بِسْمِهِ تَعَالَىٰ

راهنمای فنی و اجرایی تأسیسات

(چاپ اول)

پیشگفتار

کتاب حاضر مجموعه‌ای از اطلاعات فنی جهت انجام محاسبات آسان و سریع سیستم‌های تأسیساتی را با کاربرد سیستم‌های آبرسانی و سیستم‌های گرمایش از کف در اختیار خوانندگان قرار می‌دهد. این کتاب با توجه به زمینه‌های فعالیت گروه صنایع "بی‌تی‌اس" و با در نظر گرفتن محصولات این گروه با نام تجاری "بی‌تی‌اس" تهیه شده است تا اطلاعات تکمیلی مناسبی را در اختیار استفاده‌کنندگان محصولات قرار دهد. همچنین در بخش‌هایی از این کتاب با هدف افزایش دانسته‌های علمی، مطالب مفید کاربردی نظیر استانداردهای ملّی و بین‌المللی، مجموعه روش‌های آزمایشگاهی مورد نیاز و جداول کاربردی دیگری نیز ارائه شده است. این کتاب از جمله کتاب‌های آموزشی تهیه شده در مرکز آموزش "بی‌تی‌اس" بوده و علاقه‌مندان می‌توانند از طریق تماس با این مرکز در مجموعه دوره‌های آموزشی تخصصی به صورت تئوری و عملی که بر مبنای پایلوت‌های متنوع آموزشی تهیه شده است، شرکت نمایند.

این راهنما دارای هفت فصل است. در فصل اول اطلاعات کلی در مورد لوله‌های چندلایه و ساختار آن‌ها و همچنین اتصالات و شیرآلات برنجی مربوط به آن‌ها ارائه شده است. فصل‌های دوم و سوم به ترتیب به مبانی طراحی سیستم‌های آبرسانی و سیستم‌های گرمایش از کف اختصاص دارد. در این فصل‌ها ضمن معرفی انواع روش‌های آبرسانی و سیستم‌های گرمایشی به ارائه جداول و اطلاعات مهندسی و مثال‌های کاربردی پرداخته شده است. در فصل چهارم، برخی از ابزارآلات مورد نیاز در اجرای لوله‌های چندلایه و اتصالات برنجی به همراه نکات اجرایی لازم بیان شده است. در فصل پنجم فهرست موضوعی از استانداردهای مهم ارائه گردیده و در فصل ششم به معرفی آزمون‌های لازم در مورد لوله و اتصالات پرداخته شده است. همچنین در فصل هفتم نمادهای پر کاربرد در صنعت تأسیسات به همراه جداول تبدیل واحدها ارائه شده است.

۱ آشنایی با محصولات "بی تی اس"

۲ مبانی طراحی سیستم‌های آبرسانی

۳ سیستم گرمایش از کف

۴ اجرای تأسیسات ساختمان

۵ فهرست موضوعی استانداردها

۶ مجموعه آزمون‌های لازم

۷ نمادها و جداول پیوست

فهرست

فصل اول: آشنایی با محصولات "بی تی اس"

۱-۱ مقدمه ۰۳
۱-۲ لوله‌های پنج لایه ۰۴
۱-۳ اتصالات، شیرآلات و کلکتور برنجی "بی‌تی‌اس" ۰۷
۱-٤ سیستم‌های یکپارچه ۱۲

فصل دوم: مبانی طراحی سیستم های آبرسانی

۲-۱ مقدمه ۱۷
۲-۲ انواع سیستم‌های آبرسانی ۱۸
۲-۳ جداول و محاسبات ۲۲
۲-۳-۱ محدودیت سرعت ۲۲
۲-۳-۲ محدودیت فشار ۲۲
۲-۳-۳ محدودیت دما ۲۳
۲-۳-٤ قطر نامی مورد نیاز هر یک از وسایل بهداشتی ۲۴
۲-۳-۵ فشار آب ورودی برای مصرف‌کننده‌ها ۲۵
۲-۳-٦ ارتفاع نصب وسایل بهداشتی ۲۷
۲-۳-۷ فاصله مجاز بین وسایل بهداشتی ۲۸
۲-۳-۸ ابعاد تجهیزات به‌کار رفته در نقشه‌های تأسیسات ۳۰
۲-۳-۹ تعیین حداکثر مصرف لحظه ای آب ۳۱
۲-۳-۱۰ حداکثر فشار و مقدار مصرف آب در لوازم بهداشتی ۳۶
۲-۳-۱۱ حداکثر دبی مجاز کلکتور ۳۶
۲-۳-۱۲ فاصله بین بست ها ۳۷
۲-۳-۱۳ جداول افت فشار جریان در لوله‌های "بی‌تی‌اس" ۳۷
۲-۴ تست فشار با آب سیستم لوله‌کشی "بی‌تی‌اس" ۵۱

۲-۵ تست فشار با گاز سیستم لوله‌کشی "بی‌تی‌اس" ۵۵
۲-۶ مثال اجرایی از طراحی و محاسبه گام به گام توزیع آب بهداشتی ۵۸

فصل سوم: سیستم گرمایش از کف

۳-۱ مقدمه ۶۹
۳-۲ تجهیزات مورد نیاز در سیستم گرمایش از کف ۷۰
۳-۲-۱ لوله پنج لایه ۷۱
۳-۲-۲ کلکتور ۷۱
۳-۲-۳ فلومتر ۷۲
۳-۲-۴ شیر سوزنی و شیر برقی ۷۲
۳-۲-۵ مهره ماسوره کوپلی ۷۳
۳-۲-۶ شیر هواگیری ۷۳
۳-۲-۷ شیر شارژ و تخلیه ۷۴
۳-۲-۸ سه‌راهی انتهای کلکتور ۷۴
۳-۲-۹ شیرهای زانویی کوپلی یا شیر توپی ۷۵
۳-۲-۱۰ ترموستات ۷۵
۳-۲-۱۱ ترمینال گرمایش از کف ۷۶
۳-۲-۱۲ پمپ سیرکولاتور ۷۷
۳-۲-۱۳ شیر By-pass ۷۷
۳-۲-۱۴ شیر سه راهه (Mixing valve) ۷۸
۳-۲-۱۵ عایق ها و لایه ی محافظ ۷۹
۳-۲-۱۶ بست ریلی و بست خاردار ۸۱
۳-۲-۱۷ بتن ۸۲
۳-۲-۱۸ ضد یخ ۸۲
۳-۳ راهنما و مشخصات سیستم‌های کنترلی گرمایش از کف "بی تی اس" ۸۴

۳-۳-۱ ترمینال گرمایش از کف باسیم BTS462CU-W ۸۴
۳-۳-۲ ترمینال گرمایش از کف بی‌سیم BTS464CU-WL ۸۶
۳-۳-۳ ترموستات آنالوگ BTS432-WHL-W ۸۹
۳-۳-۴ ترموستات باسیم قابل برنامه‌ریزی BTS442-WHL-W ۹۳
۳-۳-۵ ترموستات بی سیم قابل برنامه‌ریزی BTS454-WHL-WL ۹۵
۳-۳-۶ شیر برقی ۹۸
۳-۴ روش‌های کنترل دما در سیستم گرمایش از کف "بی تی اس" ۹۹
۳-۴-۱ سیستم گرمایش از کف با کنترل باسیم ۹۹
۳-۴-۲ سیستم گرمایش از کف با کنترل بی‌سیم ۱۰۱
۳-۴-۳ سیستم گرمایش از کف با کنترل دستی ۱۰۳
۳-۵ سیستم ذوب برف ۱۰۴
۳-۶ آرایش‌های مرسوم لوله در سیستم‌های گرمایش از کف ۱۰۶
۳-۷ محاسبه بار حرارتی ساختمان ۱۱۱
۳-۷-۱ الزامات طراحی و اجرا ۱۱۳
۳-۷-۲ دمای مجاز سطح کف ۱۱۳
۳-۷-۳ فاصله مجاز بین لوله‌های گرمایش از کف ۱۱۵
۳-۷-۴ حداکثر طول هر مدار لوله ۱۱۶
۳-۷-۵ مقاومت پوشش کف ۱۱۶
۳-۸ روند طراحی سیستم گرمایش از کف به‌صورت دستی ۱۱۸
۳-۸-۱ بار حرارتی مورد نیاز جهت گرمایش محیط ۱۱۸
۳-۸-۲ دمای سطح ۱۱۸
۳-۸-۳ تعیین قطر لوله ۱۱۸
۳-۸-۴ محاسبه مقاومت پوشش کف ۱۱۹
۳-۸-۵ تعیین اختلاف دمای ورودی-خروجی هر مدار و دمای ورودی آب ۱۱۹

۳-۸-۶ تعیین دبی هر مدار ۱۱۹
۳-۹ نمونه طراحی سیستم گرمایش از کف به روش دستی ۱۲۳
۳-۱۰ اجرای سیستم گرمایش از کف ۱۳۲
۳-۱۰-۱ نکات لازم پیش از اجرای سیستم گرمایش از کف ۱۳۲
۳-۱۰-۲ مراحل اجرای سیستم گرمایش از کف ۱۳۳
۳-۱۱ تست‌های سیستم گرمایش از کف ۱۴۴
۳-۱۱-۱ هواگیری سیستم گرمایش از کف ۱۴۴
۳-۱۱-۲ تست فشار ۱۴۵
۳-۱۲ مراحل پس از اجرای سیستم گرمایش از کف ۱۴۸
۳-۱۲-۱ بتن ریزی و پوشش نهایی کف ۱۴۸
۳-۱۲-۲ راه اندازی سیستم ۱۴۹
۳-۱۳ نمونه‌هایی از نقشه‌های طراحی شده و گرمایش از کف اجرا شده ۱۴۹

فصل چهارم: اجـــرای تأسیســات ساختمان با استفاده از محصولات "بی تی اس"

۴-۱ مقدمه ۱۶۵
۴-۲ ابزارآلات لوله‌کشی ساختمانی ۱۶۵
۴-۲-۱ دستگاه پرس ۱۶۵
۴-۲-۲ قیچی برش ۱۶۸
۴-۲-۳ خم کردن لوله ۱۶۹
۴-۲-۴ شعاع خم مجاز لوله پنج لایه ۱۷۲
۴-۲-۵ کالیبراتور ۱۷۳
۴-۳ نحوه نصب اتصالات به لوله پنج لایه ۱۷۴
۴-۳-۱ اجرای لوله‌کشی با اتصالات پرسی ۱۷۴
۴-۳-۲ اجرای لوله‌کشی با اتصالات کوپلی ۱۷۵

۴-۳-۳ اجرای لوله‌کشی با اتصالات رزوه ای ۱۷۶
۴-۴ نکات اجرایی در استفاده از محصولات "بی‌تی‌اس" ۱۷۷

فصل پنجم: فهرست موضوعی استانداردها

۵-۱ مقدمه ۱۹۱
۵-۲ فهرست استانداردهای کاربردی در تأسیسات ۱۹۱

فصل ششم: مجموعه آزمون های لازم

۶-۱ مقدمه ۱۹۹
۶-۲ آزمون چرخه دمایی/ Thermal Cycling Test ۱۹۹
۶-۳ آزمون استحکام فشاری بلند مدت (هیدرواستاتیک) ۲۰۰
Long-term pressure strength Test
۶-۴ آزمون حلقه/ Ring Test ۲۰۱
۶-۵ آزمون چسبندگی/ Adhesion Test ۲۰۲
۶-۶ آزمون میزان نرخ جریان جرمی مذاب/ Melt mass- flow rate (MFR) ۲۰۳
۶-۷ آزمون میزان ژل/ Gel Content Test ۲۰۴
۶-۸ آزمون مانایی فشاری/ O-ring Compression Test ۲۰۵
۶-۹ آزمون خواص کششی/ Tensile properties Test ۲۰۶
۶-۱۰ آزمون ساچمه/ Marble Test ۲۰۷

فصل هفتم: نمادها و جداول پیوست

۷-۱ نمادهای پرکاربرد در نقشه های تأسیساتی ۲۱۱
۷-۲ جداول تبدیل واحدها ۲۱۶

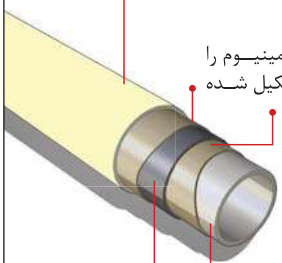
آشنایی با محصولات
"بی تی اس"

۱-۱ مقدمه

گروه صنایع "بی‌تی‌اس" یکی از بزرگترین و تخصصی‌ترین مجموعه‌های تولیدکننده اتصالات و شیرآلات برنجی و لوله‌های پنج‌لایه در سطح کشور و منطقه می‌باشد. شکل‌گیری اولیه این گروه با طراحی و ساخت ماشین‌آلات پیچیده‌ای همانند ماشین‌های ترانسفر مورد نیاز صنعت شیرآلات و اتصالات برنجی از سال ۱۳۶۷ آغاز گردید. این گروه با دسترسی به فناوری تمام ایرانی طراحی و ساخت ماشین‌های ترانسفر و انواع قالب‌های فورج؛ به تولید انبوه انواع اتصالات برنجی پرسی، کوپلی، رزوه‌ای، شیرآلات برنجی، انواع کلکتورهای فورجی گرمایش از کف و توزیع آب و همچنین تولید لوله‌های چندلایه اشتغال دارد. محصولات برنجی "بی‌تی‌اس" قابلیت به کارگیری با تمامی لوله‌های پنج‌لایه استاندارد را دارا بوده و برخورداری از سیستم‌های سخت‌گیرانه کنترل کیفی در مورد تمامی محصولات "بی‌تی‌اس" و تأمین و تدارک سریع خواسته‌های مشتریان باعث گردیده که مجموعه‌ی متنوعی از مشتریان نظیر انبوه‌سازان مسکن، مهندسین طراح، تولیدکنندگان لوله‌های پنج‌لایه و ... به جمع مشتریان "بی‌تی‌اس" بپیوندند.

۱-۲ لوله‌های پنج لایه

جدیدترین نسل لوله‌های مورد استفاده در تأسیسات ساختمانی، لوله‌های پنج‌لایه می‌باشد. این لوله‌ها با توجه به تلفیق خواص فلز و پلیمر نسبت به لوله‌های نسل قبل (لوله‌های فلزی یا تک‌لایه) مزایای بسیار زیادی داشته و در تمامی مصارف ساختمانی قابل استفاده می‌باشد. شکل ۱-۱ لایه‌های به‌کاررفته در لوله پنج‌لایه "بی‌تی‌اس" را نشان می‌دهد. لوله‌های پنج‌لایه با داشتن دو لایه پلیمر یک لایه آلومینیوم و دو لایه چسب، تلفیقی بی‌نظیر از خواص فلز و پلیمر هستند. داخلی‌ترین و خارجی‌ترین لایه‌ها از ماده‌ای با پایه پلی‌اتیلن بوده که در برابر خوردگی و رسوب مقاوم می‌باشد. لایه آلومینیوم به‌کار رفته در وسط این لایه‌ها نیز، سبب کنترل انبساط طولی لوله و نفوذپذیری پلیمر در برابر اکسیژن می‌شود. برای حفظ یکپارچگی لوله از دو لایه چسب با مقاومت بسیار خوب در دماهای بالا استفاده می‌شود.



لایه خارجی

از جنس PE-RT(Type II) می باشد. همین امر سبب محافظت مکانیکی الکتریکی و شیمیایی لایه آلومینیوم در برابر ضربه، خراشیدگی و صدمات ناشی از فرآیندهای الکتروشیمیایی آب و مواد درون خاک می شود.

لایه پیوندی

این قسمت از یک چسب قوی که لایه آلومینیوم را به لایه داخلی و خارجی پیوند می دهد تشکیل شده است.

لایه داخلی

از جنس PE-Xb بوده که برای آب آشامیدنی و مایعات مصرفی مناسب می باشد. از ویژگی‌های مهم این لایه، سطح صاف و صیقلی آن است که از افت فشار درون لوله جلوگیری می کند.

لایه میانی

این لایه از جنس آلیاژ آلومینیوم بوده و سبب حفاظت لوله در برابر نفوذ اکسیژن و نور می‌شود. همچنین این لایه انعطاف و مقاومت مکانیکی قابل قبولی را در هنگام اجرا از خود نشان می‌دهد.

شکل ۱-۱: مشخصات لایه‌های به‌کار رفته در لوله‌های "بی‌تی‌اس"

از جمله مزیت‌های متنوع لوله‌های چند لایه به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- وزن کم
- افت فشار کم
- مقاوم در برابر نفوذ اکسیژن
- عدم تغییر در رنگ و بوی آب
- ضریب هدایت حرارتی ایده آل
- ضریب انبساط طولی پائین
- تحمل حرارت و فشار به‌طور مداوم
- کاهش صداهای نامطلوب سیستم
- عمر طولانی
- انبارش آسان
- حمل و نقل آسان
- سهولت اجرا و شکل پذیری مناسب
- کاهش زمان و هزینه اجرا
- کاهش خطای اجرا و خطای فردی
- مقاوم در برابر رسوب گذاری
- مقاوم در برابر خوردگی

لوله‌های پنج‌لایه در سه فرم مختلف ساخته می‌شوند:

- PE-RT / AL / PE-RT
- PE-Xb / AL / PE-Xb
- PE-Xb / AL / PE-RT

لوله‌های "بی‌تی‌اس" از نوع PE-Xb / AL / PE-RT (Type II) بوده و تولید آن با انجام فرآیند کنترل کیفی دقیق و بر اساس معیارها و آزمون‌های مشخص در آزمایشگاه تخصصی "بی‌تی‌اس" صورت می‌گیرد.

شکل ۱-۲: نمونه لوله‌های پنج لایه "بی‌تی‌اس"

مشخصات فنی لوله‌های پنج لایه "بی‌تی‌اس" در جدول ۱-۱ بیان شده است.

جدول ۱-۱: مشخصات فنی سایزهای مختلف لوله‌های "بی‌تی‌اس"

قطر خارجی لوله (میلی‌متر)	۱۶	۲۰	۲۵	۳۲	۴۰	۵۰	۶۳
حداقل ضخامت جداره (میلی‌متر)	۱/۶۵	۱/۹	۲/۲۵	۲/۹	۳/۴	۴	۴/۶
ضخامت آلومینیوم (میلی‌متر)	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۴	۰/۶	۰/۶
قطر داخلی (میلی‌متر)	۱۲	۱۶	۲۰	۲۶	۳۲	۴۱	۵۱
طول کلاف / شاخه (متر)	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	۵/۲۵	۵/۲۵	۵/۲۵
وزن بر متر طول (گرم بر متر)	۱۱۰	۱۵۶	۲۲۸	۳۳۱	۵۳۱	۷۲۸	۱۲۵۰
وزن کلاف/ ۶ شاخه (کیلوگرم)	۲۲	۲۳/۴	۲۲/۸	۱۶/۶	۱۶/۷	۲۲/۹	۳۲/۸
وزن با آب ۱۰ درجه سانتی‌گراد (گرم بر متر)	۲۲۳	۳۵۷	۵۴۲	۸۶۱	۱۳۳۴	۲۰۴۷	۳۲۹۱
حجم آب در طول لوله (لیتر بر متر)	۰/۱۱۳	۰/۲۰۱	۰/۳۱۴	۰/۵۳۱	۰/۸۰۴	۱/۳۱۹	۲/۰۴۱
حداقل شعاع خم با دست (میلی‌متر)	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	–	–	–
حداقل شعاع خم با فنر (میلی‌متر)	۶۴	۸۰	۱۰۰	۱۲۸	–	–	–
حداقل شعاع خم با دستگاه خم کن (میلی‌متر)	۵۶	۷۶	۸۵	۱۲۶	–	–	–
فشار کاری- بلند مدت (Bar)	۱۰						
حداکثر دمای کاری - بلند مدت (درجه سانتی‌گراد)	۹۵						

حداکثر دمای قابل تحمل (درجه سانتی‌گراد)	۱۱۰
زبری سطح (میلی‌متر)	۰/۰۰۷
ضریب انتقال حرارت (W/mk)	۰/۴۳
ضریب انبساط طولی (mm/mk)	۰/۰۲۵

۱-۳ اتصالات، شیرآلات و کلکتور برنجی "بی‌تی‌اس"

در سیستم‌های لوله‌کشی با لوله‌های پنج‌لایه از اتصالات و شیرآلات برنجی استفاده می‌شود. اتصالات برنجی ویژگی‌های مناسبی جهت استفاده در انواع سیستم‌های آبرسانی و سرمایشی ـ گرمایشی دارد. از این ویژگی‌ها می‌توان به استحکام، مقاومت بالا در برابر خوردگی، طول عمر زیاد، تحمل دما و فشار بالای سیال اشاره نمود.

در این راستا سبد اتصالات "بی‌تی‌اس" بسیار متنوع بوده و جوابگوی تمامی نیازهای تأسیساتی است. این اتصالات در شاخه‌های اصلی زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- اتصالات پرسی (شکل ۱-۳)
- اتصالات کوپلی (شکل ۱-۴)
- اتصالات رزوه‌ای (شکل ۱-۵)
- اتصالات سایز بزرگ پرسی (شکل ۱-۶)
- اتصالات سایز بزرگ کلمپی (شکل ۱-۷)
- اتصالات مدولار "بی‌تی‌اس" (شکل ۱-۸)
- شیرآلات (شکل ۱-۹)
- کلکتورهای آبرسانی (شکل ۱-۱۰)
- کلکتورهای گرمایش از کف (شکل ۱-۱۱)

شکل ۱-۳: تعدادی از اتصالات پرسی "بی‌تی‌اس"

شکل ۱-۴:تعدادی از اتصالات کوپلی "بی‌تی‌اس"

شکل ۱- ۵: تعدادی از اتصالات رزوه‌ای "بی‌تی‌اس"

شکل ۱-۶: تعدادی از اتصالات سایز بزرگ پرسی "بی‌تی‌اس"

شکل ۱-۷: تعدادی از اتصالات سایز بزرگ کلمپی "بی‌تی‌اس"

شکل ۱-۸: تعدادی از اتصالات مدولار "بی‌تی‌اس"

شکل ۱-۹: تعدادی از شیرآلات "بی‌تی‌اس"

شکل ۱-۱۰: تعدادی از کلکتورهای آبرسانی "بی‌تی‌اس"

شکل ۱-۱۱: نمونه‌ای از کلکتورهای گرمایش از کف "بی‌تی‌اس" به همراه فلومتر و شیر سوزنی

به دلیل تنوع اتصالات و شیرآلات مصرفی و کاربرد متنوع آن‌ها در سیستم‌های تأسیساتی، در کاتالوگ محصولات اطلاعات کاملی از محصولات "بی‌تی‌اس" به همراه مشخصات فنی آن‌ها آمده است.

۱-۴ سیستم‌های یکپارچه

جهت سادگی و راحتی اجرای سیستم‌های تأسیساتی امکان استفاده از مجموعه‌های مونتاژ شده و به‌صورت یکپارچه وجود دارد. این کار با استفاده از انواع کلکتورها در اندازه‌های مختلف و تعداد خروجی متفاوت و با مونتاژ شیرآلات و تجهیزات مختلف بر روی آن‌ها امکان‌پذیر است. به‌عبارت‌دیگر استفاده از سیستم‌های کلکتوری این امکان را فراهم می‌کند که جهت راحتی اجرا، از سیستم‌های یکپارچه و به‌صورت پکیج آماده استفاده گردد. شکل ۱-۱۲ نمونه‌هایی از این‌گونه سیستم‌ها را نشان می‌دهد.

در سیستم‌های آبرسانی و سرمایشی ـگرمایشی (شکل ۱-۱۲ - الف و ب) می‌توان از تنوع بالای محصولات "بی‌تی‌اس" استفاده نمود و مجموعه مورد نیاز برای هر مکان را فراهم و اجرا نمود.

در سیستم انشعاب اصلی (شکل ۱-۱۲- پ) استفاده از کلکتورها همزمان با سه‌راهی‌های کلکتور این امکان را می‌دهد تا ورودی اصلی مجموعه کلکتور از مرکز باشد و این امر توزیع یکنواخت در سیستم را به همراه دارد. این مجموعه کلکتور و سه‌راهی کلکتور، جایگزین بسیار مناسب کلکتورها و اتصالات گالوانیزه به‌کاررفته در سایز بالا بوده و اجرای کامل و یکپارچه محصولات برنجی در سیستم‌های آبرسانی و گرمایشی را ممکن می‌سازد؛ به این شیوه مشکل خوردگی ناشی از یکسان نبودن جنس کلکتورهای برنجی با اتصالات گالوانیزه نیز مرتفع می‌گردد.

در ساختمان‌های کم‌خطر به‌شرط دفن سیستم آب فشان (اسپرینکلر)، می‌توان از لوله پنج لایه استفاده نمود. در این ساختمان‌ها باید ایمنی بالا باشد؛ به همین منظور از کلکتور برنجی استفاده می‌شود که زنگ نمی‌زند و فشار بالا را تحمل می‌کند. در سیستم‌های آب فشان (اسپرینکلر) از آنجایی که سرعت تخلیه افشانه‌ها بالاست، از کلکتورهای سایز بزرگ مانند "۳/۴×"۲ استفاده می‌شود و آب باید همیشه در کلکتور موجود باشد (شکل ۱-۱۲- ت).

با استفاده از سیستم یکپارچه کنتور می‌توان علاوه بر تقسیم آب به انشعابات و قرار دادن کنتور برای بررسی میزان مصرف هر انشعاب، از مزیت برنجی بودن مجموعه کلکتور و شیرآلات متصل به آن و مقاومت بالای آن‌ها در برابر خوردگی نیز استفاده نمود (شکل ۱-۱۲ - ث).

در سیستم موتورخانه، استفاده از مجموعه‌های برنجی باعث حذف اتصالات گالوانیزه شده، درنتیجه زنگ‌زدگی و تخریب اتصالات حذف می‌گردد. در این دو مجموعه باید قبل و بعد از کنتور و یا پمپ از شیر یک‌طرفه و شیر توپی استفاده نمود تا در حین تعمیر و تعویض قطعات بتوان انتقال سیال را کنترل نمود. همچنین برای اتصال لوله‌های پنج لایه به این اتصالات باید از مهره‌ماسوره استفاده نمود تا در زمان تعمیر سیستم امکان بازنمودن لوله از اتصالات و سهولت برای جدا نمودن سیستم وجود داشته باشد (شکل ۱-۱۲- ج).

الف- نمونه سیستم آبرسانی یکپارچه با شش خروجی

ب- نمونه سیستم سرمایشی ـ گرمایشی با خروجی متنوع

پ- انشعاب ورودی اصلی

ت- آب افشان (اسپرینکلر)

ث- سیستم انشعاب کنتورهای آب

ج- سیستم انشعاب پمپ‌های موتورخانه

شکل ۱-۱۲: نمونه‌ای از مجموعه‌های یکپارچه "بی‌تی‌اس"

۲

مبانی طراحی سیستم‌های آبرسانی

۲-۱ مقدمه

یک سیستم آبرسانی عبارت است از مجموعه‌ای از یک سری لوله در اندازه‌های مختلف که به‌وسیله اتصالاتی نظیر سه‌راهی، زانویی، تبدیل، کلکتور، درپوش و همچنین شیرآلات به یکدیگر مرتبط می‌شوند؛ به‌طوری‌که پس از ورود آب از یک نقطه، برداشت آب از نقاط دیگر امکان‌پذیر باشد. در هنگام طراحی باید به انتخاب اجزا، نصب و اجرای سیستم آبرسانی توجه نمود تا افت فشار زیاد در سیستم به وجود نیاید. یکی از ملاحظات مهم طراحی که در مورد لوله‌های ساختمان وجود دارد، انتخاب قطر مناسب برای آن‌هاست. در طراحی تأسیسات آبرسانی باید به دو محدودیت سرعت و فشار سیال در محل مصرف‌کننده نیز توجه نمود. همچنین مسیر نصب لوله و انشعابات، باید حتی‌الامکان خالی از پیچ و خم‌های زیاد بوده و راحتی اجرا نیز در آن در نظر گرفته شود. شکل ۲-۱ نشان دهنده یک سیستم آبرسانی کلکتوری- انشعابی در آشپزخانه است.

شکل ۲-۱: شماتیکی از سیستم آبرسانی آشپزخانه

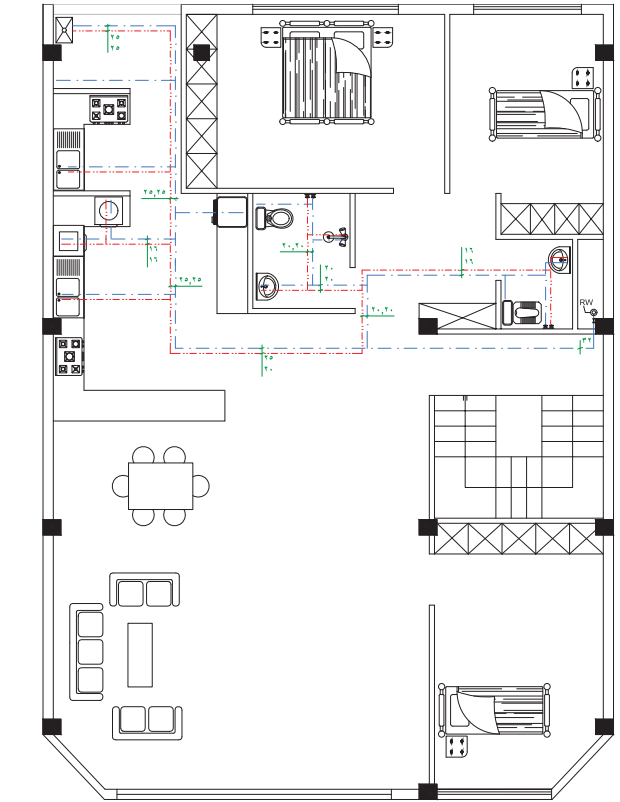
۲-۲ انواع سیستم‌های آبرسانی

طراحی سیستم‌های آبرسانی با توجه به تنوع و گستردگی که در آن‌ها وجود دارد بسیار حساس و حائز اهمیت می‌باشد. سیستم‌های آبرسانی شامل مواردی نظیر آب سرد و گرم بهداشتی، مدارهای سرمایشی- گرمایشی (فن‌کوئل و رادیاتور)، استخر، سونا و... می‌باشد. قرارگیری این سیستم‌های متنوع در کنار یکدیگر و در ساختمان‌های بزرگ حساسیت طراحی را دو چندان می‌کند. برآورد بار سرمایشی- گرمایشی، شناخت اقلیم ساختمان، نوع کاربری فضاهای مختلف، محدودیت‌های طراحی در فضای ساختمان و ... از جمله مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در طراحی هستند.

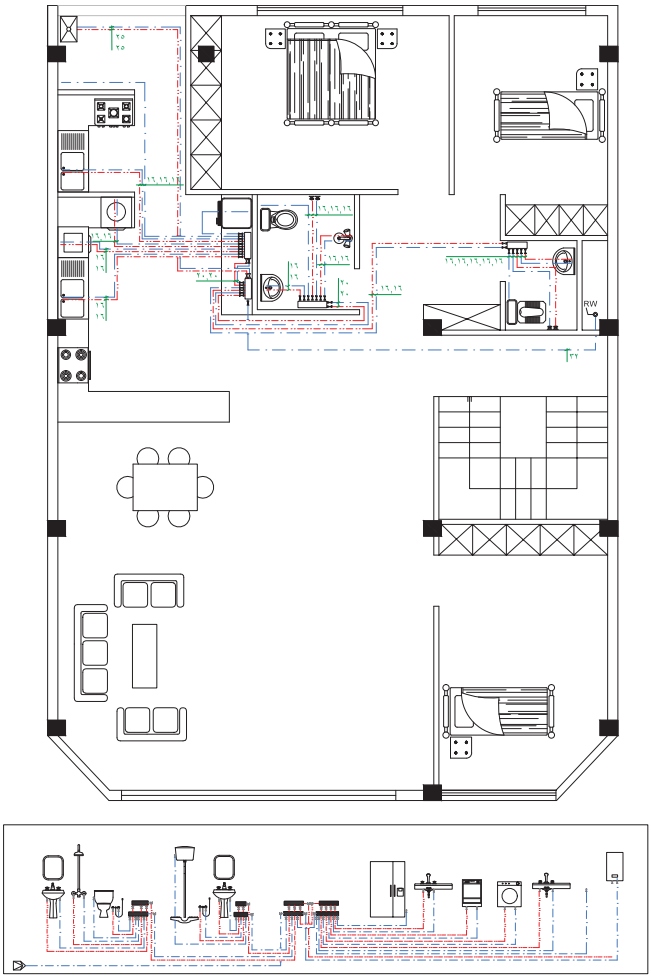
سیستم آبرسانی درون ساختمان معمولاً به ۳ روش کلی انجام می‌پذیرد:

- انشعابی
- کلکتوری
- کلکتوری- انشعابی

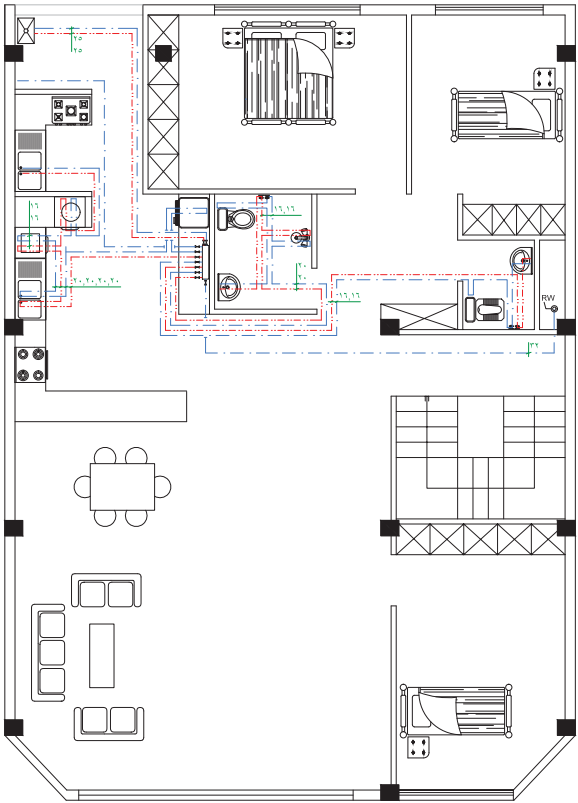
نمونه شماتیک از اجرای روش‌های فوق برای یک پلان یکسان با سه روش متفاوت (در شکل ۲-۲ بر مبنای آبرسانی انشعابی، در شکل ۲-۳ کلکتوری و شکل ۲-۴ کلکتوری- انشعابی) با توجه به موقعیت تجهیزات و مصرف‌کننده‌ها و پکیج گرمایشی نشان داده شده است.

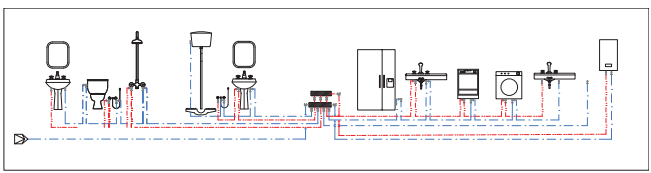


شکل ۲-۲: نحوه آبرسانی یک واحد با استفاده از سیستم آبرسانی انشعابی



شکل ۲-۳: نحوه آبرسانی یک واحد با استفاده از سیستم آبرسانی کلکتوری





شکل ۲-۴: نحوه آبرسانی یک واحد با استفاده از سیستم آبرسانی کلکتوری- انشعابی

۲-۳ جداول و محاسبات

جهت طراحی بهینه سیستم‌های آبرسانی و به‌منظور ایجاد آسایش مصرف‌کنندگان داده‌های طراحی مطابق با استانداردهای مختلف مشخص می‌شوند. این داده‌ها معمولاً در قالب جداول گوناگون بیان می‌گردد. در ادامه برخی از این جداول ارائه شده‌اند.

۲-۳-۱ محدودیت سرعت

سرعت آب در سیستم لوله‌کشی در هر دو حد بالایی و پایینی دارای محدودیت است. بیشینه و کمینه سرعت‌ها به‌طور تقریبی از معیارهای زیر پیروی می‌کنند:

بیشینه‌ی سرعت

سرعت در لوله‌های انتقال آب نباید از ۲ الی ۳/۵ متر بر ثانیه بیشتر گردد زیرا زیاد شدن سرعت از یک‌سو سبب افزایش افت فشار و درنتیجه گران شدن تأسیسات تأمین فشار در لوله‌های انتقال آب می‌گردد (استفاده از پمپ‌های جانبی) و از سوی دیگر به علت بالا بودن سرعت، نیروی ایجاد شده در اثر تغییر مسیر آب در اتصالات (زانویی یا سه‌راهی) زیاد شده و امکان آسیب دیدن لوله در محل اتصال وجود خواهد داشت.

کمینه‌ی سرعت

کمترین سرعت آب در لوله‌های سیستم آبرسانی حدود ۰/۳ متر بر ثانیه است. این سرعت بدین جهت در نظر گرفته می‌شود که در اثر سرعت کمتر از آن، رسوب در لوله‌ها بیشتر ایجاد می‌گردد و گازهای محلول در آب نیز به‌صورت حباب‌هایی درمی‌آیند که در قسمت‌های بالای سیستم آبرسانی جمع شده و جریان آب را محدود می‌سازند. علاوه بر آن سرعت کم و یا ایستادن آب سبب تغییر مزه آن شده و از گوارایی آن می‌کاهد.

۲-۳-۲ محدودیت فشار

فشار آب موجود در ساختمان‌ها معمولاً با ادواتی چون پمپ، مخزن آب و حتی شیرهای فشارشکن در محدوده مطلوب قرار می‌گیرد. رعایت محدوده فشار آب نیز در هر دو حد بالایی و پایینی حائز اهمیت است. بیشینه و کمینه فشار سیستم به‌طور تقریبی از معیارهای زیر پیروی می‌کنند:

بیشینه‌ی فشار

بیشترین فشار در خط انتقال آب باید به اندازه‌ای باشد که لوله بتواند آن را (مخصوصاً در محل اتصال) تحمل نمایند. طبق استاندارد، لوله‌های پنج‌لایه دارای رده کاربری ۵ می‌توانند فشاری در حدود ۱۰ بار را تحمل نمایند. همچنین فشار آب موجود در سیستم آبرسانی باید در حدی باشد که به دستگاه‌های مصرف‌کننده از جمله شیرآلات بهداشتی آسیبی وارد نکند. این فشار در طبقات پایینی ساختمان اهمیت بیشتری دارد.

کمینه‌ی فشار

طراحی سیستم و انتخاب سایز مناسب لوله‌ها باید به نحوی صورت پذیرد تا فشار آب در طبقات فوقانی ساختمان در حد قابل قبولی برای مصرف‌کنندگان قرار گیرد.

۲-۳-۳ محدودیت دما

حداکثر دمای کار طراحی شبکه لوله‌کشی آب گرم مصرفی باید ۶۰ درجه سانتی‌گراد باشد. حداکثر دمای آب گرم مصرفی لوازم بهداشتی در نقطه خروج آب از شیر، جز در ساختمان‌های ویژه از روی مقادیر نشان داده شده در جدول ۲-۱ مشخص می‌شوند.

جدول ۲- ۱: حداکثر دمای آب گرم مصرفی لوازم بهداشتی در نقطه خروج آب از شیر

وان	۴۹ درجه سانتی‌گراد
دوش	۴۳ درجه سانتی‌گراد
دستشویی	۴۳ درجه سانتی‌گراد
سینک آشپزخانه	۶۰ درجه سانتی‌گراد

تذکر

(۱) در مواردی که دمای مورد نیاز آب گرم مصرفی کمتر از ۶۰ درجه سانتی‌گراد باشد؛ باید دمای مورد نظر به کمک شیرهای مخلوط دستی و یا خودکار، کنترل شود.

(۲) در ساختمان‌های ویژه مانند کودکستان، دبستان، خانه سالمندان، ساختمان‌های درمانی و موارد مشابه دیگر که دمای مورد نیاز از ارقام جدول ۲-۱ کمتر باشد، باید دمای مورد نیاز به کمک شیرهای مخلوط دستی یا خودکار کنترل شود.

۲-۳-۴ قطر نامی مورد نیاز هر یک از وسایل بهداشتی

مطابق با مقررات ملی ساختمان حداقل قطر نامی لوله‌هایی که به لوازم بهداشتی می‌رسند، مطابق با جدول ۲-۲ در نظر گرفته می‌شود. اتصال بین انتهای لوله و شیر برداشت آب هر یک از لوازم بهداشتی مندرج در جدول ۲-۲ باید توسط یک لوله قابل انحناء با قطر کمتر و از نوع مورد تأیید صورت گیرد.

جدول ۲-۲: حداقل قطر اسمی لوله‌های آبرسانی به لوازم بهداشتی مختلف[۱]

لوازم بهداشتی	حداقل قطر نامی لوله	
	میلی‌متر	اینچ
وان	۱۵	۱/۲
بیده	۱۰	۳/۸
سینک با سینی	۱۵	۱/۲
ماشین ظرفشویی خانگی	۱۵	۱/۲
آب‌خوری	۱۰	۳/۸
شیر سرشلنگی	۱۵	۱/۲
سینک آشپزخانه‌های صنعتی	۲۰	۳/۴
سینک آشپزخانه‌های خانگی	۱۵	۱/۲
لگن رخت‌شویی-یک، دو، سه خانه	۱۵	۱/۲
دستشویی	۱۰	۳/۸
دوش با یک سر دوش	۱۵	۱/۲
سینک با شلنگ و افشانک	۲۰	۳/۴
سینک شستشوی عمومی	۱۵	۱/۲
یورینال با فلاش تانک	۱۵	۱/۲
یورینال با فلاش والو	۲۰	۳/۴
شیر برداشت آب	۱۵	۱/۲
شیر آفتابه	۱۵	۱/۲
توالت با فلاش تانک	۱۵	۱/۲
توالت با فلاش والو	۲۵	۱

[۱] مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۶ جدول ۱۶-۳-۳-۴ "الف" ویرایش چهارم ۱۳۹۶

۲-۳-۵ فشار آب ورودی برای مصرف‌کننده‌ها

الف) حداکثر فشار آب شبکه لوله‌کشی توزیع آب مصرفی، در پشت شیرهای لوازم بهداشتی، در وضعیت بدون جریان نباید از ۴ بار (۴۰ متر ستون آب =۶۰ پوند بر اینچ مربع) بیشتر باشد.

– اگر فشار شبکه‌ای که به ساختمان انشعاب می‌دهد به‌اندازه‌ای باشد که فشار آب پشت شیرهای لوازم بهداشتی در حالت بدون جریان، بیش از ۴ بار باشد آنگاه باید با نصب شیر تنظیم فشار مورد تأیید یا روش‌های دیگر، فشار آن را تا ۴ بار یا برحسب نیاز به کمتر از آن کاهش داد.

– شیر تنظیم فشار باید از نوعی باشد که در صورت خراب شدن، شیر در حالت باز باقی بماند و مانع جریان آب نشود.

ب) شبکه لوله‌کشی آب مصرفی باید طوری طراحی شود و لوله‌ها به ترتیبی اندازه گذاری شود که در زمان حداکثر مصرف، فشار آب در لوله‌هایی که به لوازم بهداشتی آب می‌رسانند، از ارقام جدول ۲-۳ کم‌تر نباشد. همچنین اگر فشار شبکه شهری که به ساختمان انشعاب می‌دهد، برای تأمین فشار نشان داده شده در جدول ۲-۳ کافی نباشد، باید با نصب سیستم‌های افزایش‌دهنده فشار آب (بوستر پمپ، تانک فشار یا هر سیستم مورد تأیید دیگر) و رعایت الزامات مندرج در مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان بخش ۱۶-۳-۶-۲، فشار آب را تا حد مناسب افزایش داد.

پ) در ساختمان‌های بلند برای تأمین حداقل فشار آب پشت شیرهای لوازم بهداشتی طبق جدول ۲-۳ و رعایت حداکثر فشار آب پشت شیرهای لوازم بهداشتی (۴ بار) در صورت لزوم و با تأیید، باید ارتفاع ساختمان به دو یا چند منطقه تقسیم شود.

جدول ۲-۳: فشار آب در لوله‌های منتهی به لوازم بهداشتی[۱]

لوازم بهداشتی	فشار آب	
	متر ستون آب	پوند بر اینچ مربع
وان	۵/۵	۸
وان با شیر ترموستاتیک	۱۴	۲۰
بیده	۲/۷	۴
بیده با شیر ترموستاتیک	۱۴	۲۰
شیر مخلوط	۵/۵	۸
ماشین ظرفشویی خانگی	۵/۵	۸
آبخوری	۵/۵	۸
لگن رختشویی	۵/۵	۸
دستشویی	۵/۵	۸
دوش	۵/۵	۸
دوش با شیر ترموستاتیک	۱۴	۲۰
شیر سرشلنگی	۵/۵	۸
شیر آفتابه	۵/۵	۸
سینک با سینی	۵/۵	۸
سینک آشپزخانه خانگی	۵/۵	۸
سینک شستشوی عمومی	۵/۵	۸
یورینال با فلاش والو	۱۷	۲۵
توالت با فلاش والو	۱۷	۲۵
توالت - با فلاش تانک	۵/۵	۸

[۱] مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۶ جدول ۱۶-۳-۳-۵ "ب" ویرایش چهارم ۱۳۹۶

۲-۳-۶ ارتفاع نصب وسایل بهداشتی

جهت طراحی درست و بهینه و جانمایی مناسب تجهیزات سیستم لوله‌کشی آبرسانی، طراح باید ارتفاع نصب لوازم و تجهیزات وسایل بهداشتی را دانسته و مطابق با استانداردهای موجود طراحی را انجام دهد. مجری سیستم آبرسانی باید بتواند کلیه وسایل بهداشتی را در تراز با یکدیگر و مطابق استانداردهای موجود نصب کند. در جدول ۲-۴ مجموعه‌ای از ارتفاع نصب این وسایل مطابق استاندارد آورده شده است.

جدول ۲-۴: ارتفاع نصب وسایل بهداشتی در یک واحد

ارتفاع نصب از کف تمام شده	اندازه (سانتی متر)
آشپزخانه	
شیر سینک	۴۵-۵۰
شیر ماشین ظرفشویی	۱۱۰ یا ۶۵
شیر ماشین لباسشویی	۶۵
شیر آب سرد یخچال	۶۰
سرویس بهداشتی	
شیر دستشویی	۵۵
شیر مخلوط توالت فرنگی یا ایرانی	۴۵-۵۰
شیر فلاش تانک توالت فرنگی	۱۵
شیر فلاش تانک توالت ایرانی	۱۷۰-۱۸۰
شیر مخلوط بیده	۲۰
تجهیزات جانبی سرویس بهداشتی	
قلاب نگه‌دارنده شلنگ شیر آب	۷۵
دستشویی	۸۰
آیینه	۱۲۰
جاصابونی	۱۱۶
جاحوله‌ای	۱۲۰
سرویس حمام	
شیر دوش	۸۵-۹۰
شیر وان	۶۵-۷۰

ارتفاع نصب از کف تمام شده	اندازه (سانتی متر)
تجهیزات جانبی دوش	
سردوش	۱۹۰
جاصابونی و جاحوله‌ای	۱۰۰
میله پرده	۲۰۰
تجهیزات جانبی وان	
سر دوش	۱۹۰
جاصابونی	۷۰
جاحوله‌ای	۱۲۰
میله پرده	۲۰۰
سایر تجهیزات	
کولر	۵۰
جعبه کلکتور	۵۰
پکیج	۱۰۰-۱۲۰
شیر مخلوط	۳۵-۴۵

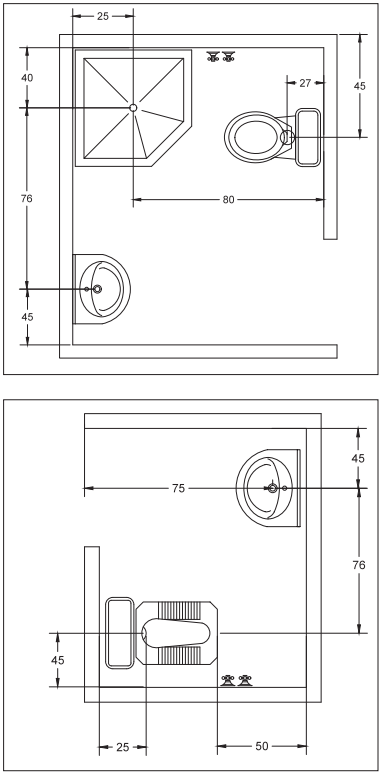
۲-۳-۷ فاصله مجاز بین وسایل بهداشتی

برای استفاده بهتر از وسیله بهداشتی بایستی فاصله‌ی مناسبی بین هر وسیله بهداشتی تا دیوارهای اطراف وسیله بهداشتی و وسایل بهداشتی که مجاور هم قرار دارند، وجود داشته باشد. این فواصل در جدول ۲-۵ مشخص شده است.
شکل ۲-۵ این فواصل را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ۵: حداقل فاصله بین لوازم بهداشتی و فاصله وسیله بهداشتی تا دیوارهای جانبی

ردیف	وسیله بهداشتی	حداقل فاصله محور لوازم بهداشتی (سانتی‌متر)			
		دیوار مجاور	نسبت به لوازم بهداشتی دیگر	دیوار جلو	دیوار پشت
۱	روشویی	۴۵	۷۶	۷۵	-
۲	توالت شرقی	۴۵	۷۶	۵۰	۲۵
۳	توالت غربی	۴۵	۷۶	۵۰	۲۵
۴	بیده	۴۵	۷۶	۴۶	۳۰

ردیف	وسیله بهداشتی	حداقل فاصله محور لوازم بهداشتی (سانتی‌متر)			
		دیوار مجاور	نسبت به لوازم بهداشتی دیگر	دیوار جلو	دیوار پشت
۵	وان	–	۷۶	۸۰	۲۵
۶	زیردوشی	۴۰	۷۶	۸۰	۲۵
۷	سیفون ایرانی	۴۵	–	–	۳۰
۸	سیفون‌فرنگی	۴۵	–	–	۲۷



شکل ۲-۵: حداقل فاصله بین اجزا در سیستم آبرسانی سرویس بهداشتی و سرویس حمام (سانتی‌متر)

۲-۳-۸ ابعاد تجهیزات به‌کاررفته در نقشه‌های تأسیسات

جانمایی کلیه تجهیزات مربوط به آشپزخانه و لوازم بهداشتی سرویس‌ها، باید به نحوی باشد که کمترین فضا را در آن محوطه اشغال نماید. همچنین لوازم بهداشتی و لوله‌کشی‌های مربوط به آن‌ها باید طوری استقرار یابند و نصب شوند که مانع باز و بسته‌شدن عادی پنجره‌ها و درها نشوند. ابعاد و اندازه برخی لوازم بهداشتی در جدول ۲-۶ و لوازم آشپزخانه در جدول ۲-۷ آورده شده است.

جدول ۲-۶: ابعاد لوازم بهداشتی حمام (سانتی‌متر)

تجهیزات یا لوازم	حداقل اندازه	
	طول	عرض
وان دوش با اتصال آب سرد و گرم	۱۷۰	۷۵
دوش مستقل با لگن زیر دوش	۸۰	۸۰
روشویی با اتصال آب سرد و گرم*	۶۰	۴۵
توالت ایرانی، فرنگی و بیده	۴۰	برحسب مدل
* اگر روشویی به‌صورت لگن‌های سرتاسری باشد، هر ۵۰ سانتی‌متر طول آن باید به‌عنوان یک روشویی تلقی شود.		

جدول ۲-۷: ابعاد لوازم آشپزخانه (سانتی‌متر)

نام وسیله	حداقل پهنا	حداقل عمق
یخچال	۶۰-۹۰	۶۰
سینک ظرفشویی یک لگنه*	۱۰۰	۶۰
سینک ظرفشویی دو لگنه	۱۲۰	۶۰
آب‌گرم‌کن	۶۵	۵۰
ماشین لباسشویی	۶۰	۶۰
ماشین ظرفشویی	۶۰	۶۰
اجاق‌گاز	۹۰	۶۰
کابینت	-	۶۰
*اگر سینک به‌صورت لگن سرتاسری باشد، باید هر ۵۰ سانتی‌متر طول آن به‌عنوان یک سینک مستقل تلقی شود.		

۲-۳-۹ تعیین حداکثر مصرف لحظه‌ای آب

حداکثر مصرف لحظه‌ای هر یک از لوازم بهداشتی با واحد S.F.U[1] مشخص می‌شود. به‌طور معمول همه لوازم بهداشتی به‌صورت هم‌زمان مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و محاسبه مقدار جریان آب در هر مسیر لوله‌کشی، با توجه به احتمال هم‌زمانی استفاده از لوازم بهداشتی مختلف و تعیین حداکثر محتمل مقدار جریان آب تعیین می‌شود. جدول ۲-۸ مقدار جریان آب را بر حسب S.F.U برای لوازم بهداشتی مختلف به‌کار رفته در ساختمان نشان می‌دهد. پس از محاسبه S.F.U، مقدار GPM (گالن بر دقیقه) با استفاده از جدول ۲-۹ مشخص می‌گردد.

جدول ۲-۸: مقدار S.F.U لوازم بهداشتی مختلف[2]

ردیف	لوازم بهداشتی	نوع تصرف، سکونت یا اشغال	نوع کنترل	مقدار S.F.U		
				سرد	گرم	کل
۱	توالت	عمومی	فلاش والو	۱۰	–	۱۰
۲	توالت	عمومی	فلاش تانک	۵	–	۵
۳	یورینال	عمومی	فلاش والو	۵	–	۵
۴	یورینال	عمومی	فلاش والو	۳		۳
۵	دستشویی	عمومی	شیر	۱/۵	۱/۵	۲
۶	وان	عمومی	شیر	۳	۳	۴
۷	دوش	عمومی	شیر مخلوط	۳	۳	۴
۸	شیر آفتابه	عمومی	شیر مخلوط	۱/۵	۱/۵	۲
۹	سینک عمومی	ادارات، غیره	شیر	۲/۲۵	۲/۲۵	۳
۱۰	سینک آشپزخانه	هتل، رستوران	شیر	۳	۳	۴
۱۱	آبخوری	ادارات، غیره	شیر "۳/۸ (۹/۵۲ mm)	۰/۲۵	–	۰/۲۵
۱۲	توالت	خصوصی	فلاش والو	۶	–	۶
۱۳	توالت	خصوصی	فلاش تانک	۲/۲	–	۲/۲
۱۴	دستشویی	خصوصی	شیر	۰/۵	۰/۵	۰/۷
۱۵	وان	خصوصی	شیر	۱/۰	۱/۰	۱/۴
۱۶	دوش	خصوصی	شیر مخلوط	۱/۰	۱/۰	۱/۴
۱۷	شیر آفتابه	عمومی	شیر مخلوط	۰/۵	۰/۵	۰/۷

[1] Supply Fixture Unit

[2] مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۶ جدول پ ۱-۲-۲ ویرایش چهارم ۱۳۹۶

ردیف	لوازم بهداشتی	نوع تصرف، سکونت یا اشغال	نوع کنترل	مقدار S.F.U		
				سرد	گرم	کل
۱۸	سینک آشپزخانه	خصوصی	شیر	۱/۰	۱/۰	۱/۴
۱۹	سینک رخت‌شویی	خصوصی	شیر	۱/۰	۱/۰	۱/۴
۲۰	لوازم بهداشتی یک حمام کامل	خصوصی	فلاش والو	۶	۳	۷
۲۱	لوازم بهداشتی یک حمام کامل	خصوصی	فلاش تانک	۲/۷	۱/۵	۳/۶
۲۲	ماشین ظرف‌شویی	خصوصی	اتوماتیک	-	۱/۴	۱/۴
۲۳	ماشین رخت‌شویی ۳/۶ کیلوگرم	خصوصی	اتوماتیک	۱	۱	۱/۴
۲۴	ماشین رخت‌شویی ۳/۶ کیلوگرم	عمومی	اتوماتیک	۲/۲۵	۲/۲۵	۳
۲۵	ماشین رخت‌شویی ۷/۳ کیلوگرم	عمومی	اتوماتیک	۳	۳	۴

جدول ۲-۹: تعیین مقدار جریان آب بر حسب S.F.U[1]

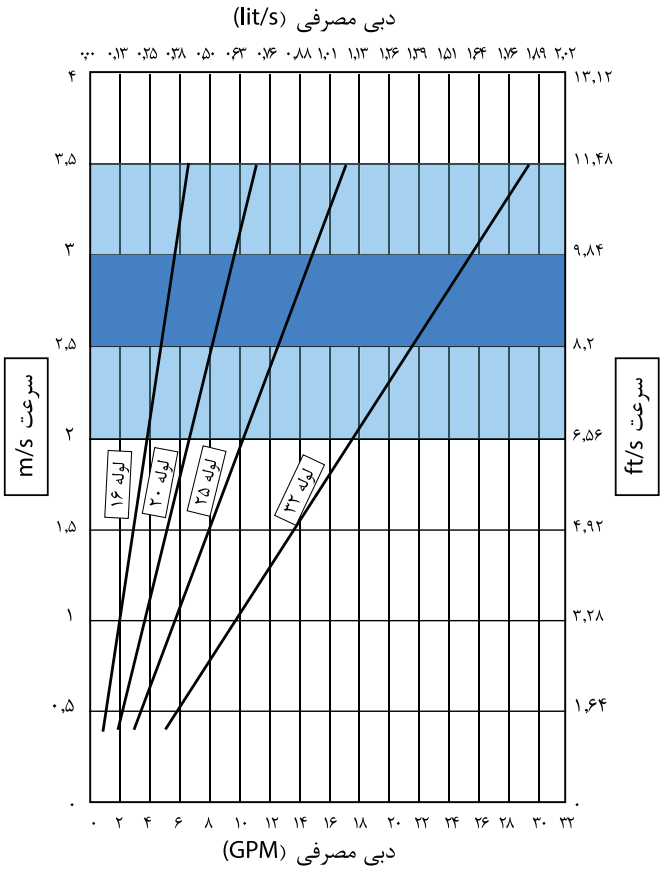
حداکثر محتمل مقدار جریان آب بر اساس S.F.U				
سیستم‌هایی که عمدتاً با فلاش تانک کار می‌کنند		سیستم‌هایی که عمدتاً با فلاش والو کار می‌کنند		
S.F.U	مقدار جریان		S.F.U	مقدار جریان
	گالن در دقیقه	لیتر در ثانیه		گالن در دقیقه	لیتر در ثانیه
۱	۳	۰/۱۹	–	–	–
۲	۵	۰/۳۱	–	–	–
۳	۶/۵	۰/۴۰	–	–	–
۴	۸	۰/۵۰	–	–	–
۵	۹/۴	۰/۵۹	۵	۱۵	۰/۹۵
۶	۱۰/۷	۰/۶۷	۶	۱۷/۴	۱/۱۰
۷	۱۱/۸	۰/۷۴	۷	۱۹/۸	۱/۲۴
۸	۱۲/۸	۰/۸۰	۸	۲۲/۲	۱/۴
۹	۱۳/۷	۰/۸۶	۹	۲۴/۶	۱/۵
۱۰	۱۴/۶	۰/۹۲	۱۰	۲۷	۱/۷
۱۱	۱۵/۴	۰/۹۷	۱۱	۲۷/۸	۱/۷۴
۱۲	۱۶	۱/۰۰	۱۲	۲۸/۶	۱/۸۰
۱۳	۱۶/۵	۱/۰۳	۱۳	۲۹/۴	۱/۸۵
۱۴	۱۷	۱/۰۷	۱۴	۳۰/۲	۱/۹۰
۱۵	۱۷/۵	۱/۱۰	۱۵	۳۱	۱/۹۵
۱۶	۱۸	۱/۱۳	۱۶	۳۱/۸	۲/۰۰
۱۷	۱۸/۴	۱/۱۳	۱۷	۳۲/۶	۲/۰۵
۱۸	۱۸/۸	۱/۱۸	۱۸	۳۳/۴	۲/۱۰
۱۹	۱۹/۲	۱/۲۰	۱۹	۳۴/۲	۲/۱۵
۲۰	۱۹/۶	۱/۲۳	۲۰	۳۵	۲/۲۰
۲۵	۲۱/۵	۱/۳۵	۲۵	۳۸	۲/۴۰
۳۰	۲۳/۳	۱/۴۶	۳۰	۴۲	۲/۶۴
۴۰	۲۶/۳	۱/۶۵	۴۰	۴۶	۲/۹۰

[1] مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۶ جدول پ ۱-۳-۲ ویرایش چهارم ۱۳۹۶

حداکثر محتمل مقدار جریان آب بر اساس S.F.U

سیستم‌هایی که عمدتاً با فلاش تانک کار می‌کنند			سیستم‌هایی که عمدتاً با فلاش والو کار می‌کنند		
S.F.U	مقدار جریان		S.F.U	مقدار جریان	
	گالن در دقیقه	لیتر در ثانیه		گالن در دقیقه	لیتر در ثانیه
۴۵	۲۷/۷	۱/۷۴	۴۵	۴۸	۳/۰۰
۵۰	۲۹/۱	۱/۸۳	۵۰	۵۰	۳/۱۵
۶۰	۳۲	۲/۰۱	۶۰	۵۴	۳/۴۰
۷۰	۳۵	۲/۲۰	۷۰	۵۸	۳/۶۵
۸۰	۳۸	۲/۴	۸۰	۶۱/۲	۳/۸۵
۹۰	۴۱	۲/۵۸	۹۰	۶۴/۳	۴/۰۵
۱۰۰	۴۳/۵	۲/۷۴	۱۰۰	۶۷/۵	۴/۲۵
۱۲۰	۴۸	۳/۰۰	۱۲۰	۷۳	۴/۶۰
۱۴۰	۵۲/۵	۳/۳۰	۱۴۰	۷۷	۴/۸۵
۱۶۰	۵۷	۳/۶۰	۱۶۰	۸۱	۵/۱۰
۱۸۰	۶۱	۳/۸۴	۱۸۰	۸۵/۵	۵/۴۰
۲۰۰	۶۵	۴/۰۹	۲۰۰	۹۰	۵/۶۷

محدوده سرعت مجاز آب بهداشتی درون سایزهای مختلف لوله بر حسب دبی مصرفی در شکل ۲-۶ نشان داده شده است. همان طور که در بخش ۲-۳-۱ گفته شد، سرعت زیاد موجب افت فشار و افزایش نیروی وارده به اتصالات می‌شود. سرعت کم نیز باعث ایجاد رسوب و آزاد شدن گازهای محلول در سیال در سیستم لوله کشی می‌شود. از این رو محدوده مجاز سرعت سیال ۲ تا ۳/۵ متر بر ثانیه می‌باشد که برای بهینه شدن لوله کشی محدوده پیشنهاد شده در گروه صنایع "بی‌تی‌اس" سرعت ۲/۵ الی ۳ متر بر ثانیه است.



شکل ۲-۶: محدوده سرعت مجاز آب بهداشتی سایزهای مختلف لوله بر حسب دبی مصرفی

۲-۳-۱۰ حداکثر فشار و مقدار مصرف آب در لوازم بهداشتی

حداکثر مقدار جریان آب و فشار مورد نیاز لوازم بهداشتی در جدول ۲-۱۰ آورده شده است.

جدول ۲ -۱۰: حداکثر فشار و مقدار مصرف آب در لوازم بهداشتی[1]

لوازم بهداشتی	مقدار جریان		فشار آب	
	لیتر	گالن	متر ستون آب	پوند بر اینچ مربع
دستشویی خصوصی	۶ (در دقیقه)	۱/۶ (در دقیقه)	۴۰	۶۰
دستشویی عمومی	۲ (در دقیقه)	۰/۵ (در دقیقه)	۴۰	۶۰
دستشویی با شیر برقی خودکار	۶ (در دقیقه)	۱/۶ (در دقیقه)	۴۰	۶۰
دوش	۸ (در دقیقه)	۲/۱ (در دقیقه)	۴۰	۶۰
سینک	۸ (در دقیقه)	۲/۱ (در دقیقه)	۴۰	۶۰
یورینال	۲ (در هر ریزش)	۰/۵ (در هر ریزش)	۴۰	۶۰
توالت	دوحالته ۳ و ۶ (هر ریزش)	دوحالته ۰/۸ و ۱/۶ (هر ریزش)	۴۰	۶۰
شیر آفتابه	۶ (در دقیقه)	۱/۶ (در دقیقه)	۴۰	۶۰

۲-۳-۱۱ حداکثر دبی مجاز کلکتور

اساس انتخاب سایز کلکتور در سیستم‌های آبرسانی، مجموع کل دبی جریان تأمین شده به‌وسیله کلکتور و سرعت جریان انتخاب شده برای سیستم مطابق با جدول ۲-۱۱ می‌باشد. توجه شود مقادیر جدول ۲-۱۱ حداقل و حداکثر سرعت مورد نیاز برای طراحی سیستم کلکتور نمی‌باشد.

جدول ۲-۱۱: تعیین اندازه قطر کلکتور

قطر اسمی (اینچ)	بیشینه دبی (GPM)	
	در سرعت ۴ ft/s	در سرعت ۸ ft/s
۳/۴	۹	۱۷
۱	۱۳	۲۷
۱ ۱/۴	۲۲	۴۳
۱ ۱/۲	۲۸	۵۵
۲	۴۷	۹۴

[1] مقررات ملی ساختمان - مبحث ۱۶ جدول ۱۶-۳-۳-۵ "ت" ویرایش چهارم ۱۳۹۶

۲-۳-۱۲ فاصله بین بست‌ها

فاصلـه بیـن بسـت‌ها در سـایزهای مختلـف لولـه در جـدول ۲-۱۲ شـرح داده شـده است.

جدول ۲-۱۲: فاصله بین بست‌ها برای سایزهای مختلف لوله

قطر خارجی (میلی‌متر)	فاصله مجاز بین ساپورت‌ها (متر)			
	افقی		عمودی	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۱۶	۱	۱/۲۰	۱	۱/۶
۲۰	۱/۱	۱/۳۰	۱/۱	۱/۷۰
۲۵	۱/۳	۱/۵۰	۱/۳	۲
۳۲	۱/۳۵	۱/۶۰	۱/۳۵	۲/۱۰

۲-۳-۱۳ جداول افت فشار جریان در لوله‌های "بی‌تی‌اس"

مقـدار افـت فشـار در دو دمـای ۱۰ و ۶۰ درجه سـانتی‌گراد برای سـایز لوله‌هـای ۱۶ تا ۶۳ در جـدول ۲-۱۳ تـا جـدول ۲-۲۶ آورده شـده اسـت. ایـن مقادیر با توجـه به دبی و سـرعت جریـان درون لوله‌هـا مشـخص می‌گـردد. مقـدار افت فشـار مجـاز در لوله ها ۳ الـی ۳/۵ فـوت در هر ۱۰۰ فوت اسـت.

جدول ۲-۱۳: افت فشار لوله سایز ۱۶ برای دمای متوسط آب ۱۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		16 × 2	ID		12
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.01	0.16	0.0022	0.220	0.09	0.29
0.015	0.24	0.0044	0.441	0.13	0.44
0.02	0.32	0.0071	0.710	0.18	0.58
0.025	0.40	0.0103	1.027	0.22	0.73
0.03	0.48	0.0139	1.390	0.27	0.87
0.035	0.55	0.0180	1.799	0.31	1.02
0.04	0.63	0.0225	2.253	0.35	1.16
0.045	0.71	0.0275	2.751	0.40	1.31
0.05	0.79	0.0329	3.292	0.44	1.45

جدول ۲-۱۴: افت فشار لوله سایز ۲۰ برای دمای متوسط آب ۱۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		20 × 2	ID		16
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.01	0.16	0.0007	0.067	0.05	0.17
0.015	0.24	0.0014	0.135	0.08	0.26
0.02	0.32	0.0022	0.217	0.11	0.35
0.025	0.40	0.0031	0.313	0.13	0.43
0.03	0.48	0.0042	0.422	0.16	0.52
0.035	0.55	0.0054	0.544	0.19	0.61
0.04	0.63	0.0068	0.678	0.21	0.70
0.045	0.71	0.0083	0.826	0.24	0.78
0.05	0.79	0.0099	0.986	0.26	0.87
0.055	0.87	0.0116	1.158	0.29	0.96
0.06	0.95	0.0134	1.342	0.32	1.04
0.065	1.03	0.0154	1.538	0.34	1.13
0.07	1.11	0.0175	1.745	0.37	1.22
0.075	1.19	0.0196	1.964	0.40	1.30
0.08	1.27	0.0219	2.193	0.42	1.39
0.085	1.35	0.0243	2.433	0.45	1.48
0.09	1.43	0.0268	2.684	0.48	1.56
0.095	1.51	0.0295	2.946	0.50	1.65
0.1	1.59	0.0322	3.217	0.53	1.74

جدول ۲-۱۵: افت فشار لوله سایز ۲۵ برای دمای متوسط آب ۱۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		25 × 2.5	ID		20
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.03	0.48	0.0005	0.049	0.10	0.31
0.04	0.63	0.0015	0.146	0.13	0.42
0.05	0.79	0.0025	0.255	0.16	0.52
0.06	0.95	0.0038	0.375	0.19	0.63
0.07	1.11	0.0051	0.506	0.22	0.73
0.08	1.27	0.0065	0.649	0.25	0.84
0.09	1.43	0.0080	0.803	0.29	0.94
0.1	1.59	0.0097	0.968	0.32	1.04
0.12	1.90	0.0133	1.331	0.38	1.25
0.15	2.38	0.0196	1.957	0.48	1.57
0.18	2.85	0.0268	2.680	0.57	1.88
0.2	3.17	0.0322	3.215	0.64	2.09

جدول ۲-۱۶: افت فشار لوله سایز ۳۲ برای دمای متوسط آب ۱۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		32 × 3	ID	26	
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.1	1.59	0.0028	0.285	0.20	0.67
0.12	1.90	0.0039	0.389	0.24	0.80
0.15	2.38	0.0057	0.569	0.31	1.00
0.18	2.85	0.0078	0.777	0.37	1.20
0.2	3.17	0.0093	0.930	0.41	1.34
0.22	3.49	0.0110	1.096	0.45	1.47
0.25	3.96	0.0137	1.366	0.51	1.67
0.28	4.44	0.0166	1.662	0.57	1.87
0.3	4.76	0.0187	1.873	0.61	2.01
0.32	5.07	0.0210	2.095	0.65	2.14
0.35	5.55	0.0245	2.449	0.71	2.34
0.38	6.02	0.0283	2.827	0.77	2.54
0.4	6.34	0.0309	3.092	0.81	2.67
0.42	6.66	0.0337	3.368	0.86	2.81
0.45	7.13	0.0380	3.800	0.92	3.01

جدول ۲-۱۷: افت فشار لوله سایز ۴۰ برای دمای متوسط آب ۱۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		40× 4	ID		32
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.10	1.59	0.0010	0.10	0.12	41.0
0.12	1.90	0.0014	0.14	0.15	49.0
0.15	2.38	0.0021	0.21	0.19	61.0
0.17	2.69	0.0026	0.26	0.21	69.0
0.20	3.17	0.0035	0.35	0.25	82.0
0.22	3.49	0.0041	0.41	0.27	90.0
0.25	3.96	0.0051	0.51	0.31	02.1
0.27	4.28	0.0059	0.59	0.34	10.1
0.30	4.76	0.0070	0.70	0.37	22.1
0.32	5.07	0.0079	0.79	0.40	1.31
0.35	5.55	0.0092	0.92	0.44	43.1
0.37	5.86	0.0101	1.01	0.46	51.1
0.40	6.34	0.0116	1.16	0.50	63.1
0.42	6.66	0.0126	1.26	0.52	71.1
0.45	7.13	0.0142	1.42	0.56	84.1
0.47	7.45	0.0153	1.53	0.58	1.92
0.50	7.93	0.0170	1.70	0.62	04.2
0.52	8.24	0.0182	1.82	0.65	12.2
0.55	8.72	0.0201	2.01	0.68	24.2
0.57	9.03	0.0214	2.14	0.71	33.2
0.60	9.51	0.0234	2.34	0.75	45.2
0.62	9.83	0.0248	2.48	0.77	53.2
0.65	10.30	0.0270	2.70	0.81	65.2
0.67	10.62	0.0284	2.84	0.83	73.2
0.70	11.10	0.0307	3.07	0.87	86.2
0.72	11.41	0.0323	3.23	0.90	94.2
0.75	11.89	0.0347	3.47	0.93	06.3

جدول ۲-۱۸: افت فشار لوله سایز ۵۰ برای دمای متوسط آب ۱۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		50 ×4.5	ID		41
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.30	4.76	0.0022	0.22	0.23	0.75
0.35	5.55	0.0029	0.29	0.27	0.87
0.40	6.34	0.0036	0.36	0.30	0.99
0.45	7.13	0.0044	0.44	0.34	1.12
0.50	7.93	0.0053	0.53	0.38	1.24
0.55	8.72	0.0062	0.62	0.42	1.37
0.60	9.51	0.0072	0.72	0.45	1.49
0.65	10.30	0.0083	0.83	0.49	1.62
0.70	11.10	0.0095	0.95	0.53	1.74
0.75	11.89	0.0107	1.07	0.57	1.86
0.80	12.68	0.0119	1.19	0.61	1.99
0.85	13.47	0.0133	1.33	0.64	2.11
0.90	14.27	0.0147	1.47	0.68	2.24
0.95	15.06	0.0162	1.62	0.72	2.36
1.00	15.85	0.0177	1.77	0.76	2.49
1.05	16.64	0.0193	1.93	0.80	2.61
1.10	17.44	0.0209	2.09	0.83	2.73
1.15	18.23	0.0226	2.26	0.87	2.86
1.20	19.02	0.0244	2.44	0.91	2.98
1.25	19.81	0.0262	2.62	0.95	3.11
1.30	20.61	0.0281	2.81	0.98	3.23
1.35	21.40	0.0300	3.00	1.02	3.35
1.40	22.19	0.0320	3.20	1.06	3.48
1.45	22.98	0.0341	3.41	1.10	3.60
1.50	23.78	0.0362	3.62	1.14	3.73

جدول ۲-۱۹: افت فشار لوله سایز ۶۳ برای دمای متوسط آب ۱۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		63 ×6	ID		51
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.50	7.93	0.0018	0.179	0.24	0.80
0.60	9.51	0.0025	0.250	0.29	0.96
0.70	11.10	0.0033	0.330	0.34	1.12
0.80	12.68	0.0042	0.420	0.39	1.28
0.90	14.27	0.0052	0.517	0.44	1.45
1.00	15.85	0.0062	0.624	0.49	1.61
1.10	17.44	0.0074	0.738	0.54	1.77
1.20	19.02	0.0086	0.861	0.59	1.93
1.30	20.61	0.0099	0.992	0.64	2.09
1.40	22.19	0.0113	1.130	0.69	2.25
1.50	23.78	0.0128	1.277	0.73	2.41
1.60	25.36	0.0143	1.432	0.78	2.57
1.70	26.95	0.0159	1.594	0.83	2.73
1.80	28.53	0.0176	1.764	0.88	2.89
1.90	30.12	0.0194	1.941	0.93	3.05
2.00	31.70	0.0213	2.126	0.98	3.21
2.10	33.29	0.0232	2.318	1.03	3.37
2.20	34.87	0.0252	2.517	1.08	3.53
2.30	36.46	0.0272	2.724	1.13	3.69
2.40	38.04	0.0294	2.938	1.17	3.85
2.50	39.63	0.0316	3.159	1.22	4.02

جدول ۲-۲۰: افت فشار لوله سایز ۱۶ برای دمای متوسط آب ۶۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		16 × 2	ID		12
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.005	0.08	0.0005	0.052	0.04	0.15
0.01	0.16	0.0016	0.161	0.09	0.29
0.015	0.24	0.0033	0.325	0.13	0.44
0.016	0.25	0.0036	0.365	0.14	0.46
0.02	0.32	0.0052	0.518	0.18	0.58
0.022	0.35	0.0061	0.606	0.19	0.64
0.025	0.40	0.0077	0.774	0.22	0.73
0.028	0.44	0.0094	0.935	0.25	0.81
0.03	0.48	0.0105	1.051	0.27	0.87
0.032	0.51	0.0117	1.174	0.28	0.93
0.035	0.55	0.0137	1.370	0.31	1.02
0.038	0.60	0.0158	1.580	0.34	1.10
0.04	0.63	0.0173	1.727	0.35	1.16
0.042	0.67	0.0188	1.880	0.37	1.22
0.044	0.70	0.0204	2.039	0.39	1.28
0.047	0.74	0.0229	2.287	0.42	1.36
0.05	0.79	0.0255	2.546	0.44	1.45
0.054	0.86	0.0291	2.908	0.48	1.57
0.055	0.87	0.0300	3.002	0.49	1.60
0.057	0.90	0.0319	3.192	0.50	1.65
0.06	0.95	0.0350	3.498	0.53	1.74

جدول ۲-۲۱: افت فشار لوله سایز ۲۰ برای دمای متوسط آب ۶۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		20 × 2	ID	16	
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.02	0.32	0.0016	0.159	0.11	0.35
0.025	0.40	0.0023	0.232	0.13	0.43
0.03	0.48	0.0032	0.316	0.16	0.52
0.035	0.55	0.0041	0.410	0.19	0.61
0.04	0.63	0.0051	0.515	0.21	0.70
0.042	0.67	0.0056	0.559	0.22	0.73
0.044	0.70	0.0061	0.606	0.23	0.77
0.047	0.74	0.0068	0.679	0.25	0.82
0.05	0.79	0.0076	0.756	0.26	0.87
0.054	0.86	0.0086	0.864	0.29	0.94
0.055	0.87	0.0089	0.893	0.29	0.96
0.057	0.90	0.0095	0.951	0.30	0.99
0.06	0.95	0.0105	1.046	0.32	1.04
0.063	1.00	0.0114	1.138	0.33	1.10
0.065	1.03	0.0120	1.201	0.34	1.13
0.07	1.11	0.0136	1.364	0.37	1.22
0.075	1.19	0.0154	1.537	0.40	1.30
0.077	1.22	0.0161	1.608	0.41	1.34
0.08	1.27	0.0172	1.718	0.42	1.39
0.085	1.35	0.0191	1.909	0.45	1.48
0.087	1.38	0.0199	1.987	0.46	1.51
0.09	1.43	0.0211	2.108	0.48	1.56
0.1	1.59	0.0253	2.533	0.53	1.74
0.11	1.74	0.0299	2.992	0.58	1.91
0.12	1.90	0.0348	3.485	0.64	2.09

جدول ۲-۲۲: افت فشار لوله سایز ۲۵ برای دمای متوسط آب ۶۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		25 × 2.5	ID	20	
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.01	0.16	0.0001	0.013	0.03	0.10
0.02	0.32	0.0005	0.048	0.06	0.21
0.03	0.48	0.0010	0.095	0.10	0.31
0.04	0.63	0.0016	0.155	0.13	0.42
0.05	0.79	0.0023	0.227	0.16	0.52
0.06	0.95	0.0031	0.311	0.19	0.63
0.07	1.11	0.0041	0.406	0.22	0.73
0.08	1.27	0.0051	0.512	0.25	0.84
0.1	1.59	0.0076	0.755	0.32	1.04
0.12	1.90	0.0104	1.037	0.38	1.25
0.14	2.22	0.0137	1.368	0.45	1.46
0.16	2.54	0.0172	1.721	0.51	1.67
0.18	2.85	0.0212	2.115	0.57	1.88
0.2	3.17	0.0255	2.547	0.64	2.09
0.22	3.49	0.0302	3.016	0.70	2.30
0.23	3.65	0.0326	3.263	0.73	2.40
0.24	3.80	0.0352	3.519	0.76	2.51

جدول ۲-۲۳: افت فشار لوله سایز ۳۲ برای دمای متوسط آب ۶۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		32 × 3	ID	26	
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.25	3.96	0.0108	1.081	0.51	1.67
0.26	4.12	0.0116	1.158	0.53	1.74
0.27	4.28	0.0124	1.238	0.55	1.80
0.28	4.44	0.0132	1.320	0.57	1.87
0.3	4.76	0.0149	1.491	0.61	2.01
0.31	4.91	0.0158	1.580	0.63	2.07
0.32	5.07	0.0167	1.671	0.65	2.14
0.33	5.23	0.0177	1.765	0.67	2.21
0.34	5.39	0.0186	1.861	0.69	2.27
0.35	5.55	0.0196	1.959	0.71	2.34
0.36	5.71	0.0225	2.245	0.73	2.41
0.37	5.86	0.0224	2.237	0.75	2.47
0.38	6.02	0.0224	2.243	0.77	2.54
0.4	6.34	0.0230	2.296	0.81	2.67
0.42	6.66	0.0240	2.398	0.86	2.81
0.44	6.97	0.0255	2.547	0.90	2.94
0.46	7.29	0.0274	2.738	0.94	3.07
0.48	7.61	0.0297	2.967	0.98	3.21
0.5	7.93	0.0323	3.230	1.02	3.34
0.52	8.24	0.0352	3.524	1.06	3.48

جدول ۲-۲۴: افت فشار لوله سایز ۴۰ برای دمای متوسط آب ۶۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		40 × 4	ID		32
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.40	6.34	0.4974	1.632	0.009	0.91
0.42	6.66	0.5222	1.713	0.010	0.99
0.45	7.13	0.5595	1.836	0.011	1.12
0.47	7.45	0.5844	1.917	0.012	1.21
0.50	7.93	0.6217	2.040	0.014	1.36
0.52	8.24	0.6466	2.121	0.015	1.45
0.55	8.72	0.6839	2.244	0.016	1.61
0.57	9.03	0.7087	2.325	0.017	1.71
0.60	9.51	0.7460	2.448	0.019	1.88
0.62	9.83	0.7709	2.529	0.020	1.99
0.65	10.30	0.8082	2.652	0.022	2.17
0.67	10.62	0.8331	2.733	0.023	2.29
0.70	11.10	0.8704	2.856	0.025	2.47
0.72	11.41	0.8952	2.937	0.026	2.60
0.75	11.89	0.9325	3.060	0.028	2.80
0.77	12.20	0.9574	3.141	0.029	2.93
0.80	12.68	0.9947	3.264	0.031	3.14
0.82	13.00	1.0196	3.345	0.033	3.28
0.85	13.47	1.0569	3.467	0.035	3.49
0.87	13.79	1.0818	3.549	0.036	3.64

جدول ۲-۲۵: افت فشار لوله سایز ۵۰ برای دمای متوسط آب ۶۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		50 × 4.5	ID	41	
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.55	8.72	0.417	1.37	0.005	0.50
0.60	9.51	0.454	1.49	0.006	0.58
0.65	10.30	0.492	1.62	0.007	0.67
0.70	11.10	0.530	1.74	0.008	0.76
0.75	11.89	0.568	1.86	0.009	0.86
0.80	12.68	0.606	1.99	0.010	0.96
0.85	13.47	0.644	2.11	0.011	1.07
0.90	14.27	0.682	2.24	0.012	1.18
0.95	15.06	0.720	2.36	0.013	1.30
1.00	15.85	0.757	2.49	0.014	1.43
1.05	16.64	0.795	2.61	0.016	1.56
1.10	17.44	0.833	2.73	0.017	1.69
1.15	18.23	0.871	2.86	0.018	1.83
1.20	19.02	0.909	2.98	0.020	1.98
1.25	19.81	0.947	3.11	0.021	2.13
1.30	20.61	0.985	3.23	0.023	2.28
1.35	21.40	1.023	3.35	0.024	2.44
1.40	22.19	1.060	3.48	0.026	2.61
1.45	22.98	1.098	3.60	0.028	2.78

جدول ۲-۲۶: افت فشار لوله سایز ۶۳ برای دمای متوسط آب ۶۰ درجه سانتی‌گراد

OD × s		63 × 6	ID	51	
Flow rate		Head Loss		Velocity	
lit/s	GPM	mH_2O/m	ft / 100 ft	m/s	ft/s
0.95	15.06	0.465	1.53	0.005	0.46
1.00	15.85	0.490	1.61	0.005	0.50
1.10	17.44	0.538	1.77	0.006	0.60
1.20	19.02	0.587	1.93	0.007	0.70
1.30	20.61	0.636	2.09	0.008	0.80
1.40	22.19	0.685	2.25	0.009	0.92
1.50	23.78	0.734	2.41	0.010	1.04
1.60	25.36	0.783	2.57	0.012	1.16
1.70	26.95	0.832	2.73	0.013	1.30
1.80	28.53	0.881	2.89	0.014	1.44
1.90	30.12	0.930	3.05	0.016	1.58
2.00	31.70	0.979	3.21	0.017	1.73
2.10	33.29	1.028	3.37	0.019	1.89
2.20	34.87	1.077	3.53	0.021	2.06

۲-۴ تست فشار با آب سیستم لوله‌کشی "بی‌تی‌اس"

تست فشار سیستم لوله‌کشی "بی‌تی‌اس" با در نظر گرفتن الزامات بیان شده در مقررات ملی ساختمان مبحث شانزدهم (ویرایش چهارم) و مطابق با استاندارد DIN EN 806 - 4 / DIN 1988 - Part 2 بوده و به‌صورت زیر قابل اجرا می‌باشد:

راه‌اندازی سیستم تست فشار:

۱- پیش از اجرای تست، از نصب صحیح تمامی اتصالات (پرس صحیح اتصالات پرسی و محکم بودن اتصالات کوپلی و رزوه‌ای) اطمینان حاصل نمایید. همچنین درپوش‌ها باید به‌صورت صحیح نصب گردند.

۲- در اجرای تست فشار، از فشارسنج با حداقل دقت ۰/۱ بار و محدوده فشار ۰ تا حداقل ۲۰ بار استفاده گردد.

۳- فشارسنج می‌بایست در پایین‌ترین نقطه سیستم نصب شده و دارای یک شیر قطع و وصل به‌منظور جدا کردن پمپ از سیستم باشد.

۴- برای هر واحد ساختمان، تست فشار می‌بایست به‌صورت مجزا انجام گیرد.

۵- کلیه مخازن، اتصالات و تجهیزات نظیر شیر اطمینان در صورتی که برای تست فشار مناسب نباشد، باید در هنگام اجرای تست فشار از سیستم جدا گردد.

۶- قبل از ایجاد فشار در سیستم به‌منظور جلوگیری از خطا باید سیستم خالی از هوا شود. به این منظور می‌بایست سیستم را با آب تمیز پر نموده و هم‌زمان با استفاده از شیر هواگیری، هوای سیستم خارج شود. توجه شود که در حین این فرآیند نباید هیچ مسیری بسته بوده و سیستم به‌طور کامل باید خالی از هوا گردد.

۷- در مدت انجام تست همواره باید بررسی چشمی از مجموعه لوله و اتصال صورت پذیرد.

۸- دمای آب مصرفی در حین تست فشار باید با دمای محیط در تعادل باشد.

مرحله اول:

فشـار اولیـه تسـت بایـد به میـزان ۵ بار بیشـتر از فشـار کاری سیسـتم در نظـر گرفته شـود. در سیسـتم پنج‌لایـه، حداکثـر فشـار کاری ۱۰ بـار در نظر گرفته می‌شـود. (این فشـار می‌بایسـت حداکثـر ۱۵ بار باشـد.)

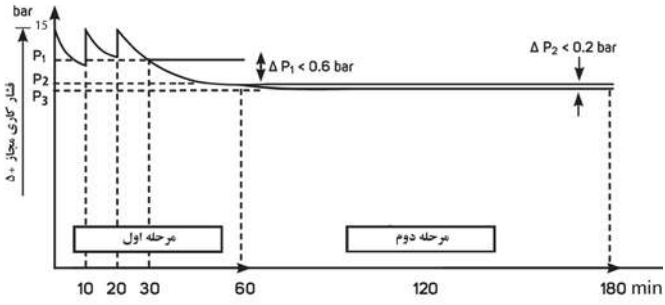
۱۵ بار ≥ ۵ بار + ۱۰ بار (حداکثر فشار کاری مجاز) = فشار تست

- اعمال فشار اولیه تست به سیستم لوله‌کشی
- تجدید فشار به فشار اولیه تست پس از گذشت ۱۰ دقیقه از شروع تست
- تجدید فشار به فشار اولیه تست پس از گذشت ۲۰ دقیقه از شروع تست
- ثبت فشار پس از گذشت ۳۰ دقیقه از شروع تست (P_1)
- حفـظ سیسـتم بـدون ایجاد تغییر در فشـار بـه مدت ۳۰ دقیقـه (در فاصله زمانـی ۳۰ تا ۶۰ دقیقه پس از شـروع تسـت)
- ثبت فشار پس از گذشت ۶۰ دقیقه از شروع تست (P_2)
- اندازه‌گیـری افـت فشـار ($\Delta P_1=P_1-P_2$) (افـت فشـار در این محدوده زمانی نباید بیشـتر از ۰/۶ بار باشـد)

مرحله دوم:

- حفظ سیستم بدون تغییر در فشار پس از مرحله اول، به مدت ۲ ساعت
- ثبـت فشـار پـس از گذشـت ۲ سـاعت از ابتـدای مرحلـه دوم (P_3) (۱۸۰ دقیقـه پـس از شـروع تست)
- اندازه‌گیـری افـت فشـار ($\Delta P_2=P_2-P_3$) (افـت فشـار در ایـن محـدوده زمانی نباید بیشـتر از ۰/۲ بار باشـد)

در شکل ۲-۷ نمودار فرآیند تست فشار سیستم آبرسانی نشان داده شده است.



شکل ۲-۷: نمودار تست فشار سیستم آبرسانی

نکات قابل توجه:

- در مرحله اول، تنها دو مرتبه افت فشار ایجاد شده در سیستم شارژ می‌شود و به فشار اولیه تست می‌رسد (پس از گذشت ۳۰ دقیقه از شروع تست، فشار نباید تجدید شود).
- در صورتی که در یکی از مراحل تست، نشتی در سیستم و یا افت فشار بیش از حد مجاز مشاهده شود، نقص سیستم باید رفع شده و مجدداً تست انجام شود.
- پس از انجام تست و اطمینان از اجرای صحیح لوله‌کشی بهتر است برای جلوگیری از آسیب رسیدن به لوله‌ها، روی آن‌ها با ملات سبک پوشانده شود. پس از اتمام این مرحله پیشنهاد می‌شود تست فشار مجدداً انجام شود.
- اگر تست فشار در فصل سرما انجام می‌شود بهتر است از محلول آب نمک برای تقلیل دمای انجماد آب داخل سیستم استفاده شود و در پایان سیستم کاملاً خالی از آب شود. این‌گونه از یخزدگی آب داخل لوله قبل از پوشش کامل آن جلوگیری می‌شود.
- افزودن اتصال جدید بعد از تست فشار مجاز نمی‌باشد.
- فشار اعمالی در ابتدای تست فشار برای کلیه لوله‌های پنج لایه، بیش از ۱۵ بار مجاز نمی‌باشد.
- در هنگام بتن ریزی کف، سیستم باید تحت فشار آب به مقدار ۳ بار قرار بگیرد.
- در صورتی که بعد از تست و نظارت سیستم توسط ناظر، در زمان بتن‌ریزی آسیبی به سیستم لوله‌کشی وارد شود و پس از بررسی کارشناس مشخص گردد که آسیب در زمان بتن‌ریزی وارد شده است، شرکت هیچ گونه مسئولیتی در قبال آسیب وارده نخواهد داشت.

در شکل ۲-۸ فرم تست سیستم لوله کشی "بی‌تی‌اس" (تست فشار با آب) آورده شده است.

بسمه‌تعالی

تست سیستم لوله‌کشی "بی‌تی‌اس" (تست فشار با آب)

تاریخ:		شماره پرونده:
کارفرما:	مجری:	ناظر:
محل اجرای سیستم:		

کلیه لوله و اتصالات به کار رفته در سیستم آبرسانی متعلق به BTS می‌باشد.	بلی ☐ خیر ☐
سیستم به وسیله آب تمیز و بدون ناخالصی پر شده است.	بلی ☐ خیر ☐
کلیه اتصالات به صورت چشمی بررسی شده است.	بلی ☐ خیر ☐
دمای آب درون لوله‌ها با دمای آب محیط به تعادل رسیده است.	بلی ☐ خیر ☐

سایز لوله BTS سیستم آبرسانی	لوله ۱۶ ☐	لوله ۲۰ ☐	لوله ۲۵ ☐	لوله ۳۲ ☐

فشار اولیه تست : ..... بار	زمان شروع تست : .... : ....
تجدید فشار به فشار اولیه تست پس از ۱۰ دقیقه اول	بلی ☐ خیر ☐
تجدید فشار به فشار اولیه تست پس از ۱۰ دقیقه دوم	بلی ☐ خیر ☐
فشار سیستم پس از ۱۰ دقیقه‌ی سوم (P_1) : ..... بار	
فشار سیستم پس از ۶۰ دقیقه (P_2) : ..... بار	
افت فشار سیستم در مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه (ΔP_1) : ..... بار (حداکثر افت فشار مجاز ۰/۶ بار)	
آیا در مدت زمان اجرای مرحله اول تست فشار، نشتی رخ داده است؟ * در صورت بروز نشتی در سیستم ، نقص سیستم باید رفع شده و مجددا سیستم تست شود.	بلی ☐ خیر ☐
زمان اتمام تست مقدماتی/ شروع تست اصلی : .... :	
فشار سیستم پس از ۳ ساعت از شروع تست (P_2) : ..... بار	
افت فشار سیستم پس از گذشت ۲ ساعت مرحله دوم (ΔP_2) : ..... بار (حداکثر افت فشار مجاز ۰/۲ بار)	
آیا در مدت زمان اجرای مرحله دوم تست فشار، نشتی رخ داده است؟ * در صورت بروز نشتی در سیستم ، نقص سیستم باید رفع شده و مجددا سیستم تست شود.	بلی ☐ خیر ☐

امضا و تاریخ (مجری)	امضا و تاریخ (ناظر)	امضا و تاریخ (کارفرما)

شکل ۲-۸: فرم تست سیستم لوله کشی "بی‌تی‌اس" (تست فشار با آب)آبرسانی

۲-۵ تست فشار با گاز سیستم لوله‌کشی "بی‌تی‌اس"

تست فشار با گاز متراکم سیستم لوله‌کشی "بی‌تی‌اس" منطبق بر استاندارد DIN 18380 می‌باشد. گفتنی است در صورت اجرای تست با گاز، می‌بایست بلافاصله پیش از بهره‌برداری سیستم، تست فشار مجدداً با آب انجام شود. توصیه می‌شود تست فشار با گاز فقط در موارد زیر انجام پذیرد.

۱- نیاز به رعایت بیش از حد متعارف بهداشت در برخی از ساختمان‌ها (مانند مراکز بهداشتی و بیمارستان‌ها)

۲- فاصله زمانی زیاد مابین زمان اجرای تأسیسات آبرسانی، سرمایشی ـ گرمایشی و زمان بهره‌برداری از آن و در نتیجه راکد ماندن آب

۳- اجرای تأسیساتآبرسانی، سرمایشی ـ گرمایشی در فصول سرد و احتمال یخ زدگی سیستم در صورت استفاده از آب

- در صورتی که در موارد ۲ و ۳ امکان تخلیه آب از سیستم بعد از تست وجود داشته باشد، تست فشار با گاز توصیه نمی‌شود.

راه‌اندازی سیستم تست فشار:

پیش از اجرای تست، با بررسی چشمی از صحت اجرای مجموعه لوله و اتصالات اطمینان حاصل نمایید.

- دقت فشارسنج مورد استفاده در این تست، می‌بایست حداقل ۱ میلی بار باشد.
- تست فشار به‌وسیله گاز در دو مرحله تست نشتی و تست مقاومت انجام می‌شود. در هر تست، پس از افزایش فشار به میزان فشار اولیه تست، باید منتظر ماند تا سیستم به تعادل دمایی و شرایط پایدار برسد. در صورت مشاهده افزایش یا کاهش در فشار، فشار تست مجدداً تنظیم گردد.
- در تست فشار با گاز متراکم، حجم بالای لوله‌ها موجب می‌شود که نشتی‌های کوچک به‌وسیله بررسی افت فشار به‌خوبی قابل تشخیص نباشد و تغییرات فشار به‌کندی و بسیار کم باشد. لذا توصیه می‌شود سیستم در بخش‌هایی با حجم محدود (حدود ۱۰۰ لیتر) تقسیم‌بندی شده و تست گردد.
- به‌منظور تخلیه ایمن سیستم نیاز است، از یک شیر هواگیری استفاده شود.

تست نشتی (Leak Test):

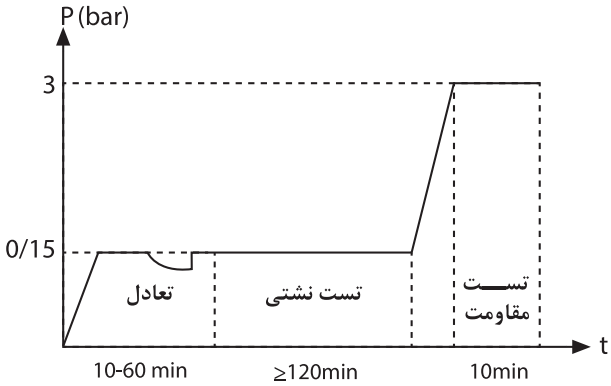
- فشار سیستم را به‌تدریج به میزان ۱۵۰ میلی‌بار معادل ۰/۱۵ بار افزایش دهید (فشار تست نشتی شکل ۲-۹).
- برای رسیدن به تعادل دمایی و فشاری سیستم مطابق با جدول ۲-۲۷ منتظر بمانید.

- در انتهای زمان تست نشتی، مجموعه لوله و اتصال به‌منظور یافتن نشتی مجدداً بررسی گردد.
تذکر: بررسی نشتی سیستم به‌صورت چشمی بوده و افت فشار ملاک نخواهد بود.
- در صورت یافتن نشتی در سیستم، نقص آن رفع شود و مجدداً تست انجام گردد.

تست مقاومت (Strength Test):

- بلافاصله پس از پایان یافتن تست نشتی، فشار تست را به‌تدریج به میزان ۳ بار افزایش دهید. در صورت مشاهده تغییرات فشار، فشار تست مجدداً به میزان ۳ بار تنظیم شود (شکل ۲-۹).
- به‌منظور یافتن نشتی، پس از پایان ۱۰ دقیقه زمان تست مقاومت، مجموعه لوله و اتصال مجدداً بررسی گردد.
- در صورت یافتن نشتی در سیستم، نقص سیستم باید رفع شود و مجدداً سیستم تست گردد.
- پس از تست مقاومت، گاز درون سیستم به‌صورت تدریجی تخلیه شود.

در شکل ۲-۹ نمودار تست نشتی و مقاومت سیستم لوله کشی آبرسانی و در شکل ۲-۱۰ فرم تست سیستم لوله کشی "بی‌تی‌اس" (تست فشار با گاز متراکم) نشان داده شده است.



شکل ۲-۹: نمودار تست نشتی و مقاومت سیستم لوله کشی آبرسانی با گاز متراکم

بسمه‌تعالی

تست سیستم لوله‌کشی "بی‌تی‌اس" (با گاز متراکم)

تاریخ:		شماره پرونده:	
کارفرما:	مجری:	ناظر:	
محل اجرای سیستم:			
کلیه لوله و اتصالات به کار رفته در سیستم لوله‌کشی متعلق به BTS می‌باشد.		☐ بلی	☐ خیر
سیستم به وسیله گاز عاری از روغن و آلودگی پر شده است.		☐ بلی	☐ خیر
کلیه اتصالات به صورت چشمی بررسی شده است.		☐ بلی	☐ خیر
گاز به کار برده شده در تست:	حجم لوله:		
هوای متراکم ☐	کمتر از ۱۰۰ لیتر ($V < ۱۰۰$)		☐
نیتروژن ☐	بیشتر از ۱۰۰ لیتر و کمتر از ۲۰۰ لیتر ($۱۰۰ \leq V < ۲۰۰$)		☐
دی‌اکسید کربن ☐	بیشتر از ۲۰۰ لیتر ($V \geq ۲۰۰$) : ..... لیتر		☐
تست نشتی:(Leak Test)			
افزایش فشار تا ۱۵۰ میلی بار:		☐ تایید	☐ عدم تایید
مدت زمان رسیدن به تعادل دمایی (با توجه به جدول ۱): ..... دقیقه			
در صورت مشاهده تغییرات فشار، مجددا فشار به مقدار ۱۵۰ میلی بار تنظیم شده است.		☐ تایید	☐ عدم تایید ☐ بدون تغییرات
مدت زمان اجرای تست نشتی (با توجه به جدول ۱): ..... دقیقه			
فشار در مدت زمان اجرای تست نشتی، ۱۵۰ میلی بار بوده است. *در صورت عدم تایید، بررسی چشمی الزامی است.		☐ تایید	☐ عدم تایید
آیا در مدت زمان اجرای تست، نشتی مشاهده شده است؟		☐ بلی	☐ خیر
*در صورت مشاهده نشتی در سیستم ، نقص سیستم باید رفع شود و مجددا سیستم تست گردد. علت نشتی :			
تست مقاومت:(Strength Test)			
افزایش فشار تا ۳ بار:		☐ تایید	☐ عدم تایید
سیستم به تعادل دمایی با محیط رسیده است.		☐ تایید	☐ عدم تایید
در صورت مشاهده تغییرات فشار، مجددا فشار به مقدار ۳ بار تنظیم شده است.		☐ تایید	☐ عدم تایید ☐ بدون تغییرات
مدت زمان تست باید حداقل ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شده باشد.		☐ تایید	☐ عدم تایید
فشار در مدت زمان اجرای تست مقاومت، ۳ بار بوده است.		☐ تایید	☐ عدم تایید
آیا در مدت زمان اجرای تست، نشتی مشاهده شده است؟		☐ بلی	☐ خیر
*در صورت مشاهده نشتی در سیستم ، نقص سیستم باید رفع شود و مجددا سیستم تست گردد. علت نشتی :			

امضا و تاریخ (مجری):	امضا و تاریخ (ناظر):	امضا و تاریخ (کارفرما):

شکل ۲-۱۰: فرم تست سیستم لوله کشی "بی‌تی‌اس" (تست با گاز متراکم)

جدول ۲-۲۷: زمان به تعادل رسیدن و تست نشتی به ازای حجم‌های مختلف سیستم لوله‌کشی

حجم لوله (لیتر)	زمان به تعادل رسیدن (دقیقه)	زمان تست نشتی (دقیقه)
V < ۱۰۰	۱۰	۱۲۰
۱۰۰ < V ≤ ۲۰۰	۳۰	۱۴۰
V≥ ۲۰۰	۶۰	۱۴۰+ به ازای هر ۱۰۰ لیتر، ۲۰ دقیقه

به منظور به دست آوردن حجم درون لوله می‌توان از جدول ۲-۲۸ استفاده نمود.

جدول ۲-۲۸: راهنما برای محاسبه حجم لوله

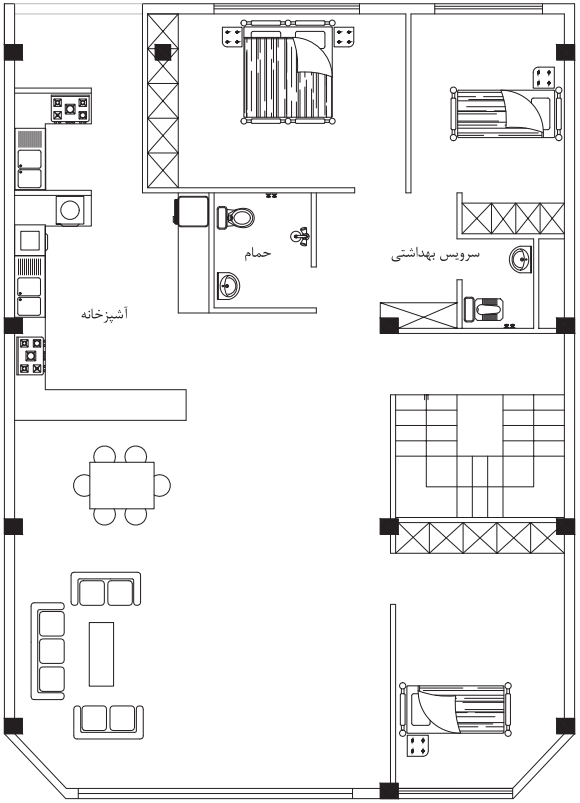
سایز لوله (میلی‌متر)	لیتر بر ۱ متر لوله	متراژ لوله معادل ۱۰۰ لیتر
لوله ۱۶	۰/۱۱۳	۸۸۵
لوله ۲۰	۰/۲۰۱	۴۹۸
لوله ۲۵	۰/۳۱۴	۳۱۸
لوله ۳۲	۰/۴۹۱	۲۰۴

۲-۶ مثال اجرایی از طراحی و محاسبه گام به گام توزیع آب بهداشتی

طراحی مهندسی و انتخاب سایز مناسب لوله به‌منظور توزیع مطلوب آب مصرفی یک ساختمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جهت تسهیل فرآیند طراحی و محاسبه سایز مناسب لوله‌ها می‌بایست مراحل مختلفی به ترتیب انجام گردد. در ادامه و برای درک بهتر مراحل کار، روند طراحی برای یک واحد مسکونی با سه واحد مصرف‌کننده اصلی شامل آشپزخانه، سرویس بهداشتی و حمام ارائه می‌شود. شکل ۲-۱۱ نقشه واحد به همراه چیدمان تجهیزات آن را نشان می‌دهد. تجهیزات به‌کار گرفته شده در این واحد مسکونی به تفکیک هر فضا در جدول ۲-۲۹ آورده شده است. سیستم گرمایش به صورت موتورخانه در نظر گرفته شده است.

گام اول: چیدمان تجهیزات

در این مرحله باید برای یک واحد چیدمان تجهیزات انجام شود. به این منظور باید نسبت به فضاهای مختلف یک پلان، شناخت کافی پیدا کرده و با استفاده از اطلاعات موجود در جدول ۲-۴، جدول ۲-۵، جدول ۲-۶ و جدول ۲-۷ چیدمان صحیح تجهیزات انجام شود.



شکل ۲-۱۱: نقشه یک واحد مسکونی به همراه چیدمان تجهیزات

گام دوم: بررسی دبی مصرفی هر یک از لوازم بهداشتی

با استفاده از جدول ۲-۸ و اطلاعات موجود در آن می‌توان مقدار S.F.U هر تجهیز را به دست آورد، این اطلاعات در جدول ۲-۲۹ جمع بندی شده است. درصورتی‌که از تجهیزی بیش از یک عدد موجود باشد، مقدار S.F.U یک تجهیز، در تعداد آن تجهیز ضرب می‌شود.

جدول ۲-۲۹: لیست تجهیزات به‌کاررفته در فضاهای مختلف کاربری و میزان S.F.U آن‌ها

ردیف	فضای کاربری	تجهیزات	تعداد	S.F.U		
				سرد	گرم	کل
۱	آشپزخانه	سینک دو لگنه	۲	۲×۱	۲×۱	۲×۱/۴
		ماشین ظرف‌شویی	۱	–	۱/۴	۱/۴
		ماشین لباس‌شویی	۱	۱	۱	۱/۴
		یخچال	۱	–	–	–
		خروجی تراس	۱	–	–	–
۲	سرویس بهداشتی	دستشویی	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۷
		توالت ایرانی (فلاش تانک)	۱	۲/۲	–	۲/۲
۳	حمام	دوش	۱	۱	۱	۱/۴
		توالت فرنگی (فلاش تانک)	۱	۲/۲	–	۲/۲
		دستشویی	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۷

گام سوم: محاسبه میزان دبی هر یک از واحدهای مصرف‌کننده با توجه به هم‌زمانی مصرف

در سیستم کلکتوری ـ انشعابی به‌منظور محاسبه سایز لوله ورودی هر واحد مصرف‌کننده باید میزان S.F.U یک واحد مصرف‌کننده با استفاده از مجموع S.F.U لوازم بهداشتی آن تعیین گردد. در محاسبه مجموع S.F.U باید توجه شود که احتمال استفاده از همه تجهیزات در یک‌زمان برای یک واحد مصرف‌کننده وجود ندارد.

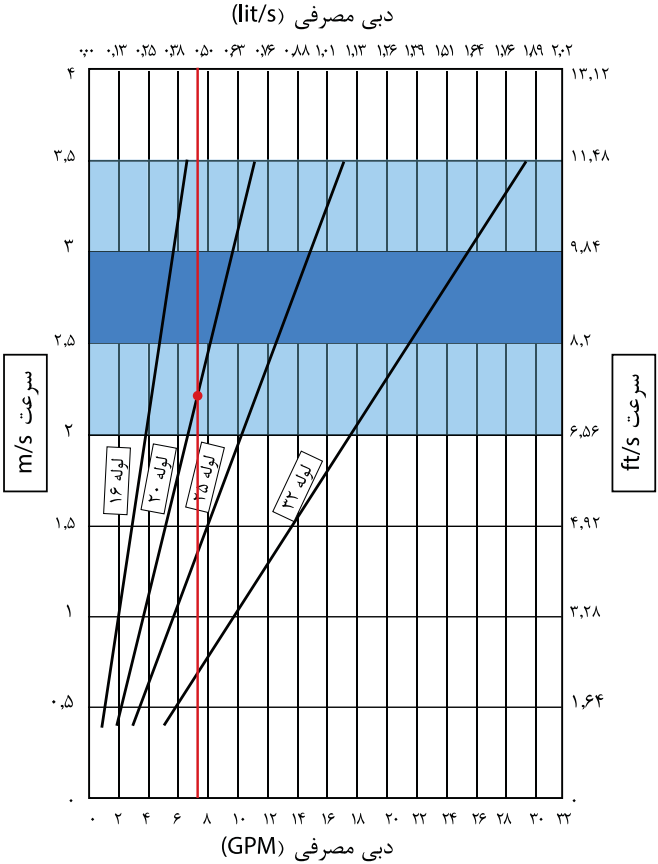
در شکل ۲-۱۱ اگر آشپزخانه در وضعیت حداکثر تقاضا برای آب بهداشتی قرار گیرد همزمانی مصرف یک سینک، ماشین ظرفشویی و ماشین لباسشویی به وجود می‌آید. در مورد حمام حداکثر تقاضا در همزمانی مصرف دوش و توالت فرنگی (فلاش تانک) و در مورد سرویس بهداشتی همزمانی در مصرف توالت ایرانی (فلاش تانک) و دستشویی خواهد بود. در جدول ۲-۳۰ محاسبات مربوط به S.F.U مجموع هر واحد مصرف‌کننده و S.F.U مجموع کل واحد مسکونی برای آب سرد و گرم آورده شده است. اطلاعات موجود جدول ۲-۳۰ با مراجعه به جدول ۲ - ۹ به دست می‌آید.

جدول ۲-۳۰: محاسبه میزان دبی مصرفی هر واحد مصرف‌کننده و دبی مصرفی کل

فضای کاربری	سرد (S.F.U)	گرم (S.F.U)	کل (S.F.U)	سرد (GPM)	گرم (GPM)	کل (GPM)
آشپزخانه	۲	۳/۴	۴/۲	۵	۷/۱	۸/۳
سرویس بهداشتی	۲/۷	۰/۵	۲/۹	۶/۱	۱/۵	۶/۴
حمام	۳/۲	۱	۳/۶	۶/۸	۳	۷/۴
کل واحد	۷/۹	۴/۹	۱۰/۷	۱۲/۷	۹/۳	۱۵/۲

گام چهارم: محاسبه سایز لوله‌ها در هر مصرف‌کننده

با استفاده از اطلاعات به دست آمده از جدول ۲-۳۰ (دبی برحسب GPM) و بررسی سرعت مجاز عبور آب در هر سایز لوله می‌توان سایز لوله ورودی هر واحد مصرف‌کننده و درنهایت سایز لوله مورد نیاز برای ورودی ساختمان را مشخص نمود. به‌منظور بررسی سرعت مجاز عبور آب از لوله در چهار سایز ۱۶، ۲۰، ۲۵ و ۳۲ می‌توان از شکل ۲ -۶ استفاده نمود. در استفاده از شکل ۲- ۶ همواره توصیه می‌گردد که محدوده سرعت مجاز در لوله‌های انتقال آب ۲/۵ الی ۳ متر بر ثانیه باشد. با توجه به این امر سایز لوله‌های مورد نیاز برای واحد آشپزخانه ۲۰، واحد سرویس بهداشتی ۱۶ و واحد حمام ۲۰ می‌باشد (شکل ۲-۱۲).



شکل ۲-۱۲: به دست آوردن سایز لوله آشپزخانه بر اساس محدوده سرعت مجاز آب و دبی مصرفی ۷/۱ GPM

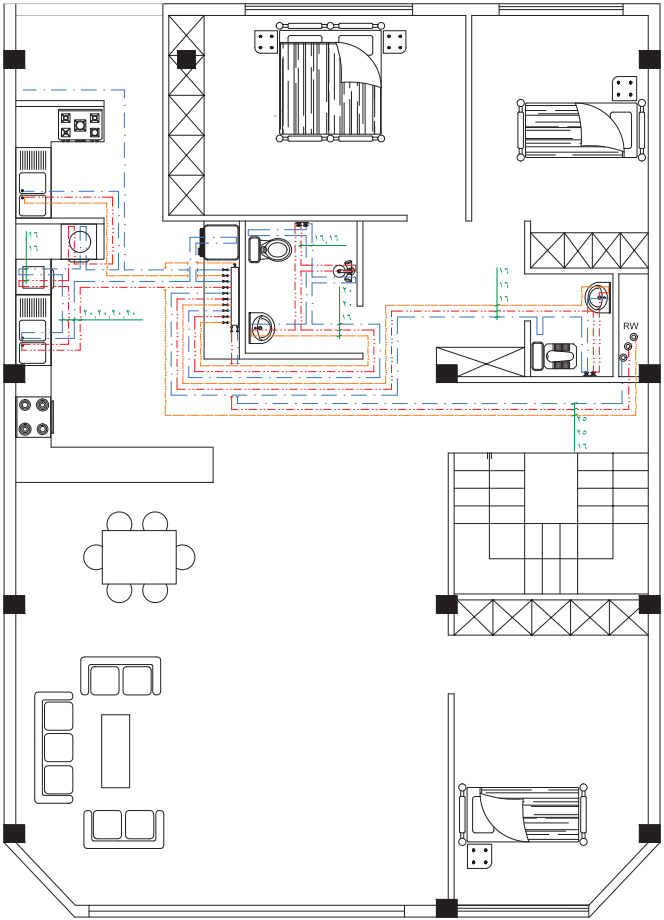
گام پنجم: محاسبه سایز کلکتور

پس از محاسبه مجموع دبی مصرفی یک واحد، با استفاده از جدول ۲-۱۱ سایز مناسب کلکتور آب سرد و گرم، محاسبه می‌شود. این جدول با توجه به مبحث شانزدهم مقررات ملّی ساختمان و مقدار سرعت مجاز آب در کلکتور به دست آمده است. در این مثال بیشینه دبی مصرفی GPM ۱۵/۲ است که در محدوده قطر کلکتور "۱ (بین GPM ۱۳ تا ۲۷) قرار می‌گیرد.

گام ششم: تعیین آب گرم برگشتی در سیستم‌های حرارت مرکزی

طبق مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان درصورتی‌که طول لوله مصرف‌کننده آب گرم مصرفی از منبع گرم بیش از ۱۰ متر باشد، نیاز است با استفاده از لوله آب برگشت و یا روشی دیگر، دمای آب درون لوله در محدوده مجاز قرار گیرد.

در شکل ۲ -۱۳ به دلیل آنکه آخرین وسیله بهداشتی هر واحد مصرف‌کننده بیش از ۱۰ متر از محل کلکتور آب گرم فاصله دارد، از هر کدام از واحدهای مصرف‌کننده یک لوله آب گرم برگشت گرفته شده است. این لوله‌های آب گرم برگشت در یک کلکتور جمع شده و به محل رایزرهای آب بهداشتی منتقل می‌گردد.



شکل ۲-۱۳: سایز گذاری لوله‌های آبرسانی یک واحد مسکونی به روش کلکتوری ـ انشعابی

گام هفتم: تعیین لیست اقلام محصولات آبرسانی

پس از تعیین سایز مناسب لوله‌ها و انتخاب کلکتور متناسب با آن، می‌بایست لیست اقلام مصرفی و طول لوله محاسبه گردد. لیست اقلام واحد نمونه در جدول ۲-۳۱ آورده شده است.

جدول ۲-۳۱: لیست اقلام مورد استفاده در پروژه نمونه

ردیف	شرح	سایز	سالن	آشپزخانه	سرویس	حمام	کل
۱	لوله PE-Xb- AL- PE-RT(Type II)	۲۵	۵	۱۰	۰	۰	۱۵
۲	لوله PE-Xb- AL- PE-RT(Type II)	۲۰	۱۰	۳۰	۰	۱۵	۵۵
۳	لوله PE-Xb- AL- PE-RT(Type II)	۱۶	۴۰	۴۰	۱۶	۲۰	۱۱۶
۴	فوم لوله	۲۵	۵	۱۰	۰	۰	۱۵
۵	فوم لوله	۲۰	۱۰	۳۰	۰	۱۵	۵۵
۶	فوم لوله	۱۶	۳۶	۳۶	۱۴	۱۸	۱۰۴
۷	کلکتور سه انشعابه طرح BTS	۱"×۱/۲" - ۳b	۰	۱	۰	۰	۱
۸	کلکتور چهار انشعابه طرح BTS	۱"×۱/۲" - ۴b	۰	۱	۰	۰	۱
۹	کلکتور سه انشعابه طرح BTS	۳/۴"×۱/۲"-۳b	۰	۱	۰	۰	۱
۱۰	شیر توپی روپیچ توپیچ (قرمز)	۱/۲"	۰	۱	۰	۰	۱
۱۱	شیر زانویی کوپلی (آبی)	۱" × ۲۵	۰	۱	۰	۰	۱
۱۲	شیر زانویی کوپلی (قرمز)	۱" × ۲۵	۰	۱	۰	۰	۱
۱۳	شیر کلکتوری کوپلی (آبی)	۱/۲" × ۲۰	۰	۲	۰	۰	۲
۱۴	شیر کلکتوری کوپلی (قرمز)	۱/۲" × ۲۰	۰	۲	۰	۰	۲
۱۵	شیر کلکتوری کوپلی (آبی)	۱/۲" × ۱۶	۰	۲	۰	۰	۲
۱۶	شیر کلکتوری کوپلی (قرمز)	۱/۲" × ۱۶	۰	۴	۰	۰	۴
۱۷	درپوش توپیچ کلکتور	۱"	۰	۲	۰	۰	۲
۱۸	درپوش توپیچ کلکتور	۳/۴"	۰	۱	۰	۰	۱
۱۹	زانو چپقی رزوه‌ای	۱/۲"	۰	۱	۰	۰	۱

ردیف	شرح	سایز	سالن	آشپزخانه	سرویس	حمام	کل
۲۰	زانو دیواری توپیچ پرسی	۱۶×۱/۲"	۰	۲	۱	۱	۴
۲۱	سه راهی دیواری ۹۰ توپیچ پرسی	۲۰×۱/۲"×۲۰	۰	۳	۰	۰	۳
۲۲	سه راهی تبدیل دیواری ۹۰ توپیچ پرسی	۲۰×۱/۲"×۱۶	۰	۲	۰	۰	۲
۲۳	سه راهی تبدیل دیواری ۹۰ توپیچ پرسی	۱۶×۱/۲"×۲۰	۰	۰	۰	۲	۲
۲۴	سه راهی دیواری ۹۰ توپیچ پرسی	۱۶×۱/۲"×۱۶	۰	۳	۴	۴	۱۱
۲۵	مغزی تبدیل روپیچ (۳/۴ به توپیچ ۱/۲)	۱/۲"×۳/۴"	۰	۱	۰	۰	۱
۲۶	بوشن روپیچ کوپلی	۱۶×۱/۲"	۰	۱	۰	۰	۱
۲۷	جعبه‌کلکتور	۶۵ × ۴۵	۰	۱	۰	۰	۱
۲۸	بست‌کلکتور	۱"	۰	۴	۰	۰	۴
۲۹	بست‌کلکتور	۳/۴"	۰	۲	۰	۰	۲
۳۰	پایه‌کلکتور	–	۰	۳	۰	۰	۳
۳۱	صفحه‌نصب‌تک	۶۳mm	۰	۲	۱	۱	۴
۳۲	صفحه‌نصب‌دوبل	۱۵۳mm	۰	۰	۱	۲	۳
۳۳	صفحه‌نصب‌قوس‌دار	۲۸۰mm	۰	۴	۱	۱	۶
۳۴	درپوش تست آبی	۱/۲"	۰	۶	۳	۴	۱۳
۳۵	درپوش تست قرمز	۱/۲"	۰	۴	۲	۳	۹

۳

سیستم گرمایش از کف

۳-۱ مقدمه

سیستم گرمایش از کف یک روش مناسب برای ایجاد گرمایش مطبوع بر اساس انتقال حرارت تابشی است. نحوه توزیع حرارت در سیستم گرمایش از کف نسبت به دیگر روش‌های گرمایشی که بر اساس انتقال حرارت هدایتی می‌باشند، یکنواخت‌تر بوده و موجب احساس آرامش بیش‌تری برای افراد حاضر در محیط می‌شود. در این روش، آب گرم در شبکه‌ای از لوله‌های پنج‌لایه که در زیر کف محیط مورد نظر قرار گرفته‌اند، عبور کرده و انرژی گرمایی حاصل از آب گرم را به آرامی و به‌طور پیوسته به سطح کف منتقل می‌کند.

مزایای سیستم گرمایش از کف به شرح زیر می‌باشد:

- ✓ صرفه‌جویی ۳۰ تا ۶۰ درصدی در مصرف انرژی به علت کاهش دمای آب
- ✓ تأمین گرمایش ایده‌آل و مطلوب
- ✓ گرمایش یکنواخت در تمام فضا
- ✓ ایده‌آل برای محیط‌هایی با سقف‌های بلند
- ✓ آزادی عمل در چیدمان دکوراسیون و عدم اشغال فضای داخلی ساختمان
- ✓ هوای پاکیزه و عدم استنشاق هوای گرم
- ✓ دیوارها و سقف تمیز و عاری از هرگونه دوده، آلودگی و سیاه‌شدگی
- ✓ خشک شدن سریع زمین‌های مرطوب یا خیس
- ✓ ایده‌آل برای سیستم ذوب برف
- ✓ امکان استفاده از منابع حرارتی مختلف
- ✓ حداقل نیاز به تعمیر و نگهداری

در این روش گرمایش، آب گرم ورودی از طریق موتورخانه یا سیستم پکیج تولید شده و با کمک انشعابات کلکتوری و تجهیزات کنترلی وابسته، در شبکه لوله‌کشی توزیع می‌شود. به این ترتیب گرما در بخش‌های مختلف به‌صورت مستقل و کنترل‌شده فراهم می‌گردد. این سیستم برای انواع پوشش‌های کف مانند سنگ، سرامیک، پارکت و ... مناسب است.

در طراحی و اجرای سیستم‌های گرمایش از کف پارامترهایی همچون بار حرارتی ساختمان، آرایش لوله‌ها متناسب با طرح ساختمان، رعایت طول مجاز و فاصله لوله‌ها برای هر مدار (لوپ)، یکنواختی دمای سطح کف، مکان درزهای انبساطی و ... در عملکرد سیستم گرمایشی نقش بسزایی دارد.

در سیستم‌های گرمایش از کف دمای آب گرم مورد نیاز سیستم، نسبت به سیستم‌های گرمایش فن کوئلی و رادیاتوری پایین‌تر و در محدوده ۳۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد است. تأمین آب گرم در این نوع سیستم‌ها می‌تواند به سه روش گرمایش خورشیدی، موتورخانه و پکیج باشد. همچنین می‌توان هرکدام از روش‌های گرمایشی را به‌صورت مستقل یا ترکیبی از دو یا سه روش برای یک ساختمان استفاده کرد. شکل ۳-۱ گرمایش از کف اجرا شده در یک محیط نیمه صنعتی را نشان می‌دهد.

شکل ۳-۱: گرمایش از کف اجرا شده در محیط نیمه صنعتی

۳-۲ تجهیزات مورد نیاز در سیستم گرمایش از کف

به‌طورکلی قلب سیستم گرمایش از کف مجموعه کلکتور و شیرهای کنترلی است. در سیستم گرمایش از کف با قابلیت کنترل دبی، در هر مدار نیاز است فلومترهای تنظیم کننده جریان و همچنین شیرهای سوزنی نصب گردند. در سیستم‌های گرمایش از کف اگر از تجهیزات کنترلی و ترموستات استفاده شود، نیاز است بر روی هر شیر سوزنی یک شیر برقی نصب گردد که توسط ترموستات‌ها کنترل می‌شود. از دیگر تجهیزات مورد نیاز بر روی کلکتورهای گرمایش از کف شیرهای تخلیه و شارژ است که به‌منظور شارژ اولیه سیستم و تخلیه سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. تجهیز دیگری که در مدارهای گرمایش از کف استفاده از آن ضروری است، شیر هواگیری است. در مدارهای گرمایش از کف وجود حتی اندکی هوا در هر مدار موجب می‌شود در چرخه آب گرم و انتقال حرارت اختلال به وجود آید و این اتفاق بسیار نامطلوب است.

۳-۲-۱ لوله پنج لایه

لوله مورد استفاده برای سیستم گرمایش از کف باید انعطاف‌پذیر باشد تا شرایط نصب را ساده‌تر کند. همچنین باید افت فشار کم، تحمل دمایی بالا، ضریب هدایت حرارتی ایده آل، ضریب انبساط طولی پایین و عمر طولانی داشته باشد. لوله‌های پنج لایه تمامی موارد بالا را دارا هستند و از جمله مناسب‌ترین لوله برای گرمایش از کف محسوب می شوند (شکل ۳-۲).

شکل ۳-۲: لوله پنج لایه

۳-۲-۲ کلکتور

سیستم گرمایش از کف شامل یک جفت کلکتور رفت و برگشت مدولار از جنس برنج همراه با فلومتر و شیر سوزنی است که آب گرم از کلکتور رفت (کلکتور دارای فلومتر) به سمت فضا خارج و آب سرد شده به کلکتور برگشت (کلکتور دارای شیر سوزنی)، باز می‌گردد و این عمل موجب گرمایش فضاهای ساختمان می‌شود. طراحی و ساخت این کلکتور با دانش و فناوری بومی برای اولین بار در ایران توسط گروه صنایع "بی‌تی‌اس" صورت پذیرفته است (شکل ۳-۳).

شکل ۳-۳: کلکتور گرمایش از کف به همراه فلومتر و شیر سوزنی

۳-۲-۳ فلومتر

از فلومتر برای تنظیم دبی جریان سیال عبوری در هر مدار سیستم گرمایش از کف استفاده می‌شود. فلومترها در سیستم گرمایش از کف بر روی کلکتور رفت و برای هر مدار به‌صورت مستقل تعبیه می‌شوند.
فلومترهای روتاری عمدتاً از یک لوله شیشه‌ای که قطر آن با شیب ملایم تغییر می‌کند، ساخته شده‌اند و به‌طور عمودی بر روی کلکتور نصب شده و جریان به آن وارد می‌شود. جسم شناوری که به اندازه پایه لوله شیشه‌ای است درون آن قرار گرفته و متناسب با مقدار جریان به سمت پایین حرکت می‌کند. اگر جریان عبوری سیال صفر باشد شناور در قسمت بالایی محفظه قرار گرفته و مسیر عبور سیال را مسدود می‌نماید. درصورتی‌که جریان سیال برقرار شود، نیروی سیال با غلبه بر نیروی فنر زیر جسم شناور، آن را جابه‌جا می‌کند و مسیر عبور سیال را باز می‌نماید.

شکل ۳-۴: فلومتر سیستم گرمایش از کف برای تنظیم دبی

میزان جریان عبوری (دبی) با موقعیت شناور از درجه بندی‌هایی که روی لوله شیشه‌ای نوشته شده است خوانده می‌شود. در سیستم‌های گرمایش از کف عموماً از فلومتر با دبی ۱ تا ۵ لیتر بر دقیقه استفاده می‌شود (شکل ۳-۴).

۳-۲-۴ شیر سوزنی و شیر برقی

به‌منظور قطع و وصل کردن جریان هر مدار، لازم است شیر سوزنی برای هر مدار روی کلکتور برگشت قرار گیرد (شکل ۳-۵- الف). شیرهای سوزنی به‌صورت دستی توسط کاربر کنترل می‌شود، درصورتی‌که شیرهای برقی با قرار گیری بر روی شیر سوزنی، با توجه به دمای تنظیم شده بر روی ترموستات دستور قطع یا وصل جریان را از ترموستات‌های محیطی می‌گیرند و جریان در هر مدار را قطع

یـا وصـل می‌نماینـد. شـیرهای برقی مـورد اسـتفاده در گروه صنایـع "بی‌تـی‌اس" در حالت عـادی بسـته (NC) می‌باشـد و امـکان تغییـر حالـت بـه دو وضعیـت دسـتی و یـا اتوماتیک را دارند (شـکل ۳-۵-ب).

شکل ۳-۵: الف) شیر سوزنی برای قطع و وصل کردن جریان هر مدار ب) شیر برقی

۳-۲-۵ مهره ماسوره کوپلی

بـرای اتصـال لولـه بـه کلکتـور از مهـره ماسـوره کوپلـی اسـتفاده می‌شـود. ایـن مهـره بـا سـاختار مهـره ماسـوره‌ای و به‌صـورت کوپلـی بـوده و بـا اسـتفاده از اورینگ‌هـای موجـود در آن آب‌بنـدی بیـن لولـه پنـج لایـه و کلکتـور را تأمین می‌نمایـد (شـکل ۳-۶).

شکل ۳-۶: مهره ماسوره کوپلی جهت اتصال لوله به کلکتور

۳-۲-۶ شیر هواگیری

سیسـتم گرمایـش از کـف یـک سیسـتم بسـته بـوده و چون بـا هـوای بیـرون در ارتباط نیسـت، نیـاز بـه در نظـر گرفتـن وسـیله‌ای بـرای تخلیـه‌ی هـوای سیسـتم دارد. هـوای باقی‌مانـده در سیسـتم‌های گرمایشـی موجـب عملکـرد نادرسـت در انتقـال حـرارت سیسـتم می‌شـود و اسـتفاده از شـیر هواگیـری در ایـن سیسـتم‌ها به‌خصـوص بـرای سیسـتم‌های گرمایـش از کـف کـه در آن طـول لوله‌هـا عمومـاً زیـاد اسـت ضـروری می‌باشـد. بـرای ایـن منظـور شـیر هواگیـری بایـد روی هـر دو کلکتـور رفت و برگشـت (در صـورت وجـود محدودیـت یـک عـدد روی کلکتـوری کـه بالاتـر نصب شـده اسـت) قـرار بگیرد.

شـیر هواگیری مورد اسـتفاده گروه صنایـع "بی‌تـی‌اس" در شـکل ۳-۷ نشـان داده شـده و در دو حالـت اتوماتیـک و دسـتی قابـل اسـتفاده می‌باشـد. بیشـینه فشـار کاری این شـیر bar ۱۰ اسـت و در سایز "۱/۲ عرضـه می‌گـردد.

شکل ۳-۷: شیر هواگیری

۳-۲-۷ شیر شارژ و تخلیه

هنـگام راه انـدازی سیسـتم گرمایـش از کف و یا خالـی کـردن آن بـه علت تعمیـرات، سیسـتم به شـارژ و تخلیـه آب نیـاز دارد؛ لـذا بایـد شـیری مخصـوص بـه ایـن امـر کـه شـیر شـارژ و تخلیه نامیـده می‌شـود بـر روی انتهـای هـر دو کلکتـور رفـت و برگشـت نصـب گـردد. ایـن شـیر همانند شـیر هواگیـری در سـایز "۱/۲ عرضـه می‌گـردد (شـکل ۳-۸).

شکل ۳-۸: شیر شارژ و تخلیه آب سیستم گرمایش از کف

۳-۲-۸ سه‌راهی انتهای کلکتور

دو جـزء اصلـی در سیسـتم‌های گرمایـش از کف، شـیر هواگیری و شـیر شـارژ و تخلیه می‌باشـد. به‌منظـور اتصـال ایـن دو محصـول بـه کلکتورهـای سیسـتم‌های گرمایش از کـف لازم اسـت در انتهـای کلکتورهای رفت و برگشـت یک سـه‌راه نصب شـده و شـیر هواگیـری و شـیر شـارژ و تخلیـه بر روی آن قـرار گیرد.

شکل ۳-۹: سه راهی انتهای کلکتور

گروه صنایع "بی‌تی‌اس" محصول تمام برنجی سه‌راهی انتهای کلکتور در سایز "۱/۲×۱" که قسمت "۱ به دو صورت توپیچ و روپیچ عرضه می‌شود را ارائه نموده است (شکل ۳-۹). با این محصول نیاز به استفاده از سه‌راهی گالوانیزه برای اتصال شیر هواگیری و شیر شارژ و تخلیه مرتفع شده است.

۳-۲-۹ شیرهای زانویی کوپلی یا شیر توپی

ورود سیال از منبع گرمایش به کلکتورهای اصلی و خروج سیال سرد شده از کلکتور به سمت منبع گرمایش توسط شیر زانویی کوپلی و یا شیر توپی دسته پروانه‌ای کنترل می‌شود در شکل ۳-۱۰ این شیرها نشان داده شده است.

(الف) (ب)

شکل ۳-۱۰: شیرهای استفاده شده در گرمایش از کف الف) شیر زانویی کوپلی ب) شیر توپی دسته پروانه‌ای

۳-۲-۱۰ ترموستات

وظیفه ترموستات کنترل دمای محیط با صدور فرمان قطع و وصل کردن مدار سیستم گرمایش از کف در آن محیط است. ترموستات از دو طریق سیم و امواج به صورت بی‌سیم فرمان قطع و وصل هر مدار را به شیرهای برقی صادر می‌کند. در گروه صنایع "بی‌تی‌اس" ترموستات‌ها در ۳ مدل آنالوگ، با سیم قابل برنامه ریزی و بی‌سیم قابل برنامه ریزی عرضه می‌گردند. دقت اندازه‌گیری ترموستات‌ها تا $\pm 1^{\circ}C$ است. گفتنی است هر ترموستات قابلیت کنترل و صدور فرمان قطع و وصل برای حداکثر ۵ شیر برقی را دارد. در شکل ۳-۱۱ این ترموستات‌ها نشان داده شده است.

(الف) (ب) (ج)

شکل ۳-۱۱: ترموستات‌های گرمایش از کف
الف) باسیم آنالوگ ب) باسیم قابل برنامه‌ریزی ج) بی‌سیم قابل برنامه‌ریزی

۳-۲-۱۱ ترمینال گرمایش از کف

ترمینـال گرمایـش از کـف فرمـان صادر شـده از ترموسـتات را دریافت و به شـیر برقی مربـوط بـه آن انتقـال می‌دهـد. این ترمینال‌ها بر اسـاس ترموسـتات مورد اسـتفاده در دو حالـت باسـیم و بی‌سـیم موجـود می‌باشـند و قابلیـت اتصـال حداکثر ۸ ترموسـتات را دارنـد. همچنیـن در ایـن ترمینـال رابـط خروجـی کنتـرل منبـع گرما و پمـپ برای ترمینال‌هـای گرمایـش از کـف در نظر گرفته شـده اسـت (شـکل ۳-۱۲).

شکل ۳-۱۲: ترمینال گرمایش از کف

۳-۲-۱۲ پمپ سیرکولاتور

پمپ سیرکولاتور وظیفه تأمین افت فشار مورد نیاز سیستم را بر عهده دارد. در سیستم گرمایش از کف پمپ را قبل از لوله رفت اصلی قرار می‌دهند تا درنهایت دبی مورد نیاز هر مدار را تأمین نماید.

پمپ‌های آبرسانی عموماً در موتورخانه یا پمپ‌خانه ساختمان کار می‌شوند و پمپ گرمایش از کف می‌تواند علاوه بر آن در داخل جعبه کلکتور نیز نصب شوند (شکل ۳-۱۳).

شکل ۳-۱۳: پمپ استفاده شده در سیستم گرمایش از کف

۳-۲-۱۳ شیر By-Pass

در صورت بسته شدن مسیر جریان مدارهای سیستم گرمایش از کف، برای جلوگیری از فشار آمدن روی پمپ، نیاز به مسیر جدیدی برای جریان وجود دارد. این مسیر جدید توسط شیر By-Pass که به دو کلکتور رفت و برگشت متصل است ایجاد می‌شود و از فشار پمپ کاسته می‌شود (شکل ۳-۱۴).

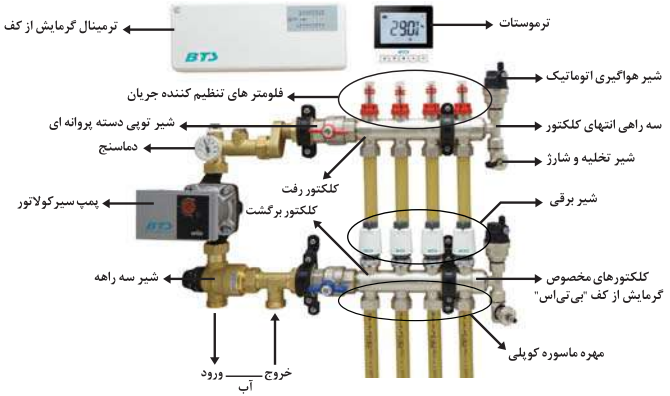
شکل ۳-۱۴: شیر By-Pass برای کاهش فشار ایجاد شده روی پمپ در سیستم گرمایش از کف

۳-۲-۱۴ شیر سه راهه (Mixing valve)

شیر سه راهه وظیفه اختلاط آب گرم و سرد سیستم را بر عهده دارد، با این کار می‌توان دمای آب تولیدی توسط دیگ موتورخانه را کاهش داد و این کاهش دما متناسب با آب ورودی سیستم گرمایش از کف خواهد بود. وجود این شیر همیشه الزامی نبوده و به تشخیص طراح در سیستم استفاده می‌شود (شکل ۳-۱۵).

شکل ۳-۱۵: شیر سه راهه استفاده شده در گرمایش از کف برای اختلاط آب گرم و سرد

مجموعه‌ای از تجهیزات مورد نیاز برای سیستم گرمایش از کف در شکل ۳-۱۶ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۶: تجهیزات مورد استفاده در یک سیستم گرمایش از کف با سیستم کنترل دما

تذکر ۱: در صورت استفاده از سیستم گرمایش مرکزی موتور خانه‌ای با یک دیگ نیاز است از شیر سه راهه (Mixing Valve) و پمپ سیرکولاتور و شیر By-Pass استفاده شود.

تذکـر ۲: در صـورت اسـتفاده از سیسـتم گرمایـش مرکـزی موتـور خانه‌ای بـا دو دیگ مجزا نیاز اسـت از پمپ سـیرکولاتور و شـیر By-Pass اسـتفاده شـود و استفاده از شیر سـه راهه ضروری نیسـت.

تذکـر ۳: در صـورت اسـتفاده از مبـدل کاهنده (مبـدل حرارتی) تغییری در بسـته‌های پیشـنهادی ایجـاد نمی‌شـود و می‌تـوان ماننـد سیسـتم‌های گرمایشـی پکیـج بـا آن برخـورد کرد.

۳-۲-۱۵ عایق‌ها و لایه‌ی محافظ

امـروزه بـا توجـه بـه گرمایـش زمین و بحـران مصـرف انرژی نیاز اسـت هر چه بیشـتر در زمینـه بهینه‌سـازی مصـرف انـرژی و اسـتفاده از سیسـتم‌های بـا حداکثـر راندمـان گام برداشـت. در ایـن راسـتا اسـتفاده از سیسـتم‌های عایـق‌کاری می‌توانـد بـا افزایـش راندمـان موجـب کاهـش در مصرف انرژی شـود.

۳-۲-۱۵-۱ عایق کناره

به‌طورکلـی در سیسـتم‌های گرمایـش از کف انرژی تولید شـده، توسـط لوله‌هـای گرم به اطـراف و به‌خصـوص دیـوار پیرامون به‌صـورت هدایتی منتقل می‌شـود. برای پیشـگیری از ایـن موضـوع لازم اسـت کـه دیوار عایـق‌کاری شـود. نوار عایق کنـاره (پیرامونـی) باید کمـی از سـطح کـف و حاشـیه دیوارها را تـا ارتفاع ۱۵ سـانتی‌متری از کف‌پوشـش دهد. ضخامـت عایق مورد اسـتفاده ۲ سـانتی‌متر بوده و همچنین لازم اسـت، بـه بتن به دلیل انبسـاط حرارتـی امـکان حرکـت حداقـل بـه میـزان ۵ میلی‌متـر داده شـود. این نـوار تا انتهـای زمـان تکمیـل پوشـش کـف بریده نمی‌شـود و پـس از تکمیـل بریده می‌شـوند. تمـام درزهـای احتمالـی بیـن چارچوب درها و سـایر نقـاط به‌طور دقیق بایـد عایق‌کاری شـوند. عایـق مـورد اسـتفاده از جنـس فوم‌هـای پلی‌اتیلـن EPE یـا XPE می‌باشـد. ایـن عایـق بـه بتـن اجـازه انبسـاط می‌دهـد و از بـه وجـود آمدن پـل حرارتـی بـه دیوارهای خارجـی جلوگیـری می‌کنـد. در صـورت عـدم تأمیـن شـرایط ذکـر شـده، افزایش حجم در بتـن به‌صـورت تنـش ذخیـره شـده و ایـن تنـش بـه لوله‌های گرمایشـی وارد شـده و عمـر سیسـتم کاهـش می‌یابـد. همچنیـن کـف پـوش نهایـی نیـز دچـار ترک و آسـیب می‌شـود. در شـکل ۳-۱۷ نمونـه‌ای از عایـق مورد اسـتفاده برای کناره و دیوارها نشـان داده شـده است.

شکل ۳-۱۷: نمونه‌ای از عایق کناره

۳-۲-۱۵-۲ عایق کف ساختمان

عایق کف ساختمان باید از هدر رفت انرژی حرارتی که از کف ساختمان انجام می‌شود جلوگیری کند. کف ساختمان می‌تواند با محیط گرم شده و یا محیط گرم نشده مانند پارکینگ در ارتباط باشد. از این رو ضخامت عایق مورد استفاده برای هر نوع کف متفاوت خواهد بود. معمولاً حداقل ضخامت عایق کف ۳ سانتی‌متر است که با توجه به شرایط طراحی و متناسب با دمای کف می‌تواند تغییر کند. عایق کف باید از نوع پلاستوفوم و از جنس یونولیت پلی‌استایرن با دانه‌بندی ریز باشد. ضریب هدایت حرارتی عایق مورد استفاده باید $W/(m.K)$ ۰/۰۳-۰/۰۴ و چگالی آن kg/m^3 ۲۵ باشد. در شکل ۳-۱۸ کف پوشیده شده با عایق کف نشان داده شده است.

شکل ۳-۱۸: نمونه‌ای از عایق‌کاری کف

۳-۲-۱۵-۳ لایه محافظ[1]

پس از نصب لوله‌های گرمایش از کف و اتمام کار باید روی لوله‌ها با بتن پوشانده شود و از آنجایی که بتن دارای خاصیت اسیدی است لازم است لایه محافظ قبل از بتن‌ریزی روی لایه عایق کف کشیده شود و لوله‌ها بر روی لایه محافظ نصب گردند تا از آسیب و خوردگی عایق کف و کناری جلوگیری شود.
جنس لایه محافظ از روکش آلومینیوم و یا ورق متالایز است که ضخامت آن حداقل ۰/۱ میلی‌متر است. ورق متالایز به صورت ساده و حباب‌دار عرضه می‌شود. برخی از عایق‌های کف دارای روکش متالایز می‌باشند و دیگر نیازی به استفاده از لایه محافظ به‌صورت جداگانه نیست. شکل ۳-۱۹ لایه‌های محافظ استفاده شده در سیستم گرمایش از کف را نشان می‌دهد.

(ب) (الف)

شکل ۳-۱۹: الف) لایه محافظ متالایز حباب‌دار ب)عایق کف پوشانده شده با لایه محافظ

۳-۲-۱۶ بست ریلی و بست خاردار

برای قرارگیری لوله روی ورق‌های عایق کف از بست ریلی و بست خاردار نشان داده شده در شکل ۳-۲۰ استفاده می‌شود.

(ب) (الف)

شکل ۳-۲۰: الف) بست ریلی ب) بست خاردار برای قرارگیری و ثابت ماندن لوله بر روی ورق عایق کف

[1] Separating layer membrane, Protection Layer

۳-۲-۱۷ بتن

لوله‌های نصب شده بروی عایق در گرمایش از کف باید با بتن پوشانده شوند. برای ساخت ملات بتن باید از بتن عیار ۳۵۰ (۳۵۰ کیلوگرم سیمان در هر مترمکعب بتن) و از شن دانه نخودی استفاده گردد (حداکثر اندازه دانه‌ها از ۱ سانتی‌متر بیشتر نشود). مجموع ضخامت ورق بتن از روی عایق کف، تا زیر کف‌پوش نهائی (سرامیک، موزاییک، پارکت و ...) نباید کمتر از ۵ سانتی‌متر باشد و افزایش ضخامت بتن تا ۷ سانتی‌متر مشکلی برای سیستم ایجاد نمی‌کند.

۳-۲-۱۸ ضدیخ

اگر در سیستم گرمایش از کف احتمال یخزدگی سیال وجود داشته باشد از ضد یخ استفاده می‌شود. وجود ضدیخ در آب باعث کاهش دمای انجماد آب می‌شود. ضدیخ جاری داخل سیستم باید به شکلی باشد که نه تنها باعث خوردگی تجهیزات گرمایشی نشود بلکه غیر سمی نیز باشد تا در صورت نشت برای کاربر مضر نباشد. سه ترکیب شیمیایی پروپیلن گیکول، اتیلن گلیکول و منواتیلن‌گلیکول ضدیخ‌های موجود در بازار هستند. برای سیستم‌های برنجی، پنج لایه و آهنی در درجه اول ضدیخ پروپیلن‌گلیکول (غیر سمی) و بعد از آن اتیلن‌گلیکول (سمی) مناسب می‌باشد و باعث خوردگی داخل سیستم نمی‌شود. استفاده از ضدیخ‌های خودرو به هیچ عنوان مجاز نمی‌باشد. استفاده از ضدیخ در سیستم‌های گرمایشی به دو صورت دائم و موقت انجام می‌شود.

- **ضد یخ موقت**

اگر در هنگام تست سیستم دمای محیط زیر صفر درجه سانتی‌گراد باشد و احتمال یخزدگی سیال وجود داشته باشد تست سیستم با استفاده از درصدی از ضدیخ انجام می‌شود. این روش، استفاده موقت نام دارد و بعد از اتمام تست باید سیستم با کلر شست‌وشو شود.

- **ضد یخ دائم**

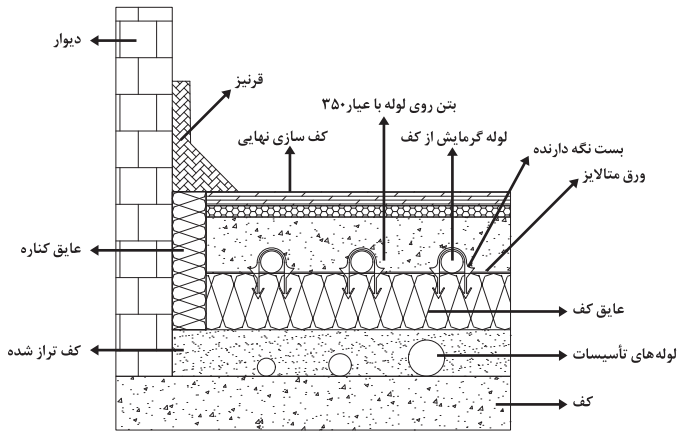
اگر سیستم گرمایش از کف برای محیطی انجام شود که احتمال استفاده نشدن از آن برای چند هفته در زمستان وجود داشته باشد نیاز به استفاده از ضدیخ به‌صورت دائم می‌باشد. در صورت استفاده دائم از ضد یخ باید در دوره‌های زمانی متفاوت در سیستم تزریق ضدیخ انجام شود.

درصد وجود ضدیخ در آب برای سیستم‌های گرمایشی را شرکت سازنده ضدیخ بر اساس ترکیب شیمیایی موجود تعیین می‌کند. در جدول ۳-۱ درصد اختلاط آب و یک نمونه ضدیخ و تأثیر آن بر نقطه انجماد آب نشان داده شده است.

جدول ۳-۱: تأثیر حضور درصد ضدیخ بر نقطه انجماد آب

درصد اختلاط	نقطه انجماد (°C)	درصد اختلاط	نقطه انجماد (°C)
۰	۰	۶۰	-۴۸
۱۰	-۴	۷۰	-۵۱
۲۰	-۷	۸۰	-۴۵
۳۰	-۱۵	۹۰	-۲۹
۴۰	-۲۳	۱۰۰	-۱۲
۵۰	-۳۴	-	-

در شکل ۳-۲۱ نمای برش خورده سیستم گرمایش از کف نشان داد شده است.

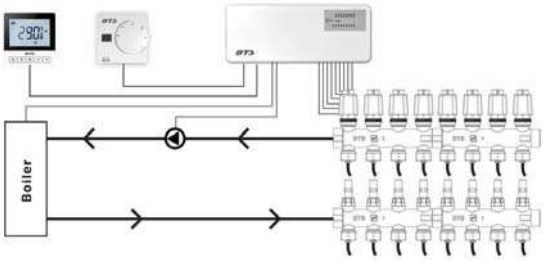


شکل ۳-۲۱: نمای برش خورده سیستم گرمایش از کف

۳-۳ راهنما و مشخصات سیستم‌های کنترلی گرمایش از کف "بی تی اس"

۳-۳-۱ ترمینال گرمایش از کف باسیم BTS462CU-W

ترمینـال گرمایـش از کف باسـیم جهت کنترل شـیرهای برقی و به عنوان واسـطه کنترل سیستم گرمایش از کف و ترموستات‌های اتاقی طراحی شده است (شکل ۳-۲۲). به کمک این سیسـتم می‌توان حداکثر آسـایش و صرفه جویی در مصرف انرژی را به دسـت آورد.



شکل ۳-۲۲: شمایی از سیستم کنترل گرمایش از کف باسیم

۳-۳-۱-۱ مشخصات BTS462CU-W

در جـدول ۳-۲ مشـخصات ترمینـال گرمایـش از کـف باسـیم BTS462CU-W بیـان شـده است.

جدول ۳-۲: مشخصات BTS462CU-W

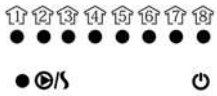
ولتاژ ورودی	۲۴۰ ولت AC – ۵۰-۶۰ هرتز
حداکثر جریان خروجی کل	۱۰ آمپر
دمای عملکرد	-۲۰˚C ~ ۶۰˚C
دمای منبع	-۲۰˚C ~ ۷۰˚C
ابعاد	۴۰×۱۱۰×۲۸۰ میلی‌متر
رنگ	سفید

۳-۳-۱-۲ ویژگی‌های BTS462CU-W

- قابلیت اتصال و کنترل حداکثر ۸ ناحیه (ترموستات) مختلف
- دارای خروجی جهت کنترل شیرهای برقی، منبع گرما و پمپ سیرکولاتور
- دارای چراغ‌های نمایشگر وضعیت هر خروجی (شیر برقی)

۳-۳-۱-۳ نشانگرهای ترمینال BTS462CU-W

در شکل ۳-۲۳ نشانگرهای ترمینال گرمایش از کف با سیم نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۳: نشانگرهای ترمینال BTS462CU-W

۱- ⏻ نشانگر روشن/ خاموش بودن ترمینال

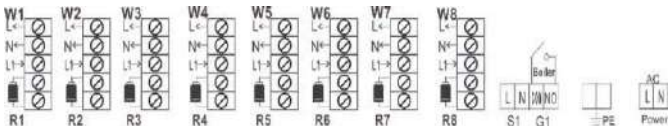
۲- نشانگر فعالیت نواحی ۱ الی ۸

درصورتی‌که هر یک از نواحی گرمایشی (شیر برقی) فعال باشد، نشانگر مربوطه به رنگ سبز خواهد بود.

۳- ⏵/ نشانگر فعالیت پمپ و بویلر

۳-۳-۱-۴ سیم‌کشی‌های مربوطه BTS462CU-W

سیم کشی ترمینال BTS462CU-W در شکل ۳-۲۴ و مشخصات آن در جدول ۳-۳ آورده شده است.



شکل ۳-۲۴: سیم کشی ترمینال BTS462CU-W

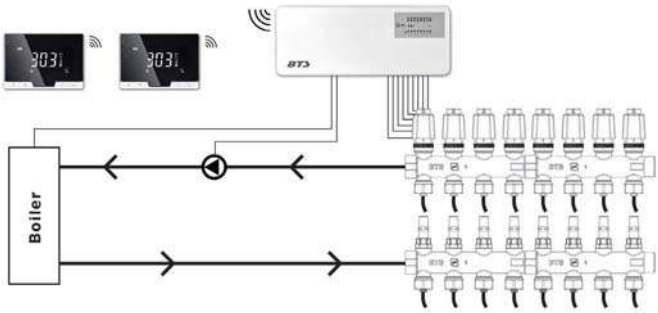
جدول ۳-۳: مشخصات سیم کشی ترمینال BTS462CU-W

W8-W1	مجموعه برق و فرمان ترموستات‌های اتاقی
L/N	برق خروجی جهت تغذیه ترموستات
L1	خط فرمان ترموستات
R8-R1	خروجی‌های فرمان شیرهای برقی
S1	برق خروجی جهت تغذیه پمپ (8A,250VAC)
G1	خط فرمان بویلر
PE	اتصال زمین
AC	تغذیه ورودی ترمینال (240 VAC , 50/60 Hz)

- درصورتی‌که چند شیر برقی از یک ترموستات فرمان بپذیرد، سیم‌کشی همه‌ی آن‌ها به یک پورت R متصل می‌شود.
- هر پورت خروجی حداکثر ۵ شیر برقی "بی‌تی‌اس" را می‌تواند کنترل نماید.

۳-۳-۲ ترمینال گرمایش از کف بی‌سیم BTS464CU-WL

ترمینال گرمایش از کف بی‌سیم "بی‌تی‌اس" جهت کنترل دمای محیط با استفاده از ارسال فرمان به شیرهای برقی، منبع گرمایشی و همچنین پمپ سیرکولاتور طراحی شده است. ارتباط این ترمینال با ترموستات‌های اتاقی به صورت بی‌سیم بوده و ارسال فرمان به شیرهای برقی با استفاده از سیم انجام می‌شود (شکل ۳-۲۵). به کمک این سیستم می‌توان حداکثر آسایش و صرفه جویی در مصرف انرژی را به دست آورد.



شکل ۳-۲۵: شمایی از سیستم کنترل گرمایش از کف بی‌سیم

۳-۳-۲-۱ مشخصات BTS464CU-WL

در جدول ۳-۴ مشخصات ترمینال گرمایش از کف با سیم بیان شده است.

جدول ۳-۴: مشخصات BTS464CU-WL

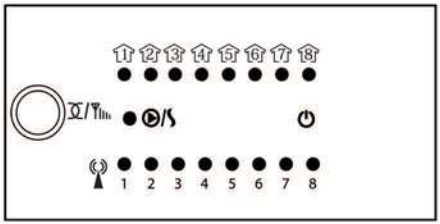
حداکثر جریان خروجی کل	۱۰ آمپر
ولتاژ ورودی	۲۴۰ ولت AC – ۵۰-۶۰ هرتز
کنترلر پمپ	۲۵۰ ولت AC – حداکثر جریان ۵ آمپر
کنترلر بویلر	خط فرمان بدون ولتاژ، حداکثر جریان ۴ آمپر
خروجی شیر برقی	۸ عدد، ۲۳۰ ولت AC – حداکثر جریان هر خروجی ۳ آمپر
دمای عملکرد	-۲۰˚C ~ ۶۰˚C
دمای منبع	-۲۰˚C ~ ۷۰˚C
کانال ارتباطی بی‌سیم	۸۶۸ – Half-duplex مگاهرتز
حداکثر فاصله تا ترموستات	۱۰۰ متر
ابعاد	۴۰×۱۱۰×۲۸۰ میلی‌متر
رنگ	سفید

۳-۳-۲-۲ ویژگی‌های BTS464CU-WL

- دارای خروجی جهت کنترل شیرهای برقی، منبع گرما و پمپ سیرکولاتور
- قابلیت اتصال و کنترل حداکثر ۸ ناحیه (ترموستات) مختلف
- دارای چراغ‌های نمایشگر وضعیت هر خروجی (شیر برقی)
- دارای چراغ‌های نمایشگر اتصال به ترموستات

۳-۳-۲-۳ نشانگرهای ترمینال BTS464CU-WL

نشانگر ترمینال بی‌سیم BTS464CU-WL در شکل ۳-۲۶ نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۶: نشانگرهای ترمینال BTS464CU-WL

۱- نشانگر روشن/خاموش بودن ترمینال

۲- 1 2 3 4 5 6 7 8: نشانگر اتصال ترموستات بی‌سیم. در زمان اتصال ترمینال و ترموستات چراغ مربوط به ناحیه موردنظر به صورت چشمک‌زن خواهد بود و پس از اتصال خاموش می‌شود.

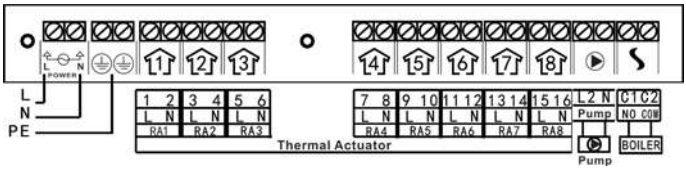
۳- 1 2 3 4 5 6 7 8 : نشانگر فعالیت نواحی ۱ الی ۸.
درصورتی‌که هر یک از نواحی گرمایشی (شیر برقی) فعال باشد، نشانگر مربوطه به رنگ سبز خواهد بود.

۴- : نشانگر فعالیت پمپ و بویلر

۵- : کلید فعال کردن اتصال ترموستات و ترمینال

۳-۳-۲-۴ سیم‌کشی‌های مربوطه BTS464CU-WL

سیم کشی ترمینال BTS464CU-WL در شکل ۳-۲۷ و مشخصات آن در جدول ۳-۵ آورده شده است.



شکل ۳-۲۷: سیم کشی ترمینال BTS464CU-WL

جدول ۳-۵: مشخصات ترمینال BTS464CU-WL

L/N	تغذیه ورودی ترمینال (60Hz/50,240VAC)
PE	اتصال زمین
RA8-RA1	خروجی‌های فرمان شیرهای برقی
	برق خروجی جهت تغذیه پمپ (8A,250VAC)
	خط فرمان بویلر

- درصورتی‌که چند شیر برقی از یک ترموستات فرمان بپذیرد، سیم‌کشی همه‌ی آن‌ها به یک پورت R متصل می‌شود.
- هر پورت خروجی حداکثر ۵ شیر برقی "بی‌تی‌اس" را می‌تواند کنترل نماید.

۳-۳-۲-۵ اتصال ترموستات به BTS464CU-WL

به‌منظور اتصال ترموستات‌های بی‌سیم به ترمینال، مراحل زیر را اجرا نمایید:

۱- کلید را بر روی ترمینال به مدت ۵ ثانیه فشار دهید. در این زمان نشانگر شماره ۱ به حالت چشمک‌زن تغییر خواهد نمود.

۲- با فشار مجدد کلید می‌توانید ناحیه موردنظر جهت اتصال ترموستات را انتخاب نمایید.

۳- ترموستات را در حالت اتصال قرار دهید.

۴- تبادل اطلاعات ترموستات و ترمینال آغاز شده و درصورتی‌که عملیات اتصال موفقیت‌آمیز باشد، شماره ناحیه انتخاب شده در ترمینال بر روی نمایشگر ترموستات نمایش داده خواهد شد.

۵- درصورتی‌که پس از ۳۰ ثانیه اتصال انجام نشود، نشانگر ترمینال خاموش می‌گردد.

۳-۳-۳ ترموستات آنالوگ BTS432-WHL-W

ترموستات BTS432-WHL-W به‌منظور استفاده در سیستم‌های گرمایش از کف و با کنترل باسیم طراحی شده و غیرقابل برنامه‌ریزی است. این ترموستات به غیر از کنترل توسط سنسور دمای داخلی، قابلیت کنترل توسط سنسور دمای خارجی را نیز دارد. این ترموستات قابلیت کنترل شیر برقی NC (در حالت عادی بسته) و NO (در حالت عادی باز) را دارد. شکل ۳-۲۸ ترموستات آنالوگ BTS432-WHL-W را نشان می‌دهد.

شکل ۳-۲۸: ترموستات آنالوگ BTS432-WHL-W

۳-۳-۳-۱ مشخصات BTS432-WHL-W

مشخصات ترموستات آنالوگ BTS432-WHL-W در جدول ۳-۶ بیان شده است.

جدول ۳-۶: مشخصات BTS432-WHL-W

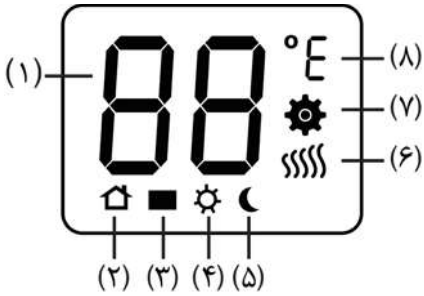
ولتاژ منبع	۲۴۰ ولت AC - ۵۰-۶۰ هرتز
جریان بار مقاومتی	۲۵۰ ولت AC - ۵ آمپر
جریان بار القایی	۲۵۰ ولت AC - ۳ آمپر
بازه دمایی اتاق	۵°C ~ ۳۰°C
بازه دمایی کف	۵°C ~ ۴۰°C
دقت اندازه‌گیری	۱±°C
ابعاد	۸۶×۸۶×۳۲ میلی‌متر
رنگ	سفید

۳-۳-۳-۲ ویژگی‌های BTS432-WHL-W

- دارای صفحه نمایش LCD جهت نمایش دما
- قابلیت تنظیم در حالت آسایش- ذخیره انرژی (☾ | ☼ - NSB)
- قابلیت تنظیم واحد دما بر اساس درجه سانتی‌گراد و فارنهایت (°C/°F)
- قابلیت استفاده از سنسور داخلی یا خارجی
- قابلیت استفاده به دو صورت NC و NO

۳-۳-۳-۳ نمایشگر BTS432-WHL-W

نمایشگر ترموستات آنالوگ BTS432-WHL-W در شکل ۳-۲۹ نشان داده شده است.



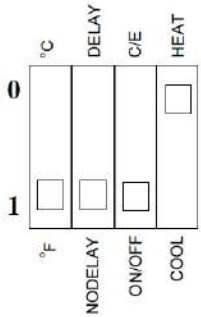
شکل ۳-۲۹: نمایشگر ترموستات BTS432-WHL-W

۱- نمایشگر دمای محیط (در حالت چشمک زن دمای انتخابی را نمایش می‌دهد)
۲- نمایشگر حالت دمای اتاق
۳- نمایشگر حالت دمای کف
۴- نمایشگر حالت آسایش
۵- نمایشگر حالت ذخیره انرژی (حالت خواب)
۶- نمایشگر خروجی گرمایش
۷- نمایشگر خروجی سرمایش
۸- نمایشگر درجه سانتی‌گراد یا فارنهایت

۳-۳-۳-۴ سوییچ‌های کنترلی ترموستات باسیم آنالوگ BTS432-WHL-W

سوییچ های کنترلی ترموستات باسیم آنالوگ BTS432-WHL-W در شکل ۳-۳۰ نشان داده شده است.

سوییچ‌های موجود بر روی برد ترموستات BTS432-WHL-W مطابق با شکل ۳-۳۰ مربوط به تنظیمات پایه می‌باشند بر اساس حالت‌های زیر قابل تنظیم هستند.



شکل ۳-۳۰: سوییچ‌های برد ترموستات BTS432-WHL-W

°F/°C

به کمک این سوییچ می‌توان نمایش واحد دما بر روی نمایشگر (درجه سانتی‌گراد یا فارنهایت) را تنظیم نمود.

DELAY
NODELAY

درصورتی‌که سوییچ در حالت Delay تنظیم شود، فرمان قطع و وصل با ۵ دقیقه تأخیر صادر می‌گردد. درصورتی‌که در حالت NODELAY تنظیم گردد، این تأخیر حذف خواهد شد. (صرفاً در سیستم سرمایش)

درصورتی‌که سوییچ در حالت On/Off تنظیم گردد، کلید پایین ترموستات جهت خاموش و روشن کردن استفاده خواهد شد و درصورتی‌که در حالت C/E تنظیم گردد این کلید جهت تنظیم حالت آسایش و ذخیره انرژی (خواب) استفاده خواهد شد.

HEAT
COOL

جهت تنظیم عملکرد ترموستات در سیستم گرمایشی یا سرمایشی استفاده می‌گردد.

۳-۳-۴ ترموستات باسیم قابل برنامه‌ریزی BTS442-WHL-W

ترموستات BTS442-WHL-W (شکل ۳-۳۱) با قابلیت برنامه‌ریزی روزانه و هفتگی، به‌منظور استفاده در سیستم‌های گرمایش از کف و با کنترل باسیم طراحی شده است. این ترموستات می‌تواند با اتصال به سیستم کنترل مرکزی جهت کنترل شیر برقی، پمپ و بویلر استفاده شود.

شکل ۳-۳۱: ترموستات BTS442-WHL-W

۳-۳-۴-۱ مشخصات BTS442-WHL-W

مشخصات ترموستات BTS442-WHL-W در جدول ۳-۷ بیان شده است.

جدول ۳-۷ مشخصات BTS442-WHL-W

ولتاژ منبع	۲۴۰ ولت AC – ۵۰-۶۰ هرتز
حداکثر جریان الکتریکی	۲۵۰ ولت AC - ۳ آمپر
بازه دمایی اتاق	۵°C ~ ۵۰°C
دقت اندازه‌گیری	۱±°C
ابعاد	۳۲×۸۶×۸۶ میلی‌متر
رنگ	سفید

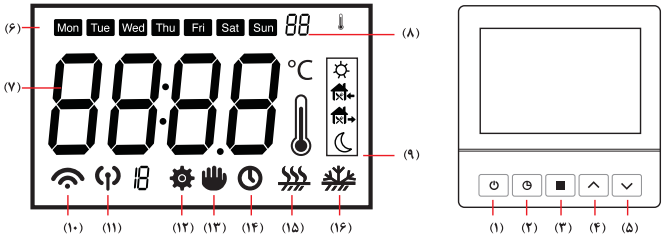
۳-۳-۴-۲ ویژگی‌های BTS442-WHL-W

- صفحه نمایش بزرگ
- کالیبره کردن دمای نمایشی
- قابلیت حذف برنامه‌ریزی و کنترل دستی
- قابلیت کنترل شیر برقی و بویلر به صورت هم‌زمان
- حفظ دائمی تنظیمات کاربر حتی در صورت قطعی برق

دوره‌های برنامه‌ریزی انتخابی، شامل ۷ روز هفته به صورت مجزا، پنج روز کاری و دو روز تعطیل (به صورت مجزا و یا مشابه) به همراه ۴ یا ۶ بازه زمانی مجزا در روز

۳-۳-۴-۳ نمایشگر BTS442-WHL-W

مشخصات نمایشگر ترموستات BTS442-WHL-W در شکل ۳-۳۲ نشان داده شده است.



شکل ۳-۳۲: صفحه نمایش ترموستات BTS442-WHL-W

۱) کلید روشن و خاموش / تأیید : این کلید جهت روشن و یا خاموش کردن ترموستات استفاده می‌گردد. همچنین در زمان تنظیم ترموستات جهت تأیید تغییرات اعمال شده می‌توان از این کلید استفاده کرد.

۲) کلید زمان : در زمان روشن بودن ترموستات جهت تنظیم زمان و تاریخ کافی است این کلید را فشار دهید و تنظیمات موردنظر را انجام دهید.

۳) کلید منو : ورود به منو تنظیمات ترموستات

۴) کلید افزایش

۵) کلید کاهش

۶) نمایش روزهای هفته

۷) نمایش دما

۸) نمایش تنظیمات

۹) نمایش بازه زمانی تنظیمات جاری

۱۰) نمایش Wi-Fi در حالت ارتباط غیر مستقیم

۱۱) نمایش Wi-Fi در حالت ارتباط مستقیم

۱۲) نمایش حالت تنظیمات

۱۳) نمایش حالت توقف ترموستات

۱۴) نمایش حالت اجرا بر اساس برنامه‌ریزی

۱۵) نمایش حالت گرمایش

۱۶) نمایش حالت ضد انجماد

۳-۳-۵ ترموستات بی سیم قابل برنامه ریزی BTS454-WHL-WL

شکل ۳-۳۳: ترموستات BTS454-WHL-WL

ترموستات BTS454-WHL-WL نسل جدید ترموستات‌های بدون سیم با طراحی بسیار زیبا و جذاب است که قابل استفاده با سیستم‌های گرمایش برقی، گازی و روغنی می‌باشد. این ترموستات دارای قابلیت برنامه ریزی به صورت روزانه و هفتگی است (شکل ۳-۳۳).

۳-۳-۵-۱ مشخصات ترموستات بی‌سیم BTS454-WHL-WL

مشخصات ترموستات BTS454-WHL-WL در جدول ۳-۸ بیان شده است.

جدول ۳-۸: مشخصات BTS454-WHL-WL

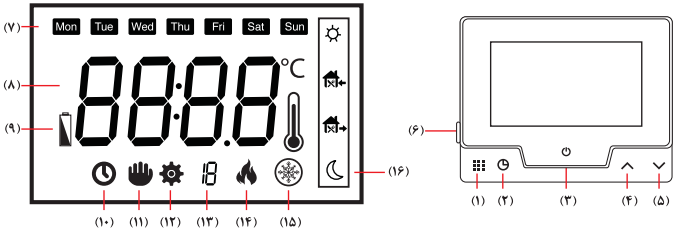
منبع تغذیه	۴ عدد باتری AAA، یا پورت USB
فرکانس کانال بی‌سیم	۸۶۸ MHz
بازه دمایی اتاق	۵°C ~ ۵۰°C
بازه دمایی عملکردی	۰°C ~ ۵۰°C
دقت اندازه‌گیری	۱/۰±°C
بازه رطوبت مجاز	%۹۰
دمای شرایط نگهداری	-۲۰°C ~ ۶۵°C
ابعاد	۲۱× ۸۸×۱۲۴ میلی‌متر
رنگ	سفید
نصب	دیواری، رومیزی

۳-۳-۵-۲ ویژگی‌های ترموستات بی‌سیم BTS454-WHL-WL

- صفحه نمایش بزرگ
- حالت ضد انجماد
- حالت محافظ پمپ
- نمایشگر هشدار باتری
- کالیبره کردن دمای نمایشی
- نمایش دمای تنظیم شده و دمای محیط
- حفظ دائمی تنظیمات کاربر حتی در صورت قطع منبع تغذیه
- اتصال به سیستم کنترلی از طریق ارتباط بی‌سیم تا فاصله ۱۰۰ متر بدون مانع
- عدم فعال شدن حالت ذخیره انرژی در صورت استفاده از پورت USB و روشن بودن دائمی نمایشگر
- قابل نصب در هر مکان از خانه جهت کنترل دما (بدون محدودیت در مکان نصب به علت محدودیت‌های سیم‌کشی)
- دوره‌های برنامه‌ریزی انتخابی، شامل ۷ روز هفته به صورت مجزا، پنج روز کاری و دو روز تعطیل (به صورت مجزا و یا مشابه) به همراه ۴ یا ۶ بازه زمانی مجزا در روز

۳-۳-۵-۳ نمایشگر ترموستات بی‌سیم BTS454-WHL-WL

مشخصات نمایشگر ترموستات BTS454-WHL-WL در شکل ۳-۳۴ نشان داده شده است.



شکل ۳-۳۴: صفحه نمایش ترموستات BTS454-WHL-WL

۱) کلید خاموش/روشن : جهت روشن و یا خاموش کردن ترموستات استفاده می‌گردد. همچنین در زمان تنظیم ترموستات جهت تأیید تغییرات اعمال شده

می‌توان از این کلید استفاده نمود. درصورتی‌که این کلید چند ثانیه نگه‌داشته شود، ترموستات در حالت OFF قرار می‌گیرد.

۲) کلید منو: تنظیمات اصلی و برنامه‌ریزی

در حالت OFF : با نگه‌داشتن کلید منو، می‌توان وارد تنظیمات اصلی ترموستات شد. قسمت "منوی تنظیمات" در دستورالعمل ترموستات توضیح داده شده است.

در حالت روشن : با فشار دادن کلید منو، تنظیمات بین حالت دستی و برنامه‌ریزی تغییر می‌کند. در صورت انتخاب حالت برنامه‌ریزی، با نگه‌داشتن کلید منو می‌توان وارد تنظیمات برنامه‌ریزی شد. جهت تغییر تنظیمات از کلیدهای افزایش ( ) و کاهش ( ) و برای خروج از کلید روشن/خاموش ( ) استفاده می‌شود.

۳) کلید تنظیم زمان: در زمان روشن بودن ترموستات جهت تنظیم زمان کافی است این کلید را فشار داد.

۴) کلید افزایش

۵) کلید کاهش

۶) کلید بیدارباش : درصورتی‌که ترموستات در حالت ذخیره انرژی باشد، تنها با فشار دادن کلید بیدارباش صفحه نمایشگر ترموستات فعال می‌گردد.

۷) نمایشگر روزهای هفته

۸) نمایشگر زمان و دما

۹) نمایشگر هشدار منبع تغذیه

۱۰) نمایشگر اجرا در حالت برنامه‌ریزی شده

۱۱) نمایشگر اجرا در حالت تنظیم دستی

۱۲) نمایشگر منو تنظیمات

۱۳) نمایشگر پارامترهای منو تنظیمات

۱۴) نمایشگر فعال یا غیر فعال بودن سیستم گرمایش

۱۵) نمایشگر حالت ضد انجماد

۱۶) نمایشگر بازه زمانی روزانه

۳-۳-۶ شیر برقی

شیر برقی قابل نصب بر روی شیر سوزنی کلکتور برگشت با هدف قطع و وصل شدن جریان داخل مدارهای گرمایش از کف در نظر گرفته می‌شود. این شیرها که فقط در دو حالت باز و بسته کامل فعال هستند، از ترموستات‌های اتاقی فرمان گرفته و امکان کنترل دمای محیط را به کاربر می‌دهند. شیرهای برقی گروه صنایع "بی‌تی‌اس" قابلیت تنظیم در دو حالت "دستی" و "اتوماتیک" را دارا هستند. در حالت "دستی" سیستم همیشه باز بوده و زمانی استفاده می‌شود که نیاز باشد ترموستات از سیستم خارج شود. برای تنظیم شیر به حالت "دستی" کافیست کلاهک آن را در جهت پادساعتگرد بچرخانید (شکل ۳-۳۵). این شیرها در حالت "اتوماتیک" بسته (NC) می‌باشند و با دستور ترموستات باز می‌شوند. اطلاعات فنی شیربرقی در جدول ۳-۹ بیان شده است.

شکل ۳-۳۵: شیر برقی

جدول ۳-۹: اطلاعات فنی شیر برقی

کنترل سیستم	اتوماتیک – دستی
بیشینه دمای محیط	۶۰°C
بیشینه دمای آب	۱۰۰°C
طول سیم	۰/۸ m
ولتاژ عملکرد	۲۳۰ v
شدت جریان مصرفی در حین عملکرد	۸ mA
بیشینه شدت جریان مصرفی	۳۰۰ mA
توان مصرفی	۲ W
درجه حفاظت	IP۵۴

۳-۴ روش‌های کنترل دما در سیستم گرمایش از کف "بی‌تی‌اس"

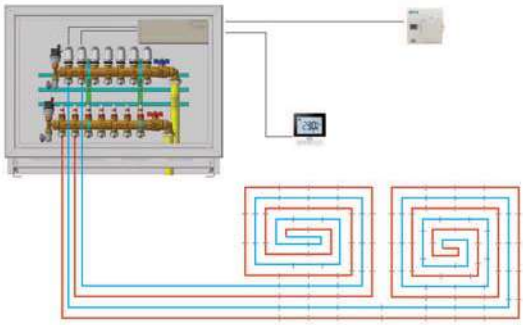
کنترل دمای فضاها بر اساس مقدار تنظیم شده روی دستگاه‌های ترموستات انجام می‌شود. در این روش دمای آسایش را روی دستگاه تنظیم کرده، هر زمان که دمای اتاق به دمای تنظیم شده روی دستگاه رسید، ترموستات دستور قطع جریان سیال مدار عبوری از فضا را صادر می‌کند. ترموستات‌ها را می‌توان برای هر فضای ساختمان مستقل در نظر گرفت. هر ترموستات می‌تواند دستور قطع یا وصل جریان را برای یک یا چند شیر برقی صادر کند.

روش‌های کنترلی که در سیستم‌های گرمایش از کف "بی‌تی‌اس" استفاده می‌شود شامل سه دسته مختلف است که با توجه به نیاز کاربر انتخاب می‌گردد. این سیستم‌ها سطوح کنترلی ساده تا کاملاً هوشمند را پوشش می‌دهند. در ادامه به این سه دسته و قابلیت‌های آن‌ها اشاره می‌شود.

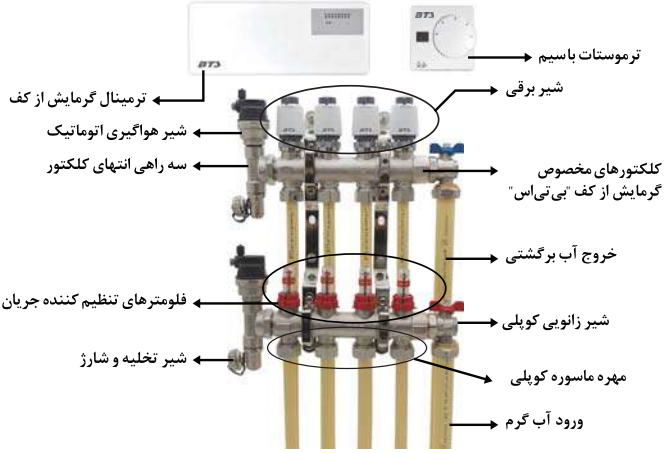
۳-۴-۱ سیستم گرمایش از کف با کنترل باسیم

- استفاده از فلومتر در کلکتور خط رفت
- استفاده از شیر برقی در کلکتور خط برگشت
- قابلیت کنترل هر فضا به‌صورت مستقل
- قابلیت کنترل دبی برای هر مدار گرمایشی بر اساس طراحی
- قابلیت کنترل دمای محیط توسط ترموستات‌های باسیم
- استفاده از ترمینال گرمایش از کف برای اجرای فرمان‌ها
- مجهز به شیر هواگیری اتوماتیک
- مجهز به شیر شارژ و تخلیه
- امکان استفاده از شیر سه راهه
- امکان استفاده از پمپ سیرکولاتور
- قابلیت استفاده همزمان از دو دمای کاری (استفاده همزمان از سیستم‌های رادیاتوری و گرمایش از کف در صورت استفاده از شیر سه راهه)
- قابلیت استفاده در مواردی که تنها یک دما در موتورخانه تولید می‌شود (وجود تنها یک دیگ با دمای بالا) در صورت استفاده از شیر سه راهه

در شکل ۳-۳۶ مدار کنترل باسیم سیستم گرمایش از کف و در شکل ۳-۳۷ و ۳-۳۸ تجهیزات مورد استفاده در سیستم گرمایش از کف با مدار کنترل باسیم نشان داده شده است.



شکل ۳-۳۶: مدار کنترل باسیم در یک سیستم گرمایش از کف



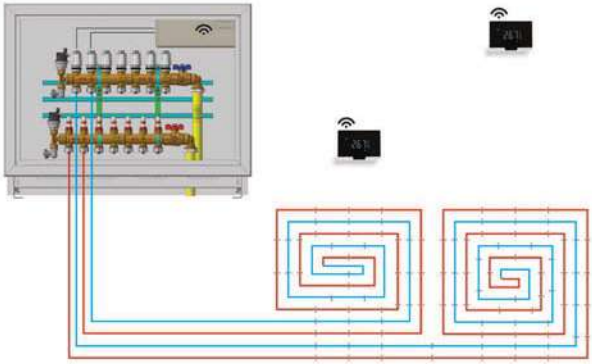
شکل ۳-۳۷: تجهیزات مورد استفاده در یک سیستم گرمایش از کف
با مدار کنترل باسیم

شکل ۳-۳۸: تجهیزات مورد استفاده در یک سیستم گرمایش از کف با مدار کنترل باسیم (ترموستات باسیم قابل برنامه ریزی)

۳-۴-۲ سیستم گرمایش از کف با کنترل بی‌سیم

- استفاده از فلومتر در کلکتور خط رفت
- استفاده از شیر برقی در کلکتور خط برگشت
- قابلیت کنترل هر فضا به‌صورت مستقل
- قابلیت کنترل دبی برای هر مدار گرمایشی بر اساس طراحی
- قابلیت کنترل دمای محیط توسط ترموستات‌های بی‌سیم
- عدم نیاز به سیم‌کشی ترموستات‌ها در فضای داخلی
- استفاده از ترمینال گرمایش از کف برای اجرای فرمان‌ها
- مجهز به شیر هواگیری اتوماتیک
- مجهز به شیر شارژ و تخلیه
- امکان استفاده از شیر سه راهه
- امکان استفاده از پمپ سیرکولاتور
- قابلیت استفاده همزمان از دو دمای کاری (استفاده همزمان از سیستم‌های رادیاتوری و گرمایش از کف در صورت استفاده از شیر سه راهه)
- قابلیت استفاده در مواردی که تنها یک دما در موتورخانه تولید می‌شود (وجود تنها یک دیگ با دمای بالا) در صورت استفاده از شیر سه راهه

در شکل ۳-۳۹ مدار کنترل بی‌سیم سیستم گرمایش از کف و در شکل ۳-۴۰ تجهیزات مورد استفاده در سیستم گرمایش از کف با مدار کنترل بی‌سیم نشان داده شده است.



شکل ۳-۳۹: مدار کنترل بی‌سیم در یک سیستم گرمایش از کف

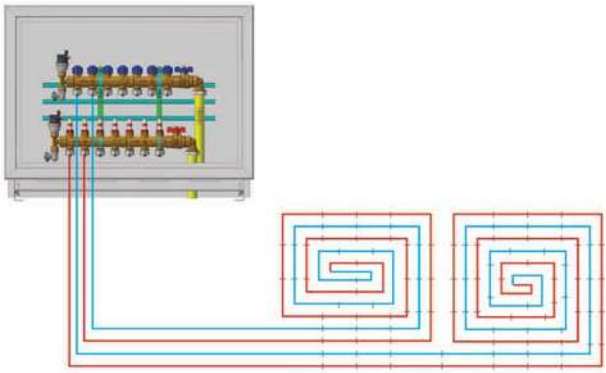
شکل ۳-۴۰: تجهیزات مورد استفاده در یک سیستم گرمایش از کف با مدار کنترل بی‌سیم

۳-۴-۳ سیستم گرمایش از کف با کنترل دستی

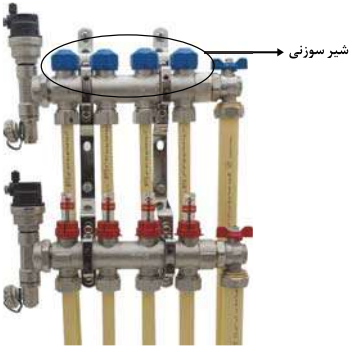
- استفاده از فلومتر در کلکتور خط رفت
- قطع و وصل جریان هر مدار به‌صورت دستی
- قابلیت کنترل هر فضا به‌صورت مستقل
- قابلیت کنترل دبی برای هر مدار گرمایشی بر اساس طراحی
- مجهز به شیر هواگیری اتوماتیک
- مجهز به شیر شارژ و تخلیه
- قابلیت ارتقاء به مدل‌های با سطح کنترلی بالاتر

نکته: با توجه به عدم کنترل سیستم گرمایش از کف با سیستم کنترلی دستی به‌صورت هوشمندانه امکان فراهم نمودن آسایش کامل و مطلوب در این سیستم امکان‌پذیر نیست؛ از این رو گروه صنایع "بی‌تی‌اس" استفاده از این سیستم‌ها را توصیه نمی‌نماید.

در شکل ۳-۴۱ مدار کنترل دستی سیستم گرمایش از کف و در شکل ۳-۴۲ تجهیزات مورد استفاده در سیستم گرمایش از کف با مدار کنترل دستی نشان داده شده است.



شکل ۳-۴۱: مدار کنترل دستی در یک سیستم گرمایش از کف



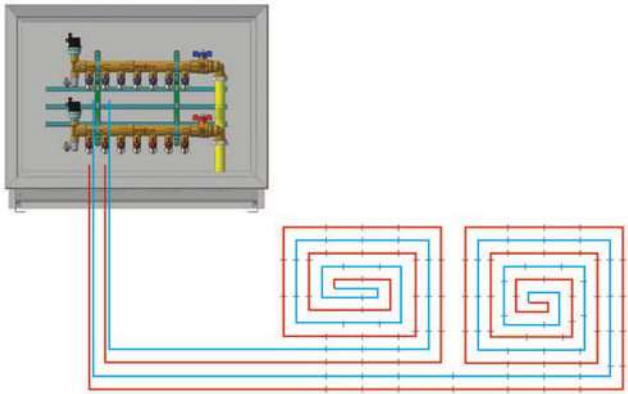
شکل ۳-۴۲: تجهیزات مورد استفاده در یک سیستم گرمایش از کف با مدار کنترل دستی

۳-۵ سیستم ذوب برف

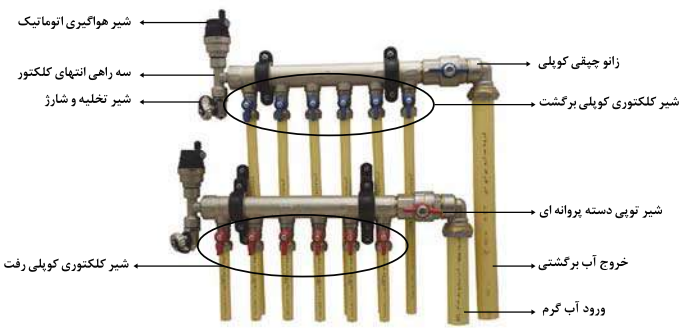
در مناطقی که احتمال بارش برف در زمستان وجود داشته باشد در بخش‌هایی از ساختمان مانند رمپ پارکینگ، حیاط، پله‌های در معرض هوای آزاد و همچنین پشت بام از سیستم ذوب برف استفاده می‌شود. این نوع از سیستم‌ها عموماً به‌صورت دستی به‌کار گرفته می‌شوند. با توجه به اینکه پوشش برف وابسته به دما نبوده و تشخیص آن با استفاده از حسگرهای محیطی کار دشواری است، کنترل قطع و وصل جریان عموماً به‌صورت دستی انجام می‌شود.
در شکل ۳-۴۳ مدار کنترل سیستم ذوب برف و در شکل ۳-۴۴ تجهیزات مورد استفاده این سیستم نشان داده شده است.

ویژگی‌های سیستم ذوب برف عبارت‌اند از:

- راه‌اندازی سیستم به‌صورت دستی
- استفاده از کلکتورهای طرح "بی‌تی‌اس" همراه با شیرهای کلکتوری
- طول لوله یکسان مدارهای کف‌خواب
- عدم استفاده از فلومتر روی کلکتور رفت و شیر سوزنی در کلکتور برگشت
- مجهز به شیر هواگیری اتوماتیک و شیر شارژ و تخلیه



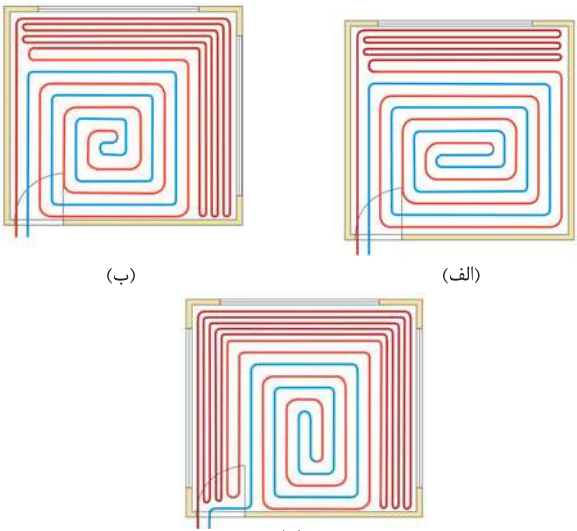
شکل ۳-۴۳: سیستم ذوب برف



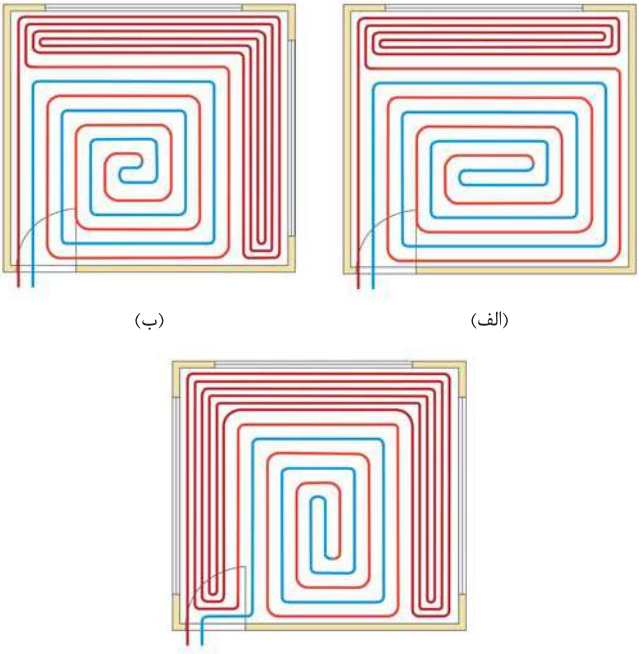
شکل ۳-۴۴: تجهیزات مورد استفاده در سیستم ذوب برف

۳-۶ آرایش‌های مرسوم لوله در سیستم‌های گرمایش از کف

یکی از مهم‌ترین پارامترهای سیستم گرمایش از کف که نقش بسیار مهمی در توزیع یکنواخت و مطلوب حرارت در محیط دارد، نحوه چیدمان و آرایش لوله‌های کف‌خواب است. مطلوب‌ترین توزیع حرارت در محیط، زمانی رخ می‌دهد که مقدار شار حرارتی در مرز سرد بیش از مقدار آن در محیط داخلی باشد؛ بنابراین لازم است لوله در ابتدا از مجاورت دیوار سرد عبور کند و بخش پایانی لوله فضای داخلی را پوشش دهد. طرح لوله در کنار مرز سرد به‌صورت متراکم و با فاصله ۱۰ سانتی‌متری از یکدیگر و با پهنای ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر از مرز سرد می‌باشد؛ همچنین برای فضای داخلی طرح لوله به‌صورت یکنواخت و به روش مارپیچ و در فاصله‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و یا ۲۵ سانتی‌متری با توجه به محیط طراحی می‌شود. در شکل ۳-۴۵ و شکل ۳-۴۶ نحوه آرایش لوله ها برای یک فضا در سه حالت مختلف (یک، دو و سه دیوار سرد) و به دو روش U شکل و یکنواخت ارائه شده است.



شکل ۳-۴۵: آرایش لوله‌ها برای یک فضا در حالت U شکل
الف) دارای یک دیوار سرد ب) دارای دو دیوار سرد ج) دارای سه دیوار سرد

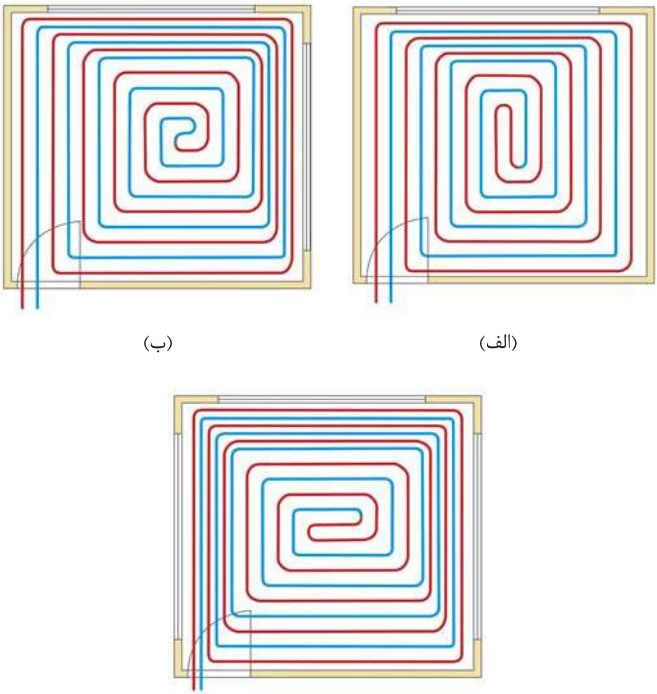


(الف) (ب)

(ج)

شکل ۳-۴۶: آرایش لوله‌ها برای یک فضا در حالت یکنواخت
الف) دارای یک دیوار سرد ب) دارای دو دیوار سرد ج) دارای سه دیوار سرد

در فضاهای کوچک که توزیع حرارت به راحتی انجام می‌شود، به‌منظور اجرای راحت‌تر می‌توان از طرح لوله‌ی مارپیچ استفاده کرد. در این حالت توصیه می‌شود لوله از سمت دیوار سرد وارد فضا شود و فاصله لوله‌ها از یکدیگر نزدیک دیوار سرد کمتر از فضای داخلی ساختمان در نظر گرفته شود. در شکل ۳-۴۷ طرح لوله مارپیچ برای سه حالت مختلف (یک، دو و سه دیوار سرد) نشان داده شده است.

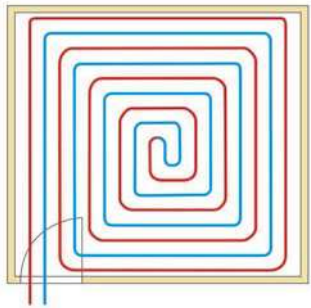


(الف) (ب)

(ج)

شکل ۳-۴۷: آرایش مارپیچ لوله‌ها برای یک فضای کوچک در سه حالت
الف) دارای یک دیوار سرد ب) دارای دو دیوار سرد ج) دارای سه دیوار سرد

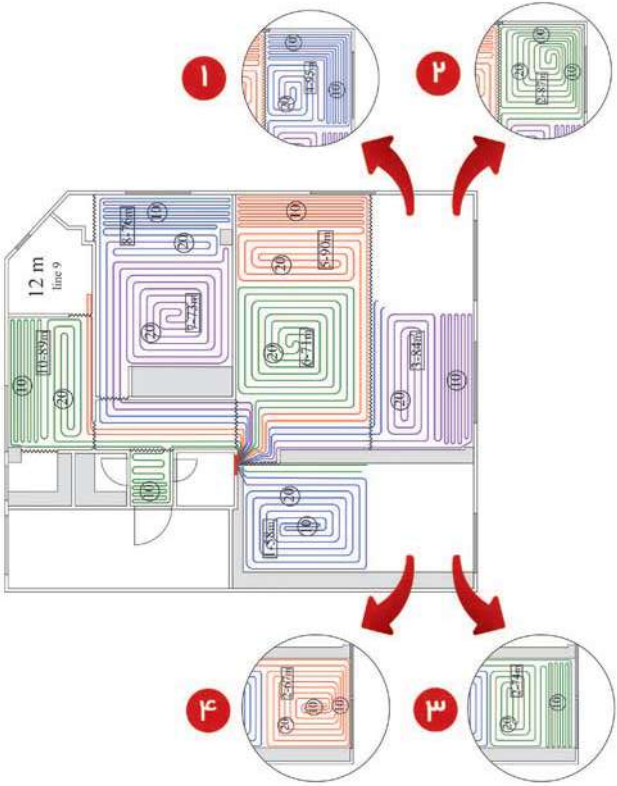
در فضاهایی که دیوار سرد وجود ندارد باید توزیع حرارت به‌صورت یکنواخت انجام شود، بدین منظور انتخاب طرح لوله‌ی مارپیچ مانند شکل ۳-۴۸ توصیه می‌شود.



شکل ۳-۴۸ آرایش لوله‌ها برای یک فضا بدون دیوار سرد

با توجه به اینکه طول مدار گرمایشی نباید از حد مجاز بیشتر شود، در فضاهای بزرگ نمی‌توان فقط از یک مدار گرمایشی استفاده کرد. در این شرایط باید متناسب با فضا، طرح لوله‌ها را تعیین کرد. در شکل ۳-۴۹ یک واحد طراحی شده نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود برای فضاهایی که بزرگ هستند از دو یا چند مدار گرمایشی استفاده شده است. در این شرایط در مساحت‌های یکپارچه بیش از ۴۰ مترمربع از درز انبساطی استفاده می‌شود.

برای یک پلان مشخص امکان ارائه آرایش‌های مختلف لوله وجود دارد. به‌طور نمونه در نقشه گرمایش از کف شکل ۳-۴۹، برای دو بخش از محوطه گرم شده طرح‌های مختلفی در نظر گرفته شده است. در بخش سمت راست امکان استفاده از دو مدل مختلف ۱ و ۲ امکان‌پذیر است هر چند مدل ۱ از توزیع حرارتی یکنواخت‌تری برخوردار است. در بخش سمت چپ نیز طرح‌های ۳و ۴ در نظر گرفته شده‌اند. با توجه به کوتاه بودن عرض مدار گرمایشی طرح شماره ۴ توصیه نمی‌شود و استفاده از طرح ۳ مناسب‌تر می‌باشد.



شکل ۳-۴۹: حالت‌های پیشنهادی متفاوت گرمایش از کف در مجاورت دیواره سرد

۳-۷ محاسبه بار حرارتی ساختمان

به‌منظور طراحی دقیق سیستم گرمایش از کف متناسب با شرایط ساختمان محاسبات بار حرارتی ساختمان انجام می‌شود. به‌طورکلی اتلاف حرارت در فضا از طریق دیوارها، سقف، درب‌ها، پنجره‌ها و کف صورت می‌گیرد. مقدار اتلاف حرارت با توجه به جنس و مقاومت حرارتی مصالح استفاده شده تعیین می‌گردد. در محیط‌هایی شامل چند فضا باید در هر بخش اتلاف حرارتی به‌طور جداگانه محاسبه و درنهایت مجموع آن به‌عنوان حرارت تلف شده و یا بار حرارتی ساختمان در نظر گرفته شود. این بار حرارتی محاسبه شده باید توسط سیستم گرمایش از کف تأمین شود. بر اساس مطالب بیان شده، طراحی دقیق یک سیستم گرمایش از کف نیاز به اطلاعاتی شامل موقعیت جغرافیایی ساختمان، جنس مصالح به‌کاررفته، نوع منبع گرمایش و ... دارد. با توجه به این موضوع به‌منظور ثبت و انجام فرآیندهای طراحی نیاز است اطلاعات خواسته شده در فرم " اطلاعات و درخواست طراحی پروژه گرمایش از کف" وارد گردد و در اختیار طراح قرار گیرد. یک نمونه از این فرم در شکل ۳-۵۰ نشان داده شده است.

بسمه‌تعالی

فرم درخواست طراحی و برآورد هزینه گرمایش از کف

تاریخ:	Record No.:
کارفرما:	تلفن:

شهر و منطقه ساختمان:

تعداد طبقات: ..... تعداد واحد: ..... مساحت گرمایش از کفی کل: .....

اطلاعات فنی ساختمان

منبع گرمایشی: ۱- پکیج ☐	محل قرار گیری پکیج:
۲- موتورخانه ☐	محل قرار گیری رایزر:

مصالح و مشخصات فضاها			توضیحات
جنس و ضخامت دیوارها (در صورت استفاده از دیوارهای متفاوت هر کدام به تفکیک بیان شود)			
آیا دیوارها فوم دارد؟	فوم دار ☐	بدون فوم ☐	
جنس و ضخامت سقف طبقه آخر ضخامت فوم			
جنس نما و ضخامت آن			
جنس کف پوش (اتاق‌ها، سالن، سایر فضاها)			
آیا اختلاف ارتفاع سطح در واحدی وجود دارد؟			
نوع گرمایش حمام	گرمایش از کف ☐	حوله خشک کن ☐ سایر ☐	
نوع گرمایش آشپزخانه	گرمایش از کف ☐	بدون گرمایش ☐	
نوع و مشخصات پنجره‌ها	دو جداره U.P.V.C ☐ تک جداره ☐	دوجداره آلومینیوم ☐	
ارتفاع پنجره‌ها در هر فضا			

توجه: لازم است جانمایی کمدها و تجهیزات آشپزخانه رد نقشه مشخص گردد.

اطلاعات فضای ساختمان و سیستم کنترل

آیا ساختمان دارای دیوار در معرض هوای آزاد است (به جز نما)؟ لطفا همسایه‌ها و ارتفاع ساختمان آن‌ها مشخص شود.	
آیا نیاز به سیستم کنترل دمای ترموستاتیک می‌باشد؟	بله ☐ خیر ☐
آیا ساختمان نیاز به ذوب برف دارد؟	بله ☐ مکان قرارگیری کلکتور یا رایزر ذوب برف: خیر ☐
فضاهایی که نیاز به ذوب برف دارند و جنس پوشش روی آن‌ها را مشخص نمایید	

نام و نام خانوادگی تکمیل کننده فرم: **تاریخ و امضا:**

شکل ۳-۵۰: نمونه فرم درخواست طراحی گرمایش از کف

۳-۷-۱ الزامات طراحی و اجرا

بخشی از مهم‌ترین الزامات طراحی و اجرای سیستم‌های گرمایش از کف در ادامه آورده شده است:

- به‌منظور جلوگیری از بروز هر نوع آسیب به لوله‌ها لازم است به مقدار ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر لوله از دیوار فاصله داشته باشد.
- تا حد امکان سعی شود لوله‌ها از زیر دیوار عبور نکنند. در صورت عبور لوله از زیر دیوار باید محل عبور در نقشه مشخص گردد و به کارفرما اطلاع داده شود.
- عبور لوله از روی لوله به هیچ عنوان مجاز نمی‌باشد.
- در سیستم گرمایش از کف به‌منظور جلوگیری از شکست بتن در مکان‌هایی که مساحت کف زیاد بوده (بیش از ۴۰ مترمربع) و یا تغییرات دما در سطح بتن زیاد باشد (محل درب‌ها یا جداسازی بین مدارهای گرمایشی مرز سرد و مدارهای گرمایشی داخلی) لازم است از درزهای انبساطی استفاده شود. باید دقت شود در صورت امکان درزهای انبساط از روی لوله‌های گرمایشی عبور نکنند. اگر در شرایطی درز انبساط از روی لوله عبور کند باید با استفاده از لوله خرطومی به طول ۳۰ سانتی‌متر در آن مقطع از لوله محافظت شود.
- مکان جعبه کلکتور باید حتی‌المقدور در مرکز ساختمان انتخاب شود. با این کار می‌توان از اشغال نادرست فضا توسط لوله‌ها جلوگیری نمود. در انتخاب مکان جعبه کلکتور باید دقت شود درصورتی‌که اختلاف ارتفاع در سطح مورد گرمایش وجود داشته باشد، به علت امکان محبوس شدن هوا در سیستم نیاز است کلکتور در سطح بالاتری از محیط قرار گیرد. در شرایطی که تعداد مدارها زیاد باشد و یا امکان دسترسی به کلکتور وجود نداشته باشد، باید از کلکتورهای جداگانه برای گرمایش نواحی با ارتفاع کف متفاوت استفاده گردد.

۳-۷-۲ دمای مجاز سطح کف

در طراحی سیستم‌های گرمایش از کف لازم است دمای سطح کف کنترل شود به‌طوری‌که از مقدار حداکثری که منطبق بر آستانه آسایش بدن است تجاوز نکند. در جدول ۳-۱۰ با توجه به نوع کاربری هر فضا مقدار حداکثر دمای سطح کف مشخص شده است. در هنگام طراحی نباید دمای کف از این مقدار مجاز بیشتر گردد. دمای طراحی سطح کف برای پوشش‌های مختلف در جدول ۳-۱۱ نشان داده شده است.

جدول ۳-۱۰: حداکثر دمای سطح کف

فضای مورد بررسی	حداکثر دمای سطح کف	
	°C	°F
حاشیه مرز سرد	۳۵	۹۵
مسکونی	۲۹	۸۵
تجاری	۳۲	۹۰
استخر	۳۲	۹۰
حمام	۳۲	۹۰

جدول ۳-۱۱: دمای طراحی سطح کف با توجه به پوشش به کار رفته

جنس پوشش کف	دمای طراحی سطح کف	
	°C	°F
غیر از چوب	۲۹	۸۵
چوب	۲۷	۸۰

مقدار دمای سطح کف بر اساس مقدار شار حرارتی مورد نیاز فضای مورد بررسی و دمای آسایش بدن انسان تعیین می‌شود. رابطه (۳-۱) راهنمای محاسبه مقدار دمای کف در دستگاه SI می‌باشد. مقادیر دمای سطح کف با استفاده از این رابطه برای شار حرارتی ۲۰ تا ۲۰۰ وات بر مترمربع در شکل ۳-۵۱ و برای ۰ تا ۶۰ ($\frac{Btu}{hr.ft^2}$) در شکل ۳-۵۲ مشخص شده است.

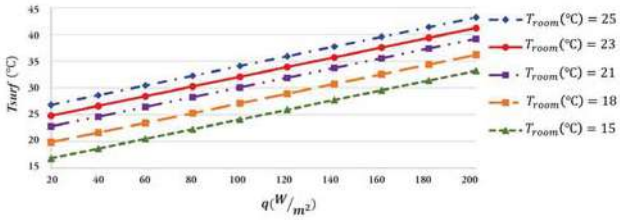
$$T_{surf} = T_{room} + 0.091q' \qquad (۱-۳)$$

در این رابطه پارامترهای به‌کار رفته عبارتند از:

T_{surf} : حداکثر میانگین دمای سطح کف (°C)

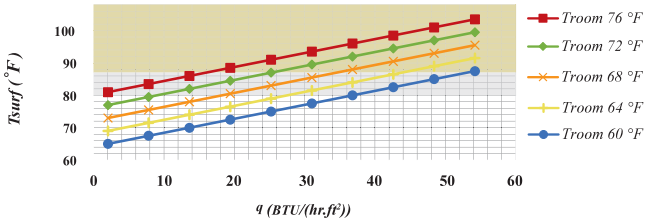
T_{room} : دمای طرح داخل یا دمای داخل اتاق (°C)

q' : شار حرارتی اتاق ($\frac{W}{m^2}$)



شکل ۳-۵۱: رابطه دمای سطح کف، شار حرارتی و دمای فضای مورد بررسی (دستگاه SI)

در شکل ۳-۵۲ بخش خاکستری رنگ محدوده غیر مجاز برای کفپوش‌های چوبی و بخش زرد رنگ محدوده غیز مجاز برای کلیه پوشش‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵۲: رابطه دمای سطح کف، شار حرارتی و دمای فضای مورد بررسی (دستگاه US)

۳-۷-۳ فاصله مجاز بین لوله‌های گرمایش از کف

در سیستم‌های گرمایش از کف یکی از عوامل تأثیرگذار در انتخاب فواصل بین لوله‌ها، شار حرارتی مورد نیاز محیط تحت گرمایش می‌باشد. بدیهی است با انتخاب فواصل غیر مناسب در کف ممکن است، شار حرارتی برای آن محیط به‌درستی تأمین نشود و در نتیجه محیط سرد بماند و یا شار بیشتر از نیاز تأمین شود و باعث گرم شدن بیش از اندازه محیط شود. مقادیر فاصله بین لوله‌ها متناسب با شار حرارتی مورد نیاز محیط در جدول ۳-۱۲ آورده شده است. (توجه شود این داده‌ها پیشنهادی است و انتخاب آنها برای طرح الزامی نیست و نظر طراح پروژه ملاک اصلی انتخاب فاصله می‌باشد.)

جدول ۳-۱۲: فاصله بین لوله‌ها متناسب با شار حرارتی محیط

۲۰ (mm)		۱۶ (mm)		$(\frac{Btu}{hr.ft^2})$	$\frac{w}{m^2}$
۱۲"	۳۰ cm	۱۰"	۲۵ cm	۰ -۱۱	۰ -۳۵
۱۰"	۲۵ cm	۸"	۲۰ cm	۱۱ -۲۱	۳۵ -۶۵
۸"	۲۰ cm	۶"	۱۵ cm	۲۱ -۲۵	۶۵ -۸۰
۶"	۱۵ cm	۴"	۱۰ cm	۲۵ -۳۰	۸۰ -۹۵

۳-۷-۴ حداکثر طول هر مدار لوله

حداکثر طول هر مدار (لوپ) گرمایش از کف با توجه به میزان افت فشار مجاز برای آن خط محاسبه می‌شود. دمای کاری سیستم، سایز لوله و سیال مورد استفاده در سیستم گرمایشی از جمله مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار در تعیین طول لوله می‌باشند. جدول ۳-۱۳ طول پیشنهادی و حداکثر طول هر مدار را با توجه به سایز لوله نشان می‌دهد. (توجه شود این داده‌ها پیشنهادی است و انتخاب آنها برای طرح الزامی نیست و نظر طراح پروژه ملاک اصلی انتخاب می‌باشد.)

جدول ۳-۱۳: طول مجاز لوله

۲۰ (mm)		۱۶ (mm)		سایز اسمی لوله
۳۹۴ft	۱۲۰m	۲۹۵ft	۹۰m	طول پیشنهادی مدار
۴۲۷ft	۱۳۰m	۳۱۲ft	۹۵m	حداکثر طول مدار(کلکتور بدون تنظیم دبی)
۴۹۲ft	۱۵۰m	۳۶۰ft	۱۱۰m	حداکثر طول مدار(کلکتور همراه تنظیم دبی)

۳-۷-۵ مقاومت پوشش کف

مقاومت پوشش کف یک پارامتر تعیین کننده در طراحی سیستم‌های گرمایش است. با استفاده از این پارامتر دمای ورودی و درنتیجه دبی هر مدار تعیین می‌گردد. جدول ۳-۱۴ مقدار مقاومت حرارتی پوشش سطوح مواد مختلف که استفاده از آن‌ها در ایران متداول است را نشان می‌دهد. درصورتی‌که سطح شامل چند پوشش متفاوت باشد نیاز است مقدار مقاومت هرکدام از این پوشش‌ها با یکدیگر جمع شود. مقاومت یک جنس بر اساس ضخامت آن محاسبه می‌شود که باید مقاومت به دست آمده از جدول در ضخامت جنس ضرب شود.

جدول ۳-۱۴: مقاومت پوشش کف

جنس پوشش	R-value per in ($hr.ft^2.^\circ F/Btu$)	R-value per cm ($m^2.k/w$)
بدون پوشش	۰	۰
پارکت درخت بلوط	۰/۸۵	۰/۰۵۹
پارکت درخت زبان گنجشک	۱	۰/۰۶۹
پارکت درخت افرا	۱	۰/۰۶۹
پارکت درخت کاج	۱/۳	۰/۰۹۰
پارکت چوب‌پنبه‌ای	۳	۰/۲۰۸
او اس بی	۱/۴	۰/۰۹۷
تخته چندلایه	۱/۱	۰/۰۷۶
چوب نرم	۱/۱	۰/۰۷۶
لینولئوم	۱/۶	۰/۱۱۱
Engineered Wood	۰/۹۶	۰/۰۶۷
Engineered Bamboo	۰/۹۶	۰/۰۶۷
پارکت لمینیت	۱/۹۲	۰/۱۳۳
پارکت لمینیت پلاستیکی	۱	۰/۰۶۹
PVC	۱/۶	۰/۱۱۱
کفپوش پلاستیکی متراکم	۱/۳	۰/۰۹۰
کفپوش پایدار (لاستیکی)	۲/۲	۰/۱۵۳
آجر	۲/۲۵	۰/۱۵۶
سنگ مرمر	۰/۸	۰/۰۵۵
سرامیک	۱	۰/۰۶۹
ملات سیمان	۰/۴	۰/۰۲۸
فرش	۲/۸	۰/۱۹۴
فرش پشمی	۴/۲	۰/۲۹۱

۳-۸ روند طراحی سیستم گرمایش از کف به‌صورت دستی

در ادامه به‌منظور آشنایی با نحوه طراحی یک سیستم گرمایش از کف، محاسبات مربوط به طراحی دستی آن آورده شده است. در انتهای این بخش یک مثال از نحوه به‌کارگیری این روابط آورده شده است.

۳-۸-۱ بار حرارتی مورد نیاز جهت گرمایش محیط

در قدم اول طراحی هر فضا نیاز است مقدار بار حرارتی آن محیط محاسبه شود. به‌منظور به دست آوردن بار حرارتی محیط می‌توان از اصول بیان شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان استفاده نمود.

۳-۸-۲ دمای سطح

پس از محاسبه بار حرارتی محیط می‌توان دمای سطح را با توجه به حرارت مورد نیاز محیط به دست آورد. برای این منظور می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود. این دما تنها وابسته به مساحت سطح کف و مقدار بار حرارتی می‌باشد. اگر شار حرارتی محیط برابر q ($\frac{Btu}{hr.ft^2}$) باشد، مقدار دمای سطح از رابطه (۳-۲) به دست می‌آید.

$$q = h(T_{surf} - T_{room}) \qquad (۳-۲)$$

در این رابطه مقدار ضریب انتقال حرارت h در سیستم انگلیسی برابر مقدار $\mathrm{Btu/(hr.ft^2.^\circ F)}$ ۲ در نظر گرفته می‌شود. T_{room} و T_{surf} به ترتیب دمای اتاق و دمای سطح می‌باشند. به‌منظور تعیین دمای سطح در ابتدا باید دمای مورد نظر محیط مشخص گردد و پس از آن با استفاده از این دما و شار حرارتی، دمای سطح حاصل می‌گردد.

محدودیت دمای سطح در دو حالت با پوشش چوب و بدون پوشش‌های شامل چوب در نظر گرفته می‌شود. در حالتی که پوشش کف از جنس چوب در نظر گرفته شود، بیشینه دمای مجاز سطح $80^\circ F$ و در غیر این صورت $85^\circ F$ است. درصورتی‌که دمای سطح بیش از دمای مجاز بیان شده در بالا باشد، دو راهکار وجود دارد:

- افزایش مقاومت دیواره‌ها و درنتیجه کاهش بار حرارتی مورد نیاز محیط
- استفاده از یک سیستم گرمایش، مازاد بر سیستم گرمایش از کف

۳-۸-۳ تعیین قطر لوله

عمده پارامتر تأثیرگذار در تعیین قطر لوله در سیستم گرمایش از کف افت فشار مجاز لوله می‌باشد. مقدار افت فشار با توجه به دبی عبوری از سیستم و یا بار

حرارتی مورد نیاز در ناحیه مورد گرمایش تعیین می‌گردد. قطر لوله رایج مورد استفاده در سیستم‌های گرمایش از کف برای کاربردهای مسکونی ۱۶ mm است. در صورتی که دبی اعمالی به مدار باعث افت فشار بیش از حد مجاز بیان شده در بخش ۲-۳-۱۳ شود، نیاز است سایز لوله به‌گونه‌ای انتخاب شود که این افت فشار را در حد مجاز نگه دارد.

۳-۸-۴ محاسبه مقاومت پوشش کف

مقاومت پوشش کف یک پارامتر تعیین کننده در طراحی سیستم‌های گرمایش است. با استفاده از این پارامتر دمای ورودی و در نتیجه دبی هر مدار تعیین می‌گردد. جدول ۳-۱۴ مقدار مقاومت پوشش سطوح مواد مختلف را نشان می‌دهد. درصورتی‌که سطح شامل چند پوشش متفاوت باشد نیاز است مقدار مقاومت هرکدام از این پوشش‌ها با یکدیگر جمع شود.

۳-۸-۵ تعیین اختلاف دمای ورودی-خروجی هر مدار و دمای ورودی آب

اختلاف دمای مطلوب میان دمای ورودی و خروجی هر مدار در سیستم‌های گرمایش از کف در کاربردهای مسکونی برابر ۵/۵ درجه سانتی‌گراد و یا ۱۰ درجه فارنهایت است. این مقدار در فضای صنعتی برابر ۱۱ درجه سانتی‌گراد و یا ۲۰ درجه فارنهایت است. به‌منظور تعیین دمای ورودی آب ابتدا از رابطه (۳-۳)، دمای میانگین آب در لوله به دست آمده و با استفاده از مقدار اختلاف دمای بیان شده در بالا با توجه به نوع محیط مورد گرمایش مقدار دمای ورودی استخراج می‌شود.

$$T_{mean} = -2T_{room}R + T_{surf}(1+2R) \qquad (۳-۳)$$

در این رابطه

T_{mean} : میانگین دمای آب درون مدار (°F)

T_{room} : میانگین دمای درون اتاق (°F)

T_{surf} : دمای سطح کف (°F) (به دست آمده در قسمت ۳-۸-۲)

R : مقامت پوشش سطح ($hr.ft^2.°F/Btu$) (به دست آمده در قسمت ۳-۸-۴)

۳-۸-۶ تعیین دبی هر مدار

به‌منظور به دست آوردن دبی مورد نیاز برای هر مدار گرمایش از کف نیاز است که مقدار شار حرارتی محیط دربردارنده آن مدار (در مرحله اول تعیین شده است)

مشخص گردد. با داشتن شار حرارتی مورد نیاز و دانستن فاصله بین لوله‌های هر مدار می‌توان با استفاده از جدول ۳-۱۵ و جدول ۳-۱۶ مقدار دبی هر مدار را بر حسب GPM برای هر فوت طولی لوله به دست آورد.

جدول ۳-۱۵: دبی مورد نیاز در سیستم گرمایش از کف با توجه به شار حرارتی، فاصله بین لوله‌های متوالی و اختلاف دمای ۱۰°F((GPM/ft(length))

$\frac{Btu}{hr.ft^2}$	فاصله لوله					
	12"	10"	9"	8"	7"	6"
50	0.01013	0.00844	0.00762	0.00675	0.00596	0.00506
49	0.00993	0.00827	0.00746	0.00662	0.00584	0.00496
48	0.00972	0.0081	0.00731	0.00648	0.00572	0.00486
47	0.00952	0.00793	0.00716	0.00635	0.0056	0.00476
46	0.00932	0.00777	0.00701	0.00621	0.00548	0.00466
45	0.00912	0.0076	0.00685	0.00608	0.00536	0.00456
44	0.00891	0.00743	0.0067	0.00594	0.00524	0.00446
43	0.00871	0.00726	0.00655	0.00581	0.00512	0.00436
42	0.00851	0.00709	0.0064	0.00567	0.005	0.00425
41	0.00831	0.00692	0.00624	0.00554	0.00489	0.00415
40	0.0081	0.00675	0.00609	0.0054	0.00477	0.00405
39	0.0079	0.00658	0.00594	0.00527	0.00465	0.00395
38	0.0077	0.00641	0.00579	0.00513	0.00453	0.00385
37	0.0075	0.00625	0.00564	0.005	0.00441	0.00375
36	0.00729	0.00608	0.00548	0.00486	0.00429	0.00365
35	0.00709	0.00591	0.00533	0.00473	0.00417	0.00355
34	0.00689	0.00574	0.00518	0.00459	0.00405	0.00344
33	0.00669	0.00557	0.00503	0.00446	0.00393	0.00334
32	0.00648	0.0054	0.00487	0.00432	0.00381	0.00324
31	0.00628	0.00523	0.00472	0.00419	0.00369	0.00314
30	0.00608	0.00506	0.00457	0.00405	0.00357	0.00304
29	0.00587	0.0049	0.00442	0.00392	0.00346	0.00294

$\frac{Btu}{hr.ft^2}$	فاصله لوله					
	12"	10"	9"	8"	7"	6"
28	0.00567	0.00473	0.00426	0.00378	0.00334	0.00284
27	0.00547	0.00456	0.00411	0.00365	0.00322	0.00273
26	0.00527	0.00439	0.00396	0.00351	0.0031	0.00263
25	0.00506	0.00422	0.00381	0.00338	0.00298	0.00253
24	0.00486	0.00405	0.00366	0.00324	0.00286	0.00243
23	0.00466	0.00388	0.0035	0.00311	0.00274	0.00233
22	0.00446	0.00371	0.00335	0.00297	0.00262	0.00223
21	0.00425	0.00355	0.0032	0.00284	0.0025	0.00213
20	0.00405	0.00338	0.00305	0.0027	0.00238	0.00203
19	0.00385	0.00321	0.00289	0.00257	0.00226	0.00192
18	0.00365	0.00304	0.00274	0.00243	0.00214	0.00182
17	0.00344	0.00287	0.00259	0.0023	0.00203	0.00172
16	0.00324	0.0027	0.00244	0.00216	0.00191	0.00162
15	0.00304	0.00253	0.00228	0.00203	0.00179	0.00152
14	0.00284	0.00236	0.00213	0.00189	0.00167	0.00142
13	0.00263	0.00219	0.00198	0.00176	0.00155	0.00132
12	0.00243	0.00203	0.00183	0.00162	0.00143	0.00122
11	0.00223	0.00186	0.00168	0.00149	0.00131	0.00111
10	0.00203	0.00169	0.00152	0.00135	0.00119	0.00101
9	0.00182	0.00152	0.00137	0.00122	0.00107	0.00091
8	0.00162	0.00135	0.00122	0.00108	0.00095	0.00081
7	0.00142	0.00118	0.00107	0.00095	0.00083	0.00071
6	0.00122	0.00101	0.00091	0.00081	0.00071	0.00061
5	0.00101	0.00084	0.00076	0.00068	0.0006	0.00051

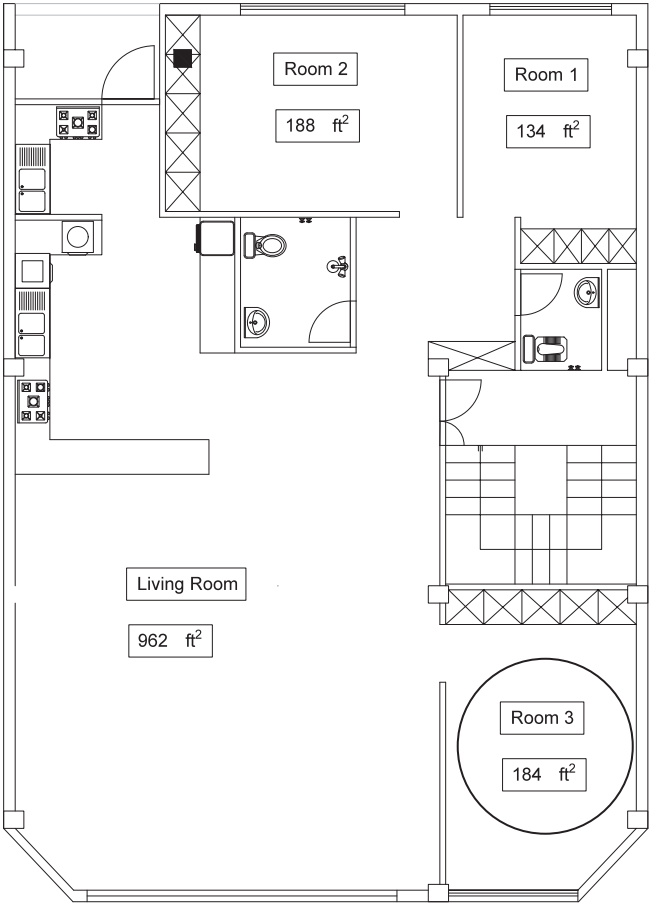
جدول ۳-۱۶: دبی مورد نیاز در سیستم گرمایش از کف با توجه به شار حرارتی، فاصله بین لوله‌های متوالی و اختلاف دمای ۲۰ °F ((GPM/ft(length))

$\frac{Btu}{hr.ft^2}$	فاصله لوله					
	12"	10"	9"	8"	7"	6"
50	0.00506	0.00422	0.00381	0.00338	0.00298	0.00253
49	0.00496	0.00414	0.00373	0.00331	0.00292	0.00248
48	0.00486	0.00405	0.00366	0.00324	0.00286	0.00243
47	0.00476	0.00397	0.00358	0.00317	0.0028	0.00238
46	0.00466	0.00388	0.0035	0.00311	0.00274	0.00233
45	0.00456	0.0038	0.00343	0.00304	0.00268	0.00228
44	0.00446	0.00371	0.00335	0.00297	0.00262	0.00223
43	0.00436	0.00363	0.00327	0.0029	0.00256	0.00218
42	0.00425	0.00355	0.0032	0.00284	0.0025	0.00213
41	0.00415	0.00346	0.00312	0.00277	0.00244	0.00208
40	0.00405	0.00338	0.00305	0.0027	0.00238	0.00203
39	0.00395	0.00329	0.00297	0.00263	0.00232	0.00198
38	0.00385	0.00321	0.00289	0.00257	0.00226	0.00192
37	0.00375	0.00312	0.00282	0.0025	0.0022	0.00187
36	0.00365	0.00304	0.00274	0.00243	0.00214	0.00182
35	0.00355	0.00295	0.00267	0.00236	0.00209	0.00177
34	0.00344	0.00287	0.00259	0.0023	0.00203	0.00172
33	0.00334	0.00279	0.00251	0.00223	0.00197	0.00167
32	0.00324	0.0027	0.00244	0.00216	0.00191	0.00162
31	0.00314	0.00262	0.00236	0.00209	0.00185	0.00157
30	0.00304	0.00253	0.00228	0.00203	0.00179	0.00152
29	0.00294	0.00245	0.00221	0.00196	0.00173	0.00147
28	0.00284	0.00236	0.00213	0.00189	0.00167	0.00142
27	0.00273	0.00228	0.00206	0.00182	0.00161	0.00137
26	0.00263	0.00219	0.00198	0.00176	0.00155	0.00132
25	0.00253	0.00211	0.0019	0.00169	0.00149	0.00127
24	0.00243	0.00203	0.00183	0.00162	0.00143	0.00122

$\frac{Btu}{hr.ft^2}$	فاصله لوله					
	12"	10"	9"	8"	7"	6"
23	0.00233	0.00194	0.00175	0.00155	0.00137	0.00116
22	0.00223	0.00186	0.00168	0.00149	0.00131	0.00111
21	0.00213	0.00177	0.0016	0.00142	0.00125	0.00106
20	0.00203	0.00169	0.00152	0.00135	0.00119	0.00101
19	0.00192	0.0016	0.00145	0.00128	0.00113	0.00096
18	0.00182	0.00152	0.00137	0.00122	0.00107	0.00091
17	0.00172	0.00143	0.00129	0.00115	0.00101	0.00086
16	0.00162	0.00135	0.00122	0.00108	0.00095	0.00081
15	0.00152	0.00127	0.00114	0.00101	0.00089	0.00076
14	0.00142	0.00118	0.00107	0.00095	0.00083	0.00071
13	0.00132	0.0011	0.00099	0.00088	0.00077	0.00066
12	0.00122	0.00101	0.00091	0.00081	0.00071	0.00061
11	0.00111	0.00093	0.00084	0.00074	0.00066	0.00056
10	0.00101	0.00084	0.00076	0.00068	0.0006	0.00051
9	0.00091	0.00076	0.00069	0.00061	0.00054	0.00046
8	0.00081	0.00068	0.00061	0.00054	0.00048	0.00041
7	0.00071	0.00059	0.00053	0.00047	0.00042	0.00035
6	0.00061	0.00051	0.00046	0.00041	0.00036	0.0003
5	0.00051	0.00042	0.00038	0.00034	0.0003	0.00025

۳-۹ نمونه طراحی سیستم گرمایش از کف به‌روش دستی

به‌عنوان مثال سیستم گرمایش از کف یک واحد ساختمان با استفاده از روش دستی مورد مطالعه قرار گرفته است. در این مثال در شکل ۳-۵۳ اتاق جنوب شرقی به‌صورت جزئی مورد مطالعه قرار گرفته است و محاسبات دستی برای آن لحاظ شده است. با توجه به جنس دیواره‌ها و دیوارهای سرد با استفاده از مبحث ۱۹ شار حرارتی این اتاق $Btu/(hr.ft^2)$ ۲۶/۶ است و مساحت آن برابر ft^2 ۱۸۴ است. در این واحد مسکونی دمای مطلوب به‌منظور طراحی برابر $70^\circ F$ و اختلاف دمای ورودی و خروجی $10^\circ F$ در نظر گرفته شده است.



شکل ۳-۵۳: واحد ساختمانی برای طراحی دستی گرمایش از کف

۱- تعیین دمای اتاق و کف

با توجه به داده‌های اولیه بیان شده در بخش‌های قبلی، پارامترهای مرتبط با طراحی به‌صورت زیر حاصل می‌شود.

تعیین دمای سطح کف $q = h(T_{surf} - T_{room}) \longrightarrow T_{surf} = \frac{26.6}{2} + 70 = 83.3\ °F$

با توجه به این‌که در این واحد جنس کف اتاق از جنس غیر چوب در نظر گرفته شده است و همچنین مقدار دمای سطح کف از مقدار ۸۵ °F کم‌تر می‌باشد، سیستم گرمایش از کف بدون ایجاد مشکل و نیاز به سیستم گرمایش مازاد می‌تواند گرمایش محیط را تأمین کند.

نتایج محاسبات قسمت اول

پارامتر	مقدار
بار حرارتی اتاق (q)	۲۶/۶ $Btu/(hr.ft^2)$
دمای مطلوب اتاق (T_{room})	۷۰ °F
مساحت اتاق	۱۸۴ ft^2
دمای سطح کف (T_{surf})	۸۳/۳ °F
ضریب انتقا حرارت (h)	۲ $Btu/(hr.ft^2.°F)$
اختلاف دمای آب واحد مسکونی	۱۰ °F

۲- تعیین اندازه لوله

اندازه لوله در نظر گرفته شده به‌منظور گرمایش این واحد ۱۶ است.

نتایج محاسبات قسمت دوم

پارامتر	مقدار
بار حرارتی اتاق (q)	۲۶/۶ $Btu/(hr.ft^2)$
دمای مطلوب اتاق (T_{room})	۷۰ °F
مساحت اتاق	۱۸۴ ft^2
دمای سطح کف (T_{surf})	۸۳/۳ °F
ضریب انتقا حرارت (h)	۲ $Btu/(hr.ft^2.°F)$
اختلاف دمای آب واحد مسکونی	۱۰ °F
اندازه لوله	۱۶

۳- تعیین مقاومت پوشش کف

به‌منظور تعیین مقاومت پوشش کف از نمودار ارائه شده در جدول ۳-۱۴ استفاده می‌شود. با در نظر گرفتن ضخامت‌های لایه سیمانی (۰/۱۲۵ اینچ)، لایه سرامیکی (۰/۲۵ اینچ) و بتن روی لوله گرمایش از کف مقاومت حرارتی پوشش کف بر اساس جدول ۳-۱۴ مقدار $hr.ft^2.°F/Btu$ ۰/۸۵ به دست می‌آید.

نتایج محاسبات قسمت سوم

پارامتر	مقدار
بار حرارتی اتاق (q)	۲۶/۶ $Btu/(hr.ft^2)$
دمای مطلوب اتاق (T_{room})	۷۰ °F
مساحت اتاق	۱۸۴ ft^2
دمای سطح کف (T_{surf})	۸۳/۳ °F
ضریب انتقا حرارت (h)	۲ $Btu/(hr.ft^2.°F)$
اختلاف دمای آب واحد مسکونی	۱۰°F
اندازه لوله	۱۶
مقاومت پوشش کف (R)	۰/۸۵ $hr.ft^2.°F/Btu$

۴- تعیین دمای آب ورودی

به‌منظور تعیین دمای آب ورودی مدار نیاز است اختلاف دمای ورودی و خروجی آب تعیین گردد. به این منظور در اینجا از اختلاف دمای ۱۰ درجه فارنهایت استفاده شده است.

$$T_{mean}=-2T_{room}R+T_{surf}(1+2R)=-2\times70\times0.85+83.3(1+2\times0.85)=106°F$$

این مقدار دمای آب میانگین درون لوله است که برای به دست آوردن دمای آب ورودی نیاز است مقدار ۵ درجه فارنهایت (اختلاف دمای آب واحد تقسیم بر ۲) به آن اضافه شود. بنابراین مقدار دمای ورودی آب در مدار اتاق برابر ۱۱۱°F می‌شود.

نتایج محاسبات قسمت چهارم

پارامتر	مقدار
بار حرارتی اتاق (q)	۲۶/۶ $Btu/(hr.ft^2)$
دمای مطلوب اتاق (T_{room})	۷۰ °F
مساحت اتاق	۱۸۴ ft^2
دمای سطح کف (T_{surf})	۸۳/۳ °F
ضریب انتقا حرارت (h)	۲ $Btu/(hr.ft^2.°F)$
اختلاف دمای آب واحد مسکونی	۱۰°F
اندازه لوله	۱۶
مقاومت پوشش کف (R)	۰/۸۵ $hr.ft^2.°F/Btu$
دمای آب ورودی سیستم	۱۱۱°F

۵- تعیین طول مدار گرمایش از کف

با توجه به نقشه اتاق و این‌که اتاق دارای دیوار سرد و در تماس با محیط آزاد می‌باشد، استفاده از فاصله مدار ۶ اینچ برای آن مناسب بوده و به این ترتیب برای به دست آوردن مقدار طول لوله مورد استفاده در اتاق باید مساحت کف (A) به

فـوت را در ۱۲ ضـرب کرده و تقسـیم بر فاصله بین مدارها (S) نمـود. با توجه به فاصله مدارهـا کـه ۶ اینـچ می‌باشـد برای محاسـبه طـول لوله مسـاحت کف ۲ برابر می‌شـود.

$$Loop\ Length = \frac{12A}{S} = \frac{12A}{6} = 2A \qquad Loop\ Length = 2\times184 = 368ft$$

نتایج محاسبات قسمت پنجم

پارامتر	مقدار
بار حرارتی اتاق (q)	۲۶/۶ $Btu/(hr.ft^2)$
دمای مطلوب اتاق (T_{room})	۷۰°F
مساحت اتاق	۱۸۴ ft^2
دمای سطح کف (T_{surf})	۸۳/۳ °F
ضریب انتقا حرارت (h)	۲ $Btu/(hr.ft^2.°F)$
اختلاف دمای آب واحد مسکونی	۱۰°F
اندازه لوله	۱۶
مقاومت پوشش کف (R)	۰/۸۵ $hr.ft^2.°F/Btu$
دمای آب ورودی سیستم	۱۱۱°F
طول مدار اتاق	۳۶۸ ft

۶- تعیین دبی مورد نیاز مدار اتاق

بـا در نظر گرفتن میزان شـار حرارتی مورد نیاز محیط مـورد گرمایش ($26/6\ Btu/(hr.ft^2)$)، فاصلـه لوله‌هـا در مـدار ("۶) و اختـلاف دمـای ۱۰°F در جدول ۳-۱۵ مقـدار دبی برای اتـاق برابـر اسـت بـا $\frac{GPM}{ft}$ ۰/۰۰۲۷۳ (شـکل ۳-۵۴) کـه با در نظـر گرفتن طـول مدار اتـاق (۳۶۸ ft) مقـدار دبـی کلـی ایـن مـدار برابـر ۱ GPM و یـا ۳/۷۴ لیتـر بـر دقیقه خواهـد بود.

$$\text{دبی مورد نیاز مدار (لوپ)} = 0.00273\ \frac{GPM}{ft} \times 368\ ft = 1GPM$$

نکته: با توجه به حداکثر طول پیشنهاد شده در جدول ۳-۱۳ معادل ۲۹۵ ft، در این بخش از ساختمان نیاز است از دو مدار استفاده شود تا شار حرارتی را تأمین نماید.

$\frac{Btu}{hr.ft^2}$	فاصله لوله					
	12"	10"	9"	8"	7"	6"
50	0.01013	0.00844	0.00762	0.00675	0.00596	0.00506
49	0.00993	0.00827	0.00746	0.00662	0.00584	0.00496
48	0.00972	0.0081	0.00731	0.00648	0.00572	0.00486
47	0.00952	0.00793	0.00716	0.00635	0.0056	0.00476
46	0.00932	0.00777	0.00701	0.00621	0.00548	0.00466
45	0.00912	0.0076	0.00685	0.00608	0.00536	0.00456
44	0.00891	0.00743	0.0067	0.00594	0.00524	0.00446
43	0.00871	0.00726	0.00655	0.00581	0.00512	0.00436
42	0.00851	0.00709	0.0064	0.00567	0.005	0.00425
41	0.00831	0.00692	0.00624	0.00554	0.00489	0.00415
40	0.0081	0.00675	0.00609	0.0054	0.00477	0.00405
39	0.0079	0.00658	0.00594	0.00527	0.00465	0.00395
38	0.0077	0.00641	0.00579	0.00513	0.00453	0.00385
37	0.0075	0.00625	0.00564	0.005	0.00441	0.00375
36	0.00729	0.00608	0.00548	0.00486	0.00429	0.00365
35	0.00709	0.00591	0.00533	0.00473	0.00417	0.00355
34	0.00689	0.00574	0.00518	0.00459	0.00405	0.00344
33	0.00669	0.00557	0.00503	0.00446	0.00393	0.00334
32	0.00648	0.0054	0.00487	0.00432	0.00381	0.00324
31	0.00628	0.00523	0.00472	0.00419	0.00369	0.00314
30	0.00608	0.00506	0.00457	0.00405	0.00357	0.00304
29	0.00587	0.0049	0.00442	0.00392	0.00346	0.00294
28	0.00567	0.00473	0.00426	0.00378	0.00334	0.00284
27	0.00547	0.00456	0.00411	0.00365	0.00322	**0.00273**
26	0.00527	0.00439	0.00396	0.00351	0.0031	0.00263
25	0.00506	0.00422	0.00381	0.00338	0.00298	0.00253
24	0.00486	0.00405	0.00366	0.00324	0.00286	0.00243

شکل ۳-۵۴: به دست آوردن دبی با استفاده از فاصله مدارها و شار حرارتی

نتایج محاسبات قسمت ششم

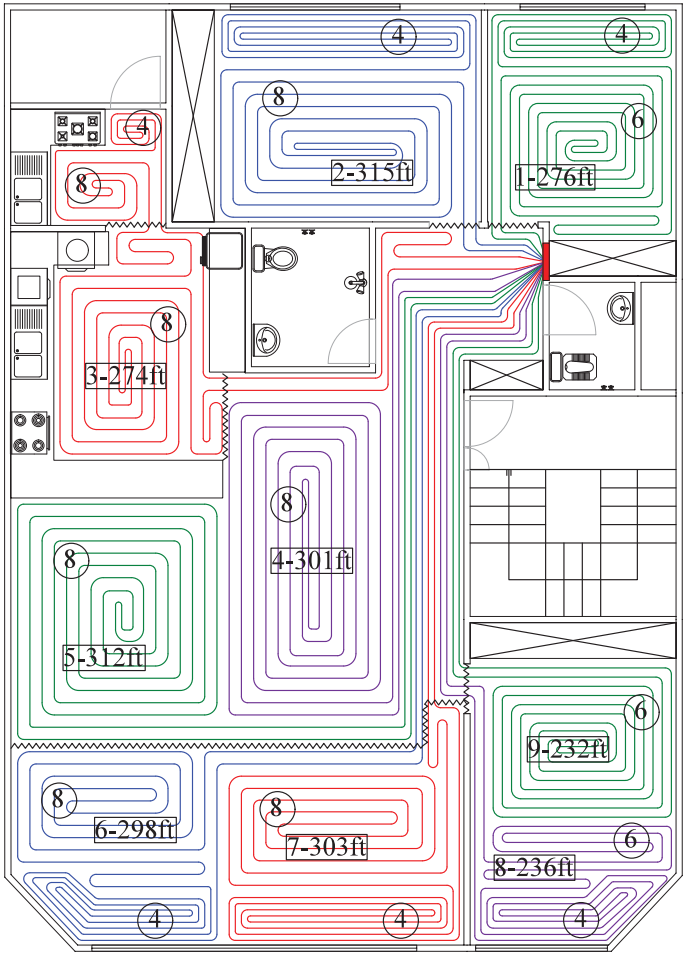
پارامتر	مقدار
بار حرارتی اتاق (q)	۲۶/۶ $Btu/(hr.ft^2)$
دمای مطلوب اتاق (T_{room})	۷۰ °F
مساحت اتاق	۱۸۴ ft^2
دمای سطح کف (T_{surf})	۸۳/۳ °F
ضریب انتقا حرارت (h)	۲ $Btu/(hr.ft^2.°F)$
اختلاف دمای آب واحد مسکونی	۱۰ °F
اندازه لوله	۱۶
مقاومت پوشش کف (R)	۰/۸۵ $hr.ft^2.°F/Btu$
دمای آب ورودی سیستم	۱۱۱ °F
طول مدار اتاق	۳۶۸ ft
دبی مورد نیاز برای مدار	۱ GPM

به این ترتیب برای دیگر محیط‌های گرم شده در واحد ساختمانی مقدار پارامترهای گرمایشی به‌صورت زیر استخراج می‌شود.

جدول نتایج نهایی محاسبات

پارامتر محیط	بار حرارتی $Btu/(hr.ft^2)$	مساحت ft^2	دمای سطح کف	دمای آب ورودی سیستم	طول مدار محیط	دبی مورد نیاز
اتاق شمالی	۲۳/۷	۱۸۸	۸۲ F°	۱۰۹/۵ °F	۳۲۲ ft	۰/۶ GPM
اتاق شمال شرق	۲۶/۳	۱۳۴	۸۳/۲ °F	۱۱۲ °F	۲۶۸ ft	۰/۵۵ GPM
پذیرایی	۲۲/۱	۹۶۲	۸۱ °F	۱۱۰ °F	۱۶۵۰ft	۲ GPM
اتاق جنوبی	۲۶/۶	۱۸۴	۸۳/۳ °F	۱۱۱ °F	۳۶۸ ft	۱ GPM

طرح مدارهای زده شده با توجه به وجود دیواره‌های سرد و فضاهای مختلف واحد، به‌صورت شکل ۳-۵۵ به دست آمده است.



شکل ۳-۵۵: طرح مدارهای نمونه برای واحد ساختمانی با طراحی دستی

۳-۱۰ اجرای سیستم گرمایش از کف

در سیستم گرمایش از کف نیاز است اجرا کاملاً منطبق بر طراحی باشد و عدم رعایت نکات اساسی در اجرای این سیستم می‌تواند بر روی عملکرد صحیح آن به شدت اثرگذار باشد. به‌طورکلی به‌منظور اجرای سیستم گرمایش از کف نیاز به آماده سازی‌های پیش از اجرا و فرآیندهای پس از اجرا است. در ادامه این موارد در سه بخش مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۳-۱۰-۱ نکات لازم پیش از اجرای سیستم گرمایش از کف

قبل از شروع اجرای سیستم گرمایش از کف لازم است موارد زیر انجام شود:

- انجام تزئینات سقف‌ها مانند اجرای سقف کاذب، رابیتس و اجرای نما و گچ کاری ساختمان لازم است پیش از شروع اجرای گرمایش از کف نهایی شده باشد. همچنین لازم است پیش از اجرای گرمایش از کف کاشی‌کاری سطوح به اتمام رسیده باشد.
- قبل از اجرای گرمایش از کف باید سیستم لوله‌کشی آب بهداشتی ساختمان، خطوط لوله اصلی کلکتورهای گرمایش از کف به رایزر موتورخانه و یا پکیج گرمایشی، تأسیسات برق و همچنین سیستم لوله‌کشی فاضلاب، اجرا و تست شده باشد. در صورت استفاده از سیستم کنترلی برای گرمایش از کف لازم است سیم‌کشی برق ترموستات‌ها نیز در همین مرحله انجام شود.
- اگر نقشه معماری ساختمان به‌گونه‌ای طراحی شده است که پلان دارای سقف کاذب می‌باشد، توصیه می‌شود سیستم لوله‌کشی فاضلاب ساختمان برای هر طبقه داخل سقف کاذب طبقه زیرین قرار گیرد. تأسیسات برق و مکانیک پلان نیز بهتر است در داخل سقف کاذب طراحی شود.
- در صورت اجرای سیستم‌های برق و مکانیک روی کف باید پس از تست مجموعه، روی ادوات قرار داده شده در کف، پوشانده شود و سطحی تراز برای قرار دادن عایق روی آن آماده گردد. در صورت استفاده از سیستم ترموستاتیک لازم است سیستم برق‌کشی آن در این مرحله و قبل از ایجاد سطح تراز انجام شود.
- وجود هر نوع برآمدگی در سطح زیر عایق مجاز نمی‌باشد و قبل از عایق‌کاری باید تراز بودن سطح به‌طور کامل مورد بررسی قرار گیرد.
- پنجره‌های ساختمان بهتر است قبل از اجرای گرمایش از کف نصب گردد. این موضوع در زمستان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اجرای درب‌های ساختمان

پس از اتمام مراحل گرمایش از کف انجام می‌شود.

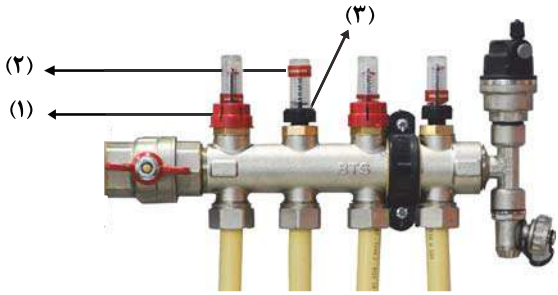
- نصب کلکتور و جعبه کلکتور قبل از اجرای گرمایش از کف الزامی است.
- قبل از اجرای عایق‌کاری باید سطح کف کاملاً تمیز باشد.
- قبل از اجرای سیستم گرمایش از کف سطوحی که نیاز به عایق‌کاری رطوبتی دارند مانند سرویس بهداشتی و حمام نیاز است با عایق رطوبتی پوشانده شود.
- قبل از شروع به اجرا باید تطابق نقشه با معماری ساختمان بررسی و تأیید شود. در صورت وجود تمایز باید هرگونه تفاوت در نقشه به طراح اعلام گردد.

۳-۱۰-۲ مراحل اجرای سیستم گرمایش از کف

در این بخش مراحل اجرای سیستم گرمایش از کف و نکات لازم آن به اختصار آورده شده است.

- **تنظیم دبی هر مدار**

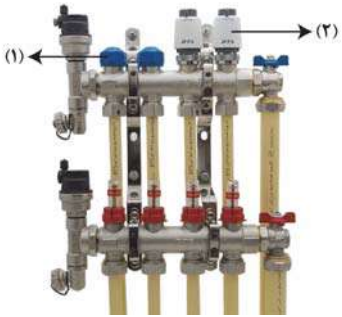
- کلکتور رفت مجهز به فلومتر می‌باشد. فلومتر موجود در هر خروجی کلکتور، امکان تنظیم مقدار دبی دلخواه را به کاربر می‌دهد. دبی مورد نیاز هر مدار باید در رنج تغییرات lit/min ۰-۵ که بر روی فلومترها نمایش داده شده است، تنظیم شود. به منظور تنظیم دبی مدارها، کافیست مطابق شکل ۳-۵۶ محافظ فلومتر (۱) را جدا کرده و نمایشگر تنظیم دبی (۲) را روی عدد مورد نظر قرار دهید. با چرخش پایه فلومتر (۳) در جهت پادساعتگرد میزان دبی مدار مورد نظر را تنظیم کنید. پس از اتمام کار محافظ فلومتر (۱) را به منظور قفل شدن فلومترها در جای خود قرار دهید.



شکل ۳-۵۶: تنظیم فلومتر کلکتور رفت گرمایش از کف ۱)محافظ فلومتر ، ۲)نمایشگر دبی ۳) تنظیم کننده فلومتر

شیر سوزنی و شیر برقی

کلکتور برگشت مجهز به شیر سوزنی است. شیر سوزنی و کلاهک پلاستیکی آن (شکل ۳-۵۶ قسمت (۱)) که روی هر خروجی نصب شده است، به کاربر امکان قطع و وصل کردن جریان در هر مدار را به صورت جداگانه می‌دهد. کنترل این شیرها توسط کلاهک پلاستیکی (۱) به صورت دستی انجام می‌شود. همچنین می‌توان شیر برقی (شکل ۳-۵۷ قسمت (۲)) را جایگزین کلاهک پلاستیکی (۱) نمود تا به کمک ترموستات‌های اتاقی دمای محیط و جریان درون هر مدار را به صورت خودکار کنترل نماید.



شکل ۳-۵۷: شیرسوزنی و برقی در کلکتور برگشت گرمایش از کف ۱)کلاهک پلاستیکی ۲) شیربرقی

- نصب شیر برقی روی کلکتور باید بدون استفاده از هر نوع ابزار مکانیکی انجام شود.
- در هنگام نصب توصیه می‌شود کلاهک شیر برقی در حالت "دستی" قرار گیرد و بعد از اطمینان از نصب، کلاهک شیر به حالت "اتوماتیک" بازگردد.
- زمانی که نیاز به تعمیر ترموستات‌ها باشد، باید شیر برقی در حالت کنترل دستی قرار گیرد.
- در هنگام نصب شیر برقی در جعبه کلکتور لازم است حداقل فاصله ۲ سانتی‌متری از بالای جعبه رعایت شود.

نکته: کلکتورهای برنجی گرمایش از کف "بی تی اس" از یک سمت به صورت رزوه روپیچ و از سمت دیگر دارای رزوه توپیچ است و بر اساس قابلیت مدولار کردن به کاربر امکان اتصال کلکتورها را به یکدیگر می‌دهد.

سه‌راهی انتهای کلکتور، شیر تخلیه و شارژ و شیر هواگیری اتوماتیک

- سه‌راهی انتهای کلکتور (شکل ۳-۵۸ (الف)) امکان نصب شیر شارژ و تخلیه قسمت (ب) و شیر هواگیری اتوماتیک قسمت (ج) را بر روی کلکتورهای گرمایش از کف می‌دهد و برای هر دو کلکتور رفت و برگشت در نظر گرفته می‌شود.
- شیر شارژ و تخلیه به منظور پر کردن سیستم از آب برای تست سیستم، همچنین خالی کردن سیستم برای جلوگیری از یخزدگی استفاده می‌شود. به منظور باز و بسته کردن شیر کافیست با استفاده از درپوش آچاری، اهرم شیر را بچرخانید. با چرخش ساعتگرد شیر بسته شده و چرخش پادساعتگرد شیر را باز می‌کند. (شکل ۳-۵۸)
- شیر هواگیری اتوماتیک بر روی هر دو کلکتور رفت و برگشت نصب می‌شود و به منظور تخلیه هوای سیستم در حین پر کردن با آب و یا در حین کار سیستم استفاده می‌شود. وجود هوا در سیستم‌های گرمایشی، انتقال حرارت را دچار مشکل می‌کند؛ بنابراین تخلیه کامل هوای سیستم اجباری بوده و لازم است روی هر دو کلکتور شیرهواگیری نصب گردد. در صورتی که به علت محدودیت نتوان از شیر هواگیری بر روی هر دو کلکتور رفت و برگشت استفاده نمود باید شیر هواگیری بر روی کلکتور بالاتر که معمولاً کلکتور برگشت است نصب گردد.

به منظور استفاده از شیرهواگیری اتوماتیک لازم است پیچ تخلیه هوا را به اندازه دو رزوه آزاد کنید تا هوای سیستم به صورت خودکار خارج شود. همچنین به منظور تخلیه هوا به صورت دستی باید از درپوش واقع در بالای شیر هواگیری استفاده نمود.

شکل ۳-۵۸: الف) سه راهی انتهای کلکتور، ب) شیر شارژ و تخلیه، ج) شیر هواگیری اتوماتیک

نصب جعبه کلکتور

• محل جعبه کلکتور باید مطابق با مکان تعیین شده بر روی نقشه در نظر گرفته شود. ابعاد محل در نظر گرفته شده باید مطابق با اندازه جعبه کلکتور باشد و پس از قرار دادن جعبه کلکتور در محل مربوطه، کلکتورهای رفت و برگشت درون جعبه کلکتور نصب می‌شوند. در هنگام نصب باید دقت شود کلکتور برگشت بالاتر از کلکتور رفت نصب شود. در صورتی که از شیر سه راهه و یا پمپ سیرکولاتور استفاده شود کلکتور رفت باید باید بالاتر از کلکتور برگشت نصب گردد.

در شکل ۳-۵۹ جعبه کلکتور و تجهیزات گرمایش از کف تعبیه شده درون آن نشان داده شده است.

شکل ۳-۵۹: نصب جعبه کلکتور گرمایش از کف و تجهیزات درون آن

- در صورت استفاده از سیستم گرمایش از کف ترموستاتیک لازم است کلیه کابل‌ها بر اساس شماره ترموستات‌هایی که داخل نقشه مشخص شده‌اند، شماره‌گذاری و نام گذاری شوند و داخل جعبه کلکتور مشخص باشند.
- دیوارهای داخلی جعبه کلکتور به کمک عایق الاستومری باید عایق‌کاری شود. با این عمل از آسیب رسیدن به دیوار و یا کمدهای اطراف جعبه کلکتور جلوگیری می‌شود.
- استفاده از اتصالات گالوانیزه به علت عمر کم و خوردگی در کلکتور گرمایش از کف مجاز نمی‌باشد و باید از اتصالات برنجی استفاده نمود.
- لوله‌های اصلی ورودی و خروجی به کلکتورهای رفت و برگشت برای عملیات تست سیستم و یا تعمیرات باید مجهز به شیر توپی و یا شیر زانویی کوپلی باشند.
- انشعاب گیری از خطوط گرمایش از کف برای حوله خشک‌کن، رادیاتور و... مجاز نمی‌باشد و با استفاده از گرمایش از کف می‌توان حمام را گرم نمود.

نصب عایق کناره، عایق کف و لایه محافظ

- نوار عایق کناره (پیرامونی) باید از جنس فوم‌های پلی‌اتیلن EPE یا XPE باشد و به‌طور کامل کنار دیوارها و تمام درزهای احتمالی بین چارچوب درب‌ها و سایر نقاط باید عایق‌کاری شوند.

- ضخامت نوار عایق ۲ سانتی‌متر و ارتفاع آن باید حداقل به‌اندازه ۱۵ سانتی‌متر باشد و تا انتهای زمان تکمیل پوشش کف بریده نشود.

- در اجرای سیستم گرمایش از کف لازم است کلیه سطوح کف با استفاده از عایق پلاستوفوم پوشیده شود. جنس این عایق باید از یونولیت با دانه‌بندی ریز باشد.

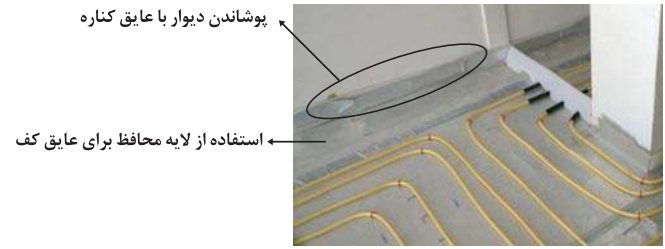
- حداقل ضخامت عایق کف معمولاً ۳ سانتی‌متر و ضریب هدایت حرارتی عایق مورد استفاده معمولاً $\frac{w}{m.K}$ ۰/۰۳ – ۰/۰۴ و چگالی آن $\frac{kg}{m^3}$ ۲۵ است.

- عایق کف باید مجهز به لایه محافظ آلومینیوم یا متالایز (ساده یا حباب‌دار) باشد. حضور این ورق اجازه نمی‌دهد که آب داخل بتن وارد عایق کف شده و عایق تخریب گردد.

- در صوت عدم وجود لایه محافظ، خروج نا صحیح آب از داخل بتن باعث عدم یکنواختی بتن شده و در نهایت انتقال حرارت از لوله به سطح کف به خوبی انجام نمی‌شود.

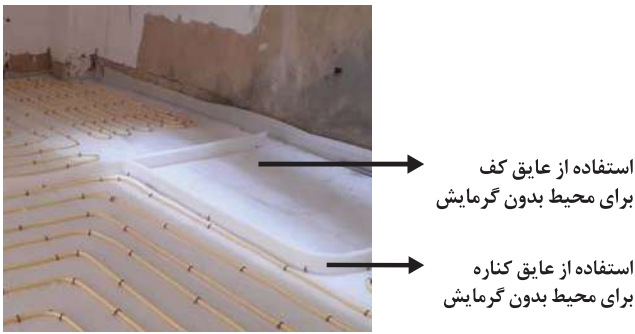
- به‌منظور اتصال ورق متالایز بر روی عایق کف از چسب عایق استفاده می‌شود. در هنگام استفاده از چسب عایق باید ۱۵ تا ۲۰ دقیقه به چسب فرصت داده شود تا کمی رطوبت خود را از دست دهد و پس از آن ورق بر روی عایق قرار گیرد. در غیر این صورت امکان آسیب رسیدن به عایق کف وجود دارد.

- استفاده از چسب چوب و چسب pvc برای چسباندن عایق (XPE و EPE) در کف و عایق کناره مجاز نمی‌باشد زیرا این چسب‌ها باعث خورده شدن عایق‌ها می‌شوند. در شکل ۳-۶۰ عایق کناره و عایق کف پوشانده شده با لایه محافظ نشان داده شده است.



شکل ۳-۶۰: استفاده از لایه محافظ حبابدار برای عایق کناره و عایق کف

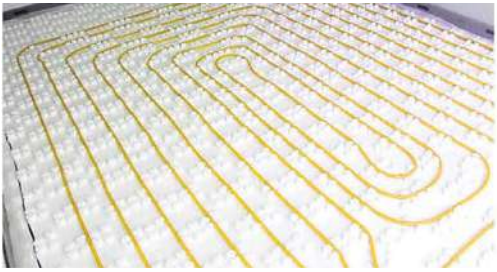
- با استفاده از چسب پهن (۵ یا ۷ سانتی‌متری) درز بین ورق‌های متالایز چسبانده شود. با این عمل عایق‌ها در مکان خود ثابت می‌شوند.
- در قسمت‌هایی که گرمایش انجام نمی‌گیرد مانند داخل کمد و یا زیر کابینت‌ها عایق‌کاری (عایق کف و عایق کناره) باید انجام شود تا انتقال حرارت از منطقه گرم دارای عایق، به این مناطق که گرمایش ندارد و درنهایت به کف ساختمان صورت نگیرد. در غیر این صورت امکان آسیب دیدن بتن و دیگر تجهیزات وجود دارد. شکل ۳-۶۱ اجرای صحیح عایق کف و کناره را در محلی که لوله گرمایش از کف اجرا نشده است، نشان می‌دهد.



شکل ۳-۶۱: عایق نمودن محیط‌های بدون گرمایش برای جلوگیری از اتلاف حرارت و آسیب دیدن بتن و تجهیزات

خط‌کشی آرایش لوله‌ها

• به‌منظور اجرای دقیق و اجتناب از خطا بهتر است آرایش لوله‌ها دقیقاً برابر با نقشه روی لایه محافظ رسم شود (شکل ۳-۶۲-الف). با این کار اجرای گرمایش از کف بسیار ساده می‌شود. در خط‌کشی آرایش لوله‌ها دقت شود که فواصل باید بر اساس نقشه رعایت شود. با استفاده از شابلون‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متری می‌توان دقت اجرا را افزایش داد. برای سهولت و افزایش سرعت اجرا می‌توان از عایق کف شانه تخم مرغی استفاده نمود (شکل ۳-۶۲-ب).



شکل ۳-۶۲: آرایش لوله‌ها الف) خط‌کشی عایق کف متالایز ب) استفاده از عایق کف شانه تخم‌مرغی

لوله و بست گذاری

• باید قبل از اجرا با توجه به نقشه متراژ مدار مورد نظر در نظر گرفته شود و با استفاده از اندازه‌های حک شده بر روی رول لوله، متراژ مناسب انتخاب گردد تا هدر رفت لوله به حداقل خود برسد.

- لوله‌ها باید مطابق با نقشه و با کمک خطوط کشیده شده روی سطح کف خوابانده شود. باید دقت شود که تمامی فضا باید با لوله پوشش داده شود.
- لوله ها باید به صورت منظم و صحیح نصب گردند و کاملاً بر روی سطح قرار گیرند.
- لوله های نصب شده نباید هیچ گونه ناهمواری داشته باشند.
- لوله‌های گرمایش از کف باید به‌صورت منظم اجرا شوند و نباید از روی یکدیگر عبور نمایند.
- لوله‌ها باید مطابق با نقشه اجرا شوند و از دیوار حداقل ۱۰ سانتی‌متر فاصله داشته باشند.
- برای اجرای صحیح و مرتب لوله باید از رول باز کن لوله استفاده نمود. با استفاده از رول باز کن حین اجرا، لوله دچار تاب خوردگی نمی شود.
- برای خم کردن لوله باید از خم کن یا فنر روکار استفاده شود و به‌منظور جلوگیری از دو پهن شدن لوله نباید لوله‌ها با دست خم شوند.
- درصورتی‌که حین انجام کار لوله دچار مشکل، آسیب، دو پهن شدگی و یا سوراخ شدگی گردد استفاده از اتصالات در کف در سیستم گرمایش از کف "بی‌تی‌اس" مجاز نبوده و باید کل حلقه موردنظر جمع و لوله جدیدی اجرا گردد.
- به علت تراکم زیاد لوله‌ها در نزدیکی کلکتور و ایجاد حرارت زیاد در این ناحیه، لوله‌های متصل به کلکتورها باید توسط عایق الاستومری عایق کاری شوند تا از انتقال بیش از حد گرما به سطوح نزدیک کلکتور جلوگیری شود (شکل ۳-۶۳).

شکل ۳-۶۳: عایق کاری لوله‌های ورودی و لوله‌های گرمایش از کف متصل به کلکتور رفت و برگشت

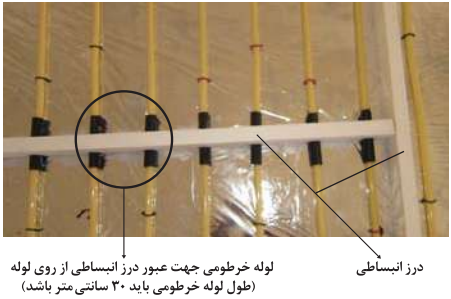
- برای شروع اجرای لوله‌ها، بهتر است از آخرین مدار (لوپ) شروع شود. با این روش لوله های ابتدایی در حین اجرا کمتر در معرض رفت و آمد قرار دارند.
- اجرای لوله در زیر کابینت‌های آشپزخانه، کمدها و یخچال مجاز نیست. در بعضی موارد که به اجبار برخی لوله‌ها از این قسمت عبور کرده است، می‌بایست روی این بخش را با عایق الاستومری پوشش دهیم تا از آسیب رسیدن به کابیت‌ها، کمدها و یخچال جلوگیری شود.
- لوله‌ها باید مطابق با نقشه و با کمک خطوط کشیده شده روی سطح کف خوابانده شود.
- فضای کاری هر مدار و شیر برقی باید بر اساس نقشه و فضای گرمایش شماره گذاری و نام گذاری شوند و بر چسب مخصوص به آن فضا داخل جعبه کلکتور چسبانده شود.
- تمامی فضا باید با لوله پوشش داده شود.
- بست‌ها باید در مکان‌های مناسب قرار داده شوند. استفاده از بست‌های ریلی به‌منظور استحکام بیشتر در نگهداری لوله‌ها و همچنین نظم بیشتر نسبت به بست‌های خاردار ارجحیت دارد (شکل ۳-۶۴).
- بست‌ها باید به گونه‌ای قرار داده شوند که در هر ۵۰ سانتی‌متر لوله یک بست قرار گیرد.
- در نواحی که لوله دچار خم می‌شود نیاز است در دو سمت خم، بست لوله قرار داده شود (شکل ۳-۶۴).
- نکته: در ساختمان هایی که گرمایش از کف در آشپزخانه و حمام اجرا می‌شود قبل از ایجاد سطح تراز، عایق رطوبتی باید اجرا گردد. طول لوله های فاضلابی در مکان‌هایی مانند کف شور و توالت فرنگی و ... را باید با توجه به ضخامت کف سازی، ضخامت عایق کف، ضخامت بتن و ضخامت کف سازی نهایی در نظر گرفت.

شکل ۳-۶۴: استفاده از بست‌های ریلی و بست خاردار در اجرای لوله سیستم گرمایش از کف

درزهای انبساطی

- به‌منظور حداقل نمودن آسیب احتمالی به بتن در اثر انبساط بتن، لازم است در محل‌های تعیین شده در نقشه، درزهای انبساطی قرار گیرد. درزهای انبساطی از جنس انعطاف‌پذیر و مشابه با عایق کناره هستند و به بتن اجازه انبساط و انقباض می‌دهند (شکل ۳-۶۵).
- در مساحت‌های یکپارچه بیش از ۴۰ مترمربع، باید در بین مدارها از درز انبساطی استفاده شود.
- ارتفاع درزهای انبساطی باید به اندازه ارتفاع بتن و کمی بیشتر باشد.
- باید سعی شود درز انبساطی از روی مدارها عبور ننماید. اگر درز انبساط از روی لوله‌های گرمایش از کف عبور کند لازم است در محل تقاطع، لوله خرطومی به طول ۳۰ سانتی‌متر اطراف لوله‌های گرمایشی را بپوشاند (شکل ۳-۶۵).
- اجرای درز انبساطی برای اطراف کابینت‌های آشپزخانه، کمدها و یخچال الزامیست. با این عمل از انتقال حرارت به این تجهیزات جلوگیری شده و از آسیب در امان می‌مانند.
- به علت متفاوت بودن دما در بخش‌های مختلف ساختمان، میزان حرارت وارد شده به بتن متغیر است به همین منظور در ورودی هر قسمت مانند ورودی اتاق، حمام و ... باید درز انبساطی اجرا گردد.
- در مکان‌هایی که لوله از آنجا عبور نمی‌کند مانند کابینت، کمد و ... و همچنین

در مکان‌هایی که لوله فاضلاب قرار دارد باید درز انبساطی نصب گردد و لوله با رعایت حداقل فاصله مجاز اجرا شود.



شکل ۳-۶۵: نصب درزهای انبساطی در سیستم گرمایش از کف

۳-۱۱ تست‌های سیستم گرمایش از کف

قبل از پوشش لوله‌ها لازم است سلامت سیستم گرمایشی با استفاده از تست فشار گرمایش از کف "بی‌تی‌اس" بررسی شود. اجرای تست باید توسط ناظر شرکت تأیید شود. هواگیری سیستم گرمایش از کف اهمیت بالایی دارد. زیرا وجود هوا در سیستم نه تنها اجرای تست فشار سیستم را مختل می‌کند، بلکه موجب کاهش انتقال حرارت می‌شود. روش هواگیری و تست سیستم گرمایش از کف "بی‌تی‌اس" به شرح زیر است:

۳-۱۱-۱ هواگیری سیستم گرمایش از کف

در مرحله اول باید طی مراحل زیر هواگیری بر روی لوله‌کشی‌ها انجام شود:
۱- شیرهای ورودی و خروجی و همچنین فلومترها در حالت بسته قرار گیرند.
۲- کلیه شیرهای برقی از روی کلکتور باز شده و به جای آن درپوش شیر سوزنی قرار گرفته و شیرهای سوزنی بسته شوند (شیر برقی "بی‌تی‌اس" در حالت اتوماتیک بسته بوده و نیازی به باز کردن شیر برقی از روی کلکتور نیست).
۳- شیر شارژ و تخلیه کلکتور رفت (دارای فلومتر) باز و آب ورودی به این شیر متصل شود.
۴- شیر شارژ و تخلیه کلکتور برگشت (دارای شیر سوزنی) باز گردد و یک لوله خروجی به این شیر متصل شود و به محل تخلیه مانند فاضلاب یا یک سطل متصل گردد.
۵- شیر سوزنی و فلومتر هر مدار به صورت تک به تک باز و پس از اتمام

هواگیری بسته شود (برای شیر برقی "بی‌تی‌اس" کافی است کلاهک آن از حالت اتوماتیک به دستی تغییر یابد و پس از اتمام هواگیری به حالت اتوماتیک بازگردد).
۶- زمانی عملیات هواگیری پایان می‌پذیرد که آب از شیر شارژ و تخلیه کلکتور برگشت به صورت روان و عاری از هوا خارج شود و همچنین هوایی از شیر هواگیری خارج نشود. دقت شود در فرآیند هواگیری هر مدار باید به صورت مجزا هواگیری شود.
۷- پس از اتمام هواگیری همه مدارها، شیرهای ورودی و خروجی کلکتور بسته شود.

۳-۱۱-۲ تست فشار

پس از هواگیری سیستم گرمایش از کف مراحل تست فشار به‌صورت زیر انجام می شود:
۱- کلیه شیرهای ورودی و خروجی به کلکتورها بسته و تمامی فلومترهای کلکتور رفت و شیرهای کلکتور برگشت باز شود.
۲- نازل پمپ فشار به شیر شارژ و تخلیه کلکتور رفت متصل شود.
۳- شیر شارژ و تخلیه کلکتور رفت باز شود.
۴- فشار سیستم تا **۲ بار افزایش** و به مدت **۱۰ دقیقه** در این حالت قرار داده شود.
۵- در این مرحله مقداری افت فشار به علت انبساط لوله‌ها مشاهده خواهد شد و پس از آن فشار سیستم باید به حالت پایدار برسد.
۶- فشار سیستم تا **۶ بار افزایش** و **به مدت ۲ ساعت** در این حالت قرار داده شود. در این مرحله نباید بیش از **۰/۲ بار افت فشار** در سیستم مشاهده شود.
در صورت مشاهده افت فشار، سیستم به‌منظور مشخص کردن محل نشتی و علت افت فشار بررسی شود.
۷- پس از اتمام تست فشار نیاز است سیستم تا پایان بتن‌ریزی **تحت فشار ۳ بار** قرار گیرد تا در هنگام بتن‌ریزی آسیبی به لوله‌ها وارد نشود.
باید دقت شود که در هنگام تست از آب تمیز که هم‌دما با محیط است استفاده شود. فرم‌های بررسی صحت اجرا و تست سیستم گرمایش از کف در شکل ۳-۶۶ آورده شده است.
نکته: اگر در سیستم گرمایش از کف احتمال یخ زدگی سیال وجود داشته باشد از ضد یخ پروپیلن‌گلیکول و اتیلن‌گلیکول استفاده شود.

بسمه‌تعالی

گرمایش از کف (فرم بررسی صحت اجرا و تست سیستم)

تاریخ	Record No.
مجری:	
کارفرما:	
محل اجرای سیستم:	

مدارهای گرمایشی

تیپ مدار مورد استفاده:

	واحد	طول لوله کل	تعداد لوپ	توضیحات
مدار گرمایشی				

تجهیزات کنترلی	پمپ سیرکولاتور	شیر کنترلی	کنترل هوشمند
	دارد ☐ مدل:	برقی ☐	Wi-Fi ☐
	ندارد ☐	معمولی ☐	Wire ☐

(الف)

بسمه‌تعالی

گرمایش از کف (فرم بررسی صحت اجرا و تست سیستم)

تنظیمات لوپ

تعداد لوپ‌های مورد استفاده:	تعداد کلکتور در واحد:
مکان کلکتور:	واحد شماره (طبقه):

	فاصله در لوپ	متراژ(m)		فاصله در لوپ	متراژ(m)		فاصله در لوپ	متراژ(m)
لوپ ۱	تایید☐ عدم تایید☐		لوپ ۵	تایید☐ عدم تایید☐		لوپ ۹	تایید☐ عدم تایید☐	
لوپ ۲	تایید☐ عدم تایید☐		لوپ ۶	تایید☐ عدم تایید☐		لوپ ۱۰	تایید☐ عدم تایید☐	
لوپ ۳	تایید☐ عدم تایید☐		لوپ ۷	تایید☐ عدم تایید☐		لوپ ۱۱	تایید☐ عدم تایید☐	
لوپ۴	تایید☐ عدم تایید☐		لوپ ۸	تایید☐ عدم تایید☐		لوپ ۱۲	تایید☐ عدم تایید☐	

در سیستم گرمایش، ضد یخ مورد استفاده قرار گرفته است؟ بله ☐ خیر☐

عایق و روان کننده بتن

	جنس	مقدار مصرفی	تایید اجرا بر اساس نقشه و استاندارد	توضیحات
عایق کناره			تایید ☐ عدم تایید☐	
عایق کف			تایید ☐ عدم تایید☐	
عایق کاری ابتدایی لوله			تایید ☐ عدم تایید☐	
درزهای انبساطی			تایید ☐ عدم تایید☐	

هواگیری و تست فشار

هواگیری به صورت کامل انجام شده است	تایید ☐	عدم تایید☐	توضیحات

تست فشار

فشار تست اولیه	۲ بار	افت فشار در ۱۰ دقیقه:	افت کمتر از ۰/۶ بار تایید ☐	عدم تایید☐
فشار تست نهایی	۶ بار	افت فشار در ۲ ساعت:	افت کمتر از ۰/۲ بار تایید ☐	عدم تایید☐
فشار سیستم بمنظور بتن ریزی	۳ بار	تایید ☐		عدم تایید☐

(ب)

شکل ۳-۶۶: الف) و ب) فرم‌های بررسی صحت اجرا و تست سیستم گرمایش از کف

۳-۱۲ مراحل پس از اجرای سیستم گرمایش از کف

۳-۱۲-۱ بتن ریزی و پوشش نهایی کف

پس از انجام تست فشار و حصول اطمینان از صحت عملکرد سیستم گرمایش از کف، مرحله بتن ریزی آغاز می‌شود. لوله‌ها باید با بتن به ارتفاع ۵ تا ۷ سانتی‌متر از عایق کف پوشانده شوند. در جدول ۳-۱۷ درصد اختلاط بتن برای هر مترمربع از سطح که باید با بتن پوشیده شود، آورده شده است.

جدول ۳-۱۷ مقادیر اختلاط بتن به ازای هر مترمربع از سطح کف

مواد مورد نیاز	(*kg*)	(*lit*)
ماسه با دانه‌بندی ریز (بدون شن)	۱۱۰	--
سیمان	۲۰	--
آب	--	۱۰-۹
افزودنی بتن	--	۰/۲

نکات لازم در اجرای مرحله بتن ریزی:

- ✓ ملات بتن باید از بتن عیار ۳۵۰ (۳۵۰ کیلوگرم سیمان در هر مترمکعب بتن) و از شن دانه نخودی استفاده گردد.
- ✓ حداکثر اندازه دانه‌ها از ۱ سانتی‌متر بیش‌تر نشود.
- ✓ در حین بتن ریزی دمای هوا نباید کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد.
- ✓ به‌منظور جلوگیری از آسیب رسیدن به لوله‌ها باید در هنگام بتن‌ریزی سیستم پر از آب و تحت فشار ۳ بار قرار داشته باشد و تا پایان مرحله بتن‌ریزی فشار از روی سیستم برداشته نشود.
- ✓ پس از اتمام مرحله بتن ریزی باید به مدت ۱۰ الی ۱۵ روز به بتن آب داده شود.

۳-۱۲-۲ راه اندازی سیستم

بعد از اتمام مرحله بتن‌ریزی و گذشت ۳ تا ۴ هفته، باید سیستم را به آرامی از دمای محیط به دمای مورد نظر رساند. اجرای این مرحله برای جلوگیری از به وجود آمدن تنش در بتن و شکستن آن، بسیار حائز اهمیت است. مراحل انجام این فرآیند در جدول ۳-۱۸ آمده است:

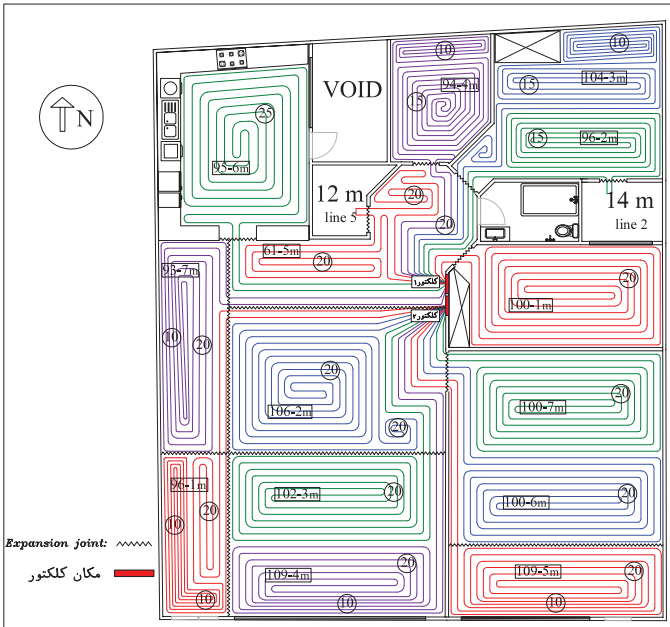
جدول ۳-۱۸: دستورالعمل راه‌اندازی سیستم گرمایش از کف ۳ تا ۴ هفته بعد از بتن‌ریزی

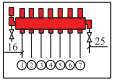
مدت روز	دمای آب ورودی به سیستم
سه روز اول راه‌اندازی	۲۰ °C
چهارمین روز راه‌اندازی	۲۵ °C
پنجمین روز راه‌اندازی	۳۰ °C
ششمین روز راه‌اندازی	۳۵ °C
هفتمین روز راه‌اندازی	۴۰ °C
بعد از هفتمین روز بر اساس دمای طراحی شده و آسایش	

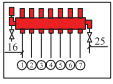
به‌منظور کاهش دمای سیستم نیز باید این روند تکرار گردد و به ازای هر ۵ درجه سانتی‌گراد یک روز به سیستم فرصت داده شود تا بتن دچار شوک حرارتی نشود.

۳-۱۳ نمونه‌هایی از نقشه‌های طراحی شده و گرمایش از کف اجراشده

شکل ۳-۶۷ تا شکل ۳-۷۴ نمونه‌هایی از نقشه‌های طراحی شده در دپارتمان تخصصی آب و انرژی "بی‌تی‌اس" را نشان می‌دهد. در شکل ۳-۷۵ تا شکل ۳-۸۱ نمونه سیستم‌های گرمایش از کف اجرا شده نشان داده شده است.







پلان طبقه همکف

scale : 100/1

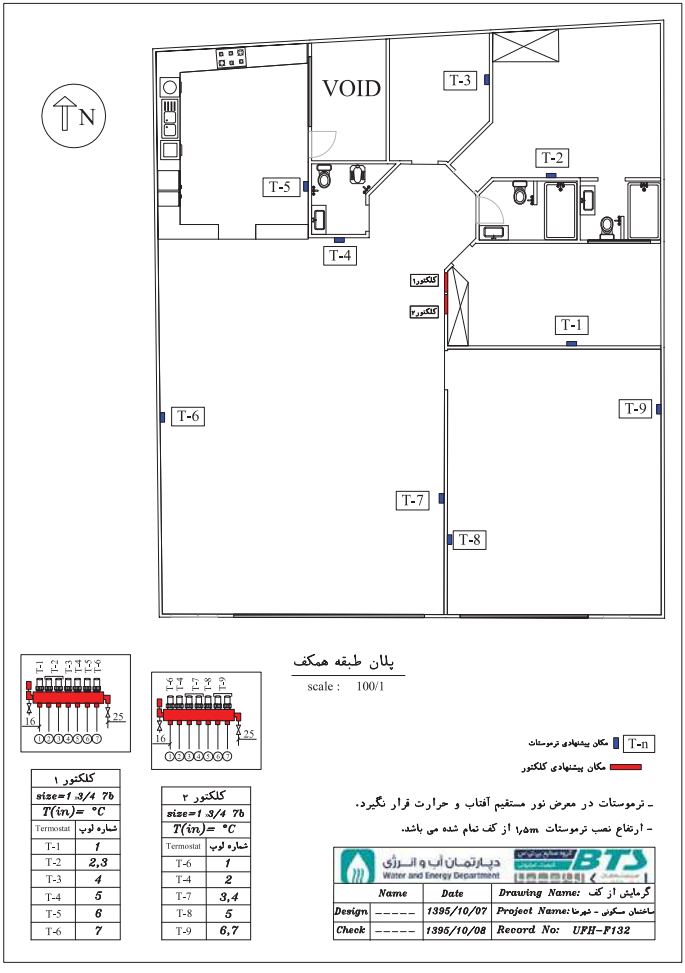
- استفاده از روان کننده بتن پیشنهاد میشود.
- ضخامت عایق پلی استایرن ۳ سانتی متر میباشد.
- حداکثر دمای مجاز و فشار کاری به ترتیب ۵۵°C و ۱۰ bars میباشد.
- نیاز است جمیعه کلکتور و کلیه لوله ها در قسمت ابتدایی کلکتور عایق شوند.
- حداقل فاصله مجاز لوله از دیوار در تمام فضاها ۱۰ سانتی متر میباشد.
- استفاده از کلکتورهای گرمایش از کف جهت انشعاب حوله خشک کن مجاز نمی باشد.
- تنها استفاده از کلکتور همراه با فلومتر-شیر سوزنی و شیر هواگیری مجاز است.

کلکتور ۱		
size=1 :3/4 "b		
T(in)=47 °C		
	طول/m	دبی/l/min
1	100	0.8
2	96	3.0
3	104	2.3
4	94	3.2
5	61	3.0
6	95	2.3
7	93	1.3
دبی مورد نیاز		16 l/min
افت فشار		0.31 bar

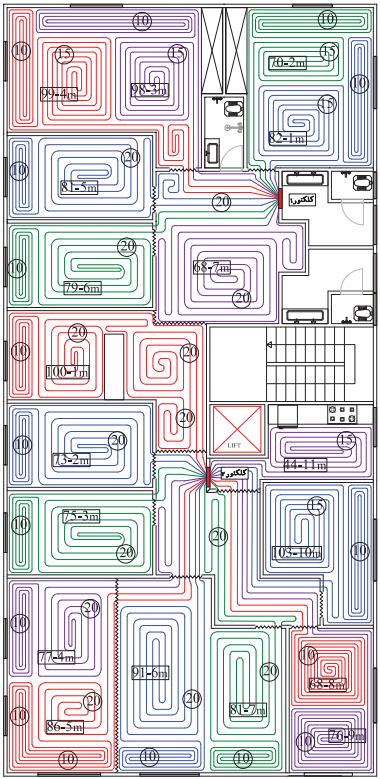
کلکتور ۲		
size=1 :3/4 "b		
T(in)=47 °C		
	طول/m	دبی/l/min
1	96	1.1
2	106	1.9
3	102	1.7
4	109	1.4
5	109	1.6
6	100	2.1
7	100	2.0
دبی مورد نیاز		12 l/min
افت فشار		0.27 bar

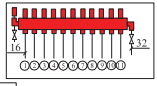
دپارتمان آب و انرژی Water and Energy Department			BTS
Name	Date	Drawing Name: گرمایش از کف	
Design	1395/10/07	Project Name: ساختمان مسکونی - شهرنا	
Check	1395/10/08	Record No: UFH-F132	

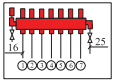
شکل ۳-۶۷: نمونه نقشه گرمایش از کف ساختمان مسکونی



شکل ۳-۶۸: نمونه نقشه ترموستات گرمایش از کف ساختمان مسکونی







کلکتور ۱

size=1 .3/4 7b		
T(in)=46 °C		
	طول m	دبی l/min
1	82	3.9
2	70	3.3
3	98	2.6
4	99	2.8
5	81	1.0
6	79	1.0
7	68	1.0
دبی مورد نیاز		7 G(l/min)
افت فشار		0.3 bar

کلکتور ۲

size=11/4 .3/4 11b		
T(in)=46 °C		
	طول m	دبی l/min
1	100	1.0
2	73	1.0
3	75	1.0
4	77	1.1
5	86	1.1
6	91	1.5
7	81	1.3
8	68	3.5
9	76	3.7
10	103	2.0
11	44	0.5
دبی مورد نیاز		18 l/min
افت فشار		0.3 bar

Expansion joint:

مکان کلکتور

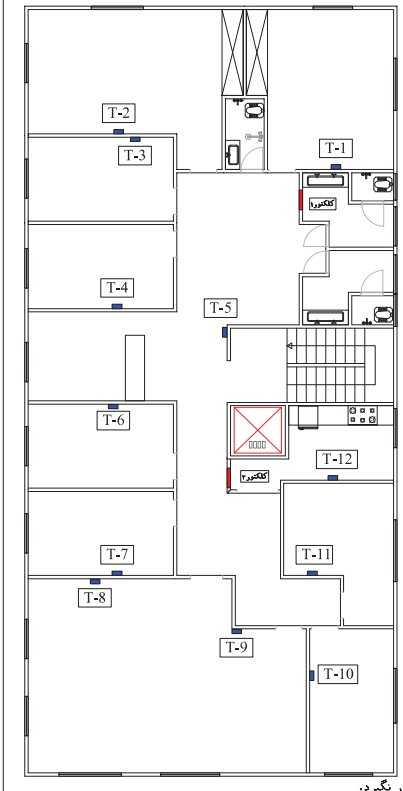
- استفاده از روان کننده بتن پیشنهاد میشود.
- حداقل فاصله مجاز لوله از دیوار در تمام فضاها ۱۰cm میباشد.
- حداکثر دمای مجاز و فشار کاری به ترتیب ۵۴°C و ۱۰ bars میباشد.
- جمبه کلکتور و کلیه لوله‌ها در قسمت ابتدایی کلکتور عایق شوند.
- استفاده از کلکتورهای گرمایش از کف جهت انشعاب حوله خشک کن مجاز نمی باشد.
- تنها استفاده از کلکتور همراه با فلومتر-شیر سوزنی و شیر هواگیری مجاز است.
- برای عایق کف از جنس یونولیت با دانه بندی ریز و ضخامت ۳cm استفاده شود.

پلان طبقه اول

scale : 100/1

دپارتمان آب و انرژی Water and Energy Department			BTS
Name		Date	Drawing Name: گرمایش از کف
Design	-----	1395/11/12	Project Name: ساختمان آموزشی - کرج
Check	-----	1395/11/14	Record No: UFH-F140

شکل ۳-۶۹ نمونه نقشه گرمایش از کف ساختمان آموزشی



کلکتور ۱	
size=1 ,3/4 7b	
T(in)= °C	
Termostat	شماره لوپ
T-1	1,2
T-2	3,4
T-3	5
T-4	6
T-5	7

کلکتور ۲	
size=11/4 ,3/4 11b	
T(in)= °C	
Termostat	شماره لوپ
T-5	1
T-6	2
T-7	3
T-8	4,5
T-9	6,7
T-10	8,9
T-11	10
T-12	11

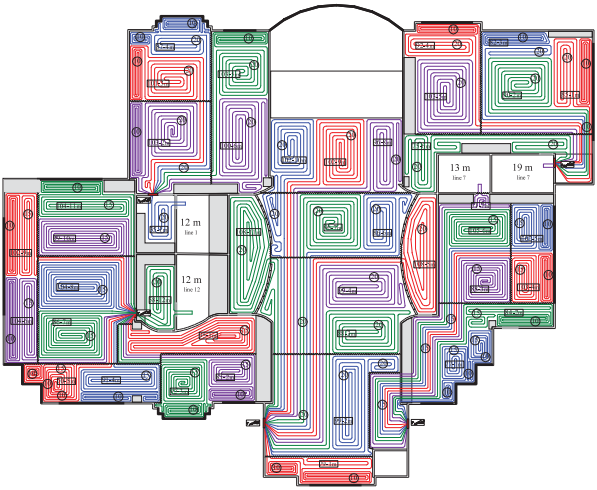
- ترموستات در معرض نور مستقیم آفتاب و حرارت قرار نگیرد.
- ارتفاع نصب ترموستات ۱٫۵m از کف تمام شده می باشد.

پلان طبقه اول

scale : 100/1

دپارتمان آب و انرژی Water and Energy Department			BTS
	Name	Date	Drawing Name: گرمایش از کف
Design	-----	1395/11/12	Project Name: ساختمان آموزشی - کرج
Check	-----	1395/11/14	Record No: UFH-F140

شکل ۳-۷۰: نمونه نقشه ترموستات گرمایش از کف ساختمان آموزشی



پلان طبقه اول

scale : 100/1

Expansion joint:

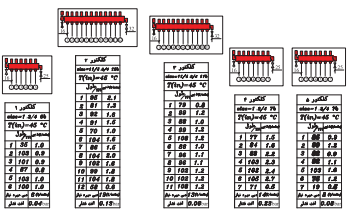
مکان کلکتور

- حداکثر شیب مجاز ۳۰ درصد میباشد.
- استفاده از زوان گذشته بتن پیشنهاد میشود.
- حداکثر دمای مجاز و فشار کاری به ترتیب ۶۵°C و 6bar میباشد.
- دیاز است جمیه کلکتور و کلیه لوله ها در قسمت ابتدایی کلکتور طبق شود.
- حداقل فاصله مجاز لوله از دیوار در تمام امتدادها ۱۰ سانتی متر میباشد.
- استفاده از کلکتورهای گرهایش از کف چپت انحناب حوله خشک کن مجاز نمی باشد.
- برای طبق کف از جنس پرلیت با دانه بندی ریز و ضخامت 25mm استفاده شود.
- دقیا استفاده از کلکتور همراه با فلومتر-شیر سوزنی و شیر هواگیری مجاز است.

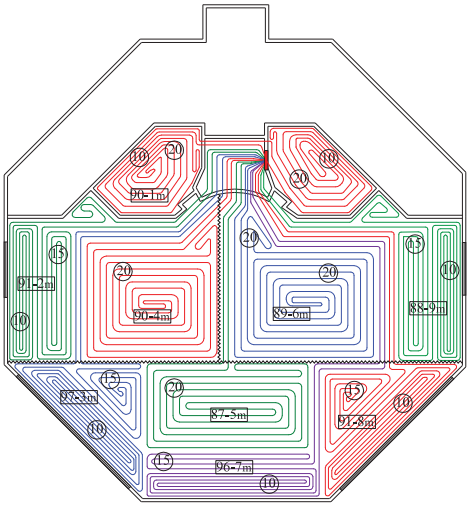
	Name	Date	
Drawing Name:	گرمایش از کف		
Project Name:	ساختمان ویلایی	1396/02/04	Design
Record No:	UFS-F148	1396/02/10	Check

دیارتمان آب و انرژی
Water and Energy Department

BTS



شکل ۳-۷۱: نمونه نقشه گرمایش از کف ساختمان ویلایی

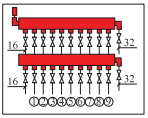


پلان طبقه همکف

scale : 100/1

Expansion joint:

مکان کلکتور



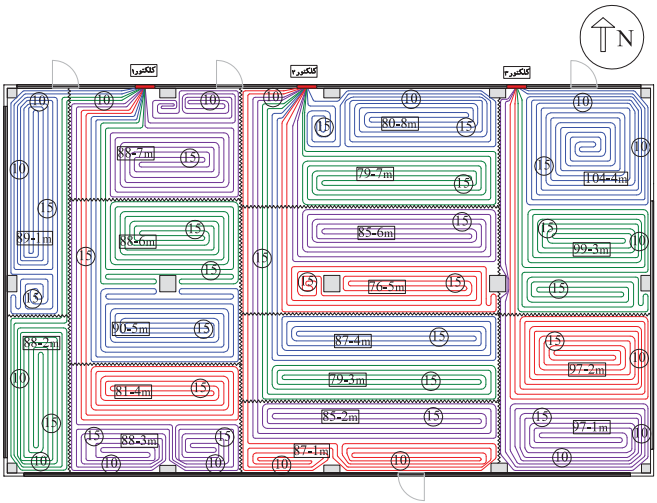
- استفاده از روان کننده بتن پیشنهاد میشود.
- برای عایق کف از جنس پونولیت با دانه بندی ریز و ضخامت ۳cm استفاده شود.
- مکان جعبه کلکتور توسط کارفرما انتخاب شده است.
- حداکثر دمای مجاز و فشار کاری به ترتیب ۵۵°C و ۱۰ bars میباشد.
- نیاز است جعبه کلکتور و کلیه لوله ها در قسمت ابتدایی کلکتور عایق شوند.
- حداقل فاصله مجاز لوله از دیوار در تمام فضاها ۱۰ سانتی متر میباشد.
- استفاده از کلکتورهای گرمایش از کف جهت انشعاب حوله خشک کن مجاز نمی باشد.
- تنها استفاده از کلکتور همراه با شیر تخلیه و هواگیری مجاز است.
- تذکر- طراحی بر اساس سفارش کارفرما به صورت کاملا دستی انجام شده است.

توصیه شرکت استفاده از سیستم های کنترلی بوده است.

کلکتور	
size=11/4 :1/2 10b	
T(in)=43 °C	
	طول/m
1	90
2	91
3	97
4	90
5	87
6	89
7	96
8	91
9	88
دبی مورد نیاز	23l/min
افت فشار	0.3 bar

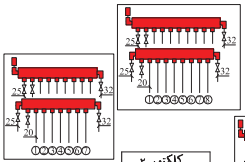
دپارتمان آب و انرژی Water and Energy Department			گروه صنایع بین‌المللی BTS
Name	*Date*	*Drawing Name:* گرمایش از کف	
Design -----	*1396/02/28*	*Project Name:* نماز خانه - بروجن	
Check -----	*1396/03/17*	*Record No: UFH-F155*	

شکل ۳-۷۲: نمونه نقشه گرمایش از کف ساختمان نمازخانه



پلان سوله ۲۴۰ متری

scale : 100/1



Expansion joint:

مکان کلکتور

- مقدار حد یخ مجاز ۳۰ درصد میباشد.
- استفاده از روان کننده بتن پیشنهاد میشود.
- حداکثر دمای مجاز و فشار کاری به ترتیب ۵۵°C و ۱۰ bar میباشد.
- تنها استفاده از کلکتور همراه با شیر هواگیری و تخلیه مجاز است.
- حداقل فاصله مجاز لوله از دیوار در تمام فضاها ۱۰ سانتی متر میباشد.
- عایق کف یونولیت با دانه بندی ریز چگالی۳۵kg/m و ضخامت ۴cm میباشد.
- نیاز است جمیع کلکتور و کلیه لوله ها در قسمت ابتدایی کلکتور عایق شوند.

کلکتور ۱	
size=1 1/2 .3/4	
T(in)=48 °C	
	طول/m
1	89
2	88
3	88
4	81
5	90
6	88
7	88
دبی مورد نیاز	44(l/min)
افت فشار	0.3 bar

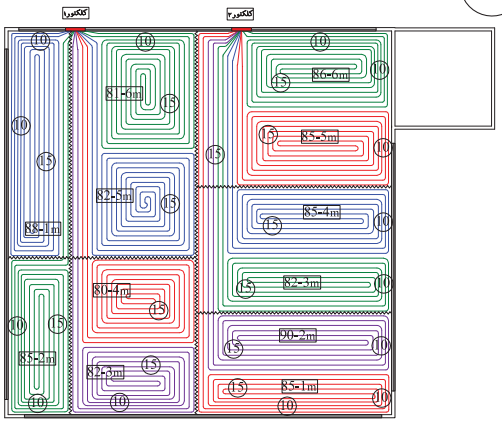
کلکتور ۲	
size=1 1/2 .3/4	
T(in)=48 °C	
	طول/m
1	87
2	85
3	79
4	87
5	76
6	85
7	79
8	80
دبی مورد نیاز	51(l/min)
افت فشار	0.28bar

کلکتور ۳	
size=1 1/4 .3/4	
T(in)=48 °C	
	طول/m
1	97
2	97
3	99
4	104
دبی مورد نیاز	25(l/min)
افت فشار	0.34bar

	Name	Date	
Design	-----	1395/10/20	Project Name: سوله صنعتی - بروجن
Check	-----	1395/10/25	Record No: UFH-F137

دیارتمان آب و انرژی Water and Energy Department — BTS — گرمایش از کف

شکل ۳-۷۳: نمونه نقشه گرمایش از کف سوله صنعتی

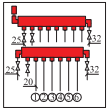


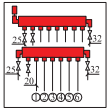
پلان سوله ۱۴۴ متری

scale : 100/1

Expansion joint:

مکان کلکتور





- مقدار ضد یخ مجاز ۳۰ درصد میباشد.
- استفاده از روان کننده بتن پیشنهاد میشود.
- حداکثر دمای مجاز و فشار کاری به ترتیب ۵۵°C و ۱۰ bars میباشد.
- تنها استفاده از کلکتور همراه با شیر هواگیری و تخلیه مجاز است.
- حداقل فاصله مجاز لوله از دیوار در تمام فضاها ۱۰ سانتی متر میباشد.
- عایق کف پونولیت با دانه بندی ریز چگالی ۳۵kg/m³ و ضخامت ۴cm میباشد.
- نیاز است جمبه کلکتور و کلیه لوله ها در قسمت ابتدایی کلکتور عایق شوند.

کلکتور ۱	
size=1 1/2 .3/4	
T(in)=50 °C	
	طول/m
1	88
2	85
3	82
4	80
5	82
6	81
دبی مورد نیاز	38(l/min)
افت فشار	0.3 bar

کلکتور ۲	
size=1 1/2 .3/4	
T(in)=50 °C	
	طول/m
1	85
2	90
3	82
4	85
5	85
6	86
دبی مورد نیاز	38(l/min)
افت فشار	0.3 bar

دپارتمان آب و انرژی
Water and Energy Department

Name		Date	Drawing Name: گرمایش از کف
Design	-----	1395/10/20	Project Name: سوله صنعتی - بروجن
Check	-----	1395/10/25	Record No: UFH-F137

شکل ۳-۷۴: نمونه نقشه گرمایش از کف سوله صنعتی

شکل ۳-۷۵: نمونه اجرای گرمایش از کف ساختمان مسکونی

شکل ۳-۷۶: نمونه اجرای گرمایش از کف ساختمان مسکونی

شکل ۳-۷۷: نمونه اجرای گرمایش از کف

شکل ۳-۷۸: نمونه اجرای گرمایش از کف

شکل ۳-۷۹: نمونه اجرای گرمایش از کف سوله صنعتی

شکل ۳-۸۰: نمونه اجرای لوله گرمایش از کف

(الف)

(ب)

(ج)

شکل ۳-۸۱: نمونه‌ای از مراحل اجرای گرمایش از کف
الف) اجرای عایق کف ب) اجرای ورق متالایز حباب‌دار ج) اجرای لوله

۴

اجـــرای تأسیسـات ساختمان
با استفاده از محصولات "بی تی اس"

۴-۱ مقدمه

استفاده از با کیفیت‌ترین محصولات در تأسیسات ساختمان بدون اجرای صحیح موجب مختل شدن عملکرد سیستم می‌شود و نتیجه مطلوب حاصل نمی‌گردد. در این راستا استفاده از ابزار با کیفیت و اجرای دقیق محصولات بسیار حائز اهمیت است. در ادامه برخی از ابزارهای کار مورد استفاده در تأسیسات ساختمانی و نحوه کار کردن با آن‌ها بیان شده است.

۴-۲ ابزارآلات لوله‌کشی ساختمانی

با توجه به پیدایش لوله‌های چندلایه و اتصالات خاص مربوط به آن‌ها، روش‌های اجرایی نصب نیز در مقایسه با روش‌های معمول لوله‌کشی لوله‌های فلزی و پلی پروپیلن (pp) دستخوش تغییرات گردیده‌اند. در ادامه ابزارآلات مورد استفاده در اجرای سیستم‌های لوله‌کشی چندلایه آمده است.

- دستگاه پرس
- قیچی برش
- فنر
- خم کن دستی یا هیدرولیکی
- کالیبراتور

۴-۲-۱ دستگاه پرس

از دستگاه پرس برای پرس‌کردن اتصالات پرسی لوله‌های پنج لایه استفاده می‌گردد. عملیات پرس به‌وسیله این دستگاه بین ۳ تا ۷ ثانیه به طول می‌انجامد. دستگاه پرس معمولاً دارای چندین فک متناسب با سایزهای مختلف لوله می‌باشد که این فک‌ها قابل تعویض است. دهانه هر فک شامل سه برآمدگی می‌باشد؛ که این سه برآمدگی بر روی حلقه استیل اتصالات پرسی نشسته و باعث می‌شود لوله در آن محل پرس گردد و آب‌بندی اتصال کامل شود. در شکل ۴-۱ جعبه دستگاه پرس و در شکل ۴-۲ اجزا و متعلقات دستگاه پرس نشان داده شده است.
توجه: یکی از مهم‌ترین مراحل اجرای سیستم لوله‌کشی چندلایه، مرحله پرس اتصالات پرسی به لوله است. در هنگام پرس اتصالات پرسی به لوله‌های پنج‌لایه "بی‌تی‌اس"، حتماً از دستگاه‌های پرس مورد تأیید "بی‌تی‌اس" استفاده شود.

شکل ۴-۱:جعبه حاوی دستگاه پرس و متعلقات آن

(ب)

(الف)

(د)

(ج)

شکل ۴-۲: اجزای دستگاه پرس (الف) بدنه دستگاه پرس، (ب) فک پرس، (ج) باتری دستگاه پرس، (د) شارژر دستگاه پرس

• نحوه کار با دستگاه پرس

۱- برای کار با دستگاه پرس شارژی، پس از خارج نمودن دستگاه پرس و باتری از جعبه آن، می‌بایست باتری در مکان مناسب خود قرار گیرد.
۲- با توجه به سایز لوله فک متناسب با آن انتخاب می‌گردد. با فشردن دکمه مربوط به پین روی دستگاه، پین بیرون می‌آید. سپس فک متناسب با سایز لوله جا زده شده و با فشردن مجدد دکمه، پین به‌جای اولیه خود بازمی‌گردد (مطابق شکل ۴-۳).
۳- دهانه فک پرس باز شده و روی قسمت استیل اتصال پرسی قرار می‌گیرد. باید توجه نمود که فک دستگاه به گونه‌ای تنظیم گردد که بخش اعظم رینگ استیل اتصال، در درون فک دستگاه قرار گیرد. فک دستگاه باید عمود بر لوله و حلقه استیل باشد و به حلقه پلاستیکی تعبیه شده بچسبد (شکل ۴-۴ تصویر ۱و۲).
۴- توسط دستگاه پرس به اتصال فشار اعمال می‌گردد؛ به این ترتیب دهانه فک به‌تدریج بسته می‌شود و اتصال پرسی به لوله پرس می‌گردد. دهانه دستگاه پس از اتمام پرس، روی هم قرار گرفته و بخش هیدرولیکی، فرمان قطع فشار را صادر می‌کند (شکل ۴-۴ تصویر ۳و۴).

(۱)

(۲)

(۳)

(۴)

شکل ۴-۳: نحوه قرارگیری فک در دستگاه پرس

(۱)

(۲)

(۳)

(۴)

شکل ۴-۴: نحوه پرس اتصالات به‌وسیله دستگاه پرس

۴-۲-۲ قیچی برش

قیچی برش جهت برش انواع لوله‌های تک لایه و لوله‌های پنج‌لایه به کار می‌رود (شکل ۴-۵). معمولاً تیغه آن از فولاد و دسته از جنس آلومینیوم می‌باشد. قیچی برش مناسب‌ترین وسیله برای برش لوله‌های سایز پایین می‌باشد.

شکل ۴-۵: قیچی برش

• روش برش لوله با قیچی

۱- دهانه قیچی متناسب با قطر لوله باز شود.
۲- سپس لوله درون فک قیچی قرار داده شده (به‌صورت عمود بر محور لوله) و به آرامی بسته شود تا تیغه بالایی بر سطح لوله مماس گردد.
۳- پس از اطمینان از قرارگیری دقیق و مناسب تیغه قیچی بر روی لوله، دسته آن می‌بایست مرتباً باز و بسته شده تا لوله بریده شود. در صورتی که در حین باز و بسته کردن دسته قیچی و ابتدای انجام عمل برش، قیچی به‌صورت دورانی به میزان ۹۰ درجه به سمت پایین بچرخد، از دو پهن شدن لوله جلوگیری شده و برش دقیق‌تری ایجاد می‌گردد.

توجه ۱: دقت شود در هنگام بریدن لوله، انگشت دست درون دهانه قیچی قرار نگیرد.
توجه ۲: برای جلوگیری از مشکل کوتاه شدن طول لوله در هنگام اجرا، باید به برش لوله به اندازه مورد نیاز توجه شود.

۳-۲-۴ خم کردن لوله

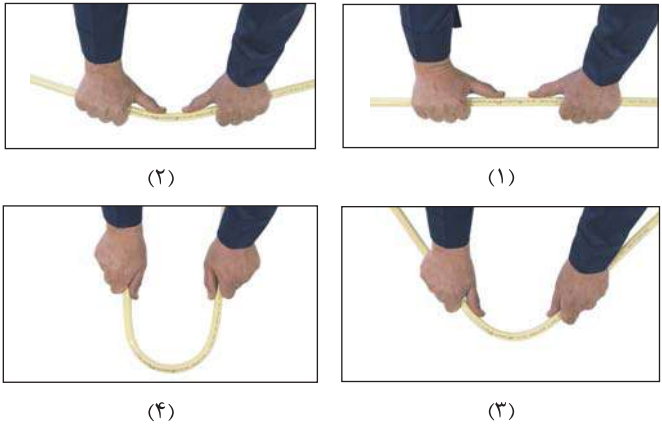
خم کردن لوله پنج لایه بر اساس ابزارآلات در دسترس به سه روش انجام می‌گیرد:

روش اول: خم کردن لوله به‌صورت دستی

به دلیل لایه خارجی PE-RT در لوله‌های پنج‌لایه "بی‌تی‌اس"، اغلب آن‌ها در سایزهای پایین قابلیت خم شدن با دست بدون دو پهن شدن را دارند. دقت شود که میزان حداقل شعاع خم لوله می‌بایست ۵ برابر قطر خارجی آن باشد.

• نحوه خم کردن لوله به‌صورت دستی

انگشتِ شصتِ هر دو دست در زیر مقطعی از لوله که می‌بایست خم شود، قرار گیرد. سپس فشار به‌طور یکنواخت و پیوسته به‌وسیله هر دو دست و انگشت های شصت در طول لوله وارد شود. شکل ۴-۶ مراحل خم کردن لوله با دست را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۶: مراحل خم کردن لوله با دست

روش دوم: خم کردن لوله به‌وسیله فنر

از بهتریـن راهکارهـا بـرای خـم کـردن لوله‌های سـایز پایین، بـدون آن‌که منجـر به دو پهـن شـدن لولـه گـردد، اسـتفاده از فنـر می‌باشـد. این کار سـبب می‌شـود شـعاع خم کم‌تـر و زاویـه خـم نیـز دقیق‌تـر شـود. فنرهـا در دو نوع کلـی موجود می‌باشـند:

✓ فنـر تـو کار (داخـل لولـه): فنـر تـو کار بـرای لوله‌هـای پنـج لایـه تـا سـایز ۳۲ میلی‌متـر و طـول لولـه کوتاه اسـتفاده می‌گردد و شـعاع خم مناسـب و مطلوب حاصل می‌شـود.

✓ فنـر رو کار (روی لولـه): فنـر رو کار بیشـتر در مـورد لوله‌های پنج لایه تا سـایز ۳۲ میلی‌متـر بـا طول لولـه بلند اسـتفاده می‌گردد.

در شـکل ۴-۷-الـف فنـر تـو کار و در شـکل ۴-۷-ب فنـر توکار مخصـوص خم کردن لولـه پنج لایه نشـان داده شـده اسـت.

(ب)

(الف)

شکل ۴-۷: فنر مخصوص خم کردن لوله‌های سایز پایین الف)توکار ب) روکار

- **نحوه خم کردن لوله با استفاده از فنر**

۱- فنرِ متناسب با سایز لوله انتخاب نمایید.
۲- بسته به سایز و طول لوله، فنر درون لوله رفته یا روی لوله قرار می‌گیرد.
۳- به‌وسیله فنر و با وارد کردن نیروی دست، محل مورد نظر را با توجه به شعاع خم مجاز، به آرامی خم کنید.
۴- پس از خم نمودن لوله، فنر را از لوله جدا نمایید.

روش سوم: خم کردن لوله به‌وسیله خم کن دستی یا هیدرولیکی

در هنگام اجرای لوله‌کشی در متراژ بالا و بدون استفاده از اتصالات در طول لوله‌های به کار برده شده (مانند سیستم‌های گرمایش از کف)، در مکان هایی که لوله باید بدون ایجاد دو پهن شدن و یا شکستگی خم شود و یا نیاز به خم‌های ۱۸۰ درجه باشد، استفاده از خم‌کن دستی یا هیدرولیکی توصیه می‌گردد. این خم‌کن شامل یک دهانه کمانی شکل (فک متحرک) و دو فک کوچک با قابلیت چرخش در جای است که هر دو با توجه به سایز لوله انتخاب می‌شوند.
در شکل ۴-۸-الف خم کن هیدرولیکی و در شکل ۴-۸-ب خم کن دستی نشان داده شده است.

(الف)

(ب)

شکل ۴-۸: الف) خم کن هیدرولیکی ب) خم کن دستی

• مراحل استفاده از خم کن دستی

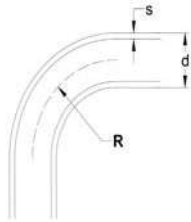
۱- دو فک چرخان جلویی و فک کمانی عقبی را با توجه به سایز لوله انتخاب کنید.
۲- لوله را در دهانه قوس‌دار دستگاه (فک متحرک) قرار دهید.
۳- با وارد نمودن فشار بر دسته دستگاه، فک متحرک به سمت جلو حرکت می‌کند.
۴- لوله با قرار گرفتن میان فک‌های دستگاه به راحتی خم می‌شود.
۵- با کشیدن دسته متحرک در خلاف جهت قبلی، لوله آزاد شده و از دستگاه خارج می‌گردد.

۴-۲-۴ شعاع خم مجاز لوله پنج لایه

در جدول ۴-۱ حداقل شعاع خم مجاز برای هر کدام از روش‌های مذکور متناسب با سایز لوله آورده شده است. d قطر خارجی لوله، s ضخامت جداره لوله و R شعاع خم می‌باشد که در شکل ۴-۹ نشان داده شده است.

جدول ۴-۱: شعاع خم متناسب با سایزهای مختلف لوله

میزان شعاع خم (میلی‌متر)	سایز لوله (میلی‌متر)			
	۱۶	۲۰	۲۵	۳۲
حداقل شعاع خم با دست (۵d)	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰
حداقل شعاع خم با فنر (۴d)	۶۴	۸۰	۱۰۰	۱۲۸
حداقل شعاع خم با خم کن	۵۶	۷۶	۸۵	۱۲۶



شکل ۴-۹: شعاع خم لوله

۴-۲-۵ کالیبراتور

از اجـزای اصلـی اجـرای سیسـتم لوله‌کشـی کالیبراتورها (برقو) هسـتند که بـه دو صورت تک سـر و سـه سـر (سـه پره‌ای) عرضه می‌شـوند. کالیبراتورهای سـه پره‌ای، برای کالیبره نمـودن لوله‌هـا بـا سـایزهای۱۶، ۲۰ و ۲۵ و در سـایز بزرگ‌تـر بـا سـایزهای ۲۰، ۲۵ و ۳۲ مورد اسـتفاده قـرار می‌گیرند (شـکل ۴-۱۰).

کالیبراتور به دو منظور زیر به‌کار می‌رود:

اول: هنگامی‌کـه لولـه توسـط قیچـی بریـده شـود، ممکـن اسـت سـطح مقطـع لوله از حالـت دایـره خـارج شـده و نتـوان از آن اسـتفاده نمـود (گاهی سـطح مقطع به شـکل بیضی درآمده و گاهی هم گوشـه‌دار و تیز می‌شـود). کالیبراتور سـبب می‌شـود سـطح مقطـع لولـه گرد شـده و اتصـال راحت‌تـر داخل لولـه برود.

دوم: کالیبراتـور بـر روی لبـه لولـه هـم از داخـل و هـم از خـارج پـخ ۴۵ درجـه ایجـاد مـی‌کنـد؛ زیـرا در انتهـای کالیبراتور، تیغه برشـی وجـود دارد که با چرخـش کالیبراتور در جهـت سـاعت‌گرد یـا خـلاف آن و فشـار دسـت، پـخ ایجـاد می‌شـود. بـا ایـن کار می‌تـوان لولـه را بـه راحتـی و بـه انـدازه مـورد نیـاز داخـل اتصال فـرو برد.

شکل ۴-۱۰: کالیبراتورهای سه سر

• کالیبره کردن لوله

در ابتدا باید کالیبراتور متناسب با سایز لوله انتخاب شود. نوک کالیبراتور را به مایع روان کننده آغشته کرده (مایع روان کننده می‌تواند صابون مایع، شامپو و مایع ظرف‌شویی باشد و هرگز نباید از انواع روغن و گریس به علت غیربهداشتی بودن به‌عنوان مایع روان کننده استفاده شود) سپس کالیبراتور به‌وسیله فشار دست وارد لوله شده و می‌بایست در جهت ساعت‌گرد دوران داده شود. زمانی که سطح مقطع لوله به حالت اولیه بازگشت و یا کالیبراتور لبه داخلی لوله را به‌صورت کامل پخ زد (به‌منظور برداری از لبه داخلی لوله)، عمل کالیبره کردن به پایان می‌رسد. مجدداً باید کالیبراتور درون لوله در جهت پادساعت‌گرد دوران داده شده و از داخل لوله خارج شود. شکل ۴-۱۱ لوله قبل و بعد از کالیبره شدن را نشان‌می دهد.

(الف)

(ب)

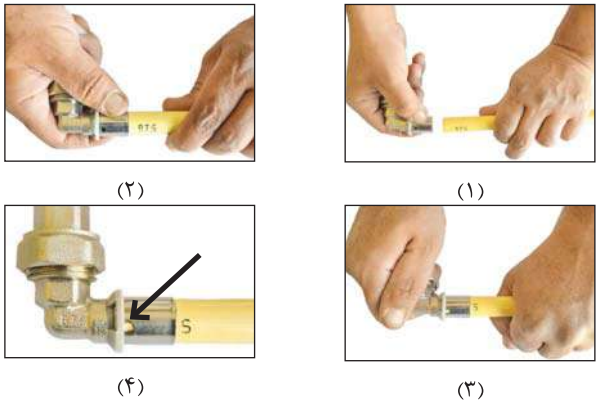
شکل ۴-۱۱ : لوله الف) قبل از کالیبر شدن ب) بعد از کالیبر شدن

۴-۳ نحوه نصب اتصالات به لوله پنج‌لایه

همان‌طور که بیان شد، اتصالات "بی‌تی‌اس" در سه نوع پرسی، کوپلی و رزوه‌ای موجود است که مراحل نصب آن‌ها متفاوت است. در ادامه نحوه نصب این اتصالات بیان می‌شود:

۴-۳-۱ اجرای لوله‌کشی با اتصالات پرسی

پس از برش لوله به مقدار لازم و کالیبره‌کردن آن، نوبت به نصب اتصال پرسی می‌رسد. لوله درون اتصال برده شده تا از شیار روی حلقه استیل، لوله مشاهده گردد (شکل ۴-۱۲ تصویر ۴). توجه شود که حلقه پلاستیکی روی اتصال وجود داشته باشد (حلقه پلاستیکی نگه دارنده و حلقه استیل نباید از اتصال جدا شوند). پس از آن کلیه اتصالات باید به‌وسیله دستگاه پرس، پرس گردند.



شکل ۴-۱۲: نحوه اجرای اتصالات پرسی

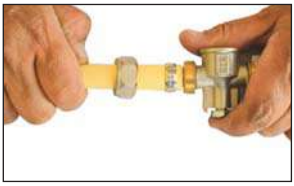
توجه مهم: در صورتی که در سیستم لوله‌کشی از اتصالات پرسی استفاده شود پس از نصب آن‌ها روی لوله، از پرس شدن کلیه اتصالات باید اطمینان حاصل نمود. بررسی چشمی از پرس شدن اتصالات پرسی کافی نبوده و پس از اتمام پرس‌کاری تست فشار باید انجام شود.

۴-۳-۲ اجرای لوله‌کشی با اتصالات کوپلی

پس از برش لوله به مقدار لازم و کالیبره‌کردن آن، برای نصب اتصال کوپلی به لوله، در ابتدا لوله به ترتیب داخل مهره و حلقه چاک‌دار شده و پس از آن لوله داخل اتصال فرو برده می‌شود تا جایی که حلقه چاک‌دار به رزوه نزدیک شود. سپس مهره با استفاده از آچار مناسب به بدنه‌ی اتصال محکم می‌گردد. با بسته شدن مهره، حلقه چاک‌دار روی لوله محکم شده و آب‌بندی صورت می‌گیرد. این مراحل در شکل ۴-۱۳ آورده شده است.

(۲)

(۱)



(۴)

(۳)

(۶)

(۵)

شکل ۴-۱۳: نحوه اجرای اتصالات کوپلی

۴-۳-۳ اجرای لوله‌کشی با اتصالات رزوه‌ای

اتصالات رزوه‌ای به عنوان رابط بین کلکتور، شیرآلات و دیگر اتصالات کاربرد دارد. عموماً در این اتصالات از واشر یا اورینگ استفاده نمی‌شود به همین علت برای آب‌بندی محل اتصالِ اتصالات رزوه‌ای به دیگر اجزا باید از نوار تفلون یا مایع آب‌بندی رزوه استفاده نمود.

۴-۴ نکات اجرایی در استفاده از محصولات "بی‌تی‌اس"

۱- پیش از آغاز کار، مکان اجرای سیستم لوله‌کشی پاک‌سازی شود.
۲- اجرای سیستم لوله‌کشی باید حتی‌الامکان مطابق با نقشه‌های طراحی شده باشد.
۳- لوله‌کشی باید در مسیرهایی اجرا شود که در اطراف لوله‌ها و دیگر اجزای لوله‌کشی فضای لازم برای تعمیر، تعویض و کار با ابزار عادی وجود داشته باشد.
۴- مسیر لوله‌کشی باید حتی‌الامکان کوتاه‌ترین مسیر و کمترین تغییر جهت را داشته باشد و سعی شود عمود یا موازی دیوار ساختمان باشد.
۵- حرکت لوله به‌صورت افقی روی دیوار به‌هیچ‌وجه مجاز نمی‌باشد (شکل ۴-۱۴).

شکل ۴-۱۴ : اجرای غلط- حرکت لوله به‌صورت افقی بر روی دیوار

۶- خطوط لوله نباید از داخل دودکش، کانال هوا، چاهک آسانسور و اتاق برق عبور کند.
۷- در طراحی لوله‌کشی عبور لوله‌ها از ستون و دیوار برشی مجاز نمی‌باشد.
۸- لوله‌ها باید حتی‌الامکان نزدیک دیوارها و تیغه‌ها و با رعایت فاصله حداقل ۱۰ سانتی‌متر قرار گیرند. تغییر در زاویه لوله‌های خوابانده شده به‌منظور حفظ امتداد حرکت در کنار دیوارها باید طبق دستور مهندس ناظر انجام شود (شکل ۴-۱۵).

شکل ۴-۱۵ : عبور لوله‌ها از نزدیکی دیوار (حداقل فاصله مجاز از دیوار ۱۰ سانتی‌متر)

۹- لوله‌های مربوط به هر سرویس (سرویس بهداشتی، حمام، آشپزخانه) بهتر است در صورت طولانی نشدن لوله از ورودی سرویس عبور کند (شکل ۴-۱۶).

شکل ۴-۱۶: عبور صحیح لوله از ورودی سرویس

۱۰- لوله‌ها باید به‌صورت موازی یکدیگر قرار گیرند. عبور لوله‌ها از روی یکدیگر و به‌صورت نامنظم مجاز نیست.

۱۱- عبور لوله‌ها به‌صورت مورب در ساختمان مجاز نیست و زوایای مورد استفاده در سیستم لوله‌کشی ۹۰° می‌باشد؛ به این ترتیب مسیریابی برای تعمیرات راحت‌تر خواهد بود. در صورت عدم امکان، ادامه کار باید طبق دستور مهندس ناظر انجام شود.

در شکل ۴-۷ عبور غیر مجاز لوله به صورت مورب نشان داده شده است.

شکل ۴-۱۷: عبور غیر مجاز لوله‌ها به‌صورت مورب

۱۲- حرکت لوله به‌صورت عمودی از سقف به کف و بالعکس بهتر است در گوشه‌ی دیوار انجام شود.

۱۳- در صورتی که لوله‌ها در سقف و یا در دیوار اجرا شوند، باید لوله با استفاده از غلاف‌هایی با جنس فلزی محافظت گردد. این غلاف‌ها باید به گونه‌ای کار گذاشته شود که برای عبور لوله‌ها مشکلی ایجاد نکند. همچنین برای نگهداری لوله باید از بست مناسب استفاده شود (شکل ۴-۱۸).

شکل ۴-۱۸: استفاده از بست مناسب برای نگهداری لوله

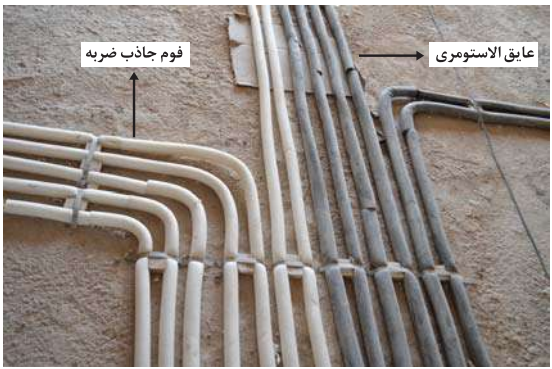
۱۴- لوله‌هایی که نیاز است به موازات پی و یا خارج از دیوارهای باربر عبور کنند باید حداقل در فاصله‌ی یک متری از آن‌ها قرار گیرند؛ در صورت عدم امکان باید طبق دستور مهندس ناظر انجام شود.

۱۵- فاصله بین لوله‌ها باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود که مسئله‌ی تبادل حرارت بین آن‌ها، امکان عایق‌کاری و دسترسی به هر کدام از لوله‌ها جهت تعمیرات یا موارد مشابه (مانند اضافه کردن انشعاب و...) وجود داشته باشد (شکل ۴-۱۹).

۱۶- لوله‌هایی که در محوطه خارج ساختمان و یا امتداد دیوارهای خارجی ساختمان نصب می‌شوند، باید در برابر یخبندان در فصل سرد و همچنین در برابر فشارها و نیروهای خارجی محافظت گردند.

۱۷- در مواردی که لوله در معرض مستقیم نور خورشید قرار دارد، نیاز است از پوشش محافظ مقاوم در برابر نور خورشید استفاده گردد.

۱۸- برای جلوگیری از هدر رفت حرارتی لوله‌کشی آب گرم و لوله‌کشی رادیاتورها بهتر است از عایق‌های حرارتی (الاستومری) استفاده شود (شکل ۴-۱۹).



شکل ۴-۱۹: رعایت فاصله مناسب در بین لوله‌ها، خم صحیح و استفاده از عایق حرارتی (الاستومری) و فوم جاذب ضربه

۱۹-لوله‌های آب سرد و گرم در محل نصب مصرف‌کننده‌ها، می‌بایست با استفاده از صفحه نصب مناسب و با رعایت فواصل استاندارد قرار گیرند (شکل ۴-۲۰).

(ب)

(الف)

(ج)

شکل ۴-۲۰ : الف) عدم رعایت فاصله استاندارد بین مصرف کننده گرم و سرد ب) استفاده نادرست از صفحه نصب صاف به جای صفحه نصب قوص‌دار ج) استفاده درست از صفحه نصب قوص‌دار

۲۰- در مکان‌هایی که به عایق‌کاری رطوبتی نیاز است، باید از لوله‌ها و فوم آن‌ها در برابر شعله (قیرگونی یا ایزوگام) محافظت شود.

۲۱- در هنگام اجرای لوله‌کشی از آسیب رسیدن به لوله‌ها به دلیل وجود مصالح ساختمانی و اجسام تیز و برنده در محل باید جلوگیری شود.

۲۲- مسیر لوله‌کشی باید طوری انتخاب شود که در صورت نیاز به تعمیر لوله، به مصالح و لوازم بهداشتی آسیب وارد نشود (به‌عنوان مثال لوله از زیر سنگ توالت یا زیردوشی عبور نکند).

۲۳- برای برش لوله پنج‌لایه "بی‌تی‌اس" باید از قیچی لوله‌بر مخصوص این لوله استفاده شود. در زمان برش لوله ، قیچی باید بر محور لوله عمود باشد (شکل ۴-۲۱).

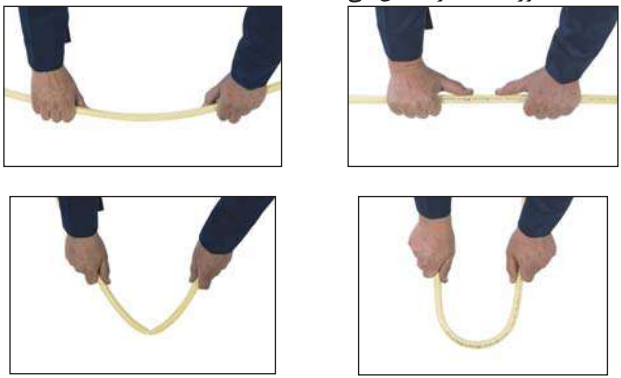
شکل ۴-۲۱ : قیچی لوله‌بر مخصوص لوله پنج لایه

۲۴- در سیستم لوله‌کشی نباید از لوله دو پهن شده استفاده نمود زیرا پس از مدتی لوله تحت فشار می‌شکند. معمولاً دو پهن شدن لوله زمانی رخ می‌دهد که لوله به‌وسیله دست خم شده باشد و یا پس از برش لوله با قیچی از کالیبراتور استفاده نشده باشد (شکل ۴-۲۲).

شکل ۴-۲۲: دو پهن شدن لوله در اثر برش ناصحیح

۲۵- توصیه می‌شود خم کردن لوله‌ها با استفاده از خم کن و یا فنر انجام شود. بدین ترتیب شعاع خم بر اساس مقادیر تعیین‌شده در استاندارد اجرا می‌شود. تا حد امکان از خم کردن لوله به‌وسیله دست خودداری شود.
شکل ۴-۲۳-الف لوله خم شده به صورت صحیح و شکل ۴-۲۳-ب لوله خم شده

با دست به صورت غلط را نشان می‌دهد.



(ب) (الف)

شکل ۴-۲۳ : الف) اجرای درست خم با دست ب) اجرای نادرست خم با دست

۲۶- در صورت نیاز به روان‌کننده برای اتصالات پرسی، از مایعاتی چون صابون، شامپو و یا مایع ظرفشویی استفاده شود. استفاده از مواد روغنی به‌عنوان روان‌کننده به دلیل اثرات نامطلوب بر اتصال و لوله مجاز نمی‌باشد.

۲۷- اتصالات گالوانیزه نباید در کنار اتصالات برنجی استفاده شوند زیرا این عمل باعث ایجاد خوردگی بین اتصالات می‌شود و از طرف دیگر به علت عدم تطابق صحیح بین دنده‌های اتصالات برنجی و گالوانیزه عمل آب‌بندی به خوبی صورت نمی‌گیرد (شکل ۴-۲۴).

شکل ۴-۲۴ : استفاده غلط اتصالات گالوانیزه در کنار اتصالات برنجی

۲۸- در نصب اتصالات پرسی دقت شود که لوله در انتهای اتصال قرار گرفته باشد. در این حالت از سوراخ انتهای حلقه استیل اتصال پرسی، لوله دیده می‌شود. همچنین باید دقت شود تمامی قطعات به درستی بر روی یکدیگر نصب گردند (شکل ۴-۲۵).

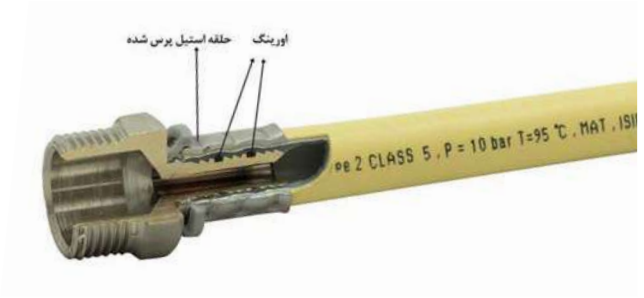
شکل ۴-۲۵ : نمایش لوله در سوراخ انتهای حلقه استیل اتصال پرسی

۲۹- قبل از پرس کردن اتصالات پرسی و یا محکم کردن اتصالات کوپلی، از صحت اجرا طبق نقشه اطمینان پیدا کرده و اجرا توسط مهندس ناظر تأیید گردد.

۳۰- در اتصالات پرسی قبل از انجام عملیات پرس باید فک دستگاه بر روی لوله عمود باشد و از چسبیدن فک به قطعه پلاستیکی اطمینان حاصل نمود. نحوه قرارگیری لوله بر روی فک دستگاه در شکل ۴-۲۶ نشان داده شده است.

شکل ۴-۲۶ : نحوه صحیح اجرای پرس

۳۱- عملیات پرس اتصالات زمانی اتمام می‌یابد که خود دستگاه عملیات پرس را قطع نماید. دقت شود که در حین پرس هرگز نباید عملیات را به صورت دستی متوقف کرد. در شکل ۴-۲۷ اتصال پرس شده به صورت برش خورده نشان داده شده است. در این شکل می‌توان نحوه آب‌بندی بین لوله و اتصال که توسط اورینگ‌ها انجام شده است را مشاهده نمود.



شکل ۴-۲۷ : نمای برش خورده لوله و اتصال پرس شده

۳۲- حتماً از پرس شدن کلیه اتصالات پرسی و سفت شدن اتصالات کوپلی و رزوه‌ای اطمینان حاصل کنید. عدم بررسی کامل این اتصالات خسارت‌های جبران ناپذیری برای سیستم تأسیساتی به بار می‌آورد.

۳۳- استفاده از آچارهایی نظیر لوله‌گیر یا شلاقی برای سفت کردن اتصالات کوپلی و رزوه‌ای جایز نمی‌باشد و بهتر است از آچارفرانسه یا تخت استفاده شود.

۳۴- در نصب اتصالات دیواری توجه کنید که همه اتصالات بر روی دیوار باید تراز بوده و در همه جهات در موقعیت عمود بر دیوار واقع شده باشند.

۳۵- برای استفاده از درپوش در سیستم آبرسانی یا رادیاتورها به رنگ آن‌ها توجه کنید. درپوش‌های قرمز رنگ برای آب گرم مصرفی و ورود آب به رادیاتورها و درپوش‌های آبی رنگ برای آب سرد یا برگشت آب گرم رادیاتورها استفاده می‌گردند. استفاده از این درپوش‌ها به دلیل آنکه دارای اورینگ می‌باشند و با فشار دست آب‌بندی می‌شوند و همچنین در مرحله نازک‌کاری داخل کار (دیوار) نمی‌مانند، توصیه می‌شود. در شکل ۴-۲۸ استفاده درست و نادرست از این درپوش‌ها نشان داده شده است.

(الف)

(ب)

شکل ۴-۲۸ : الف) استفاده درست از درپوش قرمز برای آب گرم و درپوش آبی برای آب سرد
ب) استفاده نادرست از درپوش قرمز برای خروجی آب سرد

۳۶- در نصب سیستم لوله‌کشی "بی‌تی‌اس" اعمال وزن بر روی لوله مجاز نمی‌باشد، از این رو در مکان‌هایی که امکان اعمال وزن خارجی بر روی لوله وجود داشته باشد (مانند مکان نصب شیرآلات بهداشتی) از اتصالات دیواری همراه با صفحه نصب و یا اتصالات صفحه‌دار باید استفاده شود (شکل ۴-۲۹).

شکل ۴-۲۹ : الف) استفاده درست از صفحه نصب ب) روش غلط و اعمال وزن بر روی لوله

۳۷- در پایان اجرای لوله‌کشی می‌بایست نقشه اجرا شده (as built) برداشت شود تا در مواقع ضروری به آن مراجعه شود.
۳۸- پس از اجرای لوله‌کشی، تست و تأیید مهندس ناظر، مسیر لوله‌کشی با استفاده از ملات سبک پوشانده شود تا از هرگونه آسیب دیدگی جلوگیری شود (شکل ۴-۳۰).

شکل ۴-۳۰ : پوشاندن لوله‌ها پس از اتمام تست مجموعه برای جلوگیری از آسیب دیدگی

۳۹- فاصله بین بست‌های لوله برای سایزهای مختلف باید مطابق با جدول ۴-۲ رعایت شود.

جدول ۴-۲: فاصله بین بست‌های لوله برای سایزهای مختلف

قطر خارجی (میلی‌متر)	فاصله مجاز بین بست‌ها (متر)			
	افقی		عمودی	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۱۶	۱	۱/۲۰	۱	۱/۶
۲۰	۱/۱	۱/۳۰	۱/۱	۱/۷۰
۲۵	۱/۳	۱/۵۰	۱/۳	۲
۳۲	۱/۳۵	۱/۶۰	۱/۳۵	۲/۱۰

۵

فهرست موضوعی استانداردها

۵-۱ مقدمه

در این بخش فهرستی از استانداردهای مهم ایرانی و بین‌المللی که در صنعت تأسیسات تألیف گردیده و کاربرد دارند با ذکر شماره، نام و مطلب مربوط به هر یک از استانداردها بیان شده است.

۵-۲ فهرست استانداردهای کاربردی در تأسیسات

ردیف	شماره استاندارد	نام استاندارد	مطالب ذکر شده در استاندارد
۱	مبحث چهاردهم	مقررات ملی ساختمان ایران- تأسیسات گرمایشی، تعویض هوا و تهویه مطبوع	حداقل الزامات: - گرم کردن فضاهای داخل ساختمان - خنک کردن فضاهای داخل ساختمان - تعویض هوای فضاهای داخل ساختمان - تخلیه هوای فضاهای داخل ساختمان - تهیه و ذخیره آب گرم مصرفی
۲	مبحث شانزدهم	مقررات ملی ساختمان ایران- تأسیسات بهداشتی	حداقل الزامات: - لوله‌کشی و ذخیره‌سازی آب مصرفی در ساختمان - لوله‌کشی فاضلاب بهداشتی در ساختمان - لوله‌کشی هواکش فاضلاب - لوله کشی لوازم بهداشتی - لوله‌کشی آب باران ساختمان

ردیف	شماره استاندارد	نام استاندارد	مطالب ذکر شده در استاندارد
۳	ISIRI ۱۲۷۵۳	سیستم لوله‌های چند لایه برای لوله‌کشی آب سرد و گرم داخل ساختمان قسمت اول: اصول کلی قسمت دوم: لوله‌ها قسمت سوم: اتصالات قسمت پنجم: همخوانی مجموعه لوله و اتصال با شرایط کاربری	تعیین ویژگی سیستم لوله‌های چندلایه مورد مصرف آب سرد و گرم داخل ساختمان برای انتقال آب با توجه به: - مصارف عمومی و آشامیدنی در سیستم خانگی - سیستم‌های گرمایشی تحت‌فشارهای طراحی مشخص شده - دماهای مناسب با کلاس کاربری
۴	ISIRI ۱۶۲۲۲	شیرهای ساختمانی - شیرهای توپی دستی از آلیاژ مس و مواد زنگ نزن برای تأمین آب آشامیدنی در ساختمان‌ها-آزمون‌ها و الزامات	الزامات شیرهای توپی از آلیاژهای مس، با ابعاد DN8 تا DN100 برای: - تأمین آب آشامیدنی در ساختمان‌ها تا PN10 و دمای توزیع ۶۵ درجه سانتی‌گراد -چرخه‌های گاه به گاه تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت بیشینه ۱ ساعت - شیرهای توپی در ترکیب با دیگر قطعات داخل همان بدنه
۵	ISIRI ۳۶۶۴	شیرآلات ساختمانی- ویژگی‌های و روش‌های آزمون	- تعیین ویژگی‌های شیرآلات ساختمانی اعم از شیر فلکه از نوع کشویی، سوزنی و شیر یک طرفه

ردیف	شماره استاندارد	نام استاندارد	مطالب ذکر شده در استاندارد
۶	ISIRI ۷۴۹۱-۲	درزگیری لاستیکی- الزامات مواد سازنده درزگیرهای محل اتصال لوله مورد مصرف در کاربردهای آب و فاضلاب قسمت دوم: ترموپلاستیک الاستومرها	- تعیین ویژگی‌ها، ابعاد و رواداری آب‌بندهای لاستیکی خطوط لوله آب و فاضلاب
۷	ISIRI ۶۳۱۴-۲	پلاستیک‌ها - سیستم لوله‌کشی آب سرد، گرم و داغ پلی‌پروپیلن قسمت دوم: لوله‌ها- ویژگی‌ها	تعیین ویژگی‌های لوله‌های ساخته شده از پلی‌پروپیلن برای سیستم لوله‌کشی پلی‌پروپیلن با توجه به: - آبرسانیِ آبِ سرد، گرم و داغ برای شرب انسانی - سیستم گرمایشی ساختمان‌ها
۸	ISIRI ۶۳۱۴-۲	پلاستیک‌ها - سیستم لوله‌کشی آب سرد، گرم و داغ پلی‌پروپیلن قسمت دوم: اتصالات- ویژگی‌ها	تعیین ویژگی‌ها و روش‌های آزمون اتصالات ساخته‌شده از مواد پلی‌پروپیلن در سیستم لوله‌کشی (PP) با توجه به: - آبرسانیِ آبِ سرد، گرم و داغ برای شرب انسانی - سیستم گرمایشی تحت فشار برای دمای طراحی بر اساس رده کاربری

ردیف	شماره استاندارد	نام استاندارد	مطالب ذکر شده در استاندارد
۹	ISIRI ۷۶۰۵	لاستیک ولکانیده یا گرمانرم تعیین مانایی فشاری در دماهای محیط، بالا یا پایین روش آزمون	- تعیین مشخصه‌های مانایی فشار لاستیک‌های ولکانیده یا گرمانرم در دماهای محیط، بالا یا پایین - روش‌هایی برای اندازه‌گیری قابلیت لاستیک دارای سختی در محدوده ۱۰ تا ۹۵ IRHD برای حفظ خواص الاستیک در دماهای معین
۱۰	DIN ۱۹۸۸	Drinking water supply systems	- ضروریات و الزامات طراحی، اجرای کار و تعمیر سیستم‌های آبرسانی در ساختمان با توجه به مواد اولیه و تجهیزات به‌کاررفته
۱۱	DIN EN ۸۰۶-۴	Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption	- الزامات و توصیه‌های مربوط به اجرای لوله‌کشی سیستم‌های آب آشامیدنی در داخل و خارج ساختمان
۱۲	DIN ۱۸۳۸۰	Installation of central heating systems and hot water supply systems	- الزامات اجرایی سیستم‌های گرمایش مرکزی و سیستم‌های آب گرم مصرفی
۱۳	DIN ۱۶۹۲۸	- Pipes of thermoplastic materials - Pipe joints, elements for pipes, laying	- الزامات مربوط به خواباندن و دفن کردن لوله‌های حاوی مواد ترموپلاستیک

ردیف	شماره استاندارد	نام استاندارد	مطالب ذکر شده در استاندارد
۱۴	ISO ۱۰۵۰۸	Plastics piping systems for hot and cold water installations — Guidance for classification and design	– الزامات طبقه بندی و طراحی سیستم‌های آب سرد و گرم شامل لوله‌های پلاستیکی همراه با اتصالات پلاستیکی یا فلزی
۱۵	ASTM F ۱۲۸۱	Standard specification for crosslinked polyethylene/ aluminum/ crosslinked polyethylene (PEX-AL-PEX) pressure pipe	الزامات و روش‌های: – آزمون مواد اولیه، ابعاد و اندازه لایه‌های مختلف لوله – آزمون چسبندگی – آزمون فشار برست – آزمون استحکام فشاری بلند مدت – نشانه گذاری روی لوله

۶

مجموعه آزمون‌های لازم

۶-۱ مقدمه

در ایـن بخـش فهرسـتی از مهم‌تریـن آزمون‌هـای لولـه و اتصـالات و شـرح مختصـری از آن‌هـا ارائـه شـده کـه کلیـه ایـن آزمون‌هـا مطابـق بـا اسـتاندارد ملّـی ۱۲۷۵۳ قسـمت‌های ۲، ۳ و ۵ اسـت.گفتنی اسـت ایـن آزمون‌هـا به‌صـورت اختصاصـی در آزمایشـگاه "بی‌تـی‌اس" انجـام می‌شـود.

۶-۲ آزمون چرخه دمایی / Thermal Cycling Test

هدف آزمون: بررسی مقاومت به هم پیوستگی لوله و اتصالات

مهم‌تریـن آزمـون بررسـی کیفیـت سیسـتم‌های لوله‌کشـی آب سـرد و گـرم، آزمـون "چرخـه دمایـی" اسـت. اگـر تغییـرات دمایـی بـه دلیـل تفـاوت در ضریـب انبسـاط حرارتـی، سـبب شـل شـدن اتصـالات از مجموعه لوله‌ها شـود، ایـن آزمـون آن را بروز خواهـد داد. در ایـن آزمـون در ابتـدا آب بـا دمـای ۹۵ درجـه در فشـار ۱۰ بـار با دوره زمانـی ۱۵ دقیقـه‌ای وارد مجموعـه لولـه و اتصـالات می‌شـود و پـس از سـپری شـدن دوره، آب تخلیـه شـده و بلافاصلـه آب با دمای ۲۰ درجه با شـرایط قبـل وارد مجموعه لولـه و اتصـالات می‌شـود. ایـن سـیکل ۵۰۰۰ بـار تکـرار می‌شـود. ایـن آزمـون طبـق روش آزمـون اسـتاندارد EN۱۲۲۹۳ انجـام می‌شـود.

شکل ۶-۱ : کابین آزمون چرخه دمایی و مولّد مربوطه

۶-۳ آزمون استحکام فشاری بلند مدت (هیدرواستاتیک) / Long-term pressure strength Test

هدف آزمون: بررسی مقاومت لوله‌های چند لایه در برابر فشار مداوم

این آزمون برای لوله‌های پنج لایه، وابسته به نوع محیط آزمون به دو روش قابل اجرا است:

روش اول: استفاده از حمام آب (تست فشار هیدرواستاتیک آب در آب)

در این روش نمونه لوله حاوی سیال می‌باشد و به‌منظور هم‌دمایی به مدت ۲ ساعت در حمام آب قرار می‌گیرد. پس از تعادل دمایی نمونه لوله به مدت ۱۰ ساعت در دمای ۸۲ درجه سانتی‌گراد و تحت فشار داخلی ۲۷/۲ بار مورد آزمایش قرار می‌گیرد. طول آزاد نمونه‌های لوله استفاده شده در این آزمون حداقل ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد. هیچ یک از نمونه‌ها در این روش، نباید دچار شکست، ترکیدگی، بادکردگی و یا دانه دانه شدن گردند.

روش دوم: استفاده از آوِن هوا (تست فشار هیدرواستاتیک آب در هوا)، این روش به‌روزتر از روش اول است.

در این روش نمونه لوله حاوی سیال می‌باشد و به‌منظور هم‌دمایی به مدت ۴ ساعت در آوِن هوا قرار می‌گیرد. پس از تعادل دمایی، نمونه لوله به مدت ۲۲ ساعت در دمای آزمون ۹۵ درجه سانتی‌گراد و تحت فشار داخلی ۲۵ بار مورد آزمون قرار می‌گیرد. طول آزاد نمونه لوله استفاده شده در این آزمون حداقل ۱۰ برابر قطر خارجی می‌باشد به طوری که کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر نباشد. هیچ یک از نمونه‌ها در این روش نیز نباید دچار ترکیدگی، بادکردگی و یا نشتی شوند.

شکل ۶-۲ : کابین آزمون استحکام فشاری بلند مدت (هیدروستاتیک) و مولّد مربوطه

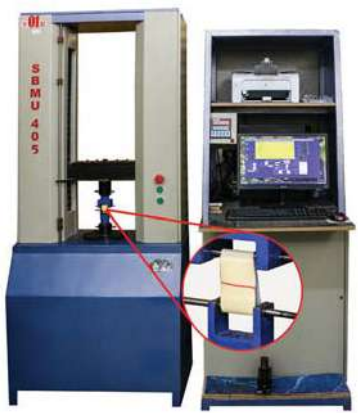
۶-۴ آزمون حلقه / Ring Test

هدف آزمون: بررسی استحکام کششی لوله و کیفیت جوش آلومینیوم

در این آزمون ۱۵ نمونه پشت سر هم از یک لوله با طول ۲۵ میلی‌متر انتخاب شده و به‌گونه‌ای داخل دستگاه کشش (Tensile) قرار داده می‌شود که جوش آلومینیوم نسبت به محور کشش زاویه ۹۰ درجه داشته باشد. سپس فک‌ها با سرعت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه از یکدیگر دور شده و حداکثر مقدار نیروی تحمل شده توسط لوله ثبت می‌شود. این مقدار می‌بایست بیشتر از حداقل استحکام بر اساس استاندارد مطابق با جدول ۶-۱ باشد.

جدول ۶-۱: حداقل استحکام حلقه لوله

اندازه اسمی لوله (mm)	۱۶	۲۰	۲۵	۳۲	۴۰	۵۰	۶۳
حداقل استحکام حلقه لوله (N)	۲۱۰۰	۲۴۰۰	۲۴۰۰	۲۶۵۰	۳۲۰۰	۳۵۰۰	۵۲۰۰

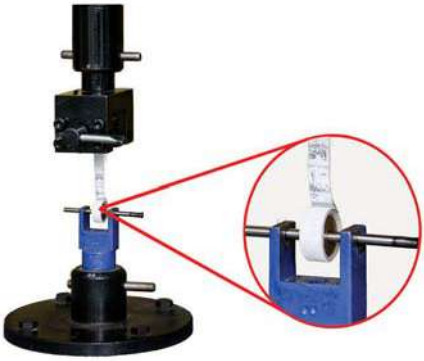


شکل ۶-۳ : دستگاه کشش آزمون حلقه و کنترل مربوطه

۶-۵ آزمون چسبندگی/ Adhesion Test

هدف آزمون: بررسی مقاومت چسب لوله

در این آزمون، حداقل ۵ حلقه به طول ۱۰ میلی‌متر از لوله جدا می‌شود به گونه‌ای که دو طرف حلقه عمود بر محور لوله باشد. سپس لایه خارجی لوله و آلومینیوم در طول لوله به طول میلی‌متر از لوله جدا شده و به فک بالایی دستگاه کشش متصل می‌گردد. حلقه در این آزمون در فک پایینی دستگاه بر روی یک میله قرار می‌گیرد. در این حالت لایه خارجی و آلومینیوم با سرعت ۵۰ mm/min به طرف بالا کشیده می‌شود تا از لایه داخلی لوله جدا گردد. نیروی به کار رفته برای جدا کردن لایه‌ها نباید کمتر از ۴۰ نیوتن باشد.



شکل ۶-۴ : دستگاه کشش آزمون چسبندگی

۶-۶ آزمون میزان نرخ جریان جرمی مذاب / Melt mass- flow rate (MFR)

هدف آزمون: بررسی میزان نرخ جریان جرمی مذاب پلیمر

در این آزمایش ۳ الی ۵ گرم نمونه از ماده اولیه پلیمری لوله در دستگاه قرار داده می‌شود. دستگاه در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌شود و بر اساس ماده تحت آزمایش، وزنه‌ای با جرم مشخص روی پیستون قرار می‌گیرد. ماده‌ی مذاب خروجی از دستگاه در زمان معین اندازه‌گیری شده و بر اساس جرم خروجی در زمان ۱۰ دقیقه میزان نرخ جریان مذاب به دست می‌آید. میزان سهولت جریان مذاب موادی چون PE-RT، PE-X و چسب، نقش تعیین‌کننده‌ای در روند تولید لوله دارد.

شکل ۶-۵ : دستگاه آزمون نرخ جریان جرمی مذاب

۶-۷ آزمون میزان ژل/ Gel Content Test

هـدف آزمـون: بررسـی درجـه شـبکه‌ای شـدن لایـه PE-X لولـه از طریـق تعییـن میـزان ژل

پـس از طـی فرآیند مشـبک شـدن لوله، میـزان ۰/۳ گرم از PE-X لوله تراشـیده شـده و درون تـوری دسـتگاه قـرار می‌گیـرد. سـپس نمونـه درون بالـن حاوی محلـول زایلن قـرار گرفتـه و حـرارت داده می‌شـود تـا محلـول بـه حالـت جـوش درآیـد. بـه مـدت ۸ سـاعت فرآینـد جوشـیدن ادامه مـی یابد و بلافاصلـه درون آوِن با دمـای ۱۴۰ درجه سـانتی‌گراد قـرار می‌گیـرد. پـس از خـارج نمـودن تـوری حـاوی نمونـه از آوِن، نمونـه خشـک و سـرد می‌گـردد. بـا اسـتفاده از وزن نمونـه باقـی مانـده درصـد ژل به دسـت می‌آیـد. درصـد ژل قابـل قبـول بـرای ایـن آزمـون ۶۵ درصد می‌باشـد.

شکل ۶-۶ : آزمون میزان ژل

۶-۸ آزمون مانایی فشاری/ O-ring Compression Test

هـدف آزمـون: تعییـن مشـخصه‌های مانایـی فشـاری لاسـتیک یـا اورینـگ در دماهـای بـالا

پـس از آماده‌سـازی صفحـات فشـاری دسـتگاه آزمـون، آزمونـه و فاصله گذارهـا با هم بیـن صفحات فشـاری به‌وسـیله گیره محکم می‌شـوند. دسـتگاه تسـت به همـراه نمونه بـرای مـدت زمـان ۲۴ سـاعت در دمـای ۱۲۵ درجـه سـانتی‌گراد قـرار داده می‌شـود. پـس از خـارج کـردن نمونـه از میـان صفحـات فشـاری، به مـدت ۳۰ دقیقـه در دمای اسـتاندارد برای بازگشـت نگه‌داشـته می‌شـود و پـس از آن ضخامت نمونـه اندازه‌گیری می‌شـود. مقـدار مانایی فشـاری به دسـت آمده طبق اسـتاندارد بایـد حداکثر ۲۰ درصد باشد.

آون

صفحه نگهدارنده اورینگ‌ها

شکل ۶-۷ : تجهیزات آزمون مانایی فشاری

۶-۹ آزمون خواص کششی/ Tensile properties Test

هدف آزمون: تعیین استحکام کششی و ازدیاد طول نسبی لایه آلومینیومی لوله

بـر اسـاس ایـن آزمون مقـدار ازدیاد طـول لایـه آلومینیومی بایـد حداقـل ۲۰ درصد و اسـتحکام کششـی آن حداقـل Mpa ۱۰۰ باشـد تـا توانایـی تحمل تنش‌هـای وارده را به خوبی داشـته باشـد.

شکل ۶-۸ : دستگاه کشش آزمون خواص کششی و کنترل مربوطه

۶-۱۰ آزمون ساچمه / Marble Test

هدف آزمون: بررسی قطر داخلی و اطمینان از عدم انسداد لوله

هر حلقه لوله در خط تولید لوله قبل از ارسال به بسته بندی مورد آزمون ساچمه قرار می‌گیرد. ساچمه‌ای از جنس استیل متناسب با سایز لوله توسط فشار هوا در داخل لوله فرستاده می‌شود. این تست سبب می‌شود تا نقص احتمالی در جداره‌ی داخلی لوله مشخص گردد و آن حلقه‌ی لوله از خط تولید و بسته بندی خارج شود.

شکل ۶-۹ : ساچمه‌های آزمون ساچمه

۷

نمادها
و جداول پیوست

۷-۱ نمادهای پرکاربرد در نقشه‌های تأسیساتی

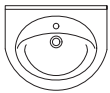
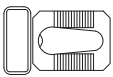
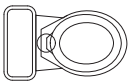
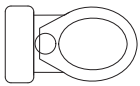
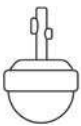
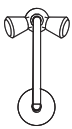
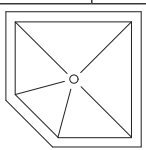
جدول ۷- ۱ نماد لوله‌ها و شیرهای به‌کاررفته در نقشه‌های تأسیساتی

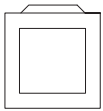
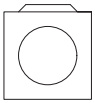
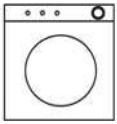
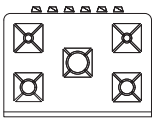
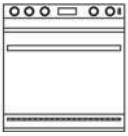
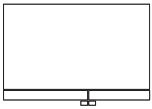
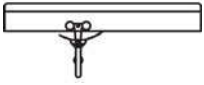
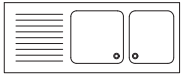
Name	نماد	نام
لوله‌ها		
Domestic Cold Water		خط لوله آب سرد
Domestic Hot Water		خط لوله آب گرم
Domestic Hot Water Return		برگشت آب گرم
شیرها		
Ball Valve		شیر توپی
Gate Valve		شیر کشویی
Globe Valve		شیر کروی
Check Valve		شیر یک طرفه
Butterfly Valve		شیر پروانه‌ای

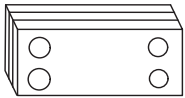
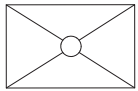
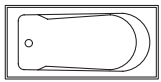
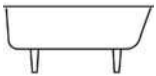
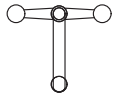
جدول ۷- ۲ نمادهای ورودی آب، اتصالات و رایزر در نقشه‌های تأسیساتی

نام (Name)	نماد
ورودی آب (Water input)	
زانو دیواری (Wall Elbow)	
سه‌راهی ۹۰ دیواری (90 Wall Tee)	
سه‌راهی (Tee)	
رایزر (Riser)	

جدول ۷- ۳ نماد اسباب و وسایل به‌کاررفته در نقشه‌های تأسیساتی

نام (Name)	نماد (symbol)	
	دید از بالا	دید از روبه‌رو
روشویی (lavatory)		
توالت شرقی با مخزن شست‌وشو (Eastern Water Closet)		
توالت فرنگی(غربی) با مخزن شست‌وشو (Western Water Closet)		
بیده (Bide)		
دوش (Shower)		
زیر دوشی (Basin)		

نام (Name)	نماد (symbol)	
	دید از بالا	دید از روبه‌رو
ماشین ظرف‌شویی (Dish Washer)		
ماشین لباس‌شویی (Cloth Washer)		
اجاق‌گاز (Gas Cooker)		
یخچال (Refrigerator)		
سینک ظرف‌شویی یک لگنه، یک سینی (Sink unit, Single Sink, Single Drainer)		
سینک ظرف‌شویی دو لگنه، یک سینی (Sink unit, Double Sink, Single Drainer)		

نام (Name)	نماد (symbol)	
	دید از بالا	دید از روبه‌رو
مبدل (Heat exchanger)		
پکیج (Package)		
وان (Bathtub)		
شیر مخلوط بهداشتی (Domestic Mixing Valve)		

۲-۷ جداول تبدیل واحدها

طول			
1 in	=	0.0254	m
		25.4	mm
1 cm	=	0.3937	in
1 m	=	3.2808	ft
		1.0936	yd
1 ft	=	12	in
		0.3048	m
1 yd	=	3	ft
		0.9144	m

سطح			
$1\ in^2$	=	6.452	cm^2
		6.452×10^{-4}	m^2
$1\ cm^2$	=	0.155	in^2
$1\ m^2$	=	10.764	ft^2
		1.196	yd^2
$1\ ft^2$	=	0.0929	m^2
$1\ yd^2$	=	0.836	m^2

حجم			
1 in^3	=	16.39	cm^3
		1.639×10^{-5}	m^3
1 cm^3	=	0.061	in^3
1 m^3	=	35.31	ft^3
		1.308	yd^3
1 ft^3	=	0.0283	m^3
		6.23	gal
1 yd^3	=	0.7646	m^3
1 pint	=	0.568	lit
1 gal	=	4.5461	lit
		4.5461×10^{-3}	m^3
		0.16	ft^3
1 lit	=	0.22	Gal
		1×10^{-3}	m^3
		1000	cc
		1.76	pints
		0.035	ft^3
1 U.S. gal	=	0.83	Imp. gal

چگالی			
1 gr / gal	=	0.01426	gr / lit
1 gr / m^3	=	0.437	gr / ft^3
1 gr / cm^3	=	62.427	lb / ft^3
1 gr / ft^3	=	2.29	gr / m^3
1 lb / ft^3	=	16.02	kg / m^3
		0.016	gr / m^3

وزن			
1 grain	=	1.43×10^{-4}	lb
		0.0648	gr
1 gr	=	1×10^{-3}	kg
		15.43	grains
1 lb	=	7000	grains
		0.4536	kg
1 kg	=	1000	gr
		2.205	lb
1 metric ton	=	1000	kg
		0.984	t
1 t	=	20	cwt
		80	qtrs
		160	stones
		2240	lb
		35840	oz.
		1.016	metric t

دما		
˚F	=	1.8 ˚C+32
˚C	=	0.555 + (˚F - 32)
1˚F	=	0.555 ˚C
1˚C	=	1.8 ˚F

تن تبرید			
یک‌تن تبرید	=	12000	Btu / hr
		3.516	kW

فشار			
1 lb / in^2	=	6895	N / m^2
		6.895×10^{-2}	bar
		0.06804	atm
		2.0416	in MERCURY at 62 ˚F
		27.71	in WATER at 62 ˚F
1 atm	=	14.7	lb / in^2
		33.974	ft. WATER at 62 ˚F
		30	in MERCURY at 62 ˚F
		29.921	in MERCURY at 30 ˚F
1 atm	=	1.013	bar
		1.013×10^{5}	N / m^2
		1.033	kg / cm
		760	mm. MERCURY at 62 ˚F
		10.33	m. WATER at 62 ˚F
1 bar	=	750.1	mm Hg.
		29.531	in Hg.
1 in. MERCURY	=	0.49	lb / in^2
		3386.39	N / m^2
1 mm. MERCURY	=	133	N / m^2
1 kg / cm^2	=	14.22	lb / in^2
		735.56	mm. MERCURY
		10.0	m. WATER
		0.9677	atm
1 lb/ ft^2	=	4.88	kg / m^2
		47.88	N / m^2
1 ft. WATER	=	0.433	lb / in^2
		0.882	in MERCURY

انرژی			
1 Joule	=	1	watt second
		0.74	ft. lb
		9.478×10^{-4}	Btu
1 Btu	=	0.252	kcal
		1055	Joule
		778.5	ft. lb
		0.293	watt hours
1 kcal	=	3.9683	Btu
		1000	cal
		4.183×10^{3}	Joule
1 Btu / ft^2	=	2.713	kcal / m^2
		1.136×10^{4}	J / m^2
1 Btu / (ft^2 .°F)	=	4.88	kcal / (m^2 .°c)
		2.043×10^{4}	Joules /(m^2 .°c)
1 Btu /ft^3	=	8.9	kcal / m^3
		3.726×10^{4}	Joule / m^3
1 Btu / lb	=	0.556	kcal / kg
		2326	J / kg
1 kcal / m^2	=	0.369	Btu / ft^2
1 kcal / m^3	=	0.1125	Btu / ft^3
1 kcal / kg	=	1.8	Btu / lb
1 kW. hr	=	3412	Btu
	=	860	kcal
	=	3.6×10^{6}	Joule
1 lb. ft	=	0.1383	kg. m
	=	1.1286×10^{-3}	Btu
	=	1.356	Joule
1 kg. m	=	7.233	lb. ft
	=	9.807	Joule
	=	9.301×10^{-3}	Btu

توان			
1 hp	=	550	lb. ft / sec
		33000	lb. ft / min
		1.0139	metric hp
		745.7	W
		2545	Btu/hr
1 metric hp	=	735.56	W
		75	kg m / sec
		0.986	English hp
1 kW	=	1000	W
		1000	Joules / sec
		1.341	hp
		1.358	metric hp
		737	lb. ft / sec