فصل ۳

دانش فنی، اصول، قواعد،قوانین و مقررات

کلیات

الف) لوله باید طبق مشخصات، به قطر نامی مناسب برابر نقشه، و مستقیم انتخاب شود، به طول‌های لازم بریده شود، برش‌ها برقو زده شود و برای اتصال جوشی آماده گردد. لوله‌کشی باید با ابزار مناسب و توسط کارگران آموزش دیده صورت گیرد.

ب) لوله‌کشی باید در مسیرها و جاهای مناسب با تکیه‌گاه‌ها، تکیه‌گاه‌های هادی، مهارها (ANCHORS)، مهارهای جلوگیری از حرکت آونگی، حفاظت در نقاط لازم، نصب غلاف لوله در عبور از کف‌ها و دیوارها، و به طرزی منظم و تمیز انجام شود.

پ) لوله‌کشی باید راست، صاف و تا ممکن است مستقیم و در خطوط موازی با دیوارها، سقف‌ها و کف‌های ساختمان، اجرا گردد. تغییر مسیر خطوط لوله‌کشی با زاویه قائم باشد، مگر آنکه در نقشه‌ها جز آن نشان داده شده باشد و یا دستور کار روش دیگری را معین کرده باشد.

ت) خطوط لوله باید نزدیک دیوارها، تیغه‌ها و سقف‌ها قرار گیرد. در صورتی که دو خم (OFFSET) لازم شود باید به موازات دیوار قرار گیرد.

ث) خطوط لوله در هر گروه لوله باید باهم موازی و به هم نزدیک باشد. فاصله لوله‌ها از هم باید طوری باشد که اجرای کامل عایق‌کاری، دسترسی به شیرها و تعمیر و تنظیم آنها، جوشکاری بازرسی و تعمیر لوله‌ها و فیتینگ‌ها، به‌آسانی میسر باشد.

ج) خطوط لوله قائم، در عبور از یک طبقه به طبقه دیگر ساختمان نباید اتصال بازشو (مهره، ماسوره، فلنج و غیره) داشته باشد. اتصال بازشو در این حالت باید دست‌کم ۳۰ سانتی‌متر بالاتر از کف هر طبقه قرار گیرد.

چ) لوله و دیگر اجزای لوله‌کشی باید کار نکرده و نو باشد و از به‌کار بردن مصالح کهنه و فرسوده خودداری شود. پیش از نصب باید لوله و دیگر اجزای لوله‌کشی، از نظر سالم بودن، مورد بازرسی قرار گیرد و از به‌کار بردن قطعات ترک‌دار، سوراخ‌دار و معیوب خودداری شود. لوله‌ها و قطعات دیگر باید پیش از نصب با روش‌های مناسب، از داخل و خارج، کاملاً تمیز و عاری از اجسام و مواد خارجی و اضافی شوند.

ح) نصب لوله و دیگر اجزای لوله‌کشی باید بدون اعمال فشار عملی گردد. مگر دلایل فنی (مانند COLD SPRING و غیره) اعمال فشار را ضروری نماید.

خ) خطوط لوله نباید از داخل دودکش، کانال هوا، چاه آسانسور، اتاق ترانسفورماتور و اتاق تابلوی برق، عبور کند. اگر عبور لوله از اتاق ترانسفورماتور یا اتاق تابلوی برق اجتناب‌ناپذیر باشد باید برابر دستور (۲ـ۲ـ۱۴ـ۱۵) عمل شود.

د) خطوط لوله نباید از پنجره‌ها، درها و دیگر بازشوهای ساختمان عبور کند.

ذ) نقشه‌های لوله‌کشی، که جزء مدارک پیمان در اختیار پیمانکار قرار می‌گیرد. قطر نامی لوله‌ها و دیگر اجزای لوله‌کشی، موقعیت هر یک و مسیر تقریبی خطوط لوله را نشان می‌دهد.

۱ پیش از اجرای کار نقشه‌ها باید مورد بازبینی پیمانکار قرار گیرد و مناسب‌ترین مسیرها برای خطوط لوله انتخاب شود و به تأیید دستگاه نظارت برسد.

۲ پیمانکار باید نقشه‌ها، مشخصات فنی، نقشه‌های جزئیات و اطلاعات مربوط به دستگاه‌های گوناگون سیستم‌های تأسیساتی را، به‌منظور شناخت نیازهای این دستگاه‌ها(مانند لوله تخلیه هوا، تخلیه آب یا بخار، شیر اطمینان و غیره) که ممکن است در نقشه‌ها نشان داده نشده باشد،

کنترل نماید و اتصالات لازم را در نقشه‌های کارگاهی مشخص نماید و برای تأیید دستگاه نظارت ارسال دارد.

۳ پیمانکار باید، پیش از اجرای کار، محل و اندازه سوراخ‌های لازم برای عبور لوله‌ها را، در کف، سقف و دیوار، در نقشه‌های کارگاهی مشخص نماید و برای تأیید دستگاه نظارت ارسال دارد.

ر) پیش از بازرسی، آزمایش و تأیید خطوط لوله‌کشی باید از رنگ کردن، عایق کردن، پوشاندن و یا دفن کردن آن خودداری شود.

ز) دهانه‌های لوله انشعاب که ادامه لوله‌کشی آن به بعد موکول می‌شود و یا این که بعدها باید به دستگاه متصل شود، باید بلافاصله با درپوش موقت بسته شود.

۱ به هنگام هر وقفه در کار نصب (در پایان هر روز کار و یا تعطیل موقتی کارگاه) دهانه باز لوله‌ها باید با درپوش موقت بسته شود.

۲ درپوش موقت ممکن است فولادی یا مسی باشد. استفاده از درپوش‌های چوبی، کاغذی، پارچه‌ای یا مواد دیگر، به‌عنوان درپوش، موقت مجاز نیست.

۳ پیمانکار در برابر هر آسیبی که بر اثر ورود مواد خارجی، ناشی از درپوش‌های غیرقابل قبول، به داخل لوله‌ها به تأسیسات یا ساختمان وارد شود، مسئول است.

اتصال لوله‌ها (JOINTS)

الف) اتصال لوله به لوله، لوله به فیتینگ یا فیتینگ به فیتینگ با یکی از روش‌های زیر انجام می‌گیرد.

لوله‌های فولادی

ـ اتصال دنده‌ای
ـ اتصال جوشی
ـ اتصال فلنجی

لوله‌های مسی

ـ اتصال لحیمی مویینگی (CAPILARY SOLDERING)
ـ اتصال فیتینگ فشاری (COMPRESSION FITTING)

ب) در تأسیسات، اتصال لوله‌های فولادی به قطر ۵۰ میلی‌متر (۲ اینچ) و کوچک‌تر از آن ممکن است از نوع دنده‌ای یا جوشی و اتصال لوله‌های فولادی به قطر نامی ۶۵ میلی‌متر (۲/۵ اینچ) و بزرگ‌تر از آن باید از نوع جوشی و فلنجی باشد در صورت انتخاب اتصال جوشی در قطرهای ۵۰ میلی‌متر کوچک‌تر جوش باید فقط از نوع موئین جوش (SOCKET WELDED) باشد.

ـ سیستم توزیع بخار، کم‌فشار و میان فشار
ـ سیستم انتقال آب کندانسیت بخار کم‌فشار، میان‌فشار و پرفشار
ـ سیستم گرمایی با آب گرم‌کننده و دمای پایین
ـ سیستم سرمایی با آب سردکننده
ـ سیستم آب خنک‌کننده (خنک کردن کندانسور دستگاه سردکننده مرکزی)

۱ در سیستم‌های گرمایی با آب گرم کننده و دمای متوسط و دمای بالا اتصال همه لوله‌ها و فیتینگ‌های فولادی از نوع جوشی و فلنجی است.

۲ در سیستم‌های گرمایی با بخار پرفشار اتصال همه لوله‌ها و فیتینگ‌های فولادی از نوع جوشی و فلنجی است.

۳ در سیستم‌های تغذیه آب، تخلیه، تخلیه هوا و سوخت مایع اتصال همه لوله‌ها و فیتینگ‌های فولادی از نوع دنده‌ای است.
۴ اتصال لوله‌ها و فیتینگ‌های فولادی گالوانیزه همه‌جا از نوع دنده‌ای خواهد بود. در این نوع لوله‌کشی، اگر فلنج به‌کار رود، اتصال لوله به فلنج از نوع دنده‌ای خواهد بود.
۵ ساخت کلکتورهایی که از لوله فولادی سیاه است با اتصال جوشی و فلنجی خواهد بود.

پ) اتصال دنده‌ای

۱ دنده کردن که در این قسمت از مشخصات فنی عمومی مورد بررسی قرار می‌گیرد منحصراً مربوط به دنده‌هایی است که برای اتصال دنده‌ای لوله‌ها و فیتینگ‌های فولادی، و به قصد آب‌بندی می‌باشد. لوله ممکن است دوسر دنده باشد و یا قطعاتی از آن در کارگاه دنده شود.
۲ در استانداردهای اروپایی ضوابط دنده‌ها به "WHITWORTH" موسوم است. در این سیستم، دنده‌ها به دو نوع موازی و مخروطی طبقه‌بندی شده است.

ت) اتصال جوشی (WELDED JOINT)

۱ در اتصال جوشی همه‌جا باید از فیتینگ‌های مخصوص اتصال جوشی، یا فلنج‌های فولادی یا گلویی مخصوص اتصال جوشی، استفاده شود، مگر آنکه جز آن مشخص شده باشد.
۲ در لوله‌کشی فولادی به قطر نامی ۳۲ میلی‌متر (۱/۲۵اینچ) و کوچک‌تر می‌توان به جای زانویی مخصوص اتصال جوشی، از روش خم‌کردن لوله استفاده کرد. در این‌صورت لوله باید بی‌درز باشد و خم‌کاری در حالت سرد و به کمک دستگاه خم کردن، انجام گیرد. خم‌کاری باید طوری انجام شود که لوله شکستگی پیدا نکند. خم‌کاری لوله‌های فولادی گالوانیزه مجاز نیست.
۳ در لوله‌کشی فولادی در صورتی که قطر نامی شاخه انشعاب (که با لوله اصلی تشکیل سه‌راهی می‌دهد) دست کم یک نمره از نصف قطر نامی لوله اصلی کوچک‌تر باشد می‌توان به‌جای سه‌راهی مخصوص اتصال جوشی، لوله انشعاب را مستقیماً به لوله اصلی جوش داد. در این حالت جوشکاری باید با روش متقاطع (INTERSECTION) انجام گیرد. در این روش محل اتصال در لوله اصلی و دهانهٔ لوله انشعاب به شکل بیضی بریده می‌شود.
۴ در صورتی که قطر نامی لوله انشعاب کمتر از ۳۲ میلی‌متر باشد می‌توان، با رعایت نکات (۳)، اتصال جوشی را مستقیم اجرا کرد.

انقباض و انبساط لوله‌ها

الف) کلیات

۱ در تأسیسات موردنظر در این قسمت از مشخصات فنی عمومی، لوله‌کشی باید به‌صورتی انجام گیرد که انبساط و انقباض لوله‌ها، به آزادی و سهولت، امکان داشته باشد، بدون آنکه لوله‌ها و فیتینگ‌ها و دیگر اجزای لوله‌کشی آسیب ببینند و یا به اجزای ساختمان، براثر حرکات لوله، صدمه وارد شود.
۲ برای جذب حرکات ناشی از انبساط و انقباض لوله‌های اصلی، شاخه‌های انشعاب، لوله‌های قائم و انشعاب اتصال به دستگاه‌ها باید از خم و زانو (OFFSETS)، حلقه انبساط (EXPANSION LOOPS)، قطعات انبساط (EXPANSION JOINTS)، هادی‌های محوری (ALIGNMENT GUIDE)، هادی گشتاوری (MOMENT GUIDES)، مهارها (ANCHORS) و تکیه‌گاه‌ها (SUPPORTS)، طبق نقشه، استفاده شود.
۳ برای اتصال لوله‌های انشعاب افقی یا قائم به لوله اصلی باید قطعات قابل نوسان یا گردان، به ترتیب زیر، به‌کار رود، حتی اگر در نقشه‌ها نشان داده نشده باشد:

ـ اتصال انشعاب افقی یا قائم به لوله اصلی دست کم باید با پنج فیتینگ (از جمله سه راه لوله اصلی) باشد.
ـ اتصال لوله قائم به رادیاتور، کنوکتور یا فن کویل با چهار فیتینگ (از جمله سه‌راه روی لوله اصلی) باشد.

