط آسایش گرمایی در هر پروژه از تعداد مدار موازی جهت طراحی سیستم گرمایش از کف استفاده می شود. برای توزیع آب گرم تولید شده بین مدارهای موازی و بازگشت آب از همان مدارها به سیستم مرکزی از منی فولدهای رفت و برگشت استفاده می شود. محل نصب منی فولد های رفت و برگشت در قسمتی از پلان است که مدارهای هم طول را ایجاد کند.

کلکتور رفت و برگشت همراه با تجهیزات هواگیری و شیرآلات نصب شده روی هر مدار منی فولد را تشکیل میدهند.

آنچه نصب کننده سیستم گرمایش از کف باید بداند این است که لوله گرمایش از کف از منی فولد رفت شروع و به منی فولد برگشت منتهی می شود. نکته اول اجراء دقیق سیستم گرمایش از کف منطبق بر نقشه تهیه شده توسط مهندسی طراح است. این نقشه باید شامل مشخصات کاملی از ابعاد کلی طرح ، مشخصات کاملی از مدارها و اطلاعات دقیق و جزئی از سایر مدارها اعم از طول مدار ، سطح گرم شونده توسط هر مدار (که با تفکیک رنگ مدارها مشخص می شود) و فاصله بین لوله ها در سطوح مختلف گرمایشی باشد.

از دیگر مزایای مهم 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. به علت محدودیت در افت دمای آب ورودی (توصیه می شود حداکثر افت دما ۸ یا ۱۵ درجه فارنهایت

الف) در صورتی که نقشه تاسیسات برق و مکانیک ساختمان به گونه ای طراحی شده است که لازم است تاسیسات مذکور در کف ساختمان اجرا گردند باید کلیه تاسیسات مذکور قبل از اجرای سیستم گرمایش از کف ، اولاً اجرا و ثانیاً تست گردند .

ب) با توجه به اینکه پس از اجرای سیستم گرمایش از کف دسترسی به تجهیزات تاسیسات برق و مکانیک پوشانده شده در زیر لایه گرمایش از کف با دشواری همراه است لذا رعایت نکات ذیل در انتخاب و اجرای سیستم برق و مکانیک ضروری است:

1. استفاده از لوله های فلزی و لوله های پروپیلن (لوله های سبز) جهت لوله کشی آب سرد و آب گرم مصرفی ساختمان هایی که در مورد آنها قرار است سیستم گرمایش از کف طراحی و اجرا گردد ممنوع است.

2. در صورتی که نقشه معماری به گونه ای طراحی شده است که در سرویس های بهداشتی سقف کاذب نصب می گردد (که معمولاً در اکثر نقشه های معماری این شرایط لحاظ می گردد) توصیه می گردد نقشه سیستم لوله کشی فاضلاب پلان مذکور به گونه ای طراحی گردد که اجزا و قطعات هر سیستم بهداشتی در سقف کاذب سیستم بهداشتی طبقه زیرین اجرا گردد.

3. در مورد ساختمان هایی که سقف آنها از نوع کامپوزیت می باشد ، با توجه به اینکه در پلان معماری نقشه های مذکور سقف کاذب نیز در نظر گرفته می شود ، لذا اکیداً توصیه می گردد که تاسیسات برق و مکانیک پلان های مذکور در داخل سقف کاذب طراحی و اجرا گردد.

ج) در صورت اجرای سیستم های برق و مکانیک روی کف ساختمان ، باید پس از تست ، سایر اجزا و قطعات سیستم های مذکور کاملاً پوشانده شوند و سطحی تراز برای نصب عایق حرارتی فراهم گردد. ضمناً وجود هر نوع برآمدگی در سطح تراز مجاز نمی باشد.

د) از شن طبیعی و ماسه نمی توان برای تراز کردن (Leveling) کف بنا استفاده نمود.

ه) قبل از اجرای سیستم گرمایش از کف باید سیستم های بهداشتی و یا سایر سطوحی که عایق کاری رطوبتی برای آنها پیش بینی شده است به عایق رطوبتی مناسب مجهز گردند.

