

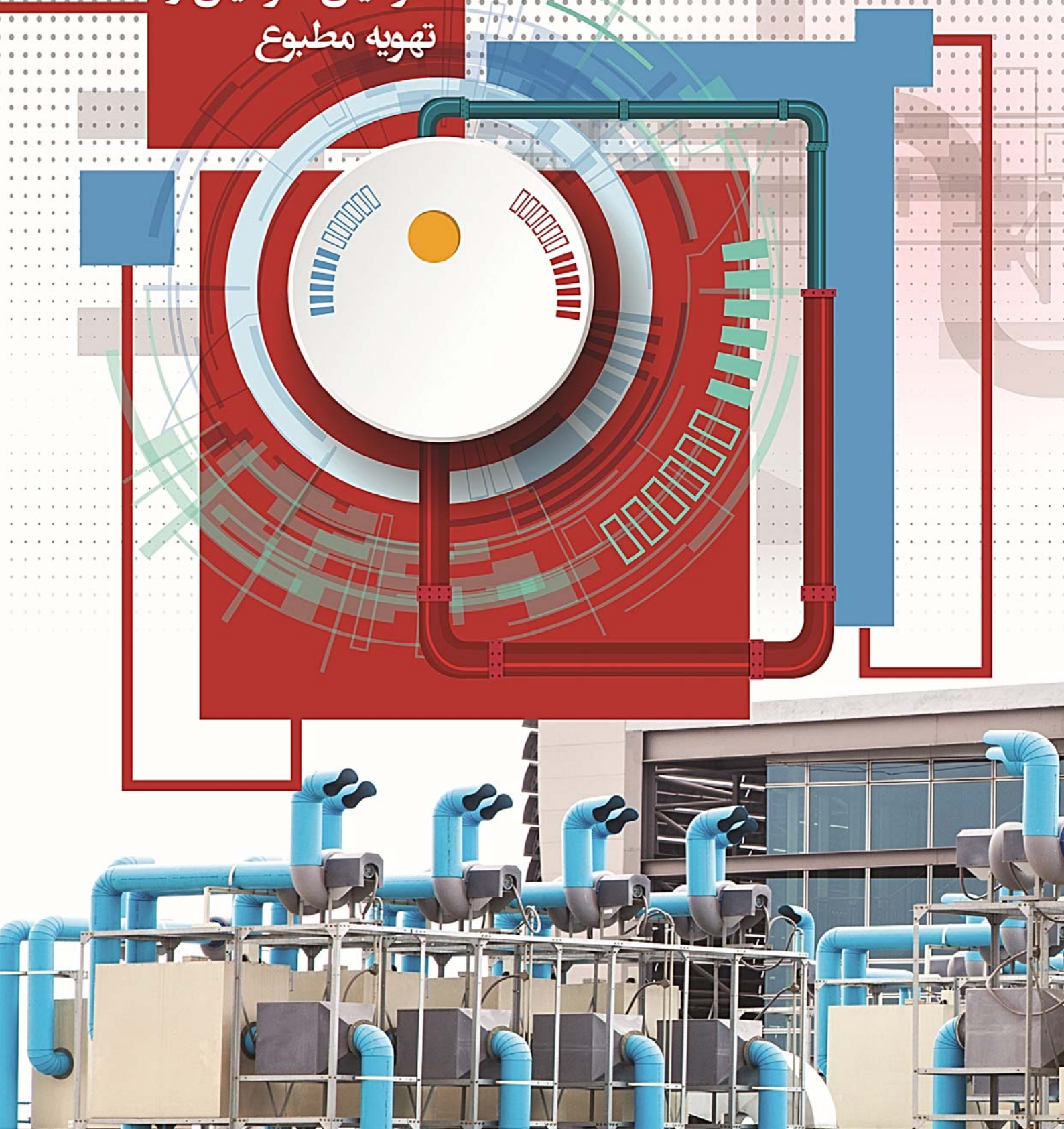
قوانین سرانگشتی

سیستم‌های
سرمايش، گرمایش و
تهویه مطبوع

واحد تحقیق و توسعه شرکت دانش بنیان مخزن فولاد رافع (دابو صنعت)

معادلات، داده‌ها و

رامین احسانی، هادی بایست، رافع رحمانی



معادلات، داده‌ها و قوانین سرانگشتی
سیستم‌های سرمایه‌ای، گرمایش و تهویه مطبوع

ترجمه

رامین احسانی، هادی بایست، رافع رحمانی

واحد تحقیق و توسعه شرکت دانش‌بنیان مخزن فولاد رافع (دابوصنعت)

۱۳۹۸

سرشناسه	: احسانی، رامین، ۱۳۶۳-
عنوان و نام پدیدآور	: معادلات، داده‌ها و قوانین سرانگشتی : سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع/نویسندگان رامین احسانی، هادی بایست، رافع رحمانی.
مشخصات نشر	: اصفهان: سناگستر، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۴۰۰ ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۸۷۳۶-۹۲-۹ ریال: ۱۰۳۰۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
عنوان دیگر	: سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع.
موضوع	: تأسیسات -- طرح و ساختمان
موضوع	: Buildings -- Mechanical equipment -- Design and construction
موضوع	: گرمایش -- وسایل و تجهیزات -- طرح و ساختمان
موضوع	: Heating -- Equipment and supplies -- Design and construction
موضوع	: تهویه مطبوع -- وسایل و تجهیزات -- طرح و ساختمان
موضوع	: Air conditioning -- Equipment and supplies -- Design and construction
شناسه افزوده	: بایست، هادی، ۱۳۶۶-
شناسه افزوده	: رحمانی، رافع، ۱۳۷۵-
رده بندی کنگره	: ۶۰۱۰TH
رده بندی دیویی	: ۶۹۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۷۴۲۴۰۶

انتشارات سناگستر

اصفهان - خیابان چهارباغ بالا - نرسیده به زمزم - پلاک ۲؛ شماره تماس: ۰۹۱۳۱۱۷۲۶۴۲

نام کتاب: معادلات، داده‌ها و قوانین سرانگشتی: سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع

نویسنده: نوبت چاپ:

رامین احسانی - هادی بایست - رافع رحمانی

مدیر تولید: سال چاپ:

سیدمحمد رضا سمسارزاده

صفحه آرا: تیراژ:

اکرم ملک نژاد

طراح جلد: قیمت:

الویرا صیامی

پایگاه اینترنتی: شماره استاندارد بین المللی کتاب:

www.iranpub.com

«کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ و مخصوص پدیدآورنده است»

۱	بخش اول: پیشگفتار
۵	بخش دوم: تعاریف
۹	بخش سوم: معادلات
۳۷	بخش چهارم: ضرایب تبدیل
۴۳	بخش پنجم: قوانین سرانگشتی بار سرمایشی
۵۳	بخش ششم: قوانین سرانگشتی بار گرمایشی
۵۹	بخش هفتم: قوانین سرانگشتی نفوذ هوا
۶۱	بخش هشتم: قوانین سرانگشتی تهویه هوا
۷۱	بخش نهم: قوانین سرانگشتی رطوبت‌زنی
۸۱	بخش دهم: قوانین سرانگشتی حضور افراد در فضاها
۸۵	بخش یازدهم: قوانین سرانگشتی نورپردازی
۹۱	بخش دوازدهم: قوانین سرانگشتی وسایل/تجهیزات
۹۷	بخش سیزدهم: ضرایب بار سرمایشی
۱۰۱	بخش چهاردهم: ضرایب بار گرمایشی
۱۰۵	بخش پانزدهم: ملاحظات انتخاب سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع
۱۱۱	بخش شانزدهم: سیستم‌های توزیع هوا
۱۵۱	بخش هفدهم: سیستم‌های لوله‌کشی، کلیات
۱۶۹	بخش هجدهم: لوله‌کشی سیستم‌های هیدرونیک
۲۰۹	بخش نوزدهم: سیستم‌های لوله‌کشی بخار
۲۶۹	بخش بیستم: سیستم‌های لوله‌کشی کندانس بخار
۲۷۹	بخش بیست و یکم: سیستم‌های لوله‌کشی کندانس تهویه مطبوع
۲۸۱	بخش بیست و دوم: هواسازها
۲۹۳	بخش بیست و سوم: فن‌ها
۲۹۹	بخش بیست و چهارم: پمپ‌ها
۳۰۳	بخش بیست و پنجم: برج‌های خنک‌کن و کندانسورها
۳۰۷	بخش بیست و ششم: مبدل‌های حرارتی
۳۱۱	بخش بیست و هفتم: بویلرها
۳۳۷	بخش بیست و هشتم: فیلترها
۳۴۵	بخش بیست و نهم: عملیات بهبود آب و تزریق مواد شیمیایی
۳۵۵	بخش سی‌ام: خصوصیات هوا
۳۷۱	بخش سی و یکم: خصوصیات آب
۳۸۵	بخش سی و دوم: انجمن‌های حرفه‌ای و سازمان‌های تجاری
۳۸۹	بخش سی و سوم: مراجع و دستورالعمل‌های طراحی

پیشگفتار

۱-۱- پیشنهاد

الف) معادلات، داده‌ها، قوانین سرانگشتی و دیگر اطلاعات ارائه شده در مرجع حاضر، بمنظور کمک به مهندسين و طراحان تازه‌کار در طراحی سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و تهویه مطبوع گردآوری شده‌اند. علاوه بر این، مهندسين و طراحان باتجربه و کارآزموده نیز می‌توانند از کتاب حاضر به عنوان راهنمایی برای طراحی سریع سیستم‌ها یا ابزاری بمنظور آموزش مقدماتی چنین سیستم‌هایی بهره ببرند.

ب) مطالب این مجموعه از میان منابع و مراجع مختلفی گردآوری شده‌اند که در میان آن‌ها از جزوه‌های درسی گرفته تا مطالب سمینارها و کنفرانس‌ها، کدها و استانداردهای بین‌المللی وجود داشته است. مرجع حاضر با هدف دسترسی سریع به اطلاعات موردنیاز در قالب یک دائرةالمعارف ایجاد شده است تا با استفاده از آن بتوان از جستجو در میان حجم زیادی از کتاب‌های درسی، مراجع، دستورالعمل‌ها، مجلات، معادلات تجاری و کاتالوگ‌ها اجتناب نمود.

۱-۲- قوانین سرانگشتی

الف) قوانین سرانگشتی آورده شده در بخش‌های آتی با در نظر گرفتن شرایط زیر قابل استفاده می‌باشند:

۱. بارهای ساختمان برحسب مساحت ناخالص ساختمان محاسبه شده باشند.
۲. بارهای ساختمان بطور کلی نیازهای تهویه مطبوع و هوای ورودی را در بر بگیرند.
۳. قوانین سرانگشتی آورده شده در این کتاب را می‌توان برای تخمین بارهای سیستم در مراحل اولیه طراحی یک پروژه بکار برد.
۴. در طراحی نهایی، بارهای ساختمان باید بر اساس روندهای محاسباتی ارائه شده در هندبوک‌ها یا مراجع اصلی مرتبط محاسبه شوند. در محاسبه بارهای گرمایشی و سرمایشی باید اطلاعاتی همچون زمان و نوع حضور افراد در ساختمان، نورپردازی و تجهیزات مرتبط از مالک، معمار، مهندس برق و دیگر اعضای تیم طراحی و یا از مستندات فنی مانند هندبوک ASHRAE اخذ یا استخراج شود.

ب) بسیاری از قوانین سرانگشتی فهرست شده در مرجع حاضر، سال‌ها قبل معرفی شده‌اند. اغلب این پرسش مطرح می‌شود که: «با توجه به قوانین کدها و استانداردهای مرتبط با بهینه‌سازی مصرف انرژی و سختگیرانه‌تر شدن دستورالعمل‌های ساخت بناها، آیا قوانین سرانگشتی بارهای سرمایشی و گرمایشی همچنان از دقت لازم برخوردار هستند؟». پاسخ این پرسش مثبت است. دلیل آنکه قوانین سرانگشتی سرمایش همچنان دقیق می‌باشند این است که بارهای داخلی بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرده‌اند. چرا که امروزه افراد و تجهیزات بیشتری در یک فضای مشابه قرار می‌گیرند. دلیل دقیق بودن قوانین سرانگشتی گرمایش نیز افزایش هوای مورد نیاز برای تهویه می‌باشد.

۱-۳- کدها و استانداردها

الف) اطلاعات آورده شده از استانداردها و دستورالعمل‌های مختلف در این کتاب ممکن است در ویرایش‌های بعدی و جدیدتر خود دستخوش تغییرات گردند. همواره باید توجه داشت که انجام محاسبات و ارائه طراحی دقیق نیازمند مراجعه به آخرین نسخه استانداردها می‌باشد.

ب) در مرجع حاضر، مگر در مواردی که به مستندات دیگری اشاره شده باشد، از کدها و استانداردهای زیر استفاده شده است:

1. 2015 International Code Council Series of Codes (ICC):
 - a. 2015 International Building Code (herein referred to as 2015 IBC).
 - b. 2015 International Mechanical Code (herein referred to as 2015 IMC).
 - c. 2015 International Energy Conservation Code (herein referred to as 2015 IECC).
 - d. 2015 International Plumbing Code (herein referred to as 2015 IPC).
 - e. 2015 International Fire Code (herein referred to as 2015 IFC).
 - f. 2015 International Fuel Gas Code (herein referred to as 2015 IFGC).
 - g. 2015 International Residential Code (herein referred to as 2015 IRC).
 - h. 2015 International Existing Building Code.
 - i. 2015 International Performance Code for Buildings and Facilities.
 - j. 2015 International Private Sewage Disposal Code.
 - k. 2015 International Property Maintenance Code.
 - l. 2015 International Zoning Code.
 - m. 2015 International Wildland-Urban Interface Code.
2. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE):
 - a. ASHRAE Standard 15—2013 (herein referred to as ASHRAE 15-2013).
 - b. ASHRAE Standard 55—2013 (herein referred to as ASHRAE 55-2013).
 - c. ASHRAE Standard 62.1—2013 (herein referred to as ASHRAE 62.1-2013).
 - d. ASHRAE Standard 62.2—2013 (herein referred to as ASHRAE 62.2-2013).
 - e. ASHRAE Standard 90.1—2013 (herein referred to as ASHRAE 90.1-2013).
 - f. ASHRAE Standard 90.2—2007 (herein referred to as ASHRAE 90.2-2007).
3. National Fire Protection Association Codes (NFPA):
 - a. NFPA 90A—2015 Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems.
 - b. NFPA 96—2014 Ventilation Control and Fire Protection of Commercial Cooking Operations.

۲

تعاريف |

۲-۱- سیستم‌ها

الف) سیستم‌های مکانیکی: سیستم‌های گرمایش، تصفیه هوا و تهویه مطبوع و تمامی سیستم‌های لوله‌کشی، همانطور که تعیین شده و همانند آنچه در نقشه‌های مکانیکی نشان داده شده، و تمامی سرویس‌ها و متعلقات فرعی آن‌ها.

ب) لوله‌کشی وسایل: تمامی لوازم لوله‌کشی (وسایل)، سیستم‌های لوله‌کشی (وسایل)، سیستم‌های لوله‌کشی و تمامی سیستم‌های آتش‌نشانی، همانطور که تعیین شده و همانند آنچه در نقشه‌های لوله‌کشی (وسایل) و/یا نقشه‌های آتش‌نشانی نشان داده شده، و تمامی سرویس‌ها و متعلقات فرعی آن‌ها.

ج) کانال‌کشی: تمامی کانال‌ها، اتصالات، فلنچ‌ها، دمپر‌ها، عایق‌ها، قلاب‌ها، تکیه‌گاه‌ها، درهای دسترسی، غلاف‌ها و تمامی دیگر متعلقات فرعی آن‌ها که در مجموع یک سیستم کامل و قابل بهره‌برداری را شکل می‌دهند.

د) لوله‌کشی: لوله‌ها، اتصالات، فلنچ‌ها، مهره ماسوره‌ها، تله‌ها، تخلیه‌ها، صافی‌ها، قلاب‌ها، تکیه‌گاه‌ها و تمامی دیگر متعلقات مرتبط که در مجموع یک سیستم کامل و قابل بهره‌برداری را شکل می‌دهند.

ه) سیم‌کشی: سیم‌ها و کابل‌ها، معابر و کانال‌ها، اتصالات، جعبه تقسیم‌ها، سوئیچ‌ها، بریزها، فیوزها و تمامی دیگر متعلقات فرعی آن‌ها که در مجموع یک سیستم کامل و قابل بهره‌برداری را شکل می‌دهند.

و) محصول: مواد، تجهیزات و سیستم‌های مورد استفاده در یک سیستم کامل و قابل بهره‌برداری.

ز) کنترل کننده موتور: راه‌اندازهای دستی یا مغناطیسی (با یا بدون سوئیچ) و دکمه‌های فشاری اختصاصی که عملکرد موتورها را کنترل می‌کنند.

ح) ابزار کنترلی: سنسورها و سوئیچ‌های اتوماتیک مانند ترموستات‌ها، سوئیچ‌های شناور و الکتروپنوماتیکی کنترل کننده عملکرد تجهیزات مکانیکی و الکتریکی.

ط) فضای با تهویه مطبوع: اتاق‌ها، فضاها و نواحی‌ای که گرمایش و سرمایش مکانیکی برای آن‌ها فراهم شده باشد.

ی) فضای بدون تهویه مطبوع: اتاق‌ها، فضاها و نواحی‌ای که گرمایش و سرمایش مکانیکی برای آن‌ها فراهم نشده باشد.

ک) فضای با گرمایش؛ اتاق‌ها، فضاها و نواحی‌ای که تنها گرمایش مکانیکی برای آن‌ها فراهم شده باشد.

ل) فضای با تهویه هوا؛ اتاق‌ها، فضاها و نواحی‌ای که تنها سرمایش مکانیکی برای آن‌ها فراهم شده باشد.

م) فضای بدون گرمایش؛ اتاق‌ها، فضاها و نواحی‌ای که گرمایش مکانیکی برای آن‌ها فراهم نشده باشد.

ن) فضای با تصفیه هوا؛ اتاق‌ها، فضاها و نواحی‌ای که هوای خارجی بصورت پیوسته یا تناوبی به آن‌ها فرستاده می‌شود. هوای خارجی ممکن است تهویه شده یا نشده باشد.

س) داخلی؛ موارد و وسایلی که داخل یک ساختمان، سازه یا تاسیسات محصور شده باشند و موارد و وسایلی که در معرض آب و هوا نمی‌باشند. عموماً به کانال‌کشی، لوله‌کشی یا موقعیت مکانی تجهیزات اشاره دارد.

ع) خارجی؛ موارد و وسایلی که داخل یک ساختمان، سازه یا تاسیسات محصور نشده باشند و موارد و وسایلی که در معرض آب و هوا می‌باشند. عموماً به کانال‌کشی، لوله‌کشی یا موقعیت مکانی تجهیزات اشاره دارد.

ف) داغ؛ جامدات، مایعات یا گازهایی که دمای آن‌ها بالاتر از دمای محیط پیرامونی یا بالاتر از 100°F باشد.

ص) سرد؛ جامدات، مایعات یا گازهایی که دمای آن‌ها پایین‌تر از دمای محیط پیرامونی یا پایین‌تر از 60°F باشد.

ق) گرم؛ جامدات، مایعات یا گازهایی که دمای آن‌ها برابر با دمای محیط پیرامونی یا بین 60°F و 100°F باشد.

ر) داغ/سرد؛ جامدات، مایعات یا گازهایی که دمای آن‌ها بسته به فصل ممکن است بالاتر یا پایین‌تر از دمای محیط پیرامونی باشد.

ش) ابزارهای کنترلی با موقعیت بسته در حالت عادی؛ شیرها، دمپرها یا دیگر ابزارهای کنترلی که در حالت عادی بسته باقی می‌مانند و با برداشته شدن فشار هوا، جریان یا سیگنال کنترلی به موقعیت بسته می‌روند.

ت) ابزارهای کنترلی با موقعیت باز در حالت عادی؛ شیرها، دمپرها یا دیگر ابزارهای کنترلی که در حالت عادی باز باقی می‌مانند و با برداشته شدن فشار هوا، جریان یا سیگنال کنترلی به موقعیت باز می‌روند.

۳

معادلات

۳-۱- معادلات و ملاحظات مربوط به سمت هوا

الف) معادلات

$$H_S = 1.08 \times CFM \times \Delta T$$

$$H_L = 0.68 \times CFM \times \Delta W_{GR}$$

$$H_L = 4840 \times CFM \times \Delta W_{LB}$$

$$H_T = 4.5 \times CFM \times \Delta h$$

$$H_T = H_S + H_L$$

$$SHR = \frac{H_S}{H_T} = \frac{H_S}{H_S + H_L}$$

گرمای محسوس	=	H_S	(Btu/hr)
گرمای نهان	=	H_L	(Btu/hr)
گرمای کلی	=	H_T	(Btu/hr)
اختلاف دما	=	ΔT	(°F)
اختلاف نسبت رطوبت	=	ΔW_{GR}	(Gr. H ₂ O/lbs DA)
اختلاف نسبت رطوبت	=	ΔW_{LB}	(lbs H ₂ O/lbs DA)
اختلاف آنتالپی	=	Δh	(Btu/lbs DA)
دبی هوا	=	CFM	(ft ³ /min)
نسبت گرمای محسوس	=	SHR	
دبی جرمی	=	m	(lbs DA/hr)
گرمای ویژه هوا	=	c_a	(0.24 Btu/lbs DA °F)
هوای خشک	=	DA	

ب) ملاحظات

۱. شرایط استاندارد هوا:

الف) دما: ۶۰ °F

ب) فشار: ۱۴.۷ psia (سطح دریا)

ج) حجم مخصوص: ۱۳.۳۳ ft³/lbs DA

د) چگالی: ۰.۰۷۵ lbs/ft³

ه) گرمای نهان (L_v) آب در ۶۰ °F: ۱۰۶۰ Btu/lbs

۲. معادله گرمای محسوس:

$$\begin{aligned}
 H_S &= m \times c_a \times \Delta T \\
 c_p &= 0.24 \text{ (Btu/lbs-DA } ^\circ\text{F)} \times 0.075 \text{ (lbs-DA/ft}^3\text{)} \times 60 \text{ (min/hr)} \\
 &= 1.08 \text{ (Btu min/hr ft}^3 \text{ } ^\circ\text{F)} \\
 H_S &= 1.08 \text{ (Btu min/hr ft}^3 \text{ } ^\circ\text{F)} \times CFM \text{ (ft}^3\text{/min)} \times \Delta T \text{ (} ^\circ\text{F)} \\
 H_S &= 1.08 \times CFM \times \Delta T
 \end{aligned}$$

۳. معادله گرمای نهان:

$$\begin{aligned}
 H_L &= m \times L_v \times \Delta W_{GR.} \\
 L_v &= \frac{1060 \text{ (Btu/lbs-H}_2\text{O } ^\circ\text{F)} \times 0.075 \text{ (lbs DA/ft}^3\text{)} \times 60 \text{ (min/hr)}}{\times 1.0 \text{ lbs-H}_2\text{O/7000 Gr. H}_2\text{O}} \\
 &= 0.68 \text{ (Btu lbs DA min/hr ft}^3 \text{ Gr. H}_2\text{O)} \\
 H_L &= 0.68 \text{ (Btu lbs DA min/hr ft}^3 \text{ Gr. H}_2\text{O)} \times CFM \text{ (ft}^3\text{/min)} \times \Delta W_{GR.} \text{ (Gr. H}_2\text{O/lbs DA)} \\
 H_L &= 0.68 \times CFM \times \Delta W_{GR.}
 \end{aligned}$$

۴. معادله گرمای کلی:

$$\begin{aligned}
 H_T &= m \times \Delta h \\
 \text{ضریب} &= 0.075 \text{ (lbs DA/ft}^3\text{)} \times 60 \text{ (min/hr)} \\
 &= 4.5 \text{ (lbs DA min/hr ft}^3\text{)} \\
 H_T &= 4.5 \text{ (lbs DA min/hr ft}^3\text{)} \times CFM \text{ (ft}^3\text{/min)} \times \Delta h \text{ (Btu/lbs DA)} \\
 H_T &= 4.5 \times CFM \times \Delta h
 \end{aligned}$$

۳-۲- معادلات و ملاحظات مربوط به سمت آب

الف) معادلات

$$H = 500 \times GPM \times \Delta T$$

$$GPM_{EVAP.} = \frac{TONS \times 24}{\Delta T}$$

$$GPM_{COND.} = \frac{TONS \times 30}{\Delta T}$$

گرمای کلی	=	H	(Btu/hr)
دبی آب	=	GPM	(gal/min)
اختلاف دما	=	ΔT	($^\circ\text{F}$)
بار تهویه مطبوع	=	$TONS$	(Tons)
دبی آب اواپراتور	=	$GPM_{EVAP.}$	(gal/min)
دبی آب کندانسور	=	$GPM_{COND.}$	(gal/min)
گرمای ویژه آب	=	c_w	(1.0 Btu/lbs H ₂ O)

ب) ملاحظات

۱. شرایط استاندارد آب:

الف) دما: ۶۰ °F

ب) فشار: ۱۴.۷ psia (سطح دریا)

ج) حجم مخصوص: ۱۳.۳۳ ft³/lbs DA

د) چگالی: ۶۲.۴ lbs/ft³

۲. معادله آب:

$$\begin{aligned}
 H &= m \times c_w \times \Delta T \\
 c_w &= 1.0 \text{ (Btu/lbs-H}_2\text{O } ^\circ\text{F)} \times 62.4 \text{ (lbs-H}_2\text{O/ft}^3\text{)} \times 1.0 \text{ (ft}^3\text{/7.48052 gal)} \times 60 \text{ (min/hr)} \\
 &= 500 \text{ (Btu min/hr } ^\circ\text{F gal)} \\
 H &= 500 \text{ (Btu min/hr } ^\circ\text{F gal)} \times GPM \text{ (gal/min)} \times \Delta T \text{ (} ^\circ\text{F)} \\
 H &= 1.08 \times GPM \times \Delta T
 \end{aligned}$$

۳. معادله اوپراتور:

$$\begin{aligned}
 GPM_{EVAP.} &= H / (500 \times \Delta T) \\
 \text{ضریب} &= 12000 \text{ (Btu/h/1.0 TONS)} \div 500 \text{ (Btu min/hr } ^\circ\text{F gal)} \\
 &= 24 \text{ (} ^\circ\text{F gal/TONS min)} \\
 GPM_{EVAP.} &= \text{TONS (tons)} \times 24 \text{ (} ^\circ\text{F gal/TONS min)} / \Delta T \text{ (} ^\circ\text{F)} \\
 GPM_{EVAP.} &= \text{TONS} \times 24 / \Delta T
 \end{aligned}$$

۴. معادله کندانسور:

$$\begin{aligned}
 GPM_{COND.} &= 1.25 \times GPM_{EVAP.} \\
 &= 1.25 \times \text{TONS} \times 24 / \Delta T \\
 GPM_{COND.} &= \text{TONS} \times 30 / \Delta T
 \end{aligned}$$

۳-۳- معادلات نرخ تغییر هوا

$$\frac{AC}{hr} = \frac{CFM \times 60}{VOLUME}$$

$$CFM = \frac{\frac{AC}{hr} \times VOLUME}{60}$$

$$\text{نرخ تغییر هوا در هر ساعت} = AC/hr$$

$$\text{دبی هوا} = CFM \quad (ft^3/min)$$

$$\text{حجم فضا} = VOLUME \quad (ft^3)$$

۳-۴- مقایسه معادلات سمت هوا در سیستم‌های انگلیسی/متریک

الف) معادلات گرمای محسوس:

$$H_S = 1.08 \frac{Btu \min}{hr \ ft^3 \ ^\circ F} \times CFM \times \Delta T$$

$$H_{SM} = 72.42 \frac{kJ \ min}{hr \ m^3 \ ^\circ C} \times CMM \times \Delta T_M$$

ب) معادلات گرمای نهان:

$$H_L = 0.68 \frac{Btu \ min \ lbs \ DA}{hr \ ft^3 \ Gr. \ H_2O} \times CFM \times \Delta W$$

$$H_{LM} = 177734.8 \frac{Btu \ min \ kg \ DA}{hr \ m^3 \ kg \ H_2O} \times CMM \times \Delta W_M$$

ج) معادلات گرمای کلی:

$$H_T = 4.5 \frac{lbs \ min}{hr \ ft^3} \times CFM \times \Delta h$$

$$H_{TM} = 72.09 \frac{kg \ min}{hr \ m^3} \times CMM \times \Delta h_M$$

$$H_T = H_S + H_L$$

$$H_{TM} = H_{SM} + H_{LM}$$

حرارت محسوس	=	H_S	Btu/hr
حرارت محسوس	=	H_{SM}	(kJ/hr)
حرارت نهان	=	H_L	Btu/hr
حرارت نهان	=	H_{LM}	(kJ/hr)
حرارت کلی	=	H_T	Btu/hr
حرارت کلی	=	H_{TM}	(kJ/hr)
اختلاف دما	=	ΔT	$(^\circ F)$
اختلاف دما	=	ΔT_M	$(^\circ C)$
اختلاف نسبت رطوبت	=	ΔW	$(Gr. \ H_2O/lbs \ DA)$
اختلاف نسبت رطوبت	=	W_M	$(kg \ H_2O/kg \ DA)$
اختلاف آنتالپی	=	Δh	$(Btu/lbs \ DA)$
اختلاف آنتالپی	=	Δh_M	$(kJ/lbs \ DA)$
دبی هوا	=	CFM	(ft^3/min)
دبی هوا	=	CMM	(m^3/min)

۳-۵- مقایسه معادلات سمت آب در سیستم‌های انگلیسی/متریک

$$H = 500 \frac{Btu \text{ min}}{hr \text{ gal } ^\circ F} \times GPM \times \Delta T$$

$$H_M = 250.8 \frac{kJ \text{ min}}{hr \text{ l } ^\circ C} \times LPM \times \Delta T_M$$

حرارت کلی	=	H	(Btu/hr)
حرارت کلی	=	H_M	(kJ/hr)
اختلاف دما	=	ΔT	($^\circ F$)
اختلاف دما	=	ΔT_M	($^\circ C$)
دبی آب	=	GPM	(gal/min)
دبی آب	=	LPM	(l/min)

۳-۶- مقایسه معادلات نرخ تغییر هوا در سیستم‌های انگلیسی/متریک

$$\frac{AC}{hr} = \frac{CFM \times 60 \frac{min}{hr}}{VOLUME}$$

$$\frac{AC}{hr_M} = \frac{CMM \times 60 \frac{min}{hr}}{VOLUME_M}$$

نرخ تغییر هوا در ساعت (سیستم انگلیسی)	=	AC/hr	
نرخ تغییر هوا در ساعت (سیستم متریک)	=	AC/hr_M	
	=	AC/HR	AC/hr_M
حجم فضا	=	$VOLUME$	(ft^3)
حجم فضا	=	$VOLUME_M$	(m^3)
دبی هوا	=	CFM	(ft^3/min)
دبی هوا	=	CMM	(m^3/min)

۳-۷- تبدیل واحد دما و سایر پارامترها در سیستم‌های انگلیسی/متریک

$$^\circ F = 1.8 \text{ } ^\circ C + 32$$

$$^\circ C = \frac{^\circ F - 32}{1.8}$$

درجه حرارت	=	$^\circ F$
درجه حرارت	=	$^\circ C$
kJ/hr	=	$Btu/hr \times 1.055$
CMM	=	$CFM \times 0.02832$
LPM	=	$GPM \times 3.785$
kJ/kg	=	$Btu/lbs \times 2.326$
m	=	$ft \times 0.3048$
m^2	=	$ft^2 \times 0.0929$
m^3	=	$ft^3 \times 0.02832$

$$\begin{aligned}
 kg &= lbs \times 0.4536 \\
 1.0 \text{ GPM} &= 500 \text{ lbs Steam/hr} \\
 1.0 \text{ lbs Steam/hr} &= 0.002 \text{ GPM} \\
 1.0 \text{ lbs H}_2\text{O/hr} &= 1.0 \text{ lbs Steam/hr} \\
 kg/m^3 &= lbs/ft^3 \times 16.017 \\
 m^3/kg &= ft^3/lbs \times 0.0624 \\
 kg \text{ H}_2\text{O/kg DA} &= Gr. \text{ H}_2\text{O/lbs DA}/7000 = lbs \text{ H}_2\text{O/lbs DA}
 \end{aligned}$$

۳-۸- معادلات بخار و کندانس

الف) معادلات کلی:

$$lbs \text{ Steam/hr} = \frac{BTU/hr}{H_{FG}} = \frac{BTU/hr}{960}$$

$$lbs \text{ Steam Cond./hr} = \frac{EDR}{4}$$

$$EDR = \frac{BTU/hr}{240}$$

$$lbs \text{ Steam Cond./hr} = \frac{GPM \times 500 \times SP. GR. \times C_w \times \Delta T}{H_{FG}}$$

$$lbs \text{ Steam Cond./hr} = \frac{GPM \times 60 \times D \times C_a \times \Delta T}{H_{FG}}$$

ب) تخمین بارهای کندانس:

$$lbs \text{ Steam Cond./hr} = \frac{GPM(WATER) \times \Delta T}{2}$$

$$lbs \text{ Steam Cond./hr} = \frac{GPM(FUEL OIL) \times \Delta T}{4}$$

$$lbs \text{ Steam Cond./hr} = \frac{CFM(AIR) \times \Delta T}{900}$$

بخار	=	Steam	
مقدار مایع	=	GPM	(gal/min)
مقدار گاز یا هوا	=	CFM	(ft ³ /min)
وزن مخصوص	=	SP. GR.	
چگالی	=	D	(lbs/ft ³)
گرمای مخصوص هوا (C _p = 0.24 Btu/lbs)	=	C _a	
گرمای مخصوص آب (C _w = 1.0 Btu/lbs)	=	C _w	
گرمای نهان بخار در فشار بخار طراحی	=	H _{FG}	(Btu/lbs)
دمای نهایی منهای دمای اولیه	=	ΔT	
تشعشع مستقیم معادل	=	EDR	

۳-۹- معادله گرمای کلی ساختمان و مقادیر مقاومت حرارتی و ضریب کلی انتقال حرارت

$$H = U \times A \times \Delta T$$

$$R = \frac{1}{C} = \frac{1}{K} \times \text{Thickness}$$

$$U = \frac{1}{\sum R}$$

اختلاف دما	=	ΔT	(°F)
مساحت	=	A	(ft ²)
ضریب کلی انتقال حرارت	=	U	(Btu/hr ft ² °F)
مقاومت حرارتی	=	R	(hr ft ² °F/Btu)
رسانایی هدایتی	=	C	(Btu/hr ft ² °F)
ضریب انتقال حرارت هدایتی	=	K	(Btu in/hr ft ² °F)
مجموع مقادیر مقاومت‌های حرارتی	=	$\sum R$	(Gr. H ₂ O/Lb. DA)
ضخامت	=	Thickness	in

۳-۱۰- قوانین فن

$$\frac{CFM_2}{CFM_1} = \frac{RPM_2}{RPM_1}$$

$$\frac{SP_2}{SP_1} = \left[\frac{CFM_2}{CFM_1} \right]^2 = \left[\frac{RPM_2}{RPM_1} \right]^2$$

$$\frac{BHP_2}{BHP_1} = \left[\frac{CFM_2}{CFM_1} \right]^3 = \left[\frac{RPM_2}{RPM_1} \right]^3 = \left[\frac{SP_2}{SP_1} \right]^{1.5}$$

$$BHP = \frac{CFM \times SP \times SP \cdot GR.}{6356 \times FAN_{EFF.}}$$

$$MHP = \frac{BHP}{M/D_{EFF.}}$$

فوت مکعب بر دقیقه	=	CFM	
تعداد دور بر دقیقه	=	RPM	
فشار استاتیکی	=	SP	(in W.G.)
اسب بخار ورودی	=	BHP	
ثابت	=	$Fan Size$	
ثابت	=	$Air Density$	
1.0	=	$SP \cdot GR. (Air)$	
65 - 85%	=	Fan_{EFF}	
80 - 95%	=	M/D_{EFF}	
موتور/درايو	=	M/D	

$$\frac{GPM_2}{GPM_1} = \frac{RPM_2}{RPM_1}$$

$$\frac{HD_2}{HD_1} = \left[\frac{GPM_2}{GPM_1} \right]^2 = \left[\frac{RPM_2}{RPM_1} \right]^2$$

$$\frac{BHP_2}{BHP_1} = \left[\frac{GPM_2}{GPM_1} \right]^3 = \left[\frac{RPM_2}{RPM_1} \right]^3 = \left[\frac{HD_2}{HD_1} \right]^{1.5}$$

$$BHP = \frac{GPM \times HD \times SP.GR.}{3960 \times PUMP_{EFF.}}$$

$$MHP = \frac{BHP}{M/D_{EFF.}}$$

$$VH = \frac{V^2}{2g}$$

$$HD = \frac{P \times 2.31}{SP.GR.}$$

گالن بر دقیقه	=	GPM	
تعداد دور بر دقیقه	=	RPM	
هد آب	=	HD	(ft H ₂ O)
اسب بخار ورودی	=	BHP	
ثابت	=	Pump Size	
ثابت	=	Water Density	
وزن مخصوص مایع در مقایسه با آب	=	SP.GR.	
	=	1.0	SP.GR. (Water)
	=	60 – 80%	PUMP _{EFF.}
	=	85 – 95%	M/D _{EFF.}
موتور/درايو	=	M/D	
فشار	=	P	(psi)
هد سرعت	=	VH	(ft)
سرعت	=	V	(ft/s)
شتاب گرانش	=	g	(32.16 ft/s ²)

۱۲-۳- محاسبات هد مکشی مثبت خالص (NPSH) پمپ

$$NPSH_{AVAIL} > NPSH_{REQ'D}$$

$$NPSH_{AVAIL} = H_A \pm H_S - H_F - H_{VP}$$

مکش مثبت خالص در دسترس در پمپ	=	NPSH _{AVAIL}	(Feet)
مکش مثبت خالص موردنیاز در پمپ	=	NPSH _{REQ'D}	(ft)
فشار در سطح مایع (۳۴ فوت برای آب در فشار اتمسفر)	=	H _A	(ft)
ارتفاع سطح مایع بالا (+) یا پایین (-) پمپ	=	H _S	(ft)

$$\text{افت اصطکاکی میان پمپ و منبع} = H_F \quad (ft)$$

$$\text{فشار مطلق بخار آب در دمای مایع} = H_{VP} \quad (ft)$$

توجه: با تغییر واحد تمامی کمیت‌ها به *psig* می‌توان محاسبات را بر اساس این واحد نیز انجام داد.

۳-۱۳ - دمای هوای مخلوط

$$T_{MA} = \left(T_{ROOM} \times \frac{CFM_{RA}}{CFM_{SA}} \right) + \left(T_{OA} \times \frac{CFM_{OA}}{CFM_{SA}} \right)$$

$$T_{MA} = \left(T_{TR} \times \frac{CFM_{RA}}{CFM_{SA}} \right) + \left(T_{OA} \times \frac{CFM_{OA}}{CFM_{SA}} \right)$$

هوای رفت	=	CFM_{SA}	(CFM)
هوای بازگشت	=	CFM_{RA}	(CFM)
هوای خارجی	=	CFM_{OA}	(CFM)
دمای هوای مخلوط	=	T_{MA}	(°F)
دمای طراحی اتاق	=	T_{ROOM}	(°F)
دمای هوای برگشت	=	T_{RA}	(°F)
دمای هوای خارجی	=	T_{OA}	(°F)

۳-۱۴ - معادلات سایکرومتریک

$$W = 0.622 \times \frac{P_W}{P - P_W}$$

$$RH \cong \frac{W_{ACTUAL}}{W_{SAT}} \times 100\%$$

$$RH = \frac{P_W}{P_{SAT}} \times 100\%$$

$$H_S = m \times c_p \times \Delta T$$

$$H_L = L_v \times m \times \Delta W$$

$$H_T = m \times \Delta h$$

$$W = \frac{(2501 - 2.381 T_{WB})(W_{SAT WB}) - (T_{DB} - T_{WB})}{(2501 + 1.805 T_{DB} - 4.186 T_{WB})}$$

$$W = \frac{(1093 - 0.556 T_{WB})(W_{SAT WB}) - (0.240)(T_{DB} - T_{WB})}{(1093 + 0.444 T_{DB} - T_{WB})}$$

$$\text{رطوبت مخصوص} = W \quad (lbs H_2O / lbs DA)$$

یا

$$\text{رطوبت مخصوص حقیقی} = W_{ACTUAL} \quad (Gr. H_2O / lbs DA)$$

(lbs H₂O / lbs DA)

		یا
		(Gr. H ₂ O/lbs DA)
رطوبت مخصوص اشباع در دمای حباب خشک	=	W_{SAT}
رطوبت مخصوص اشباع در دمای حباب مرطوب	=	$W_{SAT WB}$
فشار جزئی حباب بخار	=	P_W (lbs/ft ²)
فشار مطلق کلی مخلوط هوا/بخار آب	=	P (lbs/ft ²)
فشار جزئی اشباع بخار آب در دمای حباب خشک	=	P_{SAT} (lbs/ft ²)
رطوبت نسبی	=	RH (%)
حرارت محسوس	=	H_S (Btu/hr)
حرارت نهان	=	H_L (Btu/hr)
حرارت کلی	=	H_T (Btu/hr)
دبی جرمی	=	m lbs DA/hr
		یا
		lbs H ₂ O/hr
حرارت مخصوص	=	C_P
		برای هوا: 0.24 Btu/lbs DA
		برای آب: 1.0 Btu/lbs H ₂ O
دمای حباب خشک	=	T_{DB} (°F)
دمای حباب مرطوب	=	T_{WB} (°F)
اختلاف دما	=	ΔT (°F)
		(lbs H ₂ O/lbs DA)
اختلاف رطوبت مخصوص	=	ΔW
		یا
		(Gr. H ₂ O/lbs DA)
اختلاف آنتالپی	=	Δh (Btu/lbs DA)
حرارت نهان تبخیر	=	L_V (Btu/lbs H ₂ O)

۳-۱۵- معادلات جریان در کانال‌ها

$$TP = SP + VP$$

$$VP = \left[\frac{V}{4005} \right]^2 = \frac{(V)^2}{(4005)^2}$$

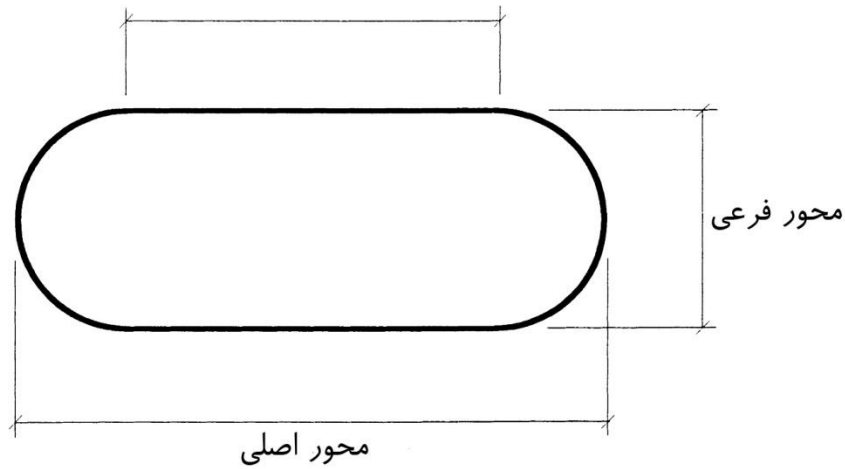
$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q \times 144}{W \times H}$$

$$D_{EQ} = \frac{1.3 \times (A \times B)^{0.625}}{(A + B)^{0.25}}$$

فشار کل	=	TP	
فشار استاتیک، اتلافات اصطکاکی	=	SP	
فشار سرعت، اتلافات دینامیکی	=	VP	
سرعت	=	V	(ft/min)
دبی گذرنده از کانال	=	Q	(CFM)
مساحت کانال	=	A	(ft ²)
عرض کانال	=	W	(in)

$$\begin{aligned} \text{ارتفاع کانال} &= H && (in) \\ \text{اندازه معادل کانال با لبه‌های گرد شده برای کانال مستطیلی} &= D_{EQ} && (in) \\ \text{یک بعد کانال مستطیلی} &= A && (in) \\ \text{سمت مجاور کانال مستطیلی} &= B && (in) \end{aligned}$$

۱۶-۳- معادلات کانال‌های بیضوی مسطح



$$FS = MAJOR - MINOR$$

$$A = \frac{(FS \times MINOR) + \left(\frac{\pi \times MINOR^2}{4}\right)}{144}$$

$$P = \frac{(\pi \times MINOR) + (2 \times FS)}{12}$$

$$D_{EQ} = \frac{1.55 \times (A)^{0.625}}{(P)^{0.25}}$$

$$\begin{aligned} \text{دهانه مسطح} &= FS && (in) \\ \text{محور اصلی (محور بزرگتر)} &= MAJOR && (in) \\ \text{محور فرعی (محور کوچکتر)} &= MINOR && (in) \\ \text{مساحت سطح مقطع} &= A && (ft^2) \\ \text{محیط سطح} &= P && (ft^2/Lineal ft) \\ \text{قطر معادل کانال گردشده} &= D_{EQ} && \end{aligned}$$

۳-۱۷ - معادلات لوله فولادی

$$A = 0.785 \times ID^2$$

$$W_p = 10.6802 \times T \times (OT - D)$$

$$W_w = 0.3405 \times ID^2$$

$$OSA = 0.2618 \times OD$$

$$ISA = 0.2618 \times ID$$

$$A_M = 0.785 \times (OD^2 - ID^2)$$

مساحت سطح مقطع	=	A	(in^2)
وزن لوله به‌ازای هر فوت	=	W_p	(lbs)
وزن آب به‌ازای هر فوت	=	W_w	(lbs)
ضخامت دیواره لوله	=	T	(in)
قطر داخلی	=	ID	(in)
قطر خارجی	=	OD	(in)
مساحت سطح خارجی به‌ازای هر فوت	=	OSA	(ft^2)
مساحت سطح داخلی به‌ازای هر فوت	=	ISA	(ft^2)
سطح فلز	=	A_M	(ft^2)

۳-۱۸ - معادلات اندازه‌گذاری لوله برای بخار و کندانس بخار

الف) معادلات اندازه‌گذاری لوله بخار:

$$\Delta P = \frac{(0.01306) \times W^2 \times \left(1 + \frac{3.6}{ID}\right)}{3600 \times D \times ID^5}$$

$$W = 60 \times \sqrt{\frac{\Delta P \times D \times ID^5}{0.01306 \times \left(1 + \frac{3.6}{ID}\right)}}$$

$$W = 0.41667 \times V \times A_{INCHES} \times D = 60 \times V \times A_{FEET} \times D$$

$$V = \frac{2.4 \times W}{A_{INCHES} \times D} = \frac{W}{60 \times A_{FEET} \times D}$$

افت فشار به‌ازای ۱۰۰ فوت لوله	=	ΔP	$(psig/100 ft)$
دبی بخار	=	W	(lbs/hr)
قطر داخلی حقیقی لوله	=	ID	(in)
چگالی متوسط بخار در فشار سیستم	=	D	(lbs/ft^3)
سرعت بخار در لوله	=	V	(ft/min)
مساحت حقیقی سطح مقطع لوله	=	A_{INCHES}	(in^2)
مساحت حقیقی سطح مقطع لوله	=	A_{FEET}	(ft^2)

(ب) معادلات اندازه‌گذاری لوله‌کنندانس بخار:

$$FS = \frac{H_{SSS} - H_{SCR}}{H_{LCR}} \times 100$$

$$W_{CR} = \frac{FS}{100} \times W$$

درصد پاشش بخار	=	FS	(%)
حرارت محسوس در فشار بخار رفت	=	H _{SSS}	(Btu/lbs)
حرارت محسوس در فشار کندانس برگشتی	=	H _{SCR}	(Btu/lbs)
حرارت نهان در فشار کندانس برگشتی	=	H _{LCR}	(Btu/lbs)
دبی بخار	=	W	(lbs/hr)
دبی کندانس براساس درصد پاشش بخار ایجاد شده در طول فرآیند کندانس. از این دبی برای محاسبه اندازه لوله کندانس برگشتی در معادلات بخار فوق استفاده نمایید.	=	W _{CR}	(lbs/hr)

۱۹-۳ - کندانس تهویه مطبوع

$$GPM_{AC\ COND} = \frac{CFM \times \Delta W_{LB.}}{SpV \times 8.33}$$

$$GPM_{AC\ COND} = \frac{CFM \times \Delta W_{GR.}}{SpV \times 8.33 \times 7000}$$

دبی کندانس تهویه مطبوع	=	GPM _{AC COND}	(gal/min)
دبی هوا	=	CFM	(ft ³ /min)
حجم مخصوص هوا	=	SpV	(ft ³ /lbs DA)
رطوبت مخصوص	=	ΔW _{LB.}	(lbs H ₂ O/lbs DA)
رطوبت مخصوص	=	ΔW _{GR.}	(Gr. H ₂ O/lbs DA)

۲۰-۳ - رطوبت‌زنی

$$GRAINS_{REQ'D} = \left(\frac{W_{GR.}}{SpV} \right)_{ROOM\ AIR} - \left(\frac{W_{GR.}}{SpV} \right)_{SUPPLY\ AIR}$$

$$POUNDS_{REQ'D} = \left(\frac{W_{LB.}}{SpV} \right)_{ROOM\ AIR} - \left(\frac{W_{LB.}}{SpV} \right)_{SUPPLY\ AIR}$$

$$lbs\ Steam/h = \frac{CFM \times GRAINS_{REQ'D} \times 60}{7000} = CFM \times POUNDS_{REQ'D} \times 60$$

رطوبت مورد نیاز بر حسب گرین	=	GRAINS _{REQ'D}	(Gr. H ₂ O/ft ³)
رطوبت مورد نیاز بر حسب پوند	=	POUNDS _{REQ'D}	(lbs H ₂ O/ft ³)
دبی هوا	=	CFM	(ft ³ /min)

$$\begin{aligned} \text{حجم مخصوص هوا} &= SpV && (ft^3/lbs DA) \\ \text{رطوبت مخصوص} &= W_{GR.} && (Gr. H_2O/lbs DA) \\ \text{رطوبت مخصوص} &= W_{LB.} && (lbs H_2O/lbs DA) \end{aligned}$$

۲۱-۳- حرارت محسوس دریافتی رطوبت‌زن

$$H_S = (0.244 \times Q \times \Delta T) + (L \times 380)$$

$$\begin{aligned} \text{حرارت محسوس دریافتی} &= H_S && (Btu/hr) \\ \text{دبی بخار} &= Q && (lbs Steam/hr) \\ \text{دمای هوای رفت-دمای بخار} &= \Delta T && (^\circ F) \\ \text{طول منیفلد رطوبت‌زن} &= L && (ft) \end{aligned}$$

۲۲-۳- مخازن انبساط

$$CLOSED \quad V_T = V_S \times \frac{\left[\left(\frac{v_2}{v_1} \right) - 1 \right] - 3\alpha\Delta T}{\left[\frac{P_A}{P_1} - \frac{P_A}{P_2} \right]}$$

$$OPEN \quad V_T = 2 \times \left\{ \left(V_S \times \left[\left(\frac{v_2}{v_1} \right) - 1 \right] \right) - 3\alpha\Delta T \right\}$$

$$DIAPHRAGM \quad V_T = V_S \times \frac{\left[\frac{v_2}{v} - 1 \right] - 3\alpha\Delta T}{1 - \left(\frac{P_1}{P_2} \right)}$$

$$\begin{aligned} \text{حجم مخزن انبساط} &= V_T && (gal) \\ \text{حجم آب در سیستم لوله‌کشی} &= V_S && (gal) \\ T_2 - T_1 &= \Delta T && (^\circ F) \\ \text{دمای پایین‌تر سیستم} &= T_1 && (^\circ F) \\ \text{آب گرمایشی: } 45 - 50^\circ F &&& \text{دما در شرایط پر} \\ \text{آب خنک شده: دمای آب رفت} &&& \\ \text{دمای دوگانه: دمای رفت آب خنک شده} &&& \\ \text{دمای بالاتر سیستم} &= T_2 && ^\circ F \\ \text{آب گرمایشی: دمای آب رفت} &&& \\ \text{آب خنک شده: دمای محیط } 95^\circ F &&& \text{(داده‌های آب و هوایی طراحی)} \\ \text{دمای دوگانه: دمای رفت آب گرمایشی} &&& \\ \text{فشار اتمسفریک} &= P_A && (14.7 psia) \\ \text{فشار پرشدن سیستم/حداقل فشار سیستم} &= P_1 && (psia) \\ \text{فشار کاری سیستم/حداکثر فشار کاری} &= P_2 && (psia) \\ \text{حجم مخصوص آب در دمای } T_1 &= v_1 && (ft^3/lbs H_2O) \\ \text{حجم مخصوص آب در دمای } T_2 &= v_2 && (ft^3/lbs H_2O) \\ \text{ضریب انبساط خطی} &= \alpha && \\ \alpha_{STEEL} &= 6.5 \times 10^{-6} && \\ \alpha_{COPPER} &= 9.5 \times 10^{-6} && \end{aligned}$$

تخمین حجم سیستم:

$$12 \text{ gal/Ton}$$

$$35 \text{ gal/BHP}$$

تخمین فشار پرشدن سیستم/حداقل فشار سیستم:

((+ارتفاع سیستم) تا 10 psi) یا $(10 \text{ psi} - 5)$ ، هر کدام بزرگتر بود.

فشار کاری سیستم/حداکثر فشار کاری:

برای سیستم‌های 150 lbs برابر با $45 - 125 \text{ psi}$

برای سیستم‌های 250 lbs برابر با $125 - 225 \text{ psi}$

۳-۲۳- معادلات بالانس هوا

$$SA = RA + OA = RA + EA + RFA$$

اگر حداقل OA (هوای تصفیه) بزرگتر از EA باشد،

$$OA = EA + RFA$$

اگر EA بزرگتر از حداقل OA (هوای تصفیه) باشد،

$$OA = EA \quad RFA = 0$$

برای سیکل اکونومایزر،

$$OA = SA = EA + RFA \quad RA = 0$$

$$SA = \text{هوای رفت}$$

$$RA = \text{هوای بازگشت}$$

$$OA = \text{هوای خارجی}$$

$$EA = \text{هوای خروجی}$$

$$RFA = \text{هوای تخلیه}$$

۳-۲۴- راندمان‌ها

$$COP = \frac{BTU \text{ OUTPUT}}{BTU \text{ INPUT}} = \frac{EER}{3.413}$$

$$EER = \frac{BTU \text{ OUTPUT}}{WATTS \text{ INPUT}} = COP \times 3.413$$

نسبت تقلیل توان حرارتی = حداقل نرخ شعله/حداکثر نرخ شعله؛ (برای مثال 1: 1.25: 1.10: 5)

$$OVERALL \ THERMAL \ EFF. = \frac{GROSS \ BTU \ OUTPUT}{GROSS \ BTU \ INPUT} \times 100\%$$

$$COMBUSTION \ EFF. = \frac{BTU \ INPUT - BTU \ STACK \ LOSS}{BTU \ INPUT} \times 100\%$$

محدوده راندمان حرارتی کلی: 75 - 90%

محدوده بازده احتراق: 85 - 95%

۲۵-۳- برج‌های خنک‌کن و مبدل‌های حرارتی

$$APPROACH_{CT'S} = LWT - AWB$$

$$APPROACH_{HE'S} = EWT_{HS} - LWT_{CS}$$

$$RANGE = EWT - LWT$$

دمای آب ورودی	=	EWT	°F
دمای آب خروجی	=	LWT	°F
دمای حباب مرطوب محیطی	=	AWB	°F
سمت داغ	=	HS	
سمت سرد	=	CS	

۲۶-۳- معادلات زیرآب‌زنی برج خنک‌کن / خنک‌کن تبخیری

$$C = \frac{(E + D + B)}{D + B}$$

$$B = \frac{E - [(C - 1) \times D]}{(C - 1)}$$

$$E = GPM_{COND.} \times R \times 0.0008$$

$$D = GPM_{COND.} \times 0.0002$$

$$R = EWT - LWT$$

زیرآب‌زنی	=	B	(GPM)
ضریب تغلیظ	=	C	
رانش قطرات	=	D	(GPM)
تبخیر	=	E	(GPM)
دمای آب ورودی	=	EWT	(°F)
دمای آب خروجی	=	LWT	(°F)
محدوده دمایی	=	R	(°F)

۲۷-۳- برق

الف) معادلات کلی:

$$KVA = KW + KVAR$$

$$PF = KW / KVAR$$

(ب) برق تک فاز:

$$KW_{1\phi} = \frac{V \times A \times PF}{1000}$$

$$KVA_{1\phi} = \frac{V \times A}{1000}$$

$$BHP_{1\phi} = \frac{V \times A \times PF \times DEVICE_{EFF.}}{746}$$

$$MHP_{1\phi} = \frac{BHP_{1\phi}}{M/D_{EFF.}}$$

(ج) برق سه فاز:

$$KW_{3\phi} = \frac{\sqrt{3} \times V \times A \times PF}{1000}$$

$$KVA_{3\phi} = \frac{\sqrt{3} \times V \times A}{1000}$$

$$BHP_{3\phi} = \frac{\sqrt{3} \times V \times A \times PF \times DEVICE_{EFF.}}{746}$$

$$MHP_{3\phi} = \frac{BHP_{3\phi}}{M/D_{EFF.}}$$

توان کل	=	KVA	(Kilovolt Amps)
توان حقیقی، انرژی الکتریکی	=	KW	(Kilowatts)
توان غیرفعال	=	KVAR	(Kilovolt Amps) غیرفعال
ولتاژ	=	V	(Volts)
جریان	=	A	(Amps)
ضریب توان	=	PF	(0.75 – 0.95)
اسب بخار ورودی	=	BHP	
اسب بخار موتور	=	MHP	
راندمان	=	EFF	
موتور/درايو	=	M/D	

۳-۲۸- چگالش رطوبت بر روی شیشه‌ها

$$T_{GLASS} = T_{ROOM} - \left[\frac{R_{IA}}{R_{GLASS}} \times (T_{ROOM} - T_{OA}) \right]$$

$$T_{GLASS} = T_{ROOM} - \left[\frac{U_{GLASS}}{U_{IA}} \times (T_{ROOM} - T_{OA}) \right]$$

چنانچه $T_{GLASS} < DP_{ROOM}$ چگالش اتفاق می‌افتد.

دما	=	T	$^{\circ}\text{F}$
مقادیر مقاومت حرارتی	=	R	$\text{hr ft}^2 \text{ } ^{\circ}\text{F}/\text{Btu}$
مقادیر ضریب کلی انتقال حرارت	=	U	$\text{Btu} / \text{hr ft}^2 \text{ } ^{\circ}\text{F}$
فیلم هوای داخلی	=	IA	
دمای هوای بیرونی در طراحی	=	OA	
نقطه شبنم	=	DP	

۳-۲۹- محاسبه بارهای گرمایشی برای مکان‌های بارگیری، راهروهای با استفاده فراوان و فضاهای مشابه

الف) حجم فضایی که باید گرم شود را (بر حسب ft^3) به دست آورید.

ب) زمان مورد قبول برای گرم شدن اولیه فضا را (بر حسب min) محاسبه کنید.

ج) حجم را بر زمان به دست آمده تقسیم کنید (CFM).

د) دماهای طراحی داخلی و خارجی را محاسبه کنید؛ با توجه به اینکه درها برای دوره‌های زمانی طولانی باز می‌مانند، فرض کنید دمای داخلی فضا تا رسیدن به دمای خارجی افت می‌کند.

ه) نیازهای گرمایشی را با استفاده از معادله حرارت محسوس و با توجه به CFM و دماهای طراحی داخلی و خارجی به دست آورید.

۳-۳۰- تهویه اتاق‌های مکانیکی با استفاده از تجهیزات برودتی

الف) برای اتاقی که کاملاً مجزا شده باشد:

$$\text{CFM} = 100 \times G^{0.5}$$

دبی موردنیاز هوای خروجی	=	CFM	(ft^3/min)
جرم مبرد بزرگترین سیستم	=	G	(lbs)

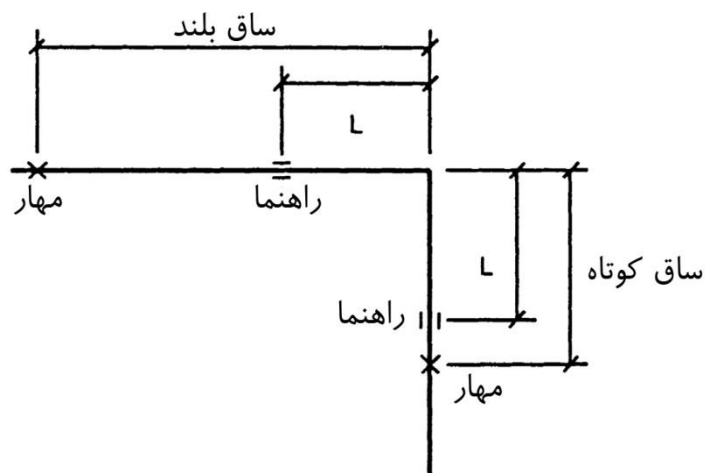
ب) برای اتاقی که کاملاً مجزا نشده باشد:

$$\text{FA} = G^{0.5}$$

سطح دهانه تهویه آزاد	=	FA	(ft^2)
جرم مبرد بزرگترین سیستم	=	G	(lbs)

۳-۳۱- معادلات انبساط لوله

الف) خم‌های L :



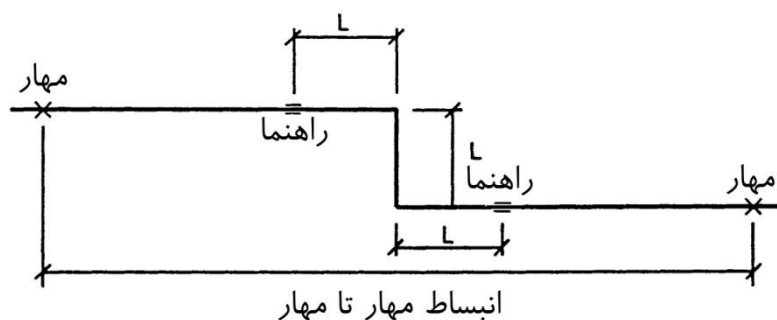
$$L = 6.225 \times \sqrt{\Delta D}$$

$$F = 500 \text{ lbs/PIPE DIA.} \times \text{PIPE DIA.}$$

L	=	طول ساق موردنیاز برای انطباق با انبساط یا انقباض	(ft)
Δ	=	انبساط یا انقباض حرارتی ساق بلند	(in)
D	=	قطر خارجی لوله	(in)
F	=	نیروی اعمالی بوسیله انبساط یا انقباض بر روی مهارها و تکیه‌گاه‌ها	(lbs)

به جداول بخش هفدهم مراجعه نمایید.

ب) خم‌های Z :



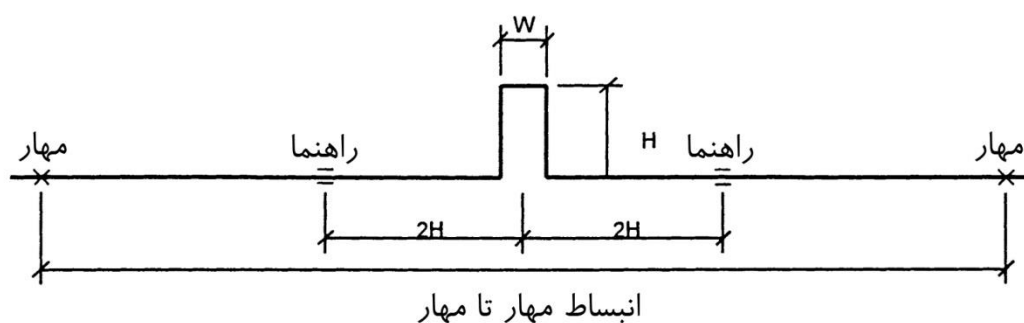
$$L = 4 \times \sqrt{\Delta D}$$

$$F = 200 - 500 \text{ LB./PIPE DIA.} \times \text{PIPE DIA.}$$

طول ساق دوخم موردنیاز برای انطباق با انبساط یا انقباض	=	L	(ft)
انبساط یا انقباض مهار تا مهار	=	Δ	(in)
قطر خارجی لوله	=	D	(in)
نیروی اعمالی بوسیله انبساط یا انقباض بر روی مهارها و تکیه‌گاهها	=	F	(lbs)

به جداول بخش هفدهم مراجعه نمایید.

(ج) خم‌های U:



$$L = 6.225 \times \sqrt{\Delta D}$$

$$F = 200 \text{ LB./PIPE DIA.} \times \text{PIPE DIA.}$$

$$L = 2H + W$$

$$H = 2W$$

$$L = 5W$$

طول حلقه موردنیاز برای انطباق با انبساط یا انقباض	=	L	(ft)
انبساط یا انقباض مهار تا مهار	=	Δ	(in)
قطر خارجی لوله	=	D	(in)
نیروی اعمالی بوسیله انبساط یا انقباض بر روی مهارها و تکیه‌گاهها	=	F	(lbs)

به جداول بخش هفدهم مراجعه نمایید.

۳-۳۳- حداکثر طول خط تخلیه شیر اطمینان

$$L = \frac{9 \times P_1^2 \times D^5}{C^2} = \frac{9 \times P_2^2 \times D^5}{16 \times C^2}$$

$$P_1 = 0.25 \times \left[(1.1 \times \text{فشار تنظیمی}) + 14.7 \right]$$

$$P_2 = \left[(1.1 \times \text{فشار تنظیمی}) + 14.7 \right]$$

حداکثر طول خط تخلیه	=	L	(ft)
قطر داخلی لوله	=	D	(in)
حداقل تخلیه هوا	=	C	(lbs/min)

۳-۳۴- تعیین مشخصات شیر اطمینان

الف) شیرهای اطمینان در سیستم مایع و شیرهای اطمینان محرک فنری:

$$A = \frac{GPM \times \sqrt{G}}{28.14 \times K_B \times K_V \times \sqrt{\Delta P}}$$

ب) شیرهای اطمینان در سیستم مایع و شیرهای اطمینان محرک پیلوتی:

$$A = \frac{GPM \times \sqrt{G}}{36.81 \times K_V \times \sqrt{\Delta P}}$$

ج) شیرهای اطمینان سیستم‌های بخار:

$$A = \frac{W}{51.5 \times K \times P \times K_{SH} \times K_N \times K_B}$$

د) شیرهای اطمینان سیستم گاز و بخار (lbs/h):

$$A = \frac{W \times \sqrt{TZ}}{C \times K \times P \times K_B \times \sqrt{M}}$$

ه) شیرهای اطمینان سیستم گاز و بخار (SCFM):

$$A = \frac{SCFM \times \sqrt{TGZ}}{1.175 \times C \times K \times P \times K_B}$$

حداقل مساحت سطح تخلیه موثر موردنیاز شیر اطمینان	=	A	(in ²)
دبی تخلیه موردنیاز در شرایط جریان	=	GPM	(gal/min)
دبی تخلیه موردنیاز در شرایط جریان	=	W	(lbs/hr)
دبی تخلیه موردنیاز در شرایط جریان	=	$SCFM$	(Std. ft ³ /min)
وزن مخصوص مایع، گاز یا بخار در شرایط جریان	=	G	

برای آب: در اغلب کاربری‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع برابر با ۱ می‌باشد.

برای هوا: ۱		
C	=	ضریبی که از عبارت نسبت گرماهای ویژه به دست می آید.
$C = 315$		اگر مقدار آن مشخص نباشد:
K	=	ضریب موثر تخلیه،
$K = 0.975$		
K_B	=	ضریب تصحیح ظرفیت در نتیجه فشار برگشتی
$K_B = 1.0$		برای سیستم‌های تخلیه اتمسفریک:
K_V	=	ضریب تصحیح جریان در نتیجه لزجت
		برای اغلب سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوعی که با آب کار می‌کنند: $K_V = 0.9 - 1.0$
K_N	=	ضریب تصحیح ظرفیت برای بخار اشباع خشک در فشارهای تنظیمی بالاتر از 1500 Psia و تا 3200 Psia
		برای اغلب سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع: $K_V = 1.0$
K_{SH}	=	ضریب تصحیح ظرفیت در نتیجه درجه مافوق گرم:
$K_{SH} = 1.0$		برای بخار اشباع: $K_{SH} = 1.0$
Z	=	ضریب تراکم‌پذیری،
$Z = 1.0$		اگر مقدار آن مشخص نباشد:
P	=	فشار تخلیه (psia)
		= فشار تنظیمی (Psig) + ۱۰٪ فشار اضافه + فشار اتمسفریک (14.7 Psia)
ΔP	=	اختلاف فشار (psig)
		= فشار تنظیمی (Psig) + ۱۰٪ فشار اضافه - فشار برگشتی (Psig)
T	=	دمای مطلق (°R)
M	=	وزن مولکولی بخار یا گاز

توجه:

- زمانی که از چند شیر اطمینان استفاده می‌شود، یک شیر باید در یا پایین‌تر از حداکثر فشار کاری مجاز تنظیم شود و باقی شیرها را می‌توان تا ۵٪ بیشتر از حداکثر فشار کاری مجاز تنظیم نمود.
- در زمان تعیین مشخصات شیرهای اطمینان چندتایی، سطح کلی مورد نیاز براساس فشاری برابر با ۱۶٪ بیشتر یا ۴ Psi هر کدام بزرگتر بود، تعیین می‌شود.
- برای بخار مافوق گرم، برای مقادیر فهرست شده در زیر، می‌توان از ضرایب تصحیح به ترتیب زیر استفاده نمود:

0.97	(Range 0.979-0.998)	بخار مافوق گرم تا 400 °F
0.95	(Range 0.957-0.977)	بخار مافوق گرم تا 450 °F
0.93	(Range 0.930-0.968)	بخار مافوق گرم تا 500 °F
0.90	(Range 0.905-0.974)	بخار مافوق گرم تا 550 °F
0.88	(Range 0.882-0.993)	بخار مافوق گرم تا 600 °F
0.86	(Range 0.861-0.988)	بخار مافوق گرم تا 650 °F
0.84	(Range 0.841-0.963)	بخار مافوق گرم تا 700 °F

(Range 0.823-0.903)	0.82	بخار مافوق گرم تا 750 °F
(Range 0.805-0.863)	0.80	بخار مافوق گرم تا 800 °F
(Range 0.786-0.836)	0.78	بخار مافوق گرم تا 850 °F
(Range 0.753-0.813)	0.75	بخار مافوق گرم تا 900 °F
(Range 0.726-0.792)	0.72	بخار مافوق گرم تا 950 °F
(Range 0.704-0.774)	0.70	بخار مافوق گرم تا 1000 °F

۴. خصوصیات گازها و بخار در جدول زیر آورده شده‌اند:

گاز یا بخار	وزن مولکولی	نسبت حرارت ویژه	ضریب C	وزن مخصوص
Acetylene	26.04	1.25	342	0.899
Air	28.97	1.40	356	1.000
Ammonia (R-717)	17.03	1.30	347	0.588
Argon	39.94	1.66	377	1.379
Benzene	78.11	1.12	329	2.696
N-Butane	58.12	1.18	335	2.006
Iso-Butane	58.12	1.19	336	2.006
Carbon Dioxide	44.01	1.29	346	1.519
Carbon Disulphide	76.13	1.21	338	2.628
Carbon Monoxide	28.01	1.40	356	0.967
Chlorine	70.90	1.35	352	2.447
Cyclohexane	84.16	1.08	325	2.905
Ethane	30.07	1.19	336	1.038
Ethyl Alcohol	46.07	1.13	330	1.590
Ethyl Chloride	64.52	1.19	336	2.227
Ethylene	28.03	1.24	341	0.968
Helium	4.02	1.66	377	0.139
N-Heptane	100.20	1.05	321	3.459
Hexane	86.17	1.06	322	2.974
Hydrochloric Acid	36.47	1.41	357	1.259
Hydrogen	2.02	1.41	357	0.070
Hydrogen Chloride	36.47	1.41	357	1.259
Hydrogen Sulphide	34.08	1.32	349	1.176
Methane	16.04	1.31	348	0.554
Methyl Alcohol	32.04	1.20	337	1.106
Methyl Butane	72.15	1.08	325	2.491
Methyl Chloride	50.49	1.20	337	1.743
Natural gas	19.00	1.27	344	0.656
Nitric Oxide	30.00	1.40	356	1.036
Nitrogen	28.02	1.40	356	0.967
Nitrous Oxide	44.02	1.31	348	1.520
N-Octane	114.22	1.05	321	3.943
Oxygen	32.00	1.04	356	1.105
N-Pentane	72.15	1.08	325	2.491
Iso-Pentane	72.15	1.08	325	2.491
Propane	44.09	1.13	330	1.522
R-11	137.37	1.14	331	4.742
R-12	120.92	1.14	331	4.174
R-22	86.48	1.18	335	2.985
R-114	170.93	1.09	326	5.900
R-123	152.93	1.10	327	5.279
R-134a	102.03	1.20	337	3.522
Sulfur Dioxide	64.04	1.27	344	2.211
Toluene	92.13	1.09	326	3.180

۳-۳۵- معادلات درایو موتور

$$D_{FP} \times RPM_{FP} = D_{MP} \times RPM_{MP}$$

$$BL = [(D_{FP} + D_{MP}) \times 1.5708] + (2 \times L)$$

$$\begin{aligned} \text{قطر پولی فن} &= D_{FP} \\ \text{قطر پولی موتور} &= D_{MP} \\ \text{RPM پولی فن} &= RPM_{FP} \\ \text{RPM پولی موتور} &= RPM_{MP} \\ \text{طول تسمه} &= BL \\ \text{فاصله مرکز پولی فن تا مرکز پولی موتور} &= L \end{aligned}$$

۳-۳۶- تعیین مشخصات هیتر آب گرم مصرفی

$$H_{OUTPUT} = GPH \times 8.34 \text{ lbs/gal} \times \Delta T \times 1.0$$

$$H_{INPUT} = \frac{GPH \times 8.34 \text{ lbs/gal} \times \Delta T}{\%EFFICIENCY}$$

$$GPH = \frac{H_{INPUT} \times \%EFFICIENCY}{\Delta T \times 8.34 \text{ lbs/gal}} = \frac{KW \times 3413 \text{ BTU/kW}}{\Delta T \times 8.34 \text{ lbs/gal}}$$

$$\Delta T = \frac{H_{INPUT} \times \%EFFICIENCY}{GPH \times 8.34 \text{ lbs/gal}} = \frac{KW \times 3413 \text{ BTU/kW}}{GPM \times 8.34 \text{ lbs/gal}}$$

$$KW = \frac{GPH \times 8.34 \text{ lbs/gal} \times \Delta T \times 1.0}{3413 \text{ BTU/kW}}$$

$$\% \text{ COLD WATER} = \frac{T_{HOT} - T_{MIX}}{T_{HOT} - T_{COLD}}$$

$$\% \text{ HOT WATER} = \frac{T_{MIX} - T_{COLD}}{T_{HOT} - T_{COLD}}$$

$$\begin{aligned} \text{ظرفیت حرارتی، خروجی} &= H_{OUTPUT} && (\text{Btu/hr}) \\ \text{ظرفیت حرارتی، ورودی} &= H_{INPUT} && (\text{Btu/hr}) \\ \text{دبی بازیابی} &= GPH && (\text{gal/min}) \\ \text{افزایش دما} &= \Delta T && (^\circ\text{F}) \\ \text{کیلووات} &= KW && \\ \text{دما، آب سرد} &= T_{COLD} && (^\circ\text{F}) \\ \text{دما، آب گرم} &= T_{HOT} && (^\circ\text{F}) \\ \text{دما، آب مخلوط} &= T_{MIX} && (^\circ\text{F}) \end{aligned}$$

۳-۳۷- تعیین مشخصات پمپ تغذیه/بازگردش آب گرم مصرفی

الف) طول کلی تخمینی تمامی لوله‌کشی‌های رفت و برگشت آب گرم را تعیین کنید.

ب) این طول کلی را برای لوله‌های عایق شده در 30 Btu/ft و برای لوله‌های بدون عایق در 60 Btu/ft ضرب نمایید تا اتلاف حرارتی تخمینی به دست آید.

ج) افت حرارتی کلی را بر ۱۰۰۰۰ تقسیم کنید تا ظرفیت کلی پمپ بر حسب گالن بر دقیقه به دست آید.

د) پمپ بازگردش را به شرط آنکه دبی فوق را تامین نماید و هد ایجاد شده در این جریان را فراهم نماید، انتخاب نمایید.

ه) هد را در ۱۰۰ ضرب و بر طول کلی طولانی‌ترین مسیر لوله‌کشی خط برگشت آب گرم تقسیم نمایید تا افت اصطکاکی مجاز به‌ازای هر ۱۰۰ فوت لوله به دست آید.

و) دبی مورد نیاز در هر حلقه و اندازه خط لوله‌کشی بازگشت آب گرم را براساس دبی به دست آمده و افت اصطکاکی مجاز محاسبه شده، تعیین کنید.

۳-۳۸- استخرهای شنا

الف) تعیین مشخصات هیتر استخر بیرونی:

۱. ظرفیت مخزن را (بر حسب گالن) محاسبه کنید. اگر امکان دارد، مقدار آن را از مهندس معمار ساختمان اخذ نمایید.
$$(gal/ft^3) \times 7.5 \times \text{عمق} \times \text{عرض} \times \text{طول}$$
چنانچه عمق استخر مشخص نباشد، عمق میانگین 5.5 ft را در نظر بگیرید.
۲. زمان گرم کردن استخر را (بر حسب ساعت) از مالک ساختمان پرسید.
۳. دمای آب استخر را (بر حسب درجه فارنهایت) از مالک ساختمان پرسید. اگر مالک چنین دمایی را تعریف نکرد از 80°F استفاده کنید.
۴. دمای میانگین سردترین ماهی که استخر در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد را تعیین کنید.
۵. سرعت میانگین باد را (بر حسب مایل بر ساعت) مشخص کنید. برای استخرهایی با مساحت کمتر از ۹۰۰ فوت مربع و در جایی که استخر توسط ساختمان‌های نزدیک، فنس‌ها و بوته‌ها احاطه شده و از بادهای غالب در امان می‌باشد، می‌توان سرعت میانگین را کمتر از 3.5 mph در نظر گرفت. ضریب اتلاف سطحی $5.5 \text{ Btu/hr/ft}^2 \text{ } ^\circ \text{F}$ ظاهر شده در معادله زیر برای سرعت باد برابر با 3.5 mph در نظر گرفته شده است. چنانچه سرعت باد کمتر از 3.5 mph به دست آمد، معادله را در 0.75 ضرب کنید. همچنین برای سرعت میانگین باد برابر با 5 mph و 10 mph معادله به ترتیب باید در 1.25 و 2.0 ضرب شود.

$$H_{POOL\ HEATER} = H_{HEAT-UP} + H_{SURFACE\ LOSS}$$

$$H_{HEAT-UP} = \frac{gal \times 8.34\ lbs/gal \times \Delta T_{WATER} \times 1.0\ BTU/lbs\ ^\circ F.}{HEAT\ PICK - UP\ TIME}$$

$$H_{SURFACE\ LOSS} = 5.5\ BTU/hr\ ft^2\ ^\circ F. \times \Delta T_{WATER/AIR} \times POOL\ AREA$$

$$\Delta T_{WATER} = T_{FINAL} - T_{INITIAL}$$

$$T_{FINAL} = POOL\ WATER\ TEMPERATURE$$

$$T_{INITIAL} = 50\ ^\circ F$$

$$\Delta T_{WATER/AIR} = T_{FINAL} - T_{AVERAGE\ AIR}$$

$$\text{ظرفیت گرمایشی} = H \quad (Btu/hr)$$

$$\text{اختلاف دما} = \Delta T \quad (^\circ F)$$

$$\text{هیتر استخر} = POOL\ HEATER$$

$$\text{گرم کردن اولیه} = HEAT - UP$$

$$\text{اتلاف سطحی} = SURFACE\ LOSS$$

$$\text{دمای اولیه} = T_{INITIAL} \quad (^\circ F)$$

$$\text{دمای نهایی} = T_{FINAL} \quad (^\circ F)$$

۴

ضرایب تبدیل

۴-۱- طول

$$1 \text{ mile} = 1760 \text{ yds} = 5.280 \text{ ft} = 63.360 \text{ in} = 1.609 \text{ km}$$

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m} = 30.48 \text{ cm} = 304.8 \text{ mm}$$

$$1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm} = 25.4 \text{ mm}$$

$$1 \text{ cm} = 0.3937 \text{ in}$$

$$1 \text{ m} = 39.37 \text{ in} = 3.2808 \text{ ft} = 1.094 \text{ yds}$$

$$1 \text{ km} = 3281 \text{ ft} = 0.6214 \text{ miles} = 1094 \text{ yds}$$

$$1 \text{ fathom} = 6 \text{ ft} = 1.828804 \text{ m}$$

$$1 \text{ furlong} = 660 \text{ ft}$$

۴-۲- وزن

$$1 \text{ gal } H_2O = 8.33 \text{ lbs } H_2O$$

$$1 \text{ lbs} = 16 \text{ oz} = 7000 \text{ grains} = 0.4536 \text{ kg}$$

$$1 \text{ ton} = 2000 \text{ lbs} = 907 \text{ kg}$$

$$1 \text{ Kg} = 2.205 \text{ lbs}$$

$$1 \text{ lbs Steam} = 1 \text{ lbs } H_2O$$

۴-۳- مساحت

$$1 \text{ ft}^2 = 144 \text{ in}^2$$

$$1 \text{ acre} = 43.560 \text{ ft}^2 = 4840 \text{ sq. yds.} = 0.4047 \text{ hectares}$$

$$1 \text{ sq. mile} = 640 \text{ acres}$$

$$1 \text{ sq. yd} = 9 \text{ ft}^2 = 1296 \text{ in}^2$$

$$1 \text{ hectare} = 2.417 \text{ acres}$$

$$1 \text{ m}^2 = 1.550 \text{ in}^2 = 0.0929 \text{ ft}^2 = 1.1968 \text{ sq. yd}$$

۴-۴- حجم

$$1 \text{ cu. yd} = 27 \text{ ft}^3 = 46565 \text{ in}^3 = 1616 \text{ pints} = 807.9 \text{ quarts} = 764.6 \text{ l}$$

$$1 \text{ ft}^3 = 1.728 \text{ in}^3$$

$$1 \text{ l} = 0.2642 \text{ gal} = 1.057 \text{ quarts} = 2.113 \text{ pints}$$

$$1 \text{ gal} = 4 \text{ quarts} = 8 \text{ pints} = 3.785 \text{ l}$$

$$1 \text{ m}^3 = 61.023 \text{ in}^3 = 0.02832 \text{ ft}^3 = 1.3093 \text{ cu. yd}$$

$$1 \text{ barrel oil} = 42 \text{ gal oil}$$

$$1 \text{ barrel beer} = 31.5 \text{ gal beer}$$

$$1 \text{ barrel wine} = 31.0 \text{ gal wine}$$

$$1 \text{ bushel} = 1.2445 \text{ ft}^3 = 32 \text{ quarts (Dry)} = 64 \text{ pints (Dry)} = 4 \text{ pecks}$$

$$1 \text{ hogshead} = 63 \text{ gal} = 8.42184 \text{ ft}^3$$

۴-۵- سرعت

$$1 \text{ mph} = 5280 \text{ ft/h} = 88 \text{ ft/min} = 1.467 \text{ ft/sec} = 0.8684 \text{ knot}$$

$$1 \text{ knot} = 1.1515 \text{ mph} = 1.8532 \text{ km/h} = 1.0 \text{ nautical mile/h}$$

$$1 \text{ league} = 3.0 \text{ miles (Approx.)}$$

۴-۶- سرعت صوت در هوا

$$1128.5 \text{ ft/sec} = 769.4 \text{ mph}$$

۴-۷- فشار

$$14.7 \text{ psi} = 33.95 \text{ ft H}_2\text{O} = 29.92 \text{ in Hg} = 407.2 \text{ in WG} = 2116.8 \text{ lbs ft}^2$$

$$1 \text{ psi} = 2.307 \text{ ft H}_2\text{O} = 2.036 \text{ in Hg} = 16 \text{ oz} = 27.7 \text{ in WC}$$

$$1 \text{ ft H}_2\text{O} = 0.4335 \text{ psi} = 62.43 \text{ lbs/ft}^2$$

$$1 \text{ oz} = 1.73 \text{ in WC}$$

۴-۸- چگالی

الف) آب:

$$62.329 \text{ lbs/ft}^3 = 8.33 \text{ lbs/gal} = 0.1337 \text{ ft}^3/\text{gal}$$

$$1 \text{ ft}^3 = 7.48052 \text{ gal} = 29.92 \text{ quarts} = 62.43 \text{ lbs H}_2\text{O}$$

ب) هوای استاندارد در 60°F . 14.7 psi

$$13.329 \text{ ft}^3/\text{lbs} = 0.0750 \text{ lbs/ft}^3$$

$$1 \text{ lb/ft}^3 = 177.72 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$1 \text{ ft}^3/\text{lb} = 0.00563 \text{ lbs/ft}^3$$

$$1 \text{ kg/m}^3 = 16.017 \text{ lbs/ft}^3$$

$$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 0.0624 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

۴-۹- انرژی

$$1 \text{ hp} = 0.764 \text{ kW} = 746 \text{ watts} = 2.545 \text{ Btuh}. 1.0 \text{ kva}$$

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ watts} = 3.413 \text{ Btuh} = 1.341 \text{ hp}$$

$$1 \text{ watt} = 3.413 \text{ Btuh}$$

$$1 \text{ ton AC} = 12.000 \text{ Btuh cooling} = 15.000 \text{ Btuh heat rejection}$$

$$1 \text{ Btuh} = 1 \text{ Btu/h}$$

$$1 \text{ bhp} = 34.500 \text{ Btuh} (33472 \text{ Btuh}) = 34.5 \text{ lbs Steam/h} = 34.5 \text{ lbs H}_2\text{O/h} = 0.069 \text{ gpm} \\ = 4.14 \text{ gph} = 140 \text{ edr} (\text{ft}^2 \text{ of equivalent radiation})$$

$$1 \text{ therm} = 100.000 \text{ Btuh}$$

$$1 \text{ mbh} = 1.000 \text{ Btuh}$$

$$1 \text{ lbs Steam/h} = 0.002 \text{ gpm}$$

$$1 \text{ gpm} = 500 \text{ lbs Steam/h}$$

edr = Equivalent Direct Radiation

$$1 \text{ edr} = 0.000496 \text{ gpm} = 0.25 \text{ lbs Steam cond./h}$$

$$1000 \text{ edr} = 0.496 \text{ gpm}$$

$$1 \text{ edr hot water} = 150 \text{ Btu/h}$$

$$1 \text{ edr Steam} = 240 \text{ Btu/Hr.}$$

$$1 \text{ edr} = 240 \text{ Btu/h} (\text{Up to } 1.000 \text{ ft Above Sea Level})$$

$$1 \text{ edr} = 230 \text{ Btu/h} (1.000 \text{ ft} - 3.000 \text{ ft Above Sea Level})$$

$$1 \text{ edr} = 223 \text{ Btu/h} (3.000 \text{ ft} - 5.000 \text{ ft Above Sea Level})$$

$$1 \text{ edr} = 216 \text{ Btu/h} (5.000 \text{ ft} - 7.000 \text{ ft Above Sea Level})$$

$$1 \text{ edr} = 209 \text{ Btu/h} (7.000 \text{ ft} - 10.000 \text{ ft Above Sea Level})$$

۴-۱۰- دبی

$$1 \text{ mgd} (\text{million gal/day}) = 1.547 \text{ ft}^3/\text{sec} = 694.4 \text{ gpm}$$

$$1 \text{ ft}^3/\text{min} = 62.43 \text{ lbs H}_2\text{O/min} = 448.8 \text{ gpm}$$

۱۱-۴- ضرایب متریک HVAC

<i>kJ/h</i>	=	<i>Btu/hr</i> × 1.055
<i>cmm</i>	=	<i>cfm</i> × 0.02832
<i>lpm</i>	=	<i>gpm</i> × 3.785
<i>KJ/Lb</i>	=	<i>Btu/lb</i> × 2.326
<i>m</i>	=	<i>ft</i> × 0.3048
<i>m²</i>	=	<i>ft²</i> × 0.0929
<i>m³</i>	=	<i>ft³</i> × 0.02832
<i>kg</i>	=	<i>lbs</i> × 0.4536
1.0 <i>gpm</i>	=	500 <i>lbs Steam/hr</i>
1.0 <i>lbs Steam/h</i>	=	0.002 <i>gpm</i>
1.0 <i>lbsH₂O/h</i>	=	1.0 <i>lbs Steam/hr</i>
<i>kg/m³</i>	=	<i>lbs/ft³</i> × 16.017 (<i>Density</i>)
<i>m³/kg</i>	=	<i>ft³/lbs</i> × 0.0624 (<i>Specific Volume</i>)
<i>kg H₂O/kg DA</i>	=	<i>Gr H₂O/lbs DA</i> /7.000 = <i>lbs H₂O/lbs DA</i>

۵

قوانین سرانگشتی بار سرمایه‌امشی

۱-۵- دفاتر اداری و تجاری

الف) ساختمان‌های عمومی

(Range 230-520)	300-400	ft^2/Ton	۱. حرارت کلی
(Range 23-52)	30-40	$Btuh/ft^2$	۲. حرارت کلی
(Range 19-37)	25-28	$Btuh/ft^2$	۳. حرارت محسوس اتاق
	0.75-0.93		۴. SHR
	1.0-3.0	CFM/ft^2	۵. محیط‌های پیرامونی
	0.5-1.5	CFM/ft^2	۶. محیط‌های داخلی
	1.0-1.5	CFM/ft^2	۷. CFM بلوک‌های ساختمانی
	4-10	AC/hr	۸. نرخ تغییر هوا

ب) ساختمان‌های بزرگ، پیرامونی

	225-275	ft^2/Ton	۱. حرارت کلی
	43-53	$Btuh/ft^2$	۲. حرارت کلی

ج) ساختمان‌های بزرگ، داخلی

	300-350	ft^2/Ton	۱. حرارت کلی
	34-40	$Btuh/ft^2$	۲. حرارت کلی

د) ساختمان‌های کوچک

	325-375	ft^2/Ton	۱. حرارت کلی
	32-37	$Btuh/ft^2$	۲. حرارت کلی

۲-۵- بانک‌ها، دادگاه‌ها، بناهای شهری، تالارهای عمومی

(Range 160-340)	200-250	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 35-75)	48-60	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 21-48)	28-38	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.75-0.9		د) SHR
	4-10	AC/hr	ه) نرخ تغییر هوا

۳-۵- ایستگاه‌های پلیس، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، دفاتر پست

(Range 200-400)	250-350	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 30-60)	34-48	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 20-40)	25-35	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.75-0.90		د) SHR
	4-10	AC/hr	ه) نرخ تغییر هوا

۴-۵- کارخانجات ساخت دقیق

50-300	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
40-240	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
32-228	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
0.80-0.95		د) SHR
10-50	AC/hr	ه) نرخ تغییر هوا

۵-۵- اتاق‌های کامپیوتر

50-150	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
80-240	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
64-228	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
0.80-0.95		د) SHR
2.0-4.0	CFM/ft^2	ه) دبی هوا
15-20	AC/hr	و) نرخ تغییر هوا

۶-۵- رستوران‌ها

(Range 75-300)	100-250	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 40-155)	48-120	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 20-80)	21-62	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.65-0.80		د) SHR
	1.5-4.0	CFM/ft^2	ه) دبی هوا
	8-12	AC/hr	و) نرخ تغییر هوا

۷-۵- آشپزخانه‌ها (در اصل به تجهیزات آشپزخانه بستگی دارد)

(At 85°F)	150-350	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(At 85°F)	34-80	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(At 85°F)	20-56	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.60-0.70		د) SHR
	1.5-2.5	CFM/ft^2	ه) دبی هوا
	12-15	AC/hr	و) نرخ تغییر هوا

۵-۸- اتاق‌های انتظار بیمارستان

(Range 200-400)	250-300	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 30-60)	40-80	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 25-50)	32-46	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.75-0.85		د) SHR

۵-۹- آزمایشگاه‌ها، بیمارستان‌ها

	100-300	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
	40-120	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی

۵-۱۰- مراکز درمانی و کلینیک‌ها

(Range 200-400)	250-300	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 30-60)	40-48	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 25-50)	32-46	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.75-0.85		د) SHR
	8-12	AC/hr	ه) نرخ تغییر هوا

۵-۱۱- ساختمان‌های مسکونی

	500-700	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
	17-24	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
	12-20	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.80-0.95		د) SHR

۵-۱۲- آپارتمان‌ها

(Range 300-500)	350-450	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 24-40)	27-34	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 20-35)	22-30	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.80-0.95		د) SHR

۱۳-۵ - فضاهای عمومی متل‌ها و هتل‌ها

(Range 160-375)	250-300	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 32-74)	40-48	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 25-60)	32-46	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.75-0.90		د) SHR

۱۴-۵ - اتاق‌های مهمان متل‌ها و هتل‌ها، خوابگاه‌ها

(Range 300-600)	400-500	$ft^2./Ton$	الف) حرارت کلی
(Range 20-40)	24-30	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 15-35)	20-25	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.80-0.95		د) SHR

۱۵-۵ - کلاس‌های مدارس

(Range 150-350)	225-275	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 35-80)	43-53	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 20-65)	25-42	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.65-0.80		د) SHR
	4-12	AC/hr	ه) نرخ تغییر هوا

۱۶-۵ - غذاخوری‌ها و کافه تریاها

(Range 75-300)	100-250	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 40-155)	48-120	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 20-80)	21-62	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.65-0.80		د) SHR
	1.5-4.0	CFM/ft^2	ه) فضاها
	12-15	AC/hr	و) نرخ تغییر هوا

۱۷-۵ - کتابخانه‌ها، موزه‌ها

(Range 160-400)	250-350	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 30-75)	34-48	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 20-50)	22-32	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.80-0.90		د) SHR
	8-12	AC/hr	ه) نرخ تغییر هوا

۱۸-۵ - فروشگاه‌های بزرگ و خرده‌فروشی‌ها

(Range 200-500)	200-300	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 24-60)	40-60	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 16-43)	32-43	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.65-0.90		د) SHR
	6-10	AC/hr	ه) نرخ تغییر هوا

۱۹-۵ - داروخانه‌ها، آرایشگاه‌ها، فروشگاه‌های کفش، لباس، جواهر و دیگر فروشگاه‌ها

(Range 100-350)	175-225	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 35-115)	53-69	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 15-90)	23-54	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.65-0.90		د) SHR
	6-10	AC/hr	ه) نرخ تغییر هوا

۲۰-۵ - سوپرمارکت‌ها

(Range 150-400)	250-350	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 30-80)	34-48	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 22-67)	25-40	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.65-0.85		د) SHR
	4-10	AC/hr	ه) نرخ تغییر هوا

۲۱-۵ - مال‌ها و مراکز فروش

(Range 150-400)	150-350	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 30-80)	34-80	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 22-67)	25-67	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.65-0.85		د) SHR
	6-10	AC/hr	ه) نرخ تغییر هوا

۲۲-۵ - زندان‌ها

(Range 300-500)	350-450	ft^2/Ton	الف) حرارت کلی
(Range 24-40)	27-34	$Btuh/ft^2$	ب) حرارت کلی
(Range 20-35)	22-30	$Btuh/ft^2$	ج) حرارت محسوس اتاق
	0.80-0.95		د) SHR

۲۳-۵ - تالارها و سینماها

0.05/0.07	<i>Tons/Seat</i>	الف) حرارت کلی
600-840	<i>Btuh/Seat</i>	ب) حرارت کلی
325-385	<i>Btuh/Seat</i>	ج) حرارت محسوس اتاق
0.65-0.75		د) SHR
15-30	<i>CFM/Seat</i>	ه) دبی هوا
8-15	<i>AC/hr</i>	و) نرخ تغییر هوا

۲۴-۵ - کلیساها

0.04-0.06	<i>Tons/Seat</i>	الف) حرارت کلی
480-720	<i>Btuh/Seat</i>	ب) حرارت کلی
260-330	<i>Btuh/Seat</i>	ج) حرارت محسوس اتاق
0.65-0.75		د) SHR
15-30	<i>CFM/Seat</i>	ه) دبی هوا
8-15	<i>AC/hr</i>	و) نرخ تغییر هوا

۲۵-۵ - تمامی فضاها

@ 20°F. ΔT	300-500	<i>CFM/Ton</i>	الف) حرارت کلی
20% @ 20°F. ΔT±	400	<i>CFM/Ton</i>	ب) حرارت کلی
	1.0-3.0	<i>CFM/ft²</i>	ج) فضاهای پیرامونی
	0.5-1.5	<i>CFM/ft²</i>	د) فضاهای داخلی
	1.0-1.5	<i>CFM/ft²</i>	ه) CFM بلوک ساختمانی
Minimum	4	<i>AC/hr</i>	و) نرخ تغییر هوا

حرارت کلی، تهویه مطبوع را در بر می‌گیرد. حرارت محسوس اتاق شامل تهویه مطبوع نمی‌شود.