۴ لوله‌های قائم باید در نقاط مناسب (طبق نقشه) مهار شوند تا در موقع انبساط لوله شکم ندهد. در عبور از هر طبقه باید برای لوله‌های قائم غلاف لوله پیش‌بینی شود.

۵ در صورتی که جای کافی برای جذب حرکات لوله، ناشی از انبساط و انقباض با استفاده از خم و حلقه انبساط وجود داشته باشد باید از نصب قطعه انبساط (EXPANSION JOINT) خودداری شود.

۶ پیمانکار برای تأمین انبساط و انقباض هر قسمت از لوله‌کشی باید نقشه کارگاهی تهیه کند و روی آن نقاط دقیق نصب حلقه‌های انبساط، قطعات انبساط، هادی‌ها و مهارها را مشخص نماید و به تأیید دستگاه نظارت برساند.

ب) خم‌ها و حلقه‌های انبساط

۱ طرح و ساخت خم‌ها و حلقه‌های انبساط باید مناسب با جای مخصوص آن باشد. خم‌ها و حلقه‌های انبساط باید با زانوی دوردار، و حلقه‌ها به شکل U باشد. شعاع زانوها و خم‌ها باید دست کم پنج برابر قطر نامی لوله باشد. اتصال خم‌ها باید منحصراً اتصال جوشی باشد. نقشه کارگاهی خم یا حلقه باید، پیش از ساخت، برای تصویب، ارائه گردد.

۲ خم‌ها یا حلقه‌های انبساط باید به هنگام سرد بودن لوله در وضعیتی نصب شوند که در حالت گرم شدن تنها نیمی از انبساط بین دو وضعیت سرد و گرم را تحمل کنند. (COLD SPRING) به همین ترتیب انشعاب رادیاتور، کنوکتور و فن‌کویل باید طوری باشد که در حالت سرد خم لوله انشعاب زیر فشار باشد و در حالت گرم در وضعیت آزاد قرار گیرد.

۳ خم لوله‌های قائم باید طوری باشد که پس از انبساط بازوی افقی خم با شیب معکوس قرار نگیرد و تخلیه آب و هواگیری مشکل نشود.

۴ انتخاب خم لوله یا زانوی دوردار برای ساخت خم یا حلقه انبساط باید با توجه به شرایط کار سیستم (دمای کار فشار کار) صورت بگیرد.

پ) مهارها (ANCHORS)

۱ برای هدایت حرکت لوله، ناشی از انبساط و انقباض، به سمت نقطهٔ مطلوب (خم، حلقه انبساط، قطعه انبساط) باید دو نقطه از هر قسمت ازطول لوله، در نقاط مناسب، طبق نقشه، مهار شود. محاسبه مقدار انقباض و انبساط و انتخاب خم، حلقه انبساط و قطعه انبساط باید برای آن قسمت از طول لوله که بین این دو نقطه قرار دارد، صورت گیرد.

۲ طرح، ساخت و انتخاب مهار باید با توجه به شرایط کار سیستم (دمای کار ـ فشار کار)، نیروهای وارده بر مهار و با توجه به نکات «تکیه‌گاه‌ها» انجام گیرد.

ت) هادی‌ها (GUIDES)

۱ برای هدایت حرکت آزاد لوله، ناشی از انبساط و انقباض، از نقطه مهار به سمت نقطه مطلوب (خم، حلقه انبساط، قطعه انبساط) باید در نقاط مناسب، برای حرکت طولی لوله (AXIAL) هادی محوری (ALIGNMENT GUIDE)، و برای حرکت عرضی (LATERAL) هادی گشتاوری (MOMENT GUIDE) و تکیه‌گاه‌های مورد نیاز (SUPPORTS)، طبق نقشه، نصب شود.

۲ طرح، ساخت و انتخاب هادی‌ها باید با توجه به شرایط کار سیستم (دمای کار ـ فشار کار)، نیروهای وارده بر هادی و با توجه به نکات «تکیه‌گاه‌ها» انجام گیرد.

پیمانکار باید برای ساخت هادی‌ها نقشه کارگاهی تهیه کند و پیش از اقدام به ساخت، برای تصویب دستگاه نظارت ارسال دارد.

تکیه‌گاه لوله‌ها (PIPE SUPPORTS)

الف) انتخاب تکیه‌گاه برای لوله‌های افقی

۱ تکیه‌گاه لوله‌های فولادی افقی، ثابت، بدون عایق و عایق‌دار، که در زیر سقف نصب می‌شود، از نوع آویز رکابی قابل تنظیم (ADJUSTABLE CLEVIS) خواهد بود، مگر آنکه در مواردی جز این مشخص شده باشد.

۲ اگر بار وارده از لوله به تکیه‌گاه بیش از حداکثر تحمل آویز رکابی قابل تنظیم باشد، بست این نوع لوله‌ها باید از نوع گیره‌ای (PIPE CLAMP PIPE CLIP) باشد، مگر جز آن مشخص شده باشد.

۳ در صورتی که تکیه‌گاه لوله فولادی افقی ثابت به دیوار نصب شود لوله باید نزدیک به دیوار قرار گیرد و تکیه‌گاه از نوع دیوارکوب (STEEL BRACKET) خواهد بود. لوله ممکن است با کورپی روی دیوارکوب بست زده شود و یا با آویز به دیوارکوب آویخته شود.

۴ در نقاطی، که لازم است با نصب مهار (ANCHOR) از حرکت لوله فولادی افقی جلوگیری به عمل آید، مهار باید بار وارده ناشی از انقباض و انبساط لوله را، بدون هرگونه حرکت طولی و عرضی، به اسکلت ساختمان منتقل نماید.

ب) تکیه‌گاه لوله‌های قائم

۱ لوله‌های فولادی قائم باید در عبور از هر طبقه ساختمان، به اجزای ساختمان بست زده شود، مگر آنکه جز آن مشخص شده باشد.

۲ لوله‌های فولادی قائم، که از پایین‌ترین طبقه به سمت طبقات بالا ادامه دارند. باید در پایین‌ترین قسمت لوله تکیه‌گاه نوع پایه (DUCK FOOT OR SUPPORT FOOT) داشته باشند، مگر آنکه جز آن مشخص شده باشد.

۳ تکیه‌گاه لوله‌های فولادی قائم ثابت در عبور از طبقات میانی ساختمان از نوع آویز با گیره (RISER CLAMP)، خواهد بود. در موارد ضروری گیره ممکن است، به‌جای آویز، مستقیماً به اجزای بتنی یا فلزی اسکلت ساختمان، با تأیید دستگاه نظارت، متصل شود.

پ) بست زدن به لوله‌های عایق‌دار

۱ در انواع تکیه‌گاه‌های گیره‌ای و کورپی، در صورتی که بست در خارج از عایق و پوشش عایق لوله قرار گیرد، برای حفاظت از عایق، باید بین سطح خارجی عایق و سطح داخلی بست یک لایی محافظ(LINER) و با یک زیر سری (SADDLE)، برحسب مورد، از ورق فولادی به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر و طول حداقل ۳۰ سانتی‌متر قرار گیرد.

۲ در آویزها، در صورتی که بست به لوله محکم شود و عایق لوله خارج از بست قرار گیرد عایق و روکش آن روی بست را می‌پوشاند. و فقط میل‌گرد آویز از روکش عایق خارج می‌شود.

برای تعیین مسیر حرکت لوله‌های رفت و برگشت رادیاتور باید شرایطی را لحاظ نمود که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

۱ لوله‌ها باید برابر نقشه‌ها، راست، شاقولی و حتی‌المقدور بدون خم، موازی یا عمود بر دیوارهای ساختمان به‌صورت مرتب نصب شود.

۲ لوله‌ها باید نزدیک دیوارها، تیغه‌ها و سقف‌ها قرار گیرند. تغییر زاویه در لوله‌کشی برای پیروی از امتداد دیوارها طبق دستور انجام شود.

۳ لوله‌ها را باید به موازات هم کار گذاشت. فاصله آنها از یکدیگر باید به اندازه‌ای باشد که نصب و عایق‌کاری کامل لوله‌ها و دسترسی به شیرها برای بازدید و تعمیر میسر باشد.
۴ لوله‌هایی که از داخل یا از زیر دیوارها رد می‌شوند باید در برابر بار خارجی محافظت گردند.
۵ هرگونه عملی که به اسکلت ساختمان آسیب وارد آورد. از قبیل شکاف‌دادن و بریدن و غیره مجاز نمی‌باشند، مگر تا حدودی که دستگاه نظارت اجازه دهد.
۶ لوله‌هایی که در خارج ساختمان یا در دیوارهای خارجی ساختمان نصب می‌شوند باید در برابر یخبندان محافظت گردند.
۷ در داخل سوراخ‌هایی که برای گذر لوله‌ها از دیوارها، کف‌ها، سقف‌ها، در داخل و خارج ساختمان ایجاد می‌شود، باید غلاف فلنچ‌داری از فلز یا دیگر مصالح مقاوم در برابر خوردگی کارگذاشته شود. این غلاف‌ها باید به‌طور محکم در محل نصب شود، و لوله‌ها به‌راحتی از داخل آنها بگذرد.
۸ از نصب لوله‌ها به موازات پی‌ها یا خارج از دیوارهای باربر، در فاصله‌ای کمتر از یک متر از آنها، جز با تأیید دستگاه نظارت، خودداری شود.
۹ لوله‌هایی که پایین‌تر از پی‌ها یا دیوارهای باربر نصب می‌شود، باید خارج از شعاع ۴۵ درجه‌ای پی قرارگیرند، مگر اینکه غیر از این تصویب شده باشد.
۱۰ لوله‌های افقی باید بدون اینکه شکم بدهد یا قوز بردارد در حداکثر ارتفاع ممکن نصب شوند.
۱۱ لوله‌های افقی باید شیب یکنواختی دست کم برابر یک سانتی‌متر در ۱۰۰۰ سانتی‌متر به سمت نقاط پایین لوله‌کشی داشته باشند تا هنگام لزوم بتوان آنها را خالی کرد. هرگاه به‌علت طول زیاد، تأمین شیب پیوسته میسر نباشد، می‌توان نقاط تخلیه فرعی دیگر در طول مسیر لوله ایجاد کرد و لوله را از این نقاط به‌طور قائم به تراز بالاتر می‌برد. انشعاب باید به سمت لوله‌های قائم و لوله‌های اصلی شیب در پایین داشته باشد در پایین‌ترین نقطه لوله‌های قائم و در نقاط تخلیه، شیر تخلیه برنجی با یک مغزی و درپوش پیش‌بینی شود.

مقررات و توصیه‌های سیستم لوله‌کشی گرمایشی:

۱ در تأسیسات مکانیکی ساختمان با دمای کار حداکثر ۸۰ درجه سانتی‌گراد و فشارکار حداکثر ۱۰ بار می‌توان از لوله‌های ترموپلاستیک تک‌لایه و چندلایه استفاده کرد.
۲ لوله‌های ترموپلاستیکی تک لایه PEX یا PERT و چندلایه PEX-AL-PEX یا PERT/AL/PERT می‌باشد.
۳ اتصالات لوله‌های ترموپلاستیک باید از نوع برنجی یا فولادی با روکش نیکل یا قلع باشند.
۴ فیتینگ‌های لوله‌های ترموپلاستیک باید از نوع فشاری یا دنده‌ای باشد.
۵ در لوله‌کشی فولادی، در صورتی که اتصال از نوع دنده‌ای باشد، شیرها باید از نوع مسی یا آلیاژهای مس (برنج و برنز) باشند.
۶ در لوله‌کشی‌های فولادی تا قطر ″۲ اتصال به صورت دنده‌ای و در لوله‌کشی‌های با قطر بیشتر از″۲ اتصال باید از نوع جوشی و فلنچی باشد.
۷ هیچ یک از اجزای لوله‌کشی نباید پیش از انجام آزمایش، با عایق، رنگ و یا اجزای ساختمان پوشانده شوند.
۸ در بالاترین نقاط لوله‌کشی باید اتصال مخصوص شیر هواگیری دستی یا خودکار پیش‌بینی شود.
۹ در زیر شیرهای هواگیری خودکار حتماً باید یک شیر کشویی نصب شود تا به هنگام تعمیر یا تعویض شیر هواگیری بتوان آن را بست (در حالت عادی این شیر باز است).

آزمایش‌های قبل از نصب پکیج

۱ آزمایش میزان ولتاژ برق مورد نیاز سیستم که باید ۲۲۰ ولت باشد.
۲ آزمایش باز بودن مسیر دودکش و نداشتن نشتی و همچنین مناسب بودن قطر، طول، نوع و شیوهٔ اجرای آن.
۳ آزمایش فشار گاز که برای گاز شهری ۲۰ـ۱۷ و گاز کپسول ۳۰ـ۲۷ میلی‌بار است.
۴ تشخیص محل اتصال رفت و برگشت رادیاتورها، آب شهر و آب گرم مصرفی هم روی دستگاه هم روی سیستم لوله‌کشی.
۵ آزمایش تحمل دیوار در برابر وزن دستگاه، (آیا دیوار مقاوم است یا نه).
۶ آزمایش سختی و خورندگی آب در محل، اگر سختی آب بالا باشد نصب سختی‌گیر قبل از دستگاه الزامی است.
۷ اطمینان از عاری بودن لوله‌ها از خاک و شن و سایر مواد جامد، بهتر است مسیرهای لوله‌کشی قبل از اتصال به دستگاه شست‌وشو شوند.
درضمن چنانچه پکیج جدید را جایگزین پکیج قدیمی می‌کنید، ذرات و افزودنی‌های موجود در لوله‌کشی آب می‌تواند در عملکرد و دوام پکیج اثر بگذارد بنابراین قبل از تعویض پکیج می‌بایست سیستم کاملاً تمیز شود.
۸ اطمینان از وجود هوای کافی برای احتراق دستگاه، داشتن دریچه هوای تازه مخصوصاً محل‌هایی که دارای درزبندی کامل می‌باشند.
۹ اطمینان از وجود فشار کافی آب حداکثر فشار آب ورودی ۶ بار باید باشد در صورتی که فشار بیش از ۶ بار می‌باشد نصب یک شیر فشارشکن ضروری است.
۱۰ محل دستگاه باید عاری از هر گونه گرد و غبار ، مواد قابل اشتعال و یا گازهای خورنده باشد.
۱۱ محل دستگاه باید خشک باشد.
۱۲ محل دستگاه نباید در معرض یخ‌زدگی و سرمای شدید باشد.
۱۳ انتخاب نوع دستگاه
۱۴ محل نصب دستگاه در هر صورت باید دارای کفشوی مناسب باشد.
۱۵ لوله‌کشی گاز باید منطبق بر مقررات و استانداردهای رایج و سازگار با توان حداکثری پکیج باشد.
۱۶ قبل از نصب لوله‌های گاز کاملاً تمیز باشند تا پس مانده‌ها و رسوبات مانع عملکرد صحیح پکیج نشوند.
۱۷ مطمئن شوید که مشخصات گاز مورد استفاده با اطلاعات فنی دستگاه مطابقت داشته باشد.

آزمایش‌های قبل از نصب مدار دود پکیج شوفاژ دیواری:

۱ پکیج باید دارای یک دودکش استاندارد و مجزا و مجهز به کلاهک H باشد. (کلاهک H علاوه بر اینکه از نفوذ باران و برف و افتادن سایر اشیا به داخل دودکش جلوگیری می‌کند، در منظم سوختن وسیله گازسوز نیز مؤثر است. ضمناً از فشردن بیش از اندازه کلاهک که باعث تغییر حالت و گرفتگی منافذ خروج گازهای دودکش می‌شود نیز خودداری شود.
۲ مسدود شدن دودکش سبب سوخت ناقص و ایجاد گازهای خطرناک و مسموم کننده و برگشت چنین گازهایی به داخل فضای زندگی گردیده و باعث گازگرفتگی و مرگ می‌شود. مسیر دودکش را به روش‌هایی که بعداً ذکر می‌شود چک نمایید.

۳ دودکش وسایل گاز سوز در محل عبور از شیشه‌های پنجره نباید مستقیماً با شیشه در تماس باشد زیرا در چنین صورتی امکان شکستن شیشه در اثر حرارت و لق شدن و افتادن دودکش وجود دارد.

۴ انتهای دودکش‌های توکار باید حداقل ۱ متر از سطح پشت‌بام بالاتر باشد.

۵ از قرار دادن خروجی دودکش به صورت افقی با کلاهک و یا بدون کلاهک در زیر سقف و بالکن جداً خودداری شود.

۶ دودکش در داخل دیوار و خارج آن بایستی کاملاً گاز بند باشد هر درز کوچکی می‌تواند باعث خروج گازهای حاصل از احتراق و حادثه گردد.

۷ حتی‌الامکان از نصب زانوی اضافی در مسیر دودکش خودداری شود زیرا زانو کارایی دودکش را کاهش می‌دهد. در این صورت مکش دودکش کم شده و موجب پس‌زدگی گازهای‌خطرناک حاصل از احتراق می‌شود، به ازای هر زانوی ۹۰° در دودکش، لازم است به ارتفاع بخش عمودی اضافه گردد.

۸ استفاده از دودکش‌های انعطاف‌پذیر (فلکسی بل ـ آکاردئونی) به‌علت عدم امکان آب‌بندی خطرناک می‌باشد.

۹ از قرار دادن قطعات لوله دودکش به‌صورت لب به لب خودداری نمایید و حتماً از دودکش‌های نوع نر و ماده که باعث آب‌بندی در محل اتصال و عدم خروج گازهای حاصل از احتراق خواهد شد، استفاده نمایید.

۱۰ از اضافه نمودن به طول بخش افقی دودکش در قسمت‌های فوقانی ساختمان خودداری نمایید.

۱۱ کم کردن قطر لوله هنگام خروج از ساختمان (دیوار یا سقف) مجاز نمی‌باشد.(از تغییر قطر در خروجی دودکش و کم کردن سایز آن خودداری نمایید)

۱۲ از نصب دودکش درحیاط خلوت‌های رو بسته خودداری نمایید. داکت دودکش‌ها باید خروجی از بالا و پایین به هوای آزاد داشته باشد و به هیچ وجه هیچ گاه بالای داکت مسدود نگردد.

۱۳ جهت جلوگیری از پدیده خطرساز «مکش معکوس» در ساختمان‌ها لازم است بر روی قسمت زیرین درب ورودی هر آپارتمان از دریچه تهویه کرکره‌ای یا آیفونی مناسب به طول ۵۰ × ۲۰ سانتی‌متر استفاده گردد. همچنین زیر درب‌های ورودی اطاق خواب‌ها نیز حدود ۳ تا ۵ سانتی‌متر باز باشد.

۱۴ عبور دودکش از فضای داخل سقف کاذب و علی‌الخصوص حمام به دلیل امکان پوسیدگی و نشت گاز منواکسیدکربن خطرناک می‌باشد.

۱۵ در صورتی که بخشی از مسیر دودکش پکیج دیواری به صورت افقی (بیش از ۳۰ سانتی‌متر) باشد، استفاده ازپکیج‌های فن‌دار الزامی‌است.

۱۶ قطر دودکش نصب شده به پکیج به هیچ عنوان نباید از قطر خروجی کلاهک مخروطی (کلاهک تعدیل) بالای دستگاه کوچک‌تر باشد.

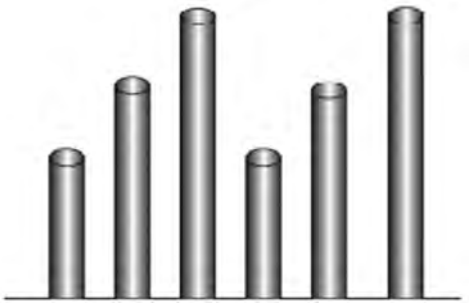
۱۷ حداقل قطر دودکش باید ۱۵ سانتی‌متر باشد. (در پکیج‌های بدون فن با دودکش معمولی) دودکش به هیچ عنوان نباید تغییر مقطع داشته باشد.کوچک شدن قطر دودکش حتی در یک نقطه باعث کم شدن مکش آن می‌شود.

۱۸ ارتفاع دودکش از محل نصب دستگاه تا کلاهک حداقل باید ۴ متر باشد. (درپکیج‌های بدون فن با دودکش معمولی)

۱۹ جهت نصب کلاهک H در روی دودکش باید در امتداد جریان باد غالب باشد تا باد داخل آن نپیچد.

۲۰ جهت جلوگیری از تشکیل قطرات و همچنین سرد شدن دود که باعث کند شدن خروج دود و یا توقف آن می‌شود، جدار خارجی دودکش را عایق‌بندی نمایید.

۲۱ دودکش باید ثابت و محکم باشد و در برابر باد، بخار آب و عوامل مکانیکی دیگر مقاوم باشد.
۲۲ مسیر مستقیم و عمودی بهترین روش برای تخلیه محصولات احتراق می‌باشد و دودکش نباید در مسیر خود حالت افقی داشته باشد. ولی در مواردی که مشکلات اجرایی وجود داشته باشد و نیاز به تغییر جهت مسیر دود باشد، بهتر است از زانویی ۴۵ درجه و حداقل پس از ۳۰ سانتی‌متر (2D) لوله عمودی (خروجی از پکیج)، انجام گیرد و قسمت افقی دارای کمترین طول ممکن باشد.
۲۳ عملکرد خوب دودکش قبل از راه‌اندازی باید کنترل شود برای کنترل آن، با سوزاندن یک روزنامه در ورودی دودکش، می‌توان مکش آن را به‌طور تقریبی تست نمود.
۲۴ حداقل فاصله کلاهک دودکش با کولر آبی و دریچه‌های تأمین هوای ساختمان باید ۳ متر و در غیر این صورت دودکش حداقل یک متر بالاتر از کولر امتداد یابد.
۲۵ عبور دودکش از درز انبساط ساختمان‌ها و فضای داخل پل‌ها و ستون‌های فولادی ساختمان ممنوع است.
۲۶ دریچه دودکش بایستی بالاتر از پکیج قرارگیرد و نصب هر گونه دودکش از ارتفاع دستگاه به سمت ارتفاع پائین‌تر (شیب از وسیله گازسوز به سمت زمین) خطرناک و موجب پس زدن گازهای سمی احتراق می‌گردد.
۲۷ فاصله دهانه هر دودکش از دودکش‌های مجاور حداقل باید ۵۰cm باشد در صورتی که این فاصله به صورت جانبی رعایت نشده باشد آن را به صورت پلکانی ایجاد نمایید.



۲۸ انتهای کلیه دودکش‌ها باید حداقل یک متر از سطح پشت بام بالاتر بوده و از دیوارهای جانبی نیز حداقل سه متر فاصله داشته باشد. درصورتی که فاصله کمتر باشد انتهای دودکش باید حداقل ۶۰ سانتی‌متر از بلندترین دیوارمجاور بالاتر قرارگیرد.

آزمایش قبل از نصب مدار آب پکیج گرمایی

قبل از نصب مدار آب دستگاه پکیج شوفاژ دیواری آزمایش و اقدامات زیر باید صورت گیرد:
۱ مناسب بودن قطر لوله‌های رفت و برگشت رادیاتورها و آب سرد و گرم بهداشتی.
۲ مناسب بودن نوع لوله‌ها از نظر مرغوبیت و تحمل دما و فشار.
۳ مناسب بودن نحوهٔ اجرای لوله‌کشی.
۴ آزمایش جهت اطمینان از عدم وجود نشتی در لوله‌کشی سیستم گرمایشی و آب سرد و گرم بهداشتی.
۵ شست‌وشوی داخل لوله‌ها به منظور جلوگیری از ورود رسوبات و شن و ماسه احتمالی به داخل دستگاه.

۶ تمام رادیاتورها و حوله خشک‌کن محکم بسته شده باشند و نشتی نداشته باشند.
۷ فشار آب شبکه بین ۱ تا ۶ بار باشد.
۸ بر روی لوله‌های رفت و برگشت شوفاژ و آب سرد ورودی به دستگاه از شیر قطع و وصل مناسب استفاده شود.
۹ برای جلوگیری از رسوب گرفتن مبدل دستگاه به خصوص برای شهرهایی که درجه سختی آب بالا است از یک سختی‌گیر مناسب (مغناطیسی یا الکترونیکی یا پلی فسفات) در مسیر ورودی آب سرد به دستگاه نصب نمایید.
۱۰ آزمایش تشخیص سر لوله‌های رفت و برگشت شوفاژ و آب سرد و گرم بهداشتی که باید به پکیج متصل شوند انجام شود.

مقررات مربوط به نصب وسایل گازسوز

کلیات

الف) نصب دستگاه‌های گازسوز در فضای کاملاً بسته و بدون هرگونه پیش‌بینی برای دریافت هوای احتراق مجاز نیست.
ب) دستگاه‌های گاز سوز باید در محلی نصب گردند که تعویض هوا در آن محل به قدری باشد که شرایط کار معمولی دستگاه‌ها، احتراق رضایت بخش گاز و تخلیه مناسب گازهای دودکش را امکان‌پذیر سازد. دستگاه‌ها باید طوری قرار گیرند که باعث از بین رفتن جریان مناسب هوا در محیط بسته‌ای که در آن قرار دارند، نگردند. به فضاهایی که منافذ آنها به خارج به حدی است که نفوذ معمولی هوا به آنها برای تأمین هوای لازم دستگاه کافی نمی‌باشد، باید با روش‌های مختلف، هوای کافی وارد شود.

انواع فضا

انواع فضا در این بخش، با توجه به امکان و نحوه تأمین هوای لازم و کافی برای دستگاه‌های گازسوز که در آنها نصب می‌گردند، تعیین می‌شود:
الف) فضا با درزبندی معمولی: فضایی که جداره‌های خارجی آن، از قبیل درز درها و پنجره‌ها (بدون نوار درزبندی)، ساخته شده باشد.
ب) فضا با درزهای هوابند: فضایی که جداره‌های خارجی آن، از قبیل درزها و پنجره‌ها، محل عبور لوله‌ها و کابل‌ها و غیره با نوارهای درزبندی یا وسایل دیگر، حفاظت شده باشد.

تأمین هوای احتراق از منابع زیر مجاز نیست:

۱ فضایی که در آن گازهای خطرناک وجود داشته باشد.
۲ فضایی که در آن بخارهای قابل اشتعال وجود داشته باشد.
۳ فضایی که در آن گرد و غبار ذرات مواد جامد انتشار یابد.
۴ از موتورخانه تبرید ساختمان برای فضاهای مجاور.
۵ از اتاق خواب یا حمام.

ـ تأمین هوا از کف کاذب

در صورتی که هوای احتراق فضایی که دستگاه گازسوز در آن نصب می‌شود از کف کاذب ساختمان تأمین شود، در این صورت فضای کف کاذب باید به هوای آزاد بیرون به صورت مستقیم مرتبط باشد.

۱ جریان هوای آزاد بیرون باید، بدون هیچ مانع، مسیر داخل فضای زیر کف کاذب را تا دریچهٔ ورود هوا از کف به داخل فضای نصب دستگاه طی کند.

۲ دهانهٔ ورود هوا از بیرون به داخل فضای زیر کف کاذب و دهانهٔ ورود هوا از کف کاذب به داخل فضای محل نصب دستگاه باید برابر هم و دست کم به اندازهٔ مورد نیاز دستگاه (براساس محاسبات) باشد.

۳ سطح مقطع مسیر عبور هوا از فضای زیر کف کاذب باید بر اساس اصول محاسبات کانال‌های تأمین هوا صورت گیرد.

ـ تأمین هوا از داخل فضا با درزبندی معمولی

۱ درساختمان‌های با درزبندی معمولی که حجم فضای نصب دستگاه‌های گازسوز بیش از یک مترمکعب برای هر ۱۷۷ کیلوکالری در ساعت باشد، تعویض هوای طبیعی با نفوذ هوا به داخل آن فضا، برای تأمین هوای احتراق مورد نیاز دستگاه‌های آن، کافی است.

۲ اگر حجم فضای نصب دستگاه کمتر از یک متر مکعب برای هر ۱۷۷ کیلوکالری در ساعت باشد و هوای احتراق از فضای مجاور آن تأمین شود، در این صورت مجموع حجم فضای محل نصب دستگاه و فضای مجاور باید دست کم یک مترمکعب برای هر ۱۷۷ کیلوکالری درساعت باشد.

ـ برای جریان هوا بین محل نصب دستگاه‌ها و فضای مجاور دست کم دو دهانهٔ باز بدون مانع باید پیش‌بینی شود که یکی به فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر از کف و دیگری به فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر از سقف، روی در یا جدار بین این دو فضا نصب شوند.

ـ سطح آزاد هر یک از این دهانه‌ها باید دست کم برابر یک سانتی‌متر مربع برای هر ۳۸کیلوکالری در ساعت باشد، سطح آزاد هر یک از این دهانه‌ها، به هر حال، نباید از ۶۴۵ سانتی‌متر مربع کمتر باشد.

ـ **تبصره:** در صورت نصب بخاری دودکش‌دار در اتاق خواب باید درزبندی به گونه‌ای باشد که تأمین هوای مورد نیاز از فضاهای مجاور امکان‌پذیر باشد. حمام‌های مرتبط با اتاق خواب‌ها فضای مجاور محسوب نمی‌شوند.

۳ محدودیت نصب وسایل گازسوز پر مصرف. (بالاتر از ۱/۵ متر مکعب در ساعت) در واحدهای کوچکتر از ۶۰ مترمربع ممنوع است مگر آنکه هوای مورد نیاز جهت احتراق گاز مصرفی آنها از طریق دریچهٔ دایمی‌که مستقیماً به هوای آزاد راه دارد تأمین گردد. ابعاد دریچه در جدول صفحه بعد مشخص شده است.

جدول ابعاد دریچه دایمی که مستقیماً به هوای آزاد راه دارد

ردیف	حداکثر ظرفیت دستگاه (کیلوکالری درساعت)	مساحت دریچه (سانتی‌مترمربع)	ابعاد دریچه (سانتی‌متر× سانتی‌متر)
۱	۳۰۰۰۰	۱۵۰	۱۰×۱۵
			۷/۵×۲۰
			۵×۳۰
۲	۵۰۰۰۰	۲۱۰	۱۴×۱۵
			۲۰×۱۰/۵
			۷×۳۰
۳	۷۰۰۰۰	۲۵۰	۱۵×۱۶
			۱۲/۵×۲۰
			۸/۵×۲۰

ـ تأمین هوا از داخل فضا با درزهای هوابند

درصورتی که ساختمان با درزهای هوابند باشد، هوای مورد نیاز فضایی که در آن دستگاه‌های گازسوز نصب می‌شود، چه حجم این فضا کافی باشد و چه حجم آن کافی نباشد، به هر حال باید از خارج ساختمان تأمین شود.

تأمین هوا از خارج

الف) در شرایط زیر که تأمین هوای احتراق از فضای محل نصب دستگاه‌های گاز سوز ممکن نباشد، تمام یا قسمتی از هوای مورد نیاز باید از خارج ساختمان تأمین شود:

۱ درصورتی که حجم فضای محل نصب دستگاه‌ها کمتر از یک مترمکعب برای هر ۱۷۷ کیلوکالری در ساعت باشد.

۲ درصورتی که حجم فضای محل نصب دستگاه‌ها و فضای مجاور کمتر از یک متر مکعب برای هر ۱۷۷ کیلو کالری در ساعت باشد.

۳ درصورتی که حجم فضای محل نصب دستگاه‌ها و یا مجموع آن با فضای مجاور بیش از یک متر برای هر ۱۷۷ کیلو کالری باشد ولی ساختمان با درزهای هوابند باشد.

ب) نحوهٔ دریافت هوا از خارج

برای تأمین هوای احتراق دستگاه گازسوز، نصب دهانهٔ مستقیم از فضای محل نصب دستگاه به

خارج از ساختمان، یا از طریق کانال افقی یا قائم، با در نظر گرفتن الزامات زیر کافی است:
ـ یک دهانه برای ورود هوا، به فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر از سقف، نصب شود.
ـ سطح آزاد دهانه باید دست کم یک سانتی‌متر مربع برای هر ۱۱۶ کیلوکالری در ساعت باشد.
ـ سطح مقطع کانال باید دست کم برابر سطح آزاد دهانه دریافت هوا باشد.

تأمین همزمان هوا از داخل و خارج

الف) فضای با حجم ناکافی

در ساختمان با درزبندی معمولی، در صورتی که حجم فضای محل نصب دستگاه‌های گازسوز ناکافی (کمتر از یک متر مکعب برای هر ۱۷۷ کیلوکالری در ساعت) باشد، باید با نصب دهانه‌های دریافت هوا از خارج، هوای مورد نیاز احتراق را به طور همزمان از داخل و خارج تأمین کرد.
ـ دریافت هوا از خارج باید با نصب دهانه‌های باز و مستقیم روی جداره‌های فضای محل نصب دستگاه، نصب کانال افقی یا قائم، به ترتیبی که در تأمین هوا از خارج آمده صورت گیرد.
ـ مقدار هوای داخل به اضافه جمع کل هوای دریافتی از دهانه‌های مستقیم، کانال افقی یا قائم باید برای تأمین هوای مورد نیاز احتراق دستگاه‌ها، کافی باشد.

ب) فضای با حجم کافی

در ساختمان با درزهای هوابند، در صورتی که حجم فضای محل نصب دستگاه‌های گازسوز کافی (بیش از یک متر مکعب برای هر ۱۷۷ کیلوکالری در ساعت) باشد، باید با نصب دهانه‌های دریافت هوا از خارج، هوای مورد نیاز احتراق را به طور همزمان از داخل و خارج تأمین کرد.
ـ دریافت هوا از خارج باید با نصب دهانه‌های باز و مستقیم روی جداره‌های فضای محل نصب دستگاه‌ها، نصب کانال افقی یا قائم، به ترتیبی که در «تأمین هوا از خارج» آمده، صورت گیرد.
ـ علاوه برآن لازم است یک دهانه هوای اضافی برای دریافت مستقیم هوا از خارج، با سطح آزاد یک سانتی‌متر مربع برای هر ۱۹۴ کیلوکالری در ساعت نیز پیش‌بینی شود.

تأمین مکانیکی هوا

الف) تأمین هوای احتراق برای فضایی که در آن دستگاه‌های گاز سوز نصب شده باشد، ممکن است جزیی از سیستم تعویض هوای ساختمان، یا قسمت‌هایی از فضاهای ساختمان باشد در این حالت الزامات زیر باید رعایت شود:
۱ سیستم تعویض هوای مکانیکی نباید در فضایی که در آن دستگاه‌های گازسوز نصب می‌شود فشار منفی ایجاد کند، تا در کار مشعل اختلال ایجاد نشود.
۲ سیستم تعویض هوای مکانیکی و مشعل هر یک از دستگاه‌ها باید به هم وابسته و مرتبط باشد، به طوری که اگر سیستم تعویض هوای مکانیکی کار نکند، مشعل دستگاه‌ها هم به طور خودکار خاموش شود.
ب) مقدار تعویض هوا
مقدار هوا که توسط سیستم تعویض هوای مکانیکی به داخل فضای محل نصب دستگاه‌های گازسوز فرستاده می‌شود، باید دست کم برابر یک متر مکعب در ساعت برای هر ۳۵۵ کیلوکالری در ساعت باشد.

عدم اختلال در تأمین هوای احتراق

الف) در هر فضایی که در آن دستگاه گازسوز نصب می‌شود باید گردش آزاد هوا وجود داشته باشد.
ب) در هر فضایی که در آن دستگاه گازسوز نصب می‌شود نباید دستگاه دیگری که جریان انتقال هوا را مختل می‌کند نصب شود.

دهانه‌های ورود هوا

دهانه‌های ورود هوا باید از نوعی باشد که در برابر ورود هوا مانع ایجاد نکند.
ـ اگر روی دهانه ورودی هوا توری سیمی نصب می‌شود، اندازهٔ چشمه‌های توری باید دست کم ۱۲ × ۱۲ میلی‌متر باشد.
ـ اگر روی دهانه ورود هوا، دریچه هوای بیرون از نوع فلزی، نصب می‌شود، سطح آزاد آن باید ۷۵درصد محاسبه شود، مگر آنکه سازنده نسبت دیگری توصیه کرده باشد.
ـ اگر روی دهانه ورودی هوا دریچه هوای بیرون از نوع چوبی، نصب شود سطح آزاد آن باید ۲۵درصد محاسبه شود.