لایه های عایق، لایه های محافظ، نوارهای پیرامون

با توجه به این که در سیستم گرمایش از کف، سطوح حرارتی انرژی را از لوله های حرارتی دریافت و به محیط محل سکونت انتقال می دهند لذا کلیه سطوح زیرین لوله های گرمایش از کف باید عایقکاری گردند. این عایقکاری توسط ورقهای پلی استایرن با ضخامت حداقل ۳ سانتیمتر یا بیشتر انجام میگردد .

لایه های عایق

لایه عایق بسته به شرایط حرارتی در زیر سازه سیستم گرمایش از کف باید حداقل مقاومتیهای حرارتی را که در زیر ارائه شده است دارا باشد:

نوارهای عایق پیرامونی

با توجه به اینکه دیواره پیرامون کف گرمایشی در داخل کف گرمایشی نفوذ پیدا کرده است لذا در صورت عدم عایقکاری این دیواره ، مقداری از این انرژی به طریقه هداست به دیواره انتقال و در جهت دمای کم حرکت می کند. لذا لازم است پیش از نصب ورقه بتونی یک نوار انبساطی (اتصال لبه ای) در طول دیوارها و دیگر اجزا متعلق به ساختمان که در ورقه بتونی نفوذ میکنند قرار داده شود. نوار عایق پیرامونی باید از سطح پایه شروع و تا سطح

خوبی یک مدار مستقل گرمایش را از مدار مستقل دیگر جدا کند. لوله کشی مدارهای گرمایش پلان مورد نظر و موقعیت اتصالات قطعات باید به گونه ای باشد که حداقل تقاطع لوله ها بوجود آید.

ج) لوله هایی که از درز انبساطی عبور می کنند باید توسط یک لوله PE یا PVC به طوریکه قطر آن حداقل ۸ میلیمتر از لوله گرمایشی بزرگتر است عبور کند و طول این لوله محافظ حدوداً ۰/۳ متر می باشد.

د) در صورتیکه سطحی که قرار است ورقه بتونی روی آن قرار بگیرد شیب دارباشد این ورقه باید به گونه ای روی سطح آن قرار بگیرد که سطح بالایی آن دارای شیب یکسان با کف بنا و موازی با آن باشد.

ر) ورقه بتونی حتی المقدور باید دارای ضخامت یکنواخت ، چگالی مواد توده ای یکنواخت و ویژگی های کلی یکنواخت باشد.

س) ضخامت ورقه بتونی از زیر لوله گرمایشی تا زیر پوشش کف (برای مثال تا زیر سرامیک) به هیچ عنوان نباید از ۳۰ میلیمتر کمتر باشد.

ش) افزایش ضخامت ورقه بتونی تا ۵۰ میلیمتر مشکلی برای سیستم گرمایش از کف ایجاد نمیکند.

ص) ضخامت ورقه بتونی نباید از سه برابر اندازه بزرگترین دانه توده سازنده آن کمتر باشد.

ض) پیش از نصب لایه های عایق ، کف بنا باید کاملاً مسطح گردد. به طوریکه هیچگونه برآمدگی در کف بنا مجاز نمی باشد.

ع) در زمان ساخت ورقه بتونی ، باید از لوله های گرمایش از کف و لایه های عایق در مقابل ضربات و آسیب های احتمالی محافظت شود.

طراحی سیستم های گرمایش از کف

- مقدمه

اولین قدم در طراحی هر سیستم حرارتی محاسبه مقدار گرمای مورد نیاز از هر یک در اتاقها و سایر فضاها میباشد. یک محاسبه دقیق مقدار اتلاف ، میتواند طراح را از رساندن طرح مورد نظر به نقطه بهینه مصرف انرژی (حداکثر میزان بهره وری) و در عین حال بالاترین سطح آسایش گرمایی ساکنان ، مطمئن سازد.

درمورد محاسبه مقدار اتلاف حرارتی برای سیستم های گرمایشی تابشی آنچه توسط انجمن های معتبر ذریبط توصیه می شود استفاده از محاسبات اتلاف حرارتی تجربی (سیستم های گرمایشی رادیاتوری) بعنوان گزینه ای جهت رسیدن به مقدار اتلاف در سیستم های گرمایش از کف می باشد. البته دو نکته اصلی باید مطرح گردد :

الف) بزرگترین وجه امتیاز سیستم گرمایش از کف از عدم تولید توده هوای گرم در این روش انتقال حرارت ناشی می شود. از طرفی اگر ساختمانی در نوع طراحی و مصالح به کار گرفته به گونه ای باشد که استعداد اتلاف هوای گرم داشته باشد و ساختمان مورد نظر به سیستم گرمایش از کف مجهز شده باشد به دلیل عدم تولید توده هوای گرم در سیستم مذکور بخش زیادی از انرژی هدر نمی رود . در صورتیکه اگر همان ساختمان به سیستم رادیاتوری مجهز گردد به دلیل تولید توده هوای گرم خود به خود مقدار زیادی از انرژی هدر می رود.

ب) دومین وجه امتیاز از سیستم های گرمایش از کف به افزایش دمای تابشی متوسط در این سیستم در مقایسه با سیستم های جایجایی هوا بر می گردد. انجمن مهندسان گرمایش ، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا دراستاندارد ASHRAE Standard 55-92 به تشریح پارامترهای لازم جهت تامین آسایش دمایی پرداخته است. در این استاندارد شش پارامتر

باشد) . طول مدارهای سیستم گرمایش از کف از مقادیر ارائه شده در جدول ۳ نمی تواند بیشتر باشد.

توجه ۱: استفاده از اتصال در مدار سیستم گرمایش از کف ، فقط در ورودی و خروجی منیفولد مجاز میباشد و نصب مدارهای دو تکه به هیچ عنوان مورد تأیید نمیشد.

توجه ۲: حداکثر اختلاف طول مجاز در مدارهای یک منیفولد بدون قابلیت تنظیم فشار ۱۰٪ میباشد.

(مثلاً اگر کوتاهترین مدار ۹۰ متر باشد، بلندترین مدار نمیتواند از ۹۹ متر بیشتر باشد)

سایز لوله mm	قطر داخلی mm	قطر خارجی mm	ضخامت جداره mm	وزن Gr/m	حجم l/m	طول پیشنهادی m	حداکثر طول هر مدار m
۹-۱۲	9	12	1.6	80	0.064	60	76
۱۲-۱۶	12	16	1.65	101	0.113	90	106
۱۶-۲۰	16	20	1.9	150	0.201	122	152
۲۰-۲۵	20	25	2.25	203	0.314	152	182

نکات مهم

۱- به جهت های نشان داده شده روی مدارها توجه نمایید. آب گرمتر به موقعیت دیوارهای خارجی وارد می شود که نتیجه آن خروج شار گرمایی بیشتر در مرزهای سرد اتاق است.

۲- فاصله ای میزان ۱۰ سانتیمترالی ۱۵ سانتیمتر بین دیوارها و لوله ها در نظر بگیرید تا لوله ها از هرگونه آسیب احتمالی مصون بمانند.

۳- در زمان نقشه کشی به دنبال طرحی باشید که حتی المقدور لوله ها با دیوارها تقاطعی نداشته باشند. در صورت عبور لوله ای از یک دیوار ، محل تقاطع را روی پلان لوله کشی مشخص نمایید و به صاحب خانه اطلاع دهید.

ورقه بتونی

ورقه بتونی جزئی از ساختمان است که روی کف بنا یا روی لایه محافظ یا لایه عایق قرار میگردد. ورقه بتونی می تواند مستقیماً بعنوان سطح پوششی در نظر گرفته شود. یا طوری طراحی شود که روی آن پوشش کف قرار گیرد. در زمان طراحی و اجرای سیستم گرمایش از کف توجه به نکات ذیل ضروری است :

الف) لوله های گرمایشی نباید از اتصالات سازه ای بنا عبور کنند و باید و فقط باید درون ورقه بتونی قرار گرفته باشند.

ب) در صورتیکه پلان ساختمان به گونه ای است که دارای سطحی یکپارچه با مساحت بیش از ۴۰ متر مربع باشد یا شامل مستطیل با مساحت کمتر از ۴۰ متر مربع ولی ضلعی با طول بیشتر از ۸ متر باشد باید با استفاده از اتصالات مخصوص (اصطلاحاً Screed joint) هر سطح با مساحت بیش از ۴۰ متر مربع را به سطوحی با مساحتی کمتر از ۴۰ متر مربع تقسیم نمود.

این اتصالات می توانند از جنس پلی استایرن (یا هر محصولی که در انبساط و انقباض عملکردی مناسب دارد) باشند. پیشنهاد می شود پهنای اتصال ۵ الی ۱۰ سانتیمتر و ضخامت آن مطابق ضخامت ورقه بتونی (معمولاً ۳ الی ۴ سانتیمتر) در نظر گرفته شود. از این پس اتصالات مذکور را با عنوان درز انبساطی می شناسیم.

توصیه می گردد درز انبساطی روی عضوهای اصلی سازه ساختمان یا محل ورودی ها (مثل ورودی درها) و یا سایر قسمت هایی قرار گیرد که به

گرمایی با توجه به اینکه دمای اتاق متناظر یک دمای سطح مشخص است. لذا با توجه به جدول ذیل دمای سطحی که موجب تامین شار گرمایی مورد نیاز می گردد محاسبه می گردد. حداکثر دمای کف اتاق هایی که اتلاف گرمای زیادی دارند ، حمام ها و ورودی های ساختمان ۹۰ درجه فارنهایت در نظر گرفته شود. حداکثر دمای کف اتاق هایی که اتلاف گرمای زیادی ندارند ، آشپزخانه و پذیرائی ۸۵ درجه فارنهایت در نظر گرفته شود.

دمای اتاق						شار گرمایی Btu/h
۷۵ F	۷۲	۷۰ F	۶۸ F	۶۵ F	۶۰ F	
۸۰	۷۷	۷۵	۷۳	۷۰	۶۵	۱۰
۸۲.۵	۷۹.۵	۷۷.۵	۷۵.۵	۷۲.۵	۶۷.۵	۱۵
۸۵.۵	۸۲	۸۰	۷۸	۷۵.۵	۷۰	۲۰
۸۷.۵	۸۴.۵	۸۲.۵	۸۰.۵	۷۷.۵	۷۲.۵	۲۵
۹۰	۸۷	۸۵	۸۳	۸۰	۷۵	۳۰
۹۲.۵	۸۹.۵	۸۷.۵	۸۵.۵	۸۲.۵	۷۷.۵	۳۵
۹۵	۹۲	۹۰	۸۸	۸۵	۸۰	۴۰
۹۷.۵	۹۴.۵	۹۲.۵	۹۰.۵	۸۷.۵	۸۲.۵	۴۵
۱۰۰	۹۷	۹۵	۹۳	۹۰	۵۸	۵۰

با در نظر گرفتن جدول زیر ، فواصل بین لوله ها با توجه به مقدار شار گرمایی مورد نیاز وسایز لوله مصرفی محاسبه میگردد .

سایز لوله و فواصل بین لوله ها (سانتیمتر)				شار گرمایی W/m
۲۰-۲۵	۱۶-۲۰	۱۲-۱۶	۹-۱۲	
۳۵	۳۰	۳۰	۲۵	۰-۳۲
۳۵	۳۰	۳۰	۲۵	۳۲-۶۳
۳۰	۲۵	۲۵	۱۵	۶۳-۹۵
۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۹۵-۱۲۶

انتخاب فواصل بین لوله ها

فاصله بین لوله ها در سیستم گرمایش از کف ارتباط مستقیم با مقدار شار گرمایی ، دمای آب ورودی و آسایش کارکنان دارد. جدول شماره ۵ فاصله پیشنهادی بین لوله ها را در حالت های مختلف مسکونی و تجاری ارائه داده است.

تذکر : طراحی اغلب ساختمان های مسکونی و مراکز کم جمعیت تجاری با لوله سایز ۱۲-۱۶ انجام می گیرد. هرچند در برخی از طرح ها ممکن است از لوله های سایز ۹-۱۲ یا ۱۶-۲۰ نیز استفاده گردد.

سایز لوله مصرفی و فواصل بین لوله ها (سانتیمتر)			سطوح ۱ تا ۱.۵ متر (حاشیه سرد طبقات)
۱۶-۲۰	۱۲-۱۶	۹-۱۲	
۲۰	۱۵	۱۵	

اصلی که جهت تامین آسایش دمایی باید در حدود قابل قبولی کنترل شوند بدین ترتیب ذکر شده اند :

- ۱- سطح فعالیت (Activity level)
- ۲- مقاومت پوشش لباس (clothing insulating value)
- ۳- سرعت هوا (Air Velocity)
- ۱- رطوبت (humidity)
- ۲- دمای هوا (Air Temperature)
- ۳- دمای تابش متوسط (Mean Radiant Temperature)

نکته مهم اینکه دمای تابشی متوسط تامین شده توسط سیستم های گرمایش از کف ارائه شده در این استاندارد تطابق دارد. در صورتیکه دمای تابشی متوسط که به واسطه سیستم جابجایی هوا تامین می گردد از حدود مشخص شده در این استاندارد کمتر می باشد و به همین دلیل مصرف انرژی در سیستم های جابجایی هوا نسبت به سیستم گرمایش تابشی به طور قابل توجهی افزایش می یابد. لذا سیستم گرمایش از کف به دلیل ساختار تابشی ضمن کاهش مصرف انرژی نسبت به سایر سیستم های گرمایی، آسایش دمایی را در حدود قابل قبول استانداردهای مربوطه تامین می نماید.

نظر به دو عامل فوق و فاکتورهای برتری بخش سیستم گرمایش از کف نسبت به سیستم های رادیاتوری در کشورهای غربی که به دلیل نداشتن منابع انرژی فسیلی، قیمت انرژی در آن کشورها واقعی است و حتی برای جلوگیری از اتلاف هوای گرم در سیستم های رادیاتوری طراحی های مناسبی صورت می گیرد. مهندسان تاسیسات در آن کشورها طبق توصیه انجمن ها و تولید کنندگان سیستم های گرمایش از کف ذیربط میزان مصرف انرژی را در سیستم های گرمایش از تا میزان ۳۰٪ کمتر از سیستم های رادیاتوری در نظر می گیرند.

در بررسی قبض گاز ساختمان هایی که به این سیستم گرمایی مجهز شده اند با قبض ساختمانهای مشابهی که به سیستم رادیاتوری مجهز شده اند مورد مقایسه قرار گرفته است. پیش بینی می گردد در نظر گرفتن ۴۰٪ بهینه سازی در مصرف انرژی برای طراحی های سنتی کشور ایران عددی مطلوب باشد و لذا در یک طرح خوب به سایر مهندسان توصیه میشود برای رسیدن به مقدار انرژی لازم در سیستم گرمایش از کف ، اتلاف حرارتی را در سیستم های رادیاتوری محاسبه نموده و ۴۰٪ از کل مقدار آن بکاهند و بدین ترتیب مقدار انرژی لازم در سیستم گرمایش از کف جهت تامین شرایط آسایش گرمایی ساکنان را محاسبه نمایند.

روش طراحی

محاسبات مقدار حرارت مورد نیاز با توجه به مقدمه ذکر شده حرارت مورد نیاز در سیستم گرمایش از کف جهت تامین شرایط آسایش گرمایی ساکنان محاسبه می شود.

محاسبه مقدار شار گرمایی با داشتن مقدار حرارت مورد نیاز جهت تامین شرایط آسایش گرمایی ساکنان و سطح خالص گرمایش از کف مقدار شار گرمایی بدست می آید. قابل توجه است سطح خالص گرمایش از کف شامل سطوح کف کمدها، زیر کابینت ها و یخچالها که در طراحی رادیاتور گرمایش از کف حضور ندارند نمی باشد.

پارامتر مهمی که در این مرحله باید مورد بررسی قرار گیرد حداکثر دمای سطح کف میباشد. مطابق جدول ذیل برای تامین هر یک از مقادیر شار

هواگیری

تجهیزات هواگیری باید به گونه ای باشد که بتواند سیستم را در زمان آبگیری و همچنین در زمان بهره برداری به خوبی و به طور خودکار هواگیری نماید. برای اطمینان کامل، تجهیزات هواگیری باید حداقل در سه موضع نصب گردند:

۱. در منیفولد رفت و برگشت فرعی هر واحد مسکونی
۲. فاصله بین خروجی منبع گرمایی و پمپ جریان آب مربوطه
۳. فاصله بین خروجی مبدل گرمایی و پمپ جریان آب مربوطه (در صورت استفاده از مبدل گرمایی در سیستم مرکزی)

- نکات مهم در زمان ساخت ورقه بتونی
در هنگام ساخت ورقه بتونی و حداقل به مدت دو روز بعد از آن دمای محیط نباید از ۵ درجه سانتیگراد کمتر باشد و حداقل در سه روز اول پس از نصب، قطعه مذکور باید از خشک شدن محافظت گردد.

- در طی سه روز پس از بتن ریزی هیچگونه رفت و آمدی روی ورقه بتونی مجاز نمی باشد.

- در طی هفت روز پس از بتن ریزی، ورقه بتونی نباید تحت بارهای بیشتر از وزن انسان قرار گیرد.

شروع گرمایش

شروع گرمایش باید حداقل ۲۱ روز بعد از بتن ریزی انجام گیرد. در این مرحله مقدار مجاز دمای آب ورودی به مدارهای سیستم گرمایش از کف ۲۰ درجه است و این دما باید حداقل به مدت سه روز افزایش نیابد. پس از این مرحله در یک دوره زمانی که حداقل ۴ روز میباید با افزایش تدریجی دما، سیستم پس از چهار روز تا حداکثر دمای مورد نظر تنظیم می شود.

(سیستم منیفولد)

● روشهای کنترل دما در سیستم گرمایش کفی:

- سیستم کنترل دمای بصورت دست
- سیستم کنترل دمای اتوماتیک بصورت مکانیک
- سیستم کنترل دمای اتوماتیک بصورت برقی
- سیستم کنترل دمای بصورت دست

در این سیستم با استفاده از شیرآلات قطع و وصل متصل شده به خروجی های هر کلکتور، در جعبه مربوطه، امکان کنترل منطقه های حرارتی به صورت دستی امکان پذیر می گردد. از مزایای این سیستم، اقتصادی بودن و ساده بودن سیستم کنترلی، میتوان اشاره نمود.

■ سیستم کنترل دمای اتوماتیک بصورت مکانیک

در این سیستم با استفاده از نصب شیرآلات گرمایش کفی در داخل دیوار هر فضای گرمایشی، از طریق تنظیم ترموستات حرارتی نصب شده بر روی شیر گرمایش کفی داخل دیوار، دمای محیط مربوطه به صورت مکانیکی و اتوماتیک کنترل می گردد. در این روش داخل جعبه شیر گرمایشی، شیر تخلیه هوا نیز پیش بینی شده است.

■ سیستم کنترل دمای اتوماتیک بصورت برقی

۱ تا ۱,۵ متر (حاشیه سرد طبقه اخر)	۱۰	۱۰	۱۵
اتاق خواب	۲۰-۲۵	۱۵	۲۵-۳۰
حمام - آشپزخانه	۲۰	۱۵	---
اتاق پذیرائی - ناهار خوری	۲۰-۳۰	۱۵-۲۰	۲۵-۳۵
دفتر کار - کلاس درس	۲۰-۳۰	---	۳۰

پوشش کف

پوشش کف از پارامترهای موثر در طراحی سیستم گرمایش از کف می باشد. پوششهای مختلف کف دارای مقادیر مختلف مقاومت حرارتی می باشند که باید توسط طراح وارد فرایند طراحی گردند.

مقادیر مختلف مقاومت حرارتی انواع پوشش ها در جدول شماره ۷ آمده است. اگر در طرح شما از پوشش های مختلف کف در قسمت معینی استفاده شده است باید آن مقادیر را با هم جمع کنید تا مقاومت کلی سطح مورد نظر بدست آید. توصیه می شود مجموع مقاومت پوشش کف از m^2k/w ۰,۴۴ بیشتر نباشد.

- میانگین دمای آب

میانگین دمای آب سیستم گرمایش از کف با توجه به پارامترهای پارگرمایی موردنیاز و مقاومت حرارتی سطح گرمایش از کف و استفاده از نمودار شماره یک قابل محاسبه است.

به طور کلی حداکثر میانگین دمای آب در سیستم گرمایش از کف با ورقه بتونی می باشد.

محاسبات جریان سیال

جریان سیال مورد نیاز در سیستم گرمایش از کف به وسیله یک یا چند پمپ که در بخش منیفولد ورودی نصب شده اند تامین می گردد. این پمپ ها باید جریان سیال مناسب جهت تامین بار حرارتی محاسبه شده را در طول هر مدار تامین کنند. می دانیم انتقال گرما در یک فرایند تعادلی فشار پایا با تغییرات آنتالپی برابر است که در بر گیرنده تغییر انرژی و کار انجام شده در فرایند ویژه می باشد. با فرض اینکه سیال حامل انرژی در سیستم گرمایش از کف کاری انجام نمی دهد.

تامین فشار مورد نیاز

با داشتن دبی جریان و طول لوله، مقدار افت در هر مدار مشخص می شود. با توجه به اینکه مدارهای منشعب شده از هر کلکتور با یکدیگر موازی هستند و بنا به قانون مدارهای موازی، مقدار افت فشار در هر منیفولد برابر افت در طولانی ترین مدار می باشد (توجه داریم که قطر و زبری همه مدارها برابر و یک سیال از همه مدارها عبور می کند). لذا با داشتن مقدار دبی طولانی ترین مدار و طول آن و با استفاده از نمودار افت فشار مقدار افت فشار کلکتور بدست می آید. پمپ مورد استفاده در سیستم گرمایش از کف باید مناسب برای سیستم های حرارتی باشد.

محل استقرار پمپ باید در مسیر رفت و در نزدیکی محل اتصال محزن انبساط به سیستم لوله کشی یعنی نقطه بدون تغییرات فشار باشد. در صورتیکه فشار از منبع تولید کننده آب گرم تا محل اتصال محزن انبساط به مقدار رفت ناچیز باشد، نصب پمپ بعد از منیفولد رفت اصلی ساختمان بلا مانع است.

- استفاده از موتورخانه با یک دیگ و مبدل حرارتی

نتیجه گیری

با توجه به مطالب ذکر شده و اینکه سیستم گرمایش از کف بالای ۶۰ درصد با انتقال حرارت به صورت تشعشی می باشد میتوان به عنوان بهترین سیستم انتقال گرما برای پروژه های مسکونی و تجاری و صنعتی در نظر گرفته شود.

مراجع

- [۱] مرکز پژوهش و تحقیقات گیتی پسند، هندبوک نیوپایپ، تهران، انتشارات پرهام، دی ماه ۸۹، انتشار، ۱۰۰ صفحه.
- [2] کتاب radiant floor heating که ترجمه فارسی ندارد

در این سیستم شیرهای برقی که به حس گرهای الکتریکی در هر محیط به طور جداگانه وصل شده اند، فرمان قطع و وصل هر مدار حرارتی را دریافت نموده و عملیات تنظیم خودکار هر محیط را انجام می دهند. امکان دیگری همانند، دبی سنج و یا دماسنج نصب شده بر روی هر خروجی و ورودی کلکتور امکان کنترل های مختلف و متنوعی را برای کاربر ممکن می سازد.

● انواع منبع تامین کننده حرارتی ممکن جهت سیستم گرمایشی از کف:

سیستمهای گرمایش از کف همانند سیستم رادیاتور قابلیت اتصال به انواع منابع تامین کننده حرارتی را دارا میباشند. ولی با توجه به راندمان بالای گرمایش کفی دمای مورد نیاز به بیشتر از ۵۰ درجه نمیرسد. از طرف دیگر دمای مورد نیاز سیستم آبرسانی حد اقل ۶۰ درجه می باشد. در نتیجه در ساختمانی که از گرمایش کفی استفاده می کند نیاز به دو مدار با درجه حرارت متفاوت ضروری است که به روشهای ذیل ممکن می باشد:

- استفاده از پکیج

- استفاده از موتورخانه با ۲ دیگ کوچک