۲۶-۵ - روند محاسبه بار سرمایشی

الف) تعیین خصوصیات بنا:

۱. مصالح ساختمانی،
۲. ویژگی‌های مصالح ساختمانی،
۳. اندازه،
۴. رنگ،
۵. شکل،
۶. مکان.

۷. جهت گیری بنا: شمالی، جنوبی، شرقی، غربی، جنوب شرقی، جنوب غربی، شمال شرقی، شمال غربی، ...
۸. در معرض سایه بودن (خارجی/داخلی).
۹. نوع و ساعت حضور افراد؛

ب) انتخاب شرایط آب و هوای خارجی در طراحی:

۱. دما،
۲. جهت و سرعت باد،
۳. ملاحظات انتخاب شرایط آب و هوای خارجی در طراحی:
 - الف) نوع سازه (سبک، سنگین یا دارای وزن متوسط)،
 - ب) آیا ساختمان عایق می‌شود؟ چنانچه ساختان گرم یا سرد می‌شود، باید مطابق استاندارد عایق شود،
 - ج) آیا ساختمان در معرض بادهای فراوان می‌باشد؟
 - د) بارهای نفوذ هوا و تهویه مطبوع،
 - ه) مقدار شیشه بکار رفته در ساختمان،
 - و) زمان حضور افراد در ساختمان،
 - ز) نوع حضور افراد در ساختمان،
 - ح) طول دمای کاهش یافته داخلی،
 - ط) محدوده دمای روزانه، حداقل و حداکثر آن چقدر است؟
 - ی) آیا انحراف‌های قابل توجهی از اطلاعات استانداردها و دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی دیده می‌شود؟
 - ک) چه نوع تجهیزات گرمایشی مورد استفاده قرار خواهد گرفت؟
 - ل) هزینه مورد انتظار سوخت؛
۴. برای آگاهی از محدودیت‌های موجود در انتخاب شرایط آب و هوای خارجی به استانداردها و دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی مراجعه نمایید.
 - ج) دمای طراحی داخلی را برای آنکه داخل هر کدام از فضاها برقرار بماند، انتخاب نمایید.
 - د) دمای فضاها را بدون تهویه مطبوع را تخمین بزنید.
 - ه) مقادیر ضریب کلی انتقال حرارت (U) را برای دیوارها، سقف، پنجره‌ها، درها، پارتیشن‌ها و مانند آن‌ها انتخاب یا محاسبه نمایید.
 - و) مساحت دیوارها، سقف، پنجره‌ها، درها، پارتیشن‌ها و مانند آن‌ها را محاسبه نمایید.
 - ز) حرارت هدایتی دریافت شده توسط دیوارها، سقف، پنجره‌ها، درها، پارتیشن‌ها، پنجره‌های سقفی و مانند آن‌ها را محاسبه نمایید.
 - ح) حرارت دریافت شده خورشیدی توسط تمامی دیوارها، سقف، پنجره‌ها، درها، پارتیشن‌ها، پنجره‌های سقفی و مانند آن‌ها را محاسبه نمایید.
 - ط) عموماً از حرارت دریافتی در تصفیه هوا صرف‌نظر می‌شود، مگر آنکه تیرانس دما و رطوبت فضا قابل تامل باشد.
 - ی) حرارت دریافتی مورد نیاز برای تهویه مطبوع را محاسبه نمایید.
 - ک) حرارت دریافتی داخلی از چراغ‌ها، افراد و تجهیزات را محاسبه کنید.
 - ل) مجموع حرارت‌های دریافتی در بندهای ز تا ک را به دست آورید.

م) خنک‌کاری صبحگاهی را برای ساختمان‌های با کاربری تناوبی وارد نمایید.

ن) تجهیزات و موادی را که در دمایی بالاتر از دمای طراحی داخلی به ساختمان آورده خواهند شد، لحاظ نمایید.

س) محاسبات بار سرمایشی باید مطابق با روش‌های مورد قبول صنعتی صورت پذیرد تا نیازهای واقعی بار سرمایشی تعیین شوند.

ع) محاسبات بار سرمایشی اغلب توسط برنامه‌های کامپیوتری صورت می‌پذیرد. این برنامه‌ها محاسبات را به میزان زیادی ساده می‌کنند، اما روند اصلی و داده‌های ورودی مورد نیاز مشابه موارد بالا می‌باشد.

۶

قوانین سرانگشتی بار گرمایشی

۶-۱- تمامی ساختمان‌ها و فضاها

	20-60	$Btuh/ft^2$	(الف)
میانگین	25-40	$Btuh/ft^2$	(ب)

۶-۲- ساختمان‌های با سیستم‌های ۱۰۰٪ هوای خارجی (مانند بیمارستان‌ها و آزمایشگاه‌ها)

	40-120	$Btuh/ft^2$	(الف)
--	--------	-------------	-------

۶-۳- ساختمان‌های با عایقکاری کامل، پنجره‌های کم

$$AC\ Tons \times 12000\ Btuh/Ton \times 1.2 \quad (الف)$$

۶-۴- ساختمان‌های با عایقکاری محدود، پنجره‌های زیاد

$$AC\ Tons \times 12000\ Btuh/Ton \times 1.5 \quad (الف)$$

۶-۵- دیوارهای زیرزمین (اتلاف حرارتی در شرایط طراحی هوای خارج)

-30°F	- 6.0 $Btuh/ft^2$	(الف)
-25°F	- 5.5 $Btuh/ft^2$	(ب)
-20°F	- 5.0 $Btuh/ft^2$	(ج)
-15°F	- 4.5 $Btuh/ft^2$	(د)
-10°F	- 4.0 $Btuh/ft^2$	(ه)
-5°F	- 3.5 $Btuh/ft^2$	(و)
0°F	- 3.0 $Btuh/ft^2$	(ز)
5°F	- 2.5 $Btuh/ft^2$	(ح)
10°F	- 2.0 $Btuh/ft^2$	(ط)
15°F	- 1.9 $Btuh/ft^2$	(ی)
20°F	- 1.8 $Btuh/ft^2$	(ک)
25°F	- 1.7 $Btuh/ft^2$	(ل)
30°F	- 1.5 $Btuh/ft^2$	(م)

۶-۶- کف‌های زیرزمین (اتلاف حرارتی در شرایط طراحی هوای خارج)

–30°F	– 3.0 Btuh/ft ²	(الف)
–25°F	– 2.8 Btuh/ft ²	(ب)
–20°F	– 2.5 Btuh/ft ²	(ج)
–15°F	– 2.3 Btuh/ft ²	(د)
–10°F	– 2.0 Btuh/ft ²	(ه)
–5°F	– 1.8 Btuh/ft ²	(و)
0°F	– 1.5 Btuh/ft ²	(ز)
5°F	– 1.3 Btuh/ft ²	(ح)
10°F	– 1.0 Btuh/ft ²	(ط)
15°F	– 0.9 Btuh/ft ²	(ی)
20°F	– 0.8 Btuh/ft ²	(ک)
25°F	– 0.7 Btuh/ft ²	(ل)
30°F	– 0.5 Btuh/ft ²	(م)

۶-۷- راهنمای انتخاب سیستم گرمایشی

(الف) چنانچه اتلاف حرارتی به‌ازای هر فوت دیوار از 450 Btu/hr بیشتر باشد، حرارت باید از زیر پنجره یا از پایه دیوار تامین گردد تا از درافت رو به پایین جلوگیری شود.

(ب) چنانچه اتلاف حرارتی به‌ازای هر فوت دیوار بین 250 Btu/hr و 450 Btu/hr باشد، گرما باید از زیر پنجره یا از پایه دیوار تامین شود، یا می‌توان آن را از پخش‌کن‌های بالاسری که در مجاورت دیواره‌های پیرامونی قرار گرفته‌اند و هوا را بطور مستقیم به سمت پایین هدایت می‌کنند، فراهم کرد.

(ج) چنانچه اتلاف حرارتی به‌ازای هر فوت دیوار از 250 Btu/hr کمتر باشد، گرما باید از زیر پنجره یا از پایه دیوار تامین شود، یا می‌توان آن را از پخش‌کن‌های بالاسری که در مجاورت یا کمی دور از دیواره‌های پیرامونی قرار گرفته‌اند و هوا را به سمت یا برخلاف دیواره و پنجره‌ها تخلیه می‌کنند، فراهم کرد.

۶-۸- روند محاسبه بار گرمایشی

(الف) تعیین خصوصیات ساختمان:

۱. مصالح ساختمانی،
۲. ویژگی‌های مصالح ساختمانی،
۳. اندازه،
۴. رنگ،
۵. شکل،
۶. مکان،

۷. جهت گیری بنا: شمالی، جنوبی، شرقی، غربی، جنوب شرقی، جنوب غربی، شمال شرقی، شمال غربی، ...
۸. در معرض سایه خارجی بودن.
۹. نوع و ساعت حضور افراد؛

ب) انتخاب شرایط آب و هوای خارجی در طراحی:

۱. دما.
۲. جهت و سرعت باد.
۳. ملاحظات انتخاب شرایط آب و هوای خارجی در طراحی:
 - الف) نوع سازه (سبک، سنگین یا دارای وزن متوسط).
 - ب) آیا ساختمان عایق می‌شود؟ چنانچه ساختمان گرم یا سرد می‌شود، باید مطابق با استاندارد عایقکاری گردد.
 - ج) آیا ساختمان در معرض بادهای فراوان می‌باشد؟
 - د) بارهای تصفیه هوا و تهویه مطبوع.
 - ه) مقدار شیشه بکار رفته در ساختمان.
 - و) زمان حضور افراد در ساختمان.
 - ز) نوع حضور افراد در ساختمان.
 - ح) طول دمای کاهش یافته داخلی.
 - ط) محدوده دمای روزانه، حداقل و حداکثر آن چقدر است؟
 - ی) آیا انحراف‌های قابل توجهی از اطلاعات استانداردها و دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی دیده می‌شود؟
 - ک) چه نوع تجهیزات گرمایشی مورد استفاده قرار خواهد گرفت؟
 - ل) هزینه مورد انتظار سوخت؛
۴. برای آگاهی از محدودیت‌های موجود در انتخاب شرایط آب و هوای خارجی به استانداردها و دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی مراجعه نمایید.
- ج) دمای طراحی داخلی را برای آنکه داخل هر کدام از فضاها برقرار بماند، انتخاب نمایید. برای آگاهی از محدودیت‌های موجود در انتخاب شرایط آب و هوای داخلی به استانداردها و دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی مراجعه نمایید.
- د) دمای فضاهای بدون گرمایش را تخمین بزنید.
- ه) مقادیر ضریب کلی انتقال حرارت (U) را برای دیواره‌ها، سقف، پنجره‌ها، درها، پارتیشن‌ها و مانند آن‌ها انتخاب یا محاسبه نمایید.
- و) مساحت دیواره‌ها، سقف، پنجره‌ها، درها، پارتیشن‌ها و مانند آن‌ها را محاسبه نمایید.
- ز) اتلاف‌های حرارتی از تمامی دیواره‌ها، سقف، پنجره‌ها، درها، پارتیشن‌ها، پنجره‌های سقفی و مانند آن‌ها را محاسبه نمایید.
- ح) اتلاف حرارتی از پی و/یا سطوح شیبدار سقف‌ها را محاسبه نمایید.
- ط) اتلاف حرارتی ناشی از نفوذ هوا را بدست آورید.
- ی) اتلاف حرارتی ناشی از تهویه مطبوع را بدست آورید.
- ک) مجموع حرارت‌های دریافتی در بندهای ز تا ی را به دست آورید.

ل) می‌توان به منبع حرارتی داخلی پایدار و قابل اندازه‌گیری موجود در ساختمان مقداری اختصاص داد، اما این مقدار باید تنها برابر با بخشی از اتلاف‌ها باشد. توجه داشته باشید که برای اغلب ساختمان‌ها نباید چنین امتیازی قائل شد.

م) گرم‌شدن صبحگاهی را برای ساختمان‌های با کاربری تناوبی وارد نمایید. برای آگاهی از محدودیت‌های موجود در قائل شدن ظرفیت اضافی سیستم بخاطر گرم‌شدن صبحگاهی به استانداردها و دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی مراجعه نمایید.

ن) تجهیزات و موادی را که در دمایی پایین‌تر از دمای طراحی داخلی به ساختمان آورده خواهند شد، لحاظ نمایید.

س) محاسبات بار گرمایشی باید مطابق با روش‌های مورد قبول صنعتی صورت پذیرد تا نیازهای واقعی بار گرمایشی تعیین شوند.

ع) محاسبات بار گرمایشی ساختمان اغلب با استفاده از برنامه‌های کامپیوتری انجام می‌شود. این برنامه‌ها محاسبات را به میزان زیادی ساده می‌کنند، اما روند اصلی و داده‌های ورودی موردنیاز مشابه موارد بالا می‌باشد.



قوانین سرانگشتی نفوذ هوا

۷-۱- کلیات

- الف) اتلاف یا دریافتی‌ای از نفوذ هوا برای اتاق‌های فضاهای داخلی یا زیرزمین در نظر گرفته نمی‌شود.
- ب) ساختمان‌هایی که رطوبت‌زنی در آن‌ها انجام نمی‌شود، بار گرمایشی نهان ناشی از نفوذ هوا نخواهند داشت.
- ج) بارهای نفوذ محسوس زمستانی عموماً نیم تا سه برابر اتلاف‌های حرارتی هدایتی می‌باشند. (بطور متوسط ۱ تا ۲ برابر)

۷-۲- نفوذ گرمایشی (سرعت باد 15 mph)

الف) روش نرخ تغییر هوا		
0-10	AC/hr	۱. محدوده
		۲. ساختمان‌های تجاری
0.1	AC/hr	الف) یک دیواره خارجی
1.5	AC/hr	ب) دو دیواره خارجی
2.0	AC/hr	ج) سه یا چهار دیواره خارجی
3.0	AC/hr	۳. راهروها
ب) روش CFM/ft^2 دیواره		
0-1.0	CFM/ft^2	۱. محدوده
0.1	CFM/ft^2	۲. ساختمان‌های مقاوم در مقابل نفوذ
0.3	CFM/ft^2	۳. ساختمان‌های با مقاومت متوسط
0.6	CFM/ft^2	۴. ساختمان‌هایی با مقاومت ضعیف
ج) روش شکاف		
0.12-2.8	فوت شکاف/ CFM	۱. محدوده
1.0	فوت شکاف/ CFM	۲. میانگین

۷-۳- نفوذ سرمایشی (سرعت باد 7.5 mph)

- الف) عموماً از نفوذ بار سرمایشی صرف‌نظر می‌شود، مگر آنکه در کنترل دما و رطوبت تیرانس‌های کوچک مورد نیاز باشد.
- ب) مقادیر نفوذ سرمایشی عموماً برابر با نصف مقادیر فهرست شده در بالا برای نفوذ گرمایشی در نظر گرفته می‌شوند.



قوانین سرانگشتی تهویه هوا

۸-۱- هوای خارجی

الف) استاندارد BOCA

حدافل	5	CFM/Person	۱.
-------	---	------------	----

ب) استاندارد SBCCI

حدافل	5	CFM/Person	۱.
-------	---	------------	----

ج) استاندارد UBS

حدافل	5	CFM/Person	۱.
-------	---	------------	----

د) استاندارد ASHRAE (حدافل هوای خارجی)

	15-60	CFM/Person	محدوده	۱.
بر اساس نحوه حضور افراد در فضا	15-35	CFM/Person	متداول‌ترین محدوده	۲.
	15-20	CFM/Person	محدوده میانگین	۳.
	60	CFM/Person	سالن سیگار	۴.
حداکثر	1000	ppm CO ₂	توصیه استاندارد	۵.
	800-1000	ppm CO ₂	آغاز شرایط عدم آسایش انسان	۶.
	>12000	ppm CO ₂	آثار طولانی مدت بر سلامتی	۷.

ه) موقعیت قرارگیری دهانه‌های ورودی و خروجی هوای خارجی

۱. استاندارد BOCA

الف) دهانه ورودی یا خروجی: با فاصله ۱۰ فوت از ساختمان‌های مجاور یا خط وسط خیابان یا مسیر عمومی،
 ب) دهانه ورودی: با فاصله ۱۰ فوت از هرگونه ماده آلاینده خطرناک یا سمی (دهانه‌های خروجی لوله‌کشی وسایل، دودکش‌ها، تخلیه‌های هوا، کوچه‌ها، خیابان‌ها، پارکینگ‌ها، راهروهای پر استفاده). چنانچه فاصله کمتر از ۱۰ فوت باشد، دهانه ورودی باید حداقل ۲ فوت پایین‌تر از منبع آلودگی قرار گیرد.
 ج) دهانه خروجی: نباید باعث رنجش دیگران شود و مزاحمتی ایجاد نماید یا اینکه بصورت مستقیم به مسیرهای عبور راه داشته باشد.

۲. استاندارد SBCCI

الف) دهانه ورودی: با فاصله ۱۰ فوت از هرگونه ماده آلاینده خطرناک یا سمی (دهانه‌های خروجی لوله‌کشی وسایل، دودکش‌ها، تخلیه‌های هوا، کوچه‌ها، خیابان‌ها، پارکینگ‌ها، راهروهای پر استفاده). چنانچه فاصله کمتر از ۱۰ فوت باشد، دهانه ورودی باید حداقل ۲ فوت پایین‌تر از منبع آلودگی قرار گیرد.

۳. استاندارد UBC

الف) دهانه ورودی: با فاصله ۱۰ فوت از هرگونه ماده آلاینده خطرناک یا سمی (دهانه‌های خروجی لوله‌کشی وسایل، دودکش‌ها، تخلیه‌های هوا، کوچه‌ها، خیابان‌ها، پارکینگ‌ها، راهروهای پر استفاده). چنانچه فاصله کمتر از ۱۰ فوت باشد، دهانه ورودی باید حداقل ۳ فوت پایین‌تر از منبع آلودگی قرار گیرد.

(و الزامات هوای خارجی استاندارد *ASHRAE* در جدول زیر آورده شده‌اند:

نوع فضا	هوای خارجی ($CFM/Person$)
دفاتر تجاری و اداری	20
بانک‌ها، دادگاه‌ها، بناهای شهری، تالارهای عمومی	20
ایستگاه‌های پلیس، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، دفاتر پست	20
کارخانجات ساخت دقیق	20
اتاق‌های کامپیوتر	20
رستوران‌ها	20
آشپزخانه‌ها	15
اتاق‌های انتظار بیمارستان	25
نواحی عمومی بیمارستان‌ها	15
مراکز درمانی و کلینیک‌ها	20
ساختمان‌های مسکونی ($CFM/Room$)	30
آپارتمان‌ها ($CFM/Room$)	30
فضاهای عمومی هتل‌ها و متل‌ها	20
کلاس‌های مدارس	15
غذاخوری‌ها و کافه‌تریاها	20
کتابخانه‌ها، موزه‌ها	20
فروشگاه‌های بزرگ و خرده‌فروشی‌ها (CFM/ft^2)	0.2-0.3
سالن‌های زیبایی و آرایشگاه‌ها	25
داروخانه، فروشگاه‌های کفش، جواهرات و سایر فروشگاه‌ها	15
سوپرمارکت‌ها	15
مال‌ها و مراکز فروش	15
زندان‌ها	20
تالارها و سینماها	15
کلیساها	15

۸-۲- کیفیت هوای داخلی - استاندارد *ASHRAE*

الف) دلایل کیفیت پایین هوای داخلی:

۱. تصفیه ناکافی - ۵۰٪ تمامی مشکلات کیفیت هوای داخلی در نتیجه فقدان تصفیه می‌باشد.
۲. موقعیت نامناسب دهانه‌های ورودی و خروجی
۳. فیلتراسیون ناکافی یا فیلترهای کثیف
۴. جریان هوای متناوب
۵. توزیع ضعیف هوا
۶. اپراتوری ناکافی
۷. نگهداری ناکافی

ب) روش‌های کنترل کیفیت هوای داخلی:

۱. کنترل دما و رطوبت
۲. تصفیه، رقیق‌سازی
۳. حذف منبع آلودگی
۴. فیلتراسیون

ج) فاکتورهای کیفیت هوای داخلی:

۱. محیط حرارتی
۲. دود
۳. عطرها
۴. محرک‌ها - گرد و غبار
۵. مسائل تنش‌زا (محسوس، غیر محسوس)
۶. گازهای سمی - مونوکسید کربن، دی‌اکسید کربن
۷. حساسیت‌زاها - گرده‌ها
۸. آلاینده‌های بیولوژیک - باکتری، قارچ، میکروارگانیسم‌ها

۸-۳- آثار مونوکسید کربن

الف) آثار غلظت‌های مختلف مونوکسید کربن نسبت به زمان در جدول زیر آورده شده است:

مقدار ساعت در معرض بودن	غلظت مونوکسید کربن بر حسب ppm		
	بدون عوارض جدی	بیماری‌زا	مرگ‌آور
0.5	600	1000	2000
1.0	200	600	1600
2	100	300	1000
3	75	200	700
4	50	150	400
5	35	125	300
6	25	120	200
7	25	100	200
8	25	100	150

ب) غلظت مونوکسید کربن در مقابل زمان و علائم مشاهده شده در جدول زیر فهرست شده اند:

علائم	زمان تنفس	غلظت CO در هوا
حداکثر غلظت مجاز برای استنشاق کوتاه مدت در نواحی سکونت	تنفس کوتاه مدت	9 ppm
حداکثر غلظت مجاز برای استنشاق مداوم در هر ۸ ساعت	۸ ساعت	35 ppm
سر درد ناچیز، خستگی، گیجی، حالت تهوع	۲ تا ۳ ساعت	200 ppm
سر درد در ناحیه پیشانی	۱ تا ۲ ساعت	400 ppm
تهدید حیات	بعد از ۳ ساعت	
گیجی، حالت تهوع و تشنج	۴۵ دقیقه	800 ppm
بی هوشی	۲ ساعت	
مرگ	۲ تا ۳ ساعت	
سر درد، گیجی، حالت تهوع	۲۰ دقیقه	1600 ppm
مرگ	۱ ساعت	
سر درد، گیجی، حالت تهوع	۵ تا ۱۰ دقیقه	3200 ppm
مرگ	۳۰ دقیقه	
سر درد، گیجی، حالت تهوع	۱ تا ۲ دقیقه	6400 ppm
مرگ	۱۰ تا ۱۵ دقیقه	
مرگ	۱ تا ۳ دقیقه	12800 ppm

ج) مونوکسید کربن سبک تر از هوا می باشد (با وزن مخصوص ۰,۹۶۸).

۸-۴- توالیها

الف) الزامات توصیه شده برای طراحی:

۱.	CFM/ft^2	2.0
۲.	AC/hr	10
۳.	CFM	100

به ازای هر روشویی و آبریزگاه

ب) استاندارد *ASHRAE*

۱.	CFM	50
----	-------	----

به ازای هر روشویی و آبریزگاه

ج) استاندارد *BOCA*

۱.	CFM	75
----	-------	----

به ازای هر روشویی و آبریزگاه

د) استاندارد SBCCI

۱. 2.0 CFM/ft^2

ه) استاندارد UBC

۱. 5.0 AC/hr

و) تصفیه هوای توالت‌ها

۱. برای توالت‌هایی با تراکم استفاده بالا (ورزشگاه‌ها، تالارها): CFM ۷۵ به‌ازای هر روشویی و آبریزگاه
۲. برای توالت‌هایی با ارتفاع سقف بیشتر از ۱۲ فوت: AC/hr ۱۰٫۰
۳. برای توالت‌هایی با ارتفاع سقف ۱۲ فوت و کمتر: CFM/ft^2 ۲٫۰
۴. اگر توالت‌ها برای CFM ۱۰۰ به‌ازای هر روشویی و آبریزگاه طراحی شده باشند: AC/hr ۱۰٫۰

۸-۵- اتاق‌های الکتریکی

الف) 2.0 CFM/ft^2

ب) 10 AC/hr

ج) 5 CFM/KVA : به‌ازای هر KVA ترانسفورمر

د) رهنمون‌های طراحی اتاق الکتریکی:

۱. بطور کلی، اتاق‌های تجهیزات الکتریکی تنها برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد تجهیزات به تصفیه هوا نیاز دارند. اغلب اتاق‌های الکتریکی برای دمای $95^{\circ}F$ تا $104^{\circ}F$ طراحی می‌شوند؛ اما برای تیرانس‌های دمایی تجهیزات با مهندس برق پروژه مشورت نمایید. چنانچه دمای فضا باید کمتر از $90^{\circ}F$ باشد، تهویه هوای فضا ضروری خواهد بود.
۲. چنانچه برای تصفیه هوای اتاق الکتریکی از هوای بیرون استفاده شود، دمای طراحی اتاق الکتریکی ۱۰ تا ۱۵ درجه فارنهایت بیشتر از دمای طراحی خارجی تابستانه خواهد بود.
۳. اگر هوای تهویه شده برای تصفیه هوای اتاق الکتریکی از یک فضای جانبی تامین شود، دمای اتاق الکتریکی می‌تواند ۱۰ تا ۲۰ درجه فارنهایت بالاتر از دمای فضای جانبی باشد.

۸-۶- اتاق‌های مکانیکی:

الف) 2.0 CFM/ft^2

ب) **Cleaver Brooks** 10 CFM/BHP

۱. هوای احتراق 8 CFM/BHP

۲. هوای تصفیه 2 CFM/BHP

۳. $1 BHP = 34500 Btuh$

ج) رهنمون‌های طراحی اتاق مکانیکی:

۱. بطور کلی، اتاق‌های تجهیزات مکانیکی تنها به تصفیه هوا نیاز دارند. اغلب اتاق‌های الکتریکی برای دمای 95°F تا 104°F طراحی می‌شوند؛ اما برای ترانس‌های دمایی تجهیزات با مهندس مکانیک پروژه مشورت نمایید. چنانچه دمای فضا باید کمتر از 90°F باشد، تهویه هوای فضا ضروری خواهد بود.
۲. چنانچه برای تصفیه هوای اتاق الکتریکی از هوای بیرون استفاده شود، دمای طراحی اتاق الکتریکی ۱۰ تا ۱۵ درجه فارنهایت بیشتر از دمای طراحی خارجی تابستانه خواهد بود.
۳. اگر هوای تهویه شده برای تصفیه هوای اتاق الکتریکی از یک فضای جانبی تامین شود، دمای اتاق الکتریکی می‌تواند ۱۰ تا ۲۰ درجه فارنهایت بالاتر از دمای فضای جانبی باشد.

۸-۷- هوای احتراق

الف) استاندارد BOCA

۱. هوای داخلی
(الف)
40 $RV/1000\text{Btuh}$
 RV : ۴۰ فوت مکعب از حجم اتاق
- ب)
حد اقل: 100 in^2 1 $\text{in}^2/1000\text{Btuh}$
۲. هوای خارجی
(الف) بدون کانال افقی
1 $\text{in}^2/4000\text{Btuh}$
- ب) با کانال افقی
1 $\text{in}^2/2000\text{Btuh}$
- ج) برای دهانه‌های سقف،
کف یا کانال‌های عمودی
1 $\text{in}^2/4000\text{Btuh}$
۳. یک دهانه در بالا و یک دهانه در پایین برای هر دو بند ۱ و ۲ فوق، مساحت فهرست شده به‌ازای هر دهانه می‌باشد.
۴. تصفیه مکانیکی
1 $CFM/3000\text{Btuh}$

ب) استاندارد SBCCI

۱. سوخت‌های جامد
حد اقل: 200 in^2 2 $\text{in}^2/1000\text{Btuh}$
۲. سوخت‌های مایع و گاز
(الف) فضاهای محدود
۱. هوای داخلی
حد اقل: 100 in^2 1 $\text{in}^2/1000\text{Btuh}$
۲. هوای خارجی
(الف) بدون کانال
افقی
1 $\text{in}^2/4000\text{Btuh}$

1	$in^2/2000Btuh$	ب) با کانال افقی
		ب) فضاهای غیر محدود
1	$in^2/5000Btuh$	۱. هوای خارجی

۳. یک دهانه در فاصله ۱۲ اینچی بالای کف تمام شده و یک دهانه در فاصله اینچی پایین‌تر از بالاترین نقطه فضا برای تمامی سوخت‌ها و فضاها اعمال می‌شود. مساحت فهرست شده به‌ازای هر دهانه می‌باشد.

ج) استاندارد UBC

		۱. فضاهای محدود
		الف) هوای داخلی
1	$in^2/1000Btuh$	ب) هوای خارجی
		به‌ازای هر دهانه
1	$in^2/4000Btuh$	۱. بدون کانال افقی
1	$in^2/2000Btuh$	۲. با کانال افقی
		۲. فضاهای غیر محدود
1	$in^2/5000Btuh$	الف) هوای خارجی

۳. یک دهانه در فاصله ۱۲ اینچی بالای کف تمام شده و یک دهانه در فاصله اینچی پایین‌تر از بالاترین نقطه فضا برای تمامی و فضاها اعمال می‌شود. نیمی از مساحت فهرست شده به‌ازای هر دهانه می‌باشد.

د) استاندارد NFPA 54

		۱. فضاهای محدود
		الف) هوای داخلی
1	$in^2/1000Btuh$	ب) هوای خارجی
		حداقل: $100 in^2$
1	$in^2/4000Btuh$	۱. ارتباط مستقیم با خارج
1	$in^2/4000Btuh$	۲. با کانال عمودی
1	$in^2/2000Btuh$	۳. با کانال افقی
		۲. فضاهای غیر محدود
		الف) ساختمان‌های بدون نفوذ هوا
		همانند فضاهای محدود

ب) ساختمان‌های با نفوذ هوا ممکن است تصفیه هوا کافی باشد.

۳. یک دهانه در فاصله ۱۲ اینچی بالای کف تمام شده و یک دهانه در فاصله اینچی پایین‌تر از بالاترین نقطه فضا برای تمامی سوخت‌ها و فضاها اعمال می‌شود. مساحت فهرست شده به‌ازای هر دهانه می‌باشد.

۸-۸- مکان های پرخطر

الف) دسته بندی مکان های پرخطر:

۱. کلاس I: مکان های کلاس I فضاها یا نواحی حاوی گازها یا بخارهای قابل اشتعال را شامل می شوند.
الف) مکان های کلاس I بر اساس نوع گازها یا بخارهای قابل اشتعال به چهار زیر دسته تقسیم می شوند:

- ۱) گروه الف: استیلن
- ۲) گروه ب: هیدروژن، اکسید اتیلن، اکسید پروپیلن
- ۳) گروه ج: اتیلن اتر، اتیلن
- ۴) گروه د: استون، آمونیا، بوتان، گازوئیل، پروپان

ب) مکان های کلاس I همچنین به دو بخش زیر تقسیم می شوند:

۱) کلاس I بخش ۱:

الف) مکان هایی که غلظت های قابل احتراق از گازها یا بخارهای قابل اشتعال ممکن است تحت شرایط بهره برداری عادی در آنها وجود داشته باشد؛ یا

ب) مکان هایی که غلظت های قابل احتراق از گازها یا بخارهای قابل اشتعال ممکن است بصورت تناوبی و در اثر عملیات تعمیر و نگهداری و یا بروز نشستی در آنها وجود داشته باشد؛ یا

ج) مکان هایی که خرابی یا بهره برداری اشتباه از تجهیزات یا فرایندها ممکن است باعث نشت غلظت های قابل احتراق از گازها یا بخارهای قابل اشتعال شود.

۲) کلاس I بخش ۲:

الف) مکان هایی که مایعات فرار قابل اشتعال یا گازهای قابل اشتعال در آنها مورد استفاده قرار می گیرند یا فرایندی بر روی آنها انجام می شود، منتها این مایعات، بخارها یا گازها بطور معمول داخل ظروف، محفظه ها و یا سیستم های بسته قرار داشته و تنها در صورت بروز حادثه یا خرابی این ظروف و محفظه ها امکان خروج پیدا می کنند؛ یا

ب) مکان هایی که در آنها بطور معمول از تجمع غلظت های قابل احتراق از گازها یا بخارها توسط تصفیه مکانیکی جلوگیری می شود و در صورت خرابی یا عملکرد ناصحیح تجهیزات تصفیه به مکان هایی پرخطر بدل می گردند؛ یا

ج) مکان هایی که در مجاورت مکان های کلاس I دسته ۱ قرار داشته و غلظت های قابل احتراق از گازها یا بخارها ممکن است گاه و بیگاه به آنها راه پیدا کنند، مگر آنکه از چنین ارتباطی بوسیله سیستم تهویه با فشار مثبت از یک منبع هوای تمیز جلوگیری شود و تمهیدات ایمنی موثری نیز برای پیشگیری از خرابی سیستم تصفیه اندیشیده شده باشد.

۲. کلاس II: مکان های کلاس II فضاها یا نواحی حاوی غبارهای قابل اشتعال را شامل می شود.

۳. کلاس III: مکان های کلاس III فضاها یا نواحی حاوی فیبرها یا ذرات شناوری که به آسانی شعله ور می شوند را در بر می گیرند.

ب) الزامات تصفیه هوا:

۱. تصفیه هوا، طبیعی یا مکانیکی، باید برای محدود ساختن غلظت گازها یا بخارهای قابل اشتعال تا حداکثر ۲۵٪ از حد پایین اشتعال‌پذیری/حد پایین انفجاری آن‌ها کافی باشد.

۲. حداقل تصفیه موردنیاز: CFM ۱۰۰ به‌ازای هر فوت مکعب مساحت کف یا ۶ بار تعویض هوا در هر ساعت، هر کدام بزرگتر بود.

۳. فضا باید بگونه‌ای تصفیه شود که تجمع گروه‌های سبک‌تر یا سنگین‌تر از هوای گازها یا بخارها اتفاق نیافتد.

۴. پیمایش فضا برای اطمینان از عدم تجاوز غلظت از ۲۵٪ حد پایین اشتعال‌پذیری/حد پایین انفجاری گازها یا بخارهای قابل اشتعال توصیه می‌شود.

۹

قوانین سرانگشتی رطوبت‌زنی

۹-۱- نوع پنجره و مقادیر رطوبت محیط

الف) پنجره‌های تک‌جداره

$$RH \pm 10\% \text{ حداکثر}$$

ب) پنجره‌های دوجداره

$$RH \pm 30\% \text{ حداکثر}$$

ج) پنجره‌های سه‌جداره

$$RH \pm 40\% \text{ حداکثر}$$

د) اعداد فوق براساس شرایط زیر اعلام شده‌اند:

۱. دمای طراحی خارجی

۲. دمای طراحی داخلی

$$R_{\text{لایه داخلی هوا}} = 0.680 \quad U_{\text{لایه داخلی هوا}} = 1.471$$

$$R_{\text{تک‌جداره}} = 0.909 \quad U_{\text{تک‌جداره}} = 1.100$$

$$R_{\text{دوجداره}} = 1.667 \quad U_{\text{دوجداره}} = 0.600$$

$$R_{\text{سه‌جداره}} = 2.000 \quad U_{\text{سه‌جداره}} = 0.500$$

۷. هوای استاندارد سطح دریا

۸. مقادیر رطوبت نسبی فهرست شده در بالا برای آسان بودن به خاطر سپاری آن‌ها گرد شده‌اند.

۹. پنجره‌های ساخته شده براساس فناوری‌های مدرن می‌توانند مقادیر بالاتری را برای R و در نتیجه پایین‌تری را برای U ارائه دهند.

۱۰. برای کسب اطلاعات بیشتر درخصوص چگالش رطوبت بر روی شیشه به جداول انتهایی این بخش مراجعه کنید.

۹-۲- موانع بخار مناسب

موانع بخار و مکانیزم‌های کنترل رطوبت مناسبی باید بکار گرفته شوند تا از چگالش بخار بر روی دیواره‌ها و همچنین رشد قارچ‌ها، کپک‌ها، باکتری‌ها و دیگر میکروارگانیسم‌ها جلوگیری شود.

۹-۳- شرایط آسایش

$$RH \text{ } 30\% - 60\%$$

۹-۴- تجهیزات الکتریکی، کامپیوترها

$$RH \text{ } 35\% - 55\%$$

۹-۵- رطوبت نسبی طراحی در زمستان

الف) دمای هوای خارج کمتر از ۳۲°F

۱. $RH = 70-80\%$

۲. دمای حباب تر طراحی به اندازه ۲°F تا ۴°F کمتر از دمای حباب خشک طراحی

ب) دمای هوای خارج بین ۳۲°F و ۶۰°F

۱. $RH = 70-80\%$

۹-۶- محدوده بهینه رطوبت نسبی برای سلامت

محدوده بهینه رطوبت نسبی برای کنترل جنبه سلامتی موردنظر	جنبه سلامتی
20-70%	باکتری
40-78%	ویروس
0-70%	قارچ
0-60%	کرم
40-50%	عفونت تنفسی
40-60%	مشکلات آلرژی و تنگی نفس
0-40%	فعل و انفعال شیمیایی
75-100%	تولید ازن
40-60%	جنبه‌های سلامتی ترکیب شده

۹-۷- چگالش رطوبت بر روی شیشه

الف) جداول چگالش رطوبت آورده شده در ادامه براساس شرایط زیر می‌باشند:

۱. $R_{\text{لایه داخلی هوا}} = 0.680$ $U_{\text{لایه داخلی هوا}} = 1.471$

۲. $R_{\text{تک‌جداره}} = 0.909$ $U_{\text{تک‌جداره}} = 1.100$

۳. $R_{\text{دوجداره}} = 1.818$ $U_{\text{دوجداره}} = 0.550$

۴. $R_{\text{سه‌جداره}} = 2.500$ $U_{\text{سه‌جداره}} = 0.400$

۵. هوای استاندارد در سطح دریا

ب) دماهای سطح شیشه، که دمای نقطه شبنم محیط نیز می‌باشند، در جداول زیر فهرست شده‌اند. این داده‌ها با استفاده از معادلات بخش سوم بدست آمده‌اند.

دمای اتاق	دمای خارج	پنجره تک جداره		پنجره دو جداره		پنجره سه جداره		
		$T_{\text{شیشه}}/T_{\text{شبنم نقطه}}$	% RH	$T_{\text{شیشه}}/T_{\text{شبنم نقطه}}$	% RH	$T_{\text{شیشه}}/T_{\text{شبنم نقطه}}$	% RH	
65	-30	-6.1	4.5	29.5	25.9	39.2	38.5	
	-25	-2.3	5.6	31.3	27.9	40.5	40.5	
	-20	1.4	6.9	33.2	30.2	41.9	42.8	
	-15	5.2	8.4	35.1	32.6	43.2	45.0	
	-5	12.6	12.1	38.8	37.9	46.0	50.1	
	0	16.4	14.5	40.7	40.8	47.3	52.7	
	5	20.1	17.2	42.6	44.0	48.7	55.5	
	10	23.9	20.3	44.4	47.1	50.0	58.3	
	20	31.3	27.9	48.2	54.5	52.8	64.7	
	25	35.1	32.6	50.0	58.3	54.1	67.9	
	30	38.8	37.9	51.9	62.6	55.5	71.4	
	35	42.6	44.0	53.8	67.1	56.8	74.9	
	66	-30	-5.8	4.4	30.1	25.6	39.9	38.2
		-25	-2.1	5.5	32.0	27.7	41.2	40.2
-20		1.7	6.7	33.8	29.9	42.6	42.5	
-15		5.4	8.2	35.7	32.3	44.0	44.8	
-5		12.9	11.8	39.4	37.4	46.7	49.7	
0		16.6	14.1	41.3	40.4	48.0	52.2	
5		20.4	16.8	43.2	43.5	49.4	55.1	
10		24.1	19.8	45.1	46.8	50.8	58.0	
20		31.6	27.3	48.8	53.8	53.5	64.1	
25		35.3	31.8	50.7	57.8	54.8	67.2	
30		39.1	37.0	52.5	61.8	56.2	70.8	
35		42.8	42.8	54.4	66.3	57.6	74.4	
67		-30	-5.6	4.3	30.7	25.4	40.6	37.9
		-25	-1.8	5.4	32.6	27.5	42.0	40.1
	-20	1.9	6.6	34.5	29.7	43.3	42.2	
	-15	5.7	8.0	36.3	32.0	44.7	44.5	
	-5	13.1	11.6	40.1	37.2	47.4	49.3	
	0	16.9	13.8	41.9	39.9	48.8	52.0	
	5	20.6	16.4	43.8	43.0	50.1	54.6	
	10	24.4	19.4	45.7	46.2	51.5	57.5	
	20	31.8	26.6	49.4	53.2	54.2	63.5	
	25	35.6	31.1	51.3	57.1	55.6	66.9	
	30	39.3	36.0	53.2	61.3	56.9	70.1	
	35	43.1	41.8	55.0	65.4	58.3	73.7	


دمای اتاق	دمای خارج	پنجره تک جداره		پنجره دو جداره		پنجره سه جداره		
		شبنم نقطه / $T_{شیشه}$	% RH	شبنم نقطه / $T_{شیشه}$	% RH	شبنم نقطه / $T_{شیشه}$	% RH	
68	-30	-5.3	4.3	31.3	25.1	41.3	37.7	
	-25	-1.6	5.3	33.2	27.2	42.7	39.8	
	-20	2.2	6.5	35.1	29.4	44.1	42.0	
	-15	5.9	7.8	37.0	31.8	45.4	44.2	
	-5	13.4	11.3	40.7	36.8	48.1	48.9	
	0	17.1	13.5	42.6	39.6	49.5	51.6	
	5	20.9	16.0	44.4	42.5	50.9	54.4	
	10	24.6	18.9	46.3	45.7	52.2	57.0	
	20	32.1	26.0	50.0	52.6	54.9	63.0	
	25	35.8	30.3	51.9	56.4	56.3	66.3	
	30	39.6	35.2	53.8	60.5	57.7	69.7	
	35	43.3	40.7	55.7	64.8	59.0	73.0	
	69	-30	-5.1	4.2	32.0	25.0	42.1	37.6
		-25	-1.3	5.2	33.8	26.9	43.4	39.5
-20		2.4	6.3	35.7	29.1	44.8	41.7	
-15		6.2	7.7	37.6	31.4	46.2	44.0	
-5		13.6	11.1	41.3	36.4	48.9	48.7	
0		17.4	13.2	43.2	39.2	50.2	51.2	
5		21.1	15.6	45.1	42.2	51.6	53.9	
10		24.9	18.5	46.9	45.2	53.0	56.8	
20		32.3	25.3	50.7	52.1	55.7	62.7	
25		36.1	29.6	52.5	55.7	57.0	65.7	
30		39.8	34.3	54.4	59.8	58.4	69.1	
35		43.6	39.8	56.3	64.0	59.8	72.6	
70		-30	-4.8	4.1	32.6	24.8	42.8	37.3
		-25	-1.1	5.0	34.5	26.8	44.2	39.4
	-20	2.7	6.2	36.3	28.8	45.5	41.4	
	-15	6.4	7.5	38.2	31.1	46.9	43.7	
	-5	13.9	10.8	41.9	36.0	49.6	48.3	
	0	17.6	12.9	43.8	38.8	51.0	51.0	
	5	21.4	15.3	45.7	41.7	52.3	53.5	
	10	25.1	18.0	47.6	44.8	53.7	56.3	
	20	32.6	24.8	51.3	51.5	56.4	62.1	
	25	36.3	28.8	53.2	55.3	57.8	65.3	
	30	40.1	33.6	55.0	59.0	59.1	68.4	
	35	43.8	38.8	56.9	63.2	60.5	71.9	

دمای اتاق	دمای خارج	پنجره تک جداره		پنجره دو جداره		پنجره سه جداره		
		$T_{\text{شیشه}}/T_{\text{نقطه}}$	% RH	$T_{\text{شیشه}}/T_{\text{نقطه}}$	% RH	$T_{\text{شیشه}}/T_{\text{نقطه}}$	% RH	
71	-30	-4.6	4.0	33.2	23.6	43.5	37.0	
	-25	-0.8	5.0	35.1	26.5	44.9	39.1	
	-20	2.9	6.0	37.0	28.7	46.2	41.1	
	-15	6.7	7.4	38.8	30.8	47.6	43.3	
	-5	14.1	10.6	42.6	35.8	50.3	48.0	
	0	17.9	12.6	44.4	38.4	51.7	50.5	
	5	21.6	14.9	46.3	41.3	53.0	53.0	
	10	25.4	17.6	48.2	44.3	54.4	55.8	
	20	32.8	24.1	51.9	50.9	57.1	61.6	
	25	36.6	28.2	53.8	54.6	58.5	64.7	
	30	40.3	32.7	55.7	58.5	59.8	67.8	
	35	44.1	37.9	57.5	62.5	61.2	71.3	
	72	-30	-4.3	4.0	33.8	24.3	44.3	36.9
		-25	-0.6	4.8	35.7	26.3	45.6	38.8
-20		3.2	5.9	37.6	28.4	47.0	41.0	
-15		6.9	7.2	39.5	30.6	48.3	43.0	
-5		14.4	10.4	43.2	35.4	51.1	47.8	
0		18.1	12.3	45.1	38.1	52.4	50.1	
5		21.9	14.6	46.9	40.8	53.8	52.8	
10		25.6	17.2	48.8	43.8	55.1	55.3	
20		33.1	23.6	52.6	50.5	57.9	61.2	
25		36.8	27.5	54.4	54.0	59.2	64.2	
30		40.6	32.0	56.3	57.8	60.6	67.4	
35		44.3	36.9	58.2	61.9	61.9	70.6	
73		-30	-4.1	3.8	34.5	24.2	45.0	36.7
		-25	-0.3	4.8	36.3	26.0	46.3	38.6
	-20	3.4	5.8	38.2	28.1	47.7	40.7	
	-15	7.2	7.1	40.1	30.3	49.1	42.9	
	-5	14.7	10.2	43.8	35.0	51.8	47.4	
	0	18.4	12.1	45.7	37.7	53.1	49.7	
	5	22.1	14.3	47.6	40.5	54.5	52.4	
	10	25.9	16.9	49.4	43.3	55.9	55.1	
	20	23.1	23.1	53.2	49.9	58.6	60.7	
	25	26.9	26.9	55.0	53.3	59.9	63.6	
	30	31.2	31.2	56.9	57.1	61.3	66.8	
	35	36.1	36.1	58.8	61.2	62.7	70.2	

دمای اتاق	دمای خارج	پنجره تک جداره		پنجره دو جداره		پنجره سه جداره		
		شبنم نقطه / $T_{\text{شیشه}}$	% RH	شبنم نقطه / $T_{\text{شیشه}}$	% RH	شبنم نقطه / $T_{\text{شیشه}}$	% RH	
74	-30	-3.8	3.8	35.1	24.0	45.7	36.4	
	-25	-0.1	4.7	37.0	25.9	47.1	38.4	
	-20	3.7	5.7	38.8	27.8	48.4	40.4	
	-15	7.4	6.9	40.7	30.0	49.8	42.5	
	-5	14.9	9.9	44.5	34.8	52.5	47.0	
	0	18.6	11.8	46.3	37.3	53.9	49.5	
	5	22.4	14.0	48.2	40.1	55.2	51.9	
	10	26.1	16.4	50.1	43.0	56.6	54.6	
	20	33.6	22.6	53.8	49.3	59.3	60.2	
	25	37.3	26.2	55.7	52.9	60.7	63.3	
	30	41.1	30.5	57.5	56.4	62.0	66.2	
	35	44.8	35.2	59.4	60.4	63.4	69.6	
	75	-30	-3.5	3.7	35.7	23.8	46.4	36.2
		-25	0.2	4.6	37.6	25.6	47.8	38.2
-20		3.9	5.6	39.5	27.7	49.2	40.3	
-15		7.7	6.8	41.3	29.7	50.5	42.2	
-5		15.2	9.7	45.1	34.4	53.2	46.7	
0		18.9	11.6	46.9	36.9	54.6	49.1	
5		22.6	13.6	48.8	39.6	56.0	51.7	
10		26.4	16.1	50.7	42.6	57.3	54.2	
20		33.9	22.1	54.4	48.8	60.0	59.7	
25		37.6	25.7	56.3	52.3	61.4	62.7	
30		41.3	29.7	58.2	56.0	62.8	65.9	
35		45.1	34.4	60.0	59.7	64.1	69.0	
76		-30	-3.3	3.6	36.4	23.6	47.2	36.1
		-25	0.4	4.5	38.2	25.4	48.5	37.9
	-20	4.2	5.5	40.1	27.4	49.9	39.9	
	-15	7.9	6.6	42.0	29.5	51.2	41.9	
	-5	15.4	9.5	45.7	34.1	54.0	46.5	
	0	19.1	11.3	47.6	36.6	55.3	48.8	
	5	22.9	13.4	49.4	39.2	56.7	51.3	
	10	26.6	15.7	51.3	42.1	58.0	53.8	
	20	34.1	21.5	55.1	48.4	60.8	59.4	
	25	37.8	25.0	56.9	51.7	62.1	62.2	
	30	41.6	29.1	58.8	55.3	63.5	65.3	
	35	45.3	33.6	60.7	59.2	64.8	68.3	

دمای اتاق	دمای خارج	پنجره تک جداره		پنجره دو جداره		پنجره سه جداره		
		$T_{\text{شیشه}}/T_{\text{نقطه}}$	% RH	$T_{\text{شیشه}}/T_{\text{نقطه}}$	% RH	$T_{\text{شیشه}}/T_{\text{نقطه}}$	% RH	
77	-30	-3.0	3.6	37.0	24.4	47.9	35.8	
	-25	0.7	4.4	38.8	25.2	49.3	37.8	
	-20	4.4	5.3	40.7	27.2	50.6	39.7	
	-15	8.2	6.5	42.6	29.3	52.0	41.8	
	-5	15.7	9.3	46.3	33.7	54.7	46.1	
	0	19.4	11.1	48.2	36.3	56.1	48.6	
	5	23.1	13.0	50.1	38.9	57.4	50.9	
	10	26.9	15.4	51.9	41.6	58.8	53.5	
	20	34.4	21.1	55.7	47.9	61.5	58.9	
	25	38.1	24.5	57.6	51.3	62.9	61.9	
	30	41.8	28.4	59.4	54.7	64.2	64.7	
	35	45.6	32.8	61.3	58.5	65.6	68.0	
	78	-30	-2.8	3.5	37.6	23.2	48.6	35.6
		-25	0.9	4.3	39.5	25.1	50.0	37.5
-20		4.7	5.3	41.3	26.9	51.3	39.4	
-15		8.4	6.3	43.2	29.0	52.7	41.5	
-5		15.9	9.1	47.0	33.5	55.4	45.8	
0		19.7	10.8	48.8	35.9	56.8	48.2	
5		23.4	12.8	50.7	38.5	58.1	50.5	
10		27.1	15.0	52.6	41.3	59.5	53.1	
20		34.6	20.6	56.3	47.3	62.2	58.4	
25		38.4	24.0	58.2	50.7	63.6	61.3	
30		42.1	27.8	60.0	54.0	64.9	64.2	
35		45.8	32.0	61.9	57.8	66.3	67.4	
79		-30	-2.5	3.5	38.2	23.0	49.4	35.5
		-25	1.2	4.2	40.1	24.8	50.7	37.3
	-20	4.9	5.1	42.0	26.8	52.1	39.3	
	-15	8.7	6.2	43.8	28.7	53.4	41.2	
	-5	16.2	8.9	47.6	33.2	56.2	45.6	
	0	19.9	10.6	49.5	35.6	57.5	47.8	
	5	23.6	12.5	51.3	38.1	58.9	50.3	
	10	27.4	14.7	53.2	40.9	60.2	52.7	
	20	34.9	20.2	56.9	49.8	63.0	58.1	
	25	38.6	23.4	58.8	50.1	64.3	60.8	
	30	42.3	27.1	60.7	53.6	65.7	63.9	
	35	46.1	31.3	62.5	57.1	67.0	66.8	

دمای اتاق	دمای خارج	پنجره تک جداره		پنجره دو جداره		پنجره سه جداره	
		شبنم نقطه / $T_{\text{شیشه}}$	% RH	شبنم نقطه / $T_{\text{شیشه}}$	% RH	شبنم نقطه / $T_{\text{شیشه}}$	% RH
80	-30	-2.3	3.4	38.9	22.9	50.1	35.3
	-25	1.5	4.2	40.7	24.6	51.4	37.0
	-20	5.2	5.0	42.6	26.5	52.8	39.0
	-15	8.9	6.1	44.5	28.5	54.2	41.0
	-5	16.4	8.7	48.2	32.8	56.9	45.3
	0	20.2	10.4	50.1	35.3	58.2	47.4
	5	23.9	12.2	51.9	37.7	59.6	49.9
	10	27.6	14.4	53.8	40.5	61.0	52.4
	20	35.1	19.7	57.6	46.4	63.7	57.6
	25	38.9	22.9	59.4	49.5	65.0	60.3
	30	42.6	26.5	61.3	53.0	66.4	63.3
	35	46.3	30.6	63.2	56.6	67.8	66.4



قوانین سرانگشتی حضور افراد در فضاها

۱-۱۰ - استاندارد *IMC 2015* و استاندارد *ASHRAE 62.1 - 2013*

جدول حضور افراد در فضاها

نوع فضا		حداکثر بار فضای اشغال شده
تعداد افراد به‌ازای هر ۱۰۰۰ فوت مربع	فوت مربع به‌ازای هر فرد	
مراکز تادیبی		
گیشه/اتاق انتظار	۵۰	۲۰
سلول - با تجهیزات لوله‌کشی	۲۵	۴۰
سلول - بدون تجهیزات لوله‌کشی	۲۵	۴۰
اتاق گذران وقت	۳۰	۳۳
ایستگاه نگهبانی	۱۵	۶۷
خشکشویی‌ها و لباسشویی‌ها		
خشکشویی خودپرداز	۲۰	۵۰
لباسشویی خودپرداز	۲۰	۵۰
خشکشویی تجاری	۳۰	۳۳
لباسشویی تجاری	۱۰	۱۰۰
انبار، تحویل	۳۰	۳۳
مراکز آموزشی		
کلاس هنر	۲۰	۵۰
تالار سخنرانی	۱۵۰	۶
کلاس (۵ تا ۸ سال)	۲۵	۴۰
کلاس (بالای ۹ سال)	۳۵	۲۸
آزمایشگاه کامپیوتر	۲۵	۴۰
مهد کودک (تا ۴ سال)	۲۵	۴۰
اتاق بیمار مهد کودک	۲۵	۴۰
کلاس درس همراه با سخنرانی	۶۵	۱۵
سالن سخنرانی (با صندلی ثابت)	۱۵۰	۶
مرکز چند رسانه‌ای	۲۵	۴۰
اتاق اجتماع چند منظوره	۱۰۰	۱۰
موسیقی/سینما	۳۵	۲۸
آزمایشگاه علمی	۲۵	۴۰
سالن استعمال دخانیات	۷۰	۱۴
آزمایشگاه کالج/دانشگاه	۲۵	۴۰
فروشگاه چوب/فلز	۲۰	۵۰
خدمات خوردن و آشامیدن		
کافه‌تريا، فست فود	۱۰۰	۱۰
ناهارخوری	۷۰	۱۴
آشپزخانه (پخت و پز)	۲۰	-
بیمارستان‌ها، خانه‌های پرستاری و بازدرمانی		
اتاق بستری	۲۰	۵۰

۵۰	۲۰	اتاق عمل
۱۰۰	۱۰	اتاق بیمار
۵۰	۲۰	اتاق ورزش درمانی
۱۰۰	۱۰	بازیابی و ICU
هتل‌ها، هتل‌ها و خوابگاه‌ها		
۵۰	۲۰	مراکز خواب موقت
۱۰۰	۱۰	اتاق خواب، اتاق نشیمن
۱۰۰	۱۰	لباسشویی، مرکزی
۱۰۰	۱۰	لباسشویی، با واحد اقامتی
۳۳	۳۰	لابی
۸	۱۲۰	اتاق اجتماع چندمنظوره
فضاهای متفرقه		
۶۷	۱۵	بانک یا لابی بانک
۱۴۰	۷	کارخانه‌های صنعتی عمومی (غیر شیمیایی)
۵۰۰	۲	مراکز ارسال/دریافت کالا
۱۴۰	۷	مراکز دسته‌بندی و بسته‌بندی
۱۰	۱۰۰	مراکز انتظار برای جابجایی کالا
دفاتر		
۲۰	۵۰	اتاق کنفرانس
۱۰۰	۱۰	لابی ورودی اصلی
۵۰۰	۲	اتاق‌های انبار برای مواد خشک
۲۰۰	۵	فضاهای اداری
۳۳	۳۰	فضای پذیرش
۶۰	۱۶	ثبت تلفن/داده
خوابگاه خصوصی		
		نواحی مسکونی بسته به تعداد اتاق خواب. اولین اتاق خواب ۲؛ به‌ازای هر اتاق خواب اضافی ۱.
فضاهای عمومی		
۴۰	۲۵	اتاق استراحت
۱۴	۷۰	دادگاه
۲۰	۵۰	مجلس
۱۰۰	۱۰	کتابخانه
۶	۱۵۰	لابی
۲۵	۴۰	موزه (کودکان)
۲	۴۰	موزه/گالری
۵۰۰	۲	فضای انبار برای مایعات و ژل‌ها
۸	۱۲۰	عبادتگاه
۱۴	۷۰	اتاق استعمال دخانیات
خرده فروشی‌ها، طبقات فروشگاه‌ها و طبقات نمایشگاهی		
۲۵	۴۰	نواحی متداول برای فروشگاه‌های بزرگ

۶۶	۱۵	فروشگاه‌ها
۱۴	۷۰	اتاق استعمال دخانیات
۴۰	۲۵	آرایشگاه
۴۰	۲۵	سالن زیبایی
۴۰	۲۵	سالن ناخن
۱۰۰	۱۰	فروشگاه مایحتاج حیوانات
۱۲۵	۸	سوپر مارکت
سالن‌های ورزشی و تفریحی		
۲۵	۴۰	بولینگ (فضای نشستن)
۵۰	۲۰	محوطه بازی
-	۷	ورزشگاه/استادیوم (ناحیه بازی)
۲۵	۴۰	باشگاه سلامتی/اتاق ایروبیک
۱۰۰	۱۰	باشگاه سلامتی/اتاق تنظیم وزن
۶	۱۵۰	محوطه تماشاگران
سینماها		
۶	۱۵۰	لابی
۱۴	۷۰	سن، استودیو
۱۶	۶۰	باجه بلیط
حمل و نقل		
۱۰	۱۰۰	سکو
۱۰	۱۰۰	مکان انتظار برای حمل و نقل
دفتر کار		
۲۰۰	۵	باجه بانک
۲۵۰	۴	کامپیوتر (بدون پرینتر)
۲۵۰	۴	اتاق پرینت/کپی
۱۰۰	۱۰	فرآوری گوشت
۱۰۰	۱۰	داروخانه
۱۰۰	۱۰	عکاسی

قوانین سرانگشتی نورپردازی

۱-۱۱ - استاندارد الزامات میزان قدرت نورپردازی - روش نوع ساختمان

نوع ساختمان	$Watts/ft^2$
	<i>ASHRAE Std. 90.1 – 2013 و 2015 IECC</i>
مراکز اجلاس	۱,۰۱
دادگاه	۱,۰۱
کافه تریا / فست فود	۰,۹۰
غذاخوری خانوادگی	۰,۹۵
خوابگاه شبانه‌روزی	۰,۵۷
مرکز تمرین	۰,۸۴
آتش‌نشانی	۰,۶۷
ورزشگاه	۰,۹۴
کلینیک درمانی	۰,۹۰
بیمارستان	۱,۰۵
هتل / متل	۰,۸۷
کتابخانه	۱,۱۹
کارگاه تولیدی	۱,۱۷
موزه	۱,۰۲
دفتر	۰,۸۲
پارکینگ	۰,۲۱
ندامتگاه	۰,۸۱
کلانتری	۰,۸۷
دفتر پست	۰,۸۷
بنای مذهبی	۱,۰۰
خرده فروشی	۱,۲۶
مدرسه/دانشگاه	۰,۸۷
مراکز ورزشی	۰,۹۱
سالن سینما، نمایش فیلم	۰,۷۶
سالن سینما، اجرا	۱,۳۹
ساختمان شهرداری	۰,۸۹
حمل و نقل	۰,۷۰
انبار	۰,۶۶
کارگاه	۱,۱۹

۱۱-۲- استاندارد الزامات میزان قدرت نورپردازی - روش فضا با فضا

نوع ساختمان		$Watts/ft^2$
		ASHRAE Std. 90.1 - 2015 IECC 2013
اتاق اصلی		
	با ارتفاع ۴۰ فوت یا کمتر	۰,۰۳ به ازای هر فوت از ارتفاع کلی
	با ارتفاع بیشتر از ۴۰ فوت	۰,۰۴ به اضافه ۲ به ازای هر فوت از ارتفاع کلی
ناحیه نشستن حضار		
	در ورزشگاه	۰,۶۵
	در تالار کنفرانس	۰,۶۳
	در مراکز اجلاس	۰,۸۲
	در ندامتگاه‌ها	۰,۲۸
	در بناهای مذهبی	۱,۵۳
	در مراکز ورزشی	۰,۴۳
	در سالن سینما همراه با اجرا	۲,۴۳
	در سالن سینما همراه با نمایش فیلم	۱,۱۴
	تمامی دیگر انواع نواحی نشستن حضار	۰,۴۳
تعمیرگاه اتومبیل		
	فعالیت‌های بانکی	۱,۰۱
کلاس‌ها، اتاق‌های سخنرانی و اتاق‌های تمرین		
	در ندامتگاه	۱,۳۴
	تمامی باقی کلاس‌ها، اتاق‌های سخنرانی و اتاق‌های تمرین	۱,۲۴
اتاق کامپیوتر		
	اتاق کنفرانس، اتاق ملاقات، فضاهای چندمنظوره	۱,۲۳
	مراکز اجلاس - فضای نمایشگاهی	۱,۴۵
	اتاق کپی / پرینت	۰,۷۲
راهرو		
	در بیمارستان	۰,۷۹ الف، ۰,۹۹ ب
	در کارخانه تولیدی	۰,۴۱
	تمامی دیگر راهروها	۰,۶۶
دادگاه		
غذاخوری‌ها		
	در ندامتگاه	۰,۹۶
	در کافه تریا / فست فود	۰,۶۵
	در غذاخوری خانوادگی	۰,۸۹
	تمامی دیگر غذاخوری‌ها	۰,۶۵
	اتاق پرو برای سالن‌های سینما همراه با اجرا	۰,۱
	اتاق مکانیکی / الکتریکی	۰,۹۵ الف، ۰,۴۲ ب
	پارکینگ اتومبیل اورژانس	۰,۵۶
	ایستگاه آتش نشانی	۰,۲۲

۱,۲۱	تدارک غذا
۰,۴۷ الف، ۰,۹۱ ب	اتاق مهمان
ورزشگاه‌ها / مراکز بدنسازی	
۰,۷۲	در منطقه تمرین
۱,۲۰	در منطقه بازی
مراکز درمانی	
۱,۶۶	در اتاق معاینه / درمان
۱,۵۱	در اتاق تصویربرداری
۰,۷۴	در اتاق تحویل دارو
۰,۸۸	در ایستگاه شیرخوارگاهی
۰,۷۱	در ایستگاه پرستاری
۲,۴۸	در اتاق عمل
۰,۶۲	در اتاق بیمار
۰,۹۱	در اتاق ورزش درمانی
۱,۱۵	در اتاق ریکاوری
آزمایشگاه‌ها	
۱,۴۳	در یا بعنوان کلاس درس
۱,۸۱	تمامی دیگر آزمایشگاه‌ها
۰,۶۰	لباسشویی / ناحیه شست و شو
کتابخانه‌ها	
۱,۰۶	در ناحیه مطالعه
۱,۷۱	در مخزن
لابی‌ها	
۰,۶۴	برای آسانسور
۱,۰۶	در هتل
۰,۵۹	در سینما با نمایش فیلم
۲,۰۰	در سینما با اجرا
۰,۹۰	تمامی دیگر لابی‌ها
۰,۷۵	رختکن‌ها
اتاق‌های استراحت	
۰,۹۲	در مراکز درمانی
۰,۷۳	تمامی دیگر اتاق‌های استراحت
کارخانجات تولیدی	
۱,۲۹	در کارخانه ساخت دقیق
۰,۷۴	در اتاق ماشین‌آلات
۱,۰۵	در ناحیه با دهانه خیلی بلند (فاصله سقف تا کف بیشتر از ۵۰ فوت)
۱,۲۳	در ناحیه با دهانه بلند (فاصله سقف تا کف بین ۲۵ و ۵۰ فوت)
۱,۱۹	در ناحیه با دهانه کوتاه (فاصله سقف تا کف کمتر از ۲۵ فوت)
موزه‌ها	

۱,۰۵	در ناحیه نمایش عمومی	
۱,۰۲	در ناحیه بازسازی	
دفاتر		
۱,۱۱	محصور	
۰,۹۸	باز	
۰,۱۹	پارکینگ‌ها، داخلی	
۱,۶۸	داروخانه‌ها	
۰,۹۴	دفاتر پست	
بناهای مذهبی		
۰,۶۴	در ناحیه اجتماع	
۱,۵۳	در ناحیه عبادت	
۰,۹۸	سرویس‌های بهداشتی	
خرده‌فروشی‌ها		
۱,۵۹ الف، ۱,۴۴ ب	در ناحیه فروشگاه‌ها	
۰,۷۱	در اتاق رختکن / پرو	
۱,۱۰	در سالن اصلی	
۰,۵۴	محل نشستن، عمومی	
نواحی ورزشی		
۳,۶۸	در مجموعه کلاس ۱	
۲,۴۰	در مجموعه کلاس ۲	
۱,۸۰	در مجموعه کلاس ۳	
۱,۲۰	در مجموعه کلاس ۴	
۰,۶۹	پلکان	
۰,۶۳ الف	مراکز ذخیره	
۱,۲۴ ب	کوچکتر از ۵۰ فوت مربع	
۰,۶۳ ب	تمامی دیگر مراکز ذخیره	
انبارهای کالا		
۰,۵۸	برای بسته‌های متوسط، دارای پالت	
۰,۹۵	برای بسته‌های کوچکتر که با دست حمل می‌شوند.	
۱,۵۹	کارگاه	

توجه:

الف) 2015 IECC

ب) ASHRAE 90.1 – 2013

۱۲

قوانین سرانگشتی
وسایل / تجهیزات

۱-۱۲- دفاتر و مکان‌های تجاری

الف) دریافت کلی حرارت توسط دستگاه‌ها/تجهیزات

0.5-8.0 $Watts/ft^2$

ب) بارهای تجهیزات اداری کامپیوتری برای فضاهای اداری

0.5-3.5 $Watts/ft^2$

2.0 $Watts/ft^2$ مقدار توصیه شده

چنانچه بارهای واقعی تجهیزات کامپیوتری در دسترس باشند، باید از آن‌ها به جای مقادیر فهرست شده در بالا استفاده نمود.

۲-۱۲- اتاق‌های کامپیوتر، مراکز داده و تاسیسات میزبانی اینترنت

2.0-500.0 $Watts/ft^2$

300.0 $Watts/ft^2$ حداقل مقدار توصیه شده

۳-۱۲- اتاق‌های مخابرات و ارتباط از راه دور

50.0-120.0 $Watts/ft^2$

۴-۱۲- حرارت دریافتی تجهیزات الکتریکی

الف) ترانسفورمرها

50	$Watts/KVA$	150 KVA و کوچکتر
30	$Watts/KVA$	151-500 KVA
25	$Watts/KVA$	501-1000 KVA
20	$Watts/KVA$	1001-2500 KVA
15	$Watts/KVA$	بزرگتر از 2500 KVA

ب) شبکه کلیدها

10 Watts	(0-40 Amps)	قطع کن ولتاژ پایین
20 Watts	(50-100Amps)	قطع کن ولتاژ پایین
60 Watts	(225 Amps)	قطع کن ولتاژ پایین
100 Watts	(400 Amps)	قطع کن ولتاژ پایین
130 Watts	(600 Amps)	قطع کن ولتاژ پایین
170 Watts	(800 Amps)	قطع کن ولتاژ پایین
460 Watts	(1600 Amps)	قطع کن ولتاژ پایین
600 Watts	(2000 Amps)	قطع کن ولتاژ پایین

1100 Watts	(3000 Amps)	۹. قطع کن ولتاژ پایین
1500 Watts	(4000 Amps)	۱۰. قطع کن ولتاژ پایین
1000 Watts	(600 Amps)	۱۱. قطع کن / کلید ولتاژ متوسط
1500 Watts	(1200 Amps)	۱۲. قطع کن / کلید ولتاژ متوسط
2000 Watts	(2000 Amps)	۱۳. قطع کن / کلید ولتاژ متوسط
2500 Watts	(2500 Amps)	۱۴. قطع کن / کلید ولتاژ متوسط

ج) تابلوها

2	Watts	۱. به‌ازای هر مدار
---	-------	--------------------

د) مراکز کنترل موتور

500	Watts	۱. به‌ازای هر بخش
-----	-------	-------------------

اندازه هر بخش بطور تخمینی برابر با "20 عرض، "20 طول و "84 ارتفاع در نظر گرفته می‌شود.

ه) راه‌اندازها

50 Watts	اندازه 00	۱. راه‌انداز ولتاژ پایین
50 Watts	اندازه 0	۲. راه‌انداز ولتاژ پایین
50 Watts	اندازه 1	۳. راه‌انداز ولتاژ پایین
100 Watts	اندازه 2	۴. راه‌انداز ولتاژ پایین
130 Watts	اندازه 3	۵. راه‌انداز ولتاژ پایین
200 Watts	اندازه 4	۶. راه‌انداز ولتاژ پایین
300 Watts	اندازه 5	۷. راه‌انداز ولتاژ پایین
650 Watts	اندازه 6	۸. راه‌انداز ولتاژ پایین
400 Watts	اندازه 200 Amp	۹. راه‌انداز ولتاژ متوسط
1300 Watts	اندازه 400 Amp	۱۰. راه‌انداز ولتاژ متوسط
1700 Watts	اندازه 700 Amp	۱۱. راه‌انداز ولتاژ متوسط

و) درایوهای فرکانس متغیر

(متداول‌ترین مقدار 3% می‌باشد.)	۱. 2-6% نرخ KVA
---------------------------------	-----------------

ز) تجهیزات متفرقه

0.015	Watt/ft/Amp	۱. کانال‌های عبوری
2	Watts/KVAR	۲. خازن‌ها

توجه:

۱. مقادیر واقعی حرارت دریافتی تجهیزات الکتریکی از سازنده‌ای به سازنده دیگر متفاوت است. هر زمان مقدور بود باید از مقادیر واقعی استفاده شود.
۲. در گذشته، اتاق‌های تجهیزات الکتریکی برای پیشگیری از گرم شدن بیش از حد تجهیزات تنها به تصفیه هوا نیاز داشتند. اغلب این اتاق‌ها برای دماهای 95°F تا 104°F طراحی می‌شدند. اما دمای طراحی تجهیزات الکتریکی‌ای که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، بواسطه تجهیزات و کنترل‌های الکتریکی بکار رفته در آن‌ها، 90°F می‌باشد. برای تعیین دمای اتاق تجهیزات الکتریکی با تامین کننده این وسایل مشورت کنید. چنانچه دمای طراحی باید کمتر از 90°F باشد، تهویه فضا مورد نیاز خواهد بود.
۳. چنانچه از هوای خارجی برای تصفیه اتاق الکتریکی استفاده شود، دمای طراحی اتاق الکتریکی می‌تواند ۱۰ تا ۱۵ درجه فارنهایت بالاتر از دمای طراحی تابستانی خارجی باشد.
۴. چنانچه از هوای تهویه شده یک فضای مجاور برای تصفیه اتاق الکتریکی استفاده شود، دمای اتاق الکتریکی می‌تواند ۱۰ تا ۲۰ درجه فارنهایت بالاتر از دمای فضای مجاور باشد.
۵. دمای فضای اتاق موتور آسانسور بخاطر اجزای الکترونیکی تجهیزات آسانسور، حداکثر 90°F می‌باشد. بنابراین، اتاق‌های موتور آسانسور باید تهویه شوند.

۱۲-۵- حرارت دریافتی موتور

الف) فقط موتورها

۱۹۰	<i>Watts/HP</i>	موتورهای ۰-۲ Hp	۱.
۱۱۰	<i>Watts/HP</i>	موتورهای ۳-۲۰ Hp	۲.
۷۵	<i>Watts/HP</i>	موتورهای ۲۵-۲۰۰ Hp	۳.
۶۰	<i>Watts/HP</i>	موتورهای ۲۵۰ Hp و بزرگتر	۴.

(ب) موتورها و تجهیزات متحرک در جدول زیر آورده شده‌اند:

قدرت موتور <i>Hp</i>	مکان موتور و متحرک برحسب فضای تهویه شده یا جریان هوا		
	موتور داخل متحرک داخل <i>BTU/hr</i>	موتور خارج متحرک داخل <i>BTU/hr</i>	موتور داخل متحرک خارج <i>BTU/hr</i>
1/20	360	130	240
1/12	580	200	380
1/8	900	320	590
1/6	1,160	400	760
1/4	1,180	640	540
1/3	1,500	840	660
1/2	2,120	1,270	850
3/4	2,650	1,900	740
1	3,390	2,550	850
1-1/2	4,960	3,820	1,140
2	6,440	5,090	1,350
3	9,430	7,640	1,790
5	15,500	12,700	2,790
7-1/2	22,700	19,100	3,640
10	29,900	24,500	4,490
15	44,400	38,200	6,210
20	58,500	50,900	7,610
25	72,300	63,600	8,680
30	85,700	76,300	9,440
40	114,000	102,000	12,600
50	143,000	127,000	15,700
60	172,000	153,000	18,900
75	212,000	191,000	21,200
100	283,000	255,000	28,300
125	353,000	318,000	35,300
150	420,000	382,000	37,800
200	569,000	509,000	50,300
250	699,000	636,000	62,900

۱۲-۶- توصیه‌های متفرقه

- الف) برای محاسبه بار تجهیزات، باید از جانمایی و اطلاعات واقعی تجهیزات استفاده نمود.
- ب) از پروژکتورهای فیلم، پروژکتورهای جانبی یا بالاسری و انواع تجهیزات مشابه می‌توان صرف‌نظر نمود، چراکه هنگام استفاده از آن‌ها چراغ‌ها خاموش می‌شوند و بطور معمول بار نورپردازی از حرارت دریافتی این تجهیزات بیشتر است.
- ج) مواردی همچون قهوه‌سازها، اجاق‌های مایکرو ویو، یخچال‌ها، گرم‌کن‌های غذا و مانند این‌ها باید در هنگام محاسبه بار تجهیزات به حساب آورده شوند.
- د) اطلاعات تجهیزات آشپزخانه‌ها، آزمایشگاه‌ها، بیمارستان‌ها، اتاق‌های کامپیوتر و تجهیزات کاری باید از مالک، معمار، مهندس یا مشاور پروژه اخذ شوند. چرا که بار تجهیزات بسیار متنوع می‌باشد.

۱۳

ضرایب بار سرمایه‌اشی

۱۳-۱- ضرایب انحراف

ضرایب انحراف در واقع بیانگر قضاوت یک مهندس در رابطه با بارهای محاسبه شده افراد، نورپردازی، تجهیزات و بارهای کلی می‌باشد تا مقدار مصرف واقعی در نظر گرفته شود. انحرافات واقعی ممکن است با توجه به نوع ساختمان و نحوه حضور افراد متفاوت باشد. انحرافات فهرست شده در ادامه این بخش برای ساختمان‌های اداری و بناهای مشابه می‌باشند.

الف) بارهای بیشینه اتاق/فضا

- | | |
|--------------|-----------------------------|
| ۱. افراد | بار محاسبه شده $\times 1.0$ |
| ۲. نورپردازی | بار محاسبه شده $\times 1.0$ |
| ۳. تجهیزات | بار محاسبه شده $\times 1.0$ |

ب) بارهای طبقه/ناحیه در بلوک‌ها

- | | |
|--------------------------|---|
| ۱. افراد | مجموعه بیشینه بارهای افراد اتاق/فضا $\times 0.90$ |
| ۲. نورپردازی | مجموعه بیشینه بارهای نورپردازی اتاق/فضا $\times 0.95$ |
| ۳. تجهیزات | مجموعه بیشینه بارهای تجهیزات اتاق/فضا $\times 0.90$ |
| ۴. بارهای کلی طبقه/ناحیه | مجموعه بیشینه بارهای کلی اتاق/فضا $\times 0.90$ |

ج) بارهای بلوک‌های ساختمانی

- | | |
|--------------------|---|
| ۱. افراد | مجموعه بیشینه بارهای افراد اتاق/فضا $\times 0.75$ |
| ۲. نورپردازی | مجموعه بیشینه بارهای نورپردازی اتاق/فضا $\times 0.95$ |
| ۳. تجهیزات | مجموعه بیشینه بارهای تجهیزات اتاق/فضا $\times 0.75$ |
| ۴. بار کلی ساختمان | مجموعه بیشینه بارهای کلی اتاق/فضا $\times 0.85$ |

۱۳-۲- ضرایب اطمینان

الف) بارهای بیشینه اتاق/فضا

بار محاسبه شده $\times 1.1$

ب) بارهای طبقه/ناحیه (مجموع بیشینه)

بار محاسبه شده $\times 1.0$

ج) بارهای طبقه/ناحیه (بلوک)

بار محاسبه شده $\times 1.1$

د) بارهای ساختمان (مجموع بیشینه‌ها)

بار محاسبه شده $\times 1.0$

ه) بارهای ساختمان (بلوک)

بار محاسبه شده $\times 1.1$

۳-۱۳- ضرایب بار سرمایشی

الف) ضرایب بار نورپردازی:

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| ۱. لامپ‌های فلوئورسنت | توان لامپ $\times 1.25$ |
| ۲. لامپ‌های رشته‌ای | توان لامپ $\times 1.00$ |
| ۳. نورپردازی HID | توان لامپ $\times 1.25$ |

ب) ضرایب کانال هوای برگشتی (RAP)

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| ۱. حرارت لامپ‌ها به فضا با RAP | بار نورپردازی $\times 0.76$ |
| ۲. حرارت لامپ‌ها به RAP | بار نورپردازی $\times 0.24$ |
| ۳. حرارت اتاق به فضا با RAP | بار سقف $\times 0.30$ |
| ۴. حرارت سقف به RAP | بار سقف $\times 0.70$ |

ج) ضرایب کانال دودکش یا هوای برگشتی (DERA)

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| ۱. حرارت لامپ به فضا با DERA | بار نورپردازی $\times 1.00$ |
| ۲. حرارت سقف به فضا با DERA | بار سقف $\times 1.00$ |

د) سایر ضرایب بار سرمایشی مطابق با توصیه استاندارد ASHRAE می‌باشند.

- | | |
|---------------|--------------|
| ۱. سایر بارها | $CLF \times$ |
|---------------|--------------|

۱۴

ضرایب بار گرمایشی

۱۴-۱- ضرایب اطمینان

الف) بارهای بیشینه اتاق/فضا	بار محاسبه شده $\times 1.1$
ب) بارهای طبقه/ناحیه (مجموع بیشینه)	بار محاسبه شده $\times 1.0$
ج) بارهای طبقه/ناحیه (بلوک)	بار محاسبه شده $\times 1.1$
د) بارهای ساختمان (مجموع بیشینه‌ها)	بار محاسبه شده $\times 1.0$
ه) بارهای ساختمان (بلوک)	بار محاسبه شده $\times 1.1$
و) کلی: مجموع بیشینه‌ها	بار محاسبه شده $\times 1.1$

۱۴-۲- مقادیر کمکی برای بار گرمایشی

الف) خورشیدی: اختصاص دادن مقداری به حرارت دریافتی از خورشید تنها زمانی باید صورت گیرد که ساختمان بطور ویژه‌ای برای گرمایش خورشیدی طراحی شده باشد. حرارت دریافتی خورشیدی در شب - زمانی که دمای طراحی عموماً به پایین‌تر نقطه خود می‌رسد- به عنوان یک عامل به حساب نمی‌آید.

ب) افراد: نباید مقداری را برای حضور افراد در نظر گرفت. حرارت دریافتی افراد در شب و در زمانی که دمای طراحی عموماً به پایین‌ترین سطح خود می‌رسد، به عنوان یک عامل مطرح نمی‌باشد. چرا که ساختمان‌ها عموماً در شب خالی از سکنه می‌باشند.

ج) نورپردازی: نباید مقداری را به نورپردازی اختصاص داد. نورپردازی ابزاری ناکارآمد برای گرمایش یک ساختمان می‌باشد. چراغ‌ها در شب و زمانی که دماهای طراحی به پایین‌ترین نقطه خود می‌رسند، خاموش هستند.

د) تجهیزات: به غیر از حالتی که یک منبع مطمئن تولید ۲۴ ساعته حرارت در شبانه‌روز (تاسیسات کامپیوتری، فرآیندهای صنعتی وجود داشته باشد، نباید مقداری را به تجهیزات اختصاص داد.

۱۴-۳- راهنمای انتخاب سیستم گرمایشی

الف) چنانچه اتلاف حرارتی به‌ازای هر فوت دیوار از 450 Btu/hr بیشتر باشد، حرارت باید از زیر پنجره یا از پایه دیوار تامین شود تا از درافت رو به پایین جلوگیری شود.

ب) چنانچه اتلاف حرارتی به‌ازای هر فوت دیوار بین 250 Btu/hr و 450 Btu/hr باشد، گرما باید از زیر پنجره یا از پایه دیوار تامین شود، یا می‌توان آن را از پخش‌کن‌های بالاسری که در مجاورت دیواره‌های پیرامونی قرار گرفته‌اند و هوا را بطور مستقیم به سمت پایین هدایت می‌کنند، فراهم کرد.

ج) چنانچه اتلاف حرارتی به‌ازای هر فوت دیوار از 250 Btu/hr کمتر باشد، گرما باید از زیر پنجره یا از پایه دیوار تامین شود، یا می‌توان آن را از پخش‌کن‌های بالاسری که در مجاورت یا کمی دور از دیواره‌های پیرامونی قرار گرفته‌اند و هوا را به سمت یا برخلاف دیواره و پنجره‌ها تخلیه می‌کنند، فراهم کرد.

۱۵

ملاحظات انتخاب سیستم‌های
سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع

۱-۱۵- معیارهای انتخاب سیستم HVAC

الف) نوع ساختمان

۱. موسسات، بیمارستان‌ها، زندان‌ها، درمانگاه‌ها، مراکز آموزشی
۲. تجاری، دفاتر، فروشگاه‌ها
۳. مسکونی، هتل‌ها، هتل‌ها، آپارتمان‌ها
۴. صنعتی، کارخانجات
۵. تحقیق و توسعه، آزمایشگاه‌ها

ب) نوع مالک

۱. دولتی
۲. سازنده
۳. تجاری
۴. شخصی

ج) نیازهای عملکردی

۱. حمایت از یک فرآیند، تاسیسات کامپیوتری یا مخابراتی
۲. ایجاد محیط عاری از میکروب
۳. افزایش درآمد فروش و اجاره
۴. راندمان سیستم
۵. افزایش قابلیت فروش ملک
۶. ظرفیت آماده به کار و ذخیره
۷. قابلیت اطمینان، طول عمر، دفعات تعمیر و نگهداری
۸. خرابی تجهیزات چه تاثیری بر ساختمان خواهد گذاشت؟

د) نیازهای مرتبط با ظرفیت سیستم

۱. بارهای سرمایشی، مقدار و خصوصیات
۲. بارهای گرمایشی، مقدار و خصوصیات
۳. تهویه مطبوع
۴. نیازهای منطقه‌ای:
الف) حضور افراد

ب) در معرض نور خورشید بودن

ج) نیازهای خاص

د) تلرانس‌های دما و رطوبت محیط

ه) نیازهای فضای ساخت

۱. محدودیت‌های معماری
الف) زیبایی‌شناختی
ب) تقویت سازه
ج) کاربری و سبک معماری
۲. مکان و فضای در دسترس برای تجهیزات ساختمان
۳. فضای در دسترس برای توزیع داکت‌ها و لوله‌ها
۴. قابل قبول بودن عدم ایجاد مزاحمت توسط اجزا برای فضای سکونت، چه از نظر فیزیکی و چه از نظر بصری
۵. جانمایی مبلمان
۶. انعطاف‌پذیری
۷. قابلیت نگهداری
۸. سقف
۹. محدودیت‌های فضای در دسترس
۱۰. آیا نیاز به اتاق‌های مکانیکی وجود دارد؟

و) ملاحظات شرایط آسایش

۱. انتخاب‌های موجود برای کنترل شرایط
۲. کنترل سر و صدا و ارتعاش
۳. گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
۴. فیلتراسیون
۵. کنترل کیفیت هوا

ز) هزینه اولیه

۱. هزینه سیستم، بازگشت سرمایه
۲. هزینه افزودن نواحی جدید
۳. قابلیت افزایش ظرفیت
۴. کنترل کیفیت هوا
۵. هزینه آتی تعویض و/یا تعمیر

ح) هزینه بهره‌برداری

۱. هزینه انرژی
۲. نوع انرژی

الف) برق، ولتاژ در دسترس، جدول بها

ب) گاز

ج) مایع

د) بخار

ه) آب خنک شده

و) منابع دیگر

۳. نوع انرژی در دسترس در محل پروژه

۴. انتخاب تجهیزات

ط) هزینه نگهداری

۱. هزینه تعمیر

۲. توانایی‌های نگهداری پرسنل مالک پروژه

۳. هزینه تحمیلی ناشی از خرابی سیستم بر بهره‌وری آن

۴. مدار گردش اکونومایزر

الف) اکونومایزر سمت هوا

ب) اکونومایزر سمت آب

۵. بازیابی حرارت

۶. هزینه آتی تعویض

۷. سهولت و سرعت سرویسکاری

۸. سهولت و سرعت افزودن نواحی جدید

۹. میزان و تناوب عملیات نگهداری

ط) استانداردها

۱. استانداردهای مرتبط با طراحی HVAC و دیگر سیستم‌های ساختمانی

۲. اغلب استانداردها در سطح محلی بومی‌سازی شده و اجرایی می‌شوند.

۳. الزامات استاندارد:

الف) طراحی و ساخت

ب) انواع ساخت و ساز مجاز

ج) ارتفاع ساختمان

د) نیازهای خارجی

ه) اجزای سازه‌ای

و) نیازهای نور و تهویه مطبوع

ز) خصوصیات مواد

۴. شیوه‌های اعمال استانداردها:

الف) تحمیل روش‌ها و خصوصیات مواد

ب) تحمیل نتایج عملکردی مطلوب

۵. کدها به دلایل زیر توسعه داده شده‌اند:

الف) از دست رفتن جان انسان‌ها

ب) از دست رفتن مایملک

ج) ملاحظات صنعت بیمه

۱۵-۲- راهنمای انتخاب سیستم گرمایشی

الف) چنانچه اتلاف حرارتی به‌ازای هر فوت دیوار از 450 Btu/hr بیشتر باشد، حرارت باید از زیر پنجره یا از پایه دیوار تامین شود تا از درافت رو به پایین جلوگیری شود.

ب) چنانچه اتلاف حرارتی به‌ازای هر فوت دیوار بین 250 Btu/hr و 450 Btu/hr باشد، گرما باید از زیر پنجره یا از پایه دیوار تامین شود، یا می‌توان آن را از پخش‌کن‌های بالاسری که در مجاورت دیواره‌های پیرامونی قرار گرفته‌اند و هوا را بطور مستقیم به سمت پایین هدایت می‌کنند، فراهم کرد.

ج) چنانچه اتلاف حرارتی به‌ازای هر فوت دیوار از 250 Btu/hr کمتر باشد، گرما باید از زیر پنجره یا از پایه دیوار تامین شود، یا می‌توان آن را از پخش‌کن‌های بالاسری که در مجاورت یا کمی دور از دیواره‌های پیرامونی قرار گرفته‌اند و هوا را به سمت یا برخلاف دیواره و پنجره‌ها تخلیه می‌کنند، فراهم کرد.

۱۶

سیستم‌های توزیع هوا

۱-۱۶ - سیستم‌های کانال کشی

الف) جدول ملاحظات تعیین اندازه سیستم‌های کانال کشی

نوع سیستم	حداکثر نرخ اصطکاک <i>in WG/100 ft</i>	حداقل سرعت <i>ft/min</i>	حداکثر سرعت <i>ft/min</i>	تفسیر/ذکر دلیل
سیستم‌های عمومی هواساز				
کانال‌های فشار پایین	0.1 (0.15)	-	1500-1800	در $CFM > 6000$ سرعت غالب است. در $CFM < 6000$ اصطکاک غالب است. قابل اعمال در سیستم‌های هوای رفت، برگشت، خروجی و خارجی
کانال‌های فشار متوسط	0.20 (0.25)	-	2000-2500	در $CFM > 6000$ سرعت غالب است. در $CFM < 6000$ اصطکاک غالب است. قابل اعمال تنها برای سیستم هوای رفت
کانال‌های فشار بالا	0.40 (0.45)	-	2500-3500	در $CFM > 5000$ سرعت غالب است. در $CFM < 5000$ اصطکاک غالب است. قابل اعمال تنها برای سیستم هوای رفت
کانال‌های انتقال هوا	0.03-0.05	-	1000	در $CFM > 3200$ سرعت غالب است. در $CFM < 3200$ اصطکاک غالب است.
هوارسان‌های خارجی	0.05-0.10	-	1000	در $CFM > 1200$ سرعت غالب است. در $CFM < 1200$ اصطکاک غالب است.
هوارسان‌های ثقیل	0.03-0.05	-	1000	در $CFM > 3200$ سرعت غالب است. در $CFM < 3200$ اصطکاک غالب است.
سیستم‌های خروجی عمومی و خاص				
کانال‌های خروجی عمومی	0.1 (0.15)	-	1500-1800	در $CFM > 6000$ سرعت غالب است. در $CFM < 6000$ اصطکاک غالب است.
کانال خروجی توالت	0.1 (0.15)	-	1500-1800	در $CFM > 6000$ سرعت غالب است. در $CFM < 6000$ اصطکاک غالب است.
کانال خروجی هود آشپزخانه	-	1500	2200	BOCA: 1500 FPM Min., 2200 FPM Max. SBCCI: 1500 FPM Min. UBC: 1500 FPM Min., 2500 FPM Max. NFPA: 1500 FPM Min.
خروجی ظرفشویی	0.1 (0.15)	1500	2200	
مسیرهای خروجی اسید، آمونیا و جلال‌ها	0.50 (0.60)	1000	3000	مسیرهای اصلی و رابزرها: 1500-3000 FPM انشعابات و مسیرهای جانی: 1000-2000 FPM
دودکش اسید، آمونیا و	-	3000	4000	
کانال‌های سیلان	-	250	-	
بادگیرها				
ورودی	-	-	500	
خروجی یا رهاسازی	-	-	700	

توجه:

۱. نرخ‌های اصطکاک داخل پراوتز تنها زمانی باید مورد استفاده قرار گیرند که محدودیت‌های فضا ایجاب می‌کند.
۲. حداکثر نسبت منظر 4:1؛ مگر زمانی که بنا بر محدودیت‌های فضا استفاده از نسبت منظرهای بزرگتر الزام داشته باشد.
۳. زمانی که دیفیوزرها، دریچه‌ها و شبکه‌ها برای کانال‌های رفت، برگشت و خروجی مورد استفاده قرار می‌گیرند، سرعت کانال نباید از 1500 FPM تجاوز نماید. پیامد عدم رعایت این مطلب ایجاد سروصدا می‌باشد.

ب) تعیین اندازه سیستم‌های کانال‌کشی

۱. فشار پایین:

0.1 (0.15)	<i>in WG/100 ft</i>	
1500-1800	<i>ft/min</i>	حداکثر:
۲. فشار متوسط:

0.2 (0.25)	<i>in WG/100 ft</i>	
2000-2500	<i>ft/min</i>	حداکثر:
۳. فشار بالا:

0.4 (0.45)	<i>in WG/100 ft</i>	
2500-3500	<i>ft/min</i>	حداکثر:
۴. کانال‌های انتقالی:

0.03 (0.05)	<i>in WG/100 ft</i>	
1000	<i>ft/min</i>	حداکثر:
۵. شبکه‌های انتقالی:

0.03 (0.05)	<i>افت فشار WG in</i>	
1000	<i>ft/min</i>	حداکثر:
۶. هوارسان‌های خارجی:

0.05 (0.10)	<i>in WG/100 ft</i>	
1000	<i>ft/min</i>	حداکثر:
۷. هوارسان‌های آزادسازی
ثقلی:

0.03 (0.05)	<i>in WG/100 ft</i>	
1000	<i>ft/min</i>	حداکثر:
۸. هر زمان کانال در یک یا دو بعد دچار تغییراتی به اندازه 4" یا بیشتر شد، اندازه کانال را کاهش یا افزایش دهید. از به کار بردن کسرهایی از یک اینچ به عنوان اندازه کانال‌ها خودداری کنید.
۹. سعی نمایید در هر مرحله تنها یکی از ابعاد کانال را تغییر دهید، چراکه در این شرایط ساخت کانال ساده‌تر بوده و عموماً هزینه کمتری را در پی خواهد داشت. به عنوان مثال اندازه 36 x 12 را به جای 32 x 10 به 30 x 12 تغییر دهید.

۱۰. قلاویزهای کانال باید "2 کوچکتر از کانال اصلی باشند تا به خوبی ساخته شده و کانال را نشست‌بندی نمایند. اندازه کانال باید "2 عریض‌تر از دیفیوزرها، دریچه‌ها و شبکه‌ها باشد.
۱۱. تمامی زانویی‌های مربعی ۹۰ درجه باید با استفاده از تیغه‌های چرخشی با قطر دو برابر تهیه شوند. زانویی‌های خروجی ظرفشویی، آشپزخانه و خشکشویی باید با شعاع صاف بدون تیغه و با شعاعی معادل با ۱.۵ برابر عرض کانال ساخته شوند.
۱۲. در نقطه اتصال تجهیزات سیستم‌های کانال کشی (رفت، برگشت، خروجی) متصل به دستگاه‌های هواساز، فن‌ها و دیگر تجهیزات از اتصالات انعطاف‌پذیر استفاده نمایید.
۱۳. برای دسترسی به تمامی دمپرهای آتش، دمپرهای دود، آشکارسازهای دود، دمپرهای حجمی، دمپرهای عمل‌کننده با موتور، رطوبت‌زن‌ها، کویل‌ها (بخار، آب داغ، آب سرد شده، الکتریکی) و دیگر موارد قرار داده شده در کانال‌ها که به سرویس و/یا بازرسی نیاز دارند، درب‌های دسترسی در نظر بگیرید.
۱۴. تمامی قلاویزهای کانال مستطیلی باید با اتصالات کشکی (۴۵ درجه) ساخته شوند. از دمپرهای جداکننده یا خارج‌کننده‌ها استفاده نکنید.

۱۵. حداکثر فاصله آویزهای نگهدارنده کانال:

الف) حداقل الزامات SMANCA:

۱. افقی: حداکثر ۱۰-۸ فوت

۲. عمودی: ۲۴-۱۲ فوت

ب) مقادیر توصیه شده:

۱. کانال‌های افقی کوچکتر از ۴ فوت مربع: حداکثر ۸ فوت
۲. کانال‌های افقی ۴ تا ۱۰ فوت مربع: حداکثر ۶ فوت
۳. کانال‌های افقی بزرگتر از ۱۰ فوت مربع: حداکثر ۴ فوت
۴. کانال‌های عمودی گرد شده: حداکثر ۱۲ فوت
۵. کانال‌های عمودی مستطیلی: حداکثر ۱۰ فوت

تکیه‌گاه‌ها در سیستم کانال کشی

نوع سیستم کانال کشی	حداکثر فاصله قلاب‌ها (ft)
کانال‌های افقی کوچکتر از ۴ فوت مربع	8
کانال‌های افقی ۴ تا ۱۰ فوت مربع	6
کانال‌های افقی بزرگتر از ۱۰ فوت مربع	4
کانال‌های عمودی با لبه‌های گرد شده	12
کانال‌های عمودی مستطیلی	10

ج) تخمین اتلاف اصطکاکی:

$$1.5 \times \text{طول سیستم (ft/100)} \times \text{نرخ اصطکاک (in WG/100 ft)}$$

د) اندازه سیستم‌های کانال‌کشی:

۱. کوچکترین اندازه مستطیلی: "4 x 4"
۲. کوچکترین اندازه توصیه شده: "8 x 4"
۳. کانال‌های مستطیلی: از اندازه‌های زوج برای کانال استفاده نمایید، برای مثال: 12 x 24, 6 x 10, 36 x 72, 12 x 48.
۴. حداکثر نسبت منظر توصیه شده: 4:1
۵. کوچکترین اندازه کانال گرد شده: "3", اندازه‌های زوج و فرد قابل استفاده می‌باشند.
۶. برای کانال‌های گرد شده تا اندازه "5.5" می‌توان از افزایش "0.5" در هر مرحله استفاده کرد. برای کانال‌های "6" تا "20" این افزایش برابر با "1" و برای کانال‌های با اندازه "22" یا بزرگتر بابر با "2" می‌باشد.