قوانین و دستورالعمل‌های موتورخانه حرارت مرکزی

دیگ آب‌گرم

طراحی و ساخت دیگ‌های آب‌گرم و بخار باید طبق الزامات مندرج در یکی از استانداردهای زیر باشد:

ISIRI ۴۲۳۱
BS ۲۷۹۰
ANSI/ASME I, IV

نصب دیگ آب گرم و بخار باید طبق دستورالعمل‌های سازنده صورت گیرد.
دستورالعمل راه‌اندازی و بهره‌برداری که در آن روش روشن‌کردن و راه‌اندازی، نکات مربوط به بهره‌برداری، دستورات نگهداری و روشن و خاموش‌کردن دستگاه درج شده باشد باید از طرف سازنده با دستگاه همراه شود و به‌طور دائم در محل نصب آن نگهداری شود.
سیستم کنترل دستگاه باید توسط نصب‌کننده تنظیم و آزمایش شود. نصب‌کننده باید نسخه کامل دیاگرام کنترل دستگاه را، همراه با دستورالعمل بهره‌برداری، تحویل دهد.
ظرفیت دستگاه و دیگر اطلاعات ضروری، باید روی پلاک دستگاه نقش شده باشد.

کنترل‌های ایمنی در دیگ‌های آب‌گرم

الف) دیگ‌های آب‌گرم، کم فشار و پرفشار، باید با دو عدد کنترل دمای حد بالا و یک عدد کنترل سطح پایین آب، مرتبط با شیر ورودی سوخت به مشعل اصلی و به منظور بستن آن مجهز باشند.
۱ از دو عدد کنترل دما، یکی که روی دمای بالاتر تنظیم شده است، باید امکان تنظیم مجدد دستی داشته باشد. در صورتی که دیگ آب‌گرم از نوع یک‌پارچه و با ظرفیتی برابر ۱۱۷کیلووات (۴۰۰۰۰۰ بی‌تی‌یو در ساعت) یا کمتر باشد، تنظیم مجدد دستی روی کنترل دمای بالا دیگر لازم نیست.
ب) کنترل دمای حد بالا و کنترل سطح پایینی آب در این دیگ‌ها باید در محلی و به ترتیبی

نصب شود که عملیات آزمایش سرویس و تعویض این کنترل‌ها، بدون تخلیه آب سیستم، امکان‌پذیر باشد.
۲ این شرط در مورد ساختمان‌های مسکونی کوچک‌تر از ۶ واحد لازم نیست رعایت شود.
پ) اگر دیگ کویل‌دار باشد، به این معنی که سطح حرارتی دیگ را کویل‌ها تشکیل دهند، می‌توان به جای کنترل سطح پایین آب دیگ، روی لوله آب گرم یک حسگر جریان نصب کرد.

مخزن انبساط

الف) هر سیستم گرمایی با آب‌گرم باید به مخزن انبساط مجهز باشد.
ب) مخزن انبساط ممکن است از نوع باز یا از نوع بسته باشد.
پ) ظرفیت مخزن انبساط باز باید برای دما و فشار کار سیستم محاسبه و انتخاب شود.
ت) مخزن انبساط باید در محل نصب، به کمک پایه، آویز و بست‌های مناسب، به اجزای ساختمان مهار شود و در وضعیت پایدار و مستقر قرار گیرد.

مخزن انبساط باز

الف) مخزن انبساط باز باید در ترازی نصب شود که سطح آب داخل آن، در وضعیت کار عادی سیستم، دست کم ۱۲۰ سانتی‌متر از بالاترین اجزای سیستم گرمایی بالاتر باشد.
ب)گنجایش مخزن انبساط باز باید برای سیستم آب گرم مورد نظر مناسب باشد.
پ) در مخزن انبساط باز باید، علاوه بر اتصال به سیستم گرمایی، اتصالات زیر پیش‌بینی شود:
ـ در قسمت بالای مخزن باید لوله سرریز، دست کم به قطر نامی ۱ اینچ، نصب شود.
ـ مخزن انبساط باز باید لوله هواکش داشته باشد تا هوای داخل مخزن را بدون هر نوع شیر یا مانع دیگری، به هوای آزاد مربوط کند.

مخزن انبساط بسته

الف) مخزن انبساط بسته باید برای فشار و دمای کار سیستم گرمایی مورد نظر مناسب باشد.
ب) مخزن انبساط بسته باید گواهی آزمایش فشار کار، از یک مؤسسه آزمایش‌کننده معتبر، داشته باشد. فشار آزمایش باید دست کم ۱/۵برابر حداکثر فشار کار سیستم باشد.
پ) مخزن انبساط بسته باید به متعلقات لازم از قبیل تخلیه آب و شیشه آب‌نما، مجهز باشد.
۱ روش تخلیه آب باید به‌ترتیبی باشد که بتوان بدون تخلیه آب سیستم گرمایی مخزن را تخلیه کرد.
ت) مخزن انبساط بسته باید به لوازمی مجهز باشد که بتوان به کمک آنها هوا یا گاز ازت را به آن تزریق کرد و فشار مورد نیاز سیستم را تأمین نمود.

مقدار انبساط لوله‌ها

تمام لوله‌ها در اثر تغییر درجهٔ حرارت محیط و درجه حرارت مایع داخل لوله، منبسط و منقبض می‌شوند. مقدار انبساط لوله‌های مسی و فولادی بر حسب اینچ در هر ۱۰۰ فوت طول لوله در اختلاف دماهای مختلف در جدول صفحه بعد آورده شده است.

(Inches per 100 feet)

TEMP RANGE (F)	COPPER TUBING	STEEL PIPE
۰ ۵۰ ۱۰۰	۰ ۰/۵۶ ۱/۱۲	۰ ۰/۳۷ ۰/۷۶
۱۵۰ ۲۰۰ ۲۵۰	۱/۶۹ ۲/۲۷ ۲/۸۵	۱/۱۵ ۱/۵۵ ۱/۹۶
۳۰۰ ۳۵۰ ۴۰۰	۳/۴۵ ۴/۰۵ ۴/۶۵	۲/۳۸ ۲/۸۱ ۳/۲۵
۴۵۰ ۵۰۰	۵/۲۷ ۵/۸۹	۳/۷۰ ۴/۱۵

برای محاسبه جرم مخصوص، جرم (m) ماده برحسب gr یا kg و حجم (v) ماده می‌تواند برحسب dm^3 و cm^3 و m^3 می‌باشد.

جرم مخصوص

$$\rho = \frac{m}{v}$$

فرمول محاسبه فشار (p) درجامدات:

برای محاسبه فشار وارده بر روی سطوح جامد، نیروی (F) برحسب نیوتن (N) و سطح برحسب مترمربع (m^2) می‌باشد.

$$\text{فشار } P = \frac{F}{A}$$

فرمول محاسبه فشار (p) در مایعات:

برای محاسبه فشار وارده در مایعات، جرم مخصوص (ρ) برحسب $\frac{kg}{m^3}, \frac{kg}{dm^3}, \frac{gr}{cm^3}$ و شتاب گرانشی (g) برحسب $\frac{N}{kg}$ و ارتفاع (h) برحسب متر می‌باشد.

فشار $p = \rho gh$

فرمول محاسبه فشارمطلق (P_A) :

برای محاسبه فشار مطلق، مجموع فشار نسبی (P_g) و فشار اتمسفریک محلی (P_{atm}) در نظر گرفته می‌شود.

فشار مطلق $P_A = P_{atm} + P_g$

فرمول‌های تبدیل دما:

فرمول	کاربرد	مثال
$K = {}^\circ C + ۲۷۳$	تبدیل درجه سلسیوس به کلوین	$K = ۱۰۰ {}^\circ C + ۲۷۳ = ۳۷۳K$
$F = ۱/۸ {}^\circ C + ۳۲$	تبدیل سلسیوس به فارنهایت	$F = ۱/۸ \times ۱۰۰ {}^\circ C + ۳۲ = ۲۱۲F^\circ$

محاسبات انتقال گرما (H):

روابط	کاربرد	مثال
$H = \frac{K}{X} A(t_2 - t_1)$ (K) = قابلیت هدایت گرمایی $\frac{w.m}{m^2.^\circ c}$ X = ضخامت جدار (m) A = مساحت سطح انتقال گرما (m^2) (t_2-t_1) = اختلاف دمای سطح گرم و سرد	انتقال گرما به روش رسانش	یک کوره هوای گرم از طریق جداره فولادی خود به ضخامت ۸ mm و سطح گرمایی مؤثر ۰/۸ m^2 گرما را از طرف شعله عبور داده و باعث گرم شدن هوای عبوری از کوره می‌شود در صورتی که دمای سطح طرف شعله ۱۳۵ $^\circ C$ و دمای سطح طرف هوای گرم ۱۲۴ $^\circ C$ باشد، مقدارگرمای انتقال یافته را محاسبه کنید. $(k = ۵۲ \frac{w \times m}{m^2 \times ^\circ c})$ **پاسخ:** $H = \frac{۵۲}{۰/۰۰۸} \times ۰/۸ \times (۱۳۵ - ۱۲۴) = ۵۷۲۰۰ (W)$
$H = FA(T_S - T_m)$ F = ضریب هدایت سطحی A = مساحت سطح انتقال گرما (m^2) $(T_S - T_m)$ = اختلاف دمای سطح جسم گرم و دمای متوسط سیال ($^\circ C$)	انتقال گرما به روش وزش	دمای سطح رادیاتور ۸۰ $^\circ C$ و سطح گرمایی آن ۶ m^2 است. مقدار گرمـــای انتقال یافته از رادیاتور به هوای اتاق درصورتی که دمای اتاق ۲۰ $^\circ C$ و ضریب هدایت سطحی ۸ $\frac{w}{m^2 \times ^\circ c}$ باشد، را حساب کنید. **پاسخ:** $H = ۸ \times (۱۸ \frac{w}{m^2.^\circ c}) \times ۶ \times (۸۰ - ۲۰) = ۲۸۸۰ (w)$
$H = U.A(t_i - t_\circ)$ U = ضریـــب کلـــی انتقـــال گرمـــا A = مســـاحت ســـطح انتقـــال گرمـــا (m^2) $(t_i - t_\circ)$ = اختـــلاف دمـــای داخـــل و خـــارج ســـاختمان	انتقال گرما با داشتن مقدار ضریب کلی انتقال گرما از جدار	مقدارگرمایی که از طریق پنجره‌ای به طول ۲/۵ m و ارتفاع ۱/۶ m از داخل اتاق با دمای ۲۰ $^\circ C$ به هوای خارج با دمای ۰ $^\circ C$ منتقل می‌شود را محاسبه کنید. **پاسخ:** $H = ۶ \times ۴ (۲۰ - ۰) = ۴۸۰ (w)$

برآورد بارگرمایی سریع

جدول بارگرمایی سرانگشتی به ازای سطح

جدول بار گرمایی سرانگشتی به ازای سطح H_A				
نوع کاربری ساختمان	بار گرمایی به ازای هر متر مربع زیربنا W/m^2			
	گرم	معتدل	سرد	خیلی سرد
دما درجه سلسیوس	۰-۵° C	۰> t >-۵	-۵> t >-۱۰	پایین‌تر از ۱۰-
آپارتمانی	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰
مسکونی ویلایی	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰

روابط	کاربرد	مثال
$H = H_A \times A$ H = بارگرمایی ساختمان A = مساحت اتاق	بارگرمایی ساختمان	بارگرمایی یک ساختمان مسکونی ویلایی با زیربنای ۱۵۰ مترمربع در جزیره ابوموسی در خلیج فارس چند وات است؟(بارگرمایی به ازای هرمترمربع $۶۰\frac{w}{m^۲}$ در نظر بگیرید) **پاسخ:** $H = ۶۰ \times ۱۵۰ = ۹۰۰۰(w)$
$H_{wi} = ۲/۲H$ H = بارگرمایی ساختمان	بارگرمایی ساختمان بدون گرمابندی	بارگرمایی یک ساختمان مسکونی ویلایی با زیربنای ۱۵۰ مترمربع در جزیره ابوموسی در خلیج فارس که از ساخت آن ۲۰سال گذشته و بدون گرمابندی است، چند وات است؟(بارگرمایی به ازای هرمترمربع $۶۰\frac{w}{m^۲}$ در نظر بگیرید) **پاسخ:** $H = ۶۰ \times ۱۵۰ = ۹۰۰۰(w)$ $H_{wi} = ۲/۲ \times ۹۰۰۰ = ۱۹۸۰۰(w)$

انتخاب دستگاه

روابط	کاربرد	مثال
$N = \frac{H}{H_R}$ H = بارگرمایی ساختمان H_R = توان گرمایی هر پره رادیاتور	تعیین تعداد پره رادیاتور	در صورتی که بارگرمایی یک ساختمان $۹۰۰۰(w)$ باشد و توان گرمایی هر پره رادیاتور ۱۴۵ وات، تعداد پره‌های مورد نیاز را به دست آورید. **پاسخ:** $N = \frac{۹۰۰۰}{۱۴۵} = ۶۲$
$H = ۱/۲۵H$ H = بارگرمایی ساختمان	تعیین مقدار آب‌گرم مصرفی	درصورتی که بارگرمایی یک ساختمان $۹۰۰۰(w)$ باشد مقدار آب‌گرم مورد نیاز را به دست آورید. **پاسخ:** $H = ۱/۲۵ \times ۹۰۰۰ = ۱۱۲۵۰(w)$

انتخاب قطرلوله

روابط	کاربرد	مثال
$q_v = \frac{H}{۵۰}$ H = بار گرمایی ساختمان (KW)	دبی آب	بارگرمایی یک ساختمان ۲۴ کیلووات است چنانچه بخواهیم از یک پکیج گرمایشی استفاده نماییم. گذر آب گرم خروجی از پکیج چند لیتر بر ثانیه خواهد بود. **پاسخ:** $q_v = \frac{۲۴}{۵۰} = ۰/۴۸(\frac{l}{s}) = ۰/۰۰۰۴۸\frac{m^۳}{s}$
$d = \sqrt{\frac{۴q_v}{\pi V}}$ V= سرعت آب در لوله	تعیین قطرلوله	درصورتی که مقدار گذرآب (دبی) $۰/۰۰۰۴۸\frac{m^۳}{s}$ و سرعت آب $۱/۲\frac{m}{s}$ باشد. قطر لوله چند میلی‌متر خواهد شد. **پاسخ:** $d = \sqrt{\frac{۴\times ۰/۰۰۰۴۸}{۳/۱۴\times ۱/۲}} = ۰/۰۲۲۵m = ۲۲/۵mm$
$d = ۵\times\sqrt{\frac{H}{V}}$ H = توان گرمایی مورد نیاز در طبقه V = سرعت آب در لوله طبقات ۱/۲ متر برثانیه و در رایزرها ۱/۶ متر بر ثانیه	تعیین قطرلوله در طبقات	قطرلوله آب ورودی به یک رادیاتور با توان گرمایی ۴۰۰۰ وات چند میلی‌متر است. (سرعت آب را ۱ متر برثانیه در نظر بگیرید) **پاسخ:** $d = ۵\sqrt{\frac{۴kw}{۱}} = ۱۰mm$

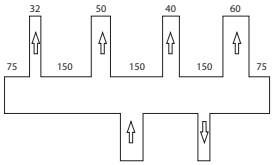
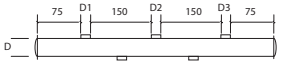
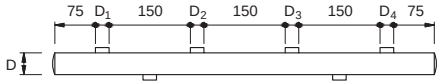
محاسبات کف گرمایی

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

نوع کاربرد / پارامترهای مؤثر	مسکونی		تجاری		صنعتی	
	سیستم Metric	سیستم Imperhal	سیستم Metric	سیستم Imperhal	سیستم Metric	سیستم Imperhal
دمای اتاق	۱۸-۲۲° C	۶۵-۷۲° F	۱۵-۲۲° C	۶۰-۷۲° F	۱۳-۲۱° C	۵۵-۷۰° F
میانگین دمای آب	۵۳-۶۰° C	۹۵-۱۴۰° F	۳۲-۶۰° C	۹۰-۱۴۰° F	۳۰-۵۰° C	۸۵-۱۲۰° F
دمای سطح	۲۵-۲۹° C	۷۵-۸۵° F	۲۵-۲۹° C	۷۵-۸۵° F	۲۲-۲۹° C	۷۰-۸۵° F
شار گرمایی	۴۷/۵-۹۵w/m² W/m²	۱۵-۳۰ Btu/ft²	۴۷-۵/۹۵° C W/m²	۱۵-۳۰ Btu/ft²	۳۲-۸۰ W/m²	۱۰-۲۵ Btu/ft²
افت دمای آب	۸-۱۰° C	۱۵-۲۰° F	۸-۱۰° C	۱۵-۲۰° F	۸-۱۰° C	۱۵-۲۰° F
سایز لوله مصرفی	۹-۱۲ mm	۱/۲ ۳/۸	۱۲-۱۶ mm	۱/۲	۱۶-۲۰ mm	۲۰-۲۵ mm ۵/۸ ۳/۴
طول پیشنهادی هر مدار	۶۰ mm	۲۰۰ ft ۳۰۰ ft	۹۰ m	۳۰۰ ft	۱۲۲ m	۱۵۲ m ۴۰۰ ft ۵۰۰ ft
دبی جریان برای هر مدار	۱/۳ L/m	۰/۳۵ gpm ۰/۷۵ gpm	۲/۸ L/m	۰/۷۵ gpm	۳/۸ L/m	۵/۷ gpm ۱ gpm ۱/۵ gpm
افت فشار هر مدار	۱/۵-۱/۸ mH₂O	۵-۶ ftH₂O ۶-۷ ftH₂O	۱/۸-۲/۲ mH₂O	۷-۶ ftH₂O	۱-۱/۴ mH₂O	۱-۱/۴ mH₂O ۳/۵-۴/۵ ftH₂O ۳/۵-۴/۵ ftH₂O
میانگین فاصله بین لوله‌ها	۱۰-۲۰ Cm	۴-۸ In ۸-۱۲ In	۲۰-۳۰ Cm	۸-۱۲ In	۲۰-۳۰ Cm	۲۵-۳۵ Cm ۸-۱۲ In ۱۰-۱۴ In

جدول محاسبات تخمینی سیستم کف گرمایی

پارامترهای مؤثر / کاربری	مسکونی ـ تجاری	صنعتی	
دمای اتاق (درجه سانتی گراد)	۲۲	۱۳_۲۱	
میانگین دمای آب (درجه سانتی گراد)	۲۰_۶۰	۳۰_۵۰	
دمای کف (درجه سانتی گراد)	۲۵_۲۹	۲۲_۲۱	
شار حرارتی (ولت بر متر مربع)	۴۷/۵_۹۵	۳۲_۸۰	
افت دمای آب (درجه سانتی گراد)	۸_۱۰	۸ _۱۰	
قطر لوله مورد استفاده در کف (میلی‌متر)	۱۶	۲۰	۲۵
طول پیشنهادی هر مدار (متر)	۹۰	۱۲۲	۱۵۲
دبی جریان در هر مدار (لیتر بر دقیقه)	۲/۸	۳/۸	۵۷
افت فشار به ازای بالاترین مدار (متر ستون آب)	۱/۸_۲/۲	۱_۱/۴	۱_۱/۴
فاصله بین لوله‌ها (سانتی‌متر)	۱۰_۲۰	۲۰_۳۰	۲۵_۳۵

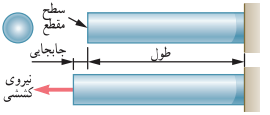
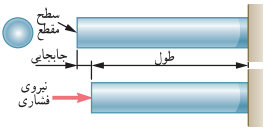
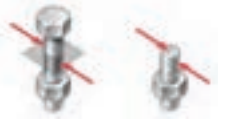
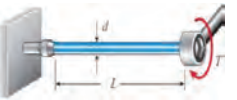
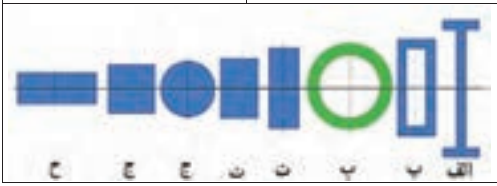
روابط	کاربرد	مثال
$H_B = (H_1 + H_2) \times 1/1$ H_1 بار گرمایی ساختمان kw H_2 توان آب‌گرم مصرفی kw H_B ظرفیت دیگ	**ظرفیت گرمایی دیگ**	**مثال:** بار گرمایی یک ساختمان ۱۵۰ کیلووات و توان موردنیاز برای آب گرم مصرفی ۵۰ کیلووات می‌باشد. با احتساب ضریب اطمینان ده درصد، ظرفیت دیگ چدنی مناسب را به‌دست آورید. **پاسخ:** $H_T = H_1 + H_2$ $H_T = (H_1 + H_2) = ۱۵۰ + ۵۰ = ۲۰۰$ KW $H_B = H_T \times 1/1 = 1/1 \times ۲۰۰ = ۲۲۰$ KW با توجه به اندازه ۲۲۰ کیلو وات از جدول انتخاب دیگ چدنی چون ۲۲۰ وات وجود ندارد، بنابراین ۲۳۱/۴ که مربوط به دیگ مدل ۱۲ ـ۴۰۰ انتخاب می‌شود.
$H_1 = \frac{H_B}{\eta}$ H_B ظرفیت گرمایی دیگ η بازده مشعل (η مشعل‌های گازوئیلی ۷۵ تا ۸۰٪ و مشعل گازی ۹۰ تا ۹۵٪ است).	**ظرفیت گرمایی مشعل**	**مثال:** برای دیگ به ظرفیت گرمایی ۲۲۰ KW مشعل گازوئیلی را انتخاب نمایید. $H_B = ۲۲۰$KW = ظرفیت دیگ **پاسخ:** $H_1 = \frac{H_B}{\eta}$ $H_1 = \frac{۲۲۰}{۰/۸۰} = ۲۷۵\text{KW} \times ۸۶۰ \frac{\text{kcal/hr}}{\text{KW}}$ = ۲۳۶۵۰۰ kcal/hr در جدول انتخاب مشعل گازوئیلی مشعل «PDE0» یک مرحله‌ای به‌دست می‌آید.
$D_C = \sqrt{D_1^2 + D_2^2 + \cdots}$	**محاسبه قطر کلکتور**	**مثال:** با توجه به قطر انشعابات ۳۲، ۵۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر قطر کلکتور را محاسبه کنید $D_C = \sqrt{۳۲^2 + ۵۰^2 + ۴۰^2 + ۶۰^2} =$ $\sqrt{۱۰۲۴ + ۲۵۰۰ + ۱۶۰۰ + ۳۶۰۰} = ۹۳/۴\text{mm}$ 
طول کلکتور = L $L = ۷۵ + D_1 + ۱۵۰ + D_2 + D_3$ 	**طول کلکتور**	مثال: طول کلکتوری که دارای انشعابات خروجی به قطر ۲۵، ۳۲، ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر می‌باشد را به‌دست آورید. $L = ۷۵ + ۲۵ + ۱۵۰ + ۳۲ + ۱۵۰ + ۵۰ + ۱۵۰ + ۸۰ + ۷۵ = ۷۸۷$ 

جدول تبدیل فشار در یکاهای SI و IP

به → / از ↓	atm	bar	psi (lb_f/in^2)	torr ≈ mmHg	inHg at 0 °C	Pa (N/m^2)	kg_f/cm^2	dyn/cm^2 micro bar	mWc (mH_2O) at 4 °C
atm	1	1.0132501	14.695950254	760.000066005	29.9212583001	101325.01	1.0332275548	1013250.1	10.3349213567
bar	0.986923169	1	14.5037738	750.0616738	29.52998307	100000	1.019716213	1000000	10.19977334
psi	0.068045957	0.068947573	1	51.71493187	2.036020658	6894.757282	0.070306958	68947.57282	0.703249615
torr	0.001315789	0.001333224	0.019336775	1	0.039370073	133.32237	0.00135951	1333.2237	0.01359858
inHg	0.033421054	0.033863887	0.491154152	25.40000352	1	3386.388667	0.034531554	33863.88667	0.345403968
Pa	0.0000098692	0.00001	0.0001450377	0.0075006167	0.0002952998	1	0.0000101972	10	0.0001019977
kg/cm^2	0.96784101	0.980665	14.22334333	735.5592313	28.95902085	98066.5	1	980665	10.00256072
dyn/cm^2	0.0000009869	0.000001	0.0000145038	0.0007500617	0.00002953	0.1	0.0000010197	1	0.0000101998
mWc	0.096759324	0.098041394	1.421970206	73.53709233	2.895160715	9804.139432	0.099974399	98041.39432	1

برای مثال : 1atm ≈1.01 bar ≈ 14.7 psi ≈ 760 torr ≈ 29.92 inHg ≈ 101325 Pa ≈ 10.334 mWc

مقاومت قطعات در بارگذاری های مختلف

نوع بارگذاری	شکل بارگذاری	تنش در قطعه	حداکثر جابجایی در قطعه
کششی		تنش کششی در بارگذاری کششی $= \frac{\text{نیروی کششی}}{\text{سطح مقطع}}$	حداکثر جابجایی در بارگذاری کششی $= \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع}}$
فشاری		تنش فشاری در بارگذاری فشاری $= \frac{\text{نیروی فشاری}}{\text{سطح مقطع}}$	حداکثر جابجایی در بارگذاری فشاری $= \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع}}$
برشی		تنش برشی در بارگذاری برشی $= \frac{\text{نیروی برشی}}{\text{سطح مقطع}}$	---
خمشی		= حداکثر تنش قطعه بارگذاری خمش $\frac{\text{طول} \times \text{نیرو}}{\text{ممان اینرسی}} \times \text{ضریب}$	= حداکثر جابجایی در خمش $\frac{\text{نیرو} \times \text{طول}^3}{\text{سفتی جنس} \times \text{ممان اینرسی}} \times \text{ضریب}$
پیچشی		= حداکثر تنش قطعه هنگام پیچش $\frac{\text{گشتاور پیچشی}}{\text{ممان اینرسی قطبی}} \times \text{ضریب}$	= حداکثر جابجایی زاویه در پیچش $\frac{\text{طول} \times \text{گشتاور پیچشی}}{\text{سفتی برشی جنس} \times \text{ممان اینرسی قطبی}} \times \text{ضریب}$
مقایسه استحکام و سفتی مواد مختلف معمولی		**استحکام فولاد > استحکام مس > استحکام آلومنیوم**	**سفتی فولاد >سفتی مس > سفتی آلومنیوم**
به چه شرطی مقاومت قطعه بالا می رود:		استحکام قطعه زمانی بالا می رود که: ۱- استحکام جنس قطعه بیشتر باشد. ۲- در برابر نیروی یکسان تنش در قطعه کمتر باشد.	سفتی قطعه زمانی بالا می رود که: ۱- سفتی جنس قطعه بیشتر باشد. ۲- در برابر نیروی یکسان جابجایی در قطعه کمتر باشد .
ممان اینرسی سطح مقطع حول محور افقی به ترتیب، شکل الف از همه بیشتر است.			

جداول عمومی

بار گرمایی محسوس و نهان ناشی از بدن افراد برحسب W

بانک	مدرسه و آموزشگاه	کارخانه	رستوران	آپارتمان اداره	بار	دمای خشک اتاق °C
۷۴	۶۷	۸۶	۸۲	۷۲	محسوس	۲۳
۷۱	۳۵	۱۳۳	۷۹	۶۰	نهان	
۵۸	۵۷	۶۴	۶۴	۵۸	محسوس	۲۶
۸۷	۴۵	۱۵۵	۹۶	۷۳	نهان	

بار گرمایی برای انواع لامپ و کاربری (W)

غیره	هتل	مسجد	اداره	آپارتمان	بار
۲/۵	۱/۲۴	۰/۶۴	۶/۲	۳/۷	لامپ مهتابی
۲	۱	۰/۴۹	۵	۲/۹	لامپ رشته‌ای

مقدار هوای تازه M^3/min

به ازای هر فرد	موقعیت
۰/۴۲	آپارتمان عادی
۰/۷۰	آپارتمان مجلل
۰/۲۸	ادارهٔ عمومی
۰/۷۰	ادارهٔ خصوصی
۰/۲۸	رستوران
۰/۲۱	فروشگاه
۰/۲۸	مدرسه

تعداد تغییرات هوا در ساعت = A_c

نوع اتاق یا ساختمان	تعداد تعویض هوا در ساعت
ساختمان بدون درب یا پنجرهٔ خارجی	۰/۵
اتاق با یک دیوار خارجی	۱
اتاق با دو دیوار خارجی	۱/۵
اتاق با سه دیوار خارجی	۲
اتاق با چهار دیوار خارجی	۲
هال ورودی	۳
هال پذیرایی	۲

جدول اقلیم آب و هوایی برخی شهرهای ایران

تیپ (۱)گرم و خشک		تیپ (۲) گرم و مرطوب		تیپ (۳) معتدل و مرطوب	
آباده	قم	آبادان	بندرعباس	آستارا	گرگان
اردستان	قمشه	آغاجاری	بندربوشهر	آستانه	لاهیجان
اصفهان	کاشان	اهواز	بندرجاسک	آمل	منجیل
اقلید	کاشمر	اندیمشک	بندرخرمشهر	ارومیه	نور
بافق	کرمان	بهبهان	بندردیلم	بابل	
باشت	کهریزک	حمیدیه	بندرماهشهر	بانه	
بیرجند	گرمسار	دزفول	بندرخرمشهر	بابلسر	
تهران	نجف‌آباد	دشت‌آزادگان	بندرگناوه	بندرانزلی	
جهرم	نیریز	رامهرمز	بندرامام	بندرترکمن	
جیرفت	یاسوج	سوسنگرد	جزیره قشم	بهشهر	
خمینی‌شهر	یزد	شوش	جزیره کیش	تنکابن	
دامغان		شوشتر		چالوس	
رفسنجان		کهنوج		رامسر	
زاهدان		لار		روانسر	
سمنان		مسجدسلیمان		ساری	
سیرجان		میناب		صومعه‌سرا	
شیراز		چابهار		فومن	
فسا		بندرعسلویه		قائمشهر	

جداول تیپ یک (۱) گرم و خشک
ارتفاع ۱۲۱۹ متر
رنج روزانه ۵/۵-
عرض جغرافیایی ۳۵ درجه

شرایط هوای داخل و خارج

وضعیت	دمای خشک DB C°	دمای مرطوبWB C°	رطوبت نسبی	مقدار رطوبت gr/lb
هوای خارج	۴۰	۲۱/۱	٪۱۷	۷/۹
هوای داخل	۲۳/۸	۱۶/۹	٪۵۰	۹/۲
اختلاف	۱۶/۲			-۹

مقدار تشعشع آفتاب از پنجره در ساعات مختلف $\frac{w}{m^2}$

موقعیت	قبل از ظهر					بعدازظهر				
	۹ صبح	۱۰	۱۱	۱۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶ عصر
شمال	۷۲/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۲/۸	۷۲/۸	۹۵/۵	۱۲۸/۸
جنوب	۱۱۲	۱۷۹/۲	۲۵۲	۲۷۷	۲۵۲	۱۷۹/۲	۱۱۲	۶۷/۲	۵۳/۲	۲۵/۲
شرق	۸۱۲	۵۵۱/۶	۲۴۹/۲	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۲/۸	۶۷/۲	۵۳/۲	۲۵/۲
غرب	۷۲/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۲۴۳/۶	۵۵۱/۶	۸۱۲	۹۱۸/۴	۸۵۹/۶	۶۱۰/۴

اختلاف دمای بار برودتی دیوار با موقعیت ۴۰ درجه جغرافیایی ۳۰ تیرماه (درجه سلسیوس)

موقعیت	قبل از ظهر					بعدازظهر				
	۹ صبح	۱۰	۱۱	۱۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶ عصر
شمال	۲	۲	۳	۴	۴	۶	۷	۸	۹	۱۱
جنوب	۲	۲	۲	۳	۶	۸	۱۱	۱۴	۱۶	۱۸
شرق	۴	۷	۱۱	۱۴	۱۸	۲۰	۲۱	۲۱	۲۱	۲۰
غرب	۴	۳	۳	۴	۴	۶	۷	۹	۱۲	۱۷

ضریب تصحیح (f) برای تشعشع خورشید از پنجره‌های مختلف

نوع پنجره	بدون سایبان	سایبان داخلی		سایبان خارجی
		کرکره	پرده	
شیشه معمولی	۱	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۱۵
شیشه دوبل	۰/۹	۰/۶۱	۰/۶۷	۰/۱۴
رنگ شده	۰/۴	۰/۲۵	۳/۳۰	۰/۱۰

ضریب تصحیح برای تشعشع خورشید از پنجره

موضوع	ضریب تصحیح f
پنجره فلزی	۱/۱۷
ارتفاع از سطح دریا	۱/۰۲۸
نقطه شبنم	۱/۱۲
محیط با گرد و غبار و مه	۱
محیط بدون گرد و غبار و مه	۰/۸۵

ضریب انتقال گرما $U\ w/m^2\ k$ محاسبه بار سرمایی انتقالی از در و پنجره

نوع و جنس		U
پنجره	معمولی	۶/۴۲
	دوبل	۳/۱۰
درب	چوبی	۳/۹۴
	فلزی	۶/۸

جداول تیپ دو (۲) گرم مرطوب

شرایط هوای داخل و خارج

وضعیت	دمای خشک DB (سلسیوس)	دمای مرطوب WB(سلسیوس)	رطوبت نسبی	مقدار رطوبت gr/lb
هوای خارج	۴۶	۲۵	٪۲۰	۸۷
هوای داخل	۲۶	۱۹	٪۵۰	۷۷
اختلاف	۲۰	-	-	۱۰

مقدار تشعشع آفتاب از پنجره در ساعات مختلف $\frac{w}{m^2}$

موقعیت	قبل از ظهر					بعدازظهر				
	۹ صبح	۱۰	۱۱	۱۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶ عصر
شمال	۷۳	۷۹	۷۹	۷۹	۷۹	۷۹	۷۳	۷۹	۱۱۳	۱۲۵
جنوب	۷۹	۱۱۳	۱۵۳	۱۷۰	۱۵۳	۱۱۳	۷۹	۶۸	۵۱	۲۲
شرق	۸۲۳	۵۶۲	۲۵۰	۷۹	۷۹	۷۹	۷۳	۶۸	۵۱	۲۲
غرب	۷۳	۷۹	۷۹	۷۹	۲۵۰	۵۶۲	۸۲۳	۹۳۷	۸۸۰	۵۶۸

اختلاف دمای بار برودتی دیوار با موقعیت ۴۰ درجه جغرافیایی ۳۰ تیرماه (درجه سلسیوس)

موقعیت	قبل از ظهر					بعدازظهر				
	۹ صبح	۱۰	۱۱	۱۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶ عصر
شمال	۲	۲	۳	۴	۴	۶	۷	۸	۹	۱۱
جنوب	۲	۲	۲	۳	۶	۸	۱۱	۱۴	۱۶	۱۸
شرق	۴	۷	۱۱	۱۴	۱۸	۲۰	۲۱	۲۱	۲۱	۲۰
غرب	۴	۳	۳	۴	۴	۶	۷	۹	۱۲	۱۷

ضریب تصحیح برای تشعشع خورشید از پنجره تیپ ۲

موضوع	ضریب تصحیح f
پنجره فلزی	۱/۱۷
ارتفاع از سطح دریا	۱
نقطه شبنم	۱/۰۲۸
محیط با گرد و غبار و مه	۱
محیط بدون گرد و غبار و مه	٪۸۵

ضریب تصحیح (f) برای تشعشع خورشید از پنجره‌های مختلف

نوع پنجره	بدون سایبان	سایبان داخلی		سایبان خارجی
		کرکره	پرده	
شیشه معمولی	۱	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۱۵
شیشه دوبل	۰/۹	۰/۶۱	۰/۶۷	۰/۱۴
رنگ شده	۰/۴	۰/۲۵	۳/۳۰	۰/۱۰

ضریب انتقال گرما $U\ w/m^2\ k$ محاسبه بار سرمایی انتقالی از درب و پنجره

نوع و جنس		U
پنجره	معمولی	۶/۴۲
	دوبل	۳/۱۰
درب	چوبی	۳/۹۴
	فلزی	۶/۸

جداول تیپ سه (۳) معتدل و مرطوب

شرایط هوای داخل و خارج

مقدار رطوبت gr/lb	رطوبت نسبی	دمای مرطوب **WB** C°	دمای خشک **DB** C°	وضعیت
۱۶۰	۶۵٪	۲۸/۸	۳۵	هوای خارج
۶۵	۵۰٪	۱۶/۹	۲۳/۸	هوای داخل
۳۵	-	-	۱۱/۲	اختلاف

مقدار تشعشع آفتاب از پنجره در ساعات مختلف $\frac{w}{m^2}$

موقعیت	قبل از ظهر					بعدازظهر				
	۹ صبح	۱۰	۱۱	۱۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶ عصر
شمال	۷۲/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۲/۸	۷۰	۸۶/۸	۱۳۱/۶
جنوب	۱۲۸	۲۱۲/۲	۳۰۲	۳۳۱/۸	۳۰۲/۴	۲۱۲/۲	۱۲۸/۸	۷۱/۴	۵۴/۶	۲۶/۶
شرق	۸۰۹/۲	۵۵۰	۲۴۲/۲	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۲/۸	۶۷/۲	۵۴/۶	۲۶/۶
غرب	۷۲/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۸	۲۴۲/۲	۵۵۰	۸۰۹/۲	۹۱۸	۸۹۳/۲	۶۳۵/۶

ضریب تصحیح (f) برای تشعشع خورشید از پنجره

موضوع	ضریب تصحیح f
پنجره فلزی	۱/۱۷
ارتفاع از سطح دریا	۱
نقطه شبنم	۰/۸۸
محیط با گرد و غبار و مه	۱
محیط بدون گرد و غبار و مه	٪۸۵

ضریب تصحیح (f) برای تشعشع خورشید از پنجره‌های مختلف

نوع پنجره	بدون سایبان	سایبان داخلی		سایبان خارجی
		کرکره	پرده	
شیشه معمولی	۱	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۱۵
شیشه دوبل	۰/۹	۰/۶۱	۰/۶۷	۰/۱۴
رنگ شده	۰/۴	۰/۲۵	۳/۳۰	۰/۱۰

ضریب انتقال گرما U $w/m^2 k$ محاسبه بار سرمایی انتقالی از درب و پنجره

نوع و جنس		U
پنجره	معمولی	۶/۴۲
	دوبل	۳/۱۰
درب	چوبی	۳/۹۴
	فلزی	۶/۸

محاسبه سرانگشتی فن‌کوئل

کاربری		مناطق سردسیر $\frac{\clubsuit}{m^2}$	مناطق معتدل $\frac{Cfm}{m^2}$	مناطق گرمسیر $\frac{Cfm}{m^2}$
مسکونی	فقط گرمایش			
	گرمایش/سرمایش	۱۰	۸	۵
	فقط سرمایش	۱۲	۱۵	۱۸
اداری	فقط گرمایش	۱۲	۹	۷
	گرمایش/سرمایش	۱۶	۱۹	۲۲
تجاری	فقط گرمایش	۱۵	۱۰	۸
	گرمایش/سرمایش	۲۰	۲۲	۲۵

● مبنای محاسبه برای حالت گرمایش/سرمایش بار سرمایشی و همانند کاربری فقط سرمایش در نظر گرفته شده است.

●در فضاهایی که کنترل رطوبت نسبی، اهمیت‌دارد از فن‌کوئل استفاده نمی‌شود.

رنگ روی لوله موتورخانه

نوع رنگ برای رنگ‌آمیزی محل‌های عایق‌شده	کاربرد
رنگ روغنی سفید شیری	لوله‌های آب گرم و سرد
	کانال‌ها
	مخازن آب گرم
	منبع انبساط باز
	لوله‌های گازوئیل
رنگ روغنی زرد	گاز سوختنی
رنگ روغنی قرمز	لوله‌های آتش‌نشانی
رنگ روغنی مشکی	لوله‌های هواگیری
	لوله‌های تخلیه
	تکیه‌گاه‌ها
	پایه‌ها
	بست‌ها

جدول نوارهای رنگی روی لوله موتورخانه

رنگ نوارچسب	تعداد نوار	کاربرد
نارنجی	۱	لوله‌های آب رفت و برگشت سیستم گرم‌کننده
آبی روشن	۲	لوله‌های رفت آب گرم مصرفی
		لوله‌های برگشت آب گرم مصرفی
		لوله‌های آب سرد مصرفی
قهوه‌ای	۱	لوله‌های گازوئیل

برای مشخص نمودن لوله‌ها و سایر اجزای سیستم لوله‌کشی با رنگ از جدول زیر استفاده می‌شود:

سیستم تأسیساتی	علامت اختصاری	رنگ زمینه	تعداد نوار	رنگ نوار
آب گرم‌کننده با دمای بالا، رفت و برگشت	H.T.W	سفید	۲	قرمز تیره
آب گرم‌کننده با دمای متوسط، رفت و برگشت	M.T.W	سفید	۱	قرمز تیره
آب گرم‌کننده با دمای پایین، رفت و برگشت	L.T.W	سفید	۱	نارنجی
لوله مشترک گرم‌کننده و سردکننده، رفت و برگشت	CH.H.W	سفید	۲	نارنجی
آب خنک‌کننده کندانسور، رفت و برگشت	C.	سفید	۱	سبز روشن
آب سردکننده، رفت و برگشت	CH.W.	سفید	۲	سبز روشن
بخار کم فشار	L.P.S	سفید	۱	قرمز روشن
بخار میان فشار	M.P.S	سفید	۲	قرمز روشن
بخار پر فشار	H.P.S	سفید	۳	قرمز روشن
کندانسیت کم‌فشار	L.P.S	سفید	۱	سبز تیره
کندانسیت میان‌فشار	M.P.S	سفید	۲	سبز تیره
کندانسیت پرفشار	H.P.C	سفید	۳	سبز تیره
آب سرد مصرفی	C.W	سفید	۱	آبی روشن
آب گرم مصرفی، رفت و برگشت	D.W.H.	سفید	۲	آبی روشن
سوخت مایع	O.G.	سفید	۱	قهوه‌ای

سایز نازل (gal/h)	فشار پمپ (Bar)														
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0.40	1.25	1.33	1.14	1.49	1.56	1.63	1.70	1.76	1.82	1.88	1.94	2.00	2.06	2.11	2.16
0.50	1.56	1.66	1.76	1.86	1.95	2.04	2.12	2.20	2.28	2.35	2.42	2.49	2.56	2.63	2.69
0.60	1.87	2.00	2.12	2.23	2.34	2.45	2.55	2.64	2.73	2.83	2.91	3.00	3.08	3.16	3.24
0.65	2.03	2.16	2.29	2.42	2.54	2.65	2.75	2.86	2.96	3.06	3.15	3.25	3.34	3.42	3.51
0.75	2.34	2.49	2.65	2.79	2.93	3.05	3.18	3.30	3.42	3.53	3.64	3.74	3.85	3.95	4.05
0.85	2.65	2.83	3.00	3.16	3.32	3.47	3.61	3.74	3.87	4.00	4.13	4.24	4.35	4.46	4.59
1.00	3.12	3.33	3.53	3.72	3.90	4.08	4.24	4.40	4.56	4.71	4.85	4.99	5.13	5.26	5.40
1.10	3.43	3.66	3.88	4.09	4.29	4.48	4.67	4.84	5.01	5.18	5.34	5.49	5.64	5.79	5.93
1.20	3.74	3.99	4.24	4.47	4.68	4.89	5.09	5.29	5.47	5.65	5.82	5.99	6.16	6.32	6.47
1.25	3.89	4.16	4.40	4.65	4.88	5.10	5.30	5.51	5.70	5.89	6.07	6.24	6.41	6.58	6.74
1.35	4.21	4.49	4.76	5.02	5.27	5.50	5.73	5.95	6.15	6.36	6.55	6.74	6.93	7.11	7.28
1.50	4.67	4.98	5.29	5.58	5.85	6.11	6.36	6.60	6.83	7.06	7.27	7.48	7.69	7.89	8.08
1.65	5.14	5.49	5.82	6.14	6.44	6.73	7.00	7.27	7.52	7.77	8.01	8.24	8.47	8.69	8.90
1.75	5.45	5.82	6.18	6.51	6.83	7.14	7.42	7.71	7.97	8.24	8.49	8.78	8.98	9.21	9.44
2.00	6.23	6.65	7.06	7.45	7.81	8.15	8.49	8.81	9.12	9.42	9.71	9.99	10.26	10.53	10.79
2.25	7.01	7.49	7.94	8.38	8.78	9.18	9.55	9.91	10.26	10.60	10.92	11.2	11.55	11.85	12.14
2.50	7.79	8.32	8.82	9.31	9.76	10.19	10.61	11.01	11.39	11.77	12.13	12.48	12.83	13.16	13.49
2.75	8.57	9.15	9.71	10.24	10.73	11.21	11.76	12.11	12.53	12.95	13.35	13.73	14.11	14.48	14.84
3.00	9.34	9.98	10.59	11.16	11.71	12.23	12.73	13.21	13.67	14.13	14.56	14.98	15.39	15.79	16.18
3.50	10.90	11.65	12.35	13.03	13.66	14.27	14.85	15.42	15.95	16.49	16.99	17.48	17.90	18.43	18.89
4.00	12.46	13.31	14.12	14.89	15.62	16.31	16.97	17.62	18.23	18.84	19.42	19.98	2053	21.06	21.59
4.50	14.02	14.97	15.88	16.75	17.57	18.35	19.10	19.82	20.51	21.20	21.84	22.47	23.09	23.69	24.28
5.00	15.58	16.64	17.65	18.62	19.52	20.39	21.22	22.03	22.79	23.55	24.27	24.97	25.66	26.33	26.98
5.50	17.14	18.30	19.42	20.48	21.47	22.43	23.34	24.23	25.07	25.91	26.70	27.47	28.22	26.96	29.68
6.00	18.70	19.97	21.18	22.34	23.42	24.47	25.46	26.43	27.49	28.27	29.13	29.97	30.79	31.59	32.38
6.50	20.25	21.63	22.94	24.20	25.37	26.51	27.58	28.63	29.63	30.62	31.55	32.46	33.35	34.22	35.07
7.00	21.81	23.29	24.71	26.06	27.33	28.55	29.70	30.84	31.91	32.98	33.98	34.96	35.92	36.86	37.77
7.50	23.37	24.96	26.47	27.92	29.28	30.59	31.83	33.04	34.19	35.33	36.41	37.46	38.49	39.49	40.47
8.00	24.93	26.62	28.24	29.79	31.23	32.63	33.95	35.23	36.47	37.69	38.80	39.96	41.05	42.12	43.17
8.50	26.48	28.28	30.00	31.65	33.18	34.66	36.07	37.45	38.74	40.04	41.26	42.43	43.62	44.75	45.87
9.00	28.04	29.55	31.77	33.59	35.14	36.71	38.19	39.65	41.02	42.40	43.69	44.95	46.18	47.39	48.57
9.50	29.60	31.61	33.53	35.37	37.09	38.74	40.31	41.85	43.30	44.75	46.11	47.45	48.75	50.02	51.26
10.00	31.16	33.28	35.30	37.23	39.04	40.78	42.44	44.06	45.58	47.11	48.54	49.94	51.32	52.65	53.96
11.00	34.27	36.60	38.83	40.96	42.94	44.86	46.68	48.46	50.14	51.82	53.40	54.94	56.45	57.92	59.36
12.00	37.39	39.93	42.36	44.68	46.85	48.94	50.92	52.87	54.70	56.53	58.25	59.93	61.58	63.19	64.76
14.00	43.62	46.59	49.42	52.12	54.65	57.10	59.41	61.68	63.81	65.95	67.96	69.92	71.84	73.72	75.55
16.00	49.85	53.24	56.82	59.57	62.46	65.26	67.90	70.49	72.93	75.38	77.67	79.91	82.11	84.25	86.34
18.00	56.08	59.90	63.54	67.02	70.27	73.41	76.39	79.30	82.05	84.80	87.38	89.90	92.37	94.78	97.14
20.00	62.31	66.55	70.60	74.47	78.08	81.57	84.87	88.11	91.17	94.22	97.09	99.89	102.63	105.31	107.93
22.00	68.55	73.21	77.66	81.91	85.89	89.73	93.36	96.92	100.28	103.64	106.79	109.88	112.89	115.84	118.72
24.00	74.78	79.86	84.72	89.36	93.70	97.88	101.85	105.74	109.40	113.06	116.50	119.87	123.16	126.37	129.52
26.00	81.01	86.52	91.78	96.81	101.50	106.04	110.33	114.55	118.52	122.49	126.21	129.86	133.42	136.91	140.31
28.00	87.24	93.17	98.84	104.25	109.31	114.20	118.82	123.36	127.63	131.91	135.92	139.85	143.68	147.44	151.10
30.00	93.47	99.83	105.90	111.70	117.12	122.35	127.31	132.17	136.75	141.33	145.63	149.83	153.95	157.97	161.89
35.00	109.05	116.47	123.53	130.15	136.64	142.77	148.53	154.20	159.54	164.88	169.90	174.81	179.61	184.29	188.87
40.00	124.63	133.10	141.21	148.93	156.16	163.14	169.75	176.23	182.33	188.44	194.17	199.78	205.27	210.62	215.66

مصرف گازونیل (kg/h) برای گازونیل با وزن مخصوص 0.8 kg/Lit