۱۶-۲- ساخت کانال

الف) دستورالعمل‌های ساخت کانال SMACNA:

1. SMACNA—HVAC Duct Construction Standards Metal and Flexible,
2. SMACNA—Fibrous Glass Duct Construction Standards,
3. SMACNA—Rectangular Industrial Duct Construction Standard,
4. SMACNA—Round Industrial Duct Construction Standard,
5. SMACNA—Thermoplastic Duct (PVC) Construction Manual,

ب) درجه‌بندی فشار SMACNA-HVAC:

$$1. \pm 1/2"; \pm 1"; \pm 2"; \pm 3"; +4"; +6"; +10"$$

ج) درجه‌بندی فشار SMACNA-IDC و SMACNA-RIDC:

$$1. +12" \text{ تا } +100" \text{ با مضاربی از } 2"$$

$$2. -4" \text{ تا } -100" \text{ با مضاربی از } 2"$$

د) آزمایش سیستم کانال‌کشی:

$$1. 4" \text{ WG و پایین‌تر: درجه‌بندی فشار } 1.5 \times$$

$$2. 3" \text{ WG تا } +3" \text{ W.G.: عموماً آزمایش نمی‌شوند.}$$

$$3. 4" \text{ WG و بالاتر: درجه‌بندی فشار } 1.5 \times$$

ه) دسته‌بندی نشتی کانال‌ها بر اساس SMACNA-HVAC:

۱. کلاس A: ۲ تا ۵ درصد نشتی کلی سیستم (تمامی اتصالات عرضی، شکاف‌های طولی، و منافذ کانال)
۲. کلاس B: ۳ تا ۱۰ درصد نشتی کلی سیستم (تمامی اتصالات عرضی و شکاف‌های طولی)
۳. کلاس C: ۵ تا ۲۰ درصد نشتی کلی سیستم (تمامی اتصالات عرضی)
۴. بدون نشت‌بندی: ۱۰ تا ۴۰ درصد نشتی کلی سیستم
۵. کلاس‌های توصیه شده نشت‌بندی SMACNA:

A	4" WG و بالاتر
B	3" WG
C	2" WG
C	1/2" WG و بالاتر برای تمامی کانال‌کشی‌های بالادست ترمینال‌های VAV

و) مواد سیستم‌های کانال‌کشی:

۱. فولاد گالوانیزه: کاربری‌های HVAC، متداول‌ترین.
۲. فولاد کربنی (کربن استیل): مسیرهای عبور گازهای حاصل از احتراق و دودکش‌ها
۳. آلومینیوم: سیستم‌های هوای مملو از رطوبت
۴. فولاد ضدزنگ: هود آشپزخانه و خروجی هود دود، دودکش‌ها
- الف) فولاد ضد زنگ 304 و فولاد ضد زنگ 316: کاربری‌های بدون جوشکاری
- ب) فولاد ضد زنگ 304L و فولاد ضد زنگ 316L: کاربری‌های با جوشکاری
- ج) انتهای خروجی آشپزخانه:
 ۱. پنهان از دید: هیچکدام
 ۲. در معرض دید: No. 2B, No. 4
- د) انتهای خروجی دود آزمایشگاه:
 ۱. پنهان از دید: No. 2B
 ۲. در معرض دید: No. 2B
۵. فایبرگلاس: کاربری‌های HVAC
۶. فایبرگلاس تقویت شده: خروجی شیمیایی
۷. پلی وینیل کلراید (PVC): خروجی شیمیایی، کانال‌های دفن شده
۸. بتن: کانال‌های دفن شده، هوارسان‌ها
۹. سنگ ورقه‌ای: هوارسان‌ها
۱۰. مس: تزئینی

۱۱. فولاد پلی وینیل و فولاد ضد زنگ پلی وینیل: خروجی شیمیایی

۱۲. مقیاس ورق‌های فلزی:

الف) یا جوشکاری شده.

ب) فقط جوشکاری شده

ز) کانال‌های انعطاف‌پذیر:

۱. حداکثر طول توصیه شده: ۵ تا ۸ فوت

۲. عایقکاری شده، بدون عایقکاری

۳. NFPA 90A – 2015: حداکثر ۱۴ فوت

ح) مقیاس و وزن کانال‌کشی‌ها

مقیاس ورق فلزی کانال‌کشی بر اساس استاندارد SMACNA HVAC

حداکثر اندازه کانال (in)	دسته‌بندی فشار SMACNA													
	±1/2		±1		±2		±3		±4		±6		±10	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
4-8	26	-	26	-	26	-	24	26	24	26	24	26	22	24
9-10	26	-	26	-	26	-	24	26	22	26	24	24	20	22
11-12	26	-	26	-	26	-	24	26	22	26	20	24	18	22
13-14	26	-	26	-	24	26	22	24	20	24	20	22	18	20
15-16	26	-	26	-	24	26	22	24	20	24	18	22	16	20
17-18	26	-	24	26	22	26	20	24	18	24	18	22	16	20
19-20	24	26	24	26	20	26	18	24	18	24	16	22	-	18
21-22	22	26	22	26	18	26	18	24	18	24	16	22	-	18
23-24	22	26	22	26	18	26	18	24	18	22	16	22	-	18
25-26	20	26	20	26	18	26	18	24	16	22	-	20	-	18
27-28	18	26	18	26	18	24	18	22	16	22	-	20	-	18
29-30	18	26	18	26	18	24	18	22	16	22	-	18	-	18
31-36	18	26	18	24	16	24	16	20	-	20	-	18	-	16
37-42	16	26	16	24	-	22	-	20	-	18	-	16	-	16
43-48	16	26	16	22	-	22	-	18	-	18	-	16	-	16
49-54	-	26	-	22	-	20	-	18	-	18	-	16	-	16
55-60	-	24	-	22	-	20	-	18	-	16	-	16	-	16
61-72	-	22	-	18	-	18	-	16	-	16	-	16	-	16
73-84	-	22	-	18	-	16	-	16	-	16	-	16	-	16
85-96	-	20	-	18	-	16	-	16	-	16	-	16	-	16
97-108	-	18	-	16	-	16	-	16	-	16	-	16	-	16
109-120	-	16	-	16	-	16	-	16	-	16	-	16	-	16

توجه:

۱. ستون A: مقیاس ورق موردنیاز بدون تقویت.

۲. ستون B: مقیاس ورق موردنیاز با تقویت (برای میزان تقویت به استاندارد مربوط مراجعه نمایید).

مقیاس و وزن ورق فلزی

مقیاس ورق فلزی	وزن (lbs/ft^2)		
	فولاد گالوانیزه	فولاد ضد زنگ سری 300	آلومینیوم
26	0.906	0.748	0.224
24	1.156	0.987	0.282
22	1.406	1.231	0.352
20	1.656	1.491	0.451
18	2.156	2.016	0.563
16	2.656	2.499	0.718
14	3.281	3.154	0.901
12	4.531	4.427	1.141
10	5.781	5.670	1.436

مقیاس ورق فلزی

مقیاس ورق فلزی	ضخامت (in)	ملاحظات	مقیاس ورق فلزی	ضخامت (in)	ملاحظات
0	0.3125	فقط سیستم‌های کانال کشی جوشکاری شده	19	0.0437	سیستم کانال کشی SMACNA
1	0.2810		20	0.0375	
2	0.2650		21	0.0343	
3	0.2500		22	0.0312	
4	0.2340		23	0.0280	
5	0.2187		24	0.0250	
6	0.2030		25	0.0218	
7	0.1875		26	0.0187	
8	0.1720		27	0.0170	استفاده از گیج‌ها برای ساخت کانال‌ها مجاز نمی‌باشد
9	0.1560		28	0.0156	
10	0.1400		29	0.0140	
11	0.1250		30	0.0125	
12	0.1090		31	0.0109	
13	0.0937		32	0.0100	
14	0.0780		33	0.0093	
15	0.0700		34	0.0085	
16	0.0625		35	0.0078	
17	0.0560		36	0.0070	
18	0.0500	سیستم کانال کشی SMACNA	-	-	-

۱۶-۳- وزن کانال گالوانیزه مستطیلی (pound per lineal foot)

وزن کانال گالوانیزه مستطیلی

عرض + عمق	مقیاس ورق فلزی						مساحت سطح <i>ft²/lin.ft</i>
	26 (12")	24 (24")	22 (48")	20 (60")	18 (60+")	16	
8	1.51	1.93	2.34	2.76	3.59	4.43	1.33
9	1.70	2.17	2.64	3.11	4.04	4.98	1.50
10	1.89	2.41	2.93	3.45	4.49	5.53	1.67
11	2.08	2.65	3.22	3.80	4.94	6.09	1.83
12	2.27	2.89	3.52	4.14	5.39	6.64	2.00
13	2.45	3.13	3.81	4.49	5.84	7.19	2.17
14	2.64	3.37	4.10	4.83	6.29	7.75	2.34
15	2.83	3.61	4.39	5.18	6.74	8.30	2.50
16	3.02	3.85	4.69	5.52	7.19	8.85	2.67
17	3.21	4.09	4.98	5.87	7.64	9.41	2.83
18	3.40	4.34	5.27	6.21	8.09	9.96	3.00
19	3.59	4.58	5.57	6.56	8.53	10.51	3.17
20	3.78	4.82	5.86	6.90	8.98	11.07	3.34
21	3.96	5.06	6.15	7.25	9.43	11.62	3.50
22	4.15	5.30	6.44	7.59	9.88	12.17	3.67
23	4.34	5.54	6.74	7.94	10.33	12.73	3.83
24	4.53	5.78	7.03	8.28	10.78	13.28	4.00
25	4.72	6.02	7.32	8.63	11.23	13.83	4.17
26	4.91	6.26	7.62	8.97	11.68	14.39	4.34
27	-	6.50	7.91	9.32	12.13	14.94	4.50
28	-	6.74	8.20	9.66	12.58	15.49	4.67
29	-	6.98	8.49	10.01	13.03	16.05	4.83
30	-	7.23	8.79	10.35	13.48	16.60	5.00
31	-	7.47	9.08	10.70	13.92	17.15	5.17
32	-	7.71	9.37	11.04	14.37	17.71	5.34
33	-	7.95	9.67	11.39	14.82	18.26	5.50
34	-	8.20	9.96	11.73	15.27	18.81	5.67
35	-	8.43	10.25	12.08	15.72	19.37	5.83
36	-	8.67	10.55	12.42	16.17	19.92	6.00
37	-	8.91	10.84	12.77	16.62	20.47	6.17
38	-	9.15	11.13	13.11	17.07	21.03	6.34
39	-	9.39	11.42	13.46	17.52	21.58	6.50
40	-	9.63	11.72	13.80	17.97	22.13	6.67
41	-	9.87	12.01	14.15	18.42	22.69	6.83
42	-	10.12	12.30	14.49	18.87	23.24	7.00
43	-	10.36	12.60	14.84	19.31	23.79	7.17
44	-	10.60	12.89	15.18	19.76	24.35	7.34
45	-	10.84	13.18	15.53	20.21	24.90	7.50
46	-	11.08	13.47	15.87	20.66	25.45	7.67
47	-	11.32	13.77	16.22	21.11	26.00	7.83

وزن کانال گالوانیزه مستطیلی

عرض + عمق	مقیاس ورق فلزی						مساحت سطح <i>ft²/lin. ft</i>
	26 (12")	24 (24")	22 (48")	20 (60")	18 (60+")	16	
48	-	11.56	14.06	16.56	21.56	26.56	8.00
49	-	11.80	14.35	16.91	22.01	27.11	8.17
50	-	12.04	14.65	17.25	22.46	27.67	8.34
51	-	12.28	14.94	17.60	22.91	28.22	8.50
52	-	12.52	15.23	17.94	23.36	28.77	8.67
53	-	12.76	15.52	18.29	23.81	29.32	8.83
54	-	13.01	15.82	18.63	24.26	29.88	9.00
55	-	13.25	16.11	18.98	24.70	30.43	9.17
56	-	13.49	16.40	19.32	25.15	30.99	9.34
57	-	13.73	16.70	19.67	25.60	31.54	9.50
58	-	13.97	16.99	20.01	26.05	32.09	9.67
59	-	14.21	17.28	20.36	26.50	32.65	9.83
60	-	14.45	17.58	20.70	26.95	33.20	10.00
61	-	-	17.87	21.05	27.40	33.75	10.17
62	-	-	18.16	21.39	27.85	34.31	10.34
63	-	-	18.45	21.74	28.30	34.86	10.50
64	-	-	18.75	22.08	28.75	35.41	10.67
65	-	-	19.04	22.43	29.20	35.97	10.83
66	-	-	19.33	22.77	29.65	36.52	11.00
67	-	-	19.63	23.12	30.09	37.07	11.17
68	-	-	19.92	23.46	30.54	37.63	11.34
69	-	-	20.21	23.81	30.99	38.18	11.50
70	-	-	20.50	24.15	31.44	38.73	11.67
71	-	-	20.80	24.50	31.89	39.29	11.83
72	-	-	21.09	24.84	32.34	39.84	12.00
73	-	-	21.38	25.19	32.79	40.39	12.17
74	-	-	21.68	25.53	33.24	40.95	12.34
75	-	-	21.97	25.88	33.69	41.50	12.50
76	-	-	22.26	26.22	34.14	42.05	12.67
77	-	-	22.55	26.57	34.59	42.61	12.83
78	-	-	22.85	26.91	35.04	43.16	13.00
79	-	-	23.14	27.26	35.48	43.71	13.17
80	-	-	23.43	27.60	35.93	44.27	13.34
81	-	-	23.73	27.95	36.38	44.82	13.50
82	-	-	24.02	28.29	36.83	45.37	13.67
83	-	-	24.31	28.64	37.28	45.93	13.83
84	-	-	24.61	28.98	37.73	46.48	14.00
85	-	-	24.90	29.33	39.18	47.03	14.17
86	-	-	25.19	29.67	38.63	48.59	14.34
87	-	-	25.48	30.02	39.08	48.14	14.50

وزن کانال گالوانیزه مستطیلی

عرض + عمق	مقیاس ورق فلزی						مساحت سطح
	26 (12")	24 (24")	22 (48")	20 (60")	18 (60+")	16	$ft^2/lin. ft$
88	-	-	25.78	30.36	39.53	48.69	14.67
89	-	-	26.07	30.71	39.98	49.25	14.83
90	-	-	26.36	31.05	40.43	49.80	15.00
91	-	-	26.66	31.40	40.87	50.35	15.17
92	-	-	26.95	31.74	41.32	50.91	15.34
93	-	-	27.24	32.09	41.77	51.46	15.50
94	-	-	27.53	32.43	42.22	52.01	15.67
95	-	-	27.83	32.78	42.67	52.57	15.83
96	-	-	28.12	33.12	43.12	53.12	16.00
97	-	-	28.41	33.47	43.57	53.67	16.17
98	-	-	28.71	33.81	44.02	54.23	16.34
99	-	-	29.00	34.16	44.47	54.78	16.50
100	-	-	29.29	34.50	44.92	55.33	16.67
101	-	-	29.58	34.85	45.37	55.89	16.83
102	-	-	29.88	35.19	45.82	56.44	17.00
103	-	-	30.17	35.54	46.26	56.99	17.17
104	-	-	30.46	35.88	46.71	57.55	17.34
105	-	-	30.76	36.23	47.16	58.10	17.50
106	-	-	31.05	36.57	47.61	58.65	17.67
107	-	-	31.34	36.92	48.06	59.21	17.83
108	-	-	31.64	37.26	48.51	59.76	18.00
109	-	-	31.93	37.61	48.96	60.31	18.17
110	-	-	32.22	37.95	49.41	60.87	18.34
111	-	-	32.51	38.30	49.86	61.42	18.50
112	-	-	32.81	38.64	50.31	61.97	18.67
113	-	-	33.10	38.99	50.76	62.53	18.83
114	-	-	33.39	39.33	51.21	63.08	19.00
115	-	-	33.69	39.68	51.65	63.63	19.17
116	-	-	33.98	40.02	52.10	64.19	19.34
117	-	-	34.27	40.37	52.55	64.74	19.50
118	-	-	34.56	40.71	53.00	65.29	19.67
119	-	-	34.86	41.06	53.45	65.85	19.83
120	-	-	35.15	41.40	53.90	66.40	20.00
121	-	-	35.44	41.75	54.35	66.95	20.17
122	-	-	35.74	42.09	54.80	67.51	20.34
123	-	-	36.03	42.44	55.25	68.06	20.50
124	-	-	36.32	42.78	55.70	68.61	20.67
125	-	-	36.61	43.13	56.15	69.17	20.83
126	-	-	36.91	43.47	56.60	69.72	21.00
127	-	-	37.20	43.82	57.04	70.27	21.17

وزن کانال گالوانیزه مستطیلی

عرض + عمق	مقیاس ورق فلزی						مساحت سطح <i>ft²/lin. ft</i>
	26 (12")	24 (24")	22 (48")	20 (60")	18 (60+)	16	
128	-	-	37.49	44.16	57.49	70.83	21.34
129	-	-	37.79	44.51	57.94	71.38	21.50
130	-	-	38.08	44.85	58.39	71.93	21.67
131	-	-	38.37	45.20	58.84	72.49	21.83
132	-	-	38.67	45.54	59.29	73.04	22.00
133	-	-	38.96	45.89	59.74	73.59	22.17
134	-	-	39.25	46.23	60.19	74.15	22.34
135	-	-	39.54	46.58	60.64	74.70	22.50
136	-	-	39.84	46.92	61.09	75.25	22.67
137	-	-	40.13	47.27	61.54	75.81	22.83
138	-	-	40.42	47.61	61.99	76.36	23.00
139	-	-	40.72	47.96	62.43	76.91	23.17
140	-	-	41.01	48.30	62.88	77.46	23.34
141	-	-	41.30	48.65	63.33	78.02	23.50
142	-	-	41.59	48.99	63.78	78.57	23.67
143	-	-	41.88	49.34	64.23	79.13	23.83
144	-	-	42.18	49.68	64.68	79.68	24.00
145	-	-	42.47	50.03	65.13	80.23	24.17
146	-	-	42.77	50.37	65.58	80.79	24.24
147	-	-	43.06	50.72	66.03	81.34	24.50
148	-	-	43.35	51.06	66.48	81.89	24.67
149	-	-	43.64	51.41	66.93	82.45	24.83
150	-	-	43.94	51.75	67.38	83.00	25.00
151	-	-	44.23	52.10	67.82	83.55	25.17
152	-	-	44.52	52.44	68.27	84.11	25.34
153	-	-	44.82	52.79	68.72	84.66	25.50
154	-	-	45.11	53.13	69.17	85.21	25.67
155	-	-	45.40	53.48	69.62	85.77	25.83
156	-	-	45.70	53.82	70.07	86.32	26.00
157	-	-	45.99	54.17	70.52	86.87	26.17
158	-	-	46.28	54.51	70.97	87.43	26.34
159	-	-	46.57	54.86	71.42	87.98	26.50
160	-	-	46.87	55.20	71.87	88.53	26.67
161	-	-	47.16	55.55	72.32	89.09	26.83
162	-	-	47.45	55.89	72.77	89.64	27.00
163	-	-	47.75	56.24	73.21	90.19	27.17
164	-	-	48.04	56.58	73.66	90.75	17.34
165	-	-	48.33	56.93	74.11	91.30	27.50
166	-	-	48.62	57.27	74.56	91.85	27.67
167	-	-	48.92	57.62	75.01	92.41	27.83

وزن کانال گالوانیزه مستطیلی

عرض + عمق	مقیاس ورق فلزی						مساحت سطح
	26 (12")	24 (24")	22 (48")	20 (60")	18 (60+")	16	$ft^2/lin. ft$
168	-	-	49.21	57.96	75.46	92.96	28.00
169	-	-	49.50	58.31	75.91	93.51	28.17
170	-	-	49.80	58.65	76.36	94.07	28.34
171	-	-	50.09	59.00	76.81	94.62	28.50
172	-	-	50.38	59.34	77.26	95.17	28.67
173	-	-	50.67	59.69	77.71	95.73	28.83
174	-	-	50.67	60.03	78.16	96.28	29.00
175	-	-	51.26	60.38	78.60	96.83	29.17
176	-	-	51.55	60.72	79.05	97.39	29.34
177	-	-	51.85	61.07	79.50	97.94	29.50
178	-	-	52.14	61.41	79.95	98.49	29.67
179	-	-	52.43	61.76	80.40	99.05	29.83
180	-	-	52.73	62.10	80.85	99.60	30.00
181	-	-	53.02	62.45	81.30	100.15	30.17
182	-	-	53.31	62.79	81.75	100.71	30.34
183	-	-	53.60	63.14	82.20	101.26	30.50
184	-	-	53.90	63.48	82.65	101.81	30.67
185	-	-	54.19	63.83	83.10	102.37	30.83
186	-	-	54.48	64.17	83.55	102.92	31.00
187	-	-	54.78	64.52	83.99	103.47	31.17
188	-	-	55.07	64.86	84.44	104.03	31.34
189	-	-	55.36	65.21	84.89	104.58	31.50
190	-	-	55.65	65.55	85.34	105.13	31.67
191	-	-	55.95	65.90	85.79	105.69	31.83
192	-	-	56.24	66.24	86.24	106.24	32.00
193	-	-	56.53	66.59	86.69	106.79	32.17
194	-	-	56.83	66.93	87.14	107.35	32.34
195	-	-	57.12	67.28	87.59	107.90	32.50
196	-	-	57.41	67.62	88.04	108.45	32.67
197	-	-	57.70	67.97	88.49	109.01	32.83
198	-	-	58.00	68.31	88.94	109.56	33.00
199	-	-	58.29	68.66	89.38	110.11	33.17
200	-	-	58.58	69.00	89.83	110.67	33.34
201	-	-	58.88	69.35	90.28	111.22	33.50
202	-	-	59.17	69.69	90.73	111.77	33.67
203	-	-	59.46	70.04	91.18	112.33	33.83
204	-	-	59.76	70.38	91.63	112.88	34.00
205	-	-	60.05	70.73	92.08	113.43	34.17
206	-	-	60.34	71.07	92.53	113.99	34.34
207	-	-	60.63	71.42	92.98	114.54	34.50

وزن کانال گالوانیزه مستطیلی

عرض + عمق	مقیاس ورق فلزی						مساحت سطح <i>ft²/lin. ft</i>
	26 (12")	24 (24")	22 (48")	20 (60")	18 (60+)"	16	
208	-	-	60.93	71.76	93.43	115.09	34.67
209	-	-	61.22	72.11	93.88	115.65	34.83
210	-	-	61.51	72.45	94.33	116.20	35.00
211	-	-	61.81	72.80	94.77	116.75	35.17
212	-	-	62.10	73.14	95.22	117.31	35.34
213	-	-	62.39	73.49	95.67	117.86	35.50
214	-	-	62.68	73.83	96.12	118.41	35.67
215	-	-	62.98	74.18	96.57	118.97	35.83
216	-	-	63.27	74.52	97.02	119.52	36.00
217	-	-	63.56	74.87	97.47	120.07	36.17
218	-	-	63.86	75.21	97.92	120.63	36.34
219	-	-	64.15	75.56	98.37	121.18	36.50
220	-	-	64.44	75.90	98.82	121.73	36.67
221	-	-	64.73	76.25	99.27	122.29	36.83
222	-	-	65.03	76.59	99.72	122.84	37.00
223	-	-	65.32	76.94	100.16	123.39	37.17
224	-	-	65.61	77.28	100.61	123.95	37.34
225	-	-	65.91	77.63	101.06	124.50	37.50
226	-	-	66.20	77.97	101.51	125.05	37.67
227	-	-	66.49	78.32	101.96	125.61	37.83
228	-	-	66.79	78.66	102.41	126.16	38.00
229	-	-	67.08	79.01	102.86	126.71	38.17
230	-	-	67.37	79.35	103.31	127.27	38.34
231	-	-	67.66	79.70	103.76	127.82	38.50
232	-	-	67.96	80.04	104.21	128.37	38.67
233	-	-	68.25	80.34	104.66	128.93	38.83
234	-	-	68.54	80.73	105.11	129.48	39.00
235	-	-	68.84	81.08	105.55	130.03	39.17
236	-	-	68.13	81.42	106.00	130.59	39.34
237	-	-	69.42	81.77	106.45	131.14	39.50
238	-	-	69.71	82.11	106.90	131.69	39.67
239	-	-	70.01	82.46	107.35	132.25	39.83
240	-	-	70.30	82.80	107.80	132.80	40.00

توجه:

۱. جدول برای محکم کردن، آویزان کردن، تقویت، اتصالات و شکاف‌ها به میزان ۲۵٪ رواداری را در خود جای داده است. برای سیستم‌های کانال‌کشی عایق کاری شده ۱۰٪ اضافه کنید.
۲. ستون اول مجموع عرض و عمق کانال می‌باشد (برای مثال در مورد یک کانال 10 × 20 مقدار عدد ستون اول 30 به دست می‌آید).
۳. ستون‌های دوم تا هفتم وزن کانال‌های گالوانیزه را برحسب پوند بر فوت خطی در خود جای داده‌اند.
۴. ستون هشتم مساحت سطح کانال‌کشی را برای تخمین عایق کاری ارائه می‌دهد.
۵. اعداد آورده شده در داخل پرانتز زیر مقیاس‌ها بیان‌کننده حداکثر اندازه کانال برای آن مقیاس می‌باشد.

۴-۱۶- وزن کانال گالوانیزه گرد شده (pound per lineal foot)

وزن کانال گالوانیزه گرد شده

وزن کانال گالوانیزه گرد شده قطر	مقیاس						مساحت سطح
	26	24	22	20	18	16	$ft^2/lin. ft$
3	0.89	1.13	1.38	1.63	2.12	2.61	0.79
4	1.19	1.51	1.84	2.17	2.82	3.48	1.05
5	1.48	1.89	2.30	2.71	3.53	4.35	1.31
6	1.78	2.27	2.76	3.25	4.23	5.22	1.57
7	2.08	2.65	3.22	3.75	4.94	6.08	1.83
8	2.37	3.03	3.68	4.34	5.64	6.95	2.09
9	2.67	3.40	4.14	4.88	6.35	7.82	2.36
10	2.96	3.78	4.60	5.42	7.06	8.69	2.62
11	3.26	4.16	5.06	5.96	7.76	9.56	2.88
12	3.56	4.54	5.52	6.50	8.47	10.43	3.14
14	4.15	5.30	6.44	7.59	9.88	12.17	3.67
16	4.75	6.05	7.36	8.67	11.29	13.91	4.19
18	5.34	6.81	8.28	9.75	12.70	15.65	4.71
20	5.93	7.57	9.20	10.84	14.11	17.38	5.24
22	6.52	8.32	10.12	11.92	15.52	19.12	5.76
24	7.12	9.08	11.04	13.01	16.93	20.86	6.28
26	7.71	9.84	11.96	14.09	18.34	22.60	6.81
28	8.30	10.59	12.88	15.17	19.76	24.34	7.33
30	8.89	11.35	13.80	16.26	21.17	26.08	7.85
32	9.49	12.11	14.72	17.34	22.58	27.81	8.38
34	10.08	12.86	15.62	18.43	23.99	29.55	8.90
36	10.68	13.62	16.56	19.51	25.40	31.29	9.42
38	11.27	14.38	17.48	20.59	26.81	33.03	9.95
40	11.86	15.13	18.40	21.68	28.22	34.77	10.47
42	12.45	15.89	19.32	22.76	29.63	36.51	11.00
44	13.05	16.65	20.24	23.84	31.04	38.24	11.52
46	13.64	17.40	21.17	24.93	32.46	39.98	12.04
48	14.23	18.16	22.09	26.01	33.87	41.72	12.57
50	---	18.92	23.01	27.10	35.28	43.46	13.09
52	---	19.67	23.93	28.18	36.69	45.20	13.61
54	---	20.43	24.85	29.26	38.10	46.94	14.14
56	---	21.18	25.77	30.35	39.51	48.67	14.66
58	---	21.94	26.69	31.43	40.92	50.41	15.18
60	---	22.70	27.61	32.52	42.33	52.15	15.71
62	---	23.45	28.53	33.60	43.74	53.89	16.23
64	---	24.21	29.45	34.68	45.16	55.63	16.76
66	---	24.97	30.37	35.77	46.57	57.37	17.28
68	---	25.72	31.29	36.85	47.98	59.10	17.80
70	---	26.48	32.21	37.93	49.39	60.84	18.33
72	---	27.24	33.13	39.02	50.80	92.58	18.85

وزن کانال گالوانیزه گرد شده

قطر	مقیاس						مساحت سطح
	26	24	22	20	18	16	$ft^2/lin.ft$
74	---	27.99	34.05	40.10	52.21	64.32	19.37
76	---	28.75	34.97	41.19	53.62	66.06	19.90
78	---	29.51	35.89	42.27	55.03	67.80	20.42
80	---	30.26	36.81	43.35	56.44	69.53	20.94
82	---	31.02	37.73	44.44	57.86	71.27	21.47
84	---	31.78	38.65	45.52	59.27	73.01	21.99
86	---	32.53	39.57	46.61	60.68	74.75	22.51
88	---	33.29	40.49	47.69	62.09	76.49	23.04
90	---	34.05	41.41	48.77	63.50	78.23	23.56
92	---	34.80	42.33	49.86	64.91	79.96	24.09
94	---	35.56	43.25	50.94	66.32	81.70	24.61
96	---	36.32	44.17	52.02	66.73	83.44	25.13
98	---	37.07	45.09	53.11	69.14	85.18	25.66
100	---	37.83	46.01	54.19	70.55	86.92	26.18
102	---	38.59	46.93	55.28	71.97	88.66	26.70
104	---	39.34	47.85	56.36	73.38	90.39	27.23
106	---	40.10	48.77	57.44	74.79	92.13	27.75
108	---	40.86	49.69	58.53	76.20	93.87	28.27
110	---	41.61	50.61	59.61	77.61	95.61	28.80
112	---	42.37	51.53	60.70	79.02	97.35	29.32
114	---	43.13	52.45	61.78	80.43	99.09	29.85
116	---	43.88	53.37	62.86	81.84	100.82	30.37
118	---	44.64	54.29	63.95	83.25	102.56	30.89
120	---	45.40	55.21	65.03	84.67	104.30	31.42
122	---	46.15	56.13	66.11	86.08	106.04	31.94
124	---	46.91	57.05	67.20	87.49	107.78	32.46
126	---	47.67	57.97	68.28	88.90	109.52	32.99
128	---	48.42	58.89	69.37	90.31	111.25	33.51
130	---	49.18	59.81	70.45	91.72	112.99	34.03
132	---	49.94	60.73	71.53	93.13	114.73	34.56
134	---	50.69	61.66	72.62	94.54	116.47	35.08
136	---	51.45	62.58	73.70	95.95	118.21	35.60
138	---	52.21	63.50	74.79	97.37	119.95	36.12
140	---	52.96	64.42	75.87	98.78	121.68	36.65
142	---	53.72	65.34	76.95	100.19	123.42	37.18
144	---	54.48	66.26	78.04	101.60	125.16	37.70

توجه:

۱. جدول برای محکم کردن، آویزان کردن، تقویت، اتصالات و شکاف‌ها به میزان ۲۵٪ رواداری را در خود جای داده است. برای سیستم‌های کانال‌کشی عایق‌کاری شده ۱۰٪ اضافه کنید.
۲. جدول وزن کانال‌های گالوانیزه را برحسب پوند بر فوت خطی در خود جای داده است.

۵-۱۶- وزن کانال گالوانیزه بیضوی مسطح (pound per lineal foot)

وزن کانال گالوانیزه بیضوی مسطح

اندازه اسمی بیضی مسطح	گردی معادل	مساحت سطح مقطع	مساحت سطح	مقیاس	وزن
		ft^2	$ft^2/lin. ft$		$lbs/lin. ft$
3 x 8	5.1	0.15	1.57	24	2.3
3 x 9	5.6	0.18	1.83	24	2.6
3 x 11	6.0	0.22	2.09	24	3.1
3 x 12	6.4	0.25	2.36	24	3.4
3 x 14	6.7	0.29	2.62	24	3.8
3 x 15	7.0	0.32	2.88	24	4.2
3 x 17	7.3	0.36	3.14	24	4.5
3 x 19	7.5	0.39	3.40	24	4.9
3 x 22	8.0	0.46	3.93	24	5.7
4 x 7	5.7	0.18	1.57	24	2.3
4 x 9	6.2	0.22	1.83	24	2.6
4 x 10	6.7	0.26	2.09	24	3.1
4 x 12	7.2	0.31	2.36	24	3.4
4 x 13	7.6	0.35	2.62	24	3.8
4 x 15	8.0	0.40	2.88	24	4.2
4 x 17	8.4	0.44	3.14	24	4.5
4 x 18	8.5	0.48	3.40	24	4.9
4 x 20	9.0	0.52	3.68	24	5.3
4 x 21	9.5	0.57	3.93	24	5.7
5 x 8	6.6	0.25	1.83	24	2.6
5 x 10	7.3	0.30	2.09	24	3.0
5 x 11	7.9	0.35	2.36	24	3.4
5 x 13	8.4	0.41	2.62	24	3.8
5 x 14	8.8	0.46	2.88	24	4.2
5 x 16	9.3	0.52	3.14	24	4.5
5 x 18	9.5	0.57	3.40	24	4.9
5 x 19	10.0	0.63	3.66	24	5.3
5 x 21	10.5	0.68	3.93	24	5.7
6 x 8	6.9	0.26	1.83	24	2.6
6 x 9	7.7	0.33	2.09	24	3.0
6 x 11	8.4	0.39	2.36	24	3.4
6 x 12	8.9	0.46	2.62	24	3.8
6 x 14	9.6	0.53	2.88	24	4.2
6 x 15	10.1	0.59	3.14	24	4.5
6 x 17	10.5	0.65	3.40	24	4.9
6 x 19	11.0	0.72	3.66	24	5.3
6 x 20	11.5	0.79	3.93	24	5.7

وزن کانال‌کشی گالوانیزه بیضوی مسطح

اندازه اسمی بیضی مسطح	گردی معادل	مساحت سطح مقطع	مساحت سطح	مقیاس	وزن
		ft^2	$ft^2/lin.ft$		$lbs/lin.ft$
6 x 22	11.8	0.85	4.18	24	6.0
6 x 23	12.0	0.92	4.45	24	6.4
6 x 25	12.5	0.98	4.71	22	8.3
6 x 28	13.2	1.11	5.23	22	9.2
6 x 30	13.5	1.18	5.50	22	9.7
6 x 31	13.8	1.24	5.76	22	10.1
6 x 33	14.0	1.31	6.02	22	10.6
6 x 34	14.3	1.38	6.28	22	11.0
6 x 36	14.5	1.44	6.54	22	11.5
6 x 37	14.9	1.50	6.80	22	12.0
6 x 39	15.0	1.57	7.07	22	12.4
6 x 41	15.4	1.64	7.33	22	12.9
6 x 44	15.9	1.77	7.85	22	13.8
6 x 45	16.0	1.83	8.12	22	14.3
6 x 52	17.0	2.09	9.16	20	19.0
6 x 59	18.0	2.42	10.47	24	21.7
7 x 10	8.7	0.42	2.36	24	3.4
7 x 12	9.4	0.50	2.62	24	3.8
7 x 13	10.1	0.57	2.88	24	4.2
7 x 15	10.7	0.65	3.14	24	4.5
7 x 16	11.0	0.73	3.40	24	4.9
7 x 18	11.7	0.80	3.67	24	5.3
7 x 20	12.0	0.88	3.93	24	5.7
7 x 21	12.5	0.95	4.19	24	6.1
7 x 23	13.0	1.03	4.45	24	6.4
8 x 10	9.0	0.44	2.36	24	3.4
8 x 11	9.8	0.53	2.62	24	3.8
8 x 13	10.6	0.62	2.88	24	4.2
8 x 14	11.2	0.70	3.14	24	4.5
8 x 16	11.5	0.79	3.40	24	4.9
8 x 17	12.0	0.87	3.67	24	5.3
8 x 18	12.4	0.90	3.80	24	5.5
8 x 19	13.0	0.96	3.93	24	5.7
8 x 21	13.5	1.05	4.18	24	6.1
8 x 22	14.0	1.13	4.45	24	6.4
8 x 24	14.4	1.23	4.71	24	6.8
8 x 27	15.2	1.40	5.23	22	9.2
8 x 30	15.9	1.57	5.76	22	10.2
8 x 33	16.6	1.74	6.28	22	11.0
8 x 35	17.0	1.83	6.54	22	11.5

وزن کانال‌کشی گالوانیزه بیضوی مسطح

اندازه اسمی بیضی مسطح	گردی معادل	مساحت سطح مقطع	مساحت سطح	مقیاس	وزن
		ft^2	$ft^2/lin.ft$		$lbs/lin.ft$
8 x 36	17.3	1.92	6.80	22	12.0
8 x 39	17.9	2.06	7.33	22	12.9
8 x 43	18.6	2.27	7.85	22	13.8
8 x 46	19.1	2.44	8.37	22	14.7
8 x 49	19.6	2.62	8.89	20	18.4
8 x 50	20.0	2.71	9.16	20	19.0
8 x 52	20.2	2.80	9.42	20	19.5
8 x 58	21.0	3.14	10.47	20	21.7
8 x 65	22.0	3.49	11.52	20	23.8
8 x 71	23.0	3.84	12.57	18	33.9
8 x 77	24.0	4.19	13.61	18	36.7
9 x 12	10.8	0.64	2.88	24	4.2
9 x 14	11.5	0.74	3.14	24	4.6
9 x 15	12.0	0.83	3.40	24	4.9
9 x 17	12.9	0.93	3.67	24	5.3
9 x 18	13.5	1.03	3.93	24	5.7
9 x 20	14.0	1.13	4.19	24	6.1
9 x 22	14.5	1.23	4.45	24	6.4
9 x 23	15.0	1.33	4.71	24	6.8
10 x 12	11.0	0.66	2.88	24	4.2
10 x 13	11.9	0.77	3.14	24	4.5
10 x 15	12.5	0.87	3.40	24	4.9
10 x 16	13.4	1.00	3.66	24	5.3
10 x 18	14.0	1.09	3.93	24	5.7
10 x 19	14.5	1.20	4.19	24	6.1
10 x 20	14.7	1.25	4.18	24	6.1
10 x 21	15.0	1.31	4.45	24	6.4
10 x 23	15.7	1.42	4.71	24	6.8
10 x 24	16.0	1.53	4.97	24	7.2
10 x 26	16.7	1.63	5.23	22	9.2
10 x 27	17.0	1.75	5.50	22	9.7
10 x 29	17.7	1.86	5.76	22	10.2
10 x 30	18.0	1.96	6.02	22	10.6
10 x 32	18.5	2.07	6.28	22	11.1
10 x 34	19.0	2.18	6.54	22	11.5
10 x 35	19.8	2.29	6.80	22	12.0
10 x 38	20.1	2.51	7.33	22	12.9
10 x 41	20.8	2.73	7.85	22	13.8
10 x 43	21.0	2.84	8.12	22	14.3
10 x 45	21.5	2.95	8.37	22	14.7

وزن کانال کشی گالوانیزه بیضوی مسطح

اندازه اسمی بیضی مسطح	گردی معادل	مساحت سطح مقطع	مساحت سطح	مقیاس	وزن
		ft^2	$ft^2/lin.ft$		$lbs/lin.ft$
10 x 48	22.1	3.16	8.89	22	15.6
10 x 51	22.8	3.39	9.42	20	19.5
10 x 52	23.0	3.49	9.69	20	20.1
10 x 54	23.3	3.60	9.95	20	20.6
10 x 57	23.8	3.82	10.56	20	21.9
10 x 60	24.4	4.04	11.00	20	22.8
10 x 63	25.0	4.25	11.52	20	23.8
10 x 67	25.5	4.47	12.05	20	24.9
10 x 70	26.0	4.69	12.51	20	25.9
10 x 73	26.4	4.91	13.10	18	35.3
10 x 76	27.0	5.13	13.61	18	36.7
11 x 14	13.0	0.90	3.40	24	4.9
11 x 16	13.8	1.02	3.67	24	5.3
11 x 17	14.0	1.14	3.93	24	5.7
11 x 19	15.0	1.26	4.19	24	6.1
11 x 22	16.3	1.50	4.71	24	6.8
11 x 24	17.0	1.62	4.97	24	7.2
12 x 14	13.0	0.92	3.40	24	4.9
12 x 15	13.8	1.05	3.67	24	5.3
12 x 17	14.5	1.18	3.93	24	5.7
12 x 18	15.3	1.31	4.19	24	6.1
12 x 20	16.0	1.44	4.45	24	6.4
12 x 21	16.7	1.57	4.71	24	6.8
12 x 25	18.0	1.83	5.24	22	9.2
12 x 28	19.1	2.09	5.76	22	10.1
12 x 31	20.1	2.36	6.28	22	11.1
12 x 34	20.9	2.62	6.81	22	12.0
12 x 37	21.9	2.88	7.33	22	12.9
12 x 40	22.7	3.14	7.85	22	13.8
12 x 42	23.0	3.27	8.12	22	14.3
12 x 43	23.5	3.40	8.37	22	14.7
12 x 45	24.0	3.53	8.64	22	15.2
12 x 47	24.3	3.67	8.89	22	15.6
12 x 50	25.0	3.93	9.42	22	19.5
12 x 53	25.7	4.19	9.95	20	20.6
12 x 56	26.3	4.45	10.56	20	21.9
12 x 59	26.9	4.71	11.00	20	22.8
12 x 62	27.5	4.98	11.52	20	23.8

وزن کانال کشی گالوانیزه بیضوی مسطح

اندازه اسمی بیضی مسطح	گردی معادل	مساحت سطح مقطع	مساحت سطح	مقیاس	وزن
		ft^2	$ft^2/lin.ft$		$lbs/lin.ft$
12 x 65	28.1	5.23	12.05	20	24.9
12 x 69	28.7	5.51	12.57	20	26.0
12 x 72	29.2	5.76	13.10	18	35.3
12 x 78	30.0	6.28	14.14	18	38.1
12 x 81	31.0	6.54	14.66	24	39.5
14 x 17	16.0	1.37	4.19	24	6.1
14 x 19	17.0	1.53	4.45	24	6.4
14 x 20	17.5	1.68	4.71	24	6.8
14 x 22	18.0	1.83	4.97	24	7.2
14 x 23	18.9	1.98	5.23	24	7.6
14 x 27	20.2	2.30	5.76	22	10.1
14 x 28	21.0	2.44	6.02	22	10.6
14 x 30	21.3	2.60	6.28	22	11.0
14 x 31	22.0	2.75	6.54	22	11.5
14 x 33	22.4	2.91	6.80	22	12.0
14 x 34	23.0	3.05	7.07	22	12.4
14 x 36	23.4	3.21	7.33	22	12.9
14 x 38	24.0	3.36	7.59	22	13.3
14 x 39	24.4	3.51	7.85	22	13.8
14 x 41	25.0	3.67	8.12	22	14.3
14 x 42	25.3	3.84	8.37	22	14.7
14 x 45	26.1	4.12	8.89	22	15.6
14 x 49	26.9	4.43	9.42	20	19.5
14 x 52	27.7	4.74	9.95	20	20.6
14 x 55	28.4	5.04	10.56	20	21.9
14 x 58	29.1	5.35	11.00	20	22.8
14 x 61	29.8	5.65	11.52	20	23.9
14 x 64	30.5	5.96	12.05	20	24.9
14 x 67	31.1	6.27	12.57	20	26.0
14 x 71	31.7	6.57	13.10	18	35.9
14 x 77	33.0	7.18	14.14	18	38.1
16 x 19	18.0	1.75	4.71	24	6.8
16 x 21	19.0	1.92	4.97	24	7.2
16 x 22	19.5	2.08	5.23	24	7.6
16 x 24	20.0	2.27	5.50	24	7.9
16 x 25	20.9	2.44	5.76	22	10.2
16 x 29	22.3	2.79	6.28	22	11.0
16 x 30	23.0	2.97	6.54	22	11.5
16 x 32	23.5	3.13	6.80	22	12.0
16 x 33	24.0	3.32	7.07	22	12.416

وزن کانال کشی گالوانیزه بیضوی مسطح

اندازه اسمی بیضی مسطح	گردی معادل	مساحت سطح مقطع	مساحت سطح	مقیاس	وزن
		ft^2	$ft^2/lin. ft$		$lbs/lin. ft$
16 x 35	24.7	3.43	7.33	22	12.9
16 x 36	25.0	3.67	7.59	22	13.3
16 x 38	25.7	3.84	7.85	22	13.8
16 x 41	26.8	4.19	8.38	22	14.7
16 x 44	27.7	4.53	8.89	22	15.6
16 x 46	28.0	4.71	9.16	22	16.1
16 x 47	28.6	4.88	9.42	22	16.6
16 x 49	29.0	5.06	9.69	20	20.1
16 x 51	29.4	5.23	9.95	20	20.6
16 x 54	30.2	5.59	10.47	20	21.7
16 x 57	31.0	5.93	11.00	20	22.8
16 x 60	31.8	6.28	11.52	20	23.8
16 x 63	32.5	6.61	12.05	20	24.9
16 x 66	33.3	6.98	12.57	20	26.0
16 x 69	34.0	7.33	13.09	20	27.1
16 x 76	35.0	8.03	14.14	18	38.1
16 x 79	36.0	8.38	14.66	18	39.5
18 x 21	19.9	2.16	5.23	24	7.6
18 x 23	21.0	2.36	5.50	24	7.9
18 x 24	21.6	2.56	5.76	24	8.3
18 x 26	22.0	2.75	6.02	22	10.6
18 x 27	23.1	2.95	6.28	22	11.0
18 x 29	24.0	3.14	6.54	22	11.5
18 x 31	24.5	3.35	6.80	22	12.0
18 x 32	25.0	3.53	7.07	22	12.4
18 x 34	25.7	3.73	7.33	22	12.9
18 x 37	27.0	4.13	7.85	22	13.8
18 x 40	28.1	4.53	8.37	22	14.7
18 x 43	29.1	4.92	8.89	22	15.6
18 x 46	30.2	5.31	9.42	22	16.6
18 x 49	31.1	5.70	9.95	20	20.6
18 x 53	32.0	6.10	10.56	20	21.9
18 x 56	32.9	6.49	11.00	20	22.8
18 x 59	33.7	6.88	11.52	20	23.8
18 x 62	34.5	7.26	12.05	20	24.9
18 x 65	35.3	7.67	12.51	20	25.9
18 x 68	36.0	8.07	13.10	20	27.1
18 x 71	37.0	8.44	13.61	18	36.7
18 x 78	38.0	9.23	14.66	18	39.5

وزن کانال‌کشی گالوانیزه بیضوی مسطح

اندازه اسمی بیضی مسطح	گردی معادل	مساحت سطح مقطع	مساحت سطح	مقیاس	وزن
		ft^2	$ft^2/lin.ft$		$lbs/lin.ft$
20 x 26	23.6	3.05	6.28	22	11.0
20 x 29	25.2	3.49	6.81	22	12.0
20 x 31	26.0	3.71	7.07	22	12.4
20 x 33	26.6	3.93	7.33	22	12.9
20 x 34	27.0	4.15	7.59	22	13.3
20 x 36	28.0	4.36	7.85	22	13.8
20 x 39	29.2	4.81	8.37	22	14.7
20 x 40	30.0	5.02	8.64	22	15.2
20 x 42	30.3	5.23	8.89	22	15.6
20 x 44	31.0	5.45	9.16	22	16.1
20 x 45	31.4	5.67	9.42	22	16.6
20 x 47	32.0	5.89	9.69	22	17.0
20 x 48	32.5	6.11	9.95	22	17.5
20 x 51	33.4	6.55	10.56	20	21.9
20 x 55	34.4	6.98	11.00	20	22.8
20 x 58	35.3	7.41	11.52	20	23.8
20 x 61	36.2	7.86	12.05	20	24.9
20 x 64	37.1	8.29	12.57	20	26.0
20 x 67	37.9	8.71	13.10	20	27.1
20 x 77	40.0	10.04	14.66	18	39.5
22 x 25	23.9	3.12	6.28	22	11.0
22 x 28	25.6	3.60	6.81	22	12.0
22 x 31	27.2	4.08	7.33	22	12.9
22 x 35	28.7	4.56	7.85	22	13.8
22 x 38	30.0	5.04	8.38	22	14.7
22 x 39	31.0	5.28	8.64	22	15.2
22 x 41	31.3	5.52	8.90	22	15.6
22 x 42	32.0	5.76	9.16	22	16.1
22 x 44	32.5	6.00	9.42	22	16.6
22 x 46	33.0	6.24	9.69	22	17.0
22 x 47	33.7	6.48	9.95	22	17.5
22 x 50	34.8	6.96	10.47	20	21.7
22 x 53	35.8	7.44	11.00	20	22.8
22 x 57	36.7	7.92	11.52	20	23.8
22 x 60	37.8	8.40	12.04	20	24.9
22 x 63	38.7	8.88	12.57	20	26.0
22 x 66	39.6	9.36	13.09	20	27.1
22 x 69	40.4	9.84	13.61	20	28.2
22 x 75	42.0	10.80	14.66	18	39.5
22 x 82	44.0	11.76	15.71	18	42.3

وزن کانال‌کشی گالوانیزه بیضوی مسطح

اندازه اسمی بیضی مسطح	گردی معادل	مساحت سطح مقطع	مساحت سطح	مقیاس	وزن
		ft^2	$ft^2/lin.ft$		$lbs/lin.ft$
24 x 27	25.9	3.66	6.81	22	12.0
24 x 30	28.1	4.19	7.33	22	12.9
24 x 33	29.3	4.71	7.85	22	13.8
24 x 37	30.8	5.23	8.38	22	14.7
24 x 40	32.2	5.76	8.90	22	15.6
24 x 41	33.0	6.02	9.16	22	16.1
24 x 43	33.5	6.28	9.42	22	16.6
24 x 44	34.0	6.54	9.69	22	17.1
24 x 46	34.7	6.80	9.95	22	17.5
24 x 49	35.9	7.33	10.47	20	21.7
24 x 52	37.0	7.85	11.00	20	22.8
24 x 55	38.1	8.38	11.52	20	23.8
24 x 59	39.2	8.90	12.04	20	24.9
24 x 62	40.1	9.42	12.57	20	26.0
24 x 65	41.1	9.95	13.09	20	27.1
24 x 68	42.0	10.47	13.61	20	28.2
24 x 74	44.0	11.52	14.66	18	39.5
26 x 29	27.9	4.25	7.33	22	12.9
26 x 32	29.7	4.82	7.85	22	13.8
26 x 35	31.3	5.39	8.38	22	14.7
26 x 39	32.8	5.96	8.90	22	15.6
26 x 42	34.3	6.52	9.42	22	16.6
26 x 45	35.6	7.09	9.95	22	17.5
26 x 48	36.9	7.66	10.47	22	18.4
26 x 51	38.1	8.22	11.00	20	22.8
26 x 54	39.3	8.79	11.52	20	23.8
26 x 57	40.4	9.36	12.04	20	24.9
26 x 61	41.5	9.93	12.57	20	26.0
26 x 64	42.5	10.49	13.09	20	27.1
26 x 67	43.5	11.06	13.61	20	28.2
26 x 70	44.4	11.63	14.14	20	29.3
28 x 31	29.9	4.88	7.85	22	13.8
28 x 34	31.7	5.50	8.38	22	14.7
28 x 37	33.4	6.11	8.90	22	15.6
28 x 41	34.9	6.72	9.42	22	16.6
28 x 44	36.4	7.33	9.95	22	17.5
28 x 47	37.8	7.94	10.47	22	18.4
28 x 50	39.1	8.55	11.00	20	22.8
28 x 53	40.3	9.16	11.52	20	23.8
28 x 56	41.5	9.77	12.04	20	24.9

وزن کانال‌کشی گالوانیزه بیضوی مسطح

اندازه اسمی بیضی مسطح	گردی معادل	مساحت سطح مقطع	مساحت سطح	مقیاس	وزن
		ft^2	$ft^2/lin.ft$		$lbs/lin.ft$
28 x 59	42.6	10.38	12.57	20	26.0
28 x 63	43.8	10.99	13.09	20	27.1
28 x 66	44.8	11.60	13.61	20	28.2
28 x 69	45.8	12.22	14.14	20	29.3
30 x 33	32.0	5.56	8.38	22	14.7
30 x 36	33.7	6.22	8.90	22	15.6
30 x 39	35.4	6.87	9.42	22	16.6
30 x 43	37.0	7.53	9.95	22	17.5
30 x 46	38.5	8.18	10.47	22	18.4
30 x 49	39.9	8.84	11.00	20	22.8
30 x 52	41.2	9.94	11.52	20	23.8
30 x 55	42.5	10.15	12.06	20	25.0
30 x 58	43.7	10.80	12.57	20	26.0
30 x 61	44.9	11.46	13.09	20	27.1
30 x 64	46.0	12.11	13.61	20	28.2
30 x 68	47.1	12.77	14.14	20	29.3
30 x 71	48.2	13.42	14.66	18	39.5
32 x 35	34.0	6.28	8.90	22	15.6
32 x 38	35.8	6.98	9.42	22	16.6
32 x 41	37.4	7.68	9.95	22	17.5
32 x 45	39.0	8.38	10.47	22	18.4
32 x 48	40.5	9.08	11.00	22	15.3
32 x 51	42.0	9.77	11.52	20	23.8
32 x 54	43.3	10.47	12.04	20	24.9
32 x 57	44.6	11.17	12.57	20	26.0
32 x 60	45.9	11.87	13.09	20	27.1
32 x 63	47.1	12.57	13.61	20	28.2
32 x 67	48.3	13.26	14.14	20	29.3
32 x 70	49.4	13.96	14.66	20	30.3
34 x 37	36.0	7.05	9.42	22	16.6
34 x 40	37.8	7.79	9.95	22	17.5
34 x 43	39.5	8.52	10.47	22	18.4
34 x 47	41.1	9.27	11.00	22	19.3
34 x 50	42.6	10.01	11.52	20	23.8
34 x 53	44.1	10.75	12.04	20	24.9
34 x 56	45.5	11.50	12.57	20	26.0
34 x 59	46.8	12.24	13.09	20	27.1
34 x 62	48.1	12.98	13.61	20	28.2

وزن کانال کشی گالوانیزه بیضوی مسطح

اندازه اسمی بیضی مسطح	گردی معادل	مساحت سطح مقطع	مساحت سطح	مقیاس	وزن
		ft^2	$ft^2/lin.ft$		$lbs/lin.ft$
34 x 65	49.3	13.72	14.14	20	29.3
34 x 69	50.5	14.46	14.66	20	30.3
34 x 72	51.6	15.20	15.18	18	31.4
36 x 39	38.0	7.85	9.95	22	17.5
36 x 42	39.8	8.64	10.47	22	18.4
36 x 45	41.5	9.42	11.00	22	19.4
36 x 49	43.1	10.21	11.52	20	23.8
36 x 52	44.7	11.00	12.04	20	24.9
36 x 55	46.7	11.78	12.57	20	26.0
36 x 58	47.6	12.57	13.09	20	27.1
36 x 61	48.9	13.35	13.61	20	28.2
36 x 64	50.2	14.14	14.14	20	29.3
36 x 67	51.1	14.92	14.66	20	30.3
36 x 71	52.7	15.71	15.18	18	40.9
38 x 41	40.0	8.70	10.47	22	18.4
38 x 44	41.8	9.35	11.00	22	19.3
38 x 47	43.5	10.36	11.52	22	20.3
38 x 51	45.2	11.19	12.04	20	24.9
38 x 54	46.7	12.02	12.57	20	26.0
38 x 57	48.2	12.85	13.09	20	27.1
38 x 60	49.7	13.68	13.61	20	28.2
38 x 63	51.0	14.51	14.14	20	29.3
38 x 66	52.4	15.34	14.66	20	30.3
38 x 69	53.7	16.16	15.18	20	31.4
40 x 43	42.0	9.60	11.00	22	19.3
40 x 46	43.8	10.47	11.52	22	20.3
40 x 49	45.6	11.34	12.04	20	24.9
40 x 53	47.2	12.21	12.57	20	26.0
40 x 56	48.8	13.09	13.09	20	27.1
40 x 59	50.4	13.96	13.61	20	28.2
40 x 62	51.8	14.83	14.14	20	29.3
40 x 65	53.2	15.71	14.66	20	30.3
40 x 68	54.5	16.58	15.18	20	31.4
40 x 71	55.8	17.45	15.71	18	42.3

توجه:

۱. گردی معادل، قطر کانال گرد شده‌ای می‌باشد که ظرفیت و اصطکاک‌های معادل با اندازه کانال بیضوی مسطح دارد.
۲. جدول برای محکم کردن، آویزان کردن، تقویت، اتصالات و شکاف‌ها به میزان ۲۵٪ رواداری را در خود جای داده است. برای سیستم‌های کانال کشی عایق کاری شده ۱۰٪ اضافه کنید.

۱۶-۶- نسبت هزینه سیستم‌های کانال کشی

نسبت هزینه کانال نصب شده	دسته‌بندی فشار SMACNA
1.00	± 1/2"
1.05	± 1"
1.15	± 2"
1.40	± 3"
1.50	+ 4"
1.60	+ 6"
1.80	+ 10"

نسبت هزینه بهره‌برداری	نسبت هزینه کانال نصب شده	نسبت منظر
1.000	1.00	1:1
1.001	1.13	2:1
1.005	1.28	3:1
1.010	1.45	4:1
1.012	1.65	5:1
1.020	1.85	6:1
1.030	2.08	7:1

۱۶-۷- ضرایب تصحیح افت اصطکاکی برای کانال‌ها

سرعت (ft/min)	جنس							
	فولادهای گالوانیزه و ضد زنگ	لایتر	آلومینیوم	کربن استیل	فایبرگلاس (۲)	PVC	بتن (۱)	دیوار خشک
500	1.00	1.25	0.98	0.93	1.25	0.93	1.5-1.9	1.25
600	1.00	1.28	0.98	0.92	1.27	0.92	1.5-1.9	1.27
700	1.00	1.30	0.98	0.92	1.30	0.92	1.5-2.0	1.30
800	1.00	1.31	0.97	0.91	1.31	0.91	1.5-2.0	1.31
900	1.00	1.32	0.97	0.90	1.31	0.90	1.5-2.0	1.31
1000	1.00	1.33	0.97	0.90	1.32	0.90	1.6-2.1	1.32
1200	1.00	1.36	0.97	0.89	1.34	0.89	1.6-2.1	1.34
1400	1.00	1.38	0.96	0.88	1.36	0.88	1.6-2.1	1.36
1600	1.00	1.40	0.96	0.87	1.38	0.87	1.6-2.2	1.38
1800	1.00	1.41	0.96	0.86	1.39	0.86	1.6-2.3	1.39
2000	1.00	1.42	0.96	0.85	1.40	0.85	1.7-2.3	1.40
2500	1.00	1.45	0.95	0.84	1.42	0.84	1.7-2.3	1.42
3000	1.00	1.47	0.95	0.83	1.43	0.83	1.7-2.3	1.43
3500	1.00	1.49	0.95	0.83	1.44	0.83	1.8-2.4	1.44
4000	1.00	1.50	0.94	0.82	1.45	0.82	1.8-2.4	1.45
4500	1.00	1.52	0.94	0.81	1.46	0.81	1.8-2.4	1.46
5000	1.00	1.54	0.94	0.80	1.48	0.80	1.8-2.4	1.48
5500	1.00	1.55	0.93	0.79	1.49	0.79	1.8-2.4	1.49
6000	1.00	1.56	0.93	0.78	1.50	0.78	1.8-2.4	1.50

توجه:

۱. عدد اول مربوط به بتن با سطح صاف و عدد دوم برای بتن با سطح زبر می‌باشند.
۲. ضریب تصحیح افت اصطکاکی کانال‌های انعطاف‌پذیر ۱.۵ تا ۲ برابر مقادیر آورده شده در جدول خواهد بود.

۱۶-۸- فشار سرعت

سرعت بر حسب فشار سرعت

سرعت	فشار سرعت	سرعت	فشار سرعت	سرعت	فشار سرعت
<i>ft/min</i>	<i>in WG</i>	<i>ft/min</i>	<i>in WG</i>	<i>ft/min</i>	<i>in WG</i>
50	0.0002	2050	0.262	4050	1.023
100	0.0006	2100	0.275	4100	1.048
150	0.001	2150	0.288	4150	1.074
200	0.002	2200	0.302	4200	1.100
250	0.004	2250	0.316	4250	1.126
300	0.006	2300	0.330	4300	1.153
350	0.008	2350	0.344	4350	1.180
400	0.010	2400	0.359	4400	1.207
450	0.013	2450	0.374	4450	1.235
500	0.016	2500	0.390	4500	1.262
550	0.019	2550	0.405	4550	1.291
600	0.022	2600	0.421	4600	1.319
650	0.026	2650	0.438	4650	1.348
700	0.031	2700	0.454	4700	1.377
750	0.035	2750	0.471	4750	1.407
800	0.040	2800	0.489	4800	1.436
850	0.045	2850	0.506	4850	1.466
900	0.050	2900	0.524	4900	1.497
950	0.056	2950	0.543	4950	1.528
1000	0.062	3000	0.561	5000	1.559
1050	0.069	3050	0.580	5050	1.590
1100	0.075	3100	0.599	5100	1.622
1150	0.082	3150	0.619	5150	1.654
1200	0.090	3200	0.638	5200	1.686
1250	0.097	3250	0.659	5250	1.718
1300	0.105	3300	0.679	5300	1.751
1350	0.114	3350	0.700	5350	1.784
1400	0.122	3400	0.721	5400	1.818
1450	0.131	3450	0.742	5450	1.852
1500	0.140	3500	0.764	5500	1.886
1550	0.150	3550	0.786	5550	1.920
1600	0.160	3600	0.808	5600	1.955
1650	0.170	3650	0.831	5650	1.990
1700	0.180	3700	0.853	5700	2.026
1750	0.191	3750	0.877	5750	2.061
1800	0.202	3800	0.900	5800	2.097
1850	0.213	3850	0.924	5850	2.134
1900	0.225	3900	0.948	5900	2.170
1950	0.237	3950	0.973	5950	2.207
2000	0.249	4000	0.998	6000	2.244

سرعت بر حسب فشار سرعت

سرعت	فشار سرعت	سرعت	فشار سرعت	سرعت	فشار سرعت
<i>ft/min</i>	<i>in WG</i>	<i>ft/min</i>	<i>in WG</i>	<i>ft/min</i>	<i>in WG</i>
6050	2.282	8050	4.040	10050	6.297
6100	2.320	8100	4.090	10100	6.360
6150	2.358	8150	4.141	10150	6.423
6200	2.397	8200	4.192	10200	6.486
6250	2.435	8250	4.243	10250	6.550
6300	2.474	8300	4.295	10300	6.614
6350	2.514	8350	4.347	10350	6.678
6400	2.554	8400	4.399	10400	6.743
6450	2.594	8450	4.452	10450	6.808
6500	2.634	8500	4.504	10500	6.873
6550	2.675	8550	4.558	10550	6.939
6600	2.716	8600	4.611	10600	7.005
6650	2.757	8650	4.665	10650	7.071
6700	2.799	8700	4.719	10700	7.138
6750	2.841	8750	4.773	10750	7.205
6800	2.883	8800	4.828	10800	7.272
6850	2.925	8850	4.883	10850	7.339
6900	2.968	8900	4.938	10900	7.407
6950	3.011	8950	4.994	10950	7.475
7000	3.055	9000	5.050	11000	7.544
7050	3.099	9050	5.106	11050	7.612
7100	3.143	9100	5.163	11100	7.681
7150	3.187	9150	5.220	11150	7.751
7200	3.232	9200	5.277	11200	7.820
7250	3.277	9250	5.334	11250	7.890
7300	3.322	9300	5.392	11300	7.961
7350	3.368	9350	5.450	11350	8.031
7400	3.414	9400	5.509	11400	8.102
7450	3.460	9450	5.567	11450	8.173
7500	3.507	9500	5.627	11500	8.245
7550	3.554	9550	5.686	11550	8.317
7600	3.601	9600	5.746	11600	8.389
7650	3.649	9650	5.807	11650	8.461
7700	3.696	9700	5.866	11700	8.534
7750	3.745	9750	5.927	11750	8.607
7800	3.793	9800	5.988	11800	8.681
7850	3.842	9850	6.049	11850	8.755
7900	3.891	9900	6.110	11900	8.829
7950	3.940	9950	6.172	11950	8.903
8000	3.990	10000	6.234	12000	8.978

۹-۱۶ - کانال‌های گرد شده/مستطیلی معادل

ابعاد معادل کانال مستطیلی

قطر کانال	اندازه مستطیلی	نسبت منظر							
		1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75
<i>in</i>	<i>in</i>								
6	WIDTH	-	6	-	-	-	-	-	-
	HEIGHT	-	5	-	-	-	-	-	-
7	WIDTH	6	8	-	-	-	-	-	-
	HEIGHT	6	6	-	-	-	-	-	-
8	WIDTH	7	9	9	11	-	-	-	-
	HEIGHT	7	7	6	6	-	-	-	-
9	WIDTH	8	9	11	11	12	14	-	-
	HEIGHT	8	7	7	6	6	6	-	-
10	WIDTH	9	10	12	12	14	14	15	17
	HEIGHT	9	8	8	7	7	6	6	6
11	WIDTH	10	11	12	14	14	16	18	17
	HEIGHT	10	9	8	8	7	7	7	6
12	WIDTH	11	13	14	14	16	16	18	19
	HEIGHT	11	10	9	8	8	7	7	7
13	WIDTH	12	14	15	16	18	18	20	19
	HEIGHT	12	11	10	9	9	8	8	7
14	WIDTH	13	14	17	18	18	20	20	22
	HEIGHT	13	11	11	10	9	9	8	8
15	WIDTH	14	15	17	18	20	20	23	25
	HEIGHT	14	12	11	10	10	9	9	9
16	WIDTH	15	16	18	19	20	23	23	25
	HEIGHT	15	13	12	11	10	10	9	9
17	WIDTH	16	18	20	21	22	25	25	28
	HEIGHT	16	14	13	12	11	11	10	10
18	WIDTH	16	19	21	23	24	25	28	28
	HEIGHT	16	15	14	13	12	11	11	10
19	WIDTH	17	20	21	23	24	27	28	30
	HEIGHT	17	16	14	13	12	12	11	11
20	WIDTH	18	20	23	25	26	27	30	30
	HEIGHT	18	16	15	14	13	12	12	11
21	WIDTH	19	21	24	26	28	29	30	33
	HEIGHT	19	17	16	15	14	13	12	12
22	WIDTH	20	23	26	26	28	32	33	36
	HEIGHT	20	18	17	15	14	14	13	13
23	WIDTH	21	24	26	28	30	32	35	36
	HEIGHT	21	19	17	16	15	14	14	13
24	WIDTH	22	25	27	30	32	34	35	39
	HEIGHT	22	20	18	17	16	15	14	14
25	WIDTH	23	25	29	30	32	36	38	39
	HEIGHT	23	20	19	17	16	16	15	14
26	WIDTH	24	26	30	32	34	36	38	41
	HEIGHT	24	21	20	18	17	16	15	15
27	WIDTH	25	28	30	33	36	38	40	41
	HEIGHT	25	22	20	19	18	17	16	15

ابعاد معادل کانال مستطیلی

قطر کانال	اندازه مستطیلی	نسبت منظر							
		1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75
<i>in</i>	<i>in</i>								
28	WIDTH	26	29	32	35	36	38	43	44
	HEIGHT	26	23	21	20	18	17	17	16
29	WIDTH	27	30	33	35	38	41	43	44
	HEIGHT	27	24	22	20	19	18	17	16
30	WIDTH	27	31	35	37	40	43	45	47
	HEIGHT	27	25	23	21	20	19	18	17
31	WIDTH	28	31	35	39	40	43	45	50
	HEIGHT	28	25	23	22	20	19	18	18
32	WIDTH	29	33	36	39	42	45	48	50
	HEIGHT	29	26	24	22	21	20	19	18
33	WIDTH	30	34	38	40	44	47	50	52
	HEIGHT	30	27	25	23	22	21	20	19
34	WIDTH	31	35	39	42	44	47	50	52
	HEIGHT	31	28	26	24	22	21	20	19
35	WIDTH	32	36	39	42	46	50	53	55
	HEIGHT	32	29	26	24	23	22	21	20
36	WIDTH	33	36	41	44	48	50	53	55
	HEIGHT	33	29	27	25	24	22	21	20
38	WIDTH	35	39	44	47	50	54	58	61
	HEIGHT	35	31	29	27	25	24	23	22
40	WIDTH	37	41	45	49	52	56	60	63
	HEIGHT	37	33	30	28	26	25	24	23
42	WIDTH	38	43	48	51	56	59	63	66
	HEIGHT	38	34	32	29	28	26	25	24
44	WIDTH	40	45	50	54	58	61	65	69
	HEIGHT	40	36	33	31	29	27	26	25
46	WIDTH	42	48	53	56	60	65	68	72
	HEIGHT	42	38	35	32	30	29	27	26
48	WIDTH	44	49	54	60	62	68	70	74
	HEIGHT	44	39	36	34	31	30	28	27
50	WIDTH	46	51	57	61	66	70	75	77
	HEIGHT	46	41	38	35	33	31	30	28
52	WIDTH	48	54	59	63	68	72	78	83
	HEIGHT	48	43	39	36	34	32	31	30
54	WIDTH	49	55	62	67	70	77	80	85
	HEIGHT	49	44	41	38	35	34	32	31
56	WIDTH	51	58	63	68	74	79	83	88
	HEIGHT	51	46	42	39	37	35	33	32
58	WIDTH	53	60	66	70	76	81	85	91
	HEIGHT	53	48	44	40	38	36	34	33
60	WIDTH	55	61	68	74	78	83	90	94
	HEIGHT	55	49	45	42	39	37	36	34
62	WIDTH	57	64	71	75	82	88	93	96
	HEIGHT	57	51	47	43	41	39	37	35

ابعاد معادل کانال مستطیلی

قطر کانال	اندازه مستطیلی	نسبت منظر							
		1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75
<i>in</i>	<i>in</i>								
64	WIDTH	59	65	72	79	84	90	95	99
	HEIGHT	59	52	48	45	42	40	38	36
66	WIDTH	60	68	75	81	86	92	98	105
	HEIGHT	60	54	50	46	43	41	39	38
68	WIDTH	62	70	77	82	90	95	100	107
	HEIGHT	62	56	51	47	45	42	40	39
70	WIDTH	64	71	80	86	92	99	105	110
	HEIGHT	64	57	53	49	46	44	42	40
72	WIDTH	66	74	81	88	94	101	108	113
	HEIGHT	66	59	54	50	47	45	43	41
74	WIDTH	68	76	84	91	98	104	110	116
	HEIGHT	68	61	56	52	49	46	44	42
76	WIDTH	70	78	86	93	100	106	113	118
	HEIGHT	70	62	57	53	50	47	45	43
78	WIDTH	71	80	89	95	102	110	115	121
	HEIGHT	71	64	59	54	51	49	46	44
80	WIDTH	73	83	90	98	104	113	118	124
	HEIGHT	73	66	60	56	52	50	48	45
82	WIDTH	75	84	93	100	108	115	123	129
	HEIGHT	75	67	62	57	54	51	49	47
84	WIDTH	77	86	95	103	110	117	125	132
	HEIGHT	77	69	63	59	55	52	50	48
86	WIDTH	79	88	98	105	112	119	128	135
	HEIGHT	79	70	65	60	56	53	51	49
88	WIDTH	80	90	99	107	116	124	130	138
	HEIGHT	80	72	66	61	58	55	52	50
90	WIDTH	82	93	102	110	118	126	133	140
	HEIGHT	82	73	68	63	59	56	53	51
92	WIDTH	84	94	104	112	120	128	138	143
	HEIGHT	84	75	69	64	60	57	55	52
94	WIDTH	86	96	107	116	124	131	140	146
	HEIGHT	86	77	71	66	62	58	56	53
96	WIDTH	88	99	108	117	126	135	143	151
	HEIGHT	88	79	72	67	63	60	57	55
98	WIDTH	90	100	111	119	123	137	145	154
	HEIGHT	90	80	74	68	64	61	58	56
100	WIDTH	91	103	113	123	132	140	148	157
	HEIGHT	91	82	75	70	66	62	59	57
102	WIDTH	93	105	116	124	134	142	153	160
	HEIGHT	93	84	77	71	67	63	61	58
104	WIDTH	95	106	117	128	136	146	155	162
	HEIGHT	95	85	78	73	68	65	62	59

ابعاد معادل کانال مستطیلی

قطر کانال	اندازه مستطیلی	نسبت منظر						
		3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
<i>in</i>	<i>in</i>							
6	WIDTH HEIGHT	-	-	-	-	-	-	-
7	WIDTH HEIGHT	-	-	-	-	-	-	-
8	WIDTH HEIGHT	-	-	-	-	-	-	-
9	WIDTH HEIGHT	-	-	-	-	-	-	-
10	WIDTH HEIGHT	-	-	-	-	-	-	-
11	WIDTH HEIGHT	18 6	21 6	- -	- -	- -	- -	- -
12	WIDTH HEIGHT	21 7	21 6	24 6	- -	- -	- -	- -
13	WIDTH HEIGHT	21 7	25 7	24 6	30 6	- -	- -	- -
14	WIDTH HEIGHT	24 8	25 7	28 7	30 6	36 6	- -	- -
15	WIDTH HEIGHT	24 8	28 8	28 7	35 7	36 6	42 6	- -
16	WIDTH HEIGHT	27 9	28 8	32 8	35 7	42 7	47 6	48 6
17	WIDTH HEIGHT	27 9	32 9	32 8	35 7	42 7	49 7	48 6
18	WIDTH HEIGHT	30 10	32 9	36 9	40 8	42 7	49 7	56 7
19	WIDTH HEIGHT	30 10	35 10	36 9	40 8	48 8	49 7	56 7
20	WIDTH HEIGHT	33 11	35 10	40 10	45 9	48 8	56 8	56 7
21	WIDTH HEIGHT	33 11	39 11	40 10	45 9	54 9	56 8	64 8
22	WIDTH HEIGHT	36 12	39 11	44 11	50 10	54 9	56 8	64 8
23	WIDTH HEIGHT	39 13	42 12	44 11	55 10	54 9	63 8	64 8
24	WIDTH HEIGHT	39 13	42 12	48 12	55 11	60 10	63 9	72 9
25	WIDTH HEIGHT	42 14	46 13	48 12	55 11	60 10	70 10	72 9
26	WIDTH HEIGHT	42 14	46 13	52 13	55 11	66 11	70 10	72 9
27	WIDTH HEIGHT	45 15	19 14	52 13	60 12	66 11	70 10	80 10

ابعاد معادل کانال مستطیلی

قطر کانال	اندازه مستطیلی	نسبت منظر						
		3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
<i>in</i>	<i>in</i>							
28	WIDTH HEIGHT	45 15	49 14	56 14	60 12	66 11	77 11	80 10
29	WIDTH HEIGHT	48 16	53 15	56 14	65 13	72 12	77 11	88 11
30	WIDTH HEIGHT	48 16	53 15	60 15	65 13	72 12	77 11	88 11
31	WIDTH HEIGHT	51 17	56 16	60 15	70 14	78 13	82 12	88 11
32	WIDTH HEIGHT	54 18	56 16	60 15	70 14	78 13	82 12	96 12
33	WIDTH HEIGHT	54 18	60 17	64 16	75 15	78 13	91 13	96 12
34	WIDTH HEIGHT	57 19	60 17	64 16	75 15	84 14	91 13	96 12
35	WIDTH HEIGHT	57 19	63 18	68 17	75 15	84 14	91 13	104 13
36	WIDTH HEIGHT	60 20	63 18	68 17	80 16	90 15	98 14	104 13
38	WIDTH HEIGHT	63 21	67 19	72 18	85 17	96 16	105 15	112 14
40	WIDTH HEIGHT	66 22	70 20	76 19	90 18	96 16	105 15	120 15
42	WIDTH HEIGHT	69 23	74 21	80 20	90 18	102 17	112 16	120 15
44	WIDTH HEIGHT	72 24	81 23	84 21	95 19	108 18	119 17	128 16
46	WIDTH HEIGHT	75 25	84 24	88 22	100 20	114 19	126 18	136 17
48	WIDTH HEIGHT	78 26	88 25	92 23	105 21	120 20	126 18	136 17
50	WIDTH HEIGHT	81 27	91 26	96 24	110 22	120 20	133 19	144 18
52	WIDTH HEIGHT	84 28	95 27	100 25	115 23	126 21	140 20	152 19
54	WIDTH HEIGHT	90 30	98 28	104 26	120 24	132 22	147 21	160 20
56	WIDTH HEIGHT	93 31	102 29	108 27	125 25	138 23	147 21	160 20
58	WIDTH HEIGHT	96 32	105 30	112 28	130 26	144 24	154 22	168 21
60	WIDTH HEIGHT	99 33	109 31	116 29	130 26	144 24	161 23	- -
62	WIDTH HEIGHT	102 34	112 32	120 30	135 27	150 25	168 24	- -

ابعاد معادل کانال مستطیلی

قطر کانال	اندازه مستطیلی	نسبت منظر						
		3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
<i>in</i>	<i>in</i>							
64	WIDTH HEIGHT	105 35	116 33	124 31	140 28	156 26	- -	- -
66	WIDTH HEIGHT	108 36	119 34	128 32	145 29	162 27	- -	- -
68	WIDTH HEIGHT	111 37	123 35	132 33	150 30	168 28	- -	- -
70	WIDTH HEIGHT	114 38	126 36	136 34	155 31	- -	- -	- -
72	WIDTH HEIGHT	117 39	130 37	140 35	160 32	- -	- -	- -
74	WIDTH HEIGHT	123 41	133 38	144 36	165 33	- -	- -	- -
76	WIDTH HEIGHT	126 42	137 39	148 37	165 33	- -	- -	- -
78	WIDTH HEIGHT	129 43	140 40	152 38	- -	- -	- -	- -
80	WIDTH HEIGHT	132 44	144 41	156 39	- -	- -	- -	- -
82	WIDTH HEIGHT	135 45	147 42	160 40	- -	- -	- -	- -
84	WIDTH HEIGHT	138 46	151 43	164 41	- -	- -	- -	- -
86	WIDTH HEIGHT	141 47	154 44	168 42	- -	- -	- -	- -
88	WIDTH HEIGHT	144 48	158 45	- -	- -	- -	- -	- -
90	WIDTH HEIGHT	147 49	161 46	- -	- -	- -	- -	- -
92	WIDTH HEIGHT	150 50	165 47	- -	- -	- -	- -	- -
94	WIDTH HEIGHT	153 51	168 48	- -	- -	- -	- -	- -
96	WIDTH HEIGHT	159 53	- -	- -	- -	- -	- -	- -
98	WIDTH HEIGHT	162 54	- -	- -	- -	- -	- -	- -
100	WIDTH HEIGHT	165 55	- -	- -	- -	- -	- -	- -
102	WIDTH HEIGHT	168 56	- -	- -	- -	- -	- -	- -
104	WIDTH HEIGHT	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -

توجه:

۱. مناطق سایه‌دار از حداکثر نسبت منظر توصیه شده 4:1 تجاوز نموده‌اند.

کانال‌های معادل گرد شده / مستطیلی

A/B	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	9	10	11
3.0	3.3											
3.5	3.5	3.8										
4.0	3.8	4.1	4.4									
4.5	4.0	4.3	4.6	4.9								
5.0	4.2	4.6	4.9	5.2	5.5							
5.5	4.4	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0						
6	4.6	5.0	5.3	5.7	6.0	6.3	6.6					
7	4.9	5.3	5.7	6.1	6.4	6.8	7.1	7.7				
8	5.2	5.7	6.1	6.5	6.9	7.2	7.6	8.2	8.7			
9	5.5	6.0	6.4	6.9	7.3	7.6	8.0	8.7	9.3	9.8		
10	5.7	6.3	6.7	7.2	7.6	8.0	8.4	9.1	9.8	10.4	10.9	
11	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.4	8.8	9.5	10.2	10.9	11.5	12.0
12	6.2	6.8	7.3	7.8	8.3	8.7	9.1	9.9	10.7	11.3	12.0	12.6
13	6.4	7.0	7.6	8.1	8.6	9.0	9.5	10.3	11.1	11.8	12.4	13.1
14	6.6	7.2	7.8	8.4	8.9	9.3	9.8	10.8	11.4	12.2	12.9	13.5
15	6.8	7.5	8.0	8.6	9.1	9.6	10.1	11.0	11.8	12.6	13.1	14.0
16	7.0	7.7	8.3	8.8	9.4	9.9	10.4	11.3	12.2	13.0	13.7	14.4
17	7.2	7.9	8.5	9.1	9.6	10.2	10.7	11.6	12.5	13.4	14.1	14.9
18	7.3	8.0	8.7	9.3	9.9	10.4	11.0	11.9	12.9	13.7	14.5	15.3
19	7.5	8.2	8.9	9.5	10.1	10.7	11.2	12.2	13.2	14.1	14.9	15.7
20	7.7	8.4	9.1	9.7	10.3	10.9	11.5	12.6	13.5	14.4	15.2	16.0
22	8.0	8.7	9.5	10.1	10.8	11.4	12.0	13.0	14.1	15.0	15.9	16.8
24	8.3	9.1	9.8	10.5	11.2	11.8	12.4	13.5	14.6	15.6	16.5	17.4
26	8.5	9.4	10.1	10.9	11.5	12.2	12.8	14.0	15.1	16.2	17.1	18.1
28	8.8	9.6	10.4	11.2	11.9	12.6	13.2	14.5	15.6	16.7	17.7	18.7
30	9.0	9.9	10.7	11.5	12.2	13.0	13.6	14.9	16.1	17.2	18.3	19.3
32		10.2	11.0	11.8	12.6	13.3	14.0	15.3	16.5	17.7	18.8	19.8
34		10.4	11.3	12.2	12.9	13.6	14.4	15.7	17.0	18.2	19.3	20.4
36		10.7	11.5	12.4	13.2	14.0	14.7	16.1	17.4	18.6	19.8	20.9
38			11.8	12.7	13.5	14.3	15.0	16.5	17.8	19.0	20.2	21.4
40			12.0	13.1	13.8	14.7	15.3	16.8	18.2	19.5	20.7	21.8
42				13.2	14.0	14.9	15.6	17.1	18.5	19.9	21.1	22.3
44				13.4	14.3	15.1	15.9	17.5	18.9	20.3	21.5	22.7
46				13.7	14.6	15.4	16.2	17.8	19.3	20.6	21.9	23.2
48					14.8	15.7	16.5	18.1	19.6	21.0	22.3	23.6
50					15.1	15.9	16.8	18.4	19.9	21.4	22.7	24.0
52						16.2	17.1	18.7	20.2	21.7	23.1	24.4
54						16.4	17.3	19.0	20.6	22.0	23.5	24.8
56						16.7	17.6	19.3	20.9	22.4	23.8	25.2
58							17.8	19.5	21.2	22.7	24.2	25.5
60							18.1	19.8	21.5	23.0	24.5	25.9
62								20.1	21.7	23.3	24.8	26.3
64								20.3	22.0	23.6	25.1	26.6
66								20.6	22.3	23.9	25.5	26.9
68								20.8	22.6	24.2	25.8	27.3
70								21.1	22.8	24.5	26.1	27.6
72									23.1	24.8	26.4	27.9
74									23.3	25.1	26.7	28.2
76									23.6	25.3	27.0	28.5
78									23.8	25.6	27.3	28.8
80									24.1	25.8	27.5	29.1
82										26.1	27.8	29.4
84										26.4	28.1	29.7
86										26.6	28.3	30.0
88										26.8	28.6	30.3
90										27.1	28.9	30.6
92											29.1	30.8
94											29.4	31.1
96											29.6	31.4
98											29.9	31.7
100											30.1	31.9

کانال‌های معادل گرد شده / مستطیلی

A/B	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26
3.0												
3.5												
4.0												
4.5												
5.0												
5.5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12	13.1											
13	13.7	14.2										
14	14.2	14.7	15.3									
15	14.6	15.3	15.8	16.4								
16	15.1	15.7	16.4	16.9	17.5							
17	15.6	16.2	16.8	17.4	18.0	18.6						
18	16.0	16.7	17.3	17.9	18.5	19.1	19.7					
19	16.4	17.1	17.8	18.4	19.0	19.6	20.2	20.8				
20	16.8	17.5	18.2	18.9	19.5	20.1	20.7	21.3	21.9			
22	17.6	18.3	19.1	19.8	20.4	21.1	21.7	22.3	22.9	24.0		
24	18.3	19.1	19.9	20.6	21.3	22.0	22.7	23.3	23.9	25.1	26.2	
26	19.0	19.8	20.6	21.4	22.1	22.9	23.5	24.2	24.9	26.1	27.3	28.4
28	19.6	20.5	21.3	22.1	22.9	23.7	24.4	25.1	25.8	24.1	28.3	29.5
30	20.2	21.1	22.0	22.9	23.7	24.4	25.2	25.9	26.6	28.0	29.3	30.5
32	20.8	21.8	22.7	23.5	24.4	25.2	26.0	26.7	27.5	28.9	30.2	31.5
34	21.4	22.4	23.3	24.2	25.1	25.9	26.7	27.5	28.3	29.7	31.0	32.4
36	21.9	22.9	23.9	24.8	25.7	26.6	27.4	28.2	29.0	30.5	32.0	33.3
38	22.4	23.5	24.5	25.4	26.4	27.2	28.1	28.9	29.8	31.3	32.8	34.2
40	22.9	24.0	25.0	26.0	27.0	27.9	28.8	29.6	30.5	32.1	33.6	35.1
42	23.4	24.5	25.6	26.6	27.6	28.5	29.4	30.3	31.2	32.8	34.4	35.9
44	23.9	25.0	26.1	27.1	28.1	29.1	30.0	30.9	31.8	33.5	35.1	36.7
46	24.4	25.5	26.6	27.7	28.7	29.7	30.6	31.6	32.5	34.2	35.9	37.4
48	24.8	26.0	27.1	28.2	29.2	30.2	31.2	32.2	33.1	34.9	36.6	38.2
50	25.2	26.4	27.6	28.7	29.8	30.8	31.8	32.8	33.7	35.5	37.2	38.9
52	25.7	26.9	28.0	29.2	30.3	31.3	32.3	33.3	34.3	36.2	37.9	39.6
54	26.1	27.3	28.5	29.7	30.8	31.8	32.9	33.9	34.9	36.8	38.6	40.3
56	26.5	27.7	28.9	30.1	31.2	32.3	33.4	34.4	35.4	37.4	39.2	41.0
58	26.9	28.2	29.4	30.6	31.7	32.8	33.9	35.0	36.0	38.0	39.8	41.6
60	27.3	28.6	29.8	31.0	32.2	33.3	34.4	35.5	36.5	38.5	40.4	42.3
62	27.6	28.9	30.2	31.5	32.6	33.8	34.9	36.0	37.1	39.1	41.0	42.9
64	28.0	29.3	30.6	31.9	33.1	34.3	35.4	36.5	37.6	39.6	41.6	43.5
66	28.4	29.7	31.0	32.3	33.5	34.7	35.9	37.0	38.1	40.2	42.2	44.1
68	28.7	30.1	31.4	32.7	33.9	35.2	36.3	37.5	38.6	40.7	42.8	44.7
70	29.1	30.4	31.8	33.1	34.4	35.6	36.8	37.9	39.1	41.2	43.3	45.3
72	29.4	30.8	32.2	33.5	34.8	36.0	37.2	38.4	39.5	41.7	43.8	45.8
74	29.7	31.2	32.5	33.9	35.2	36.4	37.7	38.8	40.0	42.2	44.4	46.4
76	30.3	31.5	32.9	34.3	35.6	36.8	38.1	39.3	40.5	42.7	44.9	47.0
78	30.4	31.8	33.3	34.6	36.0	37.2	38.5	39.7	40.9	43.2	45.9	47.5
80	30.7	32.2	33.6	35.0	36.3	37.6	38.9	40.2	41.4	43.7	45.9	48.0
82	31.0	32.5	34.0	35.4	36.7	38.0	39.3	40.6	41.8	44.1	46.4	48.5
84	31.3	32.8	34.3	35.7	37.1	38.4	39.7	41.0	42.2	44.6	46.9	49.0
86	31.6	33.1	34.6	36.1	37.4	38.8	40.1	41.4	42.6	45.0	47.3	49.6
88	31.9	33.4	34.9	36.4	37.8	39.2	40.5	41.8	43.1	45.5	47.8	50.0
90	32.2	33.8	35.3	36.7	38.2	39.5	40.9	42.2	43.5	45.9	48.3	50.5
92	32.5	34.1	35.6	37.1	38.5	39.9	41.3	42.6	43.9	46.4	48.7	51.0
94	32.8	34.4	35.9	37.4	38.9	40.3	41.7	43.0	44.3	46.8	49.2	51.5
96	33.0	34.7	36.2	37.7	39.2	40.6	42.0	43.3	44.7	47.2	49.6	52.0
98	33.3	35.0	36.5	38.1	39.5	41.0	42.4	43.7	45.1	47.6	50.1	52.5
100	33.6	35.2	36.8	38.4	39.8	41.3	42.7	44.1	45.4	48	50.5	52.9

کانال‌های معادل گرد شده/مستطیلی

A/B	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
3.0												
3.5												
4.0												
4.5												
5.0												
5.5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
22												
24												
26												
28	30.6											
30	31.7	32.8										
32	32.7	33.9	35.0									
34	33.7	34.9	36.1	37.2								
36	34.6	35.9	37.1	38.2	39.4							
38	35.6	36.8	38.1	39.3	40.4	41.5						
40	36.4	37.8	39.0	40.3	41.5	42.6	43.7					
42	37.3	38.7	40.0	41.3	42.5	43.7	44.8	45.9				
44	38.1	39.5	40.9	42.2	43.5	44.7	45.8	47.0	48.1			
46	38.9	40.4	41.8	43.1	44.4	45.7	46.9	48.0	49.2	50.3		
48	39.7	41.2	42.6	44.0	45.3	46.6	47.9	49.1	50.2	51.4	52.5	
50	40.5	42.0	43.6	44.9	46.2	47.5	48.8	50.0	51.2	52.4	53.6	54.7
52	41.2	42.8	44.3	45.7	47.1	48.4	49.7	51.0	52.2	53.4	54.6	55.7
54	41.9	43.5	45.1	46.5	48.0	49.3	50.7	52.0	53.2	54.4	55.6	56.8
56	42.7	44.3	45.8	47.3	48.8	50.2	51.6	52.9	54.2	55.4	56.6	57.8
58	43.3	45.0	46.6	48.1	49.6	51.0	52.4	53.8	55.1	56.4	57.6	58.8
60	44.0	45.7	47.3	48.9	50.4	51.9	53.3	54.7	60.0	57.3	58.6	59.8
62	44.7	46.4	48.0	49.6	51.2	52.7	54.1	55.5	56.9	58.2	59.5	60.8
64	45.3	47.1	48.7	50.4	51.9	53.5	54.9	56.4	57.8	59.1	60.4	61.7
66	46.0	47.7	49.4	51.1	52.7	54.2	55.7	57.2	58.6	60.0	61.3	62.6
68	46.6	48.4	50.1	51.8	53.4	55.0	56.5	58.0	59.4	60.8	62.2	63.6
70	47.2	49.0	50.8	52.2	54.1	55.7	57.3	58.8	60.3	61.7	63.1	64.4
72	47.8	49.6	51.4	53.2	54.8	56.5	58.0	59.6	61.1	62.5	63.9	65.3
74	48.4	50.3	52.1	53.8	55.5	57.2	58.8	60.3	61.9	63.3	64.8	66.2
76	48.9	50.9	52.7	54.5	56.2	57.9	59.5	61.1	62.6	64.1	65.6	67.0
78	49.5	51.4	53.3	55.1	56.9	58.6	60.2	61.8	63.4	64.9	66.4	67.9
80	50.1	52.0	53.9	55.8	57.5	59.3	60.9	62.6	64.1	65.7	67.2	68.7
82	50.6	52.6	54.6	56.4	58.2	59.9	61.6	63.3	64.9	66.5	68.0	69.5
84	51.1	53.2	55.1	57.0	58.8	60.6	62.3	64.0	65.6	67.2	68.7	70.3
86	51.7	53.7	55.7	57.6	59.4	61.2	63.0	64.7	66.3	67.9	69.5	71.0
88	52.2	54.3	56.3	58.2	60.1	61.9	63.6	65.4	67.0	68.7	70.2	71.8
90	52.7	54.8	56.8	58.8	60.7	62.5	64.3	66.0	67.7	69.4	71.0	72.6
92	53.2	55.3	57.4	59.3	61.3	63.1	64.9	66.7	68.4	70.1	71.7	73.3
94	53.7	55.9	57.9	59.9	61.9	63.7	65.6	67.3	69.1	70.8	72.4	74.0
96	54.2	56.4	58.4	60.5	62.4	64.3	66.2	68.0	69.7	71.5	73.1	74.8
98	54.7	56.9	59.0	61.1	63.0	64.9	66.8	68.6	70.4	72.2	73.8	75.5
100	55.2	57.4	59.5	61.6	63.6	65.5	67.4	69.2	71	72.8	74.5	76.2

کانال‌های معادل گرد شده / مستطیلی

A/B	52	24	26	28	60	62	64	66	68	70	72	74
50												
52	56.8											
54	57.9	59.0										
56	59.0	60.1	61.2									
58	60.0	61.2	62.3	63.4								
60	61.0	62.2	63.4	64.5	65.6							
62	62.0	63.2	64.4	65.5	66.7	67.8						
64	63.0	64.2	65.4	66.6	67.7	69.9	70.0					
66	63.9	65.2	66.4	67.6	68.8	69.9	71.0	72.1				
68	64.9	66.2	67.4	68.6	69.8	71.0	72.1	73.2	74.3			
70	65.8	67.1	68.3	69.6	70.8	72.0	73.2	74.3	75.4	76.5		
72	66.7	68.0	69.3	70.6	71.8	73.0	74.2	75.4	76.5	77.6	78.7	
74	67.5	68.9	70.2	71.5	72.7	74.0	75.2	76.4	77.5	78.7	79.8	80.9
76	68.4	69.8	71.1	72.4	73.7	75.0	76.2	77.4	78.6	79.7	80.9	82.0
78	69.3	70.6	72.0	73.3	74.6	75.9	77.1	78.4	79.6	80.7	81.9	83.0
80	70.1	71.6	72.9	74.2	75.4	76.9	78.1	79.4	80.6	81.8	82.9	84.1
82	70.9	72.3	73.7	75.1	76.4	77.8	79.0	80.3	81.5	82.8	84.0	85.1
84	71.7	72.6	74.6	76.0	77.3	78.7	80.0	81.3	82.5	83.8	85.0	86.1
86	72.5	73.3	75.4	76.8	78.2	79.6	80.9	82.2	83.5	84.7	85.9	87.1
88	73.3	74.0	76.3	77.7	79.1	80.5	81.8	83.1	84.4	85.7	86.9	88.1
90	74.1	75.6	77.1	78.5	79.9	81.3	82.7	84.0	85.3	86.6	87.9	89.1
92	74.9	76.4	77.9	79.3	80.8	82.2	83.5	85.4	86.2	87.5	88.8	90.1
94	75.6	77.2	78.7	80.1	81.6	83.0	84.4	86.0	87.1	88.4	89.7	91.0
96	76.3	77.9	79.4	80.9	82.4	83.8	85.3	86.6	88.0	89.3	90.7	91.9
98	77.1	78.7	80.2	81.7	83.2	84.7	86.1	87.5	88.9	90.2	91.6	92.9
100	77.8	79.4	81	82.5	84	85.5	86.9	88.3	89.7	91.1	92.4	93.8

کانال‌های معادل گرد شده / مستطیلی

A/B	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98
70												
72												
74												
76	83.1											
78	84.2	85.3										
80	85.2	86.4	87.5									
82	86.3	87.4	88.5	89.6								
84	87.3	88.5	89.6	90.7	91.8							
86	88.3	89.5	90.7	91.8	92.9	94.0						
88	89.3	90.5	91.7	92.9	94.0	95.1	96.2					
90	90.3	91.5	92.7	93.9	95.0	96.2	97.3	98.4				
92	91.3	92.5	93.7	94.9	96.1	97.2	98.4	99.5	100.6			
94	92.3	93.5	94.7	95.9	97.1	98.3	99.4	100.6	101.1	102.8		
96	93.2	94.5	95.7	96.9	98.1	99.3	100.5	101.6	102.7	103.8	104.9	
98	94.2	95.5	96.7	97.9	99.1	100.3	101.5	102.7	103.8	104.9	106.0	107.1
100	95.1	96.4	97.6	98.9	100.1	101.3	102.5	103.7	104.8	106	107.1	108.2

توجه:

۱. مناطق سایه‌دار از حداکثر نسبت منظر توصیه شده 4:1 تجاوز نموده‌اند.

۱۷

سیستم‌های لوله‌کشی، کلیات

۱-۱۷- مصالح لوله‌کشی و ویژگی‌های آن‌ها

الف) لوله فولادی و لوله مسی نوع L متداول‌ترین انواع لوله‌های مورد استفاده در کاربری‌های HVAC می‌باشند.

ب) لوله فولادی:

۱. اندازه‌های استاندارد لوله‌های فولادی: $1/2"$; $3/4"$; $1"$; $1 1/4"$; $1 1/2"$; $2"$; $2 1/2"$; $3"$; $4"$; $6"$; $8"$; $10"$; $12"$; $14"$; $16"$;

$18"$; $20"$; $24"$; $30"$; $36"$; $42"$; $48"$; $54"$; $60"$; $72"$; $84"$; $96"$;

۲. اندازه‌های غیراستاندارد لوله‌های فولادی: $5"$; $22"$; $26"$; $28"$; $32"$; $34"$.

۳. لوله‌های فولادی استاندارد و XS تا اندازه $96"$ قابل تهیه می‌باشند.

۴. لوله‌های فولادی XXS تا اندازه $12"$ قابل تهیه می‌باشند.

۵. لوله‌های فولادی رده ۴۰ تا اندازه $96"$ قابل تهیه می‌باشند.

۶. لوله‌های فولادی رده ۸۰ و رده ۱۶۰ تا اندازه $24"$ قابل تهیه می‌باشند.

۷. لوله‌های فولادی استاندارد و رده ۴۰ در قطر $10"$ و قطرهای کوچکتر از آن، دارای ابعاد مشابه می‌باشند.

۸. لوله‌های فولادی XS و رده ۸۰ در قطر $8"$ و قطرهای کوچکتر از آن، دارای ابعاد مشابه می‌باشند.

۹. لوله‌های فولادی XXS و لوله‌های فولادی رده ۱۶۰ هیچ ارتباطی از نظر ابعاد با یکدیگر ندارند.

۱۰. لوله‌های فولادی بر اساس استاندارد ASTM A53 و ASTM A106 ساخته می‌شوند.

۱۱. لوله‌های فولادی در استاندارد ASTM بر اساس گریدهای A و B بیان می‌شوند. لوله فولادی گرید A دارای مقاومت کششی

کمتری بوده و عموماً در کاربری‌های HVAC مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

ج) لوله مسی:

۱. اندازه‌های استاندارد لوله‌های مسی: $1/2"$; $3/4"$; $1"$; $1 1/4"$; $1 1/2"$; $2"$; $2 1/2"$; $3"$; $4"$; $6"$; $8"$; $10"$; $12"$;

۲. لوله‌های مسی در انواع K ، L و M در دسترس قرار دارند.

۳. لوله مسی نوع K عموماً در کاربری‌های دما/فشار بالا مورد کاربرد دارد.

۴. زمانی که لوله‌کشی در معرض آسیب خارجی باشد، نباید از لوله مسی نوع M استفاده شود.

۵. لوله‌های مسی بر اساس استاندارد ASTM B88 ساخته می‌شوند.

د) لوله فولاد ضدزنگ:

۱. اندازه‌های استاندارد لوله‌های فولاد ضد زنگ: $1/2"$; $3/4"$; $1"$; $1 1/4"$; $1 1/2"$; $2"$; $2 1/2"$; $3"$; $4"$; $6"$; $8"$; $10"$; $12"$;

$14"$; $16"$; $18"$; $20"$; $24"$;

۲. لوله‌های فولاد ضد زنگ رده ۵ و رده ۱۰ تا اندازه $24"$ در دسترس می‌باشند.

۱. در مورد لوله کشی بدون عایقکاری: ۲۰٪ برای قلاب‌ها و تکیه‌گاه‌ها به مقادیر جدول اضافه نمایید.
۲. در مورد لوله کشی با عایقکاری: ۲۵٪ برای قلاب‌ها و تکیه‌گاه‌ها و عایقکاری به مقادیر جدول اضافه نمایید.

ویژگی‌های لوله مسی

اندازه لوله	نوع لوله	قطر داخلی in	ضخامت دیواره in	قطر خارجی in	مساحت in ²	وزن (۱)			حجم آب gal/ft
						لوله lbs/ft	آب lbs/ft	کل lbs/ft	
1/2	K	0.527	0.049	0.625	0.218	0.301	0.095	0.396	0.011
	L	0.545	0.040	0.625	0.233	0.250	0.101	0.351	0.012
	M	0.569	0.028	0.625	0.254	0.179	0.110	0.289	0.013
3/4	K	0.745	0.095	0.875	0.436	0.562	0.189	0.751	0.023
	L	0.785	0.045	0.875	0.484	0.399	0.210	0.609	0.025
	M	0.811	0.032	0.875	0.517	0.288	0.224	0.512	0.027
1	K	0.995	0.065	1.125	0.778	0.736	0.337	1.073	0.040
	L	1.025	0.050	1.125	0.825	0.574	0.357	0.932	0.043
	M	1.055	0.035	1.125	0.874	0.407	0.379	0.786	0.045
1 1/4	K	1.245	0.065	1.375	1.217	0.909	0.527	1.437	0.063
	L	1.265	0.055	1.375	1.257	0.775	0.545	1.320	0.065
	M	1.291	0.042	1.375	1.309	0.598	0.567	1.165	0.068
1 1/2	K	1.481	0.072	1.625	1.723	1.194	0.746	1.941	0.089
	L	1.505	0.060	1.625	1.779	1.003	0.771	1.774	0.092
	M	1.527	0.049	1.625	1.831	0.825	0.793	1.618	0.095
2	K	1.959	0.083	2.125	3.014	1.810	1.306	3.116	0.157
	L	1.985	0.070	2.125	3.095	1.536	1.341	2.877	0.161
	M	2.009	0.058	2.125	3.170	1.280	1.373	2.654	0.165
2 1/2	K	2.435	0.095	2.625	4.657	2.567	2.018	4.585	0.242
	L	2.465	0.080	2.625	4.772	2.174	2.068	4.242	0.248
	M	2.495	0.065	2.625	4.889	1.777	2.118	3.895	0.254
3	K	2.907	0.109	3.125	6.637	3.511	2.876	6.387	0.345
	L	2.945	0.090	3.125	6.812	2.917	2.951	5.868	0.354
	M	2.981	0.072	3.125	6.979	2.348	3.024	5.371	0.363
4	K	3.857	0.134	4.125	11.684	5.712	5.062	10.774	0.607
	L	3.905	0.110	4.125	11.977	4.717	5.189	9.906	0.622
	M	3.935	0.095	4.125	12.161	4.089	5.269	9.358	0.632
5	K	4.805	0.160	5.125	18.133	8.484	7.856	16.341	0.942
	L	4.875	0.125	5.125	18.665	6.675	8.087	14.762	0.970
	M	4.907	0.109	5.125	18.911	5.839	8.193	14.033	0.982
6	K	5.741	0.192	6.125	25.886	12.166	11.215	23.381	1.345
	L	5.845	0.140	6.125	26.832	8.949	11.625	20.574	0.394
	M	5.881	0.122	6.125	27.164	7.822	11.769	19.590	1.411
8	K	7.583	0.271	8.125	45.162	22.732	19.566	42.298	2.346
	L	7.725	0.200	8.125	46.869	16.928	20.306	37.234	2.435
	M	7.785	0.170	8.125	47.600	14.443	20.623	35.066	2.473
10	K	9.449	0.338	10.125	70.123	35.330	30.381	65.711	3.643
	L	9.625	0.250	10.125	72.760	26.367	31.523	57.890	3.780
	M	9.701	0.212	10.125	73.913	22.445	32.023	54.468	3.840
12	K	11.315	0.405	12.125	100.554	50.695	43.565	94.259	5.224
	L	11.565	0.280	12.125	105.046	35.422	45.511	80.933	5.457
	M	11.617	0.254	12.125	105.993	32.203	45.921	78.124	5.506

ویژگی‌های لوله فولادی

اندازه لوله	رده		قطر داخلی	ضخامت دیواره	قطر خارجی	مساحت	وزن (۱)			حجم آب
							لوله	آب	کل	
<i>in</i>			<i>in</i>	<i>in</i>	<i>in</i>	<i>in</i> ²	<i>lbs/ft</i>	<i>lbs/ft</i>	<i>lbs/ft</i>	<i>gal/ft</i>
½	10	---	0.674	0.083	0.840	0.357	0.671	0.155	0.826	0.019
	40	STD	0.622	0.109	0.840	0.304	0.851	0.132	0.983	0.016
	80	XS	0.546	0.147	0.840	0.234	1.088	0.101	1.189	0.012
	160	---	0.466	0.187	0.840	0.171	1.304	0.074	1.378	0.009
	---	XXS	0.252	0.294	0.840	0.050	1.714	0.022	1.736	0.003
¾	10	---	0.884	0.083	1.050	0.614	0.857	0.266	1.123	0.032
	40	STD	0.824	0.113	1.050	0.533	1.131	0.231	1.362	0.028
	80	XS	0.742	0.154	1.050	0.432	1.474	0.187	1.661	0.022
	160	---	0.614	0.218	1.050	0.296	1.937	0.128	2.065	0.015
	---	XXS	0.434	0.308	1.050	0.148	2.441	0.064	2.505	0.008
1	10	---	1.097	0.109	1.315	0.945	1.404	0.409	1.813	0.049
	40	STD	1.049	0.133	1.315	0.864	1.679	0.374	2.053	0.045
	80	XS	0.957	0.179	1.315	0.719	2.172	0.312	2.483	0.037
	160	---	0.815	0.250	1.315	0.522	2.844	0.226	3.070	0.027
	---	XXS	0.599	0.358	1.315	0.282	3.659	0.122	3.781	0.015
1 ¼	10	---	1.442	0.109	1.660	1.633	1.806	0.708	2.513	0.085
	40	STD	1.380	0.140	1.660	1.496	2.273	0.648	2.921	0.078
	80	XS	1.278	0.191	1.660	1.283	2.997	0.556	3.552	0.067
	160	---	1.160	0.250	1.660	1.057	3.765	0.458	4.223	0.055
	---	XXS	0.896	0.382	1.660	0.631	5.214	0.273	5.487	0.055
1 ½	10	---	1.682	0.109	1.900	2.222	2.085	0.963	3.048	0.115
	40	STD	1.610	0.145	1.900	2.036	2.718	0.882	3.600	0.106
	80	XS	1.500	0.200	1.900	1.767	3.631	0.766	4.397	0.092
	160	---	1.338	0.281	1.900	1.406	4.859	0.609	5.468	0.073
	---	XXS	1.100	0.400	1.900	0.950	6.408	0.412	6.820	0.049
2	10	---	2.157	0.109	2.375	3.654	2.638	1.583	4.221	0.190
	40	STD	2.067	0.154	2.375	3.356	3.653	1.454	5.107	0.174
	80	XS	1.939	0.218	2.375	2.953	5.022	1.279	6.301	0.153
	160	---	1.689	0.343	2.375	2.241	7.444	0.971	8.415	0.116
	---	XXS	1.503	0.436	2.375	1.774	9.029	0.769	9.798	0.092
2 ½	10	---	2.635	0.120	2.875	5.453	3.531	2.363	5.893	0.283
	40	STD	2.469	0.203	2.875	4.788	5.793	2.074	7.867	0.249
	80	XS	2.323	0.276	2.875	4.238	7.661	1.836	9.497	0.220
	160	---	2.125	0.375	2.875	3.547	10.013	1.537	11.549	0.184
	---	XXS	1.771	0.552	2.875	2.463	13.695	1.067	14.762	0.128
3	10	---	3.260	0.120	3.500	8.347	4.332	3.616	7.948	0.434
	40	STD	3.068	0.216	3.500	7.393	7.576	3.203	10.779	0.384
	80	XS	2.900	0.300	3.500	6.605	10.253	2.862	13.115	0.343
	160	---	2.626	0.437	3.500	5.416	14.296	2.346	16.642	0.281
	---	XXS	2.300	0.600	3.500	4.155	18.584	1.800	20.384	0.216
4	10	---	4.260	0.120	4.500	14.253	5.614	6.175	11.789	0.740
	40	STD	4.026	0.237	4.500	12.730	10.791	5.515	16.306	0.661
	80	XS	3.826	0.337	4.500	11.497	14.984	4.981	19.965	0.597
	160	---	3.438	0.531	4.500	9.283	22.509	4.022	26.531	0.482
	---	XXS	3.152	0.674	4.500	7.803	27.541	3.381	30.922	0.405

ویژگی‌های لوله فولادی

اندازه لوله	رده		قطر داخلی <i>in</i>	ضخامت دیواره <i>in</i>	قطر خارجی <i>in</i>	مساحت <i>in²</i>	وزن (۱)			حجم آب <i>gal/ft</i>
							لوله <i>lbs/ft</i>	آب <i>lbs/ft</i>	کل <i>lbs/ft</i>	
5	10	---	5.295	0.134	5.563	22.020	7.770	9.540	17.310	1.144
	40	STD	5.047	0.258	5.563	20.006	14.618	8.667	23.285	1.039
	80	XS	4.813	0.375	5.563	18.194	20.778	7.882	28.661	0.945
	160	---	4.313	0.625	5.563	14.610	32.962	6.330	39.291	0.759
	---	XXS	4.063	0.750	5.563	12.965	38.553	5.617	44.170	0.674
6	10	---	6.357	0.134	6.625	31.739	9.290	13.751	23.040	1.649
	40	STD	6.065	0.280	6.625	28.890	18.974	12.517	31.491	1.501
	80	XS	5.761	0.432	6.625	26.067	28.574	11.293	39.867	1.354
	160	---	5.189	0.718	6.625	21.147	45.297	9.162	54.459	1.099
	---	XXS	4.897	0.864	6.625	18.834	53.161	8.160	61.321	0.978
8	10	---	8.329	0.148	8.625	54.485	13.399	23.605	37.005	2.830
	20	---	8.125	0.250	8.625	51.849	22.362	22.463	44.825	2.693
	30	---	8.071	0.277	8.625	51.162	24.697	22.166	46.862	2.658
	40	STD	7.981	0.322	8.625	50.027	28.554	21.674	50.228	2.599
	80	XS	7.625	0.500	8.625	45.664	43.388	19.784	63.172	2.372
	---	XXS	6.875	0.875	8.625	37.122	72.425	16.083	88.508	1.928
	160	---	6.813	0.906	8.625	36.456	74.691	15.794	90.485	1.894
10	10	---	10.420	0.165	10.750	85.276	18.653	36.945	55.599	4.430
	20	---	10.250	0.250	10.750	82.516	28.036	35.750	63.785	4.287
	30	---	10.136	0.307	10.750	80.691	34.241	34.959	69.200	4.192
	40	STD	10.020	0.365	10.750	78.854	40.484	34.163	74.647	4.096
	60	XS	9.750	0.500	10.750	74.662	54.736	32.347	87.083	3.879
	80	---	9.564	0.593	10.750	71.840	64.328	31.125	95.453	3.732
	140	XXS	8.750	1.000	10.750	60.132	104.132	26.052	130.184	3.124
	160	---	8.500	1.125	10.750	56.745	115.647	24.585	140.231	2.948
12	10	---	12.390	0.180	12.750	120.568	24.165	52.236	76.401	6.263
	20	---	12.250	0.250	12.750	117.859	33.376	51.062	84.438	6.123
	30	---	12.090	0.330	12.750	114.800	43.774	49.737	93.511	5.964
	---	STD	12.000	0.375	12.750	113.097	49.563	48.999	98.562	5.875
	40	---	11.938	0.406	12.750	111.932	53.526	48.494	102.020	5.815
	---	XS	11.750	0.500	12.750	108.434	65.416	46.979	112.395	5.633
	80	---	11.376	0.687	12.750	101.641	88.510	44.036	132.545	5.280
	120	XXS	10.750	1.000	12.750	90.763	125.492	39.323	164.815	4.715
	160	---	10.126	1.312	12.750	80.531	160.274	34.890	195.164	4.183
14	10	---	13.500	0.250	14.000	143.139	36.713	62.014	98.728	7.436
	20	---	13.376	0.312	14.000	140.521	45.611	60.880	106.492	7.300
	30	STD	13.250	0.375	14.000	137.886	54.569	59.739	114.308	7.163
	40	---	13.126	0.437	14.000	135.318	63.302	58.626	121.928	7.029
	---	XS	13.000	0.500	14.000	132.732	72.091	57.506	129.597	6.895
	80	---	12.500	0.750	14.000	122.718	106.134	53.167	159.302	6.375
	160	---	11.188	1.406	14.000	98.309	189.116	42.592	231.708	5.107
16	10	---	15.500	0.250	16.000	188.692	42.053	81.750	123.803	9.802
	20	---	15.376	0.312	16.000	185.685	52.053	80.447	132.723	9.646
	30	STD	15.250	0.375	16.000	182.654	62.579	79.134	141.714	9.489
	40	XS	15.000	0.500	16.000	176.715	82.772	76.561	159.333	9.180
	80	---	14.314	0.843	16.000	160.921	136.465	69.718	206.183	8.360
	160	---	12.814	1.593	16.000	128.961	245.114	55.872	300.986	6.699

ویژگی‌های لوله فولادی

اندازه لوله	رده		قطر داخلی	ضخامت دیواره	قطر خارجی	مساحت	وزن (۱)			حجم آب
							لوله	آب	کل	
<i>in</i>			<i>in</i>	<i>in</i>	<i>in</i>	<i>in</i> ²	<i>lbs/ft</i>	<i>lbs/ft</i>	<i>lbs/ft</i>	<i>gal/ft</i>
18	10	---	17.500	0.250	18.000	240.528	47.393	104.208	151.601	12.495
	20	---	17.376	0.312	18.000	237.132	58.940	102.737	161.677	12.319
	---	STD	17.250	0.375	18.000	233.705	70.589	101.252	171.841	12.141
	30	---	17.126	0.437	18.000	230.357	81.971	99.802	181.772	11.967
	---	XS	17.000	0.500	18.000	226.980	93.452	98.338	191.790	11.791
	40	---	16.876	0.562	18.000	223.241	104.668	96.909	201.577	11.620
	80	---	16.126	0.937	18.000	204.241	170.755	88.487	259.242	10.610
160	---	14.438	1.781	18.000	163.721	308.509	70.932	379.440	8.505	
20	10	---	19.500	0.250	20.000	298.648	52.733	129.388	182.122	15.514
	20	STD	19.250	0.375	20.000	291.039	78.600	126.092	204.691	15.119
	30	XS	19.000	0.500	20.000	283.529	104.132	122.838	226.970	14.729
	40	---	18.814	0.593	20.000	278.005	122.911	120.445	243.356	14.442
	80	---	17.938	1.031	20.000	252.719	208.873	109.490	318.363	13.128
	160	---	16.064	1.968	20.000	202.674	379.008	87.808	466.816	10.529
22	10	---	21.500	0.250	22.000	363.050	58.074	157.290	215.364	18.860
	20	STD	21.250	0.375	22.000	354.656	86.610	153.654	240.263	18.424
	30	XS	21.000	0.500	22.000	346.361	114.812	150.060	264.872	17.993
	80	---	19.750	1.125	22.000	306.354	250.818	132.727	383.545	15.915
	160	---	17.750	2.125	22.000	247.450	451.072	107.207	558.278	12.855
24	10	---	23.500	0.250	24.000	433.736	63.414	187.915	251.328	22.532
	20	STD	23.250	0.375	24.000	424.557	94.620	183.938	278.558	22.055
	---	XS	23.000	0.500	24.000	415.476	125.492	180.003	305.496	21.583
	30	---	22.876	0.562	24.000	411.008	140.681	178.068	318.749	21.351
	40	---	22.626	0.687	24.000	402.073	171.054	174.197	345.251	20.887
	80	---	21.564	1.218	24.000	365.215	296.359	158.228	454.587	18.972
	160	---	19.314	2.343	24.000	292.978	541.938	126.932	668.870	15.220
26	10	---	25.376	0.312	26.000	505.750	85.698	219.115	304.713	26.273
	---	STD	25.250	0.375	26.000	500.740	102.630	216.944	319.574	26.012
	20	XS	25.000	0.500	26.000	490.874	136.173	212.670	348.842	25.500
28	10	---	27.376	0.312	28.000	588.613	92.263	255.015	347.277	30.577
	---	STD	27.250	0.375	28.000	583.207	110.640	252.673	363.313	30.296
	20	XS	27.000	0.500	28.000	572.555	146.853	248.058	394.910	29.743
	30	---	26.750	0.625	28.000	562.001	182.732	243.485	426.217	29.195
30	10	---	29.376	0.312	30.000	677.759	98.927	293.637	392.564	35.208
	---	STD	29.250	0.375	30.000	671.957	118.650	291.123	409.774	34.907
	20	XS	29.000	0.500	30.000	660.520	157.533	286.168	443.701	34.313
	30	---	28.750	0.625	30.000	649.181	196.082	281.255	477.337	33.724
	40	---	28.500	0.688	29.876	637.940	214.473	276.385	490.858	33.140
32	10	---	31.376	0.312	32.000	773.188	105.591	334.981	440.573	40.166
	---	STD	31.250	0.375	32.000	766.990	126.660	332.296	458.957	39.844
	20	XS	31.000	0.500	32.000	754.768	168.213	327.001	495.214	39.209
	30	---	30.750	0.625	32.000	742.643	209.432	321.748	531.180	38.579
	40	---	30.624	0.688	32.000	736.569	230.080	319.116	549.196	38.263

ویژگی‌های لوله فولادی

اندازه لوله	رده		قطر داخلی <i>in</i>	ضخامت دیواره <i>in</i>	قطر خارجی <i>in</i>	مساحت <i>in²</i>	وزن (۱)			حجم آب <i>gal/ft</i>
							لوله <i>lbs/ft</i>	آب <i>lbs/ft</i>	کل <i>lbs/ft</i>	
34	10	---	33.376	0.312	34.000	874.900	112.256	379.048	491.304	45.449
	---	STD	33.250	0.375	34.000	868.307	134.671	376.191	510.862	45.107
	20	XS	33.000	0.500	34.000	855.299	178.893	370.555	549.449	44.431
	30	---	32.750	0.625	34.000	842.389	222.782	364.962	587.744	43.760
40	---	32.624	0.688	34.000	835.919	244.776	362.159	606.935	43.424	
36	10	---	35.376	0.312	36.000	982.895	118.920	425.836	544.757	51.060
	---	STD	35.250	0.375	36.000	975.906	142.681	422.808	565.489	50.696
	20	XS	35.000	0.500	36.000	962.113	189.574	416.832	606.406	49.980
	30	---	34.750	0.625	36.000	948.417	236.133	410.899	647.031	49.268
40	---	34.500	0.750	36.000	934.820	282.358	405.008	687.366	48.562	
42	---	STD	41.250	0.375	42.000	1336.404	166.711	578.993	745.704	69.424
	20	XS	41.000	0.500	42.000	1320.254	221.614	571.996	793.610	68.585
	30	---	40.750	0.625	42.000	1304.203	276.183	565.042	841.225	67.751
	40	---	40.500	0.750	42.000	1288.249	330.419	558.130	888.549	66.922
48	---	STD	47.250	0.375	48.000	1753.450	190.742	759.677	950.418	91.088
	20	XS	47.000	0.500	48.000	1734.945	253.655	751.659	1005.314	90.127
	30	---	46.750	0.625	48.000	1716.537	316.234	743.684	1059.918	89.171
	40	---	46.500	0.750	48.000	1698.227	378.480	735.751	1114.231	88.220
54	---	STD	53.250	0.375	54.000	2227.046	214.772	964.860	1179.632	115.691
	20	XS	53.000	0.500	54.000	2206.183	285.695	955.822	1241.517	114.607
	30	---	52.750	0.625	54.000	2185.419	356.285	946.826	1303.111	113.528
	40	---	52.500	0.750	54.000	2164.754	426.540	937.873	1364.413	112.455
60	---	STD	59.250	0.375	60.000	2757.189	238.803	1194.543	1433.346	143.231
	20	XS	59.000	0.500	60.000	2733.971	317.736	1184.484	1502.220	142.024
	30	---	58.750	0.625	60.000	2710.851	396.336	1174.467	1570.803	140.823
	40	---	58.500	0.750	60.000	2687.829	474.601	1164.493	1639.095	139.627
72	---	STD	71.250	0.375	72.000	3987.123	286.863	1727.408	2014.272	207.123
	20	XS	71.000	0.500	72.000	3959.192	381.817	1715.307	2097.124	205.672
	30	---	70.750	0.625	72.000	3931.360	476.437	1703.249	2179.686	204.226
	40	---	70.500	0.750	72.000	3903.625	570.723	1691.233	2261.956	202.786
84	---	STD	83.250	0.375	84.000	5443.251	334.924	2358.271	2693.195	282.766
	20	XS	83.000	0.500	84.000	5410.608	445.898	2344.128	2790.027	281.071
	30	---	82.750	0.625	84.000	5378.063	556.539	2330.029	2886.567	279.380
	40	---	82.500	0.750	84.000	5345.616	666.845	2315.971	2982.816	277.694
96	---	STD	95.250	0.375	96.000	7125.574	382.985	3087.132	3470.117	370.160
	20	XS	95.000	0.500	96.000	7088.218	509.980	3070.948	3580.927	368.219
	30	---	94.750	0.625	96.000	7050.961	636.640	3054.806	3691.446	366.284
	40	---	94.500	0.750	96.000	7013.802	762.967	3038.707	3801.674	364.353

ویژگی‌های لوله فولاد ضدزنگ

اندازه لوله	رده		قطر داخلی <i>in</i>	ضخامت دیواره <i>in</i>	قطر خارجی <i>in</i>	مساحت <i>in²</i>	وزن (۱)			حجم آب <i>gal/ft</i>
							لوله <i>lbs/ft</i>	آب <i>lbs/ft</i>	کل <i>lbs/ft</i>	
<i>in</i>			<i>in</i>	<i>in</i>	<i>in</i>	<i>in²</i>	<i>lbs/ft</i>	<i>lbs/ft</i>	<i>lbs/ft</i>	<i>gal/ft</i>
½	5	---	0.710	0.065	0.840	0.396	0.549	0.172	0.720	0.021
	10	---	0.674	0.083	0.840	0.357	0.684	0.155	0.839	0.019
¾	5	---	0.920	0.065	1.050	0.665	0.697	0.288	0.985	0.035
	10	---	0.884	0.083	1.050	0.614	0.874	0.266	1.140	0.032
1	5	---	1.185	0.065	1.315	1.103	0.885	0.478	1.363	0.057
	10	---	1.097	0.109	1.315	0.945	1.432	0.409	1.842	0.049
1 ¼	5	---	1.530	0.065	1.660	1.839	1.129	0.797	1.926	0.096
	10	---	1.442	0.109	1.660	1.633	1.842	0.708	2.549	0.085
1 ½	5	---	1.770	0.065	1.900	2.461	1.299	1.066	2.365	0.128
	10	---	1.682	0.109	1.900	2.222	2.127	0.963	3.089	0.115
2	5	---	2.245	0.065	2.375	3.958	1.636	1.715	3.351	0.206
	10	---	2.157	0.109	2.375	3.654	2.691	1.583	4.274	0.190
2 ½	5	---	2.709	0.083	2.875	5.764	2.524	2.497	5.022	0.299
	10	---	2.635	0.120	2.875	5.453	3.601	2.363	5.964	0.283
3	5	---	3.334	0.083	3.500	8.730	3.090	3.782	6.872	0.454
	10	---	3.260	0.120	3.500	7.347	4.419	3.616	8.035	0.434
4	5	---	4.334	0.083	4.500	14.753	3.994	6.392	10.385	0.766
	10	---	4.260	0.120	4.500	14.253	5.726	6.175	11.901	0.740
5	5	---	5.345	0.109	5.563	22.438	6.476	9.721	16.197	1.166
	10	---	5.295	0.134	5.563	22.020	7.925	9.540	17.465	1.144
6	5	---	6.407	0.109	6.625	32.240	7.737	13.968	21.705	1.675
	10	---	6.357	0.134	6.625	31.739	9.475	13.751	23.226	1.649
8	5	---	8.407	0.109	8.625	55.510	10.112	24.050	34.162	2.884
	10	---	8.329	0.148	8.625	54.485	13.667	23.605	37.273	2.830
10	5	---	10.482	0.134	10.750	86.294	15.497	37.386	52.883	4.483
	10	---	10.420	0.165	10.750	85.276	19.026	36.945	55.972	4.430
12	5	---	12.438	0.156	12.750	121.504	21.403	52.641	74.044	6.312
	10	---	12.390	0.180	12.750	120.568	24.648	52.236	76.884	6.263
14	5	---	13.688	0.156	14.000	147.153	23.527	63.754	87.281	7.644
	10	---	13.624	0.188	14.000	145.780	28.287	63.159	91.446	7.573
16	5	---	15.670	0.165	16.000	192.854	28.463	83.553	112.016	10.018
	10	---	15.624	0.188	16.000	191.723	32.384	83.063	115.447	9.960
18	5	---	17.670	0.165	18.000	245.224	32.058	106.243	138.301	12.739
	10	---	17.624	0.188	18.000	243.949	36.480	105.690	142.170	12.673
20	5	---	19.624	0.188	20.000	302.458	40.576	131.039	171.615	15.712
	10	---	19.564	0.218	20.000	300.611	46.979	130.239	177.218	15.616
22	5	---	21.624	0.188	22.000	367.250	44.672	159.110	203.782	19.078
	10	---	21.564	0.218	22.000	365.215	51.729	158.228	209.957	18.972
24	5	---	23.564	0.218	24.000	436.102	56.479	188.940	245.418	22.655
	10	---	23.500	0.250	24.000	433.736	64.682	187.915	252.597	22.532

انبساط حرارتی لوله فلزی

فشار بخار اشباع <i>psig</i>	دما °F	انبساط حرارتی خطی (اینچ بر صد فوت)		
		کربن استیل	فولاد ضدزنگ	مس
---	-30	-0.19	-0.30	-0.32
---	-20	-0.12	-0.20	-0.21
---	-10	-0.06	-0.10	-0.11
---	0	0	0	0
---	10	0.08	0.11	0.12
---	20	0.15	0.22	0.24
-14.6	32	0.24	0.36	0.37
-14.6	40	0.30	0.45	0.45
-14.5	50	0.38	0.56	0.57
-14.4	60	0.46	0.67	0.68
-14.3	70	0.53	0.78	0.79
-14.2	80	0.61	0.90	0.90
-14.0	90	0.68	1.01	1.02
-13.7	100	0.76	1.12	1.13
-13.0	120	0.91	1.35	1.37
-11.8	140	1.06	1.57	1.59
-10.0	160	1.22	1.79	1.80
-7.2	180	1.37	2.02	2.05
-3.2	200	1.52	2.24	2.30
0	212	1.62	2.38	2.43
2.5	220	1.69	2.48	2.52
10.3	240	1.85	2.71	2.76
20.7	260	2.02	2.94	2.99
34.6	280	2.18	3.17	3.22
52.3	300	2.35	3.40	3.46
75.0	320	2.53	3.64	3.70
103.3	340	2.70	3.88	3.94
138.3	360	2.88	4.11	3.22
181.1	380	3.05	4.35	4.42
232.6	400	3.23	4.59	4.78
294.1	420	3.41	4.83	4.91
366.9	440	3.60	5.07	5.15

انبساط حرارتی لوله فلزی

فشار بخار اشباع	دما	انبساط حرارتی خطی (اینچ بر صد فوت)		
		کربن استیل	فولاد ضدزنگ	مس
<i>psig</i>	°F			
452.2	460	3.78	5.32	5.41
551.4	480	3.97	5.56	5.65
666.1	500	4.15	5.80	5.91
797.7	520	4.35	6.05	6.15
947.8	540	4.54	6.29	6.41
1118	560	4.74	6.54	6.64
1311	580	4.93	6.78	6.92
1528	600	5.13	7.03	7.18
1772	620	5.34	7.28	7.43
2045	640	5.54	7.53	7.69
2351	660	5.75	7.79	7.95
2693	680	5.95	8.04	8.20
3079	700	6.16	8.29	8.47
---	720	6.37	8.55	8.71
---	740	6.59	8.81	9.00
---	760	6.80	9.07	9.26
---	780	7.02	9.33	9.53
---	800	7.23	9.59	9.79
---	820	7.45	9.85	10.07
---	840	7.67	10.12	10.31
---	860	7.90	10.38	10.61
---	880	8.12	10.65	10.97
---	900	8.34	10.91	11.16
---	920	8.56	11.18	11.42
---	940	8.77	11.45	11.71
---	960	8.99	11.73	11.98
---	980	9.20	12.00	12.27
---	1000	9.42	12.27	12.54

توجهات جداول مربوط به خم‌های L, Z, و U و حلقه‌ها:

۱. جداول بر اساس لوله فولادی گرید B, ASTM A53 می‌باشند.
۲. جداول در بازه زمانی تا 400°F قابل استفاده می‌باشند.
۳. جداول برای لوله‌های مسی نیز قابل استفاده می‌باشند.
۴. برای معادلات و نمودارهای مرتبط با انبساط لوله، به بخش سوم مراجعه شود.
۵. ابعاد ارائه شده، حداقل ابعاد می‌باشند. توصیه می‌شود مقادیر آن‌ها به نزدیکترین نیم فوت گرد شود (H=2W).

انبساط لوله در خم L

اندازه لوله	انبساط بلندترین ساق							
	1"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	4"	5"	6"
½	5'-9"	7'-0"	8'-2"	9'-2"	10'-0"	11'-6"	12'-9"	14'-0"
¾	6'-6"	8'-4"	9'-3"	10'-4"	11'-3"	13'-0"	14'-8"	16'-0"
1	7'-2"	8'-9"	10'-2"	11'-4"	12'-6"	14'-4"	16'-0"	17'-6"
1-1/4	8'-0"	9'-10"	11'-4"	12'-8"	14'-0"	16'-2"	18'-0"	19'-8"
1-1/2	8'-8"	10'-6"	12'-2"	13'-8"	15'-0"	17'-2"	19'-3"	21'-0"
2	9'-8"	11'-9"	13'-8"	15'-2"	16'-8"	19'-3"	21'-6"	23'-6"
2-1/2	10'-8"	13'-0"	15'-0"	16'-9"	18'-4"	21'-2"	23'-8"	26'-2"
3	11'-8"	14'-4"	16'-6"	18'-6"	20'-2"	23'-4"	26'-2"	28'-8"
4	13'-3"	16'-2"	18'-8"	21'-0"	23'-0"	26'-6"	29'-8"	32'-6"
5	14'-8"	18'-0"	20'-9"	23'-3"	25'-6"	29'-6"	32'-10"	36'-0"
6	16'-2"	19'-8"	22'-8"	25'-4"	27'-9"	32'-2"	35'-10"	39'-3"
8	18'-4"	22'-6"	26'-0"	29'-0"	31'-8"	36'-8"	41'-0"	44'-10"
10	20'-6"	25'-0"	29'-9"	32'-4"	35'-6"	40'-10"	45'-8"	50'-0"
12	22'-3"	27'-3"	31'-6"	35'-2"	38'-6"	44'-6"	49'-9"	54'-6"
14	23'-4"	28'-8"	33'-0"	36'-10"	40'-4"	46'-8"	52'-2"	57'-2"
16	25'-0"	30'-6"	35'-3"	39'-6"	43'-2"	50'-0"	55'-8"	61'-0"
18	26'-6"	32'-4"	37'-6"	41'-9"	45'-9"	52'-10"	59'-2"	64'-10"
20	27'-10"	34'-2"	39'-6"	44'-0"	48'-3"	55'-8"	62'-3"	68'-3"
22	29'-3"	35'-9"	41'-4"	46'-2"	50'-8"	58'-6"	65'-4"	71'-8"
24	30'-6"	37'-6"	43'-2"	48'-3"	52'-10"	61'-0"	68'-3"	74'-9"
26	31'-9"	39'-0"	35'-0"	50'-3"	55'-0"	63'-6"	71'-0"	77'-9"
28	33'-0"	40'-4"	46'-8"	52'-2"	57'-2"	66'-0"	73'-8"	80'-9"
30	34'-2"	41'-9"	48'-3"	54'-0"	59'-2"	68'-3"	76'-3"	83'-8"
30	35'-3"	43'-2"	50'-0"	55'-8"	61'-0"	70'-6"	78'-9"	86'-4"
34	36'-4"	44'-6"	51'-4"	57'-6"	63'-0"	72'-8"	81'-2"	89'-0"
36	37'-6"	45'-9"	52'-10"	59'-2"	64'-9"	74'-9"	83'-8"	91'-6"
42	40'-6"	49'-6"	57'-2"	63'-10"	70'-0"	80'-9"	90'-3"	99'-10"
48	43'-2"	52'-10"	61'-0"	68'-3"	74'-9"	86'-4"	96'-5"	105'-8"
54	45'-9"	56'-1"	64'-9"	72'-3"	79'-3"	91'-6"	102'-4"	112'-1"
60	48'-3"	59'-1"	68'-3"	76'-3"	83'-7"	96'-6"	107'-10"	118'-2"
72	52'-10"	64'-9"	74'-9"	83'-7"	91'-6"	105'-8"	118'-2"	129'-5"
84	57'-1"	69'-11"	80'-9"	90'-3"	98'-10"	114'-2"	127'-7"	140'-0"
96	61'-0"	74'-9"	86'-4"	96'-6"	105'-8"	122'-0"	136'-5"	149'-6"

Z انبساط لوله در خم

اندازه لوله	انبساط بلندترین ساق							
	1"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	4"	5"	6"
½	3'-8"	4'-6"	5'-2"	5'-10"	6'-5"	7'-4"	8'-2"	9'0"
¾	4'-2"	5'-2"	6'-2"	6'-8"	7'-3"	8'-6"	9'-4"	10'-3"
1	4'-8"	5'-8"	6'-6"	7'-4"	8'-0"	9'-2"	10'-4"	11'-3"
1-1/4	5'-2"	6'-4"	7'-4"	8'-2"	9'-0"	10'-4"	11'-8"	12'-8"
1-1/2	5'-6"	6'-10"	7'-10"	8'-9"	9'-7"	11'-0"	12'-4"	13'-6"
2	6'-2"	7'-8"	8'-9"	9'-9"	10'-8"	12'-4"	13'-10"	15'-2"
2-1/2	6'-10"	8'-4"	9'-8"	10'-9"	11'-9"	13'-8"	15'-2"	16'-8"
3	7'-6"	9'-2"	10'-8"	12'-0"	13'-0"	15'-0"	16'-9"	18'-4"
4	8'-6"	10'-6"	12'-0"	13'-6"	14'-9"	17'-0"	19'-0"	20'-10"
5	9'-6"	11'-8"	13'-4"	15'-0"	16'-6"	19'-0"	21'-2"	23'-2"
6	10'-4"	12'-8"	14'-6"	16'-4"	18'-0"	20'-8"	23'-0"	25'-3"
8	11'-9"	14'-6"	16'-8"	18'-8"	20'-4"	23'-6"	26'-4"	28'-10"
10	13'-2"	16'-2"	18'-6"	20'-9"	22'-9"	26'-3"	29'-4"	32'-2"
12	14'-4"	17'-6"	20'-3"	22'-8"	24'-9"	28'-8"	32'-0"	35'-0"
14	15'-0"	18'-4"	21'-2"	23'-8"	26'-0"	30'-0"	33'-6"	36'-8"
16	16'-0"	19'-8"	22'-8"	25'-4"	27'-9"	32'-0"	35'-9"	39'-3"
18	17'-0"	20'-10"	24'-0"	26'-10"	29'-6"	34'-0"	38'-0"	41'-8"
20	18'-0"	22'-0"	25'-3"	28'-4"	31'-0"	35'-9"	40'-0"	43'-10"
22	18'-10"	23'-0"	26'-8"	29'-8"	32'-6"	37'-8"	42'-0"	46'-0"
24	19'-8"	24'-0"	27'-9"	31'-0"	34'-0"	39'-2"	43'-10"	48'-0"
26	20'-6"	25'-0"	28'-10"	32'-4"	35'-4"	40'-10"	45'-8"	50'-0"
28	21'-2"	26'-0"	30'-0"	33'-6"	36'-8"	42'-4"	47'-4"	52'-0"
30	22'-0"	26'-10"	31'-0"	34'-8"	38'-0"	43'-10"	49'-0"	53'-8"
32	22'-8"	27'-9"	32'-0"	35'-10"	39'-3"	45'-4"	50'-8"	55'-6"
34	23'-4"	28'-8"	33'-0"	37'-0"	40'-6"	46'-8"	52'-2"	57'-2"
36	24'-0"	29'-6"	34'-0"	38'-0"	41'-8"	48'-0"	53'-8"	58'-10"
42	26'-0"	31'-9"	36'-8"	41'-0"	45'-0"	52'-0"	58'-0"	63'-6"
48	27'-9"	34'-0"	39'-3"	43'-10"	48'-0"	55'-6"	62'-0"	67'-11"
54	29'-5"	36'-0"	41'-7"	46'-6"	50'-11"	58'-10"	65'-9"	72'-0"
60	31'-0"	38'-0"	43'-10"	49'-0"	53'-8"	62'-0"	69'-4"	75'-11"
72	34'-0"	41'-7"	48'-0"	53'-8"	58'-10"	67'-11"	75'-11"	83'-2"
84	36'-8"	44'-11"	51'-11"	58'-0"	63'-6"	73'-4"	82'-0"	89'-10"
96	39'-3"	48'-0"	55'-6"	62'-0"	67'-11"	78'-5"	87'-8"	96'-0"

انبساط لوله در خم U یا حلقه‌ها

اندازه لوله	انبساط بلندترین ساق							
	1"		1 ½"		2"		2 ½"	
	W	H	W	H	W	H	W	H
½	1'-2"	2'-4"	1'-6"	3'-0"	1'-8"	3'-4"	1'-10"	3'-8"
¾	1'-4"	2'-8"	1'-8"	3'-4"	1'-10"	3'-8"	2'-2"	4'-4"
1	1'-6"	3'-0"	1'-9"	3'-6"	2'-0"	4'-0"	2'-4"	4'-8"
1-1/4	1'-8"	3'-4"	2'-0"	4'-0"	2'-4"	4'-8"	2'-8"	5'-4"
1-1/2	1'-9"	3'-6"	2'-2"	4'-4"	2'-6"	5'-0"	2'-9"	5'-6"
2	1'-11"	3'-10"	2'-4"	4'-8"	2'-9"	5'-6"	3'-2"	6'-4"
2-1/2	2'-2"	4'-4"	2'-8"	5'-4"	3'-0"	6'-0"	3'-3"	6'-6"
3	2'-4"	4'-8"	3'-0"	6'-0"	3'-4"	6'-8"	3'-9"	7'-6"
4	2'-8"	5'-4"	3'-3"	6'-6"	3'-9"	7'-6"	4'-2"	8'-4"
5	3'-0"	6'-0"	3'-8"	7'-4"	4'-2"	8'-4"	4'-8"	9'-4"
6	3'-3"	6'-6"	4'-0"	8'-0"	4'-7"	9'-2"	5'-2"	10'-4"
8	3'-8"	7'-4"	4'-6"	9'-0"	5'-2"	10'-4"	5'-10"	11'-8"
10	4'-2"	8'-4"	5'-0"	10'-0"	5'-10"	11'-8"	6'-6"	13'-0"
12	4'-6"	9'-0"	5'-6"	11'-0"	6'-4"	12'-8"	7'-2"	14'-4"
14	4'-8"	9'-4"	5'-9"	11'-6"	6'-8"	13'-4"	7'-6"	15'-0"
16	5'-0"	10'-0"	6'-2"	12'-4"	7'-1"	14'-2"	8'-0"	16'-0"
18	5'-4"	10'-8"	6'-6"	13'-0"	7'-6"	15'-0"	8'-6"	17'-0"
20	5'-8"	11'-4"	7'-0"	14'-0"	7'-11"	15'-9"	8'-10"	17'-8"
22	5'-10"	11'-8"	7'-3"	14'-6"	8'-3"	16'-6"	9'-3"	18'-6"
24	6'-1"	12'-2"	7'-6"	15'-0"	8'-8"	17'-4"	9'-8"	19'-4"
26	6'-5"	13'-0"	7'-10"	15'-8"	9'-0"	18'-0"	10'-2"	20'-4"
28	6'-8"	13'-4"	8'-2"	16'-4"	9'-4"	18'-8"	10'-6"	21'-0"
30	6'-10"	13'-8"	8'-6"	17'-0"	9'-8"	19'-4"	11'-0"	21'-8"
32	7'-1"	14'-2"	8'-8"	17'-4"	10'-0"	20'-0"	11'-2"	22'-4"
34	7'-4"	14'-8"	9'-0"	18'-0"	10'-4"	20'-8"	11'-6"	23'-0"
36	7'-6"	15'-0"	9'-2"	18'-4"	10'-8"	21'-4"	12'-0"	23'-8"
42	8'-1"	16'-2"	10'-0"	20'-0"	11'-6"	23'-0"	12'-9"	25'-6"
48	8'-8"	17'-4"	10'-7"	21'-2"	12'-3"	24'-6"	13'-8"	27'-4"
54	9'-2"	18'-4"	11'-3"	22'-6"	13'-0"	26'-0"	14'-6"	29'-0"
60	9'-8"	19'-4"	11'-10"	23'-8"	13'-8"	27'-4"	15'-3"	30'-6"
72	10'-7"	21'-2"	13'-0"	26'-0"	15'-0"	30'-0"	16'-9"	33'-6"
84	11'-5"	22'-10"	14'-0"	28'-0"	16'-2"	32'-4"	18'-1"	63'-2"
96	12'-3"	24'-6"	15'-0"	30'-0"	17'-3"	34'-6"	19'-4"	38'-8"

انبساط لوله در خم U یا حلقه‌ها

اندازه لوله	انبساط بلندترین ساق							
	3"		4"		5"		6"	
	H	W	H	W	H	W	H	W
1/2	2'-0"	4'-0"	2'-4"	4'-8"	2'-8"	5'-4"	2'-10"	5'-8"
3/4	2'-4"	4'-8"	2'-8"	5'-4"	3'-0"	6'-0"	3'-3"	6'-6"
1	2'-6"	5'-0"	3'-0"	6'-0"	3'-4"	6'-8"	3'-6"	7'-0"
1-1/4	2'-10"	5'-8"	3'-3"	6'-6"	3'-8"	7'-4"	4'-0"	8'-0"
1-1/2	3'-0"	6'-0"	3'-6"	7'-0"	3'-10"	7'-8"	4'-3"	8'-6"
2	3'-4"	6'-8"	4'-0"	8'-0"	4'-4"	8'-8"	4'-9"	9'-6"
2-1/2	3'-8"	7'-4"	4'-3"	8'-6"	4'-10"	9'-10"	5'-2"	10'-4"
3	4'-1"	8'-2"	4'-8"	9'-4"	5'-4"	10'-8"	5'-9"	11'-8"
4	4'-7"	9'-2"	5'-4"	10'-8"	5'-10"	11'-8"	6'-6"	13'-0"
5	5'-2"	10'-4"	6'-0"	12'-0"	6'-8"	13'-4"	7'-3"	14'-6"
6	5'-7"	11'-2"	6'-6"	13'-0"	7'-2"	14'-4"	8'-0"	16'-0"
8	6'-4"	12'-8"	7'-4"	14'-8"	8'-4"	16'-8"	9'-0"	18'-0"
10	7'-1"	14'-2"	8'-2"	16'-4"	9'-2"	18'-4"	10'-0"	20'-0"
12	7'-9"	15'-6"	9'-0"	18'-0"	10'-0"	20'-0"	11'-0"	22'-0"
14	8'-1"	16'-2"	9'-4"	18'-8"	10'-6"	21'-0"	11'-6"	23'-0"
16	8'-8"	17'-4"	10'-0"	20'-0"	11'-2"	22'-4"	12'-3"	24'-6"
18	9'-2"	18'-4"	10'-8"	21'-4"	11'-10"	23'-8"	13'-0"	26'-0"
20	9'-8"	19'-4"	11'-2"	22'-4"	12'-6"	25'-0"	13'-8"	27'-4"
22	10'-2"	20'-4"	11'-8"	23'-4"	13'-2"	26'-4"	14'-4"	28'-8"
24	10'-8"	21'-4"	12'-3"	24'-6"	13'-8"	27'-4"	15'-0"	30'-0"
26	11'-2"	22'-0"	12'-9"	25'-6"	14'-4"	28'-8"	15'-7"	31'-2"
28	11'-6"	23'-0"	13'-2"	26'-4"	14'-10"	29'-8"	16'-2"	32'-4"
30	12'-0"	23'-8"	13'-8"	27'-4"	15'-4"	30'-8"	16'-9"	33'-6"
32	12'-3"	24'-6"	14'-2"	28'-4"	15'-10"	31'-8"	17'-3"	34'-6"
34	12'-8"	25'-4"	14'-6"	29'-0"	16'-4"	32'-8"	18'-0"	36'-0"
36	13'-0"	26'-0"	15'-0"	30'-0"	16'-10"	33'-8"	18'-4"	36'-8"
42	14'-0"	28'-0"	16'-2"	32'-4"	18'-2"	36'-4"	20'-0"	40'-0"
48	15'-0"	30'-0"	17'-4"	34'-8"	19'-4"	38'-8"	21'-2"	42'-4"
54	15'-11"	31'-10"	18'-4"	36'-8"	20'-6"	41'-0"	22'-5"	44'-10"
60	16'-19"	33'-6"	19'-4"	38'-8"	21'-7"	43'-2"	23'-8"	47'-4"
72	18'-4"	36'-8"	21'-2"	42'-4"	23'-8"	47'-4"	25'-11"	51'-10"
84	19'-10"	39'-8"	22'-10"	45'-8"	25'-7"	51'-2"	28'-0"	56'-0"
96	21'-2"	42'-4"	24'-5"	48'-10"	27'-4"	54'-8"	29'-11"	59'-10"

انبساط لوله در خم U یا حلقه‌ها

اندازه لوله	انبساط بلندترین ساق							
	7"		8"		10"		12"	
	W	H	W	H	W	H	W	H
1/2	3'-2"	6'-4"	3'-3"	6'-6"	3'-8"	7'-4"	4'-0"	8'-0"
3/4	3'-6"	7'-0"	3'-8"	7'-4"	4'-2"	8'-4"	4'-6"	9'-0"
1	3'-10"	7'-8"	4'-0"	8'-0"	4'-7"	9'-2"	5'-0"	10'-0"
1-1/4	4'-4"	8'-8"	4'-7"	9'-2"	5'-1"	10'-2"	5'-7"	11'-2"
1-1/2	4'-8"	9'-4"	5'-0"	10'-0"	5'-6"	11'-0"	6'-0"	12'-0"
2	5'-2"	10'-4"	5'-6"	11'-0"	6'-1"	12'-2"	6'-8"	13'-4"
2-1/2	5'-8"	11'-4"	6'-0"	12'-0"	6'-8"	13'-4"	7'-4"	14'-8"
3	6'-2"	12'-4"	6'-8"	13'-4"	7'-6"	15'-0"	8'-1"	16'-2"
4	7'-0"	14'-0"	7'-6"	15'-0"	8'-6"	17'-0"	9'-2"	18'-4"
5	7'-10"	15'-8"	8'-4"	16'-8"	9'-4"	18'-8"	10'-2"	20'-4"
6	8'-6"	17'-0"	9'-2"	18'-4"	10'-2"	20'-4"	11'-2"	22'-4"
8	9'-8"	19'-4"	10'-4"	20'-8"	11'-7"	23'-2"	12'-8"	25'-4"
10	10'-10"	21'-8"	11'-7"	23'-2"	13'-0"	26'-0"	14'-2"	28'-4"
12	11'-10"	23'-8"	12'-7"	25'-2"	14'-0"	28'-0"	15'-6"	31'-0"
14	12'-4"	24'-8"	13'-3"	26'-6"	14'-9"	29'-6"	16'-2"	32'-4"
16	13'-2"	26'-4"	14'-2"	28'-4"	15'-9"	31'-6"	17'-3"	34'-6"
18	14'-0"	28'-0"	15'-0"	30'-0"	16'-9"	33'-6"	18'-4"	36'-8"
20	14'-10"	29'-8"	15'-9"	31'-6"	17'-8"	35'-4"	19'-4"	38'-8"
22	15'-6"	31'-0"	16'-7"	33'-2"	18'-6"	37'-0"	20'-3"	40'-6"
24	16'-2"	32'-4"	17'-4"	34'-8"	19'-4"	38'-8"	21'-2"	42'-4"
26	16'-10"	33'-8"	18'-0"	36'-0"	20'-0"	40'-0"	22'-0"	44'-0"
28	17'-6"	35'-0"	18'-8"	37'-4"	21'-0"	42'-0"	23'-0"	46'-0"
30	18'-2"	36'-4"	19'-4"	38'-8"	21'-7"	43'-2"	23'-8"	47'-4"
32	18'-8"	37'-4"	20'-0"	40'-0"	22'-4"	44'-8"	24'-6"	49'-0"
34	19'-4"	38'-8"	20'-8"	41'-4"	23'-0"	46'-0"	25'-2"	50'-4"
36	19'-10"	39'-8"	21'-2"	42'-4"	23'-8"	47'-4"	26'-0"	52'-0"
42	21'-6"	43'-0"	23'-0"	46'-0"	28'-6"	51'-0"	28'-0"	56'-0"
48	22'-10"	45'-8"	24'-5"	48'-10"	27'-4"	54'-8"	30'-0"	60'-0"
54	24'-3"	48'-6"	25'-11"	51'-10"	29'-0"	58'-0"	31'-9"	63'-6"
60	25'-7"	51'-2"	27'-4"	54'-8"	30'-6"	61'-0"	33'-6"	67'-0"
72	23'-8"	47'-4"	29'-11"	59'-10"	33'-5"	66'-10"	36'-8"	73'-4"
84	30'-3"	60'-6"	32'-4"	64'-8"	36'-1"	72'-2"	39'-7"	69'-2"
96	32'-4"	64'-8"	34'-7"	69'-2"	38'-8"	77'-4"	42'-4"	84'-8"

۱۷-۳- خوردگی گالوانیک

الف) خوردگی گالوانیک در اثر وجود اختلاف میان پتانسیل الکتروشیمیایی یون‌های فلزی اتفاق می‌افتد. چنانچه دو فلز با پتانسیل‌های متفاوت در یک الکترولیت (مانند آب) قرار داده شوند، فلزی که پتانسیل بالاتری دارد به عنوان آند عمل کرده و خورده خواهد شد. فلز با پتانسیل پایین‌تر در نقش کاتد ظاهر شده و بدون تغییر باقی می‌ماند. هرچه فاصله دو فلز در فهرست زیر بیشتر باشد، سرعت و شدت خوردگی بیشتر خواهد بود. فهرست زیر بر حسب خصوصیات آندی-کاتدی فلزات می‌باشد (یعنی فلزاتی که در بالای جدول حاضر هستند در نقش آند و فلزات حاضر در پایین در نقش کاتد عمل می‌کنند).

- آلیاژهای منیزیوم
- آلیاژهای آلومینیوم
- فولاد کم کربن
- چدن
- فولاد ضد زنگ 410
- فولاد ضد زنگ 430
- فولاد ضد زنگ 404
- فولاد ضد زنگ 304
- فولاد ضد زنگ 316
- سوپر آلیاژ Hastelloy A
- آلیاژهای سرب-قلع
- برنج
- مس
- برنز
- مس-نیکل (90-10 Copper-Nickel)
- مس-نیکل (70-30 Copper-Nickel)
- اینکونل
- نقره
- مونل
- سوپر آلیاژ Hastelloy C
- تیتانیوم

۱۷-۴- شیرها

الف) انواع شیر:

۱. شیرهای متعادل کننده:
الف) وظیفه: متعادل سازی، قطع کردن (دستی یا خودکار)
ب) شیری که به طور ویژه برای متعادل سازی سیستم طراحی شده باشد.
۲. شیرهای توپی با دهانه کامل:
الف) وظیفه: قطع کردن
ب) یک شیر با ابزار داخلی کروی شکل که با چرخش به حالت‌های باز و بسته اجازه عبور جریان از شیر را داده یا آن را مسدود می‌سازد. شیر با یک چرخش یک چهارم از حالت کاملاً باز به حالت کاملاً بسته می‌رود. دهانه ابزار کروی جریان مشابه یا بسیار نزدیک به اندازه لوله می‌باشد.
۳. شیرهای توپی با دهانه کاهش یافته:
الف) وظیفه: متعادل سازی، قطع کردن

ب) یک شیر با ابزار داخلی کروی شکل که با چرخش به حالت‌های باز و بسته اجازه عبور جریان از شیر را داده یا آن را مسدود می‌سازد. شیر با یک چرخش یک چهارم از حالت کاملاً باز به حالت کاملاً بسته می‌رود. دهانه ابزار کروی کوچکتر از اندازه لوله می‌باشد.

۴. شیرهای پروانه‌ای:

الف) وظیفه: قطع کردن، متعادل‌سازی

ب) یک شیر با ابزار داخلی صفحه‌مانند که با چرخش به حالت‌های باز و بسته اجازه عبور جریان از شیر را داده یا آن را مسدود می‌سازد. شیر با یک چرخش یک چهارم از حالت کاملاً باز به حالت کاملاً بسته می‌رود.

۵. شیرهای یکطرفه:

الف) وظیفه: کنترل جهت جریان

ب) یک شیر که توسط جریان سیال در یک جهت باز شده و در مسیر مخالف برای جلوگیری از ایجاد جریان به طور خودکار بسته می‌شود.

۶. شیرهای دروازه‌ای:

الف) وظیفه: قطع کردن

ب) یک شیر با ابزار داخلی دروازه‌ای شکل که حول محوری عمود بر مسیر جریان می‌چرخد.

۷. شیرهای کروی:

الف) وظیفه: ایجاد گلویی

ب) یک شیر با یک صفحه یا توپی که بر محوری عمود بر نشیمنگاه شیر حرکت می‌کند.

۸. شیرهای سماوری:

الف) وظیفه: قطع کردن، متعادل‌سازی

ب) یک شیر با ابزار داخلی استوانه‌ای یا مخروطی که با چرخش به حالت‌های باز و بسته اجازه عبور جریان از شیر را داده یا آن را مسدود می‌سازد. شیر با یک چرخش یک چهارم از حالت کاملاً باز به حالت کاملاً بسته می‌رود.

۹. شیرهای کنترل:

ابزاری مکانیکی هستند که به منظور کنترل دبی بخار، آب، گاز و دیگر سیالات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۰. شیرهای اختصاصی.

۱۷-۵- صافی‌ها

الف) صافی‌ها باید دارای اندازه کامل لوله باشند.

ب) سیستم‌های آب:

۱. نوع صافی:

الف) 2" و کوچکتر: نوع Y

ب) 2 1/2" تا 16": نوع سببی

ج) 18" و بزرگتر: نوع چند سببی

۲. اندازه سوراخ‌های صافی:

الف) 4" و کوچکتر: 0.057" Dia.

ب) 5" و بزرگتر: 0.125" Dia.

ج) در مورد سیستم‌های چگالنده آب قطر دو برابر برای سوراخ‌ها در نظر گرفته شود.

ج) سیستم‌های بخار:

۱. نوع صافی: نوع Y

۲. اندازه سوراخ‌های صافی:

الف) 2" و کوچکتر: 0.033" Dia.

د) افت فشار صافی، سیستم‌های آب:

افت فشارهای فهرست شده در زیر بر اساس GPM و اندازه لوله با افت فشار $4.0 ft / 100 ft$ یا سرعت $10 ft / S$ می‌باشند.

۱. 1 1/2" و کوچکتر (نوع Y و نوع سببی)

الف) $1.0 psi, 2.31 ft H_2O <$ افت فشار

۲. 2"-4" (نوع Y و نوع سببی)

الف) $1.0 psi, 2.31 ft H_2O \cong$ افت فشار

۳. 5" و بزرگتر

الف) نوع Y: $1.5 psi, 3.46 ft H_2O \cong$ افت فشار

ب) نوع سببی: $1.0 psi, 2.31 ft H_2O \cong$ افت فشار

۱۸

لوله کشی سیستم‌های هیدرونیك

۱-۱۸- تعیین اندازه لوله‌ها در سیستم‌های لوله‌کشی آب (هیدرونیک)

الف) حداکثر افت فشار: $4 \text{ ft}/100 \text{ ft}$

ب) حداکثر سرعت در نواحی همراه با حضور افراد: 8 ft/s

ج) حداکثر سرعت در نواحی بدون حضور افراد: 10 ft/s

د) حداقل سرعت در لوله: 1.5 ft/s ، حتی در شرایط بار/دبی کم

ه) جداول تعیین اندازه را برای سیستم‌های لوله‌کشی باز و بسته می‌توان بکار برد.

و) برای لوله‌های فولادی، مسی و فولاد ضد زنگ به جداول تعیین اندازه‌ای که در ادامه آورده شده است، مراجعه نمایید.

۲-۱۸- تخمین اتلاف ناشی از اصطکاک:

الف) $(\text{ft}/100 \text{ ft})$ نرخ اصطکاک \times (ft) طول سیستم $\times 1.5$

ب) تخمین اصطکاک لوله: $3.0\text{-}3.5 \text{ ft}/100 \text{ ft}$

۳-۱۸- آزمایش لوله:

الف) فشار کاری سیستم $\times 1.5$

ب) حداقل 100 psi

۴-۱۸- جداول تعیین اندازه لوله سیستم‌های هیدرونیک

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیک - لوله مسی نوع K

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک ($\text{ft}/100\text{ft}$)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	1.0	1.2	1.4		Pressure With these	Drop Pipe	Governs Sizes	
3/4	2.4	3.0	3.5					
1	5.2	6.4	7.4					
1-1/4	9	12	13					
1-1/2	15	18	21	21				
2	31	38	44	38				
2-1/2	55	67	78	58	73			
3	87	107	123	83	103	124		
4	183	224	258	146	182	219		
5	324	397	458	226	283	339	452	
6	515	631	729	323	403	484	645	
8	1,064	1,304		563	704	845	1,126	1,408
10	1,887	Velocity	Governs	874	1,093	1,311	1,749	2,186
12	3,015	with these	Pipe Sizes	1,254	1,567	1,880	2,507	3,134

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیکی - لوله مسی نوع L

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک (ft/100ft)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	1.1	1.3	1.5		Pressure With these	Drop Pipe	Governs Sizes	
3/4	2.8	3.4	4.0					
1	5.7	6.9	8.0					
1-1/4	10	12	14	22	74	127		
1-1/2	11	19	22					
2	32	39	45					
2-1/2	57	69	80	59	74	224		
3	90	111	128	85	106			
4	189	231	267	149	187			
5	337	412	476	233	291	349	465	
6	540	662	764	335	418	502	669	
8	1,117	1,368		584	730	877	1,169	
10	1,980	Velocity	Governs	907	1,134	1,361	1,814	2,268
12	3,191	with these	Pipe Sizes	1,310	1,637	1,965	2,619	3,274

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیکی - لوله مسی نوع M

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک (ft/100ft)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	1.2	1.5	1.7		Pressure with these	Drop Pipe	Governs Sizes	
3/4	3.1	3.7	4.3					
1	6.1	7.5	8.6					
1-1/4	10	13	15	16	76	131		
1-1/2	16	20	23	23				
2	33	41	47	40				
2-1/2	58	72	83	61	76	227		
3	93	114	132	87	109			
4	192	236	272	152	190			
5	342	419	484	236	295	354	472	
6	549	672	776	339	423	508	677	
8	1,140	1,396		593	742	890	1,187	
10	2,020	Velocity	Governs	922	1,152	1,382	1,843	2,304
12	3,228	with these	Pipe Sizes	1,321	1,652	1,982	2,643	3,304

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیك - لوله فولادی استاندارد

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک (ft/100ft)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	1.5	1.9	2.1		Pressure With these	Drop Pipe	Governs Sizes	
3/4	3.2	3.9	4.5					
1	6.0	7.4	8.5					
1-1/4	12	15	18	19				
1-1/2	19	23	26	25				
2	36	44	51	42	52			
2-1/2	57	70	80	60	75			
3	100	123	142	92	115	138		
4	204	250	289	159	198	238		
5	368	451	521	249	312	374	499	
6	595	729	841	360	450	540	720	
8	1,216	1,489		624	780	936	1,247	1,559
10	2,198			983	1,229	1,475	1,966	2,458
12	3,512			1,410	1,763	2,115	2,820	3,525
14				1,719	2,149	2,579	3,438	4,298
16				2,277	2,847	3,416	7,834	5,693
18				2,914	3,642	4,371	5,827	7,284
20				3,629	4,536	5,443	7,257	9,071
22				4,422	5,527	6,633	8,843	11,054
24				5,293	6,616	7,940	10,586	13,233
26				6,243	7,804	9,364	12,486	15,607
28				7,271	9,089	10,907	14,542	18,178
30				8,378	10,472	12,566	16,755	20,944
32				9,562	11,953	14,344	19,125	23,906
34				10,826	13,532	16,238	21,651	27,064
36	Velocity these	Governs pipe	with Sizes	12,167	15,209	18,251	24,334	30,418
42				16,662	20,827	24,992	33,323	41,654
48				21,861	27,327	32,792	43,722	54,653
54				27,766	34,707	41,649	55,532	69,414
60				34,375	42,969	51,563	68,751	85,938
72				49,710	62,137	74,564	99,419	124,274
84				67,864	84,830	101,796	135,728	169,660
96				88,838	111,048	133,257	177,677	222,096

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیک - لوله فولادی XS

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک (ft/100ft)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	1.1	1.3	1.5		Pressure with these	Drop Pipe	Governs Sizes	
3/4	2.4	3.0	3.4					
1	4.7	5.8	6.7					
1-1/4	10	12	14					
1-1/2	15	19	22	22				
2	30	37	43	37				
2-1/2	48	56	69	53	66			
3	87	106	123	82	103	124		
4	179	219	253	143	179	215		
5	325	399	460	227	284	340	454	
6	520	637	736	325	406	487	650	
8	1,080	1,322		569	712	854	1,139	1,423
10	2,047			931	1,164	1,396	1,862	2,327
12	3,325			1,352	1,690	2,028	2,704	3,380
14				1,655	2,069	2,482	3,310	4,137
16				2,203	2,754	3,305	7,834	5,508
18				2,830	3,537	4,245	5,660	7,075
20				3,535	4,419	5,302	7,070	8,837
22				4,318	5,398	6,477	8,637	10,796
24				5,180	6,475	7,770	10,360	12,950
26				6,120	7,650	9,180	12,240	15,300
28				7,138	8,923	10,708	14,277	17,846
30				8,235	10,294	12,353	16,470	20,588
32				9,410	11,763	14,115	18,820	23,525
34				10,663	13,329	15,995	21,327	26,659
36	Velocity these	Governs pipe	with Sizes	11,995	14,994	17,993	23,990	29,988
42				16,460	20,575	24,690	32,921	41,151
48				21,630	27,038	32,446	43,261	54,076
54				27,506	34,382	41,258	55,011	68,764
60				34,086	42,607	51,129	68,172	85,215
72				49,361	61,702	74,042	98,723	123,403
84				67,457	84,321	101,185	134,914	168,642
96				88,373	110,466	132,559	176,745	220,931

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیک - لوله فولادی XXS

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک (ft/100ft)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	0.1	0.2	0.2		Pressure with these	Drop Pipe	Governs Sizes	
3/4	0.6	0.7	0.8					
1	1.4	1.7	1.9					
1-1/4	4	5	6					
1-1/2	7	8	10	22				
2	15	19	22					
2-1/2	24	29	34	31	65	146		
3	47	58	67	52				
4	108	132	152	97				
5	209	256	296	162	202	242	470	
6	341	417	428	235	294	352		
8	825	1,010		463	579	694		
10	1,545	Velocity	Governs	750	937	1,125	1,499	1,874
12	2,639	with these	Pipe Sizes	1,132	1,414	1,697	2,263	2,829

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیکی - لوله فولادی رده ۴۰

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک (ft/100ft)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	1.5	1.9	2.1		Pressure with these	Drop Pipe	Governs Sizes	
3/4	3.2	3.9	4.5					
1	6.0	7.4	8.5					
1-1/4	12	15	18	19				
1-1/2	19	23	26	25				
2	36	44	51	42	52			
2-1/2	57	70	80	60	75			
3	100	123	142	92	115	138		
4	204	250	289	159	198	238		
5	368	451	521	249	312	374	499	
6	595	729	841	360	450	540	720	
8	1,216	1,489		624	780	936	1,247	1,559
10	2,198			983	1,229	1,475	1,966	2,458
12	3,465			1,396	1,744	2,093	2,791	3,489
14				1,687	2,109	2,531	3,374	4,218
16				2,203	2,754	3,305	7,834	5,508
18				2,789	3,486	4,183	5,577	6,972
20				3,466	4,333	5,199	6,932	8,665
22				---	---	---	---	---
24				5,013	6,266	7,519	10,026	12,532
26				---	---	---	---	---
28				---	---	---	---	---
30				7,954	9,942	11,930	15,907	19,884
32				9,183	11,479	13,775	18,366	22,958
34				10,422	13,027	15,633	20,844	26,055
36				11,655	14,569	17,482	23,310	29,137
42				16,061	20,077	24,092	32,123	40,153
48				21,173	26,466	31,759	42,345	52,932
54				26,989	33,736	40,484	53,978	67,473
60				33,511	41,888	50,266	67,021	83,776
72				48,669	60,836	73,003	97,337	121,671
84				66,647	83,308	99,970	133,293	166,617
96				87,445	109,306	131,167	174,890	218,612

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیك - لوله فولادی رده ۸۰

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک (ft/100ft)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	1.1	1.3	1.5	Pressure with these	Drop Pipe	Governs Sizes		
3/4	2.4	3.0	3.4					
1	4.7	5.8	6.7					
1-1/4	10	12	14	22				
1-1/2	15	19	22					
2	30	37	43					
2-1/2	48	59	69	53	66	124		
3	87	106	123	82	103			
4	179	219	253	143	179			
5	325	399	460	227	284	340	454	
6	520	637	736	325	406	487	650	
8	1,080	1,322		569	712	854	1,139	
10	1,947	Governs Pipe	with Sizes	896	1,120	1,344	1,791	2,239
12	3,057			1,267	1,584	1,901	2,534	3,168
14				1,530	1,912	2,295	3,060	3,825
16	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	2,006	2,508	3,009	7,834	5,016
18				2,546	3,183	3,820	5,093	6,366
20				3,151	3,938	4,726	6,302	7,877
22				3,819	4,774	5,729	7,639	9,549
24				4,553	5,692	6,830	9,107	11,383

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیك - لوله فولاد ضدزنگ رده ۱۶۰

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک (ft/100ft)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	0.7	0.9	1.0	Pressure with these	Drop Sizes	Governs Sizes		
3/4	1.5	1.8	2.1					
1	3.1	3.8	4.4					
1-1/4	8	10	11	28				
1-1/2	11	14	16					
2	21	26	30					
2-1/2	38	47	54	44	55	174		
3	67	82	95	68	84			
4	135	166	191	116	145			
5	244	299	346	182	228	273	527	
6	396	485	560	264	330	395		
8	805	986		455	568	682		
10	1,433	1,755	with Sizes	707	884	1,061	1,415	1,769
12	2,259			1,004	1,255	1,506	2,008	2,510
14	2,928			1,226	1,532	1,839	2,451	3,064
16	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	1,608	2,010	2,412	7,834	4,020
18				2,041	2,551	3,062	4,082	5,103
20				2,527	3,159	3,790	5,054	6,317
22				3,085	3,856	4,628	6,170	7,713
24				3,653	4,566	5,479	7,305	9,132

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیکی - لوله فولاد ضدزنگ رده ۵

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک (ft/100ft)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	2.2	2.6	3.0		Pressure with these	Drop Pipe	Governs Sizes	
3/4	4.3	5.2	6.0					
1	8.3	10.2	11.7					
1-1/4	16	20	23	23				
1-1/2	24	29	34	31				
2	44	54	63	49	62			
2-1/2	73	89	103	72	90			
3	125	153	176	109	136	163		
4	248	303	350	184	230	276		
5	428	524	605	280	350	420	559	
6	686	840	970	402	502	603	804	
8	1,392	1,705		692	865	1,038	1,384	1,730
10	2,471			1,076	1,345	1,614	2,152	2,690
12				1,515	1,894	2,272	3,030	3,787
14				1,835	2,293	2,752	3,669	4,587
16				2,404	3,006	3,607	7,834	6,011
18	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	3,057	3,822	4,586	6,115	7,643
20				3,771	4,714	5,656	7,542	9,427
22				4,579	5,723	6,868	9,157	11,447
24				5,437	6,796	8,156	10,874	13,593

سیستم‌های لوله‌کشی هیدرونیکی - لوله فولاد ضدزنگ رده ۱۰

اندازه لوله	دبی آب (GPM)							
	نرخ اصطکاک (ft/100ft)			سرعت (ft/s)				
	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
1/2	1.9	2.3	2.7		Pressure with these	Governs Sizes	Governs Sizes	
3/4	3.8	4.7	5.4					
1	6.8	8.3	9.6					
1-1/4	14	17	20	20				
1-1/2	21	25	29	28				
2	40	49	56	46	57			
2-1/2	67	83	95	68	85			
3	118	144	166	104	130	156		
4	237	290	335	178	222	267		
5	417	511	590	275	343	412	549	
6	672	823	951	396	495	594	791	
8	1,359	1,664		679	849	1,019	1,359	1,698
10	2,433			1,063	1,329	1,595	2,126	2,658
12				1,503	1,879	2,255	3,006	3,758
14				1,818	2,272	2,726	3,635	4,544
16	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	2,390	2,988	3,585	7,834	5,976
18				3,041	3,802	4,562	6,083	7,604
20				3,748	4,685	5,622	7,496	9,370
22				4,553	5,692	6,830	9,107	11,383
24				5,408	6,760	8,111	10,815	13,519

توجه:

۱. حداکثر افت فشار توصیه شده: $4\text{ ft}/100\text{ ft}$
۲. حداکثر سرعت توصیه شده (نواحی با حضور افراد): 8 ft/s
۳. حداکثر سرعت توصیه شده (نواحی بدون حضور افراد، محورها، تونل‌ها و ...): 10 ft/s
۴. لوله‌های فولادی استاندارد و لوله‌های مسی نوع L متداول‌ترین انواع لوله‌های مورد استفاده در کاربری‌های HVAC می‌باشند.
۵. جداول قابل اعمال برای سیستم‌های هیدرونیک بسته و باز هستند.
۶. لوله‌های سایز "5"، "22"، "28"، "32" و "34" اندازه‌های استاندارد نبوده و در تمامی مکان‌ها به راحتی در دسترس نمی‌باشند.
۷. لوله‌های مسی نوع K، L و M تا اندازه "12" قابل تهیه می‌باشند.
۸. لوله‌های فولادی استاندارد و XS تا اندازه "96" قابل تهیه می‌باشند.
۹. لوله‌های فولادی XXS تا اندازه "12" قابل تهیه می‌باشند.
۱۰. لوله‌های فولادی رده ۴۰ تا اندازه "96" قابل تهیه می‌باشند.
۱۱. لوله‌های فولادی رده ۸۰ و رده ۱۶۰ تا اندازه "24" قابل تهیه می‌باشند.
۱۲. لوله‌های فولاد ضد زنگ رده ۵ و رده ۱۰ تا اندازه "24" قابل تهیه می‌باشند.
۱۳. لوله‌های فولادی استاندارد و رده ۴۰ در قطر "10" و قطرهای کوچکتر از آن، دارای ابعاد و دبی مشابه می‌باشند.
۱۴. لوله‌های فولادی XS و رده ۸۰ در قطر "8" و قطرهای کوچکتر از آن، دارای ابعاد و دبی مشابه می‌باشند.
۱۵. لوله‌های فولادی XXS و لوله‌های فولادی رده ۱۶۰ هیچ ارتباطی از نظر ابعاد و دبی با یکدیگر ندارند.

۱۸-۵- راهنمایی‌های طراحی سیستم هیدرونیک و نصب لوله‌کشی‌ها:

الف) هدف و اصل کلی در طراحی سیستم‌های هیدرونیک، تامین دبی صحیح آب در دمای صحیح برای مصرف کنندگان نهایی است.

ب) خطاهای متداول در طراحی:

۱. شیرهای کنترل عمل کننده با اختلاف فشار بر مسیرهای جانبی تخلیه پمپ نصب می‌شوند.
۲. شیرهای کنترلی که بمنظور تامین کنترل بر سیستم در نظر گرفته می‌شوند، بر اساس اختلاف فشار طراحی سیستم در حداقل و حداکثر دبی انتخاب نمی‌شوند.
۳. شیرهای کنترل بر اساس افت فشار نامناسب انتخاب می‌شوند.
۴. سیستم‌های اولی، دومی و سومی به درستی طراحی نمی‌شوند.
۵. سیستم‌های دومی و سومی که دارای دبی ثابت می‌باشند به ترتیب به سیستم‌های دومی و اولی که دبی متغیر دارند متصل می‌شوند.
۶. زمان استفاده از پمپ‌های موازی، شیر یکطرفه در مسیرهای تخلیه پمپ‌ها تعبیه نمی‌شود.
۷. شیرهای تخلیه خودکار با اندازه‌های بزرگتر از مقدار لازم انتخاب می‌شوند که نتیجه آن نوسانات سریع، ناگهانی و برخی اوقات شدید فشار سیستم می‌باشد.

ج) آرایش سیستم‌های لوله‌کشی:

۱. هنگام طراحی سیستم‌های پمپاژ برای چیلرها، بویلرها و برج‌های خنک‌کن، برای هر یک آرایش پمپاژ جداگانه تدارک دیده شود (هر پمپ بطور مستقیم به هر جزء از تجهیزات واحد مرکزی لوله‌کشی شود) یا یک سیستم دارای هدر فراهم گردد.

۲. سیستم یکپارچه:

الف) سیستم یکپارچه تنها زمانی باید مورد استفاده قرار گیرد که تمامی تجهیزات سیستم (چیلرها، بویلرها، برج‌های خنک‌کن و پمپ‌های مربوطه) دارای ظرفیت یکسان باشند.

۳. سیستم دارای هدر:

الف) استفاده از یک سیستم دارای هدر صحیح بخصوص زمانی که چیلرها، برج‌های خنک‌کن، بویلرها و پمپ‌های مربوطه دارای ظرفیت‌های یکسان نمی‌باشند، دارای ارجحیت است.

ب) از سیستم‌های دارای هدر اصلاح شده استفاده نکنید. یک سیستم هدر اصلاح شده منجر به مشکلات اپراتوری عمده‌ای خواهد شد.

د) حداقل اندازه پیشنهادی برای یک سیستم هیدرونیك "3/4" می‌باشد.

ه) بطور کلی، ایجاد سر و صدا در سیستم‌های هیدرونیك بیانگر وجود خوردگی است.

و) انحراف سیستم‌های بزرگ:

۱. گرمایش کمپ: ۸۰٪

۲. سرمایش کمپ: ۶۵٪

۳. دبی ثابت: تنها بار سیستم دارای انحراف می‌باشد.

۴. دبی متغیر: هم بار سیستم و هم دبی سیستم دارای انحراف هستند.

ز) کنترل فشار سیستم با استفاده از اختلاف فشار هرگز نباید در خود پمپ صورت گیرد. مسیر جانبی فشار صرفنظر از اینکه سیستم بصورت دبی مسیر جانبی یا پمپاژ با سرعت متغیر طراحی شده باشد، باید در انتهای سیستم یا در انتهای هر یک از زیر سیستم‌ها پیاده شود. دبی مورد نیاز مسیر جانبی نباید از ۲۰٪ دبی طراحی پمپ تجاوز نماید.

ح) شیرهای یکطرفه تخلیه پمپ:

۱. شیرهای یکطرفه تخلیه پمپ باید از نوع دیسکی، فنری و با راهنمای مرکزی باشند.

۲. شیرهای یکطرفه تخلیه پمپ باید به نحوی تعیین اندازه شوند که در دبی طراحی بطور کامل باز باشند. بطور کلی، برای برآورده ساختن این شرایط، شیر اطمینان باید به میزان یک اندازه لوله کوچکتر از لوله‌کشی ارتباط دهنده باشد.

۳. شیرهای یکطرفه سیستم آب کندانسور و دیگر سیستم‌های لوله‌کشی باز باید دارای بدنه‌های با طرح کروی باشند تا از برگشت آب یا انسداد مسیر جلوگیری شود.

۴. تعبیه شیرهای قطع‌کن در فاصله‌ای ۴ تا ۵ برابر قطر لوله و در بالادست اختلافات جریان از سوی اغلب سازندگان توصیه می‌شود.

ط) در تمامی نقاط بالایی سیستم‌های حاوی آب، مسیر تخلیه هوا تعبیه نمایید. در تمامی نقاط پایینی سیستم‌های حاوی آب، مسیر تخلیه آب نصب کنید. تمامی تخلیه‌های آب و تخلیه‌های دستی و اتوماتیک هوا باید به مکانی امن لوله‌کشی شوند.

ی) ترمومترهایی را باید بر روی هر دو مسیر رفت و برگشت تمامی کویل‌های آب، چیلرها، بویلرها، مبدل‌های حرارتی و سایر تجهیزات مشابه نصب نمایید. همچنین باید ترمومترهایی را در فاصله تقریبی ۱۰ برابر قطر لوله در پایین دست نقطه اختلاط جریان‌های اصلی نصب کرد. قرار دادن ترمومتر در این مکان‌ها به خطایابی سیستم در زمان بروز مشکل کمک خواهد کرد.

ک) کویل‌های آب را بنحوی انتخاب کنید که در دبی طراحی، سرعت آب در داخل آن‌ها به اندازه کافی بالا باشد تا در ناحیه جریان آرام و زمانی که دبی در پاسخ به تقاضای کم کاهش پیدا می‌کند، آب از حرکت باز نایستد. انتخاب سرعت‌های بالاتر همراه با افت فشار بیشتر در کویل آب می‌باشد. برخی اوقات باید توازن میان افت فشار و دبی در شرایط تقاضای کم برقرار نمود.

ل) برای برداشتن فشار از روی کوبن خوردگی و از جا خارج نمودن راحت‌تر آن، تخلیه هوای دستی و تخلیه آب بر روی آن نصب و تخلیه آب را به تخلیه کف محل لوله‌کشی نمایید.

م) برای مخزن تغذیه مواد شیمیایی، تخلیه هوای دستی و تخلیه با لوله‌کشی به خروجی کف نصب کنید.

ن) کنتورهایی را بر روی تمامی نقاط اتصال مسیرهای آب تغذیه و زیرآب‌زنی به سیستم‌های هیدرونیک (آب گرمایش، آب خنک شده، کندانس و بخار) تعبیه نمایید. میزان مصرف آب سیستم پارامتری حیاتی در اپراتوری آن، حفظ سطوح مواد شیمیایی و عیب‌یابی سیستم می‌باشد. چنانچه بودجه پروژه اجازه دهد، اطلاعات مرتبط با میزان مصرف باید ثبت و نگهداری شوند.

س) تمامی شیرها، صافی‌ها، مهره ماسوره‌ها و فلنج‌ها را بگونه‌ای جانمایی کنید که در دسترس باشند. تمامی شیرها (به استثناء شیرهای کنترل) و صافی‌ها باید پیش از کاهش اندازه برای برقراری اتصال به تجهیزات و کنترل‌ها، دارای اندازه کامل لوله باشند. در هر جزء تجهیزات، در مسیرهای فرعی و در مسیرهای لوله‌کشی طولانی (۱۰۰ فوت یا بیشتر) بمنظور اجازه جداسازی اجزا برای انجام بازرسی‌ها و تعمیرات باید مهره ماسوره‌ها و/یا فلنج‌هایی را تعبیه نمود.

ع) تمامی شیرها باید بنحوی وصل شوند که در صورت برداشته شدن تجهیزات یا برچیده شده لوله‌کشی سمت تجهیزات، همچنان قابل بهره‌برداری باشند.

ف) تمامی وسایل اندازه‌گیری را در مکان‌های دارای دسترسی با طول مستقیمی برابر با ۱۰ برابر قطر لوله در بالادست و ۵ برابر قطر لوله در پایین دست وسیله و یا بر اساس توصیه‌های سازنده نصب نمایید.

ص) در اطراف فیلترهای آب و سختی‌گیرها مسیرهای جانبی ایجاد نمایید. فیلترها و سختی‌گیرهای موجود در مسیر تغذیه سیستم‌های بخار یا هیدرونیک را بر روی نمودارهایی نشان دهید.

ق) میزان pH آب در سیستم بطور تقریبی باید در حدود ۸ تا ۹ بماند. میزان pH برای محیط خنثی ۷ می‌باشد. کمتر از این مقدار pH محیط را اسیدی و بیشتر از آن محیط را قلیایی می‌کند.

ر) روش‌های کنترل دستگاه‌های خارجی:

۱. دمای ثابت، دبی متغیر
۲. دمای متغیر، دبی ثابت
۳. تغییر تدریجی دبی به یک مقدار حداقل در دمای ثابت، یک پمپ یا فن در دبی حداقل شروع بکار می‌نماید تا حداقل دبی ثابت را در دمای متغیر برقرار نگاه دارد.
۴. در نبود سیستم کنترل اولیه، سیستم کنترلی ثانویه با اختلاط یا کنترل توسط سیستم‌های فرعی عمل می‌کند.

ش) طراحی یونیت‌های نهایی:

۱. طراحی یونیت نهایی باید بر اساس بزرگترین اختلاف دمای ممکن در سیستم انجام شود.
۲. طراحی یونیت نهایی باید بر اساس نزدیکترین حالت میان دماهای برگشت سیستم‌های اولی و دومی صورت پذیرد.
۳. یونیت‌های نهایی باید برای کاربری در بار کامل و بارهای جزئی انتخاب شوند.
۴. کویل‌هایی با سرعت‌های آب بالا در بار کامل، افت فشار بزرگتر، را انتخاب نمایید. این موضوع باعث عملکرد بهتر در بارهای جزئی می‌شود.

ت) انباره حرارتی (ذخیره حرارت):

۱. عرضه ثابت با تقاضای متغیر.
۲. گرمایش/سرمایش محیط. عرضه متغیر با تقاضای ثابت.
۳. عرضه متغیر با تقاضای متغیر.

ث) شیرهای یکطرفه (در نزدیکترین مکان) و شیرهای جداسازی را بر هر دو خط رفت و برگشت تمامی بویلرهای آب گرم نصب نمایید. توجه داشته باشید که یک مسیر تخلیه باید میان این شیرها قرار داده شود.

۱۸-۶- کلیات سیستم‌های آب گرم:

الف) از نقطه نظر طراحی و عملی، سیستم‌های آب گرم دما پایین معمولاً شامل سیستم‌هایی با دمای آب 210°F و پایین‌تر می‌شوند و سیستم‌های آب گرم دما بالا به سیستم‌هایی با دمای آب 211°F و بالاتر اطلاق می‌شود.

ب) یک تخلیه دستی هوا در بالای بویلر آب گرم تعبیه نمایید تا هوا را در طول پر شدن سیستم یا بهره‌برداری از آن خارج کند. این تخلیه دستی را با لوله به تخلیه کف محل متصل نمایید.

ج) نیازی به سپراتورهای زیرآب‌زنی در بویلرهای آب داغ وجود ندارد، اما وجود آن‌ها برای امور مربوط به نگهداری مطلوب است. سپراتور زیرآب‌زنی را بگونه‌ای تعبیه نمایید تا ورودی آن همسطح یا پایین‌تر از تخلیه بویلر قرار بگیرد تا استفاده از سپراتور زیرآب‌زنی در طول تخلیه بویلر برای تعمیرات اضطراری میسر باشد.

د) سیستم‌های هیدرونیک دما بالا زمانی که در دماها و فشارهای بالا کار می‌کنند، شانس کمتری برای ضربه قوچ و آثار زیان‌آور ناشی از نشستی از لوله‌ها را به‌همراه دارند.

ه) توصیه می‌شود سیستم‌های آب گرم دما پایین دارای قابلیت کنترل بر اساس دمای هوای بیرونی باشند تا ملاحظات مرتبط با صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کنترل‌پذیری یونیت‌های نهایی در شرایط بار پایین رعایت شود. اما، باید در طراحی بویلر نیز پیش‌بینی‌های لازم صورت پذیرد تا از شوک حرارتی در اثر دمای پایین آب برگشتی یا از کندانس بخار آب بویلر در اثر دمای پایین گازهای خروجی از دودکش (بخاطر دمای پایین آب رفت) جلوگیری شود.

۱۸-۷- سیستم‌های گرمایش آب گرم دما پایین:

الف) دمای آب خروجی (LWT): $200^{\circ}\text{F} - 160$ (مقدار توصیه شده: 180°F ، محدوده: $140 - 200^{\circ}\text{F}$)

ب) محدوده ΔT : $40^{\circ}\text{F} - 20$

ج) آب دما پایین: 250°F و کمتر؛ حداکثر 160 psi

د) مقدار ΔT سیستم عموماً بوسیله بویلر و حداکثر اختلاف دمایی که بویلر بدون ایجاد شوک حرارتی قادر به تحمل آن می‌باشد، محدود می‌شود. چند بویلر متداول و حداکثر اختلاف دمای توصیه شده مرتبط در ادامه آورده شده است:

۱. بویلرهای فولادی (فایرتیوب، واترتیوب): 40°F

۲. بویلرهای چدنی: 40°F

۳. بویلرهای مدولار یا بویلرهای لوله مسی: 100°F (در برخی موارد حتی مقدار بالاتری می‌توان انتخاب کرد).

۱۸-۸- سیستم‌های گرمایش دما متوسط و دما بالا:

الف) دمای خروجی آب (LWT): $450^{\circ}\text{F} - 350$

ب) محدوده ΔT : $100^{\circ}\text{F} - 20$

ج) آب دما متوسط: $350^{\circ}\text{F} - 251$ ؛ حداکثر 160 psi

د) آب دما بالا: $450^{\circ}\text{F} - 351$ ؛ حداکثر 300 psi

ه) اصول طراحی سیستم‌های آب گرم دما متوسط و دما بالا:

۱. فشار سیستم باید در تمامی نقاط از فشار بخار در دمای طراحی بیشتر باشد. برقرار بودن چنین فشاری را در بالاترین نقطه سیستم، در سمت مکش پمپ و در شیر کنترل در شرایط جریان حداقل یا بار جزئی بررسی نمایید. با بیشتر شدن اختلاف ارتفاع، بالای منبع فشار (در اغلب موارد مخزن انبساط)، دمای بهره‌برداری در نظر گرفته شده برای سیستم آب گرم دما متوسط و دما بالا باید بزرگتر باشد.

۲. خطاهای طراحی سیستم‌های آب گرم دما متوسط و دما بالا در خصوص ظرفیت یا دبی‌ها نابخشودنی است.

۳. ضرایب تبدیل معادلات استاندارد HVAC باید برای وزن مخصوص و حرارت مخصوص در دماهای طراحی تصحیح شوند.

۴. انبساط و انقباض حرارتی لوله‌ها باید در نظر گرفته شوند. این مقادیر از اهمیتی حیاتی در طراحی سیستم برخوردارند.

۵. ایجاد اختلاف دمای بزرگتر در سیستم، عواید اقتصادی بیشتری را نیز در پی خواهد داشت.

۶. از سیستم‌های آب گرم دما متوسط و دما بالا برای کاربری‌های وابسته به تولید استفاده نمایید. چراکه کنترل دمای دقیق‌تری را به همراه دارند و همچنین دماهای سطح یکنواخت‌تری را در وسایل انتقال حرارت ایجاد می‌نمایند.

۷. الزامات فشار مثبت خالص در دهانه پمپ‌های بکار رفته در سیستم‌های آب گرم دما متوسط و دما بالا حیاتی بوده و این سیستم‌ها باید برای فشار مناسب مورد کنترل و ارزیابی قرار گیرند. برای حصول بهترین وضعیت، باید پمپ‌ها را بگونه‌ای طراحی و جانمایی نمود که از بروز کاویتاسیون جلوگیری شود.

(و) یاتاقان‌ها و نشت‌بندی‌های پمپ در دمای بالای 300°F باید خنک‌کاری شوند. بهترین روش استفاده از یک مبدل حرارتی مجزا (یک عدد برای هر پمپ یا یک عدد برای مجموعه‌ای از پمپ‌ها) و ایجاد گردش آب می‌باشد.

(ز) سیستم‌های آب گرم دما متوسط و دما بالا با سیستم‌های گرمایش از کف بخوبی کار می‌کنند.

(ح) شیرهای کنترل باید در خط رفت به مبدل‌های حرارتی قرار داده شوند. برای خط برگشت نیز باید شیر یکطرفه در نظر گرفت. بدین ترتیب یک قطع‌کن ایمنی برای شرایطی که یک نشتی بزرگ در مبدل حرارتی ایجاد شود، فراهم می‌آورد.

(ط) چنانچه یک سیستم گرمایش دما متوسط یا دما بالا برای تولید بخار مورد استفاده قرار گیرد؛ فشار بخار، اختلاف حرارت سیستم و در نتیجه دمای آب برگشت را تعیین می‌کند.

(ی) انواع بویلرهای سیستم‌های دما متوسط و دما بالا:

۱. گردش طبیعی، بویلرهای فایرتیوب و واترتیوب،

۲. گردش اجباری (کنترل شده)،

۳. بویلرهای احتراقی (با گردش طبیعی و اجباری)، بویلرهای کرنر تیوب.

(ک) الزامات طراحی:

۱. اندیشیدن تمهیداتی برای حذف هرگونه مواد خارجی، گرد و خاک و ذرات معلق،

۲. مولدها هرگز نباید زیرآب‌زنی شوند. زیرآب‌زنی باید تنها در مخزن انبساط یا سیستم لوله‌کشی انجام شود.

۳. شیرهای اطمینان بویلر باید تنها زمانی که آب داخل آن سرد می‌باشد، امتحان شوند. در غیر اینصورت خروج ناگهانی آب به مخلوط بخار باعث سایش نشیمنگاه شیر می‌شود و پس از یک یا دو بار باز کردن شیرهای اطمینان باعث نشتی مداوم آن‌ها می‌شود.

۴. شیرهای اطمینان بویلر باید تنها برای محافظت از بویلرها در نظر گرفته شوند و شیر اطمینان جداگانه‌ای را باید برای مخزن ذخیره تعبیه نمود.

۵. شیرهای اطمینان باید به یک مخزن زیرآب‌زنی لوله‌کشی شوند.

ل) سیستم‌های آب گرم دما متوسط و دما بالا می‌توانند بوسیله سیستم بخار یا بوسیله پمپ یا ابزار مکانیکی تحت فشار قرار داده شوند.

م) خصوصیات سیستم‌هایی که با بخار تحت فشار قرار می‌گیرند، در ادامه آورده شده است:

۱. سیستم‌های تحت فشار با بخار عموماً بصورت پیوسته کار کرده و به ندرت خاموش می‌شوند.
۲. مخزن انبساط سیستم‌هایی که با بخار تحت فشار قرار می‌گیرند، حاوی مقدار زیادی آب دما بالا می‌باشد. بهمین خاطر توانایی قابل توجهی در جذب نوسانات بار خواهند داشت.
۳. سیستم‌های تحت فشار بوسیله بخار، کارکرد کنترل احتراق را بهبود می‌بخشند.
۴. سیستم‌های تحت فشار بوسیله بخار، نیاز به پیش‌بینی تغییرات بار را کاهش می‌دهند.
۵. سیستم بسته بوده و در آن از ورود هوا یا گاز جلوگیری می‌شود. بنابراین امکان خوردگی یا انسداد جریان کاهش یافته و یا به کلی از بین می‌رود.
۶. این سیستم‌ها عموماً قادر به کار در فشارهایی پایین‌تر از فشارهای سیستم‌های تحت فشار بوسیله پمپ یا دیگر اجزای مکانیکی می‌باشند.
۷. سیستم‌های تحت فشار قرار گرفته با استفاده از بخار هزینه اولیه بالاتری دارند.
۸. این سیستم‌ها به فضای بیشتری نیاز دارند.
۹. یک مخزن تحت فشار بزرگ باید در بالای مولدها قرار داده شود.
۱۰. لوله‌های تخلیه شونده به مخزن انبساط تحت فشار با بخار باید به صورت عمودی و رو به بالا باشد یا زاویه آن با امتداد عمودی بیشتر از ۴۵ درجه نشود.

ن) خصوصیات سیستم‌های تحت فشار مکانیکی در ادامه آورده شده است:

۱. سیستم‌های تحت فشار مکانیکی در خصوص محل قرارگیری مخزن انبساط انعطاف‌پذیر می‌باشند.
۲. سیستم‌های تحت فشار مکانیکی باید بگونه‌ای طراحی شوند که پمپاژ از میان مولد صورت گیرد. ابزار انبساط و اعمال فشار باید در ورودی سمت مکش پمپ تعبیه شوند.
۳. سیستم‌های تحت فشار مکانیکی بهترین گزینه برای سیستم‌های با کاربری تناوبی می‌باشند.
۴. سیستم‌های تحت فشار مکانیکی هزینه اولیه کمتری دارند.
۵. سیستم‌های تحت فشار مکانیکی نیاز به فضای کمتری برای مخزن انبساط دارند.
۶. راه‌اندازی و خاموش نمودن این سیستم‌ها آسان می‌باشد.

س) پمپ‌های مورد استفاده در سیستم‌های آب گرم دما متوسط و دما بالا باید به یک خط جانبی $\frac{1}{2}$ تا $\frac{3}{4}$ اینچ حوالی شیر یکطرفه و شیر قطع‌کن بر روی سمت تخلیه پمپ مجهز شده باشند.

۱. تا پس از انجام تعمیرات، مسیر لوله‌کشی مربوط به پمپ مجدداً پر شود.
۲. تا اجازه باز شدن شیر قطع‌کن داده شود. در صورت عدم انجام این کار و به علت اختلاف فشار موجود، باز کردن شیر قطع‌کن با سختی فراوانی همراه خواهد بود.
۳. تا اجازه گرم شدن آهسته پمپ و نشست‌بندی‌های آن داده شود.

ع) برای ایزوله ساختن سیستم‌های آب گرم با دمای بیشتر از 250°F باید بر روی هر دو مسیر رفت و برگشت تجهیزات شیرهای دوتایی نصب نمود. یک خط تخلیه نیز باید میان این دو شیر قرار داده شود تا بتوان به صورت بصری از ایزوله شدن سیستم اطمینان حاصل نمود. تمامی موارد زیر را به شیرهای دوتایی تجهیز نمایید:

- تجهیزات
- مسیرهای تخلیه
- مسیرهای تخلیه هوا
- گیج‌ها
- ابزارهای اندازه‌گیری

ف) از آنجائیکه آب دما بالا و دما متوسط تمایل فراوانی به نفوذ دارد، از اتصالات پیچی استفاده نکنید. به جای اتصالات پیچی از اتصالات جوشی یا فلنچی استفاده نمایید. همچنین از بکارگیری اتصالات مهره ماسوره‌ای پرهیز نمایید.

ص) از استفاده از فلزهای غیرمشابه خودداری کنید. تنها از لوله‌ها، اتصالات، شیرها، فلنچ‌ها و دیگر ابزارهای فولادی استفاده نمایید.

ق) شیرهایی با نشیمنگاه فلز به فلز را بکار گیرید.

ر) از شیرهای سماوری روانکاری شده استفاده نکنید.

۹-۱۸- تکنیک‌های گرم کردن بویلر

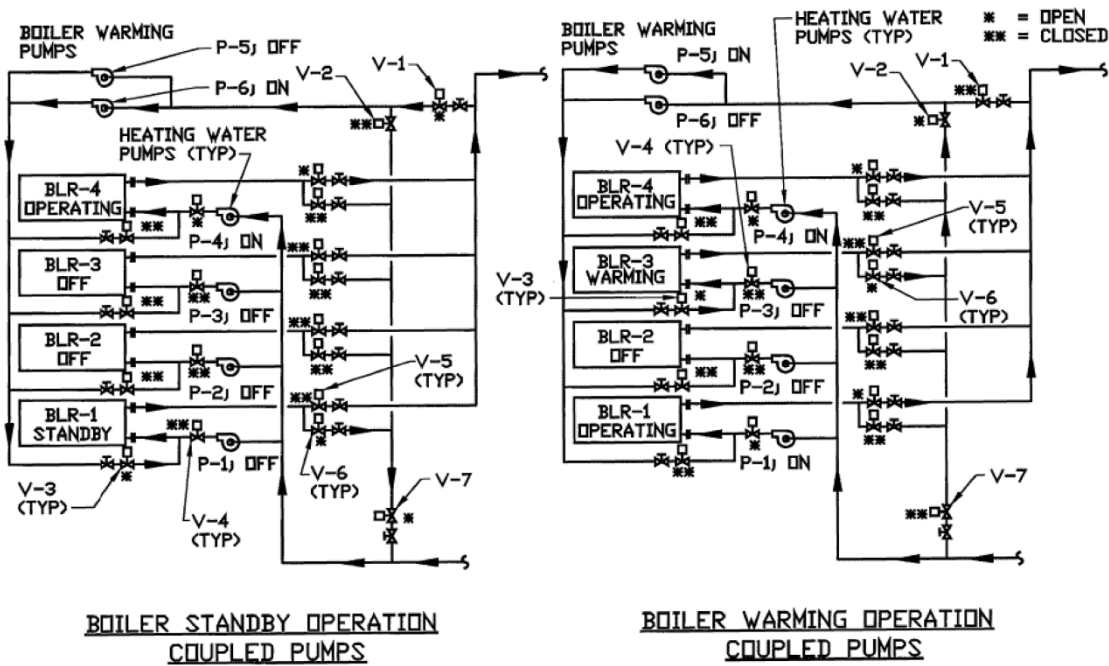
الف) برای فراهم نمودن امکان کنترل تمام خودکار سیستم آب گرمایش، کنترلرها باید دمای فلز بویلر (دمای آب) و دمای عایق بویلر را پیش از آغاز بکار پمپ اصلی یا روشن شدن بویلر تعیین نمایند.

ب) اولاً، زمانی که بویلر در حالت آماده بکار قرار دارد، طراحی سیستم بویلر باید آب را در داخل بویلر به گردش درآورد تا دمای آب بویلر در دمای سیستم باقی بماند.

ج) ثانیاً، طراحی باید بگونه‌ای باشد که دمای آب را قبل از آغاز بکار پمپ اصلی به دست آورد تا مشخص سازد که سیستم آماده سرویس می‌باشد.

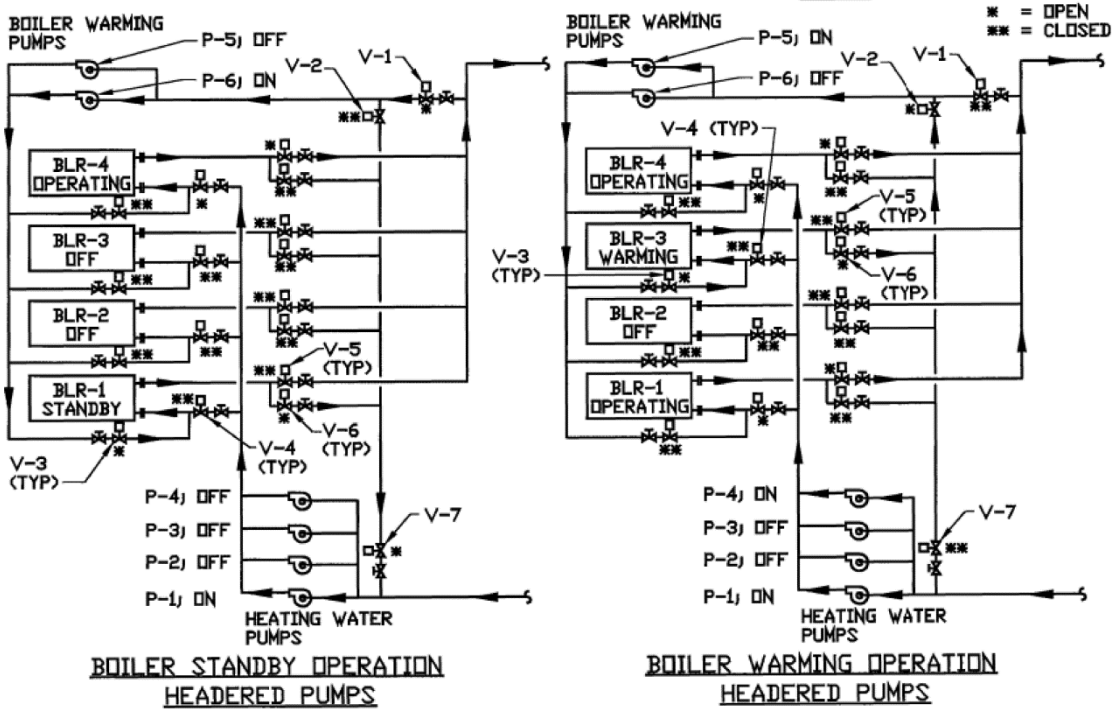
د) ثالثاً، طراحی باید دمای عایقکاری بویلر را تعیین نماید تا از رفتن مشعل به شعله بالا در صورت قرار نداشتن عایقکاری در دمای مناسب جلوگیری نماید.

ه) پمپ‌های گرم کردن بویلر باید هم به لوله‌های رفت بویلر و هم به هدر سیستم لوله‌کشی شوند. این عمل به بویلر در حالت آماده بکار اجازه می‌دهد تا توسط جریان آب سیستم گرم بماند. یا در حالتی که نیاز به تعمیر وجود دارد، بویلر بدون خطر ایجاد شوک در اثر دمای آب سیستم گرم شود. (به شکل‌های ۱-۱۸ و ۲-۱۸ مراجعه نمایید).



شکل ۱-۱۸ دیاگرام حالت‌های آماده به کار و گرم شدن بویلر با پمپ‌های کوپل شده

و) پمپ‌های گرم کردن بویلر باید بر اساس 0.1 GPM/BHP (محدوده $0.05-0.1 \text{ GPM/BHP}$) انتخاب شوند. با این میزان دبی، ۴۵ تا ۷۵ دقیقه طول می‌کشد تا آب داخل بویلر بطور کامل تعویض گردد. این دبی همچنین برای جبران اتلاف حرارتی ناشی از تشعشع و اتلاف از دودکش در حالت آماده بکار کافی می‌باشد. علاوه بر این، این میزان دبی به سیستم اجازه می‌دهد تا بویلر را بدون روشن شدن مشعل گرم باقی نگاه دارد؛ بنابراین بهره‌برداری از بویلر با راندمان بالاتری همراه خواهد بود. برای مثال، ۸ تا ۱۶ ساعت طول می‌کشد تا یک بویلر از حالت سرد به حالت سرویس برسد. بنابراین، بویلر آماده بکار باید گرم نگاه دانه شود تا در زمان خرابی یکی از بویلرهای در حال سرویس به سرعت وارد مدار شود.



شکل ۱۸-۲ دیاگرام حالت‌های آماده به کار و گرم شدن بویلر با پمپ‌های دارای هدر مشترک

ز) روند گرم کردن اولیه سیستم آب گرم:

۱. روند آغاز به کار سیستم آب گرم نباید از 120°F افزایش دما در هر ساعت تجاوز نماید. منتها محدودیت‌های سازنده بویلر یا مبدل حرارتی نیز باید در نظر گرفته شوند.
۲. توصیه می‌شود در زمان گرم کردن اولیه سیستم آب گرم افزایش دما در هر ساعت بیشتر از 25°F نباشد. گرم کردن اولیه آهسته به لوله‌کشی‌ها، تکیه‌گاه‌ها، گیره‌ها و ... اجازه می‌دهد تا خود را با انبساط سیستم تطبیق دهند.
۳. سیستم‌های آب گرم دما پایین (250°F یا کمتر) باید به آهستگی و با افزایش دمای 25°F در هر ساعت گرم شوند تا زمانی که سیستم به دمای طراحی برسد.
۴. سیستم‌های آب گرم دما متوسط و دما بالا (بالای 250°F) باید تا دمای 250°F به آهستگی و با افزایش‌های 25°F در هر ساعت گرم شوند. سپس سیستم باید به مدت ۸ ساعت در همین دما نگاه داشته شود (بهتر است ساعات شب را برای این عمل در نظر بگیرید) تا اجزایی مانند لوله‌کشی‌ها، تکیه‌گاه‌ها، فلاب‌ها و ... خود را با انبساط سیستم تطبیق دهند. بعد از آن دمای سیستم تا رسیدن به دمای طراحی یا 350°F به میزان 25°F در هر ساعت افزایش داده شود. با هر افزایش و پیش از اعمال افزایش دمای جدید باید به سیستم به مدت یک ساعت زمان داده شود. چنانچه سیستم به دمای 350°F رسیده باشد و دمای طراحی بیش از آن باشد، باید سیستم را به مدت ۸ ساعت در همین وضعیت نگاه داشت. بعد از آن دمای سیستم تا رسیدن به دمای طراحی یا 455°F یا دمای طراحی به میزان 25°F در هر ساعت افزایش داده شود. با هر افزایش و پیش از اعمال افزایش دمای جدید باید به سیستم به مدت یک ساعت زمان داده شود.

ح) سیستم‌های آب گرم را برای آغاز به کار در حال سرویس به شیرهای گرم کردن مطابق با جدول زیر مجهز نمایید. این کار به اپراتورها اجازه می‌دهد تا چنین سیستم‌هایی را به آهستگی و با پیشگیری از شوک ناگهانی یا بروز عیب شدید در سیستم در زمان باز بودن شیرهای بزرگ آن گرم نمایند.

ط) روند مربوط به شیرهای گرم کردن در سیستم‌های آب گرم:

۱. در ابتدا، شیر مربوط به گرم کردن مسیر برگشت را به آهستگی باز نمایید تا تجهیزات را بدون استفاده از دبی تحت فشار قرار دهید.

۲. هر زمان فشار سیستم پایدار شد، به آهستگی شیر مربوط به گرم کردن خط رفت را باز کنید تا دبی برقرار شده و سیستم گرم شود.

۳. زمانی که فشار و دمای سیستم پایدار شدند، مراحل زیر را دنبال نمایید:

الف) شیر اصلی خط برگشت را به آهستگی باز کنید،

ب) شیر مربوط به گرم کردن خط برگشت را ببندید،

ج) شیر اصلی خط رفت را به آهستگی باز نمایید،

د) شیر مربوط به گرم کردن خط اصلی را ببندید.

شیرهای مسیر جانبی و گرم کردن

اندازه اسمی لوله شیر اصلی	اندازه اسمی لوله	
	سری الف - شیرهای گرم کردن	سری ب - شیرهای مسیر جانبی
4	1/2	1
5	3/4	1 1/4
6	3/4	1 1/4
8	3/4	1 1/2
10	1	1 1/2
12	1	2
14	1	2
16	1	3
18	1	3
20	1	3
24	1	4
30	1	4
36	1	6
42	1	6
48	1	8
54	1	8
60	1	10
72	1	10
84	1	12
96	1	12

۱۸-۱۰ - سیستم آب با دمای دوگانه:

الف) دمای آب سرمایش ترک کننده: 48°F - 40 (حداکثر 60°F)

ب) محدوده ΔT سرمایش: $10 - 20^{\circ}\text{F}$

ج) دمای آب گرمایش ترک کننده: $160 - 200^{\circ}\text{F}$ (مقدار توصیه شده: 180°F . محدوده: $140 - 200^{\circ}\text{F}$)

د) محدوده ΔT گرمایش: $20 - 40^{\circ}\text{F}$

۱۱-۱۸ - سیستم آب کندانسور:

الف) دمای آب ورودی (EWT): 85°F

ب) محدوده ΔT : $10 - 20^{\circ}\text{F}$

ج) ΔT نرمال: 10°F

۱۲-۱۸ - حلقه پمپ حرارتی با منبع آب:

الف) محدوده: $60 - 90^{\circ}\text{F}$

ب) محدوده ΔT : $10 - 20^{\circ}\text{F}$

۱۳-۱۸ - ضرایب معادله سیستم هیدرونیک:

$$H = 500 \times GPM \times \Delta T \text{ (الف)}$$

ب) ضرایب معادله آورده شده برحسب دما در جدول زیر را جایگزین عدد ۵۰۰ در معادله بالا نمایید. عموماً پذیرفته شده که ضریب ۵۰۰ برای سیستم‌های هیدرونیک با دمای آب تا 200°F قابل قبول می‌باشد.

ضرایب معادله آب

ضریب معادله	محدوده دمایی سیستم ($^{\circ}\text{F}$)	نوع سیستم
500	40-60	آب خنک شده
500	60-110	آب کندانسور حلقه پمپ حرارتی
490	110-150	آب گرمایش دما پایین
485	151-200	
480	201-250	
475	250-300	آب گرمایش دما متوسط
470	301-350	
470	351-400	آب گرمایش دما بالا
470	401-450	

توجه:

۱. اصلاحات معادله آب برای دما، چگالی و گرمای ویژه

۱۴-۱۸ - دماها و فشارهای طراحی سیستم‌های هیدرونیك

الف) در هنگام طراحی سیستم‌های آب گرمایش دما متوسط و دما بالا، بمنظور جلوگیری از تبدیل آب به بخار و ایجاد ضربه قوچ باید فشار کاری مناسب سیستم یا محدوده جلوگیری از پاشش بخار را رعایت نمود.

ب) محدوده جلوگیری از پاشش بخار، اختلاف میان فشار کاری واقعی سیستم و فشار بخار آب در دمای کاری سیستم می‌باشد. اما، محدوده جلوگیری از پاشش بخار اغلب بصورت درجه فارنهایت بیان می‌شود که در حقیقت اختلاف میان دماهای متناظر با فشار بخار معادل با فشار واقعی سیستم و فشار کاری سیستم می‌باشد.

فشارهای طراحی سیستم‌های هیدرونیك

دمای آب °F	فشار بخار psig	حاشیه عدم پاشش بخار در فشار کاری سیستم						
		10°F	20°F	30°F	40°F	50°F	60°F	70°F
200	-3.2	-0.6	2.5	6	10	15	21	27
210	-0.6	2.5	6	10	15	21	27	35
212	0.0	3	7	11	16	22	29	36
215	0.9	4	8	13	18	24	31	39
220	2.5	6	10	15	21	27	35	43
225	4.2	8	13	18	24	30	39	48
230	6.1	10	15	21	27	35	43	52
240	10.3	15	21	27	34	43	52	63
250	15.1	21	27	34	43	52	63	75
260	20.7	27	34	43	52	63	75	88
270	27.2	34	43	52	63	75	88	103
275	30.7	39	47	58	69	81	96	111
280	34.5	43	52	63	75	88	103	120
290	42.8	52	63	75	88	103	120	138
300	52.3	63	75	88	103	120	138	159
310	62.9	75	88	103	120	138	159	181
320	74.9	88	103	120	138	159	181	206
325	81.4	96	111	129	148	170	193	219
330	88.3	103	120	138	159	181	206	232
340	103.2	120	138	159	181	206	232	262
350	119.8	138	159	181	206	232	262	294
360	138.2	159	181	206	232	262	294	329
370	158.5	181	206	232	262	294	329	367
375	169.5	193	219	247	277	311	347	387
380	180.9	206	232	262	294	329	367	407
390	205.5	232	262	294	329	367	407	452
400	232.4	262	294	329	367	407	452	500
410	261.8	294	329	367	407	452	500	551
420	293.8	329	367	407	452	500	551	606
425	310.9	347	387	429	475	524	578	635
430	328.6	367	407	452	500	551	606	665
440	366.5	407	452	500	551	606	665	729
450	407.4	452	500	551	606	665	729	797
455	429.1	475	525	578	635	697	762	832

- با عملکرد سیستم‌های دما بالا در فشارها و دماهای بالاتر، شانس ضربه قوچ و خسارات ناشی از نشتی لوله کاهش می‌یابد.
- در سیستم‌های تحت فشار با نیتروژن یا فشارهای مکانیکی، حداقل 40°F برای جلوگیری از پاشش ناگهانی توصیه می‌شود.

۱۵-۱۸ - جنس مواد مورد استفاده در لوله کشی:

	الف) 125 psi (289 ft) و کمتر:
	۱. 2" و کوچکتر:
Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 40, Type E or S, Grade B	الف) لوله:
Black Malleable Iron Screw Fittings, 150 lb. ANSI/ASME B16.3	اتصالات:
Pipe Threads, General Purpose (American) ANSI/ASME B1.20.1	مفاصل:
Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 40, Type E or S, Grade B	ب) لوله:
Cast Iron Threaded Fittings, 150 lb. ANSI/ASME B16.4	اتصالات:
Pipe Threads, General Purpose (American) ANSI/ASME B1.20.1	مفاصل:
Type "L" Copper Tubing, ASTM B88, Hard Drawn	ج) لوله:
Wrought Copper Solder Joint Fittings, ANSI/ASME B16.22	اتصالات:
Solder Joint with 95-5 tin antimony solder, 96-4 tin silver solder, or 4-6 tin silver solder, ASTM B32	مفاصل:
	۲. 2 1/2" تا 10":
Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 40, Type E or S, Grade B	الف) لوله:
Steel Butt-Welding Fittings ANSI/ASME B16.9	اتصالات:
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:
Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 40, Type E or S, Grade B	ب) لوله:
Factory Grooved End Fittings equal to Victaulic Full-Flow. Tees shall be equal to Victaulic Style 20, 25, 27, or 29	اتصالات:
Mechanical Couplings equal to Victaulic couplings Style 75 or 77 with Grade H gaskets, lubricated per manufacturer's recommendation	مفاصل:
	۳. 12" و بزرگتر:
Black Steel Pipe, ASTM A53, 3/8" wall, Type E or S, Grade B	الف) لوله:
Steel Butt-Welding Fittings ANSI/ASME B16.9	اتصالات:
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:
Black Steel Pipe, ASTM A53, 3/8" wall, Type E or S, Grade B	ب) لوله:
Factory Grooved End Fittings equal to Victaulic Full-Flow. Tees shall be equal to Victaulic Style 20, 25, 27, or 29	اتصالات:
Mechanical Couplings equal to Victaulic couplings Style 75 or 77 with Grade H gaskets, lubricated per manufacturer's recommendation	مفاصل:

290-) 126-250 *psi* (ب)
(578 *ft*)

۱. " 1 ½ و کوچکتر:

Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 80, Type E or S, Grade B

الف) لوله:

Forged Steel Socket-Weld, 300 lb., ANSI B16.11

اتصالات:

Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9

مفاصل:

Carbon Steel Pipe, ASTM A106, Schedule 80, Grade B.

ب) لوله:

Forged Steel Socket-Weld, 300 lb., ANSI B16.11

اتصالات:

Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9

مفاصل:

۲. " 2 و بزرگتر:

Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 80, Type E or S, Grade B

الف) لوله:

Steel Butt-Welding Fittings, 300 lb., ANSI/ASME B16.9

اتصالات:

Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9

مفاصل:

Carbon Steel Pipe, ASTM A106, Schedule 80, Grade B.

ب) لوله:

Steel Butt-Welding Fittings, 300 lb., ANSI/ASME B16.9

اتصالات:

Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9

مفاصل:

۱۸-۱۶ - مخازن انبساط:

الف) حداقل فشار (پر کردن):

۱. (10 *psi* تا +5 ارتفاع سیستم) یا (5-10 *psi*). هر کدام بزرگتر بود.

ب) حداکثر فشار (سیستم):

۱. سیستم‌های ۱۵۰ پوندی: 45-125 *psi*

۲. سیستم‌های ۲۵۰ پوندی: 125-225 *psi*

ج) تخمین حجم سیستم:

۱. 12 *gal/Ton*

۲. 35 *gal/Hp*

۱. قسمت مکش پمپ(ها)

۲. قسمت مکش پمپ اصلی در زمان استفاده از سیستم‌های اولی/دومی/سومی

(ه) ملاحظات طراحی مخازن انبساط:

۱. قابلیت حل هوا در آب. مقدار هوایی که آب می‌تواند جذب کرده و به حالت محلول در خود نگاه دارد به دما و فشار بستگی دارد. با افزایش دما، حداکثر قابلیت حل کاهش و با افزایش فشار، حداکثر قابلیت حل افزایش پیدا می‌کند. به همین خاطر، مخازن انبساط عموماً به سمت مکش پمپ (نقطه با کمترین فشار) متصل می‌شوند.

۲. تعیین اندازه مخزن انبساط:

چنانچه به علت محدودیت‌های سازه‌ای، مخزن انبساط می‌بایست با اندازه‌ای کوچکتر از آنچه باید، مورد استفاده قرار گیرد، حداقل اندازه مخزن انبساط باید به گونه‌ای انتخاب شود که توانایی اداره حداقل نیمی از حجم انبساط یافته سیستم را داشته باشد. در مواردی که حجم مخزن انبساط از این مقدار کمتر باشد، راه‌اندازی سیستم تبدیل به فرآیندی ملالت‌آور و فوق‌العاده حساس خواهد شد. چنانچه اندازه مخزن انبساط کوچکتر از آنچه می‌بایست در نظر گرفته شد، علاوه بر تخلیه دستی باید یک تخلیه خودکار که توسط سیستم کنترلی راه‌اندازی می‌شود نیز فراهم نمود.

۳. تغییرات حجمی سیستم:

الف) فرآیندهای راه‌اندازی و خاموش کردن سیستم باعث ایجاد بزرگترین تغییرات در حجم سیستم می‌شوند.

ب) انبساط و انقباض حجم سیستم باید در بار کلی و بار جزئی سنجیده شوند. دگرگونی‌های ناشی از تغییرات بار در ادامه توضیح داده شده‌اند:

۱. با کاهش فشار در سیستم‌های دبی ثابت، دمای برگشت آب گرمایش افزایش و دمای آب سرد شده کاهش می‌یابند تا جایی که در شرایط بی‌باری دمای برگشت برابر با دمای رفت می‌شود. در شرایط بار جزئی، سیستم‌های گرمایشی دچار انبساط و سیستم‌های سرمایشی دستخوش انقباض می‌شوند.

۲. با کاهش فشار در سیستم‌های دبی متغیر، دمای برگشت آب گرمایش کاهش و دمای آب سرد شده افزایش می‌یابند تا جایی که در شرایط بی‌باری دمای برگشت برابر با دمای رفت می‌شود. در شرایط بار جزئی، سیستم‌های گرمایشی دچار انقباض و سیستم‌های سرمایشی دستخوش انبساط می‌گردند.

۴. مخازن انبساط به منظور پذیرش تغییرات حجمی سیستم به کار گرفته می‌شوند و در آن‌ها فشار توسط یک بالشتک گازی (به طور معمول هوا یا نیتروژن) حفظ می‌شود. مخازن انبساط در جایی که ماندن تحت یک فشار ثابت مورد نیاز باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۵. تعیین اندازه مخازن انبساط با استفاده از جداول زیر و ضرایب تصحیح مربوطه به سادگی انجام می‌شود. این جداول به خصوص در تعیین اولیه اندازه مخزن انبساط کمک فراوانی می‌کنند. جداول به سه دسته تقسیم شده‌اند:

الف) سیستم‌های دما پایین

ب) سیستم‌های دما متوسط

ج) سیستم‌های دما بالا

تعیین اندازه مخزن انبساط، سیستم‌های دما پایین

اندازه مخزن براساس درصدی از حجم سیستم بیان شده است.				
حداکثر دمای سیستم °F	نوع مخزن انبساط			
	مخزن بسته	مخزن باز	مخزن دیافراگمی	
			حجم مخزن	حجم قابل قبول
100	2.21	1.37	1.32	0.59
110	3.08	1.87	1.83	0.82
120	3.71	2.24	2.21	0.99
130	4.81	2.87	2.86	1.28
140	5.67	3.37	3.37	1.51
150	6.77	3.99	4.03	1.80
160	7.87	4.61	4.68	2.10
170	9.20	5.36	5.48	2.45
180	10.53	6.11	6.27	2.81
190	11.87	6.86	7.06	3.16
200	13.20	7.61	7.86	3.52
210	14.77	----	8.79	3.93
220	16.34	----	9.72	4.35
230	17.90	----	10.66	4.77
240	19.71	----	11.73	5.25
250	21.51	----	12.80	5.73

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 10 psig می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 30 psig می‌باشد.
۴. برای دماها و فشارهای اولیه متفاوت با آنچه در بالا فهرست شده است، فقط اندازه مخزن (و نه حجم قابل قبول) را در ضرایب تصحیح آورده شده در جداول ضرایب تصحیح سیستم دما پایین (ارائه شده در صفحات بعدی) ضرب کنید.

تعیین اندازه مخزن انبساط بسته، ضرایب تصحیح سیستم دما پایین

فشار اولیه <i>psig</i>	نوع مخزن انبساط افزایش فشار (<i>psig</i>) فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
5	1.76	1.06	0.83	0.71	0.64	0.59	0.56	0.53	0.51	0.50
10	2.66	1.55	1.18	1.00	0.89	0.82	0.76	0.72	0.69	0.67
15	3.73	2.14	1.60	1.34	1.18	1.07	0.99	0.94	0.89	0.86
20	4.99	2.81	2.08	1.72	1.50	1.36	1.25	1.17	1.11	1.06
25	6.43	3.57	2.62	2.15	1.86	1.67	1.53	1.43	1.35	1.29
30	8.05	4.43	3.22	2.62	2.26	2.02	1.84	1.71	1.61	1.53
35	9.85	5.37	3.88	3.14	2.69	2.39	2.18	2.02	1.89	1.80
40	11.83	6.41	4.60	3.70	3.16	2.80	2.54	2.35	2.20	2.07
45	13.99	7.54	5.39	4.31	3.66	3.23	2.93	2.70	2.52	2.37
50	16.34	8.75	6.23	4.96	4.21	3.70	3.34	3.07	2.86	2.69
55	18.86	10.06	7.13	5.66	4.78	4.20	3.78	3.46	3.22	3.02
60	21.57	11.46	8.09	6.41	5.40	4.72	4.24	3.88	3.60	3.37
65	24.46	12.95	9.11	7.20	6.05	5.28	4.73	4.32	4.00	3.75
70	27.53	14.53	10.20	8.03	6.73	5.87	5.25	4.78	4.42	4.13
75	30.77	16.20	11.34	8.91	7.45	6.48	5.79	5.27	4.86	4.54
80	34.21	17.96	12.55	9.84	8.21	7.13	6.36	5.78	5.33	4.96
85	37.82	19.81	13.81	10.81	9.01	7.81	6.95	6.31	5.81	5.41
90	41.61	21.75	15.13	11.83	9.84	8.52	7.57	6.86	6.31	5.87
95	45.59	23.79	16.52	12.89	10.71	9.25	8.22	7.44	6.83	6.35
100	49.74	25.91	17.97	13.99	11.61	10.02	8.89	8.04	7.37	6.84

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 10 *psig* می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 30 *psig* می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط بسته، ضرایب تصحیح سیستم دما پایین

فشار اولیه	نوع مخزن انبساط									
psig	افزایش فشار (psig)									
	فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
5	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43
10	0.65	0.63	0.62	0.61	0.59	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56
15	0.83	0.80	0.78	0.77	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70
20	1.03	0.99	0.96	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85
25	1.24	1.19	1.16	1.13	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00
30	1.47	1.41	1.37	1.33	1.29	1.26	1.24	1.21	1.19	1.17
35	1.71	1.65	1.59	1.54	1.50	1.46	1.43	1.40	1.37	1.35
40	1.98	1.89	1.82	1.77	1.71	1.67	1.63	1.59	1.56	1.53
45	2.26	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.84	1.80	1.76	1.73
50	2.55	2.44	2.34	2.26	2.18	2.12	2.06	2.01	1.97	1.93
55	2.86	2.73	2.62	2.52	2.44	2.36	2.30	2.24	2.19	2.14
60	3.19	3.04	2.91	2.80	2.70	2.62	2.54	2.48	2.42	2.36
65	3.54	3.36	3.21	3.09	2.98	2.88	2.80	2.72	2.65	2.59
70	3.90	3.70	3.53	3.39	3.27	3.16	3.06	2.98	2.90	2.83
75	4.27	4.05	3.87	3.71	3.57	3.45	3.34	3.24	3.16	3.08
80	4.67	4.42	4.21	4.04	3.88	3.75	3.63	3.52	3.43	3.34
85	5.08	4.81	4.58	4.38	4.21	4.06	3.92	3.81	3.70	3.61
90	5.51	5.21	4.95	4.73	4.54	4.38	4.23	4.10	3.99	3.88
95	5.95	5.62	5.34	5.10	4.89	4.71	4.55	4.41	4.28	4.17
100	6.41	6.05	5.74	5.48	5.26	5.06	4.88	4.73	4.59	4.46

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 10 psig می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 30 psig می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط دیافراگمی، ضرایب تصحیح سیستم دما پایین

فشار اولیه	نوع مخزن انبساط									
	افزایش فشار (<i>psig</i>) فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
<i>psig</i>	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
5	2.21	1.33	1.04	0.89	0.80	0.74	0.70	0.67	0.64	0.62
10	2.66	1.55	1.18	1.00	0.89	0.82	0.76	0.72	0.69	0.67
15	3.11	1.78	1.33	1.11	0.98	0.89	0.83	0.78	0.74	0.71
20	3.55	2.00	1.48	1.22	1.07	0.96	0.89	0.84	0.79	0.76
25	4.00	2.22	1.63	1.34	1.16	1.04	0.95	0.89	0.84	0.80
30	4.45	2.45	1.78	1.45	1.25	1.11	1.02	0.95	0.89	0.85
35	4.89	2.67	1.93	1.56	1.34	1.19	1.08	1.00	0.94	0.89
40	5.34	2.89	2.08	1.67	1.43	1.26	1.15	1.06	0.99	0.94
45	5.79	3.12	2.23	1.78	1.52	1.34	1.21	1.12	1.04	0.98
50	6.24	3.34	2.38	1.89	1.61	1.41	1.27	1.17	1.09	1.03
55	6.68	3.57	2.53	2.01	1.69	1.49	1.34	1.23	1.14	1.07
60	7.13	3.79	2.68	2.12	1.78	1.56	1.40	1.28	1.19	1.12
65	7.58	4.01	2.82	2.23	1.87	1.64	1.47	1.34	1.24	1.16
70	8.03	4.24	2.97	2.34	1.96	1.71	1.53	1.39	1.29	1.21
75	8.47	4.46	3.12	2.45	2.05	1.79	1.59	1.45	1.34	1.25
80	8.92	4.68	3.27	2.57	2.14	1.86	1.66	1.51	1.39	1.29
85	9.37	4.91	3.42	2.68	2.23	1.93	1.72	1.56	1.44	1.34
90	9.82	5.13	3.57	2.79	2.32	2.01	1.79	1.62	1.49	1.38
95	10.26	5.36	3.72	2.90	2.41	2.08	1.85	1.67	1.54	1.43
100	10.71	5.58	3.87	3.01	2.50	2.16	1.91	1.73	1.59	1.47

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 10 *psig* می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 30 *psig* می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط دیافراگمی، ضرایب تصحیح سیستم دما پایین

فشار اولیه <i>psig</i>	نوع مخزن انبساط افزایش فشار (<i>psig</i>) فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
5	0.61	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.54	0.54
10	0.65	0.63	0.62	0.61	0.59	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56
15	0.69	0.67	0.65	0.64	0.62	0.61	0.60	0.60	0.59	0.58
20	0.73	0.71	0.69	0.67	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60
25	0.77	0.74	0.72	0.70	0.68	0.67	0.66	0.64	0.63	0.63
30	0.81	0.78	0.76	0.73	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65
35	0.85	0.82	0.79	0.77	0.74	0.73	0.71	0.69	0.68	0.67
40	0.89	0.86	0.82	0.80	0.77	0.75	0.74	0.72	0.71	0.69
45	0.93	0.89	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.74	0.73	0.71
50	0.97	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.74
55	1.01	0.97	0.93	0.89	0.86	0.84	0.81	0.79	0.78	0.76
60	1.06	1.00	0.96	0.92	0.89	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78
65	1.10	1.04	1.00	0.96	0.92	0.89	0.87	0.84	0.82	0.80
70	1.14	1.08	1.03	0.99	0.95	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83
75	1.18	1.12	1.06	1.02	0.98	0.95	0.92	0.89	0.87	0.85
80	1.22	1.15	1.10	1.05	1.01	0.98	0.95	0.92	0.89	0.87
85	1.26	1.19	1.13	1.08	1.04	1.01	0.97	0.94	0.92	0.89
90	1.30	1.23	1.17	1.12	1.07	1.03	1.00	0.97	0.94	0.92
95	1.34	1.27	1.20	1.15	1.10	1.06	1.02	0.99	0.96	0.94
100	1.38	1.30	1.24	1.18	1.13	1.09	1.05	1.02	0.99	0.96

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 10 *psig* می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 30 *psig* می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط، سیستم‌های دما متوسط

اندازه مخزن براساس درصدی از حجم سیستم بیان شده است.				
حداکثر دمای سیستم °F	نوع مخزن انبساط			
	مخزن بسته	مخزن باز	مخزن دیافراگمی	
			حجم مخزن	حجم قابل قبول
250	263.25	----	18.02	5.73
260	285.30	----	19.53	6.21
270	310.23	----	21.24	6.75
280	335.16	----	22.95	7.29
290	360.08	----	24.65	7.83
300	387.88	----	26.56	8.44
310	415.67	----	28.46	9.04
320	443.47	----	30.36	9.65
330	474.13	----	32.46	10.35
340	504.80	----	34.56	10.98
350	538.33	----	36.86	11.71

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 200 *psig* می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 300 *psig* می‌باشد.
۴. برای دماها و فشارهای اولیه متفاوت با آنچه در بالا فهرست شده است، فقط اندازه مخزن (و نه حجم قابل قبول) را در ضرایب تصحیح آورده شده در جداول ضرایب تصحیح سیستم دما متوسط (ارائه شده در صفحات بعدی) ضرب کنید.

تعیین اندازه مخزن انبساط بسته، ضرایب تصحیح سیستم دما متوسط

فشار اولیه	نوع مخزن انبساط									
	افزایش فشار (<i>psig</i>) فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
<i>psig</i>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
30	0.36	0.21	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10
40	0.52	0.30	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13
50	0.72	0.41	0.30	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.16
60	0.94	0.52	0.39	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19
70	1.19	0.66	0.48	0.39	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
80	1.47	0.80	0.58	0.47	0.41	0.36	0.33	0.31	0.29	0.27
90	1.78	0.97	0.70	0.56	0.48	0.43	0.39	0.36	0.34	0.32
100	2.12	1.14	0.82	0.66	0.56	0.49	0.45	0.41	0.39	0.36
110	2.49	1.34	0.92	0.76	0.64	0.57	0.51	0.47	0.44	0.41
120	2.88	1.54	1.09	0.87	0.74	0.65	0.58	0.54	0.50	0.47
130	3.31	1.76	1.25	0.99	0.83	0.73	0.66	0.60	0.56	0.52
140	3.77	2.00	1.41	1.11	0.94	0.82	0.73	0.67	0.62	0.58
150	4.26	2.25	1.58	1.25	1.05	0.91	0.82	0.75	0.69	0.65
160	4.78	2.52	1.76	1.39	1.16	1.01	0.90	0.82	0.76	0.71
170	5.32	2.80	1.96	1.54	1.28	1.11	0.99	0.90	0.83	0.78
180	5.90	3.09	2.16	1.69	1.41	1.22	1.09	0.99	0.91	0.85
190	6.50	3.40	2.37	1.85	1.54	1.34	1.19	1.08	0.99	0.92
200	7.14	3.73	2.59	2.02	1.68	1.45	1.29	1.17	1.08	1.00
210	7.81	4.07	2.82	2.20	1.83	1.58	1.40	1.27	1.16	1.08
220	8.50	4.42	3.06	2.39	1.98	1.71	1.51	1.37	1.25	1.16
230	9.22	4.79	3.32	2.58	2.13	1.84	1.63	1.47	1.35	1.25
240	9.98	5.18	3.58	2.78	2.30	1.98	1.75	1.58	1.44	1.34
250	10.76	5.58	3.85	2.98	2.47	2.12	1.87	1.69	1.54	1.43
260	11.57	5.99	4.13	3.20	2.64	2.27	2.00	1.80	1.65	1.52

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 200 *psig* می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 300 *psig* می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط بسته، ضرایب تصحیح سیستم دما متوسط

فشار اولیه	نوع مخزن انبساط									
psig	افزایش فشار (psig)									
	فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
30	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
40	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10
50	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
60	0.19	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15
70	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18
80	0.26	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21
90	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24
100	0.35	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.28	0.27	0.27
110	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.31	0.30
120	0.44	0.42	0.41	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33
130	0.50	0.47	0.45	0.44	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37
140	0.55	0.52	0.50	0.48	0.47	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41
150	0.61	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.48	0.47	0.46	0.44
160	0.67	0.63	0.61	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.48
170	0.73	0.69	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55	0.54	0.53
180	0.80	0.76	0.72	0.69	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58	0.57
190	0.87	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69	0.67	0.65	0.63	0.61
200	0.94	0.89	0.84	0.81	0.77	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66
210	1.01	0.96	0.91	0.87	0.83	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71
220	1.09	1.03	0.97	0.93	0.89	0.86	0.83	0.80	0.78	0.75
230	1.17	1.10	1.04	1.00	0.95	0.92	0.88	0.85	0.83	0.81
240	1.25	1.18	1.12	1.06	1.02	0.98	0.94	0.91	0.88	0.86
250	1.33	1.26	1.19	1.13	1.08	1.04	1.00	0.97	0.94	0.91
260	1.42	1.34	1.27	1.20	1.15	1.10	1.06	1.03	0.99	0.96

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 200 psig می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 300 psig می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط دیافراگمی، ضرایب تصحیح سیستم دما متوسط

فشار اولیه <i>psig</i>	نوع مخزن انبساط									
	افزایش فشار (<i>psig</i>)									
	فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
30	1.74	1.03	0.79	0.67	0.60	0.55	0.52	0.50	0.48	0.46
40	2.06	1.19	0.90	0.75	0.67	0.61	0.57	0.54	0.51	0.49
50	2.37	1.35	1.00	0.83	0.73	0.66	0.61	0.57	0.55	0.52
60	2.69	1.50	1.11	0.91	0.79	0.71	0.66	0.61	0.58	0.56
70	3.01	1.66	1.21	0.99	0.86	0.77	0.70	0.65	0.62	0.59
80	3.33	1.82	1.32	1.07	0.92	0.82	0.75	0.69	0.65	0.62
90	2.64	1.98	1.43	1.15	0.98	0.87	0.79	0.73	0.69	0.65
100	3.96	2.14	1.53	1.23	1.05	0.93	0.84	0.77	0.72	0.68
110	4.28	2.30	1.64	1.31	1.11	0.98	0.88	0.81	0.76	0.71
120	4.60	2.46	1.74	1.39	1.17	1.03	0.93	0.85	0.79	0.75
130	4.92	2.62	1.85	1.47	1.24	1.08	0.97	0.89	0.83	0.78
140	5.23	2.78	1.96	1.55	1.30	1.14	1.02	0.93	0.86	0.81
150	5.55	2.93	2.06	1.63	1.36	1.19	1.07	0.97	0.90	0.84
160	5.87	3.09	2.17	1.71	1.43	1.24	1.11	1.01	0.93	0.87
170	6.19	3.25	2.27	1.79	1.49	1.30	1.16	1.05	0.97	0.90
180	6.50	3.41	2.38	1.86	1.56	1.35	1.20	1.09	1.01	0.94
190	6.82	3.57	2.49	1.94	1.62	1.40	1.25	1.13	1.04	0.97
200	7.14	3.73	2.59	2.02	1.68	1.45	1.29	1.17	1.08	1.00
210	7.46	3.89	2.70	2.10	1.75	1.51	1.34	1.21	1.11	1.03
220	7.78	4.05	2.80	2.18	1.81	1.65	1.38	1.25	1.15	1.06
230	8.09	4.21	2.91	2.26	1.87	1.61	1.43	1.29	1.18	1.10
240	8.41	4.36	3.02	2.34	1.94	1.67	1.47	1.33	1.22	1.13
250	8.73	4.52	3.12	2.42	2.00	1.72	1.52	1.37	1.25	1.16
260	9.05	4.68	3.23	2.50	2.06	1.77	1.56	1.41	1.29	1.19

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 200 *psig* می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 300 *psig* می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط دیافراگمی، ضرایب تصحیح سیستم دما متوسط

فشار اولیه <i>psig</i>	نوع مخزن انبساط									
	افزایش فشار (<i>psig</i>) فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
30	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.41	0.40	0.40	0.39	0.39
40	0.48	0.46	0.45	0.44	0.43	0.43	0.42	0.41	0.41	0.40
50	0.50	0.49	0.48	0.46	0.45	0.45	0.44	0.43	0.43	0.42
60	0.53	0.52	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.44
70	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45
80	0.59	0.57	0.55	0.53	0.52	0.51	0.49	0.48	0.48	0.47
90	0.62	0.60	0.57	0.56	0.54	0.53	0.51	0.50	0.49	0.48
100	0.65	0.62	0.60	0.58	0.56	0.55	0.53	0.52	0.51	0.50
110	0.68	0.65	0.62	0.60	0.58	0.57	0.55	0.54	0.53	0.52
120	0.71	0.67	0.65	0.62	0.60	0.59	0.57	0.56	0.54	0.53
130	0.74	0.70	0.67	0.65	0.62	0.61	0.59	0.57	0.56	0.55
140	0.76	0.73	0.70	0.67	0.65	0.63	0.61	0.59	0.58	0.56
150	0.79	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.63	0.61	0.59	0.58
160	0.82	0.78	0.74	0.71	0.69	0.66	0.64	0.63	0.61	0.60
170	0.85	0.81	0.77	0.74	0.71	0.68	0.66	0.64	0.63	0.61
180	0.88	0.83	0.79	0.76	0.73	0.70	0.68	0.66	0.64	0.63
190	0.91	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.70	0.68	0.66	0.64
200	0.94	0.89	0.84	0.81	0.77	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66
210	0.97	0.91	0.87	0.83	0.79	0.76	0.74	0.71	0.69	0.67
220	1.00	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78	0.76	0.73	0.71	0.69
230	1.02	0.97	0.92	0.87	0.84	0.80	0.78	0.75	0.73	0.71
240	1.05	0.99	0.94	0.90	0.86	0.82	0.79	0.77	0.74	0.72
250	1.08	1.02	0.96	0.92	0.88	0.84	0.81	0.79	0.76	0.74
260	1.11	1.05	0.99	0.94	0.90	0.86	0.83	0.80	0.78	0.75

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 200 *psig* می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 300 *psig* می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط، سیستم‌های دما بالا

اندازه مخزن براساس درصدی از حجم سیستم بیان شده است.				
حداکثر دمای سیستم °F	نوع مخزن انبساط			
	مخزن بسته	مخزن باز	مخزن دیافراگمی	
			حجم مخزن	حجم قابل قبول
350	1,995.03	----	47.71	11.71
360	2,119.30	----	50.68	12.44
370	2,243.58	----	53.65	13.17
380	2,378.48	----	56.88	13.96
390	2,524.02	----	60.36	14.82
400	2,669.56	----	63.84	15.67
410	2,815.10	----	67.32	16.53
420	2,981.90	----	71.31	17.51
430	3,138.07	----	75.04	18.42
440	3,315.51	----	79.29	19.46
450	3,492.95	----	83.53	20.51

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 600 *psig* می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 800 *psig* می‌باشد.
۴. برای دماها و فشارهای اولیه متفاوت با آنچه در بالا فهرست شده است، فقط اندازه مخزن (و نه حجم قابل قبول) را در ضرایب تصحیح آورده شده در جداول ضرایب تصحیح سیستم دما بالا (ارائه شده در صفحات بعدی) ضرب کنید.

تعیین اندازه مخزن انبساط بسته، ضرایب تصحیح سیستم دما بالا

فشار اولیه	نوع مخزن انبساط									
	افزایش فشار (psig)									
	فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
psig	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
160	0.68	0.37	0.27	0.22	0.19	0.12	0.16	0.15	0.14	0.13
180	0.83	0.46	0.33	0.27	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15
200	1.01	0.55	0.39	0.32	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18
220	1.19	0.64	0.46	0.37	0.31	0.28	0.25	0.23	0.22	0.20
240	1.40	0.75	0.53	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.25	0.23
260	1.62	0.86	0.61	0.49	0.41	0.36	0.32	0.30	0.28	0.26
280	1.85	0.98	0.70	0.55	0.46	0.41	0.37	0.33	0.31	0.29
300	2.10	1.11	0.78	0.62	0.52	0.46	0.41	0.37	0.35	0.32
320	2.37	1.25	0.88	0.69	0.58	0.51	0.45	0.41	0.38	0.36
340	2.65	1.40	0.98	0.77	0.64	0.56	0.50	0.46	0.42	0.39
360	2.95	1.55	1.08	0.85	0.71	0.62	0.55	0.50	0.46	0.43
380	3.27	1.71	1.19	0.94	0.78	0.68	0.60	0.55	0.50	0.47
400	3.60	1.88	1.31	1.02	0.85	0.74	0.66	0.59	0.55	0.51
420	3.95	2.06	1.43	1.12	0.93	0.80	0.71	0.65	0.59	0.55
440	4.31	2.25	1.56	1.21	1.01	0.87	0.77	0.70	0.64	0.59
460	4.69	2.44	1.69	1.31	1.09	0.94	0.83	0.75	0.69	0.64
480	5.08	2.64	1.83	1.42	1.17	1.01	0.90	0.81	0.74	0.69
500	5.50	2.85	1.97	1.53	1.26	1.09	0.96	0.87	0.79	0.73
520	5.92	3.07	2.12	1.64	1.36	1.17	1.03	0.93	0.85	0.78
540	6.37	3.29	2.27	1.76	1.45	1.25	1.10	0.99	0.90	0.84
560	6.82	3.53	2.43	1.88	1.55	1.33	1.17	1.05	0.96	0.89
580	7.30	3.77	2.59	2.00	1.65	1.41	1.25	1.12	1.02	0.94
600	7.79	4.02	2.76	2.13	1.75	1.50	1.32	1.19	1.08	1.00
620	8.30	4.28	2.93	2.26	1.86	1.59	1.40	1.26	1.15	1.06
640	8.82	4.54	3.11	2.40	1.97	1.69	1.48	1.33	1.21	1.12
660	9.36	4.81	3.30	2.54	2.09	1.78	1.57	1.41	1.28	1.18
680	9.91	5.10	3.49	2.69	2.20	1.88	1.65	1.48	1.35	1.24
700	10.49	5.39	3.69	2.84	2.33	1.99	1.74	1.56	1.42	1.31

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 600 psig می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 800 psig می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط بسته، ضرایب تصحیح سیستم دما بالا

فشار اولیه <i>psig</i>	نوع مخزن انبساط									
	افزایش فشار (<i>psig</i>) فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
160	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10
180	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12
200	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13
220	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15
240	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17
260	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19
280	0.28	0.26	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.21	0.21	0.20
300	0.31	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23	0.22
320	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	0.27	0.26	0.25	0.25
340	0.37	0.35	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.27
360	0.40	0.38	0.37	0.35	0.34	0.32	0.31	0.31	0.30	0.29
380	0.44	0.42	0.40	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31
400	0.48	0.45	0.43	0.41	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34
420	0.52	0.49	0.46	0.44	0.43	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36
440	0.56	0.53	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.41	0.40	0.39
460	0.60	0.56	0.54	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44	0.43	0.41
480	0.64	0.60	0.57	0.55	0.52	0.50	0.49	0.47	0.45	0.44
500	0.69	0.65	0.61	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.47
520	0.73	0.69	0.65	0.62	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.50
540	0.78	0.73	0.69	0.66	0.63	0.61	0.58	0.56	0.54	0.53
560	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56
580	0.88	0.83	0.78	0.74	0.71	0.68	0.65	0.63	0.61	0.59
600	0.93	0.87	0.83	0.78	0.75	0.72	0.69	0.66	0.64	0.62
620	0.98	0.92	0.87	0.83	0.79	0.76	0.73	0.70	0.68	0.66
640	1.04	0.97	0.92	0.87	0.83	0.80	0.76	0.74	0.71	0.69
660	1.10	1.03	0.97	0.92	0.88	0.84	0.80	0.77	0.75	0.72
680	1.15	1.08	1.02	0.97	0.92	0.88	0.84	0.81	0.78	0.76
700	1.21	1.14	1.07	1.01	0.87	0.92	0.89	0.85	0.82	0.80

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 600 *psig* می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 800 *psig* می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط دیافراگمی، ضرایب تصحیح سیستم دما بالا

فشار اولیه	نوع مخزن انبساط									
	افزایش فشار (psig)									
	فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
psig	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
160	2.39	1.32	0.96	0.78	0.67	0.60	0.55	0.51	0.48	0.46
180	2.64	1.44	1.04	0.84	0.72	0.64	0.59	0.54	0.51	0.48
200	2.88	1.56	1.12	0.90	0.77	0.68	0.62	0.57	0.54	0.51
220	3.13	1.69	1.21	0.97	0.82	0.73	0.66	0.61	0.57	0.53
240	3.37	1.81	1.29	1.03	0.87	0.77	0.69	0.64	0.59	0.56
260	3.62	1.93	1.37	1.09	0.92	0.81	0.73	0.67	0.62	0.58
280	3.86	2.05	1.45	1.15	0.97	0.85	0.76	0.70	0.65	0.61
300	4.11	2.18	1.53	1.21	1.02	0.89	0.80	0.73	0.67	0.63
320	4.35	2.30	1.61	1.27	1.07	0.93	0.83	0.76	0.70	0.66
340	4.60	2.42	1.70	1.33	1.12	0.97	0.87	0.79	0.73	0.68
360	4.84	2.55	1.78	1.40	1.17	1.01	0.90	0.82	0.76	0.71
380	5.09	2.67	1.86	1.46	1.21	1.05	0.94	0.85	0.78	0.73
400	5.34	2.79	1.94	1.52	1.26	1.09	0.97	0.88	0.81	0.75
420	5.58	2.91	2.02	1.58	1.31	1.13	1.01	0.91	0.84	0.78
440	5.83	3.04	2.11	1.64	1.36	1.18	1.04	0.94	0.87	0.80
460	6.07	3.16	2.19	1.70	1.41	1.22	1.08	0.97	0.89	0.83
480	6.32	3.28	2.27	1.76	1.46	1.26	1.11	1.00	0.92	0.85
500	6.56	3.40	2.35	1.82	1.51	1.30	1.15	1.04	0.95	0.88
520	6.81	3.53	2.43	1.89	1.56	1.34	1.18	1.07	0.97	0.90
540	7.05	3.65	2.52	1.95	1.61	1.38	1.22	1.10	1.00	0.93
560	7.30	3.77	2.60	2.01	1.66	1.42	1.25	1.13	1.03	0.95
580	7.55	3.90	2.68	2.07	1.71	1.46	1.29	1.16	1.06	0.98
600	7.79	4.02	2.76	2.13	1.75	1.50	1.32	1.19	1.08	1.00
620	8.04	4.14	2.84	2.19	1.80	1.54	1.36	1.22	1.11	1.02
640	8.28	4.26	2.92	2.25	1.85	1.58	1.39	1.25	1.14	1.05
660	8.53	4.39	3.01	2.32	1.90	1.63	1.43	1.28	1.17	1.07
680	8.77	4.51	3.09	2.38	1.95	1.67	1.46	1.31	1.19	1.10
700	9.02	4.63	3.17	2.44	2.00	1.71	1.50	1.34	1.22	1.12

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 600 psig می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 800 psig می‌باشد.

تعیین اندازه مخزن انبساط دیافراگمی، ضرایب تصحیح سیستم دما بالا

فشار اولیه <i>psig</i>	نوع مخزن انبساط									
	افزایش فشار (<i>psig</i>)									
	فشار اولیه + افزایش فشار = حداکثر فشار کاری									
	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
160	0.44	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.36	0.35
180	0.46	0.44	0.43	0.42	0.40	0.39	0.39	0.38	0.37	0.36
200	0.49	0.47	0.45	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.38
220	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44	0.43	0.41	0.41	0.40	0.39
240	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40
260	0.55	0.53	0.50	0.49	0.47	0.46	0.44	0.43	0.42	0.41
280	0.57	0.55	0.52	0.50	0.49	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43
300	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.49	0.47	0.46	0.45	0.44
320	0.62	0.59	0.56	0.54	0.52	0.50	0.49	0.47	0.46	0.45
340	0.64	0.61	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.49	0.47	0.46
360	0.66	0.63	0.60	0.57	0.55	0.53	0.52	0.50	0.49	0.48
380	0.69	0.65	0.62	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.50	0.49
400	0.71	0.67	0.64	0.61	0.58	0.56	0.54	0.53	0.51	0.50
420	0.73	0.69	0.66	0.63	0.60	0.58	0.56	0.54	0.53	0.51
440	0.75	0.71	0.67	0.64	0.62	0.59	0.57	0.56	0.54	0.52
460	0.78	0.73	0.69	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55	0.54
480	0.80	0.75	0.71	0.68	0.65	0.63	0.60	0.58	0.57	0.55
500	0.82	0.77	0.73	0.70	0.67	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56
520	0.84	0.79	0.75	0.71	0.68	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57
540	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60	0.59
560	0.89	0.83	0.79	0.75	0.72	0.69	0.66	0.64	0.62	0.60
580	0.91	0.85	0.81	0.77	0.73	0.70	0.67	0.65	0.63	0.61
600	0.93	0.87	0.73	0.78	0.75	0.72	0.69	0.66	0.64	0.62
620	0.95	0.89	0.84	0.80	0.76	0.73	0.70	0.68	0.66	0.64
640	0.98	0.92	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69	0.67	0.65
660	1.00	0.94	0.88	0.84	0.80	0.76	0.73	0.71	0.68	0.66
680	1.02	0.96	0.90	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.69	0.67
700	1.04	0.98	0.92	0.87	0.83	0.79	0.76	0.73	0.71	0.68

توجه:

۱. جدول براساس دمای اولیه 50°F می‌باشد.
۲. جدول براساس فشار اولیه 600 *psig* می‌باشد.
۳. جدول براساس حداکثر فشار کاری 800 *psig* می‌باشد.

۱۸-۱۷- ایر سپراتورها:

۱. ایر سپراتورها باید با اندازه کامل خط در نظر گرفته شوند.

۱۹

سیستم‌های لوله‌کشی بخار

۱-۱۹ - سیستم‌های لوله‌کشی بخار

الف) تعیین اندازه لوله‌ها (به پیوست ج مراجعه نمایید):

۱. فشار پایین:

الف) بخار فشار پایین: 0-15 *psig*

ب) حداکثر افت فشار کلی سیستم: 0.2-3 *psi*

ج) $1/8 - 1/2 \text{ psi}/100\text{ft}$

۲. فشار متوسط:

الف) بخار فشار متوسط: 16-100 *psig*

ب) حداکثر افت فشار کلی سیستم: 3-10 *psi*

ج) $\frac{1}{2} - 2 \text{ psi}/100\text{ft}$

۳. فشار بالا:

الف) بخار فشار بالا: 101-300 *psig*

ب) حداکثر افت فشار کلی سیستم: 10-60 *psi*

ج) $2 - 5 \text{ psi}/100\text{ft}$

۴. سرعت بخار:

الف) حداکثر 15000 *ft/min*

ب) توصیه شده: 6000-12000 *ft/min*

ج) سیستم‌های فشار پایین: 4000-6000 *ft/min*

د) سیستم‌های فشار متوسط: 6000-8000 *ft/min*

ه) سیستم‌های فشار بالا: 10000-15000 *ft/min*

۵. تخمین افت اصطکاکی:

الف) $(ft / 100 ft)$ نرخ اصطکاک $\times (ft)$ طول سیستم $\times 2.0$

۶. اندازه‌های استاندارد لوله فولادی: $1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 6", 8", 10", 12", 14", 16", 18", 20", 24", 30", 36", 42", 48", 54", 60", 72", 84", 96"$

۷. افت فشار کلی سیستم بخار نباید از ۲۰٪ حداکثر فشار بخار کلی بویلر تجاوز نماید.

۸. نسبت حجم مایع کندانس شده از بخار به حجم بخار در فشار 0 *psig* برابر با 1:1600 می‌باشد.

۹. پاشش بخار: پاشش بخار زمانی اتفاق می‌افتد که کندانس بخار داغ تحت فشار در معرض یک فشار پایین‌تر قرار گیرد. دما به نقطه جوش در فشار پایین‌تر افت پیدا کرده و سبب می‌گردد بخشی از کندانس تبخیر شده و تبدیل به بخار گردد.

الف) پاشش بخار در سیستم‌های بخار فشار پایین قابل صرف‌نظر کردن بوده و عموماً می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد.

ب) پاشش بخار در سیستم‌های فشار متوسط و فشار بالا مهم بوده و باید آن را در هنگام تعیین اندازه لوله‌کشی کندانس در نظر داشت.

۱۰. بخار اشباع:

الف) بخار اشباع بخاری است که در یک فشار مشخص در تعادل با فاز مایع می‌باشد. یک پوند بخار در فشار

اتمسفریک (0 *psig*) حجمی برابر با ۲۶٫۸ فوت مکعب دارد.

ب) بخار اشباع خشک: بخار خشک بخاری است که بطور کامل تبخیر شده است و حاوی هیچ آب مایعی به شکل رطوبت یا قطرات ریز نمی‌باشد. سیستم‌هایی که بخار خشک تولید می‌کنند در مقایسه با سیستم‌هایی که خروجی آن‌ها بخار مرطوب می‌باشد، دارای برتری می‌باشند.

ج) بخار اشباع مرطوب: بخار مرطوب، بخاری است که بطور کامل تبخیر نگشته و حاوی آب به شکل رطوبت یا قطرات ریز می‌باشد. بخار مرطوب محتوای حرارت کمتری در مقایسه با بخار خشک دارد.

د) بخار مافوق گرم: بخار مافوق گرم بخار اشباع خشکی است که حرارت دیده و دمای آن بدون بالا رفتن فشار افزایش پیدا کرده است.

۱۱. انواع بخار:

الف) بخار تاسیساتی: این نوع بخار در یک سیستم متداول بویلر و با استفاده از آب سختی‌گیری شده و همراه با انجام عملیات شیمیایی بهبود آب تولید می‌شود.

ب) بخار فیلتر شده: بخار تاسیساتی‌ای که برای خارج ساختن ذرات جامد فیلتر شده باشد را گویند. (بدون انجام فیلتراسیون شیمیایی)

ج) بخار تمیز: بخاری است که در یک مولد بخار تمیز و با بهره‌گیری از آب تقطیر شده یا یون‌زدایی شده یا آب حاصل از فرآیند اسمز معکوس تولید شده باشد.

د) بخار خالص: بخار تولید شده در یک مولد بخار تمیز و با بهره‌گیری از آب بدون پیروژن تقطیر شده یا یون‌زدایی شده را بخار خالص می‌نامند.

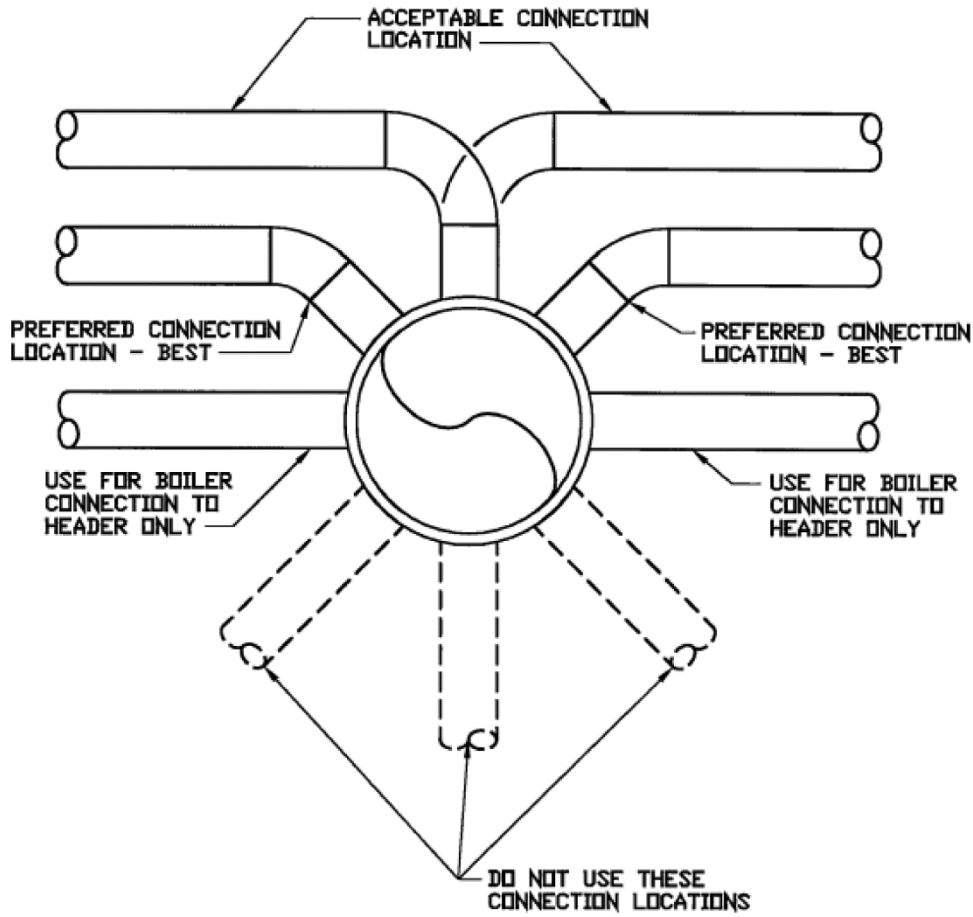
۱۲. خلوص بخار در مقابل کیفیت بخار:

الف) خلوص بخار یک مقیاس کیفی از میزان آلودگی ایجاد شده توسط ذرات، جامدها یا مواد فرار حاضر در بخار آب می‌باشد.

ب) کیفیت بخار به صورت نسبت وزن بخار خشک به وزن بخار اشباع خشک و آب همراه با آن تعریف می‌شود. [به عنوان مثال کیفیت ۹۵٪ به معنای ۹۵ بخش بخار (۹۵٪) و ۵ بخش آب (۵٪) می‌باشد]

ب) راهنمایی‌های طراحی سیستم بخار و نصب لوله‌کشی‌ها:

۱. حداقل اندازه پیشنهادی برای لوله بخار $3/4$ " می‌باشد.
۲. تمامی شیرها، صافی‌ها، مهره ماسوره‌ها و فلنج‌ها را بگونه‌ای جانمایی کنید که در دسترس باشند. تمامی شیرها (به استثناء شیرهای کنترل) و صافی‌ها باید پیش از کاهش اندازه برای برقراری اتصال به تجهیزات و کنترل‌ها، دارای اندازه کامل لوله باشند. در هر جزء تجهیزات، در مسیرهای فرعی و در مسیرهای لوله‌کشی طولانی (۱۰۰ فوت یا بیشتر) بمنظور اجازه جداسازی اجزا برای انجام بازرسی‌ها و تعمیرات باید مهره ماسوره‌ها و/یا فلنج‌هایی را تعبیه نمود.
۳. تمامی شیرها باید بنحوی وصل شوند که در صورت برداشته شدن تجهیزات یا برچیده شده لوله‌کشی سمت تجهیزات، همچنان قابل بهره‌برداری باشند.
۴. تمامی وسایل اندازه‌گیری را در مکان‌های دارای دسترسی با طول مستقیمی برابر با ۱۰ برابر قطر لوله در بالادست و ۵ برابر قطر لوله در پایین دست وسیله و یا بر اساس توصیه‌های سازنده نصب نمایید.
۵. لوله‌کشی بخار را در جهت جریان و بسمت پایین به اندازه حداقل $1/4$ " در هر 10 ft شیب‌دار نمایید.
۶. چنانچه طول انشعاب لوله بخار از ۸ فوت کمتر باشد، انشعاب را نسبت به مسیر اصلی به اندازه حداقل $1/2$ " در هر فوت بسمت پایین شیب‌دار نمایید.
۷. تمامی خطوط انشعابی را به بالای خطوط اصلی بخار متصل نمایید. (بهتر است ۴۵ درجه باشد، ۹۰ درجه نیز قابل قبول است، شکل ۱۹-۱)



شکل ۱۹-۱ اتصالات لوله کشی بخار

۸. لوله کشی بخار باید با کاهنده‌های خارج از مرکز (با کف صاف) نصب شود تا از تجمع کندانس و در نتیجه افزایش احتمال ضربه قوچ جلوگیری شود.
۹. نقاط جمع‌آوری قطرات در سیستم لوله کشی بخار باید دارای اندازه‌ای مشابه با خط بخار باشد تا کندانس اجازه عبور از بالای آن‌ها را پیدا نکند و احتمال بروز ضربه قوچ افزایش نیابد. این نقاط باید در تمامی موقعیت‌های با ارتفاع کم، مکان‌های تخلیه، انتهای خطوط اصلی، و قبل از تمامی تنظیم کننده‌های فشار، شیرهای کنترل، شیرهای جداسازی و اتصالات انبساطی در نظر گرفته شوند.
۱۰. تله‌های بخار مورد استفاده در خطوط اصلی و انشعابات سیستم لوله کشی بخار باید دارای حداقل اندازه $\frac{3}{4}$ " باشند.
۱۱. کنترل سیستم‌های بخار با ظرفیت بیشتر از 2 million Btuh باید توسط دو یا چند شیر کنترل انجام شود.
۱۲. برای ایزوله ساختن سیستم‌های بخار با فشار بالاتر از 100 psig باید بر روی مسیر رفت تجهیزات شیرهای دوتایی نصب نمود. یک خط تخلیه نیز باید میان این دو شیر قرار داده شود تا بتوان به صورت بصری از ایزوله شدن سیستم اطمینان حاصل نمود. تمامی موارد زیر را به شیرهای دوتایی تجهیز نمایید:

- تجهیزات
- مسیرهای تخلیه
- مسیرهای تخلیه هوا

- گیج‌ها
- ابزارهای اندازه‌گیری

۱۳. مقدار pH بخار در سیستم بخار باید تقریباً ۸ تا ۹ باقی بماند. pH برابر با ۷ یک محیط خنثی را عرضه می‌دارد. اگر مقدار pH پایین‌تر از ۷ باشد محیط اسیدی و چنانچه بالاتر از ۷ باشد محیط قلیایی است.

۱۴. بر روی اتصال رفت تمامی بویلرهای بخار شیر یکطرفه (در نزدیکترین مکان به بویلر) و شیر جداسازی نصب و یک مسیر تخلیه میان آن‌ها تعبیه شود.

۱۵. سیستم‌های بخار را برای آغاز به کار در حال سرویس به شیرهای گرم کردن مطابق با جدول زیر مجهز نمایید. این کار به اپراتورها اجازه می‌دهد تا چنین سیستم‌هایی را به آهستگی و با پیشگیری از شوک ناگهانی یا بروز عیب شدید در سیستم در زمان باز بودن شیرهای بزرگ آن گرم نمایند. قرار دادن شیرهای گرم کردن همچنین فرسایش شیرهای بزرگ سیستم را وقتی تنها بخش کوچکی از آن‌ها در تلاش برای کنترل سرعت گرم شدن سیستم باز می‌باشد، کاهش می‌دهد.

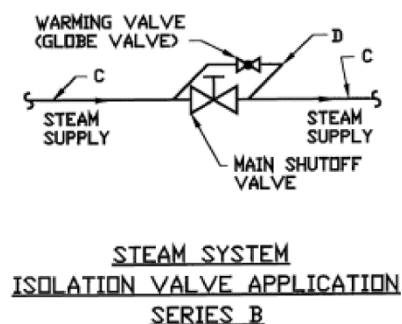
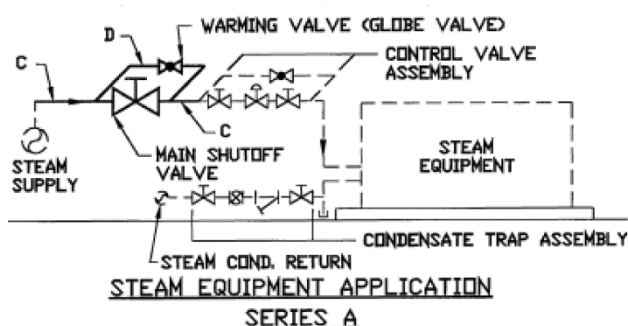
۱۶. روند مربوط به شیرهای گرم کردن در سیستم‌های بخار (شکل ۱۹-۲):

الف) شیر گرم کردن در مسیر رفت به آرامی باز شود تا دبی برقرار شده و سیستم گرم شود.

ب) هر زمان فشار و دمای سیستم پایدار گردید، مراحل زیر دنبال شوند:

۱. شیر اصلی خط رفت به آهستگی باز شود.

۲. شیر مربوط به گرم کردن خط اصلی را ببندید.



NOTES:

1. SERIES A WARMING VALVES COVER STEAM OR MEDIUM/HIGH TEMPERATURE HEATING WATER SERVICE FOR SYSTEM OR EQUIPMENT WARM-UP BEFORE THE MAIN SHUTOFF VALVE TO THE SYSTEM OR DEVICE IS OPENED. WARMING VALVES ARE ALSO USED FOR BALANCING PRESSURES WHERE LINES ARE OF LIMITED VOLUME.
2. SERIES B WARMING VALVES COVER LINES CONVEYING GASES OR LIQUIDS WHERE BYPASSING MAY FACILITATE THE OPERATION OF THE MAIN VALVE BY BALANCING THE PRESSURES ON BOTH SIDES OF THE MAIN VALVE.

MAIN VALVE SIZE (C)	WARMING VALVE SIZE (D)	
	SERIES A WARMING VALVES	SERIES B WARMING VALVES
4"	1/2"	1"
5", 6"	3/4"	1-1/4"
8"	3/4"	1-1/2"
10"	1"	1-1/2"
12", 14"	1"	2"
16", 18", 20"	1"	3"
24", 30"	1"	4"
36", 42"	1"	6"
48", 54"	1"	8"
60", 72"	1"	10"
84", 96"	1"	12"

شکل ۱۹-۲ شیرهای هشدار سیستم‌های بخار

شیرهای مسیر جانبی و گرم کردن

اندازه اسمی لوله شیر اصلی	اندازه اسمی لوله	
	سری الف - شیرهای گرم کردن	سری ب - شیرهای مسیر جانبی
4	1/2	1
5	3/4	1 1/4
6	3/4	1 1/4
8	3/4	1 1/2
10	1	1 1/2
12	1	2
14	1	2
16	1	3
18	1	3
20	1	3
24	1	4
30	1	4
36	1	6
42	1	6
48	1	8
54	1	8
60	1	10
72	1	10
84	1	12
96	1	12

۱۷. روند گرم کردن اولیه بویلر بخار:

الف) روند آغاز به کار سیستم بخار نباید از 100°F افزایش دما در هر ساعت تجاوز نماید. منتها محدودیت‌های سازنده بویلر یا مبدل حرارتی نیز باید در نظر گرفته شوند.

ب) توصیه می‌شود در زمان گرم کردن اولیه سیستم بخار افزایش دما در هر ساعت بیشتر از 25°F نباشد. گرم کردن اولیه آهسته به لوله‌کشی‌ها، تکیه‌گاه‌ها، گیره‌ها و ... اجازه می‌دهد تا خود را با انبساط سیستم تطبیق دهند. ج) سیستم‌های بخار فشار پایین (15 psi یا کمتر) باید به آهستگی و با افزایش دمای 25°F در هر ساعت (15 psi افزایش فشار در هر ساعت) گرم شوند تا زمانی که سیستم به دمای طراحی برسد.

د) سیستم‌های بخار فشار متوسط و فشار بالا (بالای 15 psi) باید تا دما-فشار $250^{\circ}\text{F} - 15\text{ psi}$ به آهستگی و با افزایش‌های 25°F در هر ساعت گرم شوند. سپس سیستم باید به مدت ۸ ساعت در همین دما/فشار نگاه داشته شود (بهتر است ساعات شب را برای این عمل در نظر بگیرید) تا اجزایی مانند لوله‌کشی‌ها، تکیه‌گاه‌ها، قلاب‌ها و ... خود را با انبساط سیستم تطبیق دهند. بعد از آن دمای سیستم تا رسیدن به فشار طراحی یا 120 psi به میزان 25 psi در هر ساعت افزایش داده شود. با هر افزایش و پیش از اعمال افزایش دمای جدید باید به سیستم به مدت یک ساعت زمان داده شود. چنانچه سیستم به فشار 120 psi رسیده باشد و فشار طراحی بیش از آن باشد، باید سیستم را به مدت ۸ ساعت در همین وضعیت نگاه داشت. بعد از آن دمای سیستم تا رسیدن به فشار 300 psi یا فشار طراحی به میزان 25 psi در هر ساعت افزایش داده شود. با هر افزایش و پیش از اعمال افزایش فشار جدید باید به سیستم به مدت یک ساعت زمان داده شود.

ج) جنس مواد سیستم‌های بخار فشار پایین ($0 - 15 \text{ psig}$):

Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 40, Type E or S, Grade B	الف) لوله:	۱. ۲" و کوچکتر:
Black Malleable Iron Screw Fittings, 150 lb. ANSI/ASME B16.4	اتصالات:	
Pipe Threads, General Purpose (American) ANSI/ASME B1.20.1	مفاصل:	
		۲. ۱۰" تا ۲ ۱/۲"
Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 40, Type E or S, Grade B	الف) لوله:	
Steel Butt-Welding Fittings, 125 lb., ANSI/ASME B16.9	اتصالات:	
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:	
		۳. ۱۲" و بزرگتر:
Black Steel Pipe, ASTM A53, 3/8" wall, Type E or S, Grade B	الف) لوله:	
Steel Butt-Welding Fittings, 125 lb., ANSI/ASME B16.9	اتصالات:	
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:	

د) جنس مواد سیستم‌های بخار و فشار متوسط ($16 - 100 \text{ psig}$):

Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 40, Type E or S, Grade B	الف) لوله:	۱. ۱ ۱/۲" و کوچکتر:
Forged Steel Socket-Weld, 150 lb. ANSI/ASME B16.11	اتصالات:	
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:	
Carbon Steel Pipe, ASTM A106, Schedule 40, Grade B	ب) لوله:	
Forged Steel Socket-Weld, 150 lb. ANSI/ASME B16.11	اتصالات:	
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:	
		۲. ۲" تا ۱۰"
Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 40, Type E or S, Grade B	الف) لوله:	
Steel Butt-Welding Fittings, 150 lb., ANSI/ASME B16.9	اتصالات:	
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:	

Carbon Steel Pipe, ASTM A106, Schedule 40, Grade B	(ب) لوله:
Steel Butt-Welding Fittings, 150 lb., ANSI/ASME B16.9	اتصالات:
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:
	۳. 12" و بزرگتر:
Black Steel Pipe, ASTM A53, 3/8" wall, Type E or S, Grade B	(الف) لوله:
Steel Butt-Welding Fittings, 150 lb., ANSI/ASME B16.9	اتصالات:
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:
Carbon Steel Pipe, ASTM A106, 3/8" wall, Grade B	(ب) لوله:
Steel Butt-Welding Fittings, 150 lb., ANSI/ASME B16.9	اتصالات:
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:

(ه) جنس مواد سیستم‌های بخار و فشار بالا (100 – 300 psig):

	۱. 1 1/2" و کوچکتر:
Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 80, Type E or S, Grade B	(الف) لوله:
Forged Steel Socket-Weld, 300 lb. ANSI/ASME B16.11	اتصالات:
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:
Carbon Steel Pipe, ASTM A106, Schedule 80, Grade B	(ب) لوله:
Forged Steel Socket-Weld, 300 lb. ANSI/ASME B16.11	اتصالات:
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:
	۲. 2" و بزرگتر:
Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 80, Type E or S, Grade B	(الف) لوله:
Steel Butt-Welding Fittings, 300 lb., ANSI/ASME B16.9	اتصالات:
Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9	مفاصل:
	۳. 2" و بزرگتر:
Carbon Steel Pipe, ASTM A106, Schedule 80, Grade B	(ب) لوله:
Steel Butt-Welding Fittings, 300 lb., ANSI/ASME B16.9	اتصالات:

(و) آزمایش لوله

۱. فشار کاری سیستم $1.5 \times$

۲. حداقل 100 psi

(ز) شیرهای فشار شکن بخار

۱. انواع شیرهای فشار شکن بخار:

الف) عملگر مستقیم:

۱. هزینه پایین

۲. توانایی محدود در واکنش به تغییرات بار و فشار

۳. مناسب برای سیستم‌هایی با تقاضای دبی پایین

۴. مناسب برای سیستم‌هایی با بار ثابت

۵. کنترل محدود فشار پایین دست

ب) پیلوتی:

۱. کنترل دقیق فشار پایین دست در محدوده وسیعی از فشارهای بالادست

۲. مناسب برای سیستم‌های دارای بار متغیر

۳. توانایی واکنش به تغییرات بار و فشار

۴. انواع:

الف) پیلوتی با عملگر فشار

ب) پیلوتی با عملگر دما-فشار

۲. زمانی که افت فشار لازم بزرگتر از 100 psig باشد، یا زمانی که افت فشار لازم برای تحویل فشار کاری کمتر از 25 psig بزرگتر از 50 psig باشد، یا زمانی که فشار متوسط بخار مورد نیاز باشد، کاهش فشار باید در چند مرحله صورت پذیرد.

۳. در جایی که ظرفیت بخار سیستم از اندازه شیر فشارشکن "2" تجاوز نماید، زمانی که بهره‌برداری نرمال ۱۰٪ از بار طراحی را برای دوره‌های زمانی پایدار فرا می‌خواند، یا زمانی که دو تقاضای مشخص بار (برای مثال تابستانه/زمستانه) وجود دارند، از چند شیر فشارشکن استفاده شود.

الف) چنانچه ظرفیت سیستم برای یک شیر فشار شکن منفرد از اندازه "2" تجاوز نماید، از دو شیر فشارشکن با یک سوم و دو سوم ظرفیت استفاده شود.

ب) چنانچه ظرفیت سیستم برای یک شیر فشار شکن منفرد از اندازه "4" تجاوز نماید، از سه شیر فشارشکن با ۲۵٪، ۲۵٪ و ۵۰٪ یا ۱۵٪، ۳۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت استفاده شود.

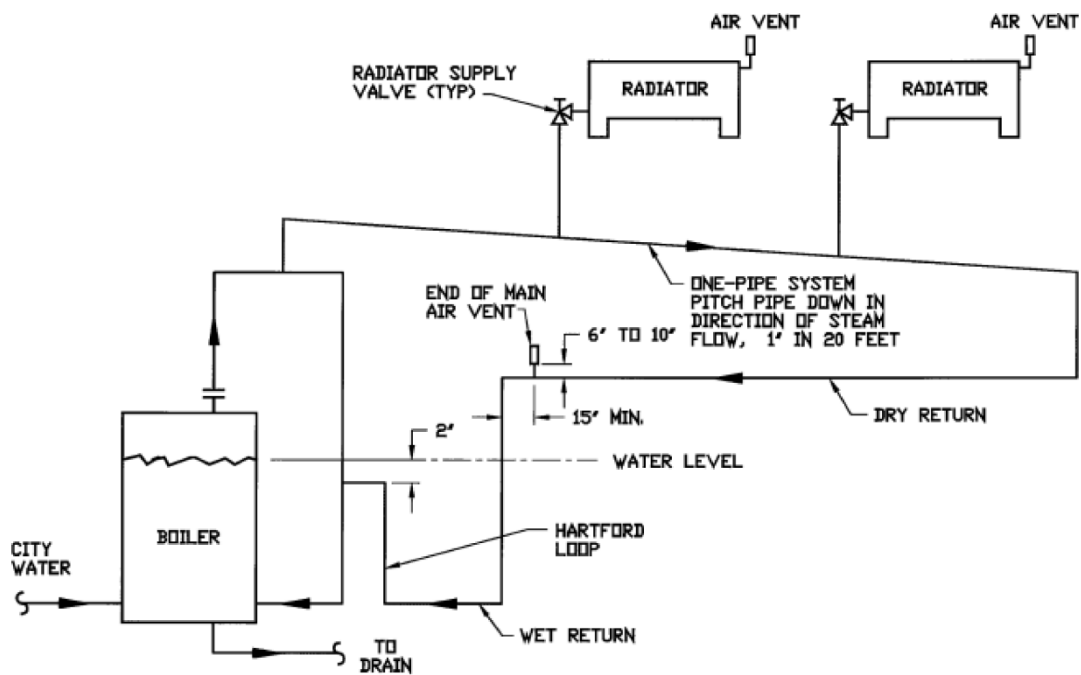
۴. کوچکترین شیر فشارشکن نباید از یک سوم ظرفیت سیستم بزرگتر باشد. حداکثر اندازه شیر فشارشکن باید "4" باشد (شیرهای فشارشکن "4" و "6" به بیش از سه شیر در هر مرحله نیاز خواهند داشت).
۵. خط جانبی شیر فشار شکن باید ۲ اندازه لوله کوچکتر از بزرگترین شیر فشارشکن باشد.
۶. میان ورودی شیر فشار شکن و هدر بالادستی فاصله‌ای برابر با ۱۰ برابر قطر لوله لحاظ شود.
۷. میان خروجی شیر فشار شکن و هدر پایین دستی فاصله‌ای برابر با ۲۰ برابر قطر لوله ایجاد شود.
۸. حداکثر سرعت در لوله در بالادست و پایین دست شیر فشارشکن:
الف) "8" و کوچکتر: 10000 ft/min
ب) "10" و بزرگتر: 8000 ft/min
- ج) زمانی که سطوح پایین صدا مد نظر باشد، سرعت‌ها را باید با ضرایب ۲۵٪ تا ۵۰٪ کاهش داد.
- د) چنانچه سرعت خروجی از مقادیر فهرست شده در بالا متجاوز شد، از راهکارهای کاهش صدا استفاده شود.
۹. از ایجاد تغییرات ناگهانی در اندازه لوله خودداری و از تقلیل دهنده‌های اندازه هم مرکز استفاده شود.
۱۰. تغییرات قطر لوله به‌ازای هر مرحله انبساط، محدود به دو اندازه لوله باشد.

ح) شیرهای اطمینان:

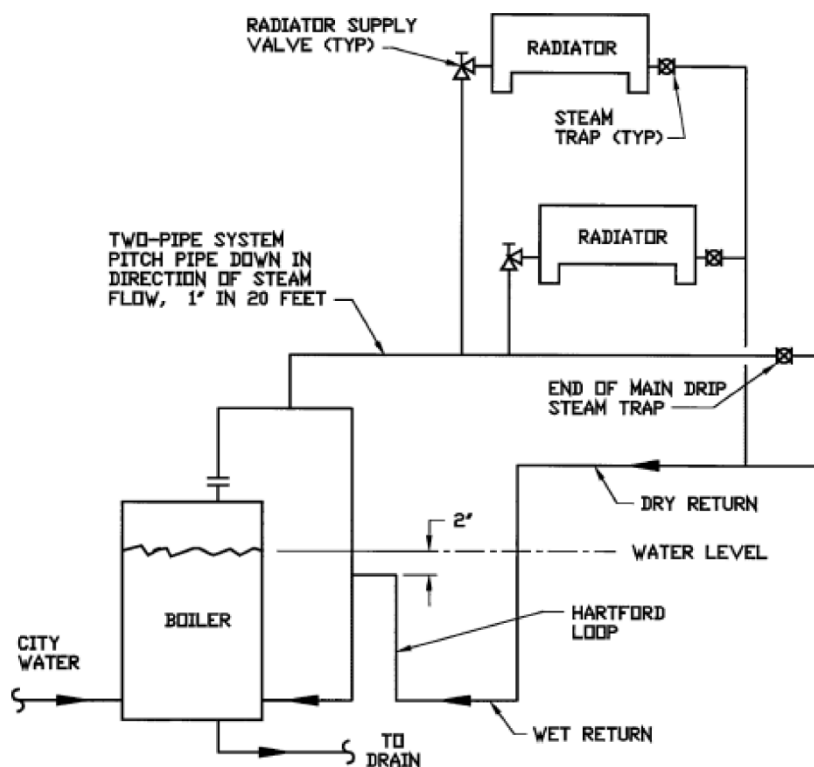
۱. شیر اطمینان باید قادر به اداره حجم بخار محاسبه شده بر اساس سمت فشار بالای شیر فشار شکن یا مسیر جانبی، هر کدام بزرگتر بود، باشد.
۲. اگر ظرفیت شیر اطمینان از "4" بیشتر شود، از چند شیر اطمینان استفاده شود. هر شیر باید یک ارتباط مجزا با خط لوله داشته باشد.

ط) سیستم‌های بخار:

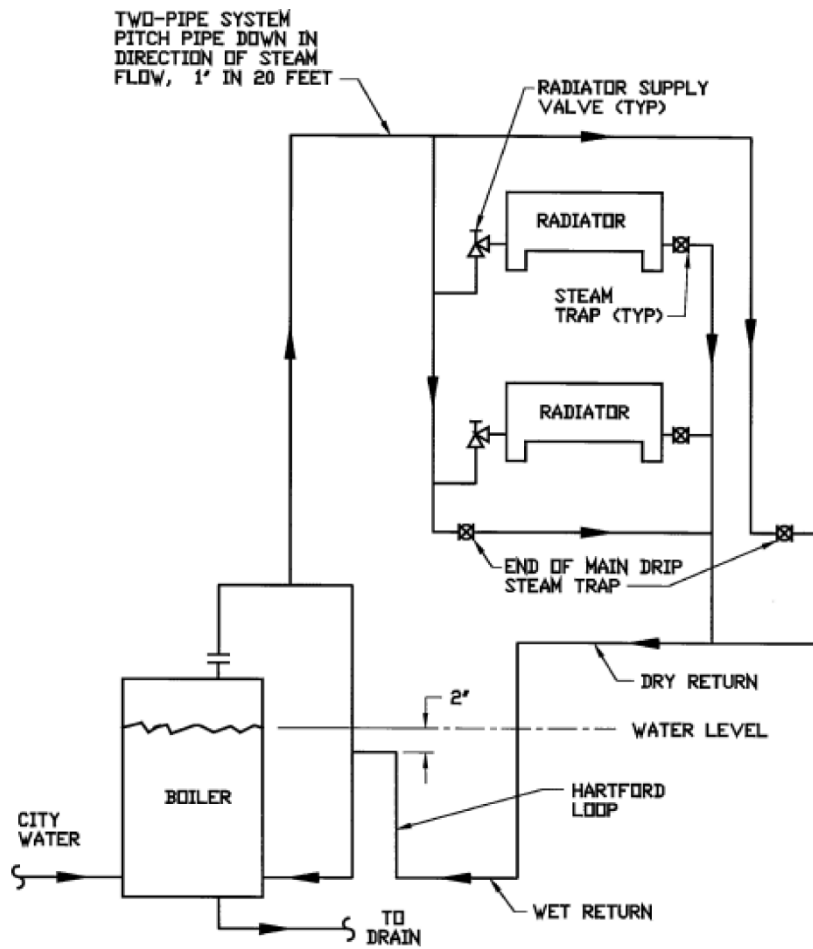
۱. سیستم‌های بخار مسکونی بطور معمول سیستم‌های بخار فشار پایین با مکانیزم‌های برگشت کندانس ثقیلی (شکل‌های ۱۹-۳ تا ۱۹-۵) می‌باشند.
۲. سیستم‌های بخار فشار پایین تجاری ممکن است با مکانیزم‌های برگشت کندانس ثقیلی یا با استفاده از سیستم‌های پمپاژ (شکل‌های ۱۹-۶ و ۱۹-۷) بکار گرفته شوند.
۳. سیستم‌های بخار فشار متوسط و فشار بالای تجاری و صنعتی عموماً با استفاده از سیستم‌های پمپاژ (شکل‌های ۱۹-۸ و ۱۹-۹) کندانس را باز می‌گردانند.



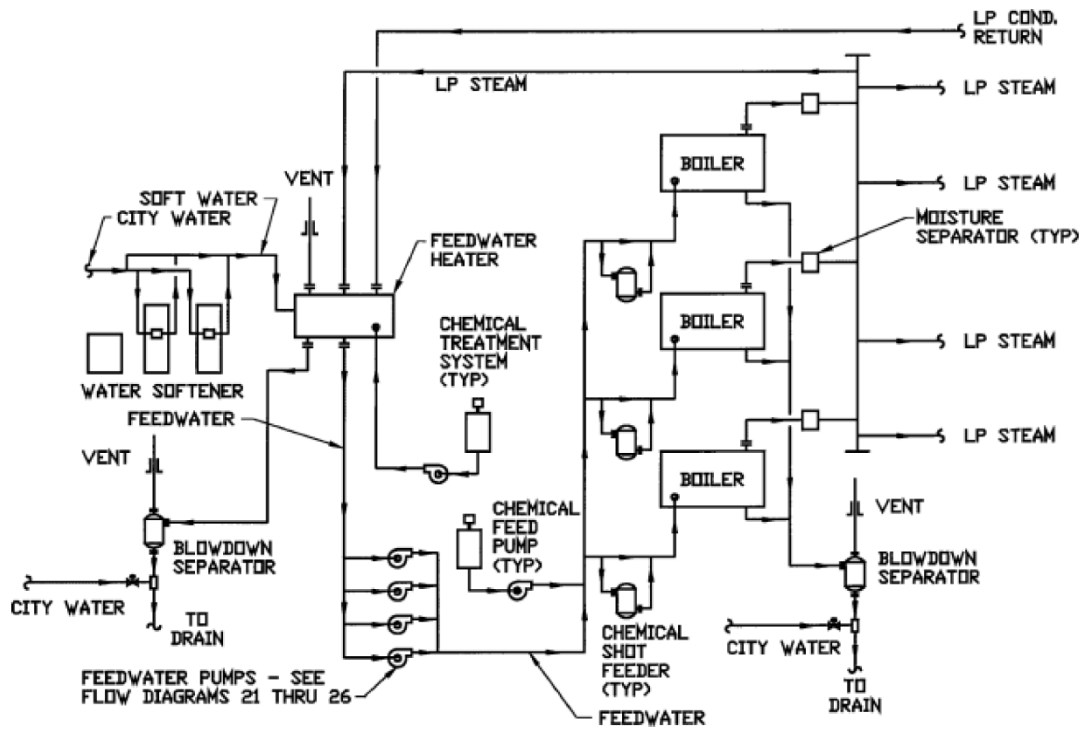
شکل ۱۹-۳ سیستم بخار فشار پایین شماره ۱ برای کاربری‌های مسکونی



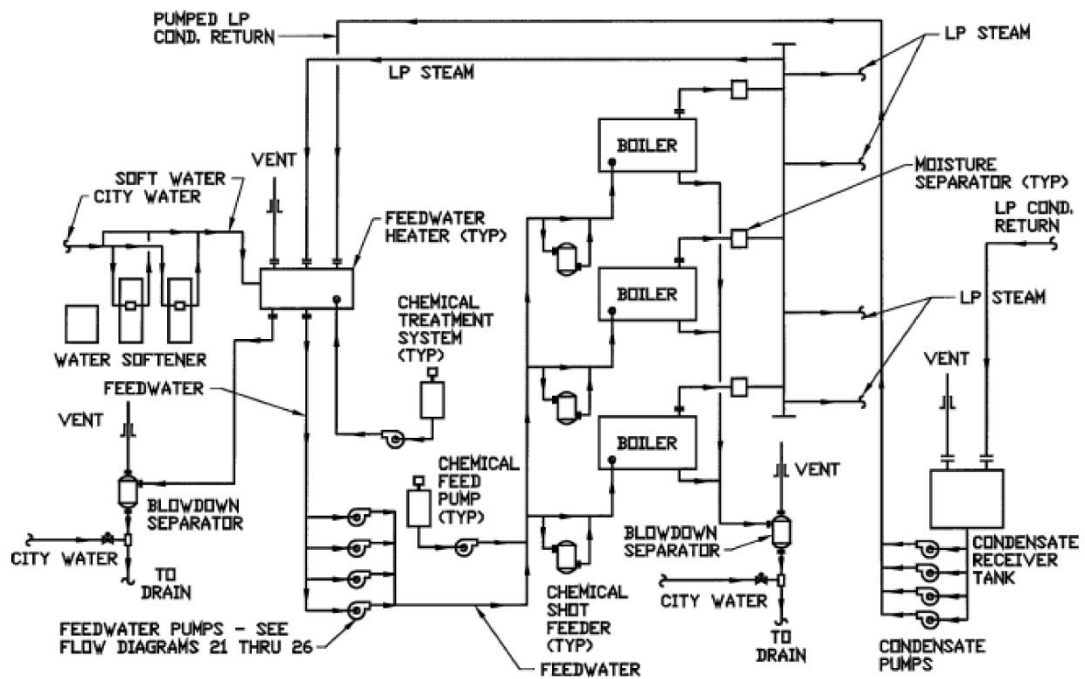
شکل ۱۹-۴ سیستم بخار فشار پایین شماره ۲ برای کاربری‌های مسکونی



شکل ۵-۱۹ سیستم بخار فشار پایین شماره ۳ برای کاربری‌های مسکونی



شکل ۱۹-۶ سیستم بخار فشار پایین با برگشت ثقلی

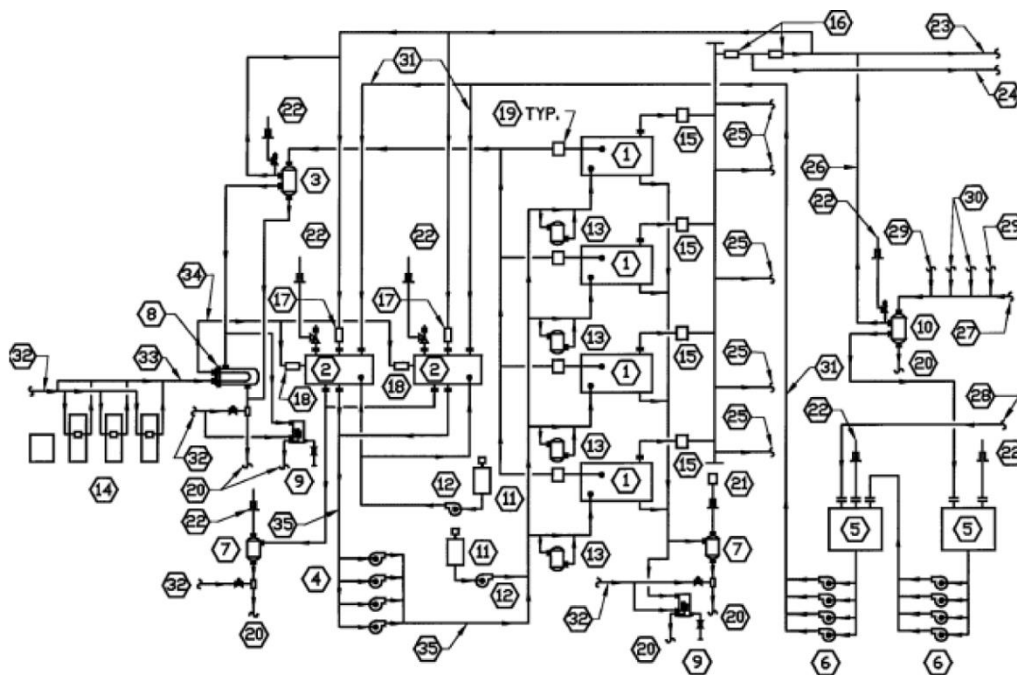


شکل ۱۹-۷ سیستم بخار فشار پایین با برگشت بوسیله پمپ

HIGH PRESSURE STEAM SYSTEM KEYED NOTES:

- 1 BOILER
- 2 DEAERATOR OR FEEDWATER HEATER
- 3 BLOWDOWN FLASH TANK
- 4 FEEDWATER PUMPS - SEE FLOW DIAGRAMS 21 THROUGH 26
- 5 CONDENSATE RECEIVER TANK
- 6 CONDENSATE PUMPS
- 7 BLOWDOWN SEPARATOR
- 8 BLOWDOWN HEAT EXCHANGER
- 9 SAMPLE COOLER
- 10 FLASH TANK
- 11 CHEMICAL TREATMENT SYSTEMS
- 12 CHEMICAL FEED PUMPS
- 13 CHEMICAL SHOT FEEDER
- 14 WATER TREATMENT SYSTEM
- 15 MOISTURE SEPARATOR
- 16 PRV STATION
- 17 TEMPERATURE CONTROL
- 18 LEVEL CONTROL
- 19 TOP BLOWDOWN CONTROLLER
- 20 TO DRAIN
- 21 EXHAUST HEAD
- 22 VENT, TERMINATE A MINIMUM OF 7'-6" ABOVE ROOF
- 23 STEAM SYSTEM #1 (LOW PRESSURE STEAM)
- 24 STEAM SYSTEM #2 (MEDIUM PRESSURE STEAM)
- 25 STEAM SYSTEM #3 (HIGH PRESSURE STEAM)
- 26 FLASH STEAM TO LP STEAM SYSTEM
- 27 COMBINED HIGH-PRESSURE & MEDIUM-PRESSURE CONDENSATE RETURNS
- 28 LOW PRESSURE CONDENSATE RETURN
- 29 MEDIUM-PRESSURE CONDENSATE RETURN
- 30 HIGH-PRESSURE CONDENSATE RETURN
- 31 PUMPED CONDENSATE RETURN
- 32 CITY WATER
- 33 TREATED WATER
- 34 HEATED SOFT WATER
- 35 FEEDWATER

شکل ۸-۱۹ اجزای سیستم بخار فشار بالا



شکل ۹-۱۹ سیستم بخار فشار بالا با برگشت بوسیله پمپ

ملاحظات طراحی سیستم بخار

نوع سیستم	فشار اولیه بخار	حداکثر افت فشار	حداکثر افت فشار کل	حداکثر سرعت
	<i>psig</i>	<i>psig/100ft</i>	<i>psig</i>	<i>ft/min</i>
دما پایین محدوده سرعت: 4000-6000 <i>ft/min</i>	1	1/8	0.2	4,000
	3	1/8	0.6	4,000
	5	1/4	1.0	6,000
	7	1/4	1.5	6,000
	10	1/2	2.0	6,000
	12	1/2	2.5	6,000
	15	1/2	3	6,000
دما متوسط محدوده سرعت: 6000-12000 <i>ft/min</i>	20	1/2	4	8,000
	25	1/2-1	5	8,000
	30	1/2-1	5-6	8,000
	40	1	6-8	10,000
	50	1	8-10	10,000
	60	1	10-12	12,000
	75	1-2	12-15	12,000
85	1-2	12-15	12,000	
100	1-2	15-20	12,000	
دما بالا محدوده سرعت: 6000-15000 <i>ft/min</i>	120	2	20-24	15,000
	125	2	20-24	15,000
	150	2	24-30	15,000
	175	2	24-30	15,000
	200	2-5	30-40	15,000
	225	2-5	30-40	15,000
	250	2-5	30-50	15,000
275	2-5	30-50	15,000	
300	2-5	40-60	15,000	

جداول بخار

فشار بخار <i>psig</i>	فشار بخار <i>psia</i>	دمای اشباع °F	حجم مخصوص <i>ft³/lbs</i>	محتوای حرارت (بالای 32°F) <i>Btu/lbs</i>		
				محسوس	نهان	کلی
0	14.7	212.0	26.800	180.2	970.4	1,150.6
1	15.7	215.3	25.212	183.5	968.2	1,151.7
2	16.7	218.5	23.798	186.7	966.2	1,152.9
3	17.7	221.5	22.536	189.7	964.3	1,154.0
4	18.7	224.4	21.407	192.6	962.4	1,155.0
5	19.7	227.1	20.387	195.4	960.6	1,156.0
6	20.7	229.8	19.467	198.1	958.9	1,157.0
7	21.7	232.3	18.626	200.7	957.3	1,158.0
8	22.7	234.8	17.855	203.1	955.7	1,158.8
9	23.7	237.1	17.147	205.5	954.2	1,159.7
10	24.7	239.4	16.469	207.8	952.7	1,160.5
11	25.7	241.6	15.895	210.1	951.2	1,161.3
12	26.7	243.7	15.337	212.2	949.8	1,162.0
13	27.7	245.8	14.817	214.4	948.4	1,162.8
14	28.7	247.8	14.334	216.4	947.1	1,163.5
15	29.7	249.8	13.881	218.3	945.8	1,164.1
16	30.7	251.7	13.458	220.3	944.5	1,164.8
17	31.7	253.5	13.059	222.2	943.3	1,165.5
18	32.7	255.3	12.685	224.0	942.1	1,166.1
19	33.7	257.1	12.332	225.8	940.9	1,166.7
20	34.7	258.8	11.998	227.5	939.7	1,167.2
21	35.7	260.5	11.684	229.2	938.5	1,167.7
22	36.7	262.1	11.385	230.9	937.4	1,168.3
23	37.7	263.7	11.102	232.5	936.3	1,168.8
24	38.7	265.3	10.833	234.1	935.2	1,169.3
25	39.7	266.8	10.577	235.7	934.1	1,169.8
26	40.7	268.3	10.333	237.3	933.1	1,170.4
27	41.7	269.8	10.101	238.7	932.1	1,170.8
28	42.7	271.2	9.879	240.2	931.1	1,171.3
29	43.7	272.6	9.666	241.7	930.1	1,171.8
30	44.7	274.0	9.463	243.1	929.1	1,172.2
31	45.7	275.4	9.269	244.5	928.2	1,172.7
32	46.7	276.8	9.082	245.9	927.2	1,173.1
33	47.7	278.1	8.904	247.2	926.3	1,173.5
34	48.7	279.4	8.732	248.5	925.4	1,173.9
35	49.7	280.6	8.567	249.9	924.5	1,174.4
36	50.7	281.9	8.408	251.1	923.6	1,174.7
37	51.7	283.1	8.255	252.4	922.7	1,175.1
38	52.7	284.4	8.109	253.7	921.8	1,175.5
39	53.7	285.6	7.966	254.9	921.0	1,175.9

جداول بخار

فشار بخار <i>psig</i>	فشار بخار <i>psia</i>	دمای اشباع °F	حجم مخصوص <i>ft³/lbs</i>	محتوای حرارت (بالای 32°F) <i>Btu/lbs</i>		
				محسوس	نهان	کلی
40	54.7	286.7	7.843	256.1	920.1	1,176.2
41	55.7	287.9	7.697	257.3	919.3	1,176.6
42	56.7	289.1	7.570	258.5	918.4	1,176.9
43	57.7	290.2	7.447	259.6	917.6	1,177.2
44	58.7	291.3	7.327	260.8	916.8	1,177.6
45	59.7	292.4	7.212	261.9	916.0	1,177.9
46	60.7	293.5	7.100	263.0	915.2	1,178.2
47	61.7	294.6	6.992	264.2	914.4	1,178.6
48	62.7	295.6	6.887	265.3	913.6	1,178.9
49	63.7	296.7	6.785	266.3	912.9	1,179.2
50	64.7	297.7	6.686	267.4	912.1	1,179.5
51	65.7	298.7	6.591	268.4	911.4	1,179.8
52	66.7	299.7	6.498	269.4	910.6	1,180.0
53	67.7	300.7	6.407	270.5	909.9	1,180.4
54	68.7	301.7	6.391	271.5	909.2	1,180.7
55	69.7	302.7	6.234	272.5	908.5	1,181.0
56	70.7	303.6	6.151	273.5	907.7	1,181.2
57	71.7	304.6	6.070	274.5	907.0	1,181.5
58	72.7	305.5	5.991	275.4	906.3	1,181.7
59	73.7	306.4	5.915	276.4	905.6	1,182.0
60	74.7	307.4	5.840	277.3	905.0	1,182.3
61	75.7	308.3	5.768	278.3	904.3	1,182.6
62	76.7	309.2	5.696	279.2	903.6	1,182.8
63	77.7	310.1	5.627	280.1	902.9	1,183.0
64	78.7	310.9	5.560	281.0	902.3	1,183.3
65	79.7	311.8	5.494	281.9	901.6	1,183.5
66	80.7	312.7	5.430	282.8	901.0	1,183.8
67	81.7	313.5	5.367	283.7	900.3	1,184.0
68	82.7	314.4	5.306	284.6	899.7	1,184.3
69	83.7	315.2	5.246	285.5	899.0	1,184.5
70	84.7	316.0	5.187	286.3	898.4	1,184.7
71	85.7	316.9	5.130	287.2	897.8	1,185.0
72	86.7	317.7	5.075	288.0	897.1	1,185.1
73	87.7	318.5	5.02	288.9	896.5	1,185.4
74	88.7	319.3	4.966	289.7	895.9	1,185.6
75	89.7	320.1	4.914	290.5	895.3	1,185.8
76	90.7	320.9	4.863	291.3	894.7	1,186.0
77	91.7	321.6	4.813	292.1	894.1	1,186.2
78	92.7	322.4	4.764	292.9	893.5	1,186.4
79	93.7	323.2	4.715	293.7	892.9	1,186.6

جدول بخار

فشار بخار <i>psig</i>	فشار بخار <i>psia</i>	دمای اشباع °F	حجم مخصوص <i>ft³/lbs</i>	محتوای حرارت (بالای 32°F) <i>Btu/lbs</i>		
				محسوس	نهان	کلی
80	94.7	323.9	4.668	294.5	892.3	1,186.8
81	95.7	324.7	4.623	295.3	891.7	1,187.0
82	96.7	325.4	4.578	296.1	891.1	1,187.2
83	97.7	326.2	4.533	296.9	890.6	1,187.5
84	98.7	326.9	4.489	297.6	890.0	1,187.6
85	99.7	327.6	4.447	298.4	889.4	1,187.8
86	100.7	328.4	4.405	299.1	888.8	1,187.9
87	101.7	329.1	4.364	299.9	888.3	1,188.2
88	102.7	329.8	4.324	300.6	887.7	1,188.3
89	103.7	330.5	4.284	301.4	887.1	1,188.5
90	104.7	331.2	4.245	302.1	886.6	1,188.7
91	105.7	331.9	4.207	302.8	886.1	1,188.9
92	106.7	332.6	4.170	303.5	885.5	1,189.0
93	107.7	333.3	4.133	304.3	885.0	1,189.3
94	108.7	333.9	4.098	305.0	884.4	1,189.4
95	109.7	334.6	4.062	305.7	883.9	1,189.6
96	110.7	335.3	4.048	306.4	883.3	1,189.7
97	111.7	336.0	3.993	307.1	882.8	1,189.9
98	112.7	336.6	3.959	307.8	882.2	1,190.0
99	113.7	337.3	3.926	308.4	881.8	1,190.2
100	114.7	337.9	3.894	309.1	881.2	1,190.3
101	115.7	338.6	3.862	309.8	880.7	1,190.5
102	116.7	339.2	3.830	310.5	880.2	1,190.7
103	117.7	339.9	3.799	311.1	879.7	1,190.8
104	118.7	340.5	3.769	311.8	879.2	1,191.0
105	119.7	341.1	3.739	312.5	878.7	1,191.2
106	120.7	341.7	3.710	313.1	878.1	1,191.2
107	121.7	342.4	3.681	313.8	877.6	1,191.4
108	122.7	343.0	3.652	314.4	877.1	1,191.5
109	123.7	343.6	3.624	315.1	876.6	1,191.7
110	124.7	344.2	3.596	315.7	876.1	1,191.8
111	125.7	344.8	3.569	316.3	875.6	1,191.9
112	126.7	345.4	3.543	317.0	875.1	1,192.1
113	127.7	346.0	3.516	317.6	874.6	1,192.2
114	128.7	346.6	3.490	318.2	874.2	1,192.4
115	129.7	347.2	3.465	318.9	873.7	1,192.6
116	130.7	347.8	3.440	319.5	873.2	1,192.7
117	131.7	348.4	3.415	320.1	872.7	1,192.8
118	132.7	348.9	3.390	320.7	872.2	1,192.9
119	133.7	349.5	3.366	321.3	871.7	1,193.0

جداول بخار

فشار بخار	فشار بخار	دمای اشباع	حجم مخصوص	محتوای حرارت (بالای 32°F) <i>Btu/lbs</i>		
				محسوس	نهان	کلی
<i>psig</i>	<i>psia</i>	°F	<i>ft³/lbs</i>			
120	134.7	350.1	3.342	321.9	871.3	1,193.2
121	135.7	350.7	3.319	322.5	870.8	1,193.3
122	136.7	351.2	3.296	323.1	870.3	1,193.4
123	137.7	351.8	3.273	323.7	869.8	1,193.5
124	138.7	352.4	3.251	324.3	869.4	1,193.7
125	139.7	352.9	3.228	324.9	868.9	1,193.8
126	140.7	353.5	3.206	325.5	868.4	1,193.9
127	141.7	354.0	3.185	326.0	868.0	1,194.0
128	142.7	354.6	3.163	326.6	867.5	1,194.1
129	143.7	355.1	3.142	327.2	867.0	1,194.2
130	144.7	355.7	3.121	327.8	866.6	1,194.4
131	145.7	356.2	3.101	328.4	866.1	1,194.5
132	146.7	356.7	3.081	328.9	865.7	1,194.6
133	147.7	357.3	3.061	329.5	865.2	1,194.7
134	148.7	357.8	3.042	330.0	864.8	1,194.8
135	149.7	358.3	3.022	330.6	864.3	1,194.9
136	150.7	358.8	3.003	331.1	863.9	1,195.0
137	151.7	359.4	2.984	331.7	863.4	1,195.1
138	152.7	359.9	2.965	332.2	863.0	1,195.2
139	153.7	360.4	2.947	332.8	862.5	1,195.3
140	154.7	360.9	2.928	333.3	862.1	1,195.4
141	155.7	361.4	2.910	333.9	861.6	1,195.5
142	156.7	361.9	2.893	334.4	861.2	1,195.6
143	157.7	362.4	2.875	334.9	860.8	1,195.7
144	158.7	362.9	2.858	335.5	860.4	1,195.9
145	159.7	363.4	2.841	336.0	859.9	1,195.9
146	160.7	363.9	2.824	336.5	859.5	1,196.0
147	161.7	364.4	2.807	337.1	859.0	1,196.1
148	162.7	364.9	2.791	337.6	858.6	1,196.2
149	163.7	365.4	2.775	338.1	858.2	1,196.3
150	164.7	365.9	2.759	338.6	857.8	1,196.4
151	165.7	366.4	2.743	339.1	857.3	1,196.4
152	166.7	366.9	2.727	339.7	856.9	1,196.6
153	167.7	367.4	2.712	340.2	856.5	1,196.7
154	168.7	367.9	2.696	340.7	856.1	1,196.8
155	169.7	368.3	2.681	341.2	855.7	1,196.9
156	170.7	368.8	2.666	341.7	855.3	1,197.0
157	171.7	369.3	2.651	342.2	854.8	1,197.0
158	172.7	369.7	2.636	342.7	854.4	1,197.1
159	173.7	370.2	2.621	343.2	854.0	1,197.2

جدول بخار

فشار بخار <i>psig</i>	فشار بخار <i>psia</i>	دمای اشباع °F	حجم مخصوص <i>ft³/lbs</i>	محتوای حرارت (بالای 32°F) <i>Btu/lbs</i>		
				محسوس	نهان	کلی
160	174.7	370.7	2.607	343.7	853.6	1,197.3
161	175.7	371.1	2.593	344.2	853.2	1,197.3
162	176.7	371.6	2.579	344.7	852.8	1,197.5
163	177.7	372.1	2.565	345.2	852.4	1,197.6
164	178.7	372.5	2.551	345.7	852.0	1,197.7
165	179.7	373.0	2.537	346.1	851.6	1,197.7
166	180.7	373.4	2.524	346.6	851.2	1,197.8
167	181.7	373.9	2.511	347.1	850.8	1,197.9
168	182.7	374.4	2.498	347.6	850.4	1,198.0
169	183.7	374.8	2.484	348.1	850.0	1,198.1
170	184.7	375.2	2.471	348.5	849.6	1,198.1
171	185.7	375.7	2.459	349.0	849.2	1,198.2
172	186.7	376.1	2.446	349.5	848.8	1,198.3
173	187.7	376.6	2.434	350.0	848.4	1,198.4
174	188.7	377.0	2.421	350.4	848.1	1,198.5
175	189.7	377.4	2.409	350.9	847.7	1,198.6
176	190.7	377.9	2.397	351.4	847.2	1,198.6
177	191.7	378.3	2.385	351.8	846.9	1,198.7
178	192.7	378.8	2.373	352.3	846.5	1,198.8
179	193.7	379.2	2.361	352.8	846.1	1,198.9
180	194.7	379.6	2.349	353.2	845.7	1,198.9
181	195.7	380.0	2.337	353.7	845.3	1,199.0
182	196.7	380.5	2.326	354.1	844.9	1,199.0
183	197.7	380.9	2.315	354.6	844.5	1,199.1
184	198.7	381.3	2.304	355.1	844.1	1,199.2
185	199.7	381.7	2.292	355.5	843.8	1,199.3
186	200.7	382.2	2.281	355.9	843.4	1,199.3
187	201.7	382.6	2.271	356.3	843.1	1,199.4
188	202.7	383.0	2.260	356.8	842.7	1,199.5
189	203.7	383.4	2.249	357.2	842.3	1,199.5
190	204.7	383.8	2.238	357.7	841.9	1,199.6
191	205.7	384.2	2.228	358.1	841.6	1,199.7
192	206.7	384.6	2.218	358.5	841.2	1,199.7
193	207.7	385.0	2.207	359.0	840.8	1,199.8
194	208.7	385.4	2.197	359.4	840.5	1,199.9
195	209.7	385.8	2.187	359.9	840.1	1,200.0
196	210.7	386.3	2.177	360.3	839.7	1,200.0
197	211.7	386.7	2.167	360.7	839.4	1,200.1
198	212.7	387.1	2.158	361.2	838.9	1,200.1
199	213.7	387.5	2.148	361.6	838.6	1,200.2

جداول بخار

فشار بخار <i>psig</i>	فشار بخار <i>psia</i>	دمای اشباع °F	حجم مخصوص <i>ft³/lbs</i>	محتوای حرارت (بالای 32°F) <i>Btu/lbs</i>		
				محسوس	نهان	کلی
200	214.7	387.9	2.138	362.1	838.2	1,200.3
201	215.7	388.2	2.128	362.5	837.8	1,200.3
202	216.7	389.6	2.119	362.9	837.5	1,200.4
203	217.7	389.0	2.110	363.3	837.1	1,200.4
204	218.7	389.4	2.100	363.8	836.8	1,200.6
205	219.7	389.8	2.091	364.2	836.4	1,200.6
206	220.7	390.2	2.082	364.6	836.0	1,200.6
207	221.7	390.6	2.073	365.0	835.7	1,200.7
208	222.7	391.0	2.064	365.4	835.3	1,200.7
209	223.7	391.4	2.055	365.8	835.0	1,200.8
210	224.7	391.8	2.046	366.2	834.6	1,200.8
211	225.7	392.1	2.037	366.6	834.2	1,200.8
212	226.7	392.5	2.028	367.0	833.9	1,200.9
213	227.7	392.9	2.020	367.5	833.5	1,201.0
214	228.7	393.3	2.011	367.9	833.2	1,201.1
215	229.7	393.6	2.003	368.3	832.8	1,201.1
216	230.7	394.0	1.994	368.7	832.5	1,201.2
217	231.7	394.4	1.986	369.1	832.1	1,201.2
218	232.7	394.8	1.978	369.5	831.8	1,201.3
219	233.7	395.2	1.970	369.9	831.4	1,201.3
220	234.7	395.5	1.961	370.3	831.1	1,201.4
221	235.7	395.9	1.953	370.7	830.8	1,201.5
222	236.7	396.3	1.945	371.1	830.4	1,201.5
223	237.7	396.6	1.937	371.5	830.1	1,201.6
224	238.7	397.0	1.929	371.9	829.7	1,201.6
225	239.7	397.4	1.921	372.3	829.4	1,201.7
226	240.7	397.7	1.914	372.7	829.0	1,201.7
227	241.7	398.1	1.906	373.0	828.7	1,201.7
228	242.7	398.4	1.898	373.4	828.3	1,201.7
229	243.7	398.8	1.891	373.8	828.0	1,201.8
230	244.7	399.2	1.883	374.2	827.6	1,201.8
231	245.7	399.5	1.876	374.6	827.3	1,201.9
232	246.7	399.9	1.869	375.0	826.9	1,201.9
233	247.7	400.2	1.862	375.3	826.6	1,201.9
234	248.7	400.6	1.854	375.7	826.2	1,201.9
235	249.7	400.9	1.847	376.1	825.9	1,202.0
236	250.7	401.3	1.840	376.5	825.6	1,202.1
237	251.7	401.6	1.833	376.8	825.3	1,202.1
238	252.7	402.0	1.826	377.2	824.9	1,202.1
239	253.7	402.3	1.819	377.6	824.6	1,202.2

جداول بخار

فشار بخار <i>psig</i>	فشار بخار <i>psia</i>	دمای اشباع °F	حجم مخصوص <i>ft³/lbs</i>	محتوای حرارت (بالای 32°F) <i>Btu/lbs</i>		
				محسوس	نهان	کلی
240	254.7	402.7	1.812	378.0	824.3	1,202.3
241	255.7	403.0	1.805	378.4	824.0	1,202.4
242	256.7	403.4	1.798	378.7	823.7	1,202.4
243	257.7	403.7	1.791	379.1	823.3	1,202.4
244	258.7	403.1	1.785	379.5	822.9	1,202.4
245	259.7	404.4	1.778	379.9	822.6	1,202.5
246	260.7	404.7	1.771	380.3	822.3	1,202.6
247	261.7	405.1	1.765	380.6	822.0	1,202.6
248	262.7	405.4	1.758	381.0	821.6	1,202.6
249	263.7	405.8	1.752	381.3	821.3	1,202.6
250	264.7	406.1	1.745	381.7	821.0	1,202.7
251	265.7	406.4	1.739	382.1	820.7	1,202.8
252	266.7	406.8	1.733	382.4	820.4	1,202.8
253	267.7	407.1	1.726	382.8	820.0	1,202.8
254	268.7	407.4	1.720	383.2	819.6	1,202.8
255	269.7	407.8	1.714	383.6	819.3	1,202.9
256	270.7	408.1	1.707	383.9	819.0	1,202.9
257	271.7	408.4	1.701	384.3	818.7	1,203.0
258	272.7	408.8	1.695	384.6	818.4	1,203.0
259	273.7	409.1	1.689	385.6	818.0	1,203.0
260	274.7	409.4	1.683	385.3	817.7	1,203.0
261	275.7	409.7	1.677	385.7	817.4	1,203.1
262	276.7	410.1	1.671	386.0	817.1	1,203.1
263	277.7	410.4	1.666	386.4	816.7	1,203.1
264	278.7	410.7	1.660	386.7	816.4	1,203.1
265	279.7	411.1	1.654	387.1	816.1	1,203.2
266	280.7	411.4	1.648	387.5	815.8	1,203.3
267	281.7	411.7	1.642	387.8	815.5	1,203.3
268	282.7	412.0	1.637	388.2	815.2	1,203.4
269	283.7	412.3	1.631	388.5	814.9	1,203.4
270	284.7	412.7	1.625	388.9	814.6	1,203.5
271	285.7	413.0	1.620	389.2	814.3	1,203.5
272	286.7	413.3	1.614	389.5	814.0	1,203.5
273	287.7	413.6	1.609	389.9	813.6	1,203.5
274	288.7	413.9	1.603	390.3	813.3	1,203.6
275	289.7	414.2	1.598	390.6	813.0	1,203.6
276	290.7	414.5	1.593	390.9	812.7	1,203.6
277	291.7	414.9	1.587	391.3	812.3	1,203.6
278	292.7	415.2	1.582	391.6	812.0	1,203.6
279	293.7	415.5	1.577	392.0	811.7	1,203.7

جداول بخار

فشار بخار <i>psig</i>	فشار بخار <i>psia</i>	دمای اشباع °F	حجم مخصوص <i>ft³/lbs</i>	محتوای حرارت (بالای 32°F) <i>Btu/lbs</i>		
				محسوس	نهان	کلی
280	294.7	415.8	1.571	392.3	811.4	1,203.7
281	295.7	416.1	1.566	392.6	811.1	1,203.7
282	296.7	416.4	1.561	393.0	810.8	1,203.8
283	297.7	416.7	1.556	393.3	810.5	1,203.8
284	298.7	417.0	1.551	393.7	810.2	1,203.9
285	299.7	417.3	1.546	394.0	809.9	1,203.9
286	300.7	417.6	1.541	394.3	809.6	1,203.9
287	301.7	417.9	1.536	394.7	809.3	1,204.0
288	302.7	418.2	1.531	395.0	809.0	1,204.0
289	303.7	418.5	1.526	395.3	808.7	1,204.0
290	304.7	418.8	1.521	395.7	808.4	1,204.1
291	305.7	419.2	1.516	396.0	808.1	1,204.1
292	306.7	419.5	1.511	396.3	807.8	1,204.1
293	307.7	419.8	1.507	396.6	807.5	1,204.1
294	308.7	420.1	1.502	397.0	807.2	1,204.2
295	309.7	420.4	1.497	397.3	806.9	1,204.2
296	310.7	420.6	1.492	397.6	806.6	1,204.2
297	311.7	420.9	1.488	397.9	806.3	1,204.2
298	312.7	421.2	1.483	398.3	806.0	1,204.3
299	313.7	421.5	1.478	398.6	805.7	1,204.3
300	314.7	421.8	1.474	398.9	805.4	1,204.3
310	324.7	424.7	1.429	402.1	802.4	1,204.5
320	334.7	427.6	1.387	405.3	799.4	1,204.7
330	344.7	430.4	1.347	408.3	796.5	1,204.8
340	354.7	433.1	1.310	411.3	793.7	1,205.0
350	364.7	435.7	1.274	414.3	790.9	1,205.2
360	374.7	438.3	1.240	417.1	788.1	1,205.2
370	384.7	440.9	1.208	420.0	785.4	1,205.4
380	394.7	443.4	1.178	422.8	782.6	1,205.4
390	404.7	445.8	1.149	425.5	780.0	1,205.5
400	414.7	448.2	1.121	428.2	777.4	1,205.6
410	424.7	450.6	1.095	430.8	774.8	1,205.6
420	434.7	452.9	1.069	433.4	772.2	1,205.6
430	444.7	455.2	1.045	436.0	769.6	1,205.6
440	454.7	445.8	1.022	438.6	767.0	1,205.6
450	464.7	459.6	1.000	441.0	764.5	1,205.5
460	474.7	461.8	0.979	443.5	762.0	1,205.5
470	484.7	463.9	0.958	445.9	759.5	1,205.4
480	494.7	466.0	0.939	448.3	757.1	1,205.4
490	504.7	468.1	0.920	450.6	754.7	1,205.3

جداول بخار

فشار بخار <i>psig</i>	فشار بخار <i>psia</i>	دمای اشباع °F	حجم مخصوص <i>ft³/lbs</i>	محتوای حرارت (بالای 32°F) <i>Btu/lbs</i>		
				محسوس	نهان	کلی
500	514.7	470.1	0.901	453.0	752.2	1,205.2
510	524.7	472.1	0.884	455.2	749.9	1,205.1
520	534.7	474.1	0.867	457.5	747.5	1,205.0
530	544.7	476.0	0.851	459.8	745.1	1,204.9
540	554.7	478.0	0.835	461.9	742.8	1,204.7
550	564.7	479.9	0.820	464.1	740.5	1,204.6
560	574.7	481.7	0.805	466.3	738.2	1,204.5
570	584.7	483.6	0.791	468.	735.9	1,204.3
580	594.7	485.4	0.777	470.6	733.6	1,204.2
590	604.7	487.2	0.764	472.7	731.3	1,204.0
600	614.7	488.9	0.751	474.7	729.1	1,203.8
610	624.7	490.7	0.739	476.7	726.9	1,203.6
620	634.7	492.4	0.727	478.7	724.7	1,203.4
630	644.7	494.1	0.715	480.7	722.5	1,203.2
640	645.7	495.8	0.704	482.7	720.3	1,203.0
650	664.7	497.5	0.693	484.7	718.1	1,202.8
660	674.7	499.2	0.682	486.7	715.9	1,202.6
670	684.7	500.8	0.671	488.6	713.8	1,202.4
680	694.7	502.4	0.661	490.5	711.6	1,202.1
690	704.7	504.0	0.651	492.4	709.5	1,201.9
700	714.7	505.5	0.642	494.3	707.3	1,201.6
710	724.7	507.1	0.632	496.2	705.2	1,201.4
720	734.7	508.7	0.623	498.0	703.1	1,201.1
730	744.7	510.2	0.614	499.8	701.0	1,200.8
740	754.7	511.7	0.606	501.6	698.9	1,200.5
750	764.7	513.2	0.597	503.4	696.8	1,200.2
760	774.7	514.7	0.589	505.2	694.8	1,200.0
770	784.7	516.1	0.581	507.0	692.7	1,199.7
780	794.7	517.6	0.573	508.8	690.7	1,199.5
790	804.7	519.0	0.566	510.5	688.6	1,199.1
800	814.7	520.5	0.558	512.3	686.5	1,198.8
810	824.7	521.9	0.551	514.0	684.6	1,198.6
820	834.7	523.3	0.544	515.7	682.6	1,198.3
830	844.7	524.7	0.537	517.4	680.6	1,198.0
840	854.7	526.0	0.530	519.0	678.6	1,197.6
850	864.7	527.4	0.523	520.7	676.6	1,197.3
860	874.7	528.7	0.517	522.4	674.6	1,197.0
870	884.7	530.1	0.511	524.1	672.6	1,196.7
880	894.7	531.4	0.504	525.7	670.6	1,196.3
890	904.7	532.7	0.498	527.4	668.6	1,196.0

جداول بخار

فشار بخار <i>psig</i>	فشار بخار <i>psia</i>	دمای اشباع °F	حجم مخصوص <i>ft³/lbs</i>	محتوای حرارت (بالای 32°F) <i>Btu/lbs</i>		
				محسوس	نهان	کلی
900	914.7	534.0	0.492	529.0	666.6	1,195.6
910	924.7	535.3	0.486	530.6	664.7	1,195.3
920	934.7	536.6	0.481	532.2	662.7	1,194.9
930	944.7	537.9	0.475	533.8	660.7	1,194.5
940	954.7	539.1	0.470	535.4	658.7	1,194.1
950	964.7	540.4	0.464	536.9	656.8	1,193.7
960	974.7	541.6	0.459	538.5	654.9	1,193.4
970	984.7	542.9	0.454	540.0	653.0	1,193.0
980	994.7	544.1	0.449	541.6	651.0	1,192.6
990	1,004.7	545.3	0.444	543.1	649.1	1,192.2
1,000	1,014.7	546.5	0.439	544.6	647.2	1,191.8
1,050	1,064.7	552.4	0.416	552.2	637.6	1,189.8
1,100	1,114.7	558.1	0.395	559.5	628.2	1,187.7
1,150	1,164.7	563.6	0.375	566.7	618.9	1,185.6
1,200	1,214.7	568.9	0.357	573.7	609.6	1,183.3
1,250	1,264.7	574.0	0.341	580.6	600.3	1,180.9
1,300	1,314.7	579.0	0.325	587.4	591.1	1,178.5
1,350	1,364.7	583.9	0.311	594.0	581.9	1,175.9
1,400	1,414.7	588.6	0.298	600.5	572.8	1,173.3
1,450	1,464.7	593.2	0.285	607.0	563.6	1,170.6
1,500	1,514.7	597.7	0.274	613.4	554.5	1,167.9
1,550	1,564.7	602.0	0.263	619.6	545.4	1,165.0
1,600	1,614.7	606.3	0.252	625.8	536.2	1,162.0
1,650	1,664.7	610.4	0.242	632.0	527.1	1,159.1
1,700	1,714.7	614.5	0.233	638.0	517.9	1,155.9
1,750	1,764.7	618.5	0.224	644.1	508.7	1,152.8
1,800	1,814.7	622.3	0.216	650.0	499.4	1,149.4
1,850	1,864.7	626.1	0.208	655.9	490.0	1,145.9
1,900	1,914.7	629.8	0.200	661.8	480.6	1,142.4
1,950	1,964.7	633.5	0.193	667.7	471.2	1,138.9
2,000	2,014.7	637.0	0.187	673.6	461.5	1,135.1
2,050	2,064.7	640.5	0.179	679.4	451.8	1,131.3
2,100	2,114.7	643.9	0.173	685.3	442.1	1,127.2
2,150	2,164.7	647.3	0.167	691.1	432.1	1,123.2
2,200	2,214.7	650.6	0.161	697.0	422.0	1,119.0
2,250	2,264.7	653.8	0.155	702.8	411.7	1,114.5
2,300	2,314.7	657.0	0.150	708.7	401.3	1,110.0
2,350	2,364.7	660.1	0.144	714.6	390.6	1,105.2
2,400	2,414.7	663.2	0.139	720.6	379.7	1,100.3
2,450	2,464.7	666.2	0.134	726.6	368.5	1,095.1
2,500	2,514.7	669.2	0.129	732.7	357.1	1,089.8

۴-۱۹- جریان بخار از اریفیس‌ها

جریان بخار از اریفیس‌ها

قطر اریفیس	دبی بخار (lbs/hr)												
	فشار بخار (psig)												
<i>in</i>	2	5	10	15	25	50	75	100	125	150	200	250	300
1/32	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	1.5	2.1	2.7	3.3	3.9	5.1	6.3	7.4
1/16	1.3	1.9	2.3	2.8	3.8	6.1	8.5	10.8	13.2	15.6	20.3	25.1	29.8
3/32	2.8	4.2	5.3	6.3	8.5	13.8	19.1	24.4	29.7	35.1	45.7	26.4	67.0
1/8	4.5	7.5	9.4	11.2	15.0	24.5	34.0	43.4	52.9	62.4	81.3	100	119
5/32	7.8	11.7	14.6	17.6	23.5	38.3	53.1	67.9	82.7	97.4	127	156	186
3/16	11.2	16.7	21.0	25.3	33.8	55.1	76.4	97.7	119	140	183	226	268
7/32	15.3	22.9	28.7	34.4	46.0	75.0	104	133	162	191	249	307	365
1/.4	20.0	29.8	37.4	45.0	60.1	98.0	136	173	212	250	325	401	477
9/.32	25.2	37.8	47.4	56.9	76.1	124	172	220	268	316	412	507	603
5/.16	31.2	46.6	58.5	70.3	94.0	153	212	272	331	390	508	627	745
11/32	37.7	56.4	70.7	85.1	114	185	257	329	400	472	615	758	901
3/8	44.9	67.1	84.5	101	135	221	306	391	476	561	732	902	1073
13/32	52.7	78.8	98.8	119	159	259	359	459	559	659	859	1059	1259
7/16	61.1	91.4	115	138	184	300	416	532	648	764	996	1228	1460
15/32	70.2	105	131	158	211	344	478	611	744	877	1144	1410	1676
1/2	79.8	119	150	180	241	392	544	695	847	998	1301	1604	1907

توجه:

- حفره‌ای به قطر 1/8" در خط بخار می‌تواند منجر به تخلیه 62.4 lbs Steam/hr در فشار 150 psig گردد که حاصل آن هدر رفتن ۳۰ تن زغال سنگ، ۴۸۰۰ گالن سوخت مایع یا ۷۵۰۰ گاز طبیعی در هر سال می‌باشد (با فرض ۸۴۰۰ ساعت بهره‌برداری در هر سال).

پاشش بخار

دبی پاشش بخار (<i>lbs Steam/hr</i>) به‌ازای هر 100 <i>lbs</i> کندانس بخار در ساعت																	
فشار بخار	فشار کندانس (<i>psig</i>)																
	0	1	3	5	7	10	12	15	20	25	30	40	50	60	75	85	100
0	0.0																
1	0.3	0.0															
3	1.0	0.6	0.0														
5	1.6	1.2	0.6	0.0													
7	2.1	1.8	1.1	0.6	0.0												
10	2.8	2.5	1.9	1.3	0.7	0.0											
12	3.3	3.0	2.3	1.7	1.2	0.5	0.0										
15	3.9	3.6	3.0	2.4	1.8	1.1	0.6	0.0									
20	4.9	4.5	3.9	3.3	2.8	2.1	1.6	1.0	0.0								
25	5.7	5.4	4.8	4.2	3.7	2.9	2.5	1.8	0.9	0.0							
30	6.5	6.2	5.5	5.0	4.4	3.7	3.3	2.6	1.7	0.8	0.0						
40	7.8	7.5	6.9	6.3	5.8	5.1	4.6	4.0	3.0	2.2	1.4	0.0					
50	9.0	8.7	8.1	7.5	7.0	6.3	5.8	5.2	4.2	3.4	2.6	1.2	0.0				
60	10.0	9.7	9.1	8.5	8.0	7.3	6.9	6.2	5.3	4.5	3.7	2.3	1.1	0.0			
75	11.4	11.1	10.5	9.9	9.4	8.7	8.2	7.6	6.7	5.9	5.1	3.7	2.5	1.5	0.0		
85	12.2	11.9	11.3	10.7	10.2	9.5	9.1	8.5	7.5	6.7	6.0	4.6	3.4	2.3	0.9	0.0	
100	13.3	13.0	12.4	11.8	11.3	10.6	10.2	9.6	8.7	7.9	7.1	5.8	4.6	3.5	2.1	1.2	0.0
120	14.6	14.3	13.7	13.2	12.7	12.0	11.5	11.0	10.0	9.2	8.5	7.2	6.0	4.9	3.5	2.6	1.5
125	14.9	14.6	14.0	13.5	13.0	12.3	11.9	11.3	10.4	9.5	8.8	7.5	6.3	5.3	3.8	3.0	1.8
150	16.3	16.0	15.4	14.9	14.4	13.7	13.3	12.7	11.8	11.0	10.3	9.0	7.8	6.8	5.4	4.5	3.3
175	17.6	17.3	16.7	16.2	15.7	15.0	14.6	14.0	13.1	12.3	11.6	10.3	9.2	8.1	6.7	5.9	4.7
200	18.7	18.4	17.9	17.4	16.9	16.2	15.8	15.2	14.3	13.5	12.8	11.5	10.4	9.4	8.0	7.2	6.0
225	19.8	19.5	18.9	18.4	17.9	17.3	16.9	16.3	15.4	14.6	13.9	12.6	11.5	10.5	9.1	8.3	7.2
250	20.8	20.5	19.9	19.4	18.9	18.3	17.8	17.3	16.4	15.6	14.9	13.7	12.5	11.5	10.2	9.4	8.2
275	21.7	21.4	20.8	20.3	19.8	19.2	18.8	18.2	17.4	16.6	15.9	14.6	13.5	12.5	11.2	10.4	9.2
300	22.5	22.2	21.7	21.2	20.7	20.1	19.7	19.1	18.2	17.5	16.8	15.5	14.4	13.4	12.1	11.3	10.2

۱۹-۶- بارهای گرم کردن سیستم‌های لوله‌کشی بخار

بارهای گرم کردن لوله‌کشی بخار فشار پایین

اندازه لوله	پوند بخار به ازای هر ۱۰۰ فوت لوله							
	فشار بخار (psig)							
	0	1	3	5	7	10	12	15
½"	1	1	2	2	2	2	2	2
¾"	2	2	2	2	2	2	2	2
1"	3	3	3	3	3	3	4	4
1 ¼"	4	4	4	4	4	5	5	5
1 ½"	5	5	5	5	5	6	6	6
2"	6	6	7	7	7	7	8	8
2 ½"	10	10	10	11	11	12	12	13
3"	13	13	14	14	15	15	16	17
4"	18	19	19	20	21	22	23	24
5"	25	25	26	27	28	30	31	32
6"	32	33	34	36	37	39	40	42
8"	48	49	51	54	56	58	60	62
10"	68	70	73	76	79	83	85	89
12"	83	85	89	93	96	101	104	108
14"	92	94	98	103	106	111	115	119
16"	105	108	113	118	122	128	132	137
18"	119	122	127	133	137	144	149	154
20"	132	135	142	148	153	160	166	172
22"	146	150	157	164	169	177	183	190
24"	159	163	170	178	184	193	199	207
26"	173	177	185	194	200	210	217	225
28"	187	191	200	209	216	226	234	243
30"	200	205	214	224	232	243	251	260
32"	214	219	229	239	247	259	268	278
34"	227	233	243	254	263	275	284	295
36"	241	246	258	269	278	292	301	313
42"	281	288	301	314	325	341	352	366
48"	321	328	343	358	371	389	402	417
54"	361	370	387	404	418	438	453	470
60"	402	411	430	449	465	487	503	523
72"	483	494	517	539	558	585	604	628
84"	564	577	603	629	652	683	706	733
96"	645	660	690	720	745	781	807	838
ضریب اصلاحی	1.50	1.49	1.46	1.44	1.43	1.41	1.40	1.39

توجه:

۱. جدول بر اساس فشار محیط 70°F، لوله فولادی با وزن استاندارد تا 250 psig و لوله فولادی فوق‌العاده قوی بالاتر از

250 psig می‌باشد.

۲. برای دمای محیط 0°C مقادیر جدول را در ضریب اصلاحی ضرب نمایید.

بارهای گرم کردن لوله‌کشی بخار فشار متوسط

اندازه لوله	پوند بخار به‌ازای هر ۱۰۰ فوت لوله								
	فشار بخار (psig)								
	20	25	30	40	50	60	75	85	100
1/2"	2	2	2	2	2	3	3	3	3
3/4"	3	3	3	3	3	3	4	4	4
1"	4	4	4	5	5	5	5	6	6
1 1/4"	5	6	6	6	7	7	7	8	8
1 1/2"	6	7	7	7	8	8	9	9	10
2"	8	9	9	10	11	11	12	12	13
2 1/2"	13	14	15	16	17	17	19	19	20
3"	18	18	19	21	22	23	24	25	27
4"	25	26	27	29	31	32	35	36	38
5"	34	35	37	40	42	44	47	49	51
6"	44	46	48	51	55	57	61	63	66
8"	66	69	72	77	82	86	92	95	100
10"	94	98	102	110	116	122	130	135	142
12"	115	120	125	134	142	149	159	165	173
14"	126	132	138	148	157	164	175	182	191
16"	145	152	158	170	180	188	201	209	219
18"	163	171	178	191	203	213	227	235	247
20"	182	191	198	213	226	237	252	262	275
22"	201	211	220	236	250	262	279	290	304
24"	219	229	239	257	272	285	304	316	331
26"	238	250	260	279	296	310	331	344	360
28"	257	269	280	301	319	334	356	370	388
30"	275	289	300	323	342	358	382	397	416
32"	294	308	321	344	365	382	408	424	444
34"	312	327	341	366	388	407	434	455	472
36"	331	347	361	388	411	431	459	477	500
42"	386	405	422	453	480	503	536	557	584
48"	441	463	482	517	548	574	612	636	667
54"	497	521	542	583	617	647	690	717	751
60"	552	579	603	648	686	719	767	797	835
72"	664	696	724	778	825	864	921	957	1003
84"	775	812	846	908	963	1009	1075	1117	1171
96"	886	929	967	1039	1101	1153	1230	1278	1340
ضریب اصلاحی	1.37	1.36	1.35	1.32	1.31	1.29	1.28	1.27	1.26

توجه:

۱. جدول بر اساس فشار محیط 70°F، لوله فولادی با وزن استاندارد تا 250 psig و لوله فولادی فوق‌العاده قوی بالاتر از

250 psig می‌باشد.

۲. برای دمای محیط 0°C مقادیر جدول را در ضریب اصلاحی ضرب نمایید.

بارهای گرم کردن لوله‌کشی بخار فشار بالا

اندازه لوله	پوند بخار به‌ازای هر ۱۰۰ فوت لوله								
	فشار بخار (psig)								
	120	125	150	175	200	225	250	275	300
½"	3	3	3	4	4	4	4	4	5
¾"	4	4	4	5	5	5	5	6	7
1"	6	6	7	7	7	8	8	8	11
1 ¼"	8	9	9	9	10	10	11	11	15
1 ½"	10	10	11	11	12	12	13	13	18
2"	14	14	14	15	16	17	17	18	25
2 ½"	21	22	23	24	25	26	27	28	39
3"	28	28	30	32	33	34	36	37	52
4"	40	40	43	45	47	49	51	53	75
5"	54	55	58	61	64	66	69	71	104
6"	70	71	75	79	83	86	89	92	144
8"	106	107	113	119	125	129	134	139	218
10"	150	152	161	169	177	184	191	197	275
12"	183	186	197	206	216	225	233	241	329
14"	202	204	217	227	238	247	257	266	362
16"	231	234	248	261	273	284	295	305	416
18"	261	264	280	294	308	320	332	343	470
20"	290	294	312	327	343	356	370	382	523
22"	322	326	345	362	380	394	409	423	578
24"	350	354	375	394	413	429	445	460	631
26"	381	386	409	429	449	467	485	501	684
28"	410	416	440	462	484	503	522	540	739
30"	440	446	472	496	519	540	560	579	794
32"	469	476	504	529	554	576	598	618	844
34"	499	506	536	562	589	612	635	657	900
36"	528	536	567	596	624	648	673	696	955
42"	617	626	663	696	729	757	786	813	1116
48"	705	714	757	794	832	865	898	928	1275
54"	794	805	825	895	937	974	1011	1,045	1436
60"	883	894	948	995	1042	1083	1124	1,162	1597
72"	1060	1075	1139	1195	1252	1301	1350	1,396	1946
84"	1238	1254	1329	1395	1461	1518	1576	1,630	2241
96"	1415	1435	1520	1595	1671	1737	1803	1,864	2510
ضریب اصلاحی	1.25	1.25	1.24	1.23	1.22	1.22	1.21	1.21	1.20

توجه:

۱. جدول بر اساس فشار محیط 70°F، لوله فولادی با وزن استاندارد تا 250 psig و لوله فولادی فوق‌العاده قوی بالاتر از

250 psig می‌باشد.

۲. برای دمای محیط 0°C مقادیر جدول را در ضریب اصلاحی ضرب نمایید.

۱۹-۷- بارهای بهره‌برداری سیستم بخار

بارهای بهره‌برداری لوله‌کشی بخار فشار پایین

اندازه لوله	پوند بخار به‌ازای هر ۱۰۰ فوت لوله							
	فشار بخار (psig)							
	0	1	3	5	7	10	12	15
1/2"	2	2	2	2	3	3	3	3
3/4"	3	3	3	3	3	3	3	4
1"	3	3	3	4	4	4	4	4
1 1/4"	4	4	4	4	5	5	5	5
1 1/2"	4	4	5	5	5	6	6	6
2"	5	5	6	6	6	7	7	7
2 1/2"	6	6	7	7	7	8	8	9
3"	7	8	8	8	9	9	10	10
4"	9	9	10	10	11	12	12	13
5"	11	11	12	13	13	14	15	15
6"	13	13	14	15	15	16	17	18
8"	16	17	18	19	19	21	22	23
10"	20	20	21	23	24	25	26	28
12"	23	24	25	26	28	29	31	32
14"	25	26	27	29	30	32	33	35
16"	28	29	31	32	34	36	38	40
18"	31	32	34	36	38	40	42	44
20"	34	35	37	39	41	44	46	48
22"	37	38	41	43	45	48	50	53
24"	40	41	44	47	49	52	54	57
26"	47	48	51	54	57	60	63	66
28"	50	52	55	58	61	65	68	72
30"	54	56	59	62	65	70	73	77
32"	57	59	63	67	70	74	78	82
34"	61	63	67	71	74	79	83	87
36"	65	67	71	75	78	84	87	92
42"	75	78	83	87	92	98	102	107
48"	86	89	94	100	105	112	117	123
54"	97	100	106	112	118	125	131	138
60"	108	111	118	125	131	139	146	153
72"	129	133	141	150	157	167	175	184
84"	151	156	165	175	183	195	204	215
96"	172	178	189	200	209	223	233	245
ضریب اصلاحی	1.70	1.68	1.66	1.64	1.60	1.58	1.57	1.55

توجه:

- جدول بر اساس فشار محیط 70°F، لوله فولادی با وزن استاندارد تا 250 psig و لوله فولادی فوق‌العاده قوی بالاتر از 250 psig می‌باشد.
- برای دمای محیط 0°C مقادیر جدول را در ضریب اصلاحی ضرب نمایید.
- مقادیر جدول شامل بارهای جابجایی و تشعشعی با راندمان عایق ۸۰٪ می‌باشند.

بارهای بهره‌برداری لوله‌کشی بخار فشار متوسط

اندازه لوله	پوند بخار به ازای هر ۱۰۰ فوت لوله								
	فشار بخار (psig)								
	20	25	30	40	50	60	75	85	100
۱/۲"	3	3	4	4	4	5	5	5	6
۳/۴"	4	4	4	5	5	6	6	6	7
1"	5	5	5	6	6	7	7	8	8
1 ¼"	6	6	6	7	8	8	9	9	10
1 ½"	6	7	7	8	9	9	10	11	11
2"	8	8	9	10	11	11	12	13	14
2 ½"	9	10	10	12	12	13	14	15	16
3"	11	12	12	14	15	16	17	18	19
4"	14	15	16	17	18	20	21	23	24
5"	17	18	19	21	22	24	26	27	29
6"	19	21	22	24	26	28	30	32	34
8"	25	26	28	30	33	35	38	40	43
10"	30	32	34	37	40	43	47	49	53
12"	35	37	39	43	47	50	54	57	61
14"	38	40	43	47	51	54	59	62	67
16"	43	45	48	53	57	61	67	70	75
18"	47	50	53	59	64	68	74	78	84
20"	52	56	59	65	70	75	82	86	92
22"	57	60	64	70	76	81	89	94	101
24"	61	65	69	76	83	88	96	102	109
26"	72	77	81	89	97	103	113	110	117
28"	77	82	87	96	104	111	122	129	138
30"	83	88	93	103	112	119	131	138	148
32"	88	94	100	110	119	127	139	147	157
34"	94	100	106	117	127	135	148	156	167
36"	99	106	112	124	134	143	157	166	177
42"	116	124	131	144	157	167	183	193	207
48"	132	141	149	165	179	191	209	221	236
54"	149	159	168	186	201	215	235	248	266
60"	165	177	187	206	224	239	261	276	295
72"	199	212	224	247	268	287	314	331	354
84"	232	247	261	289	313	334	366	386	413
96"	265	283	299	330	358	382	418	442	472
ضریب اصلاحی	1.52	1.51	1.50	1.48	1.47	1.45	1.43	1.42	1.41

توجه:

- جدول بر اساس فشار محیط 70°F، لوله فولادی با وزن استاندارد تا 250 psig و لوله فولادی فوق‌العاده قوی بالاتر از 250 psig می‌باشد.
- برای دمای محیط 0°C مقادیر جدول را در ضریب اصلاحی ضرب نمایید.
- مقادیر جدول شامل بارهای جابجایی و تشعشعی با راندمان عایق ۸۰٪ می‌باشند.

بارهای بهره‌برداری لوله‌کشی بخار فشار بالا

اندازه لوله	پوند بخار به‌ازای هر ۱۰۰ فوت لوله								
	فشار بخار (psig)								
	120	125	150	175	200	225	250	275	300
½"	6	6	7	7	8	8	8	9	9
¾"	7	7	8	9	9	10	10	11	11
1"	9	9	10	10	11	12	12	13	14
1 ¼"	11	11	12	13	14	14	15	16	17
1 ½"	12	12	13	14	15	16	17	18	19
2"	15	15	16	18	19	20	21	22	23
2 ½"	18	18	19	21	22	23	25	26	27
3"	21	21	23	25	26	28	29	31	32
4"	26	27	29	31	33	35	37	38	40
5"	31	32	35	37	40	42	44	46	49
6"	37	38	41	44	46	49	52	54	57
8"	47	48	52	55	59	62	66	69	72
10"	57	58	63	67	72	76	80	84	88
12"	66	68	73	79	84	89	93	98	103
14"	72	74	80	85	91	96	102	107	112
16"	81	83	90	96	103	109	115	121	126
18"	91	92	100	107	115	121	128	134	141
20"	100	102	110	118	126	134	141	148	155
22"	109	111	120	129	138	146	154	161	169
24"	118	120	130	140	149	158	167	175	183
26"	127	129	140	150	161	170	179	188	197
28"	149	152	165	177	189	182	192	201	211
30"	160	163	177	190	203	214	226	237	249
32"	170	174	189	202	216	229	241	253	265
34"	181	185	200	215	230	243	256	26	282
36"	192	195	212	228	243	257	271	285	299
42"	224	228	248	265	284	300	317	332	348
48"	256	261	283	303	324	343	362	380	398
54"	287	293	318	341	365	386	407	427	448
60"	319	326	354	379	406	429	452	475	498
72"	383	391	425	455	487	514	543	570	597
84"	447	456	495	531	568	600	633	665	697
96"	511	521	566	607	649	686	724	760	796
ضریب اصلاحی	1.39	1.39	1.39	1.38	1.37	1.37	1.36	1.36	1.35

توجه:

- جدول بر اساس فشار محیط 70°F، لوله فولادی با وزن استاندارد تا 250 psig و لوله فولادی فوق‌العاده قوی بالاتر از 250 psig می‌باشد.
- برای دمای محیط 0°C مقادیر جدول را در ضریب اصلاحی ضرب نمایید.
- مقادیر جدول شامل بارهای جابجایی و تشعشعی با راندمان عایق ۸۰٪ می‌باشند.

۱۹-۸- نقطه جوش آب

نقطه جوش آب

فشار (psia)	نقطه جوش (°F)	فشار (psia)	نقطه جوش (°F)	فشار (psia)	نقطه جوش (°F)
0.5	79.6	44	273.1	150	358.5
1	101.7	46	275.8	175	371.8
2	126.0	48	278.5	200	381.9
3	141.4	50	281.0	225	391.9
4	152.9	52	283.5	250	401.0
5	162.2	54	285.9	275	409.5
6	170.0	56	288.3	300	417.4
7	176.8	58	290.5	325	424.8
8	182.8	60	292.7	350	431.8
9	188.3	62	294.9	375	438.4
10	193.2	64	297.0	400	444.7
11	197.7	66	299.0	425	450.7
12	201.9	68	301.0	450	456.4
13	205.9	70	303.0	475	461.9
14	209.6	72	304.9	500	467.1
14.69	212.0	74	306.7	525	472.2
15	213.0	76	308.5	550	477.1
16	216.3	78	310.3	575	481.8
17	219.4	80	312.1	600	486.3
18	222.4	82	313.8	625	490.7
19	225.2	84	315.5	650	495.0
20	228.0	86	317.1	675	499.2
22	233.0	88	318.7	700	503.2
24	237.8	90	320.3	725	507.2
26	242.3	92	321.9	750	511.0
28	246.4	94	323.4	775	514.7
30	250.3	96	324.9	800	518.4
32	254.1	98	326.4	825	521.9
34	257.6	100	327.9	850	525.4
36	261.0	105	331.4	875	528.8
38	264.2	110	334.8	900	532.1
40	267.3	115	338.1	950	538.6
42	270.2	120	341.3	1000	544.8

۹-۱۹- مقایسه واحدهای حرارتی متداول بخار

مقایسه واحدهای حرارتی متداول بخار

MBH	<i>lbs Steam/hr</i>	<i>EDR</i>	<i>Boiler HP</i>	دبی کندانس	ظرفیت پمپ کندانس
(1000 BTUH)	(۱)	ft^2		<i>gal/min</i>	<i>gal/min</i> (۲)
10	10.6	42	0.3	0.02	0.06
25	26.4	104	0.7	0.05	0.15
50	52.9	208	1.5	0.10	0.30
75	79.3	313	2.2	0.16	0.48
100	105.8	417	2.9	0.21	0.63
200	211.5	833	5.8	0.41	1.23
300	317.3	1,250	8.7	0.62	1.86
400	423.0	1,667	11.6	0.83	2.49
500	528.8	2,083	14.5	1.03	3.09
750	793.1	3,125	21.7	1.55	4.65
1,000	1,058	4,167	29.0	2.07	6.21
1,250	1,322	5,208	36.2	2.58	7.74
1,500	1,418	6,250	43.5	3.10	9.30
1,750	1,851	7,292	50.7	3.62	10.8
2,000	2,115	8,333	58.0	4.13	12.4
2,500	2,644	10,417	87.0	5.17	15.5
3,000	3,173	12,500	115.9	6.20	18.6
4,000	4,230	16,667	144.9	8.27	24.8
5,000	5,288	20,833	217.4	10.3	30.9
7,500	7,931	31,250	289.9	15.5	46.5
10,000	10,575	41,667	434.8	20.7	62.1
15,000	15,862	62,500	579.7	31.0	93.0
20,000	21,150	83,333	724.6	41.3	124
25,000	26,438	104,167	869.6	51.7	155
30,000	31,725	125,000	1,015	62.0	186
35,000	37,014	145,833	1,015	72.3	217
40,000	42,301	166,667	1,159	82.7	248
50,000	52,876	208,333	1,449	103.3	310

توجه:

۱. دبی بخار بر اساس بخار 15 *psig* با آنتالپی 945.6 *Btu/lbs* می‌باشد.

۲. ظرفیت پمپ کندانس سه برابر دبی کندانس می‌باشد.

۱۹-۱۰ - جداول تعیین اندازه لوله بخار در سیستم‌های فشار پایین (15 psig و کمتر):

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 1 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.125	0.25	0.5	2000	4000	6000	8000	10000	12000
1/2	4	6	9	18	Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	10	14	20						
1	20	28	40	49	135				
1-1/4	44	62	87	67	222				
1-1/2	68	96	135	111					
2	137	194	274	158	317				
2-1/2	226	320	452	245	489	734			
3	414	585	822	421	842	1263	1685		
4	874	1236	1748	659	1318	1978	2637		
5	1608	2274	3217	956	1912	2876	3823	4779	
6	2654	3753	5308	1655	3310	4965	6620	8275	9930
8	5525	7813		2609	5218	7826	10435	13044	15653
10	10082	14258	Governs Pipe with Sizes	3742	7483	11225	14967	18708	22450
12	16181			4562	9123	13685	18247	22809	27370
14	20959			6043	12086	18128	24171	30214	36257
16	30212			7732	15463	23195	30927	38659	46390
18	41576			9629	19257	28886	38514	48143	57771
20	55192			11733	23466	35200	46933	58666	70399
22		Velocity these		14046	28092	42137	56183	70229	84275
24				16566	33132	49698	66265	82831	99397
26				19294	38589	57883	77178	96472	115767
28				22231	44461	66692	88922	111153	133384
30			25375	50749	76124	101498	126873	152248	
32			28726	57453	86179	114906	143632	172359	
34			32286	64572	96859	129145	161431	193717	
36			44213	88425	132638	176851	221064	265276	
42			58010	116020	174030	232040	290050	348060	
48			73678	147356	221034	294712	368390	442069	
54		91217	182434	273651	364868	456085	547302		
60		131907	263815	395722	527629	659537	791444		
72		180081	360162	540243	720324	900404	1080485		
84		235738	471475	707213	942951	1178689	1414426		
96									

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $0.125 \frac{psig}{100ft} / 4000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 3 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.125	0.25	0.5	2000	4000	6000	8000	10000	12000
1/2	5	6	9						
3/4	10	15	21	20	Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
1	21	30	42	32					
1-1/4	46	65	92	55					
1-1/2	72	101	143	75					
2	145	205	290	124	248				
2-1/2	239	338	478	177	354				
3	437	619	870	274	547	821			
4	924	1307	1849	471	942	1413			
5	1701	2405	3402	737	1475	2212	2949		
6	2807	3969	5614	1069	2138	3207	4276	5345	
8	5843	8263		1851	3702	5553	7404	9255	11106
10	10662	15078	Governs Pipe with Sizes	2918	5835	8753	11670	14588	17506
12	17112	24200		4185	8369	12554	16738	20923	25108
14	22165			5102	10204	15305	20407	25509	30611
16	31951			6758	13516	20275	27033	33791	40549
18	43968			8647	17294	25941	34588	43235	51883
20	58368			10768	21537	32305	43074	53842	64611
22	75290			13122	26245	39367	52489	65611	78734
24				15709	31417	47126	62834	78543	94252
26				18527	37055	55582	74110	92637	111164
28				21579	43157	64736	86315	107893	129472
30				24862	49725	74587	99450	124312	149175
32				28379	56757	85136	113515	141893	170272
34	Velocity these	Governs Pipe		32127	64255	96382	128509	160637	192764
36				36109	72217	108326	144434	180543	216651
42				49447	98894	148341	197788	247235	296682
48				64878	129775	194633	259511	324388	389266
54				82401	164801	247202	329603	412003	494404
60				102016	204032	306048	408064	510080	612096
72			147524	295047	442571	590094	737618	885141	
84			201400	402801	604201	805601	1007001	1208402	
96			263646	527292	790939	1054585	1318231	1581877	

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $0.125 \frac{psig}{100ft} / 4000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 5 psig – لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.125	0.25	0.5	2000	4000	6000	8000	10000	12000
1/2	5	7	10						
3/4	11	15	22	22	Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
1	22	31	44	35					
1-1/4	48	69	97	61					
1-1/2	75	106	150	83					
2	153	216	305	137	275				
2-1/2	251	355	503	196	392				
3	460	651	914	302	604	907			
4	972	1375	1944	521	1042	1563			
5	1789	2529	3577	815	1631	2446	3261		
6	2952	4174	5903	1182	2364	3546	4728		
8	6144	8689		2047	4094	6141	8188	10235	12282
10	11212	15856	Governs Pipe with Sizes	3226	6453	9679	12906	16132	19359
12	17995	25449		4628	6255	13883	18510	23138	27765
14	23309	32964		5642	11284	16926	22567	28209	33851
16	33599			7474	14947	22421	29894	37368	44842
18	46237			9562	19125	28687	38250	47812	57375
20	61380			11908	23817	35725	47633	59542	71450
22	79175			14511	29023	43534	58045	72557	87086
24	99764			17371	34743	52114	69486	86857	104229
26				20489	40977	61466	81955	102443	122932
28				23863	47726	71589	95452	119314	143177
30				27494	54988	82483	109977	137471	164965
32				31383	62765	94148	125531	156913	188296
34	Velocity these	Governs Pipe		35528	71056	106585	142113	177641	213169
36				39931	79862	119792	159723	199654	239585
42				54681	109362	164044	218725	273406	328087
48				71745	143491	215236	286981	358727	430472
54				91123	182247	273370	364493	455616	546740
60				112815	225630	338445	451260	564075	676890
72			163140	326280	489419	652559	815699	978839	
84			222720	445439	668159	890879	1113598	1336318	
96			291555	583109	874664	1166219	1457774	1749328	

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $0.25 \frac{psig}{100ft} / 6000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 7 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.125	0.25	0.5	2000	4000	6000	8000	10000	12000
1/2	5	7	10		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	11	16	23						
1	23	33	46	39					
1-1/4	51	72	101	67					
1-1/2	79	111	157	91					
2	160	226	319	150	300				
2-1/2	263	372	526	214	429				
3	481	680	956	331	662				
4	1016	1438	2033	570	1139	1709			
5	1870	2645	3741	892	1783	2675	3567		
6	3087	4365	6174	1293	2586	3879	5171		
8	6426	9087	12851	2239	4477	6716	8955	1194	
10	11726	16583	Governs Pipe with Sizes	3529	7057	10586	14115	17644	21172
12	18819	26614		5061	10122	15183	20244	25306	30367
14	24376	34473		6170	12341	18511	24682	30852	37023
16	35138			8174	16348	24521	32695	40869	49043
18	48354			10458	20917	31375	41833	52292	62750
20	64191			13024	26048	39072	52096	65120	78144
22	82801			15871	31742	47613	63483	79354	95225
24	104332			18999	37998	56997	75996	94995	113993
26	128924			22408	44816	67224	89633	112041	134449
28				26099	52197	78296	104394	130493	156591
30				30070	60140	90210	120280	150350	180421
32				34323	68646	102968	137291	171614	205937
34	Velocity these	Governs Pipe		38857	77713	116570	155427	194284	233140
36				43672	87344	131015	174687	218359	262031
42				59804	119608	179412	239216	299020	358824
48				78467	156934	235401	313868	392355	470801
54			99660	199321	298981	398641	498301	597962	
60			123384	246768	370153	493537	616921	740305	
72			178424	356847	535271	713695	892119	1070542	
84			243585	487171	730756	974342	1217927	1461513	
96			318869	637739	956608	1275478	1594347	1913217	

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $0.25 \frac{psig}{100ft} / 6000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 10 psig – لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.25	0.5	1	2000	4000	6000	8000	10000	12000
1/2	8	11	15	15	Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	17	24	34	27					
1	35	49	69	44					
1-1/4	76	108	152	76	151				
1-1/2	118	167	236	103	206				
2	240	339	479	169	339				
2-1/2	395	558	790	242	484	725			
3	723	1016	1445	373	747	1120			
4	1527	2160	3054	643	1286	1929	2572		
5	2810	3974	5620	1006	2013	3019	4025	5031	
6	4637	6558		1459	2918	4377	5836	7295	8754
8	9654	13652		2526	5053	7579	10105	12632	15158
10	17616	24912	Governs Pipe with Sizes	3982	7964	11946	15929	19911	23893
12	28273			5711	11423	17134	22846	28557	34268
14	36621			6963	13927	20890	27853	34816	41780
16	52789			9224	18448	27672	26896	46120	55344
18				11802	23604	35406	47208	59011	70813
20				14697	29395	44092	58790	73487	88185
22				17910	35820	53730	71641	89551	107461
24				21440	42880	64320	85760	107201	128461
26				25287	50575	75862	101150	126437	151724
28				29452	58904	88356	117808	147260	176712
30				33934	67868	101802	135735	169669	203603
32				38733	77466	116199	154932	193665	232398
34	Velocity these	Governs Pipe		43849	87699	131548	175398	219247	263097
36				49283	98576	147850	197133	246416	295700
42				67488	134977	202465	269954	337442	404930
48				88549	177098	265648	354197	442746	531295
54				112466	224932	337397	449863	562329	674795
60				139238	278476	417714	556952	696190	835428
72			201350	402699	604049	805399	1006749	1208098	
84			274884	549768	824653	1099537	1374421	1649305	
96			359841	719683	1079524	1439366	1799207	2159049	

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $0.5 \frac{psig}{100ft} / 6000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 12 psig – لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.25	0.5	1	2000	4000	6000	8000	10000	12000
1/2	8	11	16	29	Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	18	25	36						
1	36	51	72						
1-1/4	79	112	158	81	221				
1-1/2	123	173	245	111					
2	249	352	497	182					
2-1/2	410	579	819	260	520	780	2767		
3	750	1054	1499	402	803	1205			
4	1584	2240	3168	692	1383	2075			
5	2915	4122	5830	1083	2165	3248	4331	5413	9418
6	4810	6803		1570	3139	4709	6279	7849	
8	10013	14161		2718	5436	8154	10873	13591	
10	18272	Governs Pipe	with Sizes	4284	8569	12853	17138	21422	25706
12	29326			6145	12290	18435	24580	30725	36870
14	37986			7492	14984	22475	29967	37459	44951
16	54755			9924	19848	29773	39697	49621	59545
18	75351			12698	25396	38094	50792	63490	76188
20				15813	31626	47439	63252	79066	94879
22				19270	38539	57809	77079	96348	115618
24				23068	46135	69203	92270	115338	138406
26				27207	54414	81621	108828	136034	163241
28				31688	63375	95063	126750	158438	190126
30	Velocity these	36510	73019	109529	146039	182548	219058		
32		41673	83346	125019	166693	208366	250039		
34		47178	94356	141534	188712	235890	283068		
36		53024	103048	159073	212097	265121	318145		
42		72611	145223	217834	290445	363056	435668		
48		95271	190542	285812	381093	476354	571625		
54		121003	242006	363008	484011	605014	726017		
60		149807	299615	448422	599229	749036	898844		
72		216634	433267	649901	866535	1083168	1299802		
84		295750	591500	887250	1183000	1478750	1774500		
96	387156	774312	1161469	1548625	1935781	2322937			

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $0.5 \frac{psig}{100ft} / 6000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 15 psig – لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.25	0.5	1	2000	4000	6000	8000	10000	12000
1/2	8	12	16	32	4000	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	19	26	37						
1	38	53	75						
1-1/4	83	117	166	90	244				
1-1/2	129	182	258	122					
2	261	370	523	201					
2-1/2	430	609	861	287	575	862	3055		
3	788	1107	1575	444	887	1331			
4	1665	2354	3329	764	1528	2291			
5	3063	4332	6126	1196	2391	3587	4782	5978	18010
6	5055	7149	10110	1733	3467	5200	6934	8667	
8	10522	14881		3002	6003	9005	12006	15008	
10	19201	27155		4731	9463	14194	18925	23656	28388
12	30817			6786	13572	20358	27143	33929	40715
14	39918			8273	16546	24820	33093	41366	49639
16	57540			10959	21918	32878	43837	54796	65755
18	79183			14022	28045	42067	56089	70112	84134
20				17462	34925	52387	69849	87312	104774
22				21279	42559	63838	85118	106397	127676
24				25473	50947	76420	101894	127367	152840
26				30044	60089	90133	120178	150222	180267
28				34992	69985	104977	139970	174962	209955
30				40317	80635	120952	161270	201587	241905
32				46019	92039	138058	184078	230097	276117
34	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	52098	104197	156295	208394	260492	312590
36				58554	117109	175663	234218	292772	351326
42				80184	160368	240553	320737	400921	481105
48				105207	210414	315621	420828	526035	631242
54				133623	267245	400868	534491	668114	801736
60				165431	330863	496294	661725	827157	992588
72				239227	478455	717682	956909	1196137	1435364
84				326595	635190	979785	1306380	1632975	1959570
96				427534	855069	1282603	1710138	2137672	2656207

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $0.5 \frac{psig}{100ft} / 6000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

۱۱-۱۹ - جداول تعیین اندازه لوله بخار در سیستم‌های فشار متوسط ($20-100 \text{ psig}$):

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 20 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک ($\text{psig}/100\text{ft}$)			سرعت (ft/min)					
	0.25	0.5	1	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	9	13	18		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	20	29	40						
1	41	57	81						
1-1/4	89	126	178	466					
1-1/2	139	196	277						
2	281	397	562						
2-1/2	463	655	926	665	1540	3535			
3	847	1191	1695	1026					
4	1790	2532	3581	1767					
5	3295	4659	6589	2766	4150	5533	10027	20836	
6	5437	7689	10874	4011	6016	8022			
8	11318	16006	22636	6945	10418	13891			
10	20653	29208	Governs Pipe with Sizes	10948	16421	21895	27369	32843	41054
12	33148	46878		15702	23553	31403	39254	47105	58881
14	42936	60720		19143	28715	38286	47858	57430	71787
16	61891	87527		25358	38038	50717	63396	76075	95094
18	85170	120449		32446	48669	64892	81115	97338	121673
20	113063			40406	60609	80812	101015	121218	151522
22	145843	Governs Pipe with Sizes		49238	73857	98476	132095	147714	184643
24	183768			58943	88414	117885	147357	176828	221035
26	227082			69519	104279	139039	173799	208558	260698
28	276022			80969	121453	161937	202422	242906	303632
30	330813		93290	139935	186580	233225	279870	349838	
32	397670		106484	159726	212968	266210	319451	399314	
34	Velocity these		120550	180825	241100	301375	361650	452062	
36			135488	203232	270977	338721	406465	508081	
42			185537	278306	371075	463844	556612	695765	
48			243437	365156	486875	608593	730312	912890	
54		309188	463782	618376	772970	927564	1159456		
60		382790	574185	765580	956974	1148369	1435462		
72		553546	830318	1107091	1383864	1660637	2075796		
84		755705	1133557	1511409	1889262	2267114	1833893		
96		989267	1483901	1978534	2473168	2967802	3709752		

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $0.5 \frac{\text{psig}}{100\text{ft}} / 8000 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 25 psig – لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.25	0.5	1	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	9	13	19		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	21	30	43						
1	43	61	86						
1-1/4	95	134	190						
1-1/2	148	209	295						
2	299	423	599	529					
2-1/2	493	697	986	754					
3	902	1269	1805	1164	1747				
4	1907	2697	3814	2005	3008				
5	3509	4963	7018	3138	4708	6277			
6	5791	8190	11582	4550	6825	9100	11376		
8	12055	17048	24110	7879	11819	15759	19698	23638	
10	21998	31110	43996	12420	18629	24839	31049	37259	
12	35306	49930		17813	26719	35626	44532	53438	66798
14	45731	64674		21717	32576	43434	54293	65151	81439
16	65920	93225		28768	43152	52536	71290	86304	107880
18	90715	128291		36809	55213	73617	92021	110426	138032
20	120424	170306		45839	68758	91677	114597	137516	171895
22	155339			55858	83788	111717	139646	167575	209469
24	195732			66868	100302	133735	167169	200603	250754
26	241867			78867	118300	157733	197167	236600	295750
28	293993			91855	137783	183710	229638	275565	344457
30	352351			105833	158750	211667	264583	317500	396875
32	417171			120801	181201	241602	302002	362403	453004
34	488677			136758	205137	273517	341896	410275	512844
36	567084			153705	230558	307410	384263	461116	576395
42				210484	315725	420967	526209	631451	789314
48				276168	414253	552337	690421	828505	1035632
54				350760	526140	701519	876899	1052279	1315349
60				434257	651386	868515	1085643	1302772	1628465
72				627972	941958	1255944	1569930	1882916	2354984
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	857312	1285968	1714624	2143280	2571936	3214920
96				1122278	1638417	2244556	2805695	3366834	4208542

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $0.5 \frac{psig}{100ft} / 8000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 30 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.25	0.5	1	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	10	14	20		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	23	32	45						
1	46	65	91						
1-1/4	101	142	201						
1-1/2	156	221	312						
2	317	448	633	591					
2-1/2	521	737	1043	843					
3	954	1342	1909	1302					
4	2017	2852	4034	2243	3364				
5	3711	5249	7423	3510	5266	7021			
6	6125	8662	12249	5090	7634	10179			
8	12749	18030	25499	8813	13220	17626	22033		
10	23265	32902	46530	13891	20837	27783	34729	41674	
12	37340	52806	74679	19924	29886	39848	49810	59772	
14	48365	68399		24291	36436	48582	60727	72873	91091
16	69717	98595		32178	48266	64355	80444	96533	120666
18	95940	135680		41171	61757	82342	102928	123513	154391
20	127361	180116		51271	76907	102543	128178	153814	192268
22	164286	232336		62479	93718	124957	156197	187436	234295
24	207006			74793	112189	149586	186982	224378	280473
26	255799			88214	132321	176428	220534	264641	330802
28	310927			102742	145113	205483	256854	308225	385281
30	372647			118376	177565	236753	295941	355129	443912
32	441200			135118	202677	270236	337795	405354	506693
34	516825			152967	229450	305933	382417	458900	573625
36	599748			171922	257883	343844	429805	515766	644708
42				235430	353145	470860	588575	706290	882862
48				308900	463349	617799	772249	926699	1158373
54				392331	588497	784662	980828	1176994	1471242
60				485725	728587	971450	1214312	1457175	1821468
72				702398	1053597	1404796	1755995	2107194	2633993
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	958919	1438379	1917839	2397398	2876758	3595948
96				1255289	1882933	2510577	3138222	3765866	4707332

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $0.5 \frac{psig}{100ft} / 8000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 40 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.5	1	2	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	16	22	31		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	35	50	71						
1	71	100	142						
1-1/4	156	221	312						
1-1/2	242	343	485	433					
2	492	695	984	713					
2-1/2	810	1145	1620	1017	1526				
3	1473	2097	2965	1571	2356				
4	3133	4430	6265	2705	4058	5410			
5	5764	8152	11529	4234	6352	8469	10586		
6	9513	13453	19026	6139	9209	12278	15348	18418	
8	19802	28005	39605	10631	15946	21261	26577	31892	
10	36136	51103		16757	25135	33513	41891	50270	62837
12	57996	82019		24033	36050	48066	60083	72100	90124
14	75122	106239		29301	43951	58602	73252	87903	109878
16	108286			38814	58221	77628	97035	116442	145553
18	149016			49662	74493	99325	124156	148987	186234
20	197819			61846	92769	123692	154615	185537	231922
22	255172			75364	113047	150729	188411	226093	282617
24	321526			90218	135327	180437	225546	270655	338319
26	397311			106407	159611	212815	266018	319222	399028
28				123932	185897	247863	309829	371795	464743
30				142791	214186	285582	356977	428373	535466
32				162985	244478	325971	407464	488956	611195
34				184515	276773	369030	461288	553546	691932
36				207380	311070	414760	518450	622140	777675
42				283986	425979	567972	709965	851958	1064947
48				372608	558912	745216	931521	1117825	1397281
54				473247	709871	946494	1183118	1419742	1774677
60				585903	878854	1171805	1464757	1757708	2197135
72				847264	1270895	1694527	2118159	2541791	3177239
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	1156691	1735036	2313382	2891727	3470073	4337591
96				1514184	2271277	3028369	3785461	4542553	5678192

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $1.0 \frac{psig}{100ft} / 10000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 50 psig – لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.5	1	2	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	17	24	34		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	38	54	76						
1	77	109	154						
1-1/4	169	239	338						
1-1/2	263	371	525	508					
2	533	753	1065	837					
2-1/2	877	1241	1755	1194					
3	1569	2271	3212	1843	2765				
4	3393	4799	6786	3174	4761	6348			
5	6244	8830	12488	4968	7453	9937	12421		
6	10304	14573	20609	7203	10805	14407	18008		
8	21450	30335	42900	12473	18710	24947	31183	37420	
10	39142	55355		19661	29492	39322	49153	58983	73729
12	62822	88844		28199	42298	56398	70497	84597	105746
14	81373	115078		34380	51570	68759	85949	103139	128924
16	117296	165882		45542	68313	91084	113854	136625	170782
18	161415			58270	87406	116541	145676	174811	218514
20	214279			72566	108849	145132	181414	217697	272122
22	276404			88428	132641	176855	221069	265283	331604
24	348279			105856	158784	211712	264640	317568	396961
26	430370			124851	187277	249703	312128	374554	468192
28	523121			145413	218120	290826	363533	436239	545299
30	626961			167541	251312	335083	418853	502624	628280
32				191236	286854	382473	478091	573709	717136
34				216498	324747	432996	541245	649493	811867
36				243326	364989	486652	608315	729978	912472
42				333210	499815	666420	833025	999630	1249538
48				437194	655790	874387	1092984	1311581	1639476
54				555277	832915	1110553	1388192	1665830	2082288
60				687459	1031189	1374918	1718648	2062378	2577972
72				994123	1491184	1988245	2485307	2982368	3727960
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	1357184	2035776	2714368	3392960	4071552	5089440
96				1776643	2664965	3553286	4441608	5329929	6662412

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $1.0 \frac{psig}{100ft} / 10000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 60 psig – لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.5	1	2	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	18	25	36		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	41	58	82						
1	82	116	164						
1-1/4	181	256	362	957					
1-1/2	281	397	562						
2	570	806	1140						
2-1/2	938	1327	1877	1366	3164				
3	1707	2429	3436	2109					
4	3630	5133	7260	3632					
5	6680	9446	13359	5686	8529	11371	20608	42823	
6	11023	15589	22046	8243	12365	16487			
8	22946	32451	45893	14274	21412	28549			
10	41873	59217	83745	22500	33750	45000	56249	67499	121014
12	67204	95041		32270	48406	64541	80676	96811	
14	87049	123106		39344	59015	78687	98359	118031	
16	125479	177454		52117	78176	104235	130293	156352	195440
18	172676	244200		66684	100026	133368	166710	200052	250064
20	229227	324176		83043	124565	166086	207608	249129	311412
22	295686			101195	151793	202391	252988	303586	379482
24	372575			121140	181710	242280	302851	363421	454276
26	460392			142878	214317	285756	357195	428634	535792
28	559614			166408	249613	332817	416021	499225	624032
30	670697			191732	287598	383464	479329	575195	718994
32	794082			218848	328272	437696	547120	686544	820680
34				247757	371635	495514	619392	743271	929088
36				278459	417688	556917	696146	835376	1044220
42				381321	571981	762641	953302	1143962	1429952
48				500318	750477	1000636	1250795	1500954	1876192
54				635450	953176	1270901	1588626	1906351	2382939
60				786718	1180077	1573436	1966795	2360154	2950193
72	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	1137659	1706489	2275318	2844148	3412977	4266221
84				1553141	2329711	3106282	3882852	4659423	5824279
96				2033164	3049746	4066328	5082909	6099491	7624364

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $1.0 \frac{psig}{100ft} / 12000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 75 psig – لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.5	1	2	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	20	28	39		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	45	63	89						
1	90	127	179						
1-1/4	197	279	394						
1-1/2	306	433	612						
2	621	879	1243	1138					
2-1/2	1023	1447	2046	1624					
3	1862	2649	3746	2507					
4	3957	5597	7915	4318	6477				
5	7283	10299	14565	6758	10138	13517			
6	12018	16997	24036	9799	14698	19597			
8	25018	35380	50035	16967	25451	33935	42419		
10	45652	64562	91304	26745	40117	53489	66862	80234	
12	73270	103620		38359	57538	76718	95897	115077	143846
14	94906	134218		46766	70150	93533	116916	140299	175374
16	136805	193471		61950	92925	123900	154876	185851	232313
18	188261	266242		79365	118897	158530	198162	237795	297244
20	249917	353436		98711	148066	197422	246777	296132	370165
22	322374			120288	180431	240575	300719	360863	451079
24	406203			143996	215993	287991	359989	431987	539983
26	501947			169834	254752	339669	424568	509503	636879
28	610125			197804	296707	395609	494511	593413	741767
30	731235			227905	341858	455811	569764	683716	854646
32	865756			260138	390206	520275	650344	780413	975516
34	1014152			294501	441751	589001	736252	883502	1104378
36	1176871			330995	496492	661990	827487	992985	1241231
42				453264	679896	906527	1133159	1359791	1699739
48				594712	892068	1189424	1486780	1784136	2230170
54				755340	1133009	1510679	1888349	2266019	2832524
60				935147	1402720	1870293	2337867	2805440	3506800
72				1352299	2028449	2704598	3380748	4056898	5071122
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	1846169	2769254	3692339	4615423	5538508	6923135
96				2416757	3625136	4833514	6041893	7250271	9062839

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $1.0 \frac{psig}{100ft} / 12000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 85 psig – لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.5	1	2	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	21	29	41		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	47	66	94						
1	94	133	188						
1-1/4	207	293	415						
1-1/2	322	455	644						
2	653	924	1306	1258					
2-1/2	1076	1521	2151	1794					
3	1957	2784	3938	2771					
4	4160	5883	8320	4771	7157				
5	7655	10826	15311	7468	11202	14936			
6	12633	17866	25267	10828	16241	21655			
8	26298	37192	52297	18749	28124	37499	46873		
10	47989	67867	95979	29553	44330	59107	73883	88660	
12	77021	108925	154043	42387	63580	84774	105967	127161	
14	99765	141089		51678	77516	103355	129194	155033	193791
16	143808	203376		68456	102684	136911	171139	205367	256709
18	197899	279872		87589	131383	175178	218972	262766	328458
20	262712	371531		109077	163615	218153	272692	327230	409037
22	338879	479247		132919	199379	265839	332298	398785	498447
24	426999			159117	238975	318234	397792	477350	596688
26	527645			187669	281504	375338	469173	563007	703759
28	641361			218576	327865	437153	546441	655729	813661
30	768671			251838	377758	503677	629596	755515	944394
32	910079			287455	431183	574910	718638	862366	1077957
34	1066072			325427	488140	650854	813567	976281	1220351
36	1237121			365753	548630	731507	914384	1097260	1371575
42	1845105			500862	751293	1001724	1252155	1502586	1878232
48				657164	985746	1314328	1642910	1971492	2464365
54				834660	1251989	1669319	2086649	2503979	3129973
60				1033349	1550023	2066697	2583372	3100046	3875057
72				1494307	2241461	2988614	3735768	4482922	5603652
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	2040040	3060060	4080080	5100099	6120119	7650149
96				2670546	4005820	5341093	6676366	8011639	10014549

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $1.0 \frac{psig}{100ft} / 12000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 100 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	0.5	1	2	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	22	31	44		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	51	71	100						
1	101	142	201						
1-1/4	222	313	443						
1-1/2	344	486	688						
2	698	987	1396						
2-1/2	1149	1625	2299	2049	8173				
3	2091	2975	4208	3164					
4	4446	6287	8891	5449					
5	8181	11569	16362	8529					
6	13501	19093	27001	12365					
8	28104	39744	26207	21412					
10	51283	72526	102567	33750					
12	82308	116402	164617	48406					
14	106613	150773	213226	59015	88523	118031	147539	177046	
16	153680	217336	Governs Pipe	78176	117264	126352	195440	234528	293160
18	211483	299083		100026	150039	200052	250064	300077	375097
20	280745	397033		124565	186847	249129	311412	373694	467118
22	362139	512142		151793	227689	303586	379482	455379	569223
24	456309	645318		181710	272265	363421	454276	545131	681414
26	563863	797422		214317	321475	428634	535792	642951	803688
28	685384	with Sizes		249613	374419	499225	624032	748838	936048
30	821433			287598	431397	575195	718994	862793	1078491
32	972548			328272	482408	656544	820680	984816	1231020
34	1139248			371635	557453	743271	929088	1114906	1393632
36	1322038		417688	626532	835376	1044220	1253064	1566330	
42	1971754		571981	857971	1143962	1429952	1715943	2144929	
48	2783057		750477	1125715	1500954	1876192	2251430	2814288	
54	Velocity these		953176	1429763	1906351	2382939	2859527	3574408	
60			1180077	1770116	2360154	2950193	3540231	4425289	
72			1706489	2559733	3412977	4266221	5119466	6399332	
84		2329711	3494567	4659423	5824279	6989134	8736418		
96		3049746	4574618	6099491	7624364	9149237	11436546		

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $1.0 \frac{psig}{100ft} / 12000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

۱۹-۱۲ - جداول تعیین اندازه لوله بخار در سیستم‌های فشار متوسط ($psig$ ۱۲۰-۳۰۰):

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار $120\ psig$ - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک ($psig/100ft$)			سرعت (ft/min)					
	1	2	5	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	34	48	75		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	76	108	171						
1	154	217	344						
1-1/4	338	478	756	746					
1-1/2	525	743	1174	1015					
2	1065	1507	2382	1673					
2-1/2	1755	2481	3923	2387	3581				
3	3212	4542	7181	3686	5530				
4	6786	9597	15175	6348	9522	12696			
5	12488	17661	27924	9937	14905	19873	24842		
6	20609	29145	46083	14407	21610	28813	36017	43220	
8	42900	60670		24947	37420	49894	62367	74840	93550
10	78284	110711		39322	58983	78644	98305	117966	147458
12	125644	177688		56398	84597	112796	140995	169194	211492
14	162745	230156		68759	103139	137519	171898	206278	257848
16	234593	331764		91084	136625	182167	227709	273251	341563
18	322831			116541	174811	233082	291352	349623	437028
20	428558			145132	217697	290263	362829	435395	544243
22	552808			176855	265283	353711	442138	530566	663207
24	696558			211712	317568	423425	529281	635137	793921
26	860739			249703	374554	499405	624256	749108	936385
28	1046243			290826	436239	581652	727065	872478	1090598
30	1253922			335083	502624	670165	837707	1005248	1256560
32				382473	573709	764945	956181	1147418	1434272
34				432996	649493	865991	1082181	1298987	1623734
36				486652	729978	973304	1216630	1459956	1824945
42				666420	999630	1332840	1666050	1999260	2499076
48				874387	1311581	1748775	2185968	2623162	3278952
54				1110553	1665830	2221107	2776383	3331660	4164575
60				1374918	2062378	2749837	3437296	4124755	5155944
72				1998245	2982368	3976491	4970613	5964736	7455920
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	2714368	4071552	5428736	6785920	8143104	10178879
96				3553286	5329929	7106572	8883215	10659859	13324823

توجه:

- حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $2.0 \frac{psig}{100ft} / 15000 \frac{ft}{min}$
- جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 125 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	1	2	5	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	34	48	77		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	78	110	174						
1	156	221	350						
1-1/4	344	487	770	1051					
1-1/2	534	756	1195						
2	1084	1533	2424	1733					
2-1/2	1785	2525	3992	2472	3708	13146			
3	3268	4622	7308	3817	5726				
4	6905	9766	15441	6573	9860				
5	12707	17971	28414	10289	15433	20578	25722	44751	96865
6	20971	29657	46892	14917	22376	29834	37293		
8	43654	61735		25831	38746	51661	64577		
10	79659	112655	Governs Pipe with Sizes	40715	61073	81430	101788	122145	152682
12	127850	180808		58396	87594	116792	145990	175188	218985
14	165603	234198		71195	106793	142391	177988	213586	266983
16	238712	337590		94310	141466	188621	235776	282931	353664
18	328499			120670	181005	241339	301674	362009	425511
20	436083			150273	225410	300546	375683	450820	563524
22	562515			183121	274681	366242	457802	549363	686703
24	708789			219213	328819	438426	548032	657638	822048
26	875854			258549	387823	517098	646372	775647	969559
28	1064614			301129	451694	602259	752823	903388	1129235
30	1275940			346954	520431	693908	867385	1040862	1301077
32				396023	594034	792045	990057	1188068	1485085
34				448336	672504	896671	1120839	1345007	1681259
36				503893	755839	1007786	1259732	1511679	1889599
42				690030	1035045	1380060	1725075	2070090	2587612
48				905365	1358047	1810730	2263412	2716095	3395119
54			1149898	1724847	2299796	2874745	3449694	4312117	
60			1423629	2135443	2847258	3559072	4270886	5338608	
72			2058684	3088027	4117369	5146711	6176053	7720067	
84	Velocity these	Governs Pipe	2810532	4215798	5621064	7026330	8431596	10539495	
96			3679171	5518757	7358343	9197928	11037514	13796893	

توجه:

1. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $2.0 \frac{psig}{100ft} / 15000 \frac{ft}{min}$
2. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 150 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	1	2	5	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	37	52	83		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	84	119	188						
1	169	239	378						
1-1/4	372	526	832						
1-1/2	578	817	1292	1230					
2	1173	1658	2622	2027					
2-1/2	1931	2731	4318	2893					
3	3535	4999	7905	4466	6700				
4	7470	10564	16703	7691	11537	15382			
5	13746	19439	30736	12039	18059	24078	30098		
6	22684	32080	50724	17455	26182	34909	43636		
8	47221	66780	105589	30225	45337	60449	75562	90674	
10	86168	121861		47641	71462	95282	119103	142923	178654
12	138298	195583		68330	102494	136659	170824	204989	265236
14	179135	253336		83306	124960	166613	208266	249919	312399
16	258219	365176		110354	165530	220707	275884	331061	413826
18	355343	502531		141197	211795	282394	352992	423590	529488
20	471718			175836	263754	351672	439590	527508	659385
22	608481			214272	321407	428543	535679	642815	803518
24	766709			256503	384755	513006	641258	769509	961886
26	947425			302531	453796	605061	756327	907592	1134490
28	1151610			352354	528532	704709	880886	1057063	1321329
30	1380205			405974	608961	811948	1014935	1217922	1522403
32	1634114			463390	695085	926780	1158475	1390170	1737713
34	1914211			524602	786903	1049204	1311505	1573806	1967257
36				589610	884415	1179220	1474025	1768830	2211038
42				807411	1211116	1614822	2018527	2422232	3027790
48				1059376	1589065	2118753	2648441	3178129	3972661
54				1345507	2018260	2691013	3363767	4036520	5045650
60				1665802	2498703	3331604	4164505	4997406	6246757
72				2408887	3613330	4817773	6022217	7226660	9033325
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	3288631	4932946	6577262	8221577	9865893	12332366
96				4305034	6457551	8610068	10762586	12915103	16143878

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $2.0 \frac{psig}{100ft} / 15000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 175 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	1	2	5	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	40	56	89		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	90	127	201						
1	181	256	405						
1-1/4	398	563	891						
1-1/2	618	875	1383						
2	1255	1775	2806	2322					
2-1/2	2067	2923	4621	3312					
3	3783	5350	8459	5114	7672				
4	7993	11304	17874	8807	13211	17614			
5	14709	20802	32891	13786	20679	27572			
6	24274	34329	54279	19987	29981	39974	49968		
8	50531	71461	112990	34610	51916	69221	86526	103831	
10	92208	130402		54554	81831	109108	136385	163662	204578
12	147992	209292		78245	117367	156489	195611	234734	293417
14	191692	271093		95394	143092	190789	238486	286183	357729
16	276318	390773		126366	189549	252732	315916	379099	473873
18	380251	537756		161685	242527	323370	404212	485055	606319
20	504783	713872		201351	302026	402701	503376	604052	755065
22	651133			245363	368045	490726	613408	736089	920112
24	820451			293723	440584	587445	734306	881168	1101460
26	1013835			346429	519643	692858	866072	1039287	1299108
28	1232333			403482	605223	806964	1008705	1210447	1513058
30	1476951			464882	697324	929765	1162206	1394647	1743309
32	1748657			530630	795944	1061259	1326574	1591889	1989861
34	2048388			600724	901085	1201447	1501809	1802171	2252713
36	2377048			675165	1012747	1350329	1687911	2025494	2531867
42				924569	1386853	1849138	2311422	2773707	3467133
48				1213095	1819643	2426191	3032739	3639286	4549108
54				1540744	2311117	3081489	3851861	4622286	5777791
60				1907515	2861273	3815031	4768789	5722546	7153183
72				2758425	4137637	5516849	6896061	8275274	10344092
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	3765823	5648734	7531645	9414556	11297468	14121834
96				4929710	7394564	9859419	12324274	14789129	18486411

توجه:

- حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $2.0 \frac{psig}{100ft} / 15000 \frac{ft}{min}$
- جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 200 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	1	2	5	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	42	59	94		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	96	135	214						
1	192	272	430						
1-1/4	423	598	946	2616	8644				
1-1/2	656	928	1468						
2	1332	1884	2978						
2-1/2	2194	3102	4905	3732	14885				
3	4015	2679	8979	5763					
4	8485	11999	18972	9923					
5	15613	22081	34913	15533	23299	31066	56300	116988	
6	25766	36439	57616	22520	33780	45040			
8	53637	75854	119935	38996	58494	77992			
10	97876	138418	218858	61467	92200	122934	153667	184401	330598
12	157089	222157		88159	132239	176319	220398	264478	
14	203475	287757		107482	161224	214965	268706	322447	
16	293303	414794		142379	213568	284758	355947	427137	533921
18	403625	570811		182173	273260	364346	455433	546519	683149
20	535812	757753		226865	340297	453730	567162	680595	850744
22	691157	977444		276455	414682	552909	691137	829364	1036705
24	870884	1231615		330942	496413	661884	827355	992826	1241033
26	1076154			390327	585491	780654	975818	1170981	1463727
28	1308083			454610	681915	909220	1136525	1363830	1704788
30	1567737			523791	785686	1047581	1309477	1571372	1967215
32	1856146			597869	896804	1195738	1494673	1793607	2242009
34	2174300			676845	1015268	1353690	1692113	2030535	2538169
36	2523162			760719	1141078	1521438	1901797	2282157	2852696
42	3763171			1041727	1526590	2083454	2604317	3125181	3906476
48				1366815	2050222	2733629	3417037	4100444	5125555
54				1735982	2603973	3471964	4339955	5207946	6509933
60				2149229	3223844	4298458	5373073	6447687	8059609
72	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	3107962	4661943	6215925	7769906	9323887	11654859
84				4243014	6364521	8486028	10607536	12729043	15911303
96				5554385	8331577	11108770	13885962	16663155	20828943

توجه:

- حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $2.0 \frac{psig}{100ft} / 15000 \frac{ft}{min}$
- جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 225 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	1	2	5	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	44	63	99		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	101	143	225						
1	203	287	453						
1-1/4	446	631	998						
1-1/2	693	980	1549						
2	1405	1987	3142	2912					
2-1/2	2314	3273	5175	4154					
3	4236	5991	9473	6414					
4	8952	12660	20017	11046	16568				
5	16473	23296	36834	17290	25935	34579			
6	27185	38445	60787	25067	37601	50134			
8	26589	80029	126536	43407	65110	86814	108517		
10	103263	146036	230904	68419	102629	136838	171048	205258	
12	165735	234384		98131	147196	196262	245327	294392	367990
14	214674	303595		119639	179459	239279	299099	358918	448648
16	309447	437623		158483	237724	316966	396207	475449	594311
18	425840	602228		202778	304167	405556	506945	608334	760418
20	565302	799458		252525	378787	505050	631312	757575	946968
22	729198	1031241		307724	461585	615447	769309	923171	1153963
24	918816	1299402		368374	552561	736748	920934	1105121	1381402
26	1135385	1605676		434476	651714	868952	1086189	1303427	1629284
28	1380078			506029	759044	1012059	1265074	1518088	1897611
30	1654023			583035	874552	1166070	1457587	1749105	2186381
32	1958305			665492	998238	1330984	1663730	1996476	2495595
34	2293971			753401	1130101	1506802	1883502	2260202	2825253
36	2662034			846761	1270142	1693523	2116903	2540284	3175355
42	3970291			1159553	1739330	2319107	2898883	3478660	4348325
48	5603917			1521411	2282116	3042821	3803526	4564232	5705290
54				1932333	2898500	3864666	4830833	5797000	7246250
60				2392321	3588482	4784643	5980803	7176964	8971205
72				3459494	5189240	6918987	8648734	10378481	12973101
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	4722928	7084391	9445855	11807319	14168783	17710978
96				6182623	9273934	12365246	15456557	18547869	23184836

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $5.0 \frac{psig}{100ft} / 15000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 250 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	1	2	5	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	47	66	104		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	106	150	236						
1	213	301	476						
1-1/4	468	662	1047						
1-1/2	727	1028	1625						
2	1474	2085	3297	3205					
2-1/2	2428	3434	5430	4573					
3	4445	6286	9939	7061					
4	9392	13283	21002	12160	18239				
5	17283	24442	38647	19033	28550	38066			
6	28522	40337	63778	27595	41393	55190			
8	59374	83967	132764	47784	71676	95568	119460		
10	108345	153223	242267	75319	112978	150638	188297	225957	
12	173891	245919	388831	108027	162040	216054	270067	324080	
14	225238	318535		131705	197557	263409	329261	395114	493892
16	324675	459160		174465	261698	348930	436163	523395	654244
18	446796	631865		223227	334841	446455	558068	669682	837102
20	593122	838801		277991	416986	555982	694977	833973	1042466
22	765083	1081991		338756	508134	677512	846890	1016268	1270335
24	964032	1363348		405522	608284	811045	1013806	1216567	1520709
26	1191259	1684694		478291	717436	956581	1195726	1434872	1793590
28	1447994	2047773		557060	835590	1114120	1392650	1671180	2088975
30	1735421			641831	962747	1283662	1604578	1925493	2406867
32	2054677			732604	1098905	1465207	1831509	2197811	2747264
34	2406861			829378	1244067	1658755	2073444	2488133	3110166
36	2793037			932153	1398230	1864306	2330383	2796460	3495574
42	4165676			1276489	1914733	2552977	3191222	3829466	4786832
48	5879695			1674837	2512256	3349675	4187094	5024512	6280640
54	7959549			2127200	3190800	4254399	5317999	6381599	7976999
60				2633575	3950363	5267151	6583938	7900726	9875908
72				3808367	5712550	7616734	6520917	11425101	14281376
84	Velocity these	Governs Pipe	with Sizes	5199212	7798818	10398424	12998030	15597636	19497045
96				6806111	10209166	13612221	17015277	20418332	25522915

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $5.0 \frac{psig}{100ft} / 15000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 275 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	1	2	5	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	49	69	109		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	110	156	247						
1	222	314	497						
1-1/4	489	692	1094	4994					
1-1/2	759	1074	1689						
2	1541	2179	3445						
2-1/2	2537	3589	5674	4994	19916				
3	4645	6569	10386	7711					
4	9815	13880	21946	13278					
5	18061	25542	40385	20783	31175	60256			
6	29805	42151	66646	30133	45199				
8	62044	87743	138734	52178	78267				
10	113217	160113	253161	82245	123368	164490	205613	246735	
12	181710	256977	406316	117961	176941	235921	294901	353882	
14	235367	332859	526296	143816	215723	287631	359539	431447	
16	339275	479807		190508	285762	381017	476271	571525	714406
18	466887	660278		243754	365632	487509	609386	731263	914079
20	619793	876519		303554	455331	607108	758884	910661	1138327
22	799486	1130644		369907	554860	739813	924766	1109720	1387150
24	1007382	1424653		442813	664219	885625	1107032	1328438	1660548
26	1244826	1760450		522272	783408	1044545	1305681	1566817	1958521
28	1513106	2139855		608285	912428	1216570	1520713	1824855	2281069
30	1813457	2564616		700851	1051277	1401703	1752128	2102554	2628193
32	2147070			799971	1199956	1599942	1999927	2399913	2999891
34	2515091			905644	1358466	1811288	2264110	2716932	3396165
36	2918632			1017870	1526805	2035741	2544676	3053611	3817014
42	4352994	1393869		2090804	2787739	3484674	4181608	5227010	
48	6144088		1828849	2743273	3657698	4572122	5486547	6858183	
54	8317466		2322809	3484213	4645617	5807021	6968426	8710532	
60			2875748	4313623	5751497	7189371	8627245	10784057	
72		Velocity these	4158569	6237854	8317138	10396423	12475707	15594634	
84			5677311	8515966	11354622	14193277	17031933	21289916	
96	7431974		11147960	14863947	18579934	22295921	27869901		

توجه:

- حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $5.0 \frac{psig}{100ft} / 15000 \frac{ft}{min}$
- جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

سیستم‌های لوله‌کشی بخار فشار 300 psig - لوله فولادی

اندازه لوله	دبی بخار (lbs/hr)								
	نرخ اصطکاک (psig/100ft)			سرعت (ft/min)					
	1	2	5	4000	6000	8000	10000	12000	15000
1/2	51	72	113		Pressure these	Drop Pipe	Governs Sizes	with	
3/4	115	163	257						
1	232	327	518						
1-1/4	509	720	1139						
1-1/2	791	1118	1768						
2	1604	2269	3587						
2-1/2	2642	3736	5908	5413					
3	4836	6839	10814	8359					
4	10219	14451	22850	14394	21591				
5	18804	26593	42048	22530	33796				
6	31032	43886	69390	32665	48998	65331			
8	64598	91356	144446	56564	84846	113128	141410		
10	117879	166706	263586	89158	133737	178316	222895		
12	189193	267559	423047	127875	191813	255751	319688	283626	
14	245059	346565	547968	155904	233855	311807	389759	467711	
16	353245	499564	Governs Pipe with Sizes	206521	309781	413042	516302	619563	774454
18	486113	687467		264242	396364	528485	660606	792272	990909
20	645315	912613		329068	493602	658136	822671	987205	1234006
22	832408	1177203		400998	601497	801996	1002495	1202097	1503743
24	1048864	1483318		480032	720048	960064	1200081	1440097	1800121
26	1296086	1832942		566170	849256	1132341	1415426	1698511	2123139
28	1575413	2227971		659413	989119	1318826	1648532	1978239	2472799
30	1888133	2670223		759760	1139639	1519519	1899399	2279279	2849099
32	2235482	3161450		867210	1300816	1734421	2168026	2601631	3252039
34	2618658	Governs Pipe		981766	1472648	1963531	2454414	2945297	3681621
36	3038816			1103425	1655137	2206849	2758562	3310274	4137843
42	4532243			1511028	2266541	3022055	3777569	4533083	5666353
48	6397091			1982568	2973852	3965136	4956420	5947704	7434630
54	8659966			2518046	3777069	5036092	6295116	7554139	9442673
60	11345797		3117462	4676193	6234924	7793655	9352386	11690483	
72	Velocity these		4508107	6762160	9016214	11270267	13524321	16905401	
84			6154503	9231754	12309005	15386256	18463508	23079384	
96			8056649	12084973	16113298	20141622	24169947	30212433	

توجه:

۱. حداکثر مقدار توصیه شده برای افت فشار/سرعت: $5.0 \frac{psig}{100ft} / 15000 \frac{ft}{min}$

۲. جدول بر اساس لوله فولادی با وزن استاندارد و با استفاده از معادلات بخار بخش سوم ارائه شده است.

۲



سیستم‌های لوله‌کشی
کندانس بخار

۱-۲۰ - لوله‌کشی کندانس بخار

الف) تعیین اندازه لوله کندانس بخار

۱. ضوابط ملاک‌های تعیین اندازه لوله کندانس بخار:

الف) افت فشار: $1.0 \text{ psig}/100\text{ft} - \frac{1}{16}$

ب) حداکثر سرعت در سیستم‌های مایع: $150 \text{ ft}/\text{min}$

ج) حداکثر سرعت در سیستم‌های بخار: $5000 \text{ ft}/\text{min}$

۲. ضوابط توصیه شده برای ملاک‌های تعیین اندازه لوله کندانس بخار:

الف) سیستم‌های فشار پایین:

۱. افت فشار: $\frac{1}{8} - \frac{1}{4} \text{ psig}/100\text{ft}$

۲. سرعت در سیستم‌های بخار: $5000 \text{ ft}/\text{min}$

ب) سیستم‌های فشار متوسط:

۱. افت فشار: $\frac{1}{8} - \frac{1}{4} \text{ psig}/100\text{ft}$

۲. سرعت در سیستم‌های بخار: $5000 \text{ ft}/\text{min}$

ج) سیستم‌های فشار بالا:

۱. افت فشار: $\frac{1}{4} - \frac{1}{2} \text{ psig}/100\text{ft}$

۲. سرعت در سیستم‌های بخار: $5000 \text{ ft}/\text{min}$

۳. خطوط برگشت مرطوب: لوله‌های برگشتی که تنها حاوی مایع و نه بخار می‌باشند. خطوط مرطوب برگشت کندانس زیر خط آب به بویلرها متصل می‌شوند و به همین خاطر همیشه پر از مایع می‌باشند.

۴. خطوط برگشت خشک: خطوط بازگشتی که حاوی مایع اشباع و بخار اشباع می‌باشند. خطوط بازگشت خشک در بالای خط آب به بویلرها متصل می‌شوند و بنابراین بطور کامل با آب پر نمی‌شوند و باید در جهت جریان شیب داشته باشند. خطوط برگشت خشک بطور معمول حامل بخار، هوا و کندانس هستند.

۵. برگشت باز: سیستم برگشت به اتمسفر تخلیه شده و خطوط کندانس دارای فشار اتمسفریک می‌باشند.

۶. برگشت بسته: سیستم بازگشت به اتمسفر راه ندارد.

۷. نسبت حجم مایع کندانس به بخار در فشار psig برابر با $1:1600$ می‌باشد.

۸. پاشش بخار: پاشش بخار هنگامی اتفاق می‌افتد که کندانس داغ تحت فشار به یک محیط با فشار پایین‌تر راه پیدا می‌کند. در نتیجه دما تا دمای نقطه جوش فشار پایین‌تر افت پیدا کرده و باعث تبخیر شدن بخشی از کندانس و تشکیل بخار می‌گردد. پاشش بخار در اثر افت فشار کندانس روی می‌دهد و بخاری در فشار پایین‌تر تولید می‌کند.

الف) پاشش بخار در سیستم‌های دما پایین ناچیز بوده و عموماً قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد.

ب) پاشش بخار سیستم‌های فشار متوسط و فشار بالا مهم بوده و باید در هنگام محاسبه اندازه لوله‌کشی کندانس بحساب آورده شوند.

ب) راهنمایی‌های طراحی سیستم بخار و نصب لوله‌کشی‌ها:

۱. حداقل اندازه پیشنهادی برای لوله کندانس بخار $\frac{3}{4}$ " می‌باشد.
۲. تمامی شیرها، صافی‌ها، مهره ماسوره‌ها و فلنچ‌ها را بگونه‌ای جانمایی کنید که در دسترس باشند. تمامی شیرها (به استثناء شیرهای کنترل) و صافی‌ها باید پیش از کاهش اندازه برای برقراری اتصال به تجهیزات و کنترل‌ها، دارای اندازه کامل لوله باشند. در هر جزء تجهیزات، در مسیرهای فرعی و در مسیرهای لوله‌کشی طولانی (۱۰۰ فوت یا بیشتر) بمنظور اجازه جداسازی اجزا برای انجام بازرسی‌ها و تعمیرات باید مهره ماسوره‌ها و/یا فلنچ‌هایی را تعبیه نمود.
۳. تمامی شیرها باید بنحوی وصل شوند که در صورت برداشته شدن تجهیزات یا برچیده شده لوله‌کشی سمت تجهیزات، همچنان قابل بهره‌برداری باشند.
۴. تمامی وسایل اندازه‌گیری را در مکان‌های دارای دسترسی با طول مستقیمی برابر با ۱۰ برابر قطر لوله در بالادست و ۵ برابر قطر لوله در پایین دست وسیله و یا بر اساس توصیه‌های سازنده نصب نمایید.
۵. نقاط جمع‌آوری قطرات در سیستم لوله‌کشی بخار باید دارای اندازه‌ای مشابه با خط بخار باشد تا کندانس اجازه عبور از بالای آن‌ها را پیدا نکند و احتمال بروز ضربه قوچ افزایش نیابد.
۶. لوله‌کشی برگشت بخار را در جهت جریان و بسمت پایین به اندازه حداقل $1/2$ " در هر $10 ft$ شیب‌دار نمایید.
۷. این نقاط باید در تمامی موقعیت‌های با ارتفاع کم، مکان‌های تخلیه، انتهای خطوط اصلی، و قبل از تمامی تنظیم کننده‌های فشار، شیرهای کنترل، شیرهای جداسازی و اتصالات انبساطی در نظر گرفته شوند.
۸. تله‌های بخار مورد استفاده در خطوط اصلی و انشعابات سیستم لوله‌کشی بخار باید دارای حداقل اندازه $\frac{3}{4}$ " باشند.
۹. مقدار pH بخار در سیستم بخار باید تقریباً ۸ تا ۹ باقی بماند. pH برابر با ۷ یک محیط خنثی را عرضه می‌دارد. اگر مقدار pH پایین‌تر از ۷ باشد محیط اسیدی و چنانچه بالاتر از ۷ باشد محیط قلیایی است.

ج) جنس مواد سیستم‌های کندانس بخار فشار پایین ($0 - 15 \text{ psig}$):

۱. 2 " و کوچکتر:
الف) لوله: Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 80, Type E or S, Grade B
اتصالات: Black Cast Iron Screw Fittings, 250 lb. ANSI/ASME B16.4
مفاصل: Pipe Threads, General Purpose (American) ANSI/ASME B1.20.1
۲. $2 \frac{1}{2}$ " و بزرگتر:
الف) لوله: Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 80, Type E or S, Grade B
اتصالات: Steel Butt-Welding Fittings, 250 lb., ANSI/ASME B16.9
مفاصل: Welded pipe, ANSI/AWS D1.1 and ANSI/ASME Sec. 9

د) جنس مواد سیستم‌های بخار و فشار متوسط ($16 - 100 \text{ psig}$):

Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 80, Type E or S, Grade B	الف) لوله:
Black Cast Iron Screw Fittings, 250 lb. <i>ANSI/ASME B16.4</i>	اتصالات:
Pipe Threads, General Purpose (American) <i>ANSI/ASME B1.20.1</i>	مفاصل:
	۱. ۲" و کوچکتر:
Black Steel Pipe, <i>ASTM A53, Schedule 80</i> , Type E or S, Grade B	الف) لوله:
Steel Butt-Welding Fittings, 250 lb., <i>ANSI/ASME B16.9</i>	اتصالات:
Welded pipe, <i>ANSI/AWS D1.1</i> and <i>ANSI/ASME Sec. 9</i>	مفاصل:

ه) جنس مواد سیستم‌های بخار و فشار بالا ($100 - 300 \text{ psig}$):

Black Steel Pipe, ASTM A53, Schedule 80, Type E or S, Grade B	الف) لوله:
Forged Steel Socket-Weld, 300 lb. <i>ANSI/ASME B16.11</i>	اتصالات:
Welded pipe, <i>ANSI/AWS D1.1</i> and <i>ANSI/ASME Sec. 9</i>	مفاصل:
Carbon Steel Pipe, ASTM A106, Schedule 80, Grade B	ب) لوله:
Forged Steel Socket-Weld, 300 lb. <i>ANSI/ASME B16.11</i>	اتصالات:
Welded pipe, <i>ANSI/AWS D1.1</i> and <i>ANSI/ASME Sec. 9</i>	مفاصل:
	۲. ۲" و بزرگتر:
Black Steel Pipe, <i>ASTM A53, Schedule 80</i> , Type E or S, Grade B	الف) لوله:
Steel Butt-Welding Fittings, 300 lb., <i>ANSI/ASME B16.9</i>	اتصالات:
Welded pipe, <i>ANSI/AWS D1.1</i> and <i>ANSI/ASME Sec. 9</i>	مفاصل:
Carbon Steel Pipe, ASTM A106, Schedule 80, Grade B	ب) لوله:
Steel Butt-Welding Fittings, 300 lb., <i>ANSI/ASME B16.9</i>	اتصالات:
Welded pipe, <i>ANSI/AWS D1.1</i> and <i>ANSI/ASME Sec. 9</i>	مفاصل:

و) آزمایش لوله

۱. فشار کاری سیستم $1.5 \times$
۲. حداقل 100 psi

ز) تله‌های بخار:

۱. انواع تله‌های بخار:

الف) تله بخار یک شیر خود متحرک است که در حضور بخار بسته و در حضور کندانس بخار یا گازهای غیر قابل کندانس باز می‌باشد.

ب) تله‌های ترموستاتیک: نسبت به تفاوت دما میان بخار و کندانس سرد شده واکنش نشان می‌دهد. برای آنکه تله به خوبی عمل کند، کندانس باید سرد شده باشد. تله‌های ترموستاتیک در سیستم قطره و تریسینگ و در جایی که دما و فشار بخار ثابت و قابل پیش‌بینی باشند، بهترین عملکردشان را خواهند داشت.

۱. تله ترموستاتیک انبساط مایع

۲. تله ترموستاتیک فشار متعادل:

الف) تله‌های ترموستاتیک فشار متعادل، دمای راه‌اندازی خود را با تغییرات در فشار بخار بطور خودکار تغییر می‌دهند. این تله‌ها در جایی که فشار بخار دستخوش تغییرات می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ب) این تله‌ها در طول راه‌اندازی و بهره‌برداری، هوا و دیگر گازهای غیر قابل کندانس را خیلی خوب تخلیه می‌کنند.

ج) تله‌های فشار متعادل سبب بازگشت کندانس به سیستم می‌شوند.

۳. تله ترموستاتیک بی‌متال:

الف) تله‌های بی‌متال بسیار مقاوم بوده و استقامت فراوانی در برابر آسیب‌های ناشی از اتفاقات سیستم بخار همانند ضربه قوچ، یخ‌زدگی، بخار مافوق گرم و ارتعاش از خود نشان می‌دهند.

ب) تله‌های بی‌متال قادر به خنثی ساختن تغییرات فشار سیستم بخار نیستند.

ج) تله‌های بی‌متال نسبت به تغییر شرایط فشار و دما به آهستگی عکس‌العمل نشان می‌دهند.

۴. تله ترموستاتیک فانوسکی

۵. تله ترموستاتیک کپسولی

ج) تله‌های مکانیکی: بر اساس تفاوت میان چگالی بخار و کندانس عمل می‌کنند.

۱. تله‌های شناوری-ترموستاتیکی

الف) کاربری‌های تدریجی یا فرآیندهای کارخانه‌ای - در اغلب کاربری‌ها (مبدل‌های حرارتی، کویل‌ها، رطوبت‌زن‌ها و ...) قابل استفاده می‌باشند.

ب) ساده‌ترین نوع تله مکانیکی

ج) تله شناوری-ترموستاتیکی تنها تله‌ای است که تخلیه مداوم، سریع و تدریجی کندانس را میسر می‌سازد.

۲. تله‌های سطلی

۳. تله‌های سطلی وارونه

الف) در کاربری‌هایی با بار ثابت و فشار ثابت بهترین عملکرد را دارند.

ب) زمانی که از بخار پر شده باشد، بالا رفته و شیر خروجی را برای جلوگیری از تخلیه بخار می‌بندد و زمانی که با کندانس پر شده باشد، پایین آمده و مسیر را برای تخلیه کندانس باز می‌کند.

ج) در حذف هوا و دیگر گازهای غیر قابل کندانس ضعیف عمل می‌کند.

د) تله‌های جنبشی (وابسته به حرکت): بر اساس اختلاف در خصوصیات جریان بخار و کندانس و فشار ایجاد شده توسط پاشش بخار عمل می‌کنند.

۱. تله‌های ترمودینامیکی:

الف) در سیستم‌های قطره و تریسینگ بهترین عملکرد را دارند.

ب) تله‌های ترمودینامیکی، در هنگام راه‌اندازی اغلب هوا و سایر گازهای غیر قابل کندانس را تنها زمانی حذف می‌کنند که فشار به آهستگی افزایش پیدا کند. به همین خاطر، تله‌های ترمودینامیکی معمولاً به یک تخلیه هوای مجزا نیاز دارند.

ج) این تله‌ها ناگهانی و با شدت باز و بسته می‌شوند. و به همین علت بکارگیری آن‌ها در نواحی و مناطقی که حساسیت‌هایی در رابطه با سر و صدا در آن‌ها وجود داشته باشد، آزاردهنده است.

د) تله ترمودینامیکی به خاطر آنکه تنها یک بخش متحرک دارد، بسیار مقاوم بوده و ایستادگی خوبی در مقابل ضربه قوچ، بخار مافوق گرم، یخ‌زدگی و ارتعاش از خود نشان می‌دهد.

۲. تله‌های ضربه‌ای یا پیستونی

۳. تله‌های اریفیزی

۲. انتخاب تله بخار:

الف) تله‌های بخار تجهیزات سیستم‌های گرمایشی، سرمایش و تهویه مطبوع باید بگونه‌ای انتخاب شوند که سه تا چهار برابر دبی کندانس تجهیزات برای راه‌اندازی سیستم را تخلیه نمایند.

ب) تله‌های بخار هدر بویلر باید بگونه‌ای انتخاب شوند که سه تا پنج برابر دبی کندانس بویلر را تخلیه نمایند.

ج) تله‌های بخار لوله‌کشی اصلی بخار باید بگونه‌ای انتخاب شوند که دو تا سه برابر کندانس ایجاد شده ناشی از اتلاف‌های تشعشی در طول راه‌اندازی سیستم را تخلیه نمایند.

د) تله‌های بخار انشعابات لوله‌کشی بخار باید بگونه‌ای انتخاب شوند که سه برابر کندانس ایجاد شده ناشی از اتلاف‌های تشعشی در طول راه‌اندازی سیستم را تخلیه نمایند.

ه) برای تمامی تجهیزات با ورودی بخار از تله‌های شناوری-ترموستاتیکی استفاده شود.

۱. برای رادیاتورهای بخار، لوله‌های بخار فین‌دار و دیگر تجهیزات غیرحیاتی، می‌توان بجای تله‌های شناوری-ترمودینامیکی از تله‌های ترمودینامیکی استفاده نمود.

۲. بجای تله‌های شناوری-ترموستاتیکی می‌توان از ترکیب یک تله سطلی وارونه و یک تله موازی شناوری-ترموستاتیکی استفاده نمود؛ به نحوی که تله شناوری-ترموستاتیکی در بالای تله سطلی وارونه نصب شده باشد.

و) برای تمامی چکانه‌های خطوط لوله از تله‌های سطلی وارونه استفاده شود.

۳. وظایف تله‌های بخار:

الف) تله‌های بخار به کندانس اجازه می‌دهند تا از مبدل حرارتی یا دیگر تجهیزات جریان پیدا کند تا رسوب‌گذاری به حداقل برسد، از وارد آمدن آسیب جلوگیری شود، و مبدل حرارتی بتواند به فرآیند کاری خود ادامه دهد.

ب) تله‌های بخار از فرار بخار به مبدل حرارتی یا دیگر وسایل جلوگیری می‌کنند.

ج) تله‌های بخار هوا یا دیگر گازهای غیر قابل کندانس را خارج می‌سازند تا از خوردگی جلوگیری شود و حرارت اجازه انتقال پیدا کند.

۴. مشکلات متداول تله‌های بخار:

الف) نشت بخار: همانند تمامی شیرها، نشیمنگاه تله بخار در معرض آسیب، خوردگی و/یا فرسایش می‌باشد. زمانی که نشیمنگاه تله بخار آسیب ببیند، شیر دیگر نشت‌بندی نبوده و بنابراین بخار فعال از آن نشت پیدا خواهد کرد.

ب) حبس هوا: هوا، دی‌اکسید کربن، هیدروژن و دیگر گازهای غیر قابل کندانس در یک سیستم بخار به دام افتاده و میزان انتقال حرارت را کاهش می‌دهند که می‌تواند منجر به تضعیف یا شکست عملکرد تله بخار شود.

ج) اختلاف فشار ناکافی: تله‌های بخار برای تخلیه کندانس بر اختلاف فشار مثبت میان فشار بخار بالادست و فشار کندانس پایین دست تکیه دارند. زمانی که این اختلاف فشار برقرار نماند، تخلیه کندانس با مشکل روبرو خواهد شد.

۱. بار بیش از حد سیستم تخلیه کندانس یکی از عوامل بروز چنین شرایطی است. فشار برگشت خیلی زیاد.

۲. عامل دیگر، فشار بخار بسیار پایین می‌باشد.

د) گرد و خاک: کندانس بخار اغلب حاوی گرد و خاک، ذرات رسوب و خوردگی و دیگر ناخالصی‌هایی از سیستم می‌باشد که می‌توانند باعث فرسایش و آسیب دیدن تله‌های بخار شوند. همیشه باید صافی‌هایی را در بالادست تله‌های بخار قرار داد تا طول عمرشان افزایش پیدا کند.

ه) یخ‌زدگی: به طور معمول یخ‌زدگی تنها زمانی مشکل ایجاد می‌کند که سیستم‌های بخار خاموش یا بیکار بوده و کندانس مایع در تله باقی مانده باشد.

و) سر و صدا: عموماً تله‌های ترمودینامیکی تنها تله‌هایی هستند که سر و صدا تولید می‌کنند. تمامی انواع دیگر تله‌ها به نسبت بدون سر و صدا عمل می‌کنند.

ز) نگهداری: تله‌های بخار، همانند تمامی شیرها، باید دارای نگهداری مناسب و صحیح باشند. اغلب عملیات‌های نگهداری تله‌های بخار را می‌توان در خط و بدون جدا کردن بدنه از لوله‌کشی اتصالی انجام داد.

۵. بازرسی تله‌های بخار

الف) روش اول:

میزان خرابی تله	تناوب بازرسی تله بخار
بیش از ۱۰٪	هر ۲ ماه
۵٪ تا ۱۰٪	هر ۳ ماه
کمتر از ۵٪	هر ۶ ماه

ب) روش دوم:

فشار سیستم	تناوب بازرسی تله بخار
0-30 <i>psig</i>	سالانه
30-100 <i>psig</i>	شش ماهه
100-250 <i>psig</i>	فصلی یا ماهانه
بیش از 250 <i>psig</i>	ماهانه یا هفتگی

۲۰-۲- ملاحظات طراحی سیستم لوله‌کشی کندانس بخار

ملاحظات طراحی سیستم کندانس بخار

نوع سیستم	فشار اولیه بخار	حداکثر فشار برگشتی	حداکثر افت فشار	حداکثر سرعت
	<i>psig</i>	<i>psig</i>	<i>psig/100ft</i>	<i>ft/min</i>
فشار پایین	1	0	1/8	5,000
	3	0	1/8	5,000
	5	0	1/8	5,000
	7	0	1/8	5,000
	10	3	1/4	5,000
	12	4	1/4	5,000
	15	5	1/4	5,000
فشار متوسط	20	6	1/4	5,000
	25	8	1/4	5,000
	30	10	1/4	5,000
	40	13	1/4	5,000
	50	16	1/4	5,000
	60	20	1/4	5,000
	75	25	1/4	5,000
	85	28	1/4	5,000
فشار بالا	100	33	1/4	5,000
	120	40	1/4	5,000
	125	41	1/4	5,000
	150	50	1/4	5,000
	175	58	1/4	5,000
	200	66	1/2	5,000
	225	75	1/2	5,000
	250	83	1/2	5,000
275	91	1/2	5,000	
300	100	1/2	5,000	

۲۱

سیستم‌های لوله‌کشی
کندانس تهویه مطبوع

۱-۲۱- لوله‌کشی کندانس تهویه مطبوع

الف) دبی کندانس تهویه مطبوع:

۱. محدوده: 0.02-0.08 GPM/Ton
۲. میانگین: 0.04 GPM/Ton
۳. تجهیزات تهویه مطبوع یکپارچه: 0.006 GPM/Ton
۴. یونیت‌های هوا (۱۰۰٪ هوای خارجی): 0.100 GPM/1000CFM
۵. یونیت‌های هوا (۵۰٪ هوای خارجی): 0.065 GPM/1000CFM
۶. یونیت‌های هوا (۲۵٪ هوای خارجی): 0.048 GPM/1000CFM
۷. یونیت‌های هوا (۱۵٪ هوای خارجی): 0.041 GPM/1000CFM
۸. یونیت‌های هوا (۰٪ هوای خارجی): 0.030 GPM/1000CFM

ب) تعیین اندازه لوله کندانس تهویه مطبوع:

۱. حداقل اندازه‌های لوله در جدول زیر آورده شده‌اند:

حداقل اندازه تخلیه	AC TONS
1"	0-20
1 ¼"	21-40
1 ½"	41-60
2"	61-100
3"	101-250
4"	251 و بزرگتر

۲. اندازه لوله نباید کوچکتر از خروجی کف محل مسیر تخلیه باشد. حداقل اندازه زیر زمین و زیر همکف باید 2½" باشد. مسیر تخلیه نباید شیبی کمتر از 1/8" در هر فوت داشته باشد.
۳. تعیین اندازه لوله و الزامات تخلیه باید با استانداردها و دستورالعمل‌های معتبر محلی مطابقت داشته باشند.

۲۲

هواسازها

۲۲-۱- دستگاه‌های هواساز، دستگاه‌های تهویه مطبوع، پمپ‌های حرارتی

الف) تعاریف:

۱. دستگاه‌های هواساز: شامل فن‌ها، فیلترها، کویل‌ها و موارد دیگری به غیر از کمپرسورهای تبرید می‌شوند.
۲. دستگاه‌های تهویه مطبوع: همان دستگاه‌های هواساز می‌باشند که کمپرسورهای تبرید را نیز در بر می‌گیرند.
۳. پمپ‌های حرارتی: دستگاه‌های تهویه مطبوعی با سیستم‌های تبرید هستند که قادرند همانند سرما، حرارت را نیز برای محیط فراهم نمایند.

ب) انواع دستگاه‌های هواساز

۱. هواسازهای آماده به کار:

الف) CFM: 800-50000

ب) SP: 0-9"

ج) HP: 1/4-100

۲. هواسازهای ساخته شده در کارخانه:

الف) CFM: 1000-125000

ب) SP: 0-13"

ج) HP: 1/4-1500

د) دو تا سه برابر گران‌تر از هواسازهای آماده به کار می‌باشند.

۳. هواسازهای ساخته شده در محل:

الف) CFM: 10000-804000

ب) SP: 0-14"

ج) HP: 2-2500

د) اندازه فن آن‌ها محدود می‌باشد.

ج) تجهیزات آماده به کار، تمامی فضاها:

۱. در ΔT برابر با 20°F : 300-500 CFM/Ton

۲. در ΔT برابر با 20°F : $400 \text{ CFM/Ton} \pm 20\%$

(د) پمپ‌های حرارتی با منبع آب:

۱. بازپس‌زنی آب گرمایش:
الف) $2.0-3.0 \text{ GPM/Ton}$ در اختلاف دمای $10-15^\circ\text{F}$
ب) مقدار توصیه شده: 3.0 GPM/Ton در اختلاف دمای 10°F
۲. دمای آب کندانسور: $85 - 95^\circ\text{F}$
۳. دمای حلقه آب پمپ حرارتی: $60 - 90^\circ\text{F}$
الف) طراحی زمستانی: 60°F
ب) طراحی تابستانی: 90°F
۴. برج خنک‌کن، تعیین اندازه خنک‌کن اواپراتور:
الف) بار سرمایشی بلوک $1.4 \times$
۵. تعیین اندازه گرم‌کن کمکی:
الف) بار گرمایشی بلوک $0.75 \times$

(ه) پمپ‌های حرارتی با منبع زمین گرمایی:

۱. بازده:
الف) میانگین: $12-16 \text{ EER}$, $3.5-4.7 \text{ COP}$
ب) بالا: $18-20 \text{ EER}$, $5.3-5.9 \text{ COP}$
۲. مسیرهای عمودی مورد استفاده برای انتقال حرارت متداول‌ترین نوع سیستم به جای مکانیزم‌های افقی انتقال حرارت می‌باشند.
۳. طول لوله انتقال حرارتی مورد نیاز:
الف) محدوده: $130 - 175 \text{ ft/Ton}$
ب) میانگین: 150 ft/Ton
۴. دمای حلقه آب پمپ حرارتی: $20 - 110^\circ\text{F}$
۵. چنانچه تعیین اندازه سیستم طوری صورت گرفته که نیازهای سرمایشی را برآورده سازد، نیازی به حرارت کمکی وجود نخواهد داشت.
۶. چنانچه سیستم برای برآورده ساختن نیازهای حرارتی اندازه‌گذاری شده باشد، برج خنک‌کن کمکی مورد نیاز خواهد بود.
۷. فضای لوله‌کشی:
الف) تجاری: فاصله مرکز به مرکز شبکه: $15' \times 15'$
ب) مسکونی: فاصله مرکز به مرکز شبکه: $10' \times 10'$

(و) فن هواسازها:

۱. نیم درجه فارنهایت افزایش دما برای هر $1\text{ }SP$ از حرارت فن.
۲. برای کسب اطلاعات بیشتر به بخش مربوط به فن‌ها مراجعه نمایید.
۳. سیستم‌های هوای برگشت با افت بیشتر از $1/2$ باید فن برگشت هوا داشته باشند.

(ز) اکونومایزرها:

۱. اکونومایزرهای سمت آب دارای مزیت دمای پایین آب کندانسور می‌باشند که هم در پیش‌سرد هوای ورودی و هم در تامین سرمایش کلی سیستم اثرگذار است.
۲. اکونومایزرهای سمت هوا مزیت هوای سرد خارجی را به همراه دارند که هم به سرمایش مکانیکی و هم به تامین سرمایش کلی سیستم کمک می‌نماید.
الف) حباب خشک
ب) آنتالپی

(ح) انواع سیستم:

۱. سیستم‌های VAV :
الف) فن‌های انتخاب شده برای 100% دبی هوای بلوک.
ب) بهره‌برداری عادی: $80\% - 60\%$ دبی هوای بلوک.
ج) حداقل دبی هوا: $40\% - 30\%$ دبی هوای بلوک.
۲. سیستم‌های بازگرمایش حجم ثابت:
الف) فن‌های انتخاب شده و مورد بهره‌برداری در 100% مجموع بیشینه‌های هوا.
۳. سیستم‌های با دو کانال:
الف) سطح سرد طراحی شده برای 100% مجموع بیشینه‌های دبی هوا.
ب) سطح داغ طراحی شده برای $90\% - 75\%$ مجموع بیشینه‌های دبی هوا.
ج) فن‌های انتخاب شده و مورد بهره‌برداری در 100% مجموع بیشینه‌های هوا.
۴. سیستم‌های VAV با دو کانال:
الف) سطح سرد طراحی شده برای 100% دبی هوای بلوک.
ب) سطح داغ طراحی شده برای $90\% - 75\%$ دبی هوای بلوک.
ج) فن‌های انتخاب شده برای 100% دبی هوای بلوک.
د) بهره‌برداری عادی $80\% - 60\%$ دبی هوای بلوک.
ه) حداقل دبی هوا: $40\% - 30\%$ دبی هوای بلوک.
۵. سیستم‌های تک منطقه‌ای و چند منطقه‌ای:
الف) سطح سرد طراحی شده برای 100% دبی هوای بلوک.

ب) سطح داغ طراحی شده برای 90% - 75 دبی هوای بلوک.
ج) فن‌های انتخاب شده و مورد بهره‌برداری در 100% مجموع بیشینه‌های هوا.

ط) الزامات فضای آزاد اطراف دستگاه‌ها:

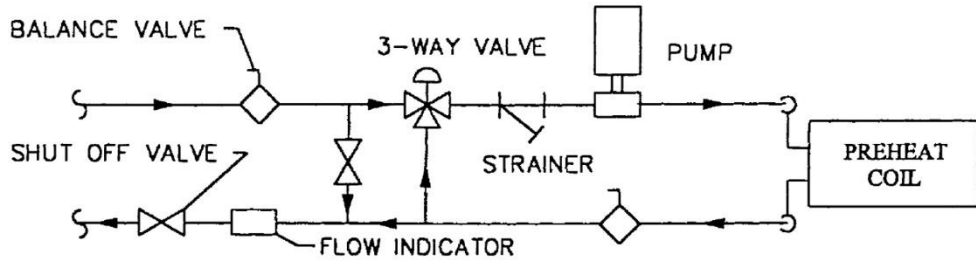
۱. حداقل فاصله آزاد توصیه شده در اطراف دستگاه‌های هواساز و تجهیزات مشابه "24 در تمامی سمت‌های بدون سرویس و "36 در سمت سرویس می‌باشد. حداقل فضای توصیه شده توسط سازندگان برای جا گذاشتن کویل‌ها باید رعایت شود. این فضا معمولاً برابر با عرض دستگاه می‌باشد. حداقل فاصله آزاد مورد نیاز برای باز کردن درب‌های دسترسی و کنترل برای سرویس، نگهداری و بازرسی هواساز حفظ شود.
۲. موقعیت و مکان اتاق مکانیکی باید در اینکه هواسازها و سایر تجهیزات مشابه چقدر بزرگ باشند تا بتوان آن‌ها را وارد یا خارج کرد، در نظر گرفته شوند.

۲۲-۲- کویل‌ها:

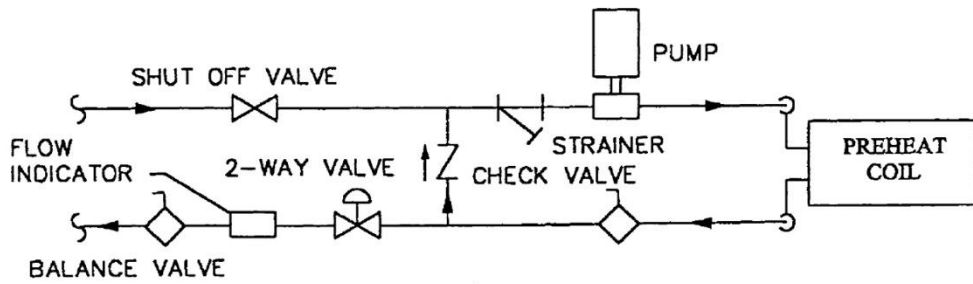
الف) کلیات:

۱. کویل‌های دستگاه‌های هواساز مونتاژ شده در کارخانه یا برپا شده در محل باید بگونه‌ای تنظیم شده باشند که بدون پیاده کردن تکیه‌گاه‌ها بتوان آن‌ها را از جای خود خارج کرد.
۲. زمانی که دستگاه‌های هواساز برای تامین هوای تغذیه برای سیستم‌های کنترل دود/مدیریت دود مورد استفاده قرار بگیرند، باید یخ‌زدگی کویل‌های آب را در نظر داشت.
۳. کویل‌های آب باید با سرعت‌هایی به اندازه کافی بالا در دبی طراحی انتخاب شوند تا سرعت لوله در ناحیه آرام و زمانی که دبی در واکنش به شرایط بار پایین کاهش پیدا می‌کند، برقرار بماند. سرعت لوله در دستگاه‌های طراحی شده برای 100% هوای خارجی در بارهای پایین نزدیک به 32°F تبدیل به پارامتری حیاتی می‌شود. انتخاب سرعت‌های لوله بالاتر منجر به افت فشار بالاتر آب در کویل می‌گردد. برخی اوقات باید موازنه‌ای میان افت فشار و دبی در بار پایین ترتیب داده شود.
۴. بهتر است از کویل‌های آب با اتصالات انتهایی مشابه استفاده شود تا عدم تعادل‌های ناشی از اختلاف در هد سرعت کاهش پیدا کنند.
۵. در هدرهای افقی کویل آب، جریان آب رفت باید رو به پایین و جریان آب برگشت باید رو به بالا باشند تا تخلیه هوا به خوبی صورت پذیرد.
۶. آرایش‌های جریان کویل‌های آب:
الف) چند راهه، جریان موازی، کویل نوع شبکه‌ای،
ب) جریان سری، کویل مارپیچی،
ج) جریان سری و موازی.

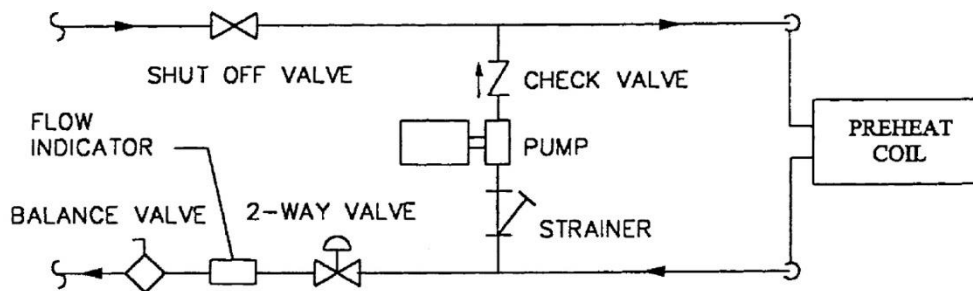
دیاگرام‌های لوله‌کشی کویل بازگرمایش



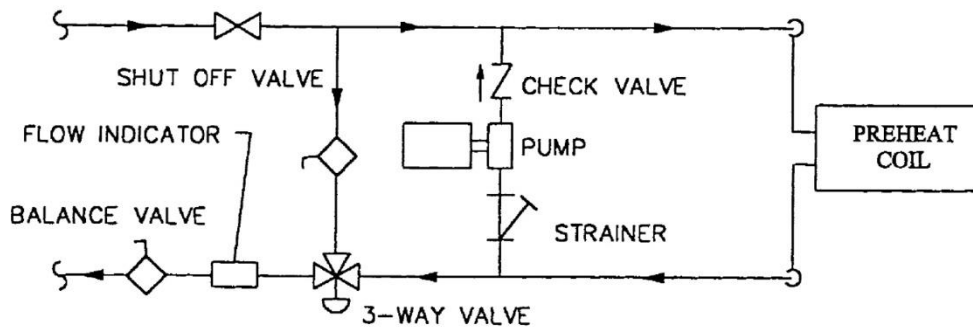
روش شماره ۱



روش شماره ۲



روش شماره ۳

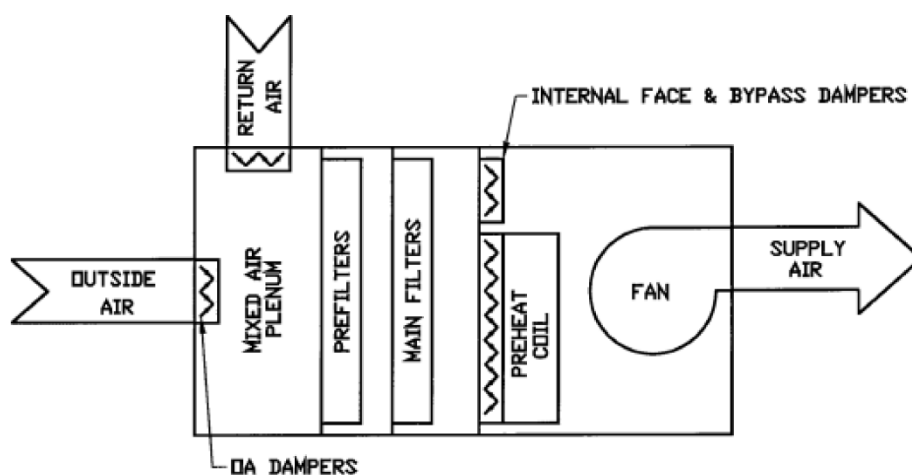


روش شماره ۴

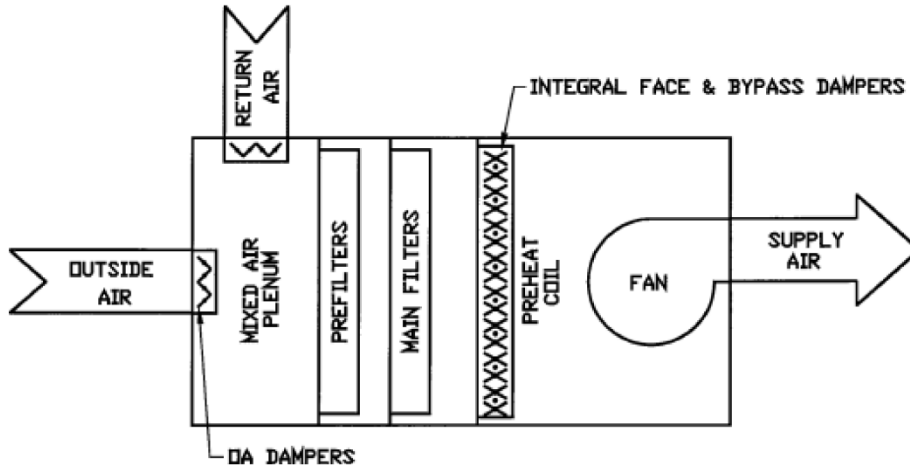
شکل ۱-۲۲ دیاگرام لوله‌کشی کویل پیش‌گرم

(ب) کویل‌های آب و بخار

۱. پیش‌گرم
الف) جریان‌های هم‌جهت هوا/آب یا بخار
ب) محافظت از یخ‌زدگی
۱. پمپ‌های پیش‌گرم (سیستم اولیه/ثانویه)، شکل ۲۲-۱.
۲. دمپرهای اصلی و مسیر جانبی، شکل ۲۲-۲.
۳. کویل‌های *IFB*، شکل ۲۲-۳.
۲. سرمایش، گرمایش، بازگرم
الف) جریان مخالف هوا/آب یا بخار
۳. سرعت کویل سرمایشی
الف) محدوده: $450 - 550 \text{ ft/min}$
ب) مقدار توصیه شده: 500 ft/min
ج) مقدار ارجح: 450 ft/min
۴. سرعت کویل پیش‌گرم، گرمایش و بازگرمایش
الف) محدوده: $500 - 900 \text{ ft/min}$
ب) مقدار توصیه شده: $600 - 700 \text{ ft/min}$
ج) مقدار ارجح: 600 ft/min
د) از کویل پیش‌گرم زمانی استفاده شود که دمای هوای مختلط (هوای خارج و هوای برگشت) پایین‌تر از 40°F باشد.



شکل ۲۲-۲ واحد هواساز مجهز به کویل پیش‌گرم برای جلوگیری از یخ‌زدگی



شکل ۲۲-۳ واحد هواساز مجهز به کویل پیش گرم برای جلوگیری از یخ زدگی

ج) کویل‌های تبرید:

۱. سرمایش:

الف) جریان مخالف هوا/آب

ب) سرعت کویل سرمایشی:

۱. محدوده: $450 - 550 \text{ ft/min}$

۲. مقدار توصیه شده: 500 ft/min

۳. مقدار ارجح: 450 ft/min

د) وزن و حجم آب در کویل‌های استاندارد آب:

۱. وزن آب در لوله‌ها:

$$W_{WT} = 0.966 \text{ lbs/Row ft}^2 \times \text{تعداد ردیف‌ها} \times \text{مساحت رخ کویل}$$

۲. وزن کلی آب در کویل:

$$W_{WC} = W_{WT} + W_{WH}$$

۳. وزن کلی کویل‌های آب:

$$W_T = W_C + W_{WC}$$

۴. حجم آب در کویل:

$$V = W_{WC} \times 0.12$$

$$\text{وزن آب در لوله‌ها} = W_{WT} \quad (\text{lbs})$$

$$\text{وزن آب در هدرها/خم‌های } U \text{ (از جدول)} = W_{WH} \quad (\text{lbs})$$

$$\text{وزن آب در کویل} = W_{WC} \quad (\text{lbs})$$

$$\text{وزن کویل خشک} = W_C \quad (\text{lbs})$$

$$\text{وزن کلی کویل} = W_T \quad (\text{lbs})$$

$$\text{حجم کویل} = V \quad (\text{lbs})$$

وزن آب در هدرها و خم‌های U کویل

عرض دارای فین	تعداد ردیف						
	1	2	3	4	5	6	8
6"	0.75	1.75	---	---	---	---	---
9"	1.00	2.75	---	---	---	---	---
12"	1.50	3.26	3.84	4.04	4.75	4.94	7.61
18"	2.75	3.94	4.82	5.07	6.21	8.70	13.10
24"	3.85	5.28	6.50	6.86	8.37	11.61	17.60
30"	4.72	8.66	10.12	10.50	12.48	16.52	24.00
33"	5.21	9.50	11.09	11.58	13.54	17.99	26.10
36"	---	16.34	19.58	22.82	26.06	29.30	32.55
42"	---	18.95	22.73	26.51	30.29	34.07	37.85
48"	---	21.55	25.88	30.20	34.52	38.84	43.16

ه) افت فشار کویل

۱. افت فشار هوا (کویل‌های آب، بخار، تبرید) در جدول زیر آورده شده است:

تعداد ردیف	سرعت (ft/min)						
	450	500	550	600	700	800	900
1	0.05-0.15	0.05-0.18	0.08-0.20	0.08-0.25	0.12-0.30	0.15-0.40	0.17-0.50
2	0.10-0.35	0.11-0.50	0.15-0.50	0.16-0.60	0.20-0.80	0.25-0.90	0.32-0.90
4	0.20-0.70	0.22-0.90	0.28-1.00	0.33-1.20	0.40-1.50	0.50-1.80	0.65-1.70
6	0.30-1.10	0.35-1.30	0.45-1.50	0.50-1.70	0.65-2.30	0.75-2.80	1.00-3.70
8	0.40-1.50	0.45-1.75	0.60-2.00	0.60-2.40	0.85-3.00	1.00-3.70	1.30-3.70
10	0.50-1.75	0.60-2.25	0.70-2.50	0.80-3.00	1.10-3.80	1.30-4.50	1.70-4.50

توجه:

۱. افت فشار پایین‌تر بر اساس ۷۰ فین در هر فوت می‌باشد.
۲. افت فشار بالاتر بر اساس ۱۷۰ فین در هر فوت می‌باشد.
۳. افت فشارها بر حسب $in WG$ بیان شده‌اند.

۲. افت فشار آب در جدول زیر فهرست شده است:

عرض فین‌دار	طول دارای فین											
	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144
12	0.11 8.77	0.13 10.1	0.14 11.6	0.15 13.1	0.16 14.6	0.17 16.2	0.18 17.7	0.19 19.2	0.20 20.7	0.21 22.2	0.22 23.7	0.23 25.2
18	0.07 6.31	0.09 7.65	0.10 9.16	0.11 10.7	0.12 12.2	0.13 13.7	0.14 15.2	0.15 16.7	0.16 18.2	0.17 19.7	0.18 21.2	0.19 22.3
24	0.09 8.21	0.11 9.55	0.12 11.1	0.13 12.6	0.14 14.1	0.15 15.6	0.16 17.1	0.17 18.6	0.18 20.1	0.19 21.7	0.20 23.2	0.21 24.7
30	0.12 10.3	0.14 11.6	0.15 13.2	0.16 14.7	0.17 16.2	0.18 17.7	0.19 19.2	0.20 20.7	0.21 22.2	0.22 23.7	0.23 25.3	0.24 26.8
33	0.15 11.4	0.17 12.7	0.18 14.2	0.19 15.7	0.20 17.2	0.21 18.7	0.22 20.2	0.23 21.8	0.24 23.3	0.25 24.8	0.26 26.3	0.27 27.8
36	0.17 13.2	0.19 14.5	0.20 16.1	0.21 17.5	0.22 19.0	0.23 20.5	0.24 22.1	0.25 23.6	0.26 25.1	0.27 26.6	0.28 28.1	0.29 29.6
42	0.20 14.7	0.22 16.1	0.23 17.5	0.24 19.1	0.25 20.6	0.26 22.1	0.27 23.6	0.28 25.1	0.29 26.6	0.30 28.1	0.31 29.6	0.32 31.1
48	0.22 16.4	0.24 17.8	0.23 19.3	0.26 20.8	0.27 22.3	0.28 23.8	0.29 25.3	0.30 26.8	0.31 28.3	0.32 29.8	0.33 31.3	0.34 32.9

توجه:

۱. واحد افت فشار $ft H_2O/Row$ می‌باشد.
۲. ردیف بالایی بر اساس سرعت آب $1.0 ft/s$ ارائه شده است.
۳. ردیف پایینی بر اساس سرعت آب $8.0 ft/s$ ارائه شده است.
۴. عرض دارای فین $(ft/s) = (GPM \times 1.66) /$ سرعت آب
۵. داده‌های جدول بر اساس کویل‌های نوع W می‌باشند.

و) کویل‌های برقی

۱. کویل‌های باز: زمانی از کویل‌های باز استفاده شود که نگرانی‌ای از بابت تماس افراد با آن‌ها وجود نداشته باشد.

کویل‌های باز متداول‌ترین نوع کویل‌های برقی مورد استفاده در کاربری‌های HVAC می‌باشند.

الف) افت فشار هوا:

$$400 ft/min - 900 ft/min: 0.01" - 0.10" WG$$

ب) سرعت حداقل:

۱. کانال $400 ft/min$ $6 KW/ft^2$

۲. کانال $500 ft/min$ $8 KW/ft^2$

۳. کانال $600 ft/min$ $10 KW/ft^2$

۴. کانال $700 ft/min$ $12 KW/ft^2$

۵. کانال $800 ft/min$ $14 KW/ft^2$

۶. کانال $900 ft/min$ $16 KW/ft^2$

۷. از اطلاعات سازندگان استفاده شود.

۲. کوپل‌های لوله‌ای دارای فین: زمانی استفاده شود که تماس افراد حائز اهمیت باشد.

الف) افت فشار هوا:

$400 \text{ ft/min} - 900 \text{ ft/min}: 0.02" - 0.2" \text{ WG}$

ب) سرعت حداقل:

۱. کانال 400 ft/min 6 KW/ft^2

۲. کانال 500 ft/min 9 KW/ft^2

۳. کانال 600 ft/min 12 KW/ft^2

۴. کانال 700 ft/min 15 KW/ft^2

۵. کانال 800 ft/min 17 KW/ft^2

۶. کانال 900 ft/min 20 KW/ft^2

۷. از اطلاعات سازندگان استفاده شود.

۲۳

فن‌ها

۲۳-۱- فن‌ها

الف) انواع فن و محدوده اندازه‌های مرتبط در جدول زیر آورده شده است:

نوع فن	نوع چرخ/درایو	فشار استاتیک (<i>inWG</i>)	قطر چرخ (<i>in</i>)	<i>CFM</i>	<i>Hp</i>
Utility Sets	FC/B	0-3	8-36	200-27500	1/6 - 30
	BI/B	0-4	10-36	250-27500	1/6 - 30
	FC/D	0-2.5	6-12	100-3500	1/6 - 3
Centrifugal	SWSI-BI/B	0-12	10-73	600-123000	1/3 - 200
	DWDI-BI/B	0-12	12-73	1300-225000	1/3 - 400
	SWSI-AF/B	0-14	18-120	1400-447000	1/3 - 1500
	DWDI-AF/B	0-14	18-120	2400-804000	3/4 - 2500
Tubular Centrifugal	DI/B	0-9	10-108	450-332000	1/3 - 750
Vane Axial	--/B	0-5	18-72	1400-115000	1/3 - 100
	--/D	0-4	18-60	1200-148000	1/3 - 150
Tube Axial	--/B	0-1.5	12-60	900-76000	1/3 - 25
	--/D	0-1	18-48	2600-48000	1/4 - 15
Propeller	--/B	0-1	20-72	400-80000	1/4 - 15
	--/D	0-1	8-48	50-49000	1/6 - 10
Roof Ventilator	BI/B	0-1.25	7-54	100-34000	1/4 - 7.5
	BI/D	0-1	6-18	75-3200	1/8 - 3/4
Proof Up-blast	BI/B	0-1.25	9-48	200-26000	1/4 - 5
	BI/D	0-1.25	9-14	300-3100	1/8 - 1
Sidewall	BI/B	0-1.25	14-24	850-8200	1/4 - 2
	BI/D	0-1	6-18	80-4000	1/8 - 3/4
Inline Centrifugal	BI/B	0-2.25	7-36	60-22600	1/4 - 10
	BI/D	0-1.75	6-16	60-5100	1/8 - 2

توجه:

۱. FC: خمیده پیشرو
۲. BI: مایل پسرو
۳. AF: ایرفویل مایل پسرو
۴. B: درایو تسمه‌ای
۵. D: درایو مستقیم
۶. DWDI: عرض دوگانه، ورودی دوگانه
۷. SWSI: عرض یگانه، ورودی یگانه

۲۳-۲- کلاس‌های ساخت فن

الف) کلاس‌های ساخت فن در جدول زیر فهرست شده‌اند:

کلاس فن	فشار کلی حداکثر
I	3 3/4 <i>in WG</i>
II	6 3/4 <i>in WG</i>
III	12 3/4 <i>in WG</i>
IV	12 3/4 <i>in WG</i> بالای

۲۳-۳- ملاحظات انتخاب فن:

- الف) فن بگونه‌ای انتخاب شود که حجم مخصوص از مقدار اوج منحنی فن بزرگتر باشد.
- ب) فن برای تامین بهره‌برداری پایدار تا ۸۵٪ حجم طراحی در سرعت مورد نیاز و شرایط مشخص انتخاب شود.
- ج) فشار استاتیک معین در دبی هوای تعیین شده.
- د) اثر سیستم در نظر گرفته شود. زمانی که شرایط بهره‌برداری با شرایط آزمایشگاه سازنده متفاوت باشد، کارایی فن کاهش پیدا می‌کند. بنابراین فن باید در فشاری کمی بالاتر انتخاب شود تا نتایج مطلوب حاصل شوند.
- ه) آرایش‌های طراحی فن (شکل ۲۳-۱):

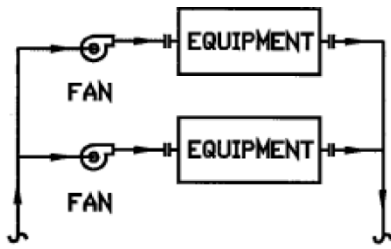
۱. بهره‌برداری سری از فن‌ها: در CFM برابر، بر مقدار فشار استاتیک افزوده می‌گردد.
 ۲. بهره‌برداری موازی از فن‌ها: در فشار استاتیک برابر، مقدار CFM افزایش پیدا می‌کند.
 ۳. فن‌های آماده بکار: استفاده از فن‌های آماده بکار اغلب بمنظور اهدافی همچون اطمینان از در دسترس بودن فن جایگزین در زمان بروز خرابی صورت می‌پذیرد (شکل‌های ۲۳-۲ و ۲۳-۳).
- و) باید تلاش نمود تا حداقل ۱ تا ۱.۵ برابر قطر کانال مستقیم، میان خروجی فن و زانویی‌ها فاصله باشد.
- ز) میان ورودی فن و زانویی‌ها باید حداقل یک برابر قطر کانال مستقیم فاصله باشد.

۲۳-۴- اصطلاحات فن:

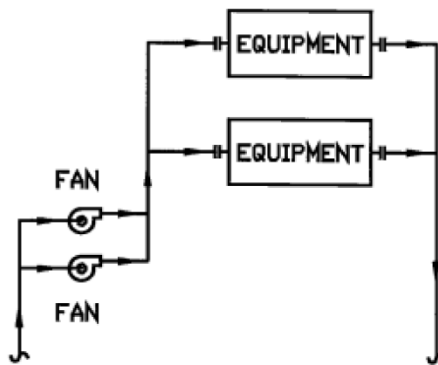
- الف) سانتریفیوژ: جریان در داخل فن نسبت به محور آن، بطور عمده بصورت شعاعی می‌باشد.
- ب) محوری: عمده جریان در داخل فن، بصورت موازی با محور آن است.
- ج) فشار استاتیک: فشار تراکمی موجود در جریان هوای محدود شده می‌باشد. فشار استاتیک معیاری از انرژی بالقوه موجود برای ایجاد جریان و حفظ آن در مقابل موانع است. فشار استاتیک در تمامی جهات اعمال شده و می‌تواند مثبت یا منفی باشد.
- د) فشار سرعت: معیاری از انرژی جنبشی ناشی از جریان داشتن سیال می‌باشد. این فشار در جهت جریان سیال اعمال شده و همواره مثبت است.
- ه) فشار کلی: معیاری از انرژی کلی جریان هوا می‌باشد. مقدار آن از مجموع فشار استاتیک و فشار سرعت به دست می‌آید و می‌تواند مثبت یا منفی باشد.
- و) مقدار دبی هوا: مقدار حجم که با واحد فوت مکعب بر دقیقه (CFM) بیان می‌شود.
- ز) سرعت خروجی فن: دبی هوای فن تقسیم بر مساحت خروجی فن.
- ح) فشار سرعت فن: با تبدیل سرعت فن به فشار سرعت بدست می‌آید.
- ط) فشار کلی فن: برابر با فشار کل خروجی فن منهای فشار کل ورودی فن می‌باشد.
- ی) فشار استاتیک فن: معادل فشار کل فن منهای فشار سرعت فن بوده و از دیدگاه محاسباتی برابر با فشار استاتیک خروجی فن منهای فشار کل ورودی فن است.

ک) اسب بخار فن: مقدار تئوری محاسبه شده اسب بخار با فرض آنکه اتلافی وجود نداشته باشد.

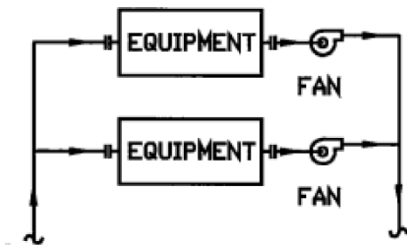
ل) اسب بخار ورودی (BHP): توان مورد نیاز واقعی برای به حرکت در آوردن فن.



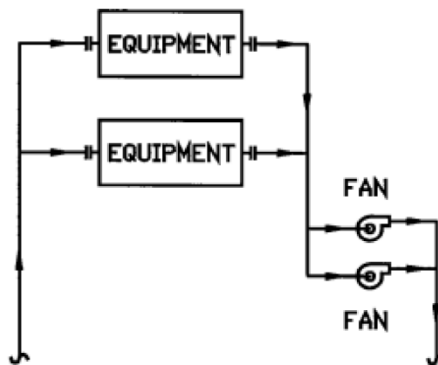
COUPLED FANS



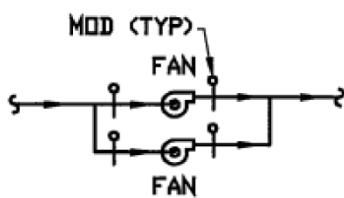
HEADERED FANS



COUPLED FANS

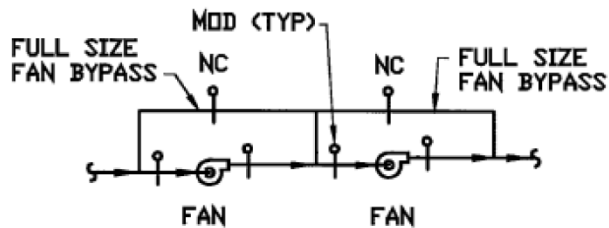


HEADERED FANS



PARALLEL FANS

NOTE: EQUAL SP, CFM ADDITIVE



SERIES FANS W/BYPASSES

NOTES: EQUAL CFM, SP ADDITIVE
BYPASSES NOT ALWAYS PROVIDED

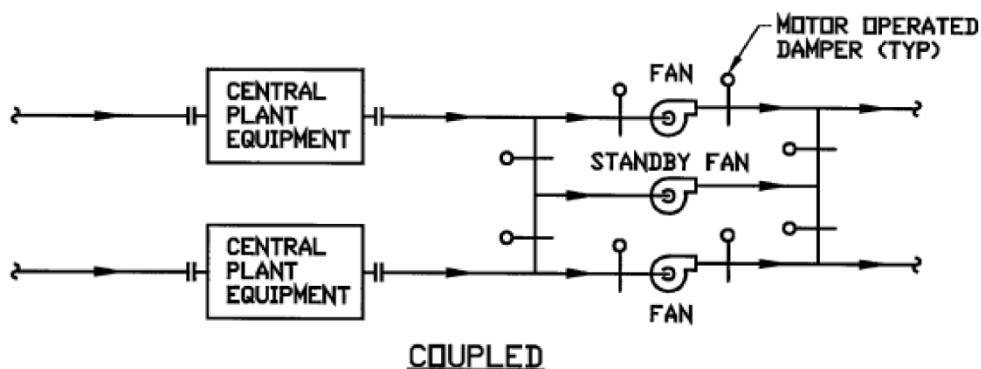
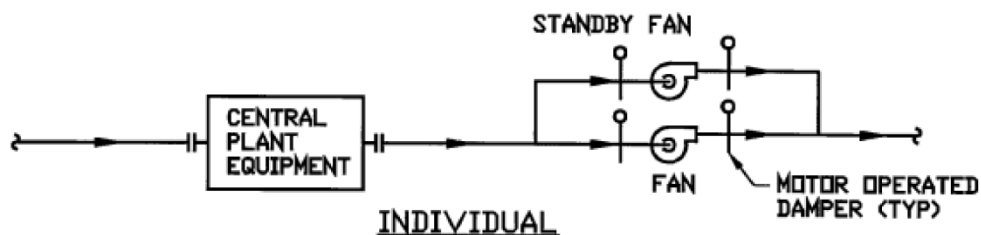
شکل ۲۳-۱ آرایش‌های سیستم فن

م) اثر سیستم: همان کاهش کارایی فن در مقایسه با اطلاعات کاتالوگ سازنده است که در نتیجه تفاوت‌های میان شرایط محل نصب و شرایط آزمایشگاهی بوجود می‌آید. هندسه کانال‌های ورودی و خروجی در آزمایشگاه برای اطمینان از یکنواخت بودن سرعت در ورودی و خروجی، بدقت طراحی و اجرا می‌شوند.

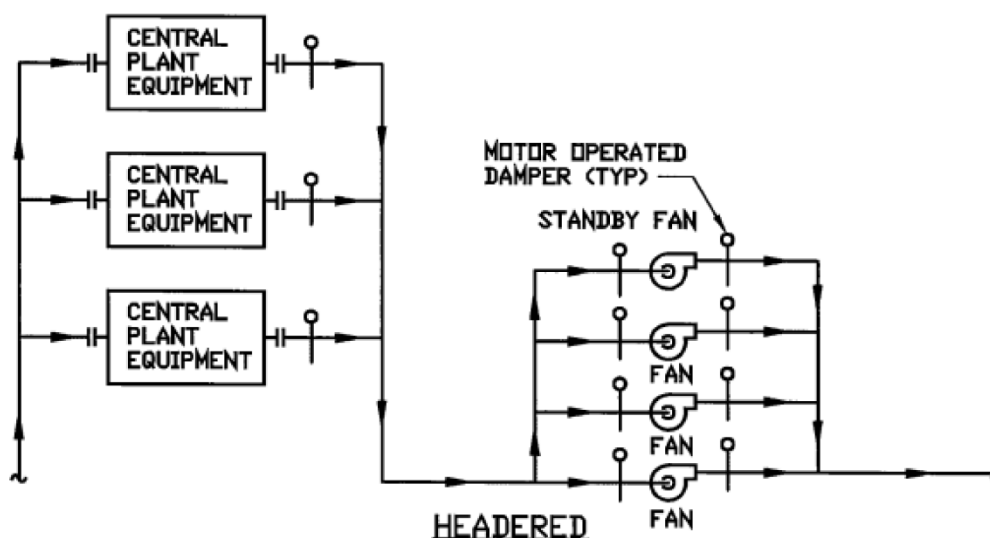
۱. در بالادست و پایین دست فن‌ها در سرعت کانال برابر با 2500 ft/min یا پایین‌تر، کانال باید حداقل ۳ برابر قطر خود مسیر مستقیم داشته باشد. به‌ازای هر 1000 ft/min سرعت بالای 2500 ft/min به اندازه یک قطر کانال باید به مسیر مستقیم فوق اضافه گردد.

۲. توصیه می‌شود در بالادست و پایین دست فن‌ها در سرعت کانال برابر با 2500 ft/min یا پایین‌تر، کانال باید حداقل ۵ برابر قطر خود مسیر مستقیم داشته باشد. به‌ازای هر 1000 ft/min سرعت بالای 2500 ft/min به اندازه یک قطر کانال باید به مسیر مستقیم فوق اضافه گردد.

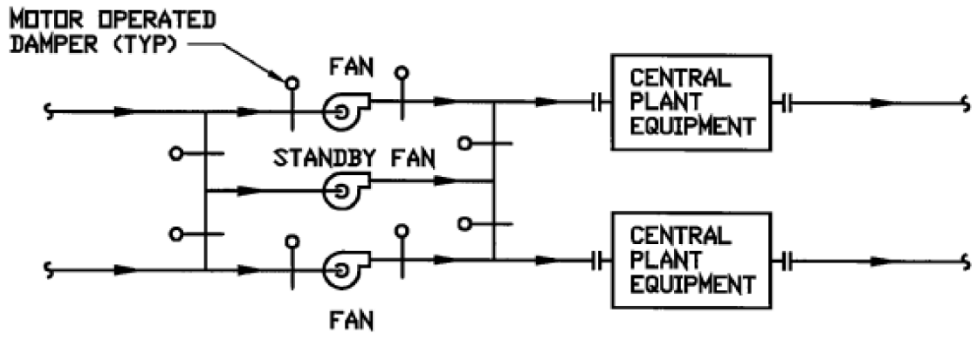
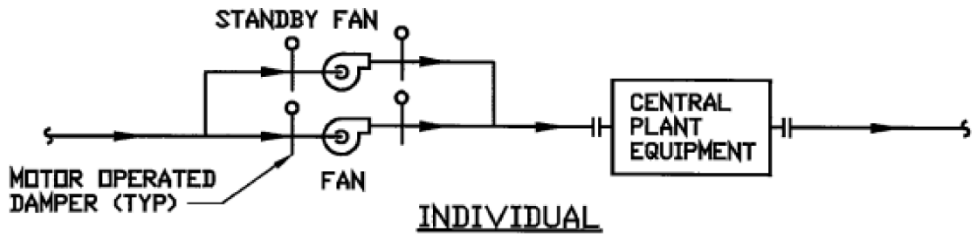
۳. ممکن است برای از بین بردن اثر سیستم به مسیر مستقیمی به مقدار ۳ تا ۲۰ برابر قطر کانال در بالادست و پایین دست فن نیاز وجود داشته باشد.



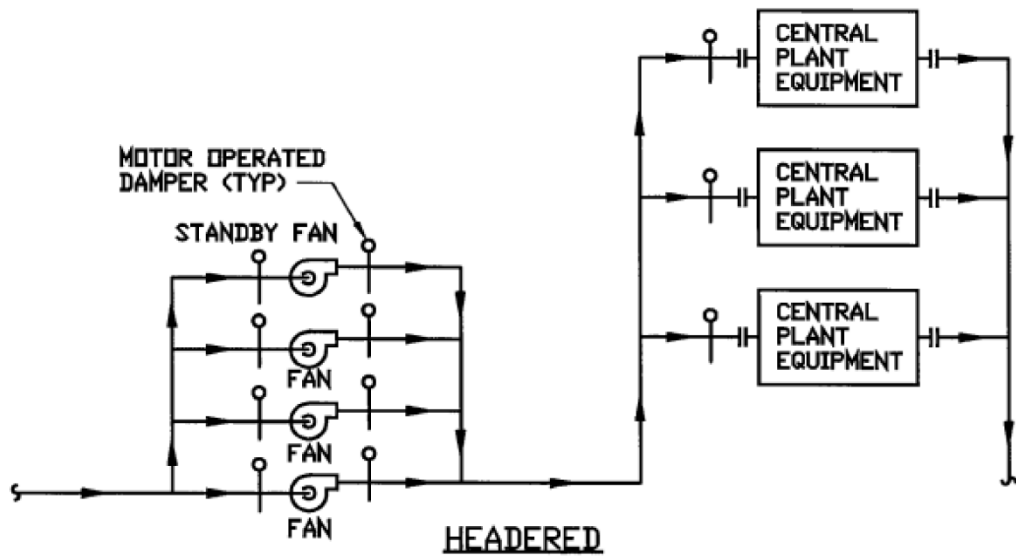
NOTE: STANDBY FAN MAY SERVE EITHER PIECE OF CENTRAL PLANT EQUIPMENT.



NOTE: STANDBY FAN MAY SERVE ANY PIECE OF CENTRAL PLANT EQUIPMENT, PROVIDED ALL EQUIPMENT IS THE SAME CAPACITY.



NOTE: STANDBY FAN MAY SERVE EITHER PIECE OF CENTRAL PLANT EQUIPMENT.



NOTE: STANDBY FAN MAY SERVE ANY PIECE OF CENTRAL PLANT EQUIPMENT, PROVIDED ALL EQUIPMENT IS THE SAME CAPACITY.

شکل ۲۳-۳ فن‌های آماده به کار

۲۴

پمپ‌ها

۲۴-۱- انواع و محدوده پمپ‌ها

الف) RPM در دسترس:

۱. 1150 (1200)
۲. 1750 (1800)
۳. 3500 (3600)

ب) موقعیت قرارگیری پمپ:

۱. سیستم آب گرمایش: بویلرها باید در سمت مکش پمپ‌ها قرار داده شوند.
۲. سیستم آب سرمایش: چیلرها باید در سمت تخلیه پمپ قرار گرفته باشند.

ج) ملاحظات جانمایی و طراحی پمپ:

۱. لوله کشی سمت مکش پمپ باید تا حد امکان کوتاه و مستقیم بوده و با حداقل طول لوله مستقیم در بالادست سمت مکش پمپ و بر اساس آنچه سازنده پمپ پیشنهاد داده اجرا شود. توصیه سازندگان ۵ تا ۱۲ برابر قطر لوله می‌باشد.
۲. اندازه لوله مکش پمپ باید حداقل یک اندازه لوله بزرگتر از اتصال ورودی پمپ باشد.
۳. برای کاهش اندازه لوله کشی سمت مکش پمپ به اندازه اتصال ورودی پمپ از کاهش دهنده اندازه هم‌مرکز استفاده شود.
۴. زانوهای افقی نباید در سمت مکش پمپ نصب شوند. چنانچه نصب زانویی افقی اجتناب‌ناپذیر باشد، باید آن را در ارتفاعی پایین‌تر از سمت مکش پمپ نصب نمود. نصب زانویی عمودی با جریان رو به بالا به سمت پمپ در سمت مکش آن مطلوب است.

د) ملاحظات انتخاب پمپ:

۱. بهره‌برداری موازی از پمپ‌ها: در هد برابر، بر میزان GPM افزوده می‌شود.
۲. بهره‌برداری سری از پمپ‌ها: در GPM برابر، مقدار هد افزایش می‌یابد.
۳. محدوده‌های انتخاب:

الف) انتخاب ارجح: %85-105 دبی طراحی؛

ب) انتخاب رضایت‌بخش: %66-115 دبی طراحی.

۴. منحنی‌های پمپ:

الف) منحنی تخت: ۱۲٪ افزایش از نقطه طراحی تا هد خاموشی (جریان 0). منحنی‌های تخت باید برای سیستم‌های جریان متغیر با یک پمپ مورد استفاده قرار گیرند.

ب) منحنی شیب‌دار: ۴۰٪ افزایش از نقطه طراحی تا هد خاموشی (جریان 0). منحنی‌های شیب‌دار باید در سیستم‌های سرعت متغیر و دبی ثابت با دو یا چند پمپ بکار گرفته شوند.

ج) منحنی برآمده: هد توسعه یافته با کاهش دبی تا رسیدن به یک مقدار حداکثر افزایش پیدا کرده و سپس تا یک مقدار کمتر در نقطه خاموشی کاهش پیدا می‌کند. این منحنی‌ها باید در سیستم‌های جریان ثابت با یک پمپ مورد استفاده قرار گیرند.

ه) کاویتاسیون، هد خالص مثبت در دهانه پمپ (NPSH):

۱. کاویتاسیون: چنانچه فشار در هر نقطه داخل پمپ به پایینتر از فشار بخار سیال کاهش پیدا کند، سیال تبدیل به بخار شده و حباب‌هایی از آن شکل می‌گیرند. این حباب‌ها همراه با جریان سیال جابجا می‌شوند تا به ناحیه‌ای با فشار بالاتر برسند. در این ناحیه، حباب‌ها دچار فروپاشی شده یا می‌ترکند که نتیجه این رویدادها، اعمال شوک‌های مهیب بر روی سطوح اطراف می‌باشد. کاویتاسیون همراه با سر و صدا و یا حتی ارتعاش می‌باشد که پیامد آن تخریب مکانیکی بصورت حفره‌های ریز یا خوردگی است.

۲. دلایل:

الف) هد تخلیه بسیار پایینتر از هد کالیبره شده پمپ در حداکثر راندمان؛

ب) هد مکش پایینتر از مقدار تعیین شده برای پمپ؛

ج) سرعت‌های بالاتر از مقدار تعیین شده برای پمپ؛

د) دمای بالاتر سیستم در مقایسه با دمای طراحی در نظر گرفته شده برای آن.

۳. راه‌حل‌ها:

الف) افزایش ارتفاع سطح سیال در منبع؛

ب) کاهش فاصله و/یا اتلاف‌های اصطکاکی (لوله بزرگتر) میان منبع و پمپ؛

ج) کاهش دمای سیال؛

د) تحت فشار قرار دادن منبع؛

ه) استفاده از پمپ متفاوت.

۴. مستعدترین سیستم‌ها:

الف) سیستم‌های آب تغذیه بویلر (سیستم بخار)؛

ب) برج‌های خنک‌کن و دیگر سیستم‌های باز؛

ج) سیستم‌های آب دما متوسط و دما بالا.

۵. مشکلات بالقوه در شرایط زیر افزایش پیدا می‌کنند:

الف) افزایش ارتفاع بالاتر از سطح دریا؛

ب) کاهش ارتفاع بالای پمپ؛

ج) افزایش افت‌های اصطکاکی؛

د) افزایش دمای سیال.

و) اصطلاحات پمپ:

۱. هد اصطکاکی: فشار بیان شده بر حسب psi یا فوت مایع می‌باشد که برای غلبه بر مقاومت در برابر جریان داخل لوله‌ها و اتصالات مورد نیاز است.

۲. ارتفاع مکش: زمانی وجود خواهد داشت که منبع تغذیه پایینتر از خط مرکزی پمپ قرار داشته باشد.
۳. هد مکش: زمانی وجود خواهد داشت که منبع تغذیه بالاتر از خط مرکزی پمپ قرار داشته باشد.
۴. ارتفاع مکش استاتیک: فاصله عمودی خط مرکزی پمپ تا سطح آزاد پایینتر منبع مایع می‌باشد.
۵. هد مکش استاتیک: فاصله عمودی خط مرکزی پمپ تا سطح آزاد بالاتر منبع مایع می‌باشد.
۶. هد تخلیه استاتیک: ارتفاع عمودی از خط مرکزی پمپ تا نقطه تخلیه آزاد می‌باشد.
۷. ارتفاع مکش دینامیک: شامل مجموع ارتفاع مکش استاتیک، افت هد اصطکاکی و هد سرعت می‌شود.
۸. هد مکش دینامیک: بصورت هد مکش استاتیک منهای مجموع افت هد اصطکاکی و هد سرعت تعریف می‌گردد.
۹. هد تخلیه دینامیک: مجموع هد تخلیه استاتیک، هد اصطکاکی و هد سرعت را در برمی‌گیرد.
۱۰. هد مجموع دینامیک: شامل مجموع هد تخلیه دینامیک به اضافه ارتفاع مکش دینامیک یا هد تخلیه منهای هد مکش دینامیک می‌شود.
۱۱. هد سرعت: هد مورد نیاز برای شتاب دادن به سیال می‌باشد (به جدول زیر مراجعه نمایید).

سرعت (ft/sec)	هد سرعت (FEET)	سرعت (ft/sec)	هد سرعت (FEET)	سرعت (ft/sec)	هد سرعت (FEET)
0.5	0.004	7.5	0.875	14.5	3.269
1.0	0.016	8.0	0.995	15.0	3.498
1.5	0.035	8.5	1.123	15.5	3.735
2.0	0.062	9.0	1.259	16.0	3.980
2.5	0.097	9.5	1.403	16.5	4.232
3.0	0.140	10.0	1.555	17.0	4.493
3.5	0.190	10.5	1.714	17.5	4.761
4.0	0.248	11.0	1.881	18.0	5.037
4.5	0.314	11.5	2.056	18.5	5.321
5.0	0.389	12.0	2.239	19.0	5.613
5.5	0.470	12.5	2.429	19.5	5.912
6.0	0.560	13.0	2.627	20.0	6.219
6.5	0.657	13.5	2.833	21.0	6.856
7.0	0.762	14.0	3.047	22.0	7.525

۱۲. وزن مخصوص: نسبت مستقیم وزن هر مایعی به وزن آب در 62°F (62.4 lbs/ft^3 یا 8.33 lbs/gal)
۱۳. لزجت: خاصیتی از مایع است که در برابر نیرویی که تمایل دارد آن را جاری سازد، مقاومت می‌نماید.
۱۴. فشار استاتیک: فشار آب مورد نیاز برای پر کردن سیستم می‌باشد.
۱۵. فشار استاتیک سیستم: فشار آب مورد نیاز برای پر کردن سیستم به اضافه 5 psi است.
۱۶. فشار جریان: فشاری است که پمپ باید برای غلبه بر مقاومت تولید شده توسط جریان در عبور از سیستم تامین نماید.

ز) الزامات فضای آزاد:

۱. حداقل فاصله آزاد توصیه شده در اطراف پمپ‌ها $24"$ در تمامی سمت‌های بدون سرویس و $24"$ می‌باشد. حداقل فاصله آزاد مورد نیاز برای باز کردن درب‌های دسترسی و کنترل برای سرویس، نگهداری و بازرسی پمپ حفظ شود.
۲. موقعیت و مکان اتاق مکانیکی باید در اینکه پمپ‌ها چقدر بزرگ باشند تا بتوان آن‌ها را وارد یا خارج کرد، در نظر گرفته شوند.

۲۵

برج‌های خنک‌کن و کندانسورها

۲۵-۱- انواع برج خنک‌کن:

۱. درافت القایی، جریان متقاطع:
الف) سلول منفرد $200 - 900 \text{ Tons}$
ب) سلول دوگانه $400 - 1800 \text{ Tons}$
۲. درافت اجباری، جریان مخالف:
الف) فن‌های سانتیفیوژ: $200 - 1300 \text{ Tons}$
ب) فن‌های محوری: $250 - 1150 \text{ Tons}$
۳. جریان پاششی موازی:
الف) $5 - 750 \text{ Tons}$

۲۵-۲- تعاریف:

۱. محدوده: اختلاف دمای آب ورودی و دمای آب خروجی.
۲. قابلیت حصول: اختلاف دمای آب خروجی و دمای حباب تر هوای ورودی.
۳. تبخیر: روشی که برج‌های خنک‌کن با استفاده از آن آب را خنک می‌سازند.
۴. رانش قطرات: قطرات آبی که از برج خنک‌کن خارج می‌شوند، اثر جانبی نامطلوب.
۵. زیرآب‌زنی: آبی که به طور متناوب از برج خنک‌کن تخلیه می‌شود تا کیفیت آب حفظ گردد.

۲۵-۳- آب‌کندانسور:

۱. متداول‌ترین دمای آب ورودی (EWT): 95°F
۲. متداول‌ترین دمای آب خروجی (LWT): 85°F
۳. محدوده: $10 - 40^{\circ}\text{F}$
۴. 3.0 GPM/Ton در اختلاف دمای 10°F

۲۵-۴- قدرت: $0.035 - 0.040 \text{ KW/Ton}$

۲۵-۵-

$$\begin{aligned} TONS_{COND} &= TONS_{EVAP} \times 1.25 \\ &= 12000 \text{ Btu/hr.Ton} \times 1.25 \\ &= 15000 \text{ Btu/hr.Ton} \end{aligned}$$

۲۵-۶- تغذیه آب‌کندانسور به برج خنک‌کن:

۱. محدوده: $0.0306 - 0.0432 \text{ GPM/Ton}$

۲. محدوده: $0.0102 - 0.0144 \text{ GPM/Cond. GPM (1.0 - 1.4\% Condenser GPM)}$
۳. سانتریفیوژ: 40 GPM/1000 Ton
۴. جبرانی: 40 GPM/1000 Ton
۵. پیچشی: 40 GPM/1000 Ton
۶. جذبی: 80 GPM/1000 Ton

۲۵-۷- تخلیه برج خنک‌کن: از دو برابر دبی آب تغذیه برای تعیین اندازه خروجی برج خنک‌کن استفاده شود.

۲۵-۸- ضریب تغلیظ

۱. محدوده: $2 - 10$
۲. توصیه شده: $3 - 5$

۲۵-۹- تبخیر

۱. محدوده: $0.024 - 0.03 \text{ GPM/Ton}$
۲. محدوده: $0.008 - 0.01 \text{ GPM/Cond. GPM (0.8 - 1.0\% Condenser GPM)}$
۳. توصیه شده: $0.01 \text{ GPM/Cond. GPM}$

۲۵-۱۰- رانش قطرات

۱. محدوده: $0.0006 - 0.0012 \text{ GPM/Ton}$
۲. محدوده: $0.0002 - 0.0004 \text{ GPM/Cond. GPM (0.02 - 0.04\% Condenser GPM)}$
۳. توصیه شده: $0.0002 \text{ GPM/Cond. GPM}$

۲۵-۱۱- زیرآب‌زنی (بر اساس محدوده 10°F)

۱. محدوده: $0.006 - 0.012 \text{ GPM/Ton}$
۲. محدوده: $0.002 - 0.004 \text{ GPM/Cond. GPM (0.2 - 0.4\% Condenser GPM)}$
۳. توصیه شده: $0.002 \text{ GPM/Cond. GPM}$
۴. سانتریفیوژ: 10 GPM/1000 Tons
۵. جبرانی: 10 GPM/1000 Tons
۶. پیچشی: 10 GPM/1000 Tons
۷. جذبی: 20 GPM/1000 Tons

GPM زیرآب‌زنی، درصد *GPM* کندانسور

محدوده برج خنک‌کن	ضریب تغلیظ								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0.80	0.40	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
15	1.20	0.60	0.40	0.30	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15
20	1.60	0.80	0.50	0.40	0.30	0.30	0.20	0.20	0.20
25	2.00	1.00	0.65	0.50	0.40	0.35	0.25	0.25	0.23
30	2.40	1.20	0.80	0.60	0.50	0.40	0.30	0.30	0.25
35	2.75	1.40	0.95	0.70	0.55	0.45	0.35	0.35	0.30
40	3.10	1.60	1.10	0.80	0.60	0.50	0.40	0.40	0.35

۲۵-۱۲- زمانی که برج‌های خنک‌کن بر روی زمین قرار داده می‌شوند، باید در حداقل ۱۰۰ فوتی ساختمان مستقر گردند تا از کندانس رطوبت بر روی ساختمان در طول فصول معتدل (بهار و پاییز) جلوگیری شود. همچنین برج‌های خنک‌کن باید در ۱۰۰ فوتی پارکینگ‌ها قرار داده شوند.

۲۵-۱۳- کندانسورهای هوا خنک

الف) محدوده اندازه: 0.5 – 500 6 Tons

ب) دبی هوا: 600 – 1200 CFM/Ton

ج) قدرت:

۱. فن‌های کندانسور: 0.1 – 0.2 HP/Ton

۲. کمپرسورها: 1.0 – 1.3 KW/Ton

۲۵-۱۴- کندانسورهای تبخیری:

الف) انواع و اندازه‌ها:

۱. فن‌های سانتریفیوژ: 10 – 1600 Tons

۲. فن‌های محوری: 10 – 1500 Tons

ب) رانش قطرات: 0.002 GPM/Cond. GPM

ج) تبخیر: 1.6 – 2.0 GPM/Ton

د) هواگیری: 0.8 – 1.0 GPM/Ton

ه) مجموع: 2.4 – 3.0 GPM/Ton

۲۶

مبدل‌های حرارتی

۱-۲۶ - مبدل‌های پوسته و لوله:

الف) زمانی که هدف سیستم بزرگتر از $15 \pm ^\circ F$ باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ب) طراحی لوله‌های مستقیم یا لوله‌های U شکل.

ج) عموماً در سیستم‌های گرمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

د) آب به آب:

الف) حداکثر سرعت سمت لوله: 6 ft/S

ب) حداکثر سرعت سمت پوسته: 5 ft/S

ه) بخار به آب:

الف) حداکثر سرعت آب: 6 ft/S

ب) چنانچه ظرفیت بخار سیستم از شیر کنترل 2" متجاوز شود، باید از دو شیر کنترل با $1/3$ و $2/3$ ظرفیت کلی استفاده شود.

۲-۲۶ - مبدل‌های صفحه‌ای

الف) زمانی که هدف سیستم کوچکتر از $15 \pm ^\circ F$ باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ب) عموماً در سیستم‌های سرمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳-۲۶ - تعاریف:

الف) محدوده: اختلاف دمای آب ورودی و آب خروجی، ΔT سیستم.

ب) هدف: اختلاف دمای آب ورودی سمت داغ و آب خروجی سمت سرد.

۴-۲۶ - الزامات فضا و طراحی:

الف) حداقل فضای آزاد توصیه شده در اطراف مبدل‌های حرارتی 36" می‌باشد. حداقل فاصله برای گذاشتن لوله‌ها و تمیز کردن آن‌ها براساس توصیه سازنده مبدل حرارتی حفظ شود. این فاصله عموماً برابر با طول مبدل حرارتی است.

ب) موقعیت و مکان اتاق مکانیکی باید در اینکه مبدل‌های حرارتی چقدر بزرگ باشند تا بتوان آن‌ها را وارد یا خارج کرد، در نظر گرفته شوند.

ج) در تمامی سیستم‌های آب بالای 200 Tons یا 2400000 Btu/hr باید بمنظور پیشگیری از خاموشی کل سیستم در زمان خرابی مبدل حرارتی، از چند مبدل استفاده کرد.

(به عنوان مثال: 3@40%; 3@34%; 2@70%; 2@67%; @50%)

(د) عوامل تاثیرگذار در انتقال حرارت:

الف) تغییر آنتالپی در سمت سیال اصلی

ب) تغییر آنتالپی در سمت سیال ثانویه

ج) انتقال حرارت در مبدل حرارتی به ضرایب فیلم سیال و مساحت سطح انتقال حرارت بستگی دارد.

(ه) روش‌های انتقال حرارت:

الف) جریان موازی: هر دو سیال در یک جهت حرکت می‌کنند. این روش، کم‌اثرترین شیوه انتقال حرارت می‌باشد.

ب) جریان مخالف: سیال‌ها در جهات مخالف هم جریان پیدا می‌کنند. موثرترین روش انتقال حرارت، روش جریان مخالف است.

ج) جریان متقاطع: سیال‌ها در جهات عمود بر هم حرکت می‌کنند. اثربخشی انتقال حرارت چیزی بین میزان اثرگذاری روش‌های جریان موازی و جریان مخالف می‌باشد.

د) ترکیبی: اعمال همزمان جریان متقاطع/جریان مخالف یا جریان متقاطع/جریان موازی که نوعاً در مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲۷

بویلرها

۲۷-۱- بویلرها، کلیات

الف) بویلرهای کلاس I، بر اساس استاندارد *ASME SECTION I*:

۱. بویلرهای بخار، بزرگتر از 15 *psig*
۲. بویلرهای آب داغ:
- الف) بزرگتر از 160 *psig*
- ب) بیشتر از 250°F
۳. اصطلاحات رایج:
- الف) بویلرهای عملیاتی
- ب) بویلرهای نیروگاهی
- ج) بویلرهای فشار بالا

ب) بویلرهای کلاس IV، بر اساس استاندارد *ASME SECTION IV*:

۱. بویلرهای بخار 150 *psig* و کوچکتر
۲. بویلرهای آب داغ:
- الف) 160 *psig* و کوچکتر
- ب) 250°F و پایین‌تر
۳. اصطلاحات متداول:
- الف) بویلرهای تجاری
- ب) بویلرهای صنعتی
- ج) بویلرهای گرمایشی
- د) بویلرهای فشار پایین

ج) فشارهای طراحی متداول در بویلرها:

۱. 15 *psig*
۲. 30 *psig*
۳. 60 *psig*
۴. 125 *psig*
۵. 150 *psig*
۶. 200 *psig*
۷. 250 *psig*
۸. 300 *psig*
۹. 350 *psig*

د) توالی بهره‌برداری بویلرها:

۱. پیش‌تخلیه
 ۲. اشتعال پیلوت و تصدیق آن
 ۳. اشتعال شعله اصلی و تصدیق آن
 ۴. زمان رانش
 ۵. پس‌تخلیه
 ۶. ملاحظات بهره‌برداری بویلر:
- الف) بویلرهای آب داغ و بخار:

۱. از شوک‌های داغ و سرد جلوگیری شود.
۲. از سیکل‌های پی‌درپی جلوگیری شود.
۳. عملیات مناسب بهبود آب تدارک دیده شود.

ب) فقط بویلرهای آب داغ:

۱. گردش پیوسته ایجاد شود.
۲. جریان میان بویلرها متعادل گردد.
۳. فشار مازاد مناسب ایجاد شود.

ج) دلایل افزایش دمای دودکش:

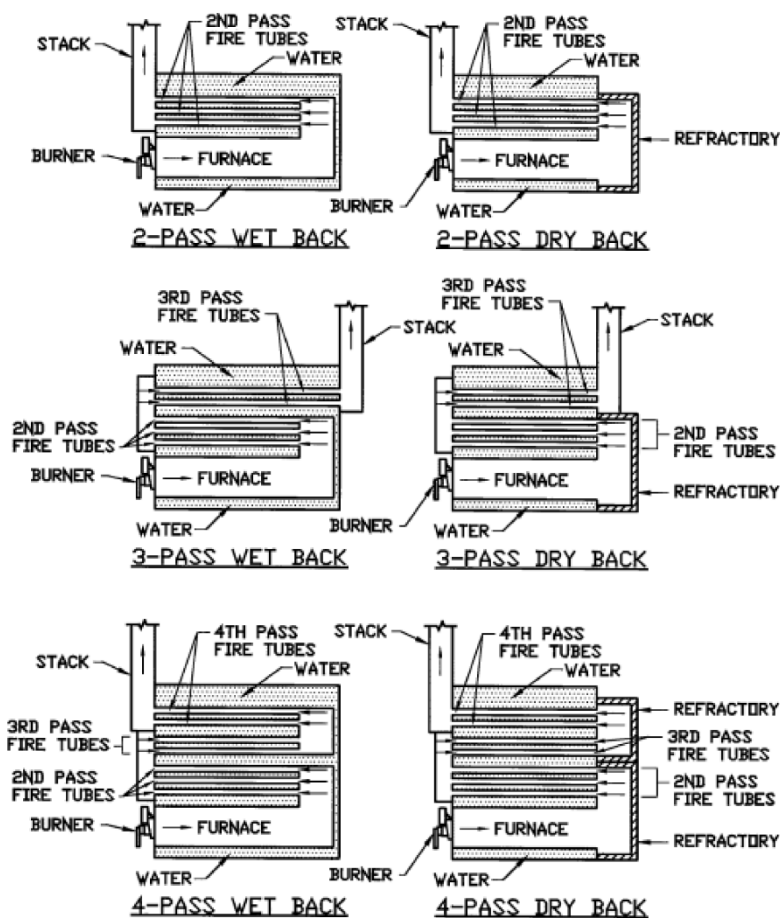
۱. تشکیل دوده
۲. تشکیل رسوب
۳. مشکلات ناشی از نشت‌بندی نامناسب محفظه احتراق و مسیرها

ه) انواع بویلرها:

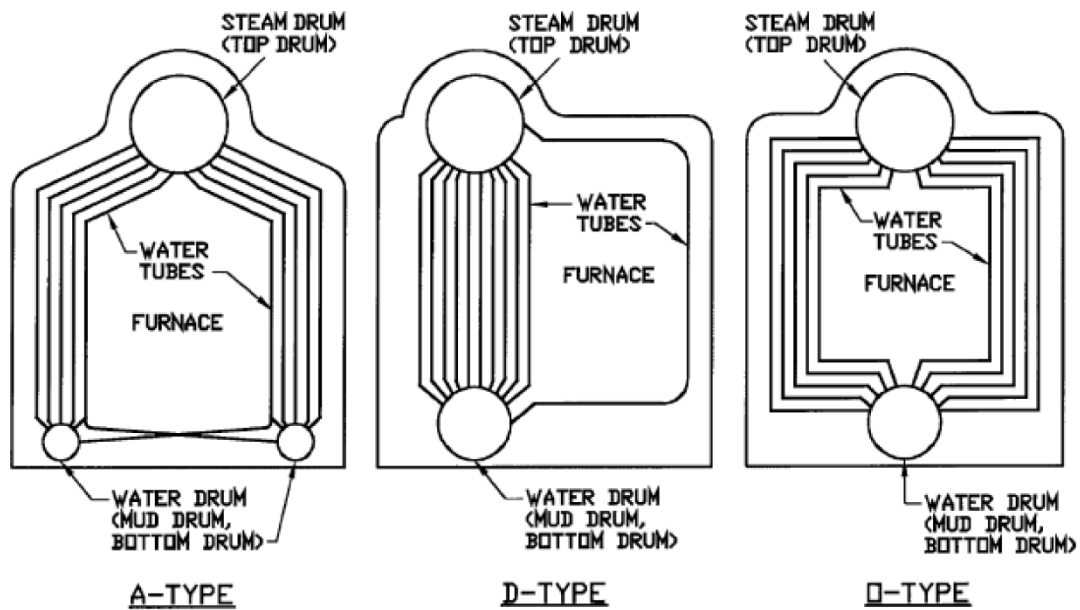
۱. بویلرهای فایرتیوب (به شکل ۲۷-۱ مراجعه نمایید)
۲. بویلرهای واترتیوب (به شکل ۲۷-۲ مراجعه نمایید)
۳. بویلرهای انعطاف‌پذیر
۴. بویلرهای چدنی (به شکل ۲۷-۳ مراجعه نمایید)
۵. بویلرهای تدریجی
۶. بویلرهای برقی
۷. مقایسه‌ای از خصوصیات بویلرهای فایرتیوب و واترتیوب در جدول زیر آورده شده است:

مقایسه خصوصیات بویلرهای فایرتیوب و واترتیوب

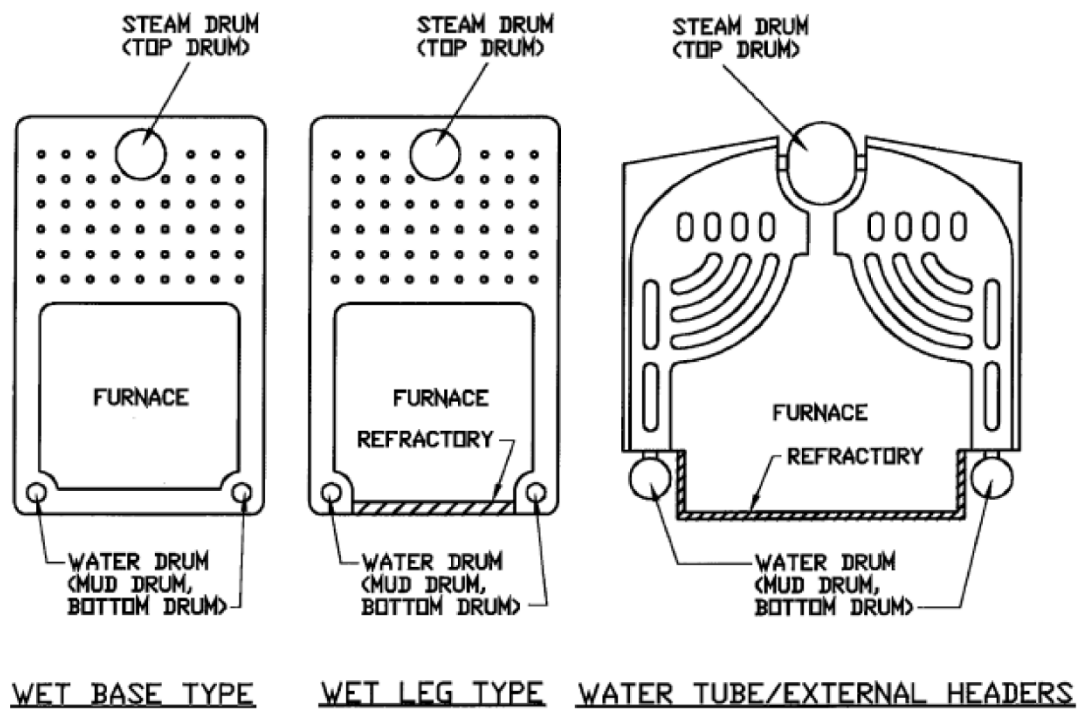
مورد مقایسه	بویلرهای فایرتیوب	بویلرهای واترتیوب
کیفیت بخار	98.5%	99.5%
خلوص بخار	52.5 ppm	17.5 ppm قابل اصلاح برای دستیابی به 1 ppm می‌باشند.
راندمان	85% میانگین	80% میانگین
فشار طراحی	300 Psig	900 Psig
دمای طراحی	350 °F	455 °F
نوسانات بار	زمان بازیابی طولانی	زمان بازیابی کوتاه
وزن آب	ضریب 2.5	ضریب 1.0
طول	طول‌تر	کوتاه‌تر
ارتفاع	کوتاه‌تر	بلندتر
شعله بیش از توان	خیر	10% تا 15% برای دوره‌های زمانی کوتاه
فضا	باز شدن درها و جاگذاری لوله‌ها	حداقل 10" - 3' در تمامی اطراف
بار الکتریکی	Hp بالاتری نیاز است	Hp پایین‌تری نیاز است
کیفیت آب	مشابه	مشابه
قابلیت کاهش توان	گاز 10:1 سوخت مایع شماره ۲ 8:1	گاز 10:1 سوخت مایع شماره ۲ 8:1



شکل ۱-۲۷ انواع بویلرهای فایرتیوب



شکل ۲۷-۲ انواع بویلرهای واترتیوب



شکل ۲۷-۳ انواع بویلرهای چدنی

(و) راندمان بویلر:

۱. راندمان احتراق: بیانگر توانایی مشعل در سوزاندن سوخت می‌باشد و با سوخت نسوخته و هوای اضافی حاضر در دودکش سنجیده می‌شود.
۲. راندمان حرارتی: بیانگر کارایی مبدل حرارتی در انتقال حرارت از فرآیند احتراق به آب یا بخار داخل بویلر می‌باشد، اما اتلاف‌های تشعشعی و جابجایی در آن به حساب آورده نمی‌شود.

۳. راندمان سوخت-به-بخار: بیانگر راندمان کلی بویلر بوده و شامل کارایی مبدل حرارتی، اتلاف‌های تشعشعی و جابجایی می‌باشد، (خروجی تقسیم بر ورودی). اندازه‌گیری راندمان سوخت-به-بخار در استاندارد *ASME* به دو روش قابل انجام است:

الف) روش ورودی-خروجی

ب) روش اتلاف حرارتی

۴. راندمان بویلر: با توجه به هدف کاربرد، یکی از راندمان‌های حرارتی یا سوخت-به-بخار به عنوان راندمان بویلر معرفی می‌شود.

ز) عوامل اثرگذار بر راندمان مجموعه بویلر:

۱. بویلر، راندمان 85% - 80:

الف) اتلاف‌های تشعشعی

ب) اتلاف‌های جابجایی

ج) اتلاف‌های دودکش

۲. اتاق بویلر بخار:

الف) گرمایش هوای احتراق

ب) گرمایش آب تغذیه بویلر

ج) عدم برگشت کندانس بخار

د) زیرآب‌زنی بویلر

ه) اتلاف‌های تشعشعی:

۱. مخزن کندانس

۲. پمپ کندانس

۳. پمپ آب تغذیه

۴. دی‌اریتور یا مخزن آب تغذیه

۳. اتاق بویلر آب داغ:

الف) گرمایش هوای احتراق

ب) اتلاف‌های تشعشعی:

۱. مخزن انبساط

۲. ایر سپراتور

۳. پمپ‌ها

۴. مجموعه بویلر و سیستم:

الف) نشت بخار و تله‌های بخار معیوب

ب) اتلاف‌های لوله‌کشی، شیرها و اتلاف‌های تشعشعی تجهیزات

ج) مشکلات بهره‌برداری شیر کنترل

د) اتلاف‌های پاشش بخار

ه) اتلاف‌ها/نشت‌های آب یا کندانس بخار

ح) نکات صرفه‌جویی انرژی در سیستم بخار:

۱. تمامی سطوح داغ برای جلوگیری از اتلاف عایقکاری شوند.
۲. تمامی خطوط لوله‌کشی بخار بلا استفاده ایزوله شوند.
۳. کلیه نشتی‌های سیستم بخار تعمیر گردند.
۴. تمامی تله‌های بخاری که به درستی عمل نمی‌کنند تعمیر شوند.
۵. با استفاده از سپراتور بخار و عملیات مناسب بهبود آب، بخار خشک تمیز تولید شود.
۶. دبی بخار در تجهیزات به خوبی کنترل گردد.
۷. انتخاب تله‌های بخار و استفاده از آن‌ها به درستی صورت پذیرد.
۸. هر جا میسر بود، از پاشش بخار برای پیش‌گرم نمودن و دیگر موارد استفاده شود.

ط) انواع سوخت‌های متداول بویلرهای یکپارچه:

۱. گاز طبیعی
۲. پروپان
۳. سوخت مایع سبک شماره ۱ و شماره ۲
۴. سوخت مایع سنگین شماره ۴ و شماره ۵ و شماره ۶

ی) احتراق:

۱. احتراق نامناسب:
 - الف) اکسیژن زیاد، سوخت کم: باعث هدر رفت انرژی می‌شود.
 - ب) اکسیژن کم، سوخت زیاد: مونوکسیدکربن و دوده تولید می‌شود و شرایطی بالقوه خطرناک را در پی دارد.
۲. چه عواملی بر احتراق اثر می‌گذارند؟
 - الف) تغییرات فشار بارومتريک
 - ب) تغییرات دمای هوای پیرامونی
 - ج) هوای تهویه
۳. فشار اتاق بویلر در مقایسه با دودکش باید مثبت نگاه داشته شود (حداکثر $+0.1 \text{ in WG}$) تا از نفوذ گازهای حاصل از احتراق به اتاق بویلر جلوگیری شود.
 ۱. کلی: 10 CFM/BHP
 ۲. هوای احتراق: 8 CFM/BHP
 ۳. تهویه: 2 CFM/BHP

ک) کنترل‌های استاندارد:

۱. کنترل‌ها و موارد ایمنی بویلر بخار:

- الف) کنترل حد بالای فشار، یک حاشیه امن ایجاد می‌کند.
- ب) کنترل حد فشار کاری، مشعل را خاموش/روشن می‌نماید.
- ج) کنترل تدریجی فشار، نرخ شعله مشعل را تغییر می‌دهد.
- د) کنترل حد پایین فشار
- ه) قطع کن سطح پایین آب
- و) قطع کن جانبی سطح پایین آب
- ز) قطع کن سطح بالای آب

۲. کنترل‌ها و موارد ایمنی بویلر آب داغ:

- الف) کنترل حد بالای فشار، یک حاشیه امن ایجاد می‌کند.
- ب) کنترل حد بالای دما، یک حاشیه امن ایجاد می‌نماید.
- ج) کنترل حد دمای کاری، مشعل را خاموش/روشن می‌نماید.
- د) کنترل تدریجی دما، نرخ شعله مشعل را تغییر می‌دهد.
- ه) کنترل حد پایین فشار
- و) کنترل حد پایین دما
- ز) دبی پایین آب
- ح) دبی بالای آب

۳. کنترل‌ها و موارد ایمنی سیستم سوخت:

- الف) سوئیچ فشار پایین سوخت گاز
- ب) سوئیچ فشار بالای سوخت گاز
- ج) سوئیچ فشار پایین سوخت مایع
- د) سوئیچ فشار بالای سوخت مایع
- ه) دمای پایین سوخت مایع

۴. کنترل‌ها و موارد ایمنی احتراق:

- الف) سوئیچ خرابی پیلوت
- ب) سوئیچ عیب در شعله
- ج) سوئیچ تامین هوای احتراق
- د) سوئیچ تامین اتمیزه کردن سوخت
- ه) سوئیچ ماندن در شعله پایین
- و) سوئیچ نرخ پایین شعله
- ز) سوئیچ نرخ بالای شعله

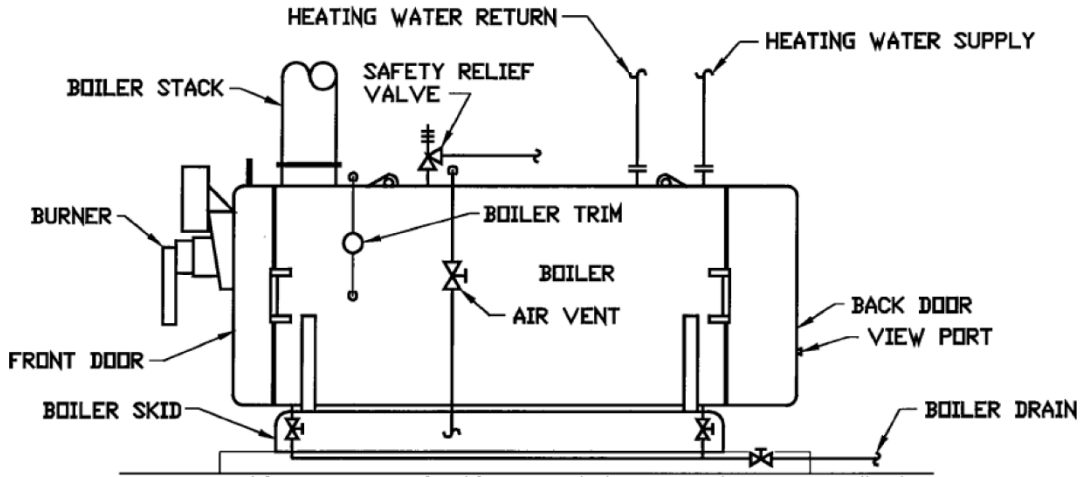
۲-۲۷- بویلرهای آب داغ

الف) انواع بویلر:

۱. بویلرهای فایرتیوب:
الف) $15 - 800 \text{ BHP}$
ب) $500 - 26780 \text{ MBH}$
ج) $30 - 300 \text{ psig}$
۲. بویلرهای واترتیوب:
الف) $350 - 2400 \text{ BHP}$
ب) $13000 - 82800 \text{ MBH}$
ج) $30 - 525 \text{ psig}$
۳. بویلرهای واترتیوب انعطاف‌پذیر:
الف) $30 - 250 \text{ BHP}$
ب) $1000 - 8370 \text{ MBH}$
ج) $0 - 150 \text{ psig}$
۴. بویلرهای چدنی:
الف) $10 - 400 \text{ BHP}$
ب) $345 - 13800 \text{ MBH}$
ج) $0 - 40 \text{ psig}$
۵. بویلرهای تدریجی:
الف) $4 - 115 \text{ BHP}$
ب) $136 - 4000 \text{ MBH}$
ج) $0 - 150 \text{ psig}$
۶. بویلرهای برقی:
الف) $15 - 5000 \text{ KW}$
ب) $51 - 17065 \text{ MBH}$
ج) $0 - 300 \text{ psig}$

ب) تجهیزات مجموعه بویلر آب داغ:

۱. بویلرها (به شکل ۲۷-۴ مراجعه نمایید)
۲. پمپ‌ها
۳. ایر سپراتورها
۴. مخازن انبساط



شکل ۲۷-۴ اصطلاحات بویلر و سیستم آب گرمایش

(ج) آب گرمایشی:

۱. دمای آب خروجی (LWT): $180 - 200\text{ }^{\circ}\text{F}$

۲. متداول‌ترین ΔT : $20 - 40\text{ }^{\circ}\text{F}$

۳. محدودیت‌های طراحی سیستم بویلر:

الف) حداقل دبی در یک بویلر: $0.5 - 1.0\text{ GPM/BHP}$

ب) حداکثر دبی در یک بویلر: ظرفیت بویلر تقسیم بر اختلاف دما تقسیم بر 500

ج) افت فشار در بویلر: $3 - 5\text{ ft H}_2\text{O}$

د) حداقل دمای آب رفت: $170\text{ }^{\circ}\text{F}$ ، این دما با توجه به مدل و سازنده بویلر می‌تواند متفاوت باشد. دمای دقیق بر اساس نظر سازنده تعیین می‌گردد.

ه) حداقل دمای آب برگشت: $150\text{ }^{\circ}\text{F}$ ، این دما ممکن است با توجه به مدل و سازنده بویلر متفاوت باشد. دمای دقیق بر اساس نظر سازنده تعیین می‌شود.

و) حداکثر دمای آب رفت: بر اساس دستورالعمل‌ها و استانداردهای معتبر بین‌المللی و محلی مانند *ASME*.

۴. ظرفیت‌های حرارتی:

الف) 3.45 GPM/BHP در ΔT برابر با $20\text{ }^{\circ}\text{F}$

ب) 2.30 GPM/BHP در ΔT برابر با $30\text{ }^{\circ}\text{F}$

ج) 1.73 GPM/BHP در ΔT برابر با $40\text{ }^{\circ}\text{F}$

د) 10.0 GPM/Therm در ΔT برابر با $20\text{ }^{\circ}\text{F}$

ه) 6.7 GPM/Therm در ΔT برابر با $30\text{ }^{\circ}\text{F}$

و) 5.0 GPM/Therm در ΔT برابر با $40\text{ }^{\circ}\text{F}$

ز) 10000 Btuh/GPM در ΔT برابر با $20\text{ }^{\circ}\text{F}$

ح) 15000 Btuh/GPM در ΔT برابر با $30\text{ }^{\circ}\text{F}$

ط) 20000 Btuh/GPM در ΔT برابر با $40\text{ }^{\circ}\text{F}$

د) انواع سیستم:

۱. سیستم‌های آب گرمایش دما پایین:

الف) 250°F و پایین‌تر

ب) حداکثر 160 psig

۲. سیستم‌های آب گرمایش دما متوسط:

الف) $251 - 300^{\circ}\text{F}$

ب) حداکثر 160 psig

۳. سیستم‌های آب گرمایش دما بالا:

الف) $351 - 400^{\circ}\text{F}$

ب) حداکثر 300 psig

ه) سیستم‌های ذخیره آب گرمایش:

۱. ΔT برابر با 20°F

الف) $0.80\text{ ft}^3/\text{MBtu}$

ب) $1246.2\text{ Mbtu}/\text{ft}^3$

ج) $166.6\text{ Btu}/\text{gal}$

۲. ΔT برابر با 30°F

الف) $0.54\text{ ft}^3/\text{MBtu}$

ب) $1869.3\text{ Mbtu}/\text{ft}^3$

ج) $249.9\text{ Btu}/\text{gal}$

۳. ΔT برابر با 40°F

الف) $0.40\text{ ft}^3/\text{MBtu}$

ب) $2492.3\text{ Mbtu}/\text{ft}^3$

ج) $333.2\text{ Btu}/\text{gal}$

و) اتصال تغذیه سیستم آب داغ: حداقل اندازه اتصال باید 1.0% بزرگترین اندازه لوله سیستم یا $1"$ ، هر کدام بزرگتر بود، باشد.

ز) سیستم‌های تغذیه مواد شیمیایی در بویلرهای آب داغ: به منظور کنترل موارد زیر طراحی می‌شوند:

۱. pH سیستم، بطور معمول بین ۸ و ۹ می‌باشد.

۲. خوردگی

۳. رسوب

ح) الزامات/ملاحظات طراحی، جانمایی و فضای آزاد

۱. شرایط طراحی:

الف) بار بویلر، Btu/hr یا MBH

ب) دماهای آب گرمایش، ورودی و خروجی یا ورودی و ΔT

ج) دبی و نوع جریان آب گرمایش (تمامی داده‌ها برای نوع سیال اصلاح شوند)

د) ورودی سوخت: سوخت گاز، سوخت مایع، برق و ...

ه) راندمان کلی بویلر

و) افت فشار آب

ز) ضریب رسوب‌گذاری

ح) راه‌اندازی مجدد سیستم آب گرمایشی

ط) اطلاعات برقی:

۱. KW دستگاه، HP بویلر، HP کمپرسور و HP پمپ سوخت مایع

۲. بار کامل، بار کاری

۳. ولتاژ، فاز، فرکانس

۲. در تمامی سیستم‌های آب داغ با ظرفیت بالاتر از $70 BHP$ یا $2400000 Btu/hr$ به منظور جلوگیری از خاموشی کامل سیستم در زمان خرابی باید از چند بویلر آب داغ استفاده نمود (به عنوان مثال: $2@50\%$; $2@67\%$; $2@70\%$; $3@34\%$; $3@40\%$)

۳. فضاهای آزاد برای جاگذاری/تمیزکاری لوله‌ها و مکان آن باید نشان داده شوند.

۴. حداقل فضای آزاد توصیه شده در اطراف بویلر $36"$ می‌باشد. حداقل فاصله برای گذاشتن لوله‌ها و تمیز کردن آن‌ها براساس توصیه سازنده بویلر حفظ شود. این فاصله عموماً برابر با طول بویلر است. حداقل فضای مورد نیاز ورودی‌های دسترسی و درهای کنترل تعبیه شده روی بویلر به منظور سرویس، نگهداری و بازرسی آن در نظر گرفته شود.

۵. موقعیت و جانمایی اتاق‌های مکانیکی برای چگونگی حمل بویلرها به داخل و خارج ساختمان در طول نصب اولیه و پس از نگهداری و/یا تعمیر باید به حساب آورده شوند.

۶. حداقل فضای آزاد اطراف تجهیزات برقی رعایت شود.

۷. موقعیت راه‌انداز، سوئیچ قطع و کنترل پنل بویلر مشخص باشد.

۸. موقعیت مسیرهای سوخت گاز یا سوخت مایع نشان داده شوند.

۹. لوله‌کشی تخلیه هوا از بویلر نشان داده شود.

۱۰. موقعیت تخلیه فاضلاب و تخلیه اتصالات بویلر مشخص باشد.

۱۱. دریچه‌ها و دمپرهای موتوری هوای احتراق طراحی و جانمایی شوند. در صورت بروز خرابی در سیستم هوای احتراق چه اتفاقی خواهد افتاد؟ آیا سیستم آماده به کاری در دسترس خواهد بود؟ مواردی که ممکن است دچار یخ‌زدگی شوند نباید روبروی ورودی هوای احتراق قرار داشته باشند.

۱۲. ارتفاع بویلر باید با فضای آزاد و موانع بالای سرش تناسب داشته باشد. آیا برای بلند کردن اجزا نیازی به ستون در بالای بویلر وجود دارد؟ آیا برای انجام سرویس بویلر باید از فضاهای باریک عبور کرد؟

۱۳. دودکش و خروجی بویلر. مسیریابی داخل اتاق بویلر، داخل ساختمان و ارتفاع تخلیه بالای ساختمان با داده‌های مهندس معمار و مهندس سازه مطابقت داده شود.

۱۴. بر روی هر دو اتصال رفت و برگشت تمامی بویلرهای آب داغ شیر یکطرفه (در نزدیکترین مکان به بویلر) و شیر جداسازی نصب و یک مسیر تخلیه میان آنها تعبیه شود.
۱۵. پمپ‌های سیستم بویلر باید به گونه‌ای جانمایی شوند که پمپ، آب را از بویلر بیرون بکشد. در این صورت، احتمال ورود هوا به داخل سیستم کاهش می‌یابد و فشار پمپ به بویلر تحمیل نمی‌گردد.
۱۶. بویلر و پمپ باید به گونه‌ای به هم مرتبط شده باشند که مشعل بدون راه‌اندازی پمپ آغاز به کار نکند.
۱۷. پمپ‌های گرم کردن بویلر باید هم به لوله‌های رفت بویلر و هم به هدر سیستم لوله‌کشی شوند. این عمل به بویلر در حالت آماده به کار اجازه می‌دهد تا توسط دبی آب سیستم گرم بماند. یا در حالتی که نیاز به تعمیر وجود دارد، بویلر بدون خطر ایجاد شوک در اثر دمای آب سیستم گرم شود (شکل‌های ۲۷-۵ و ۲۷-۶).
۱۸. پمپ‌های گرم کردن بویلر باید بر اساس 0.1 GPM/BHP (محدوده $0.05-0.1 \text{ GPM/BHP}$) انتخاب شوند. در 0.1 GPM/BHP آب داخل بویلر ظرف ۴۵ تا ۷۵ دقیقه به طور کامل تعویض می‌شود. این میزان دبی برای جبران اتلاف‌های تشعشعی و دودکش در حالت آماده به کار کافی می‌باشد. علاوه بر این، این دبی اجازه می‌دهد تا بویلر بدون نیاز به روشن شدن مشعل گرم باقی بماند. بنابراین بهره‌برداری به صرفه‌تری را به همراه خواهد داشت. برای مثال، برای روی خط آوردن یک بویلر از شروع سرد به ۸ تا ۱۶ ساعت زمان نیاز می‌باشد. به همین خاطر بویلر آماده به کار باید گرم نگاه داشته شود تا راه‌اندازی سریع آن در صورت خرابی بویلر در حال کار، امکان‌پذیر باشد.
۱۹. ایجاد گردش آب داغ از میان بویلری که در حال بهره‌برداری نبوده و به منظور گرم نگاه داشتن آن برای آماده به کار بودن، به ویژه در بویلرهای با رانش طبیعی، سبب شکل‌گیری یک جریان طبیعی هوای گرم در داخل بویلر تا دودکش می‌گردد. بویلرهای با رانش اجباری یا رانش القایی مجهز به دمپرهای احتراق می‌باشند که در زمان عدم روشن شدن مشعل بسته می‌شوند و اتلاف از این طریق را، اگرچه کاملاً از بین نمی‌برند، کاهش می‌دهند. با وجود آن که این اتلاف مطلوب نیست، برای بویلرهای آماده به کار گردش آب داخل بویلر بسیار به صرفه‌تر از روشن نمودن بویلر می‌باشد.
۲۰. روند گرم کردن اولیه سیستم آب گرم:
- الف) روند آغاز به کار سیستم آب گرم نباید از 100°F افزایش دما در هر ساعت تجاوز نماید. متنها محدودیت‌های سازنده بویلر یا مبدل حرارتی نیز باید در نظر گرفته شوند.
- ب) توصیه می‌شود در زمان گرم کردن اولیه سیستم آب گرم افزایش دما در هر ساعت بیشتر از 25°F نباشد. گرم کردن اولیه آهسته به لوله‌کشی‌ها، تکیه‌گاه‌ها، گیره‌ها و ... اجازه می‌دهد تا خود را با انبساط سیستم تطبیق دهند.
- ج) سیستم‌های آب گرم دما پایین (250°F یا کمتر) باید به آهستگی و با افزایش دمای 25°F در هر ساعت گرم شوند تا زمانی که سیستم به دمای طراحی برسد.
- د) سیستم‌های آب گرم دما متوسط و دما بالا (بالای 250°F) باید تا دمای 250°F به آهستگی و با افزایش‌های 25°F در هر ساعت گرم شوند. سپس سیستم باید به مدت ۸ ساعت در همین دما نگاه داشته شود (بهتر است ساعات شب را برای این عمل در نظر بگیرید) تا اجزایی مانند لوله‌کشی‌ها، تکیه‌گاه‌ها، قلاب‌ها و ... خود را با انبساط سیستم تطبیق دهند. بعد از آن دمای سیستم تا رسیدن به دمای طراحی یا 350°F به میزان 25°F در هر ساعت افزایش داده شود. با هر افزایش و پیش از اعمال افزایش دمای جدید باید به سیستم به مدت یک ساعت زمان داده شود. چنانچه سیستم به دمای 350°F رسیده باشد و دمای طراحی بیش از آن باشد، باید سیستم را به مدت ۸ ساعت در همین وضعیت نگاه داشت. بعد از آن دمای سیستم تا رسیدن به دمای طراحی یا 455°F یا دمای طراحی به میزان 25°F در هر ساعت افزایش داده شود. با هر افزایش و پیش از اعمال افزایش دمای جدید باید به سیستم به مدت یک ساعت زمان داده شود.

۲۱. سیستم‌های آب گرم را برای آغاز به کار در حال سرویس به شیرهای گرم کردن مطابق با جدول زیر مجهز نمایید (شکل ۷-۲۷). این کار به اپراتورها اجازه می‌دهد تا چنین سیستم‌هایی را به آهستگی و با پیشگیری از شوک ناگهانی یا بروز عیب شدید در سیستم در زمان باز بودن شیرهای بزرگ آن گرم نمایند. قرار دادن شیرهای گرم کردن همچنین فرسایش شیرهای بزرگ سیستم را وقتی تنها بخش کوچکی از آن‌ها در تلاش برای کنترل سرعت گرم شدن سیستم باز می‌باشد، کاهش می‌دهد.

۲۲. روند مربوط به شیرهای گرم کردن در سیستم‌های آب گرم:

الف) در ابتدا، شیر مربوط به گرم کردن مسیر برگشت را به آهستگی باز نمایید تا تجهیزات را بدون استفاده از دبی تحت فشار قرار دهید.

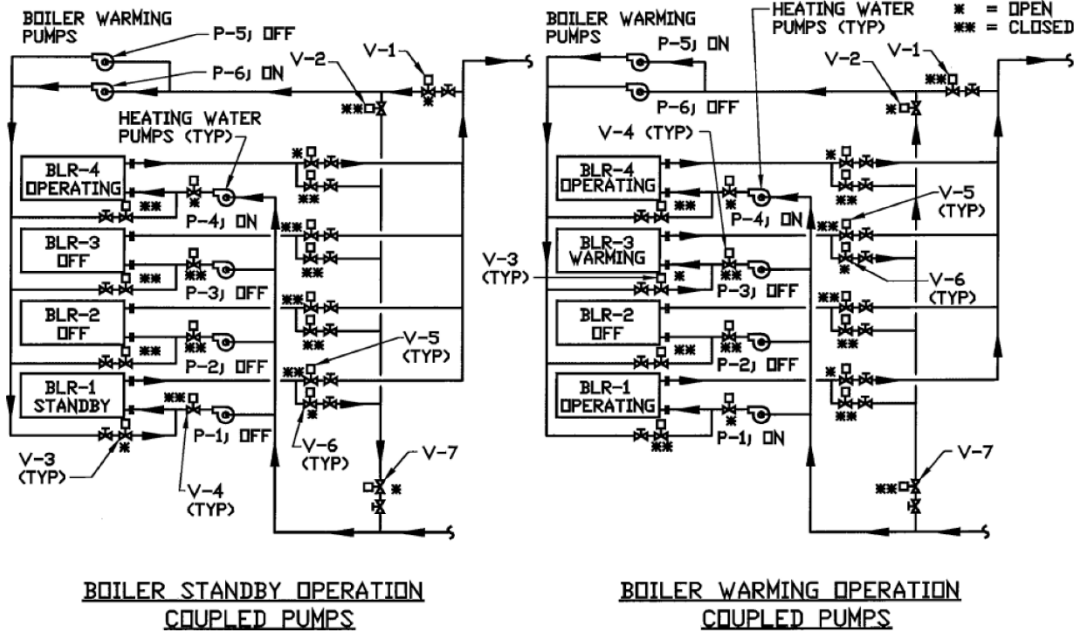
ب) هر زمان فشار سیستم پایدار شد، به آهستگی شیر مربوط به گرم کردن خط رفت را باز کنید تا دبی برقرار شده و سیستم گرم شود.

ج) زمانی که فشار و دمای سیستم پایدار شدند، مراحل زیر را دنبال نمایید:

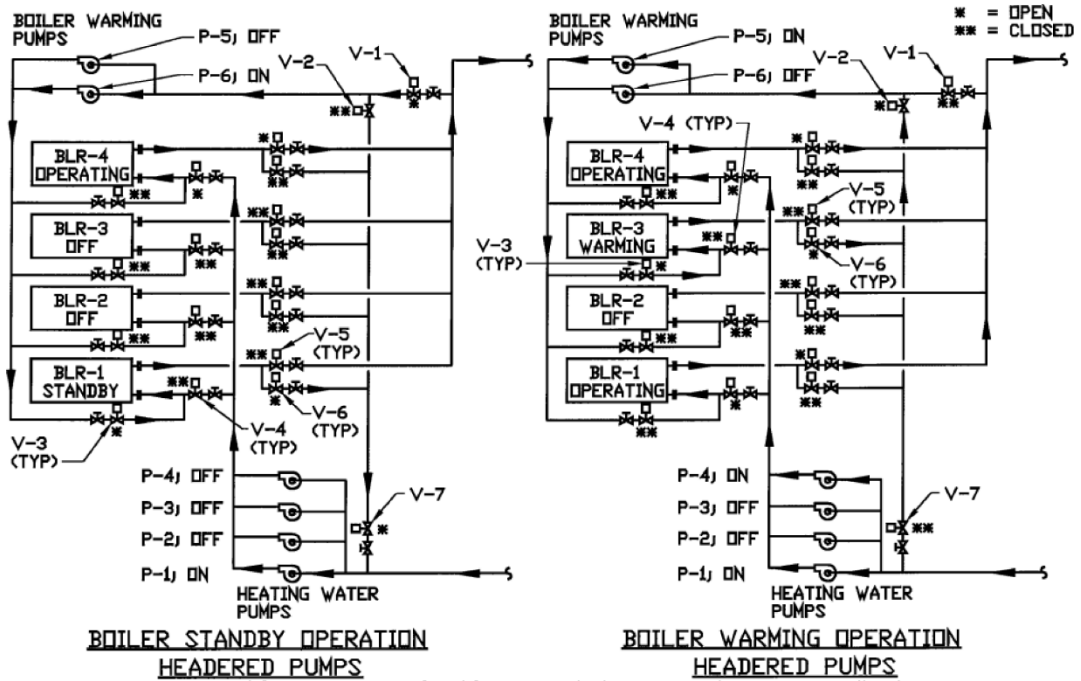
۱. شیر اصلی خط برگشت را به آهستگی باز کنید.
۲. شیر مربوط به گرم کردن خط برگشت را ببندید.
۳. شیر اصلی خط رفت را به آهستگی باز نمایید.
۴. شیر مربوط به گرم کردن خط اصلی را ببندید.

شیرهای مسیر جانبی و گرم کردن

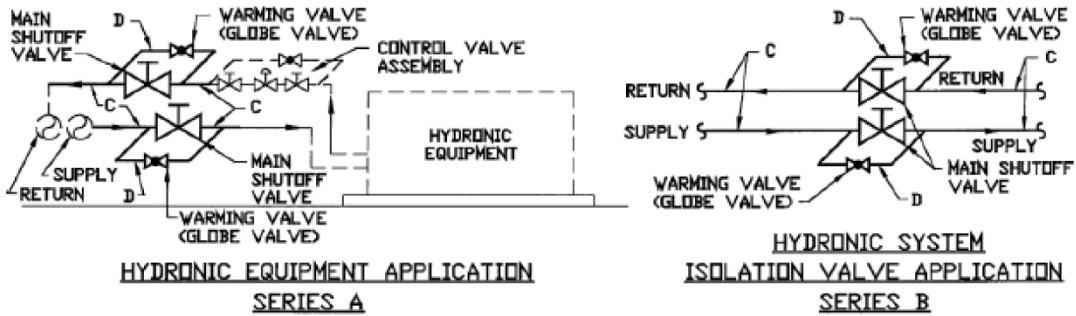
اندازه اسمی لوله شیر اصلی	اندازه اسمی لوله	
	سری الف - شیرهای گرم کردن	سری ب - شیرهای مسیر جانبی
4	1/2	1
5	3/4	1 1/4
6	3/4	1 1/4
8	3/4	1 1/2
10	1	1 1/2
12	1	2
14	1	2
16	1	3
18	1	3
20	1	3
24	1	4
30	1	4
36	1	6
42	1	6
48	1	8
54	1	8
60	1	10
72	1	10
84	1	12
96	1	12



شکل ۲۷-۵ دیاگرام بویلر در حالت آماده به کار و گرم شدن با پمپ‌های کوپل شده



شکل ۲۷-۶ دیاگرام بویلر در حالت آماده به کار و گرم شدن با پمپ‌های دارای هدر مشترک



NOTES:

1. SERIES A WARMING VALVES COVER STEAM OR MEDIUM/HIGH-TEMPERATURE HEATING WATER SERVICE. FOR WARMING UP EQUIPMENT BEFORE THE MAIN SHUTOFF VALVES ARE OPENED, AND FOR BALANCING PRESSURES WHERE LINES ARE OF LIMITED VOLUME.
2. SERIES B WARMING VALVES COVER LINES CONVEYING GASES OR LIQUIDS WHERE BYPASSING MAY FACILITATE THE OPERATION OF THE MAIN VALVE BY BALANCING THE PRESSURES ON BOTH SIDES OF THE MAIN VALVE.

MAIN VALVE SIZE (C)	WARMING VALVE SIZE (D)	
	SERIES A WARMING VALVES	SERIES B WARMING VALVES
4"	1/2"	1"
5", 6"	3/4"	1-1/4"
8"	3/4"	1-1/2"
10"	1"	1-1/2"
12", 14"	1"	2"
16", 18", 20"	1"	3"
24", 30"	1"	4"
36", 42"	1"	6"
48", 54"	1"	8"
60", 72"	1"	10"
84", 96"	1"	12"

شکل ۲۷-۷ شیرهای گرم کردن سیستم هیدرونیکی

۳-۲۷- بویلرهای بخار

الف) انواع بویلر:

۱. بویلرهای فایرتیوب:

الف) 15 – 800 BHP

ب) 518 – 27600 lbs/hr

ج) 15 – 300 psig

۲. بویلرهای واترتیوب:

الف) 350 – 2400 BHP

ب) 12075 – 82800 lbs/hr

ج) 15 – 525 psig

۳. بویلرهای واترتیوب انعطاف‌پذیر:

الف) 30 – 250 BHP

ب) 10000 – 82000 lbs/hr

ج) 15 – 525 psig

۴. بویلرهای چدنی:

الف) 10 – 400 BHP

ب) 1035 – 8625 lbs/hr

ج) 0 – 150 psig

۵. بویلرهای برقی:

الف) $15 - 5000 \text{ KW}$

ب) $51 - 17065 \text{ lbs/hr}$

ج) $0 - 300 \text{ psig}$

ب) تجهیزات مجموعه بویلر بخار:

۱. سیستم‌های عملیات اولیه:

الف) فیلترها

ب) صافی‌ها

ج) دستگاه‌های RO

۲. سیستم‌های آب تغذیه:

الف) دی‌آریتورها

ب) مخازن آب تغذیه

ج) پمپ‌های آب تغذیه

۳. سیستم‌های تزریق مواد شیمیایی:

الف) پمپ‌های تزریق مواد شیمیایی

ب) مخازن مواد شیمیایی

ج) همزن‌ها

۴. سمپل کولرها

۵. خنک‌کن‌های زیر آب‌زنی

۶. پیش‌گرم‌کن زیر آب‌زنی سطحی/آب تغذیه

۷. اکونومایزرهای گازهای حاصل از احتراق

۸. بویلرها (به شکل ۲۷-۸ مراجعه نمایید)

۹. پمپ‌ها و دستگاه‌های بازگشت کندانس

۱۰. مخزن کندانس

۱۱. پمپ‌های کندانس

۱۲. اکومولاتورها:

الف) نوع:

۱. خشک

۲. مرطوب

ب) سرویس:

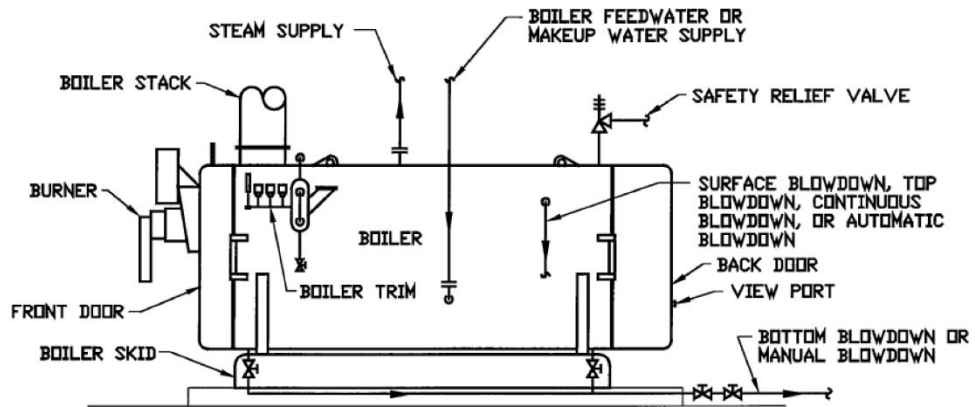
۱. تمامی سیستم

۲. خطوط اختصاصی به برخی تجهیزات

۱۳. سوپرهیترها:

الف) داخلی

(ب) خارجی



NOTES:

1. BOILER BURNER MAY BE FORCED DRAFT, INDUCED DRAFT, OR NATURAL DRAFT TYPE DEPENDING ON BOILER TYPE AND CONSTRUCTION, FORCED DRAFT TYPE SHOWN.
2. BOILER TRIM IS COMPRISED OF THE LOW WATER LEVEL LIMIT AND ALARM, HIGH WATER LEVEL LIMIT AND ALARM, FEEDWATER CONTROLLER INCLUDING LEVEL CONTROLLER, SAFETIES, FUEL CUTOUPS, SAFETY RELIEF VALVES, PRESSURE GAUGES, THERMOMETERS, HIGH AND LOW LIMIT BURNER CONTROLS, AND OTHER APPURTENANCES.

شکل ۲۷-۸ اصطلاحات بویلر و سیستم بخار

(ج) ظرفیت‌های بخار:

۱. به طور تخمینی: $1000 \text{ Btuh}/1 \text{ lbs Steam}$

۲. $\text{lbs Steam/hr} = \text{lbs Water/hr}$

ظرفیت بخار به‌ازای اسب بخار بویلر

دمای آب تغذیه	پوند بخار اشباع خشک به‌ازای اسب بخار بویلر در فشار سیستم (psig) در مقابل دمای آب تغذیه (°F)																			
	0	2	10	15	20	40	50	60	80	100	120	140	150	160	180	200	220	240		
30	29.0	29.0	28.8	28.7	28.6	28.4	28.3	28.2	28.2	28.1	28.0	28.0	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	27.8		
40	29.3	29.2	29.1	29.0	28.9	28.7	28.6	28.5	28.4	28.3	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.1	28.1	28.1		
50	29.6	29.5	29.3	29.2	29.1	28.9	28.8	28.8	28.7	28.6	28.5	28.5	28.4	28.4	28.4	28.3	28.3	28.3		
60	29.8	29.8	29.6	29.5	29.4	29.2	27.1	29.0	28.9	28.8	28.8	28.7	28.7	28.7	28.6	28.6	28.6	28.5		
70	30.1	30.0	29.9	29.8	29.7	29.5	29.4	29.3	29.2	29.1	29.0	29.0	28.9	28.9	28.9	28.8	28.8	28.8		
80	30.4	30.3	30.1	30.0	30.0	29.8	29.6	29.6	29.5	29.3	29.2	29.2	29.2	29.2	29.1	29.1	29.1	29.0		
90	30.6	30.6	30.4	30.3	30.2	30.0	29.9	29.8	29.7	29.6	29.5	29.5	29.4	29.4	29.4	29.3	29.3	29.3		
100	30.9	30.8	30.6	30.6	30.5	30.3	30.2	30.1	30.0	29.8	29.8	29.8	29.7	29.7	29.7	29.6	29.6	29.6		
110	31.2	31.2	30.9	30.8	30.8	30.6	30.4	30.3	30.2	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.9	29.9	29.9	29.8		
120	31.5	31.4	31.2	31.2	31.1	30.8	30.7	30.6	30.5	30.4	30.3	30.3	30.2	30.2	30.2	30.1	30.1	30.1		
130	31.8	31.7	31.5	31.4	31.4	31.1	31.0	30.9	30.8	30.7	30.6	30.6	30.5	30.5	30.4	30.4	30.4	30.4		
140	32.1	32.0	31.8	31.7	31.6	31.4	31.3	31.2	31.1	31.0	30.9	30.8	30.8	30.8	30.8	30.7	30.7	30.6		
150	32.4	32.4	32.1	32.0	31.9	31.7	31.6	31.5	31.4	31.2	31.2	31.2	31.1	31.1	31.0	31.0	30.9	30.9		
160	32.7	32.7	32.4	32.4	32.3	32.0	31.9	31.8	31.7	31.5	31.4	31.4	31.4	31.4	31.3	31.3	31.2	31.2		
170	33.0	33.0	32.7	32.6	32.6	32.3	32.2	32.1	32.0	31.8	31.7	31.7	31.7	31.7	31.6	31.6	31.5	31.5		
180	33.4	33.3	33.0	33.0	32.9	32.6	32.5	32.4	32.3	32.2	32.1	32.0	32.0	32.0	31.9	31.9	31.8	31.8		
190	33.8	33.7	33.4	33.3	33.2	32.9	32.8	32.7	32.6	32.5	32.4	32.4	32.3	32.3	32.2	32.2	32.1	32.1		
200	34.1	34.0	33.7	33.6	33.5	33.2	33.1	33.0	32.9	32.8	32.7	32.6	32.6	32.6	32.6	32.5	32.4	32.4		
212	34.5	34.4	34.2	34.1	33.9	33.6	33.5	33.4	33.3	33.2	33.1	33.0	33.0	33.0	32.9	32.9	32.8	32.8		
220	34.8	34.7	34.4	34.3	34.2	33.9	33.8	33.7	33.5	33.4	33.3	33.3	33.2	33.2	33.1	33.1	33.1	33.0		
227	35.0	34.9	34.7	34.5	34.4	34.1	34.0	33.9	33.8	33.7	33.6	33.5	33.5	33.4	33.4	33.3	33.3	33.3		
230	35.2	35.0	34.8	34.7	34.5	34.2	34.1	34.0	33.9	33.8	33.7	33.6	33.6	33.5	33.5	33.4	33.4	33.4		

د) دارم‌های بویلر بخار

۱. درام بالایی: درام بخار
۲. درام پایینی: درام گل و لای یا زیرآب‌زنی

ه) انواع سیستم:

۱. بخار فشار پایین: $0 - 15 \text{ psig}$
۲. بخار فشار متوسط: $16 - 100 \text{ psig}$
۳. بخار فشار بالا: 101 psig و بزرگتر

و) حمل آب یا ذرات توسط بخار:

۱. حمل بوسیله بخار همان جذب آب بویلر توسط بخار تولید شده و نفوذ آن به داخل بخار می‌باشد.
۲. دلایل:

الف) مکانیکی:

۱. طراحی ضعیف بویلر
۲. تنظیم نبودن مشعل
۳. سطح بالای آب بویلر

ب) شیمیایی:

۱. میزان بالای ذرات جامد محلول (TDS)
۲. میزان بالای ذرات جامد معلق (TSS)
۳. خاصیت قلیایی بالا
۴. سطح بالای آمینه
۵. حضور روغن‌ها و دیگر مواد آلی

۳. مشکلات ناشی از حمل بوسیله بخار:

الف) رسوب مواد معدنی بر روی شیرها، لوله‌کشی‌ها، سطوح انتقال حرارت و سایر تجهیزات

ب) ایجاد شوک حرارتی در سیستم

ج) آلودگی فرآیندها و یا محصولاتی که در تماس مستقیم با بخار می‌باشند.

د) چنانچه بخار تولید شده برای رطوبت‌زنی مورد استفاده قرار گیرد، معمولاً یک غبار سفید بر روی اجزای

هواسازها، سطوح کانال‌ها، میلمان و دیگر تجهیزات موجود در فضا می‌نشیند.

۴. کنترل حمل بوسیله بخار:

الف) نصب ابزار جداسازی بخار

ب) حفظ فضای مناسب برای بخار در بالای درام بخار

ج) حفظ خصوصیات شیمیایی درست آب

(ز) الزامات/ملاحظات طراحی، جانمایی و فضای آزاد:

۱. شرایط طراحی:

الف) بار بویلر، Btu/hr یا MBH

ب) فشار و دبی بخار

ج) ورودی سوخت: سوخت گاز، سوخت مایع، برق و ...

د) راندمان کلی بویلر

ه) ضریب رسوب‌گذاری

و) اطلاعات برقی:

۱. KW دستگاه، Hp بویلر، Hp کمپرسور و Hp پمپ سوخت مایع

۲. بار کامل، بار کاری

۳. ولتاژ، فاز، فرکانس

۲. در تمامی سیستم‌های بخار با ظرفیت بالاتر از $70 BHP$ یا $2400000 Btu/hr$ به منظور جلوگیری از خاموشی کامل

سیستم در زمان خرابی باید از چند بویلر بخار استفاده نمود (به عنوان مثال:

$2@50\%$; $2@67\%$; $2@70\%$; $3@34\%$; $3@40\%$)

۳. فضاهای آزاد برای جاگذاری/تمیزکاری لوله‌ها و مکان آن باید نشان داده شوند.

۴. حداقل فضای آزاد توصیه شده در اطراف بویلر "36 می‌باشد. حداقل فاصله برای گذاشتن لوله‌ها و تمیز کردن آن‌ها براساس

توصیه سازنده بویلر حفظ شود. این فاصله عموماً برابر با طول بویلر است. حداقل فضای مورد نیاز ورودی‌های دسترسی و

درهای کنترل تعبیه شده روی بویلر به منظور سرویس، نگهداری و بازرسی آن در نظر گرفته شود.

۵. موقعیت و جانمایی اتاق‌های مکانیکی برای چگونگی حمل بویلرها به داخل و خارج ساختمان در طول نصب اولیه و پس از

نگهداری و/یا تعمیر باید به حساب آورده شوند.

۶. حداقل فضای آزاد اطراف تجهیزات برقی رعایت شود.

۷. موقعیت راه‌انداز، سوئیچ قطع و کنترل پنل بویلر مشخص باشد.

۸. موقعیت مسیرهای سوخت گاز یا سوخت مایع نشان داده شوند.

۹. لوله‌کشی مربوط به تخلیه هوا از بویلر نشان داده شود.

۱۰. موقعیت تخلیه فاضلاب و تخلیه اتصالات بویلر مشخص باشد.

۱۱. دریچه‌ها و دمپرهای موتوری هوای احتراق طراحی و جانمایی شوند. در صورت بروز خرابی در سیستم هوای احتراق چه

اتفاقی خواهد افتاد؟ آیا سیستم آماده به کاری در دسترس خواهد بود؟ مواردی که ممکن است دچار یخ‌زدگی شوند نباید

روبروی ورودی هوای احتراق قرار داشته باشند.

۱۲. ارتفاع بویلر باید با فضای آزاد و موانع بالای سرش تناسب داشته باشد. آیا برای بلند کردن اجزا نیازی به ستون در بالای

بویلر وجود دارد؟ آیا برای انجام سرویس بویلر باید از فضاهای باریک عبور کرد؟

۱۳. دودکش و خروجی بویلر، مسیریابی داخل اتاق بویلر، داخل ساختمان و ارتفاع تخلیه بالای ساختمان با داده‌های مهندس

معمار و مهندس سازه مطابقت داده شود.

۱۴. بر روی هر دو اتصال رفت و برگشت تمامی بویلرهای آب داغ شیر یکطرفه (در نزدیکترین مکان به بویلر) و شیر جداسازی

نصب و یک مسیر تخلیه میان آن‌ها تعبیه شود.

۱۵. روند گرم کردن اولیه بویلر بخار:

الف) روند آغاز به کار سیستم آب گرم نباید از 100°F افزایش دما در هر ساعت (50 psig افزایش فشار در هر ساعت) تجاوز نماید. منتها محدودیت‌های سازنده بویلر یا مبدل حرارتی نیز باید در نظر گرفته شوند.

ب) توصیه می‌شود در زمان گرم کردن اولیه سیستم آب گرم افزایش دما در هر ساعت بیشتر از 25°F (15 psig افزایش فشار در هر ساعت) نباشد. گرم کردن اولیه آهسته به لوله‌کشی‌ها، تکیه‌گاه‌ها، گیره‌ها و ... اجازه می‌دهد تا خود را با انبساط سیستم تطبیق دهند.

ج) سیستم‌های آب گرم دما پایین (15 psig یا کمتر) باید به آهستگی و با افزایش دمای 25°F در هر ساعت (15 psig افزایش فشار در هر ساعت) گرم شوند تا زمانی که سیستم به دمای طراحی برسد.

د) سیستم‌های آب گرم دما متوسط و دما بالا (بالای 15 psig) باید تا دما-فشار $250^{\circ}\text{F} - 15\text{ psig}$ به آهستگی و با افزایش‌های 25°F در هر ساعت (15 psig افزایش فشار در هر ساعت) گرم شوند. سپس سیستم باید به مدت ۸ ساعت در همین دما نگاه داشته شود (بهتر است ساعات شب را برای این عمل در نظر بگیرید) تا اجزایی مانند لوله‌کشی‌ها، تکیه‌گاه‌ها، قلاب‌ها و ... خود را با انبساط سیستم تطبیق دهند. بعد از آن دمای سیستم تا رسیدن به فشار طراحی یا 120 psig به میزان 25 psig در هر ساعت افزایش داده شود. با هر افزایش و پیش از اعمال افزایش دمای جدید باید به سیستم به مدت یک ساعت زمان داده شود. چنانچه سیستم به فشار 120 psig رسیده باشد و فشار طراحی بیش از آن باشد، باید سیستم را به مدت ۸ ساعت در همین وضعیت نگاه داشت. بعد از آن دمای سیستم تا رسیدن به فشار 300 psig یا فشار طراحی به میزان 25 psig در هر ساعت افزایش داده شود. با هر افزایش و پیش از اعمال افزایش فشار جدید باید به سیستم به مدت یک ساعت زمان داده شود.

۱۶. سیستم‌های بخار را برای آغاز به کار در حال سرویس به شیرهای گرم کردن مطابق با جدول زیر مجهز نمایید. این کار به اپراتورها اجازه می‌دهد تا چنین سیستم‌هایی را به آهستگی و با پیشگیری از شوک ناگهانی یا بروز عیب شدید در سیستم در زمان باز بودن شیرهای بزرگ آن گرم نمایند. قرار دادن شیرهای گرم کردن همچنین فرسایش شیرهای بزرگ سیستم را وقتی تنها بخش کوچکی از آن‌ها در تلاش برای کنترل سرعت گرم شدن سیستم باز می‌باشد، کاهش می‌دهد.

۱۷. روند مربوط به شیرهای گرم کردن در سیستم‌های بخار (شکل ۲۷-۹):

الف) شیر گرم کردن در مسیر رفت به آرامی باز شود تا دبی برقرار شده و سیستم گرم شود.

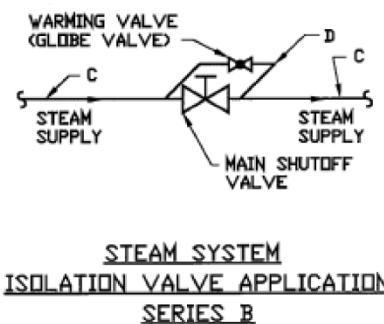
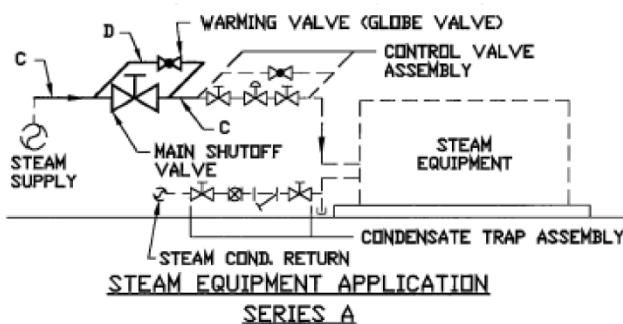
ب) هر زمان فشار و دمای سیستم پایدار گردید، مراحل زیر دنبال شوند:

۱. شیر اصلی خط رفت به آهستگی باز شود،

۲. شیر مربوط به گرم کردن مسیر رفت به آرامی بسته شود،

۳. شیر اصلی خط رفت را به آهستگی باز نمایید،

۴. شیر مربوط به گرم کردن خط اصلی را ببندید.



NOTES:

1. SERIES A WARMING VALVES COVER STEAM OR MEDIUM/HIGH-TEMPERATURE HEATING WATER SERVICE FOR SYSTEM OR EQUIPMENT WARM-UP BEFORE THE MAIN SHUTOFF VALVE TO THE SYSTEM OR DEVICE IS OPENED. WARMING VALVES ARE ALSO USED FOR BALANCING PRESSURES WHERE LINES ARE OF LIMITED VOLUME.
2. SERIES B WARMING VALVES COVER LINES CONVEYING GASES OR LIQUIDS WHERE BYPASSING MAY FACILITATE THE OPERATION OF THE MAIN VALVE BY BALANCING THE PRESSURES ON BOTH SIDES OF THE MAIN VALVE.

MAIN VALVE SIZE (C)	WARMING VALVE SIZE (D)	
	SERIES A WARMING VALVES	SERIES B WARMING VALVES
4'	1/2"	1"
5', 6'	3/4"	1-1/4"
8'	3/4"	1-1/2"
10'	1"	1-1/2"
12', 14'	1"	2"
16', 18', 20'	1"	3"
24', 30'	1"	4"
36', 42'	1"	6"
48', 54'	1"	8"
60', 72'	1"	10"
84', 96'	1"	12"

شکل ۲۷-۹ شیرهای گرم کردن سیستم بخار

شیرهای مسیر جانبی و گرم کردن

اندازه اسمی لوله شیر اصلی	اندازه اسمی لوله	
	سری الف - شیرهای گرم کردن	سری ب - شیرهای مسیر جانبی
4	1/2	1
5	3/4	1 1/4
6	3/4	1 1/4
8	3/4	1 1/2
10	1	1 1/2
12	1	2
14	1	2
16	1	3
18	1	3
20	1	3
24	1	4
30	1	4
36	1	6
42	1	6
48	1	8
54	1	8
60	1	10
72	1	10
84	1	12
96	1	12

ح) قطع‌کننده سطح پایین آب:

۱. اصلی: نوع شناوری
۲. فرعی: نوع پراب‌دار
۳. قطع‌کن سطح پایین آب باید توسط آزمون تبخیر مورد آزمایش قرار گیرد.
الف) بویلر در حالت نرخ پایین شعله قرار داده شود.
ب) ورود آب به بویلر قطع گردد.
ج) بهره‌برداری از بویلر تا زمانیکه سطح آب در آب‌نمای شیشه‌ای به پایین‌تر از نقطه عمل قطع‌کن برسد ولی همچنان قابل مشاهده باشد، ادامه پیدا کند.
آزمون تبخیر باید هر ۳۰ روز حداقل یک بار تکرار شود. اما، توصیه می‌شود این آزمون هر هفته برای کنترل کردن قطع‌کن سطح پایین آب ترتیب داده شود.
۴. بویلرهای کلاس I: در بویلرهای فایرتیوب، قطع‌کن سطح پایین آب 3" بالاتر از بالاترین ردیف لوله‌ها قرار می‌گیرد.
۵. بویلرهای کلاس IV: در بویلرهای فایرتیوب، قطع‌کن سطح پایین آب 0" تا 1/4" بالاتر از بالاترین ردیف لوله‌ها قرار می‌گیرد.
۶. آب باید همیشه در آب‌نمای شیشه‌ای قابل مشاهده باشد. چنانچه آب در آب‌نمای شیشه‌ای مشاهده نشود، مراحل زیر باید فوراً و یکی پس از دیگری به اجرا درآیند:
مشعل بویلر خاموش شود.
ورودی آب بویلر قطع گردد.
به بویلر زمان داده شود تا خنک گردد و سپس برای یافتن خطا یا آسیب احتمالی آن را مورد بازرسی قرار داد.

ط) دی‌اریتور یا مخزن آب تغذیه:

۱. هدف از بکارگیری دی‌اریتور یا مخزن آب تغذیه حذف اکسیژن، دی‌اکسید کربن، سولفید هیدروژن و دیگر گازهای غیرقابل کندانس و همچنین گرم کردن آب تغذیه بویلر می‌باشد.
۲. علاوه بر این، از آن‌ها برای پیش‌گرم آب تغذیه قبل از پمپ شدن به بویلر نیز استفاده می‌شود. سرد بودن آب تغذیه می‌تواند به موارد زیر بیانجامد:
الف) شوک حرارتی
ب) آب تغذیه غنی از اکسیژن که منجر به خوردگی خواهد شد.
۳. این تجهیزات باید اکسیژن موجود در آب را تا رسیدن به سطوح اندازه‌گیری شده در بخش‌هایی از هر بویلر (ppb) حذف نمایند.
۴. دی‌اریتورها باید در مواقع زیر بکار گرفته شوند:
الف) فشار سیستم 75 psi یا بیشتر باشد؛
ب) سیستم‌های بخار با ظرفیت آماده بکار کوچک یا بدون ظرفیت آماده بکار؛
ج) سیستم‌های وابسته به بهره‌برداری مداوم؛
د) سیستم نیازمند به 25% یا بیشتر آب تغذیه.

ی) تعیین اندازه پمپ‌های آب تغذیه، پمپ‌های برگشت‌کننده و پمپ‌های دریافت‌کننده کندانس:

۱. چنانچه بویلر کوچکتر از 50 psig باشد، پمپ‌های آب تغذیه یا برگشت‌کننده برای تخلیه در 5 psig بالاتر از فشار کاری انتخاب شوند.
۲. چنانچه بویلر بزرگتر از 50 psig باشد، پمپ‌های آب تغذیه یا برگشت‌کننده برای تخلیه در 10 psig بالاتر از فشار کاری انتخاب شوند.
۳. دریافت‌کننده‌های کندانس برای یک دقیقه ظرفیت خالص بر اساس دبی برگشت تعیین اندازه شوند.
۴. اندازه دریافت‌کننده‌های سیستم آب تغذیه بویلر برای ظرفیت بویلر (معمولا در ۱۰ دقیقه تخمین زده می‌شود) صورت می‌گیرد:

الف) سیستم دی‌اریتور: تغذیه به مدت ۱۰ دقیقه

ب) سیستم مخزن آب تغذیه: تغذیه به مدت ۱۵ دقیقه

۵. تعیین اندازه پمپ‌های کندانس بر اساس ۳ برابر دبی برگشت کندانس انجام می‌شود.

۶. پمپ‌های آب تغذیه بویلر و پمپ‌های انتقال بصورت زیر تعیین اندازه می‌شوند:

الف) پمپ‌های توربینی، بهره‌برداری تناوبی: ۲ برابر حداکثر نرخ تبخیر یا 0.14 GPM به ازای هر اسب بخار بویلر؛

ب) پمپ‌های سانتریفیوژ، بهره‌برداری مداوم: ۱.۵ برابر حداکثر نرخ تبخیر یا 0.104 GPM به ازای هر اسب بخار بویلر.

ج) ملاحظات انتخاب پمپ آب تغذیه بویلر و پمپ انتقالی:

۱. بهره‌برداری مداوم یا تناوبی؛
۲. دمای آب تغذیه یا کندانس؛
۳. دبی جریان (GPM)؛
۴. فشار تخلیه مورد نیاز: فشار بویلر به اضافه افت اصطکاکی لوله‌ها؛
۵. فشار مثبت خالص مورد نیاز در دهانه پمپ.

ک) سیستم‌های زیرآب‌زنی بویلر:

۱. زیرآب‌زنی از پایین: زیرآب‌زنی از پایین، که برخی اوقات زیرآب‌زنی دستی نیز خوانده می‌شود، برای حذف ذرات جامد معلق و رسوب‌هایی که بر کف بویلر نشست کرده‌اند، انجام می‌شود. چنانچه زیرآب‌زنی از پایین، بجای یک تخلیه طولانی مدت در قالب چند تخلیه کوتاه مدت صورت پذیرد، بسیار موثرتر خواهد بود. چرا که در فاصله زیرآب‌زنی‌ها ذرات معلق دیگری رسوب می‌کنند. نتیجه این روند، حذف مقدار بیشتری ذرات معلق با از دست دادن حداقل مقدار آب می‌باشد.
۲. زیرآب‌زنی سطحی: زیرآب‌زنی سطحی، که بعضی اوقات از آن بعنوان زیرآب‌زنی خودکار، زیرآب‌زنی پیوسته یا زیرآب‌زنی دوره‌ای نیز یاد می‌شود، بسته به چگونگی کنترل زیرآب‌زنی برای حذف ذرات جامد محلول، مواد روی آب و کف و بمنظور حفظ سطح مناسب رسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الف) خودکار:

۱. پرآب رسانی

۲. زمان سنج

ب) مداوم:

ج) دوره‌ای (دستی) با زمان.

ل) آبرسانی به سیستم بویلر بخار:

۱. بویلرها: $4.0 \text{ GPM}/1000 \text{ lbs/hr}$ هر کدام
۲. دی‌اریتورها/دستگاه تغذیه آب: $4.0 \text{ GPM}/1000 \text{ lbs/hr}$ هر کدام

م) سیستم‌های تزریق مواد شیمیایی برای بویلرهای بخار:

۱. pH سیستم، بطور معمول بین ۸ و ۹ می‌باشد.
۲. سطح اکسیژن، کمتر از 0.007 ppm (7 ppb)؛
۳. سطح دی‌اکسیدکربن؛
۴. رسوب؛
۵. خوردگی.

۲۸

فیلترها

۲۸-۱- مقدار گزارشی حداقل راندمان (*MERV*):

الف) *MERV* بیانگر میزان توانایی یک فیلتر در به دام انداختن ذرات ۰.۳ تا ۱۰ میکرون می‌باشد.

ب) مقادیر *MERV* برای مقایسه عملکرد فیلترهای مختلف بکار می‌رود.

ج) مقادیر *MERV* از یک روش تست ارائه شده در استاندارد *ASHRAE* به دست می‌آید.

د) هرچه مقدار *MERV* بالاتر باشد، فیلتر توانایی بیشتری در حذف ذرات از هوا دارد.

۲۸-۲- فیلترهای تخت یا مسطح:

الف) بازده: 30% - 20

ب) سرعت: 500 ft/min

ج) افت اولیه فشار: 0.25" WG

د) افت نهایی فشار: 0.50" WG

ه) اندازه‌های اسمی:

۱. ضخامت 1": 24 × 24; 20 × 25; 20 × 24; 20 × 20; 16 × 25; 16 × 20

۲. ضخامت 2": 24 × 24; 20 × 25; 20 × 24; 20 × 20; 18 × 24; 16 × 25; 16 × 20; 12 × 24

و) روش آزمایش: بر اساس دستورالعمل استاندارد *ASHRAE*

۲۸-۳- فیلترهای پلیسه‌دار:

الف) بازده:

الف) 30% - 25

ب) 65% - 60

ج) 85% - 80

د) 95% - 90

ب) سرعت: 500 ft/min

ج) افت اولیه فشار:

- الف) $0.25'' - 0.45'' WG$: 25 – 30%
- ب) $0.50'' WG$: 60 – 65%
- ج) $0.60'' WG$: 80 – 85%
- د) $0.70'' WG$: 90 – 95%

د) افت نهایی فشار:

- الف) $1.20'' WG$: 25 – 30%
- ب) $1.20'' WG$: 60 – 65%
- ج) $1.20'' WG$: 80 – 85%
- د) $1.20'' WG$: 90 – 95%

ه) اندازه‌های اسمی:

۱. ضخامت‌ها:

- ۱. $1; 2; 4$: 25 – 30%
- ۲. $4; 6; 12$: 60 – 65%
- ۳. $4; 6; 12$: 80 – 85%
- ۴. $4; 6; 12$: 90 – 95%

۲. اندازه‌ها:

- ۱. $24 \times 24; 20 \times 25; 20 \times 24; 20 \times 20; 18 \times 24; 16 \times 25; 16 \times 20; 12 \times 24$: 25 – 30%
- ۲. $24 \times 24; 20 \times 25; 20 \times 24; 20 \times 20; 18 \times 24; 16 \times 25; 16 \times 20; 12 \times 24$: 60 – 65%
- ۳. $24 \times 24; 20 \times 25; 20 \times 24; 20 \times 20; 18 \times 24; 16 \times 25; 16 \times 20; 12 \times 24$: 80 – 85%
- ۴. $24 \times 24; 20 \times 25; 20 \times 24; 20 \times 20; 18 \times 24; 16 \times 25; 16 \times 20; 12 \times 24$: 90 – 95%

و) روش آزمایش: بر اساس دستورالعمل استاندارد *ASHRAE*

۲۸-۴- فیلترهای کیسه‌ای:

الف) بازده:

- ۱. 40 – 45%
- ۲. 50 – 55%
- ۳. 60 – 65%

۴. 80 – 85%

۵. 90 – 95%

(ب) سرعت: 500 ft/min

(ج) افت اولیه فشار:

۱. 0.25" WG :40 – 45%

۲. 0.35" WG :50 – 55%

۳. 0.40" WG :60 – 65%

۴. 0.50" WG :80 – 85%

۵. 0.60" WG :90 – 95%

(د) افت نهایی فشار:

۱. 1.00" WG :40 – 45%

۲. 1.00" WG :50 – 55%

۳. 1.00" WG :60 – 65%

۴. 1.00" WG :80 – 85%

۵. 1.00" WG :90 – 95%

(ه) اندازه‌های اسمی:

۱. ضخامت‌ها:

الف) 40 – 45% :12; 15

ب) 50 – 55% :21; 22; 30; 37

ج) 60 – 65% :21; 22; 30; 37

د) 80 – 85% :21; 22; 30; 37

ه) 90 – 95% :21; 22; 30; 37

۲. اندازه‌ها:

الف) 40 – 45% : 24×24 ; 24×20 ; 20×25 ; 20×24 ; 20×20 ; $16 \times$

25 ; 16×20 ; 12×14

ب) 50 – 55% : 24×24 ; 24×20 ; 20×24 ; 20×20 ; 12×24

ج) 60 – 65% : 24×24 ; 24×20 ; 20×24 ; 20×20 ; 12×24

د) 80 – 85% : 24×24 ; 24×20 ; 20×24 ; 20×20 ; 12×24

ه) 90 – 95% : 24×24 ; 24×20 ; 20×24 ; 20×20 ; 12×24

(و) روش آزمایش: بر اساس دستورالعمل استاندارد *ASHRAE*

۲۸-۵- فیلترهای راندمان بالا برای هوای حاوی ذرات ریز:

الف) بازده: 99.97% برای ذرات با قطر 0.3 میکرون و بزرگتر

ب) سرعت: حداکثر 250 ft/min

ج) افت اولیه فشار:

۱. 0.50" WG :95%

۲. 1.00" WG :99.97 – 99.995%

د) افت نهایی فشار:

۱. 2.00" WG :95%

۲. 3.00" WG :99.97 – 99.995%

ه) اندازه‌های اسمی:

۱. ضخامت: 3; 5; 6; 12

۲. اندازه: 8×8 ; 12×12 ; 12×24 ; 16×20 ; 20×20 ; 24×12 ; 24×24 ; 24×30 ; 24×36 ; 24×48 ; 24×60 ; 24×72 ; 30×24 ; 30×30 ; 30×36 ; 30×48 ; 30×60 ; 30×72 ; 36×24 ; 36×30 ; 36×36 ; 36×48 ;

و) روش آزمایش: کره‌های $D.O.P$ یا لاتکس پلی‌استیرن (PSL)

۲۸-۶- فیلترهای هوا با نفوذ فوق‌العاده پایین:

الف) بازده: 99.9997% برای ذرات با قطر 0.12 میکرون و بزرگتر

ب) سرعت: حداکثر 250 ft/min

ج) افت اولیه فشار:

۱. 1.00" WG :99.997 – 99.9999%

د) افت نهایی فشار:

۲. 3.00" WG :99.997 – 99.9999%

ه) اندازه‌های اسمی:

۱. ضخامت: 3; 5; 6; 12

۲. اندازه: $8 \times 8; 12 \times 12; 12 \times 24; 16 \times 20; 20 \times 20; 24 \times 12; 24 \times 24; 24 \times 30; 24 \times 36; 24 \times 48; 24 \times 60; 24 \times 72; 30 \times 24; 30 \times 30; 30 \times 36; 30 \times 48; 30 \times 60; 30 \times 72; 36 \times 24 \times 36 \times 30; 36 \times 36; 36 \times 48;$

(و) روش آزمایش: کره‌های $D.O.P$ یا لاتکس پلی‌استیرن (PSL)

۷-۲۸- فیلترهای حلقه‌ای:

الف) بازده: $20 - 25\%$

ب) سرعت: 500 ft/min

ج) افت اولیه فشار:

۱. $0.2" \text{ WG}$: 20%

د) افت نهایی فشار:

۱. $0.45" \text{ WG}$: 20%

ه) اندازه‌های اسمی:

۱. ضخامت: 2

۲. اندازه:

الف) ارتفاع: $0" - 5'$ تا $0" - 15'$ با افزایش مرحله‌ای $4"$

ب) عرض: $0" - 3'$ تا $0" - 30'$ با افزایش مرحله‌ای $0" - 1'$

(و) روش آزمایش: بر اساس دستورالعمل استاندارد $ASHRAE$

۸-۲۸- فیلترهای کربنی:

الف) دسترسی جلو/عقب:

۱. سرعت: 500 ft/min

الف) افت فشار: $0.35" - 0.45"$

ب) اندازه‌های اسمی:

$24 \times 24 \times 24$: 90 lbs کربن به‌ازای هر 2000 CFM

$24 \times 12 \times 24$: 45 lbs کربن به‌ازای هر 1000 CFM

ج) اندازه سینی: 24×24

۲. سرعت: 250 ft/min

الف) افت فشار: $0.30'' - 0.40''$

ب) اندازه‌های اسمی:

$24 \times 24 \times 8$ 30 lbs کربن به‌ازای هر 1000 CFM

$24 \times 12 \times 8$ 15 lbs کربن به‌ازای هر 500 CFM

ج) اندازه سینی: 24×8

ب) دسترسی جانبی:

۱. سرعت: 500 ft/min

الف) افت فشار: $0.35'' - 0.45''$

ب) اندازه‌های اسمی:

$24 \times 24 \times 24$ 108 lbs کربن به‌ازای هر 2000 CFM

ج) اندازه سینی: 12×24

ج) روش آزمایش: بر اساس دستورالعمل استاندارد *ASHRAE*

۲۸-۹- پاک‌کننده الکترونیکی هوا:

الف) بازده: $30 - 40\%$

ب) سرعت: 625 ft/min

ج) افت اولیه فشار:

۱. $0.26'' \text{ WG}$:90%

د) افت نهایی فشار:

۱. $0.50'' \text{ WG}$:90%

ه) اندازه‌های اسمی:

۱. ضخامت: $0'' - 2'$ تا $0'' - 4'$

۲. اندازه:

الف) ارتفاع: "4 - 2' تا "8 - 15' با افزایش مرحله‌ای "4
ب) عرض: "8 - 2' تا "8 - 18' با افزایش مرحله‌ای "0 - 1'

و) روش آزمایش: بر اساس دستورالعمل استاندارد ASHRAE

۲۸-۱۰ - خصوصیات فیلترها:

الف) قابلیت‌های حذف فیلترها:

۱. حالت ریز $2.5 >$ میکرون
۲. حالت درشت $2.5 \leq$ میکرون
۳. قابل استنشاق $10.0 >$ میکرون
۴. غیر قابل استنشاق $10.0 \leq$ میکرون

ب) فاکتورهای طراحی فیلتر:

۱. درجه مورد نیاز پاکسازی هوا
۲. شکل و اندازه ذرات/آلاینده‌گی‌ها
۳. غلظت
۴. هزینه (اولیه و نگهداری)
۵. الزامات فضا
۶. افت فشار/مصرف انرژی

ج) خصوصیات فیلتر

۱. بازده: توانایی فیلتر برای حذف ذرات/آلاینده‌گی‌ها.
۲. مقاومت جریان هوا: افت فشار استاتیک فیلتر.
۳. ظرفیت نگهداشت ذرات: مقدار ذرات/آلاینده‌گی‌هایی که فیلتر می‌تواند پیش از افت قابل توجه بازده در خود نگاه دارد.

د) دسته‌بندی فیلترها:

۱. فیلترهای کلاس ۱: فیلترهایی که در زمان تمیز بودن و هنگام مواجهه با شعله، با سوخت سهیم نشده و تنها مقادیری جزئی دود از آن‌ها متصاعد می‌شود.
۲. فیلترهای کلاس ۲: فیلترهایی که در زمان تمیز بودن و هنگام مواجهه با شعله، به طور ملایم سوخته و یا مقادیری دود از خود متصاعد می‌کنند.
۳. ذرات به دام افتاده در فیلترها از فرآیند احتراق پشتیبانی می‌کنند و دود بیشتری از خود فیلتر تولید می‌نمایند.

۲۹

عملیات تصفیه آب
و تزریق مواد شیمیایی

۲۹-۱- عملیات تصفیه آب و تزریق مواد شیمیایی

الف) کلیات:

۱. اهداف عملیات تصفیه آب:

- الف) جلوگیری از تشکیل رسوب‌های سخت و گل و لای و لجن نرم؛
- ب) جلوگیری از خوردگی و ایجاد حفره‌های ریز؛
- ج) محافظت از فلزات بویلر، لوله‌کشی‌ها و تجهیزات؛
- د) جلوگیری از حمل آب و ذرات توسط بخار.

۲. عوامل کنترل خوردگی و رسوب/ته‌نشست:

الف) سطح pH : با افزایش pH آب سیستم (حرکت به سمت انتهای قلیایی خط مقیاس) خاصیت خوردگی آب کاهش پیدا می‌کند. اما، با افزایش مقدار pH میزان تشکیل رسوبات افزایش پیدا می‌کند.
ب) سختی: با افزایش سختی آب سیستم خاصیت خوردگی آب کاهش و میزان تشکیل رسوبات افزایش پیدا می‌کند.

ج) دما: در صورت افزایش دمای سیستم، میزان خوردگی آب افزایش می‌یابد. علاوه‌براین، میزان تشکیل رسوبات نیز با افزایش دمای آب، افزایش پیدا می‌کند. نرخ خوردگی با هر $20^{\circ}F$ افزایش دمای آب، دو برابر می‌شود.
د) آلودگی‌ها: هر چه آلودگی‌ها و رسوبات موجود در آب سیستم بیشتر باشد، شانس تشکیل رسوبات جدید بیشتر خواهد بود. این آلودگی‌ها شامل کلسیم، منیزیم، مواد بیولوژیک (جلبک، قارچ و باکتری)، خاک، گل و لای، خاک رس، آلاینده‌های طبیعی (روغن‌ها)، سیلیس، آهن و محمولات جانبی رسوبات می‌باشند.

۳. حدود عملیات تصفیه آب:

- الف) اکسیژن: کمتر از $0.007 ppm$ ($7 ppb$)
- ب) سختی: کمتر از $5.0 ppm$
- ج) ذرات معلق: کمتر از $0.15 ppm$
- د) pH : معمولاً بین ۸ و ۹
- ه) سیلیس: کمتر از $150 ppm$
- و) جامدهای محلول: کمتر از $7000 \mu mho/cm$

۴. مقایسه منابع آب:

الف) آب سطحی:

- ۱. جامدهای معلق بالا؛
- ۲. گازهای محلول بالا؛
- ۳. جامدهای محلول پایین.

ب) آب چاه:

- ۱. جامدهای محلول بالا؛
- ۲. جامدهای معلق پایین؛
- ۳. گازهای محلول پایین.

۵. جامدهای معلق:

الف) خاک؛

ب) گل و لای؛

ج) رشد مواد بیولوژیک؛

د) نباتات؛

ه) مواد آلی حل‌ناپذیر؛

و) مواد غیر قابل حل؛

ز) آهن.

۶. سختی، میزان کلسیم و منیزیم موجود در آب را اندازه می‌گیرد.

۷. خاصیت قلیایی، توانایی آب در خنثی‌سازی اسید قوی را بیان می‌کند.

۸. رسوب، نتیجه نشست نمک‌های سخت بر روی سطوح مبدل حرارتی است.

۹. خوردگی، حل شدن یا فرسوده شدن فلزات می‌باشد:

الف) خوردگی عمومی: در اثر شرایط اکسیدی رخ می‌دهد.

ب) خوردگی در زیر رسوبات: از راکد ماندن ماده خارجی بر سطح فلز نشأت می‌گیرد.

ج) فرسایش: در اثر جریان آشفته آب ایجاد می‌شود.

د) خوردگی با ایجاد حفره: در نتیجه حضور اکسیژن روی می‌دهد.

ه) خوردگی گالوانیک: واکنش الکتروشیمیایی میان فلزات غیرمشابه است.

۱۰. مشکلات ناشی از کیفیت پایین آب:

الف) رسوب و ته‌نشینی؛

ب) کاهش بازده/انتقال حرارت؛

ج) معیوب شدن تجهیزات/خاموشی‌های برنامه‌ریزی نشده؛

د) خوردگی؛

ه) سوختن یا رسوب‌گیری لوله‌ها؛

و) حمل آب یا ذرات توسط بخار.

۱۱. انواع مواد شیمیایی:

الف) بازدارنده‌های رسوب:

۱. *Phosphonate*

۲. *Polyacrylate*

۳. *Polymethacrylate*

۴. *Polyphosphate*

۵. *Polymaleic Acid*

۶. *Sulfuric Acid*

ب) زیست‌کش‌ها:

۱. اکسیداسیون:

الف) *Chlorine*

ب) *Chlorine Dioxide*

ج) *Bromine*

د) *Ozone*

۲. بدون اکسیداسیون:

الف) *Carbamate*

ب) *Organo – Bromide*

ج) *Methylenebis – Thiocyanate*

د) *Isothiazoline*

ه) *Quartarnary Ammonium Salts*

و) *Organo – Tin/Quartarnary Ammonium Salts*

ز) *Glutaraldehyde*

ح) *Dodecylguanidine*

ط) *Triazine*

ی) *Thiocynates*

ک) *Quartarnary Ammonium Metalics*

۳. در استفاده از زیست‌کش‌ها باید به تناوب از زیست‌کش‌های با اکسیداسیون و زیست‌کش‌های

بدون اکسیداسیون استفاده نمود تا حداکثر بازدهی حاصل شود.

ج) بازدارنده‌های خوردگی:

۱. *Molybdate*

۲. *Nitrite*

۳. *Aromatic Azoles*

۴. *Chromate*

۵. *Polyphosphate*

۶. *Zinc*

۷. *Orthophosphate*

۸. *Benzotriazole*, بازدارنده خوردگی مس

۹. *Tolyltriazole*, بازدارنده خوردگی مس

۱۰. *Silicate*, بازدارنده خوردگی مس و فولاد

د) پراکنده‌سازها: برای جلوگیری از نشست ذرات جامد معلق و محلول یا تشکیل رسوب در سیستم مورد استفاده

قرار می‌گیرند. این مواد همچنین رسوبات موجود را حذف کرده و میزان اثرگذاری زیست‌کش‌ها را بهبود

می‌بخشند.

۱. *Polyacrylate*

۲. *Polymethacrylate*

۳. *Polymaleic Acid*

۴. *Surfactants*

۱۲. استفاده از کوبن‌های خوردگی در سیستم‌های هیدرونیک بسته و باز بمنظور پایش میزان خوردگی توصیه می‌شود.

۱۳. استفاده از فیلتراسیون جانبی بخار برای حفظ پاکیزگی سیستم توصیه می‌گردد. اندازه فیلترها باید طوری تعیین شود که قادر

به فیلتر کردن حجم کلی سیستم به تعداد ۳ تا ۵ بار در روز باشد.

۲-۲۹ - عملیات شیمیایی سیستم بسته (آب گرمایش):

الف) هدف از عملیات شیمیایی جلوگیری از خوردگی و کنترل موارد زیر می‌باشد:

۱. تشکیل رسوب؛
۲. خوردگی؛
۳. pH سیستم.

ب) انواع مواد شیمیایی مورد استفاده در سیستم‌های بسته:

۱. بازدارنده‌های رسوب؛
۲. بازدارنده‌های خوردگی؛
۳. پراکنده‌سازها.

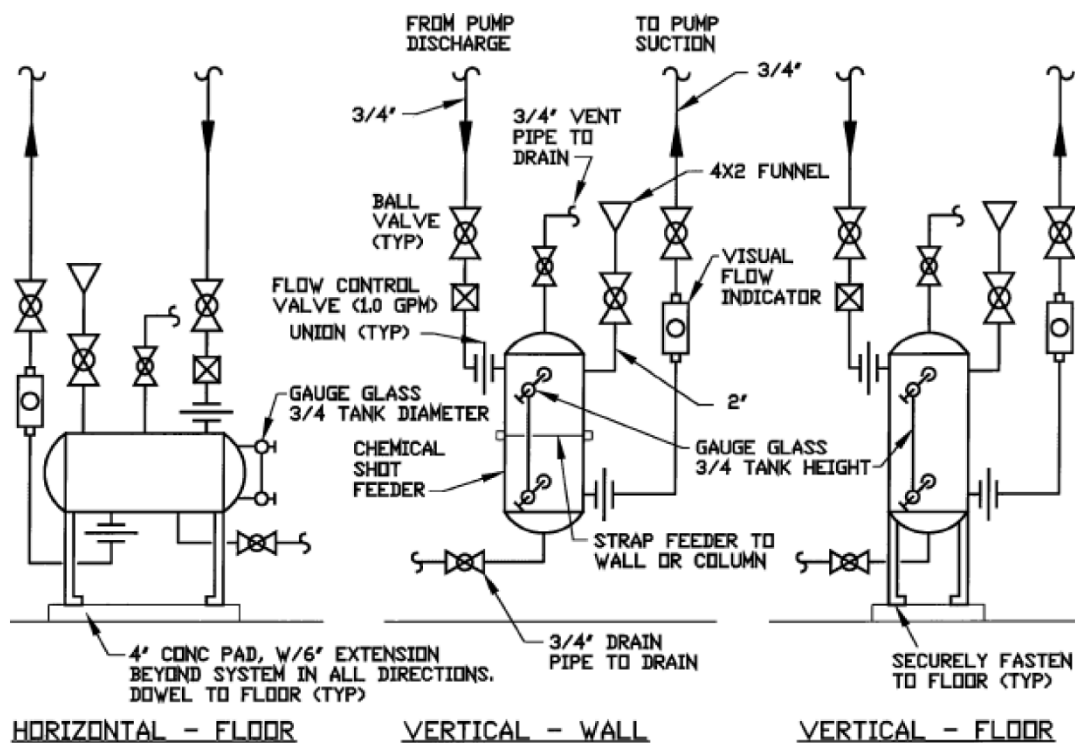
ج) متداول‌ترین مواد شیمیایی مورد استفاده:

۱. *Molybdate*

۲. بازدارنده‌های بر پایه *Nitrite*

د) آنالیز آب باید حداقل یک بار در سال انجام شود، ولی بهتر است آن را بسته به میزان آب از دست رفته سیستم هر شش ماه یا سه ماه انجام داد.

ه) در رابطه با اجزای مورد استفاده در عملیات شیمیایی یک سیستم بسته به شکل ۱-۲۹ مراجعه نمایید.



شکل ۱-۲۹ تزریق مواد شیمیایی به سیستم بسته

۳-۲۹ - عملیات شیمیایی سیستم باز (سیستم کندانسور):

الف) هدف از عملیات شیمیایی جلوگیری از خوردگی و کنترل موارد زیر می‌باشد:

۱. تشکیل رسوب؛

۲. ته نشست؛

الف) ذرات؛

ب) رشد بیولوژیک؛

۳. خوردگی؛

۴. pH سیستم.

ب) انواع مواد شیمیایی مورد استفاده در سیستم‌های بسته:

۱. بازدارنده‌های رسوب؛

۲. زیست‌کش‌ها؛

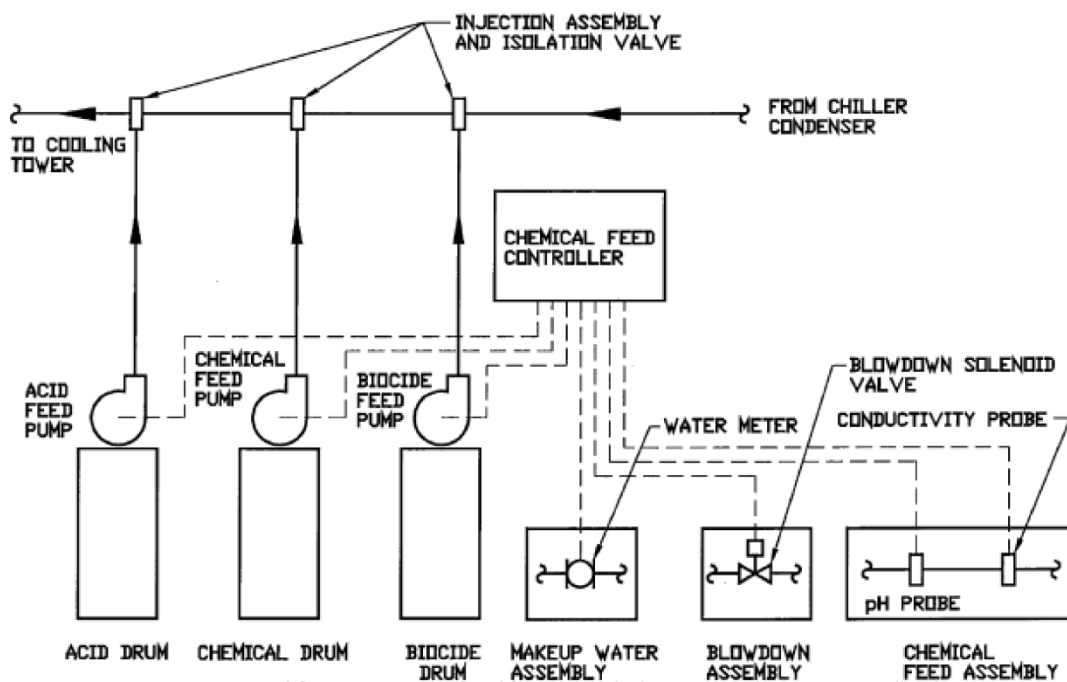
۳. بازدارنده‌های خوردگی؛

۴. پراکنده‌سازها.

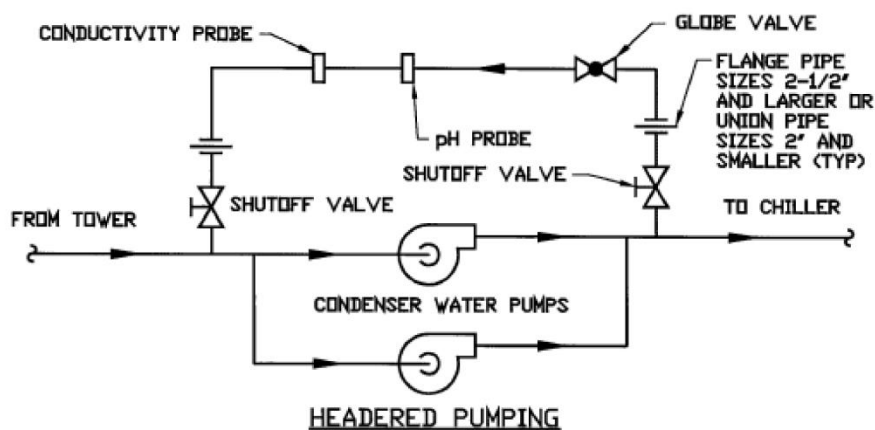
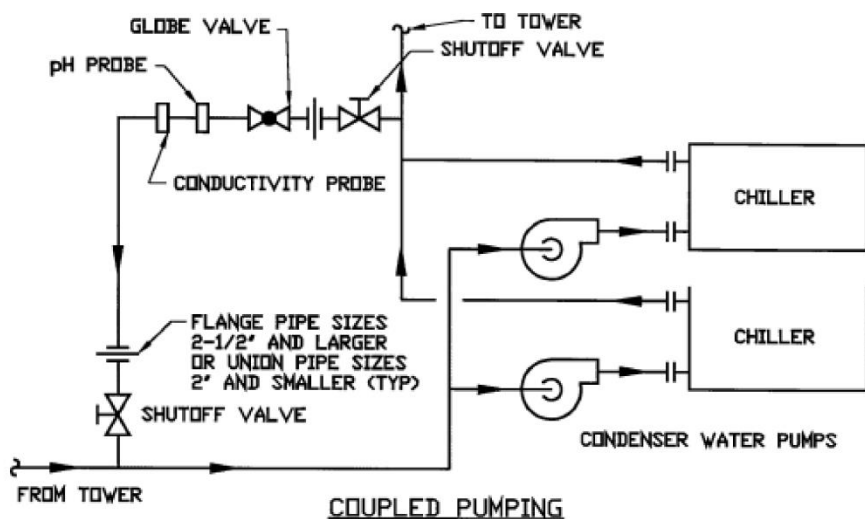
ج) آنالیز آب باید حداقل دو بار در سال انجام شود، ولی بهتر است آن را هر سه ماه انجام داد.

د) آنالیز آب سیستم باید حداقل یک بار در هفته صورت گیرد.

ه) در رابطه با اجزای مورد استفاده در عملیات شیمیایی یک سیستم باز به شکل‌های ۲-۲۹ و ۳-۲۹ مراجعه نمایید.



شکل ۲-۲۹ عملیات تزریق مواد شیمیایی سیستم باز



- NOTES:**
- SHUTOFF VALVES SHALL BE:
 2' & SMALLER: BALL (FULL PORT) OR PLUG VALVES
 2-1/2' & LARGER: BUTTERFLY OR PLUG VALVES.

شکل ۲۹-۳ تجهیزات کنترل تزریق مواد شیمیایی سیستم باز

۴-۲۹- عملیات شیمیایی سیستم بخار:

الف) هدف از عملیات شیمیایی جلوگیری از و کنترل موارد زیر می‌باشد:

- تشکیل رسوب؛
- خوردگی؛ (نگرانی اصلی)
- pH سیستم.

ب) انواع مواد شیمیایی مورد استفاده در سیستم‌های بسته:

- بازدارنده‌های رسوب؛
- بازدارنده‌های خوردگی؛
- پراکنده‌سازها.

ج) تجهیزات عملیات بهبود آب سیستم بخار:

۱. عملیات مقدماتی:

الف) سختی گیرها؛

ب) فیلترها؛

ج) تنظیم pH ؛

د) دستگاه‌های RO .

ه) در رابطه با عملیات شیمیایی سیستم‌های بخار به شکل‌های ۲۹-۴ و ۲۹-۵ مراجعه نمایید. شکل ۲۹-۴ تمامی اجزای بالقوه عملیات بهبود آب را نشان می‌دهد؛ اما، بسیاری از سیستم‌های بخار تنها به سختی‌گیری آب نیاز دارند.

۲. پیش از بویلر: عملیات بهبود سیستم آب تغذیه (دی‌اریتورها، مخزن آب تغذیه):

الف) یک روبنده اکسیژن باید وارد مخزن ذخیره شده باشد. ایده‌آل‌ترین مکان برای وارد کردن روبنده اکسیژن، مخزن می‌باشد. چرا که حداکثر زمان واکنش را فراهم آورده و از مخزن، پمپ‌ها و سیستم لوله‌کشی محافظت می‌کند.

ب) می‌توان یک روبنده اکسیژن را وارد خط تامین آب نمود، منتها این کار توصیه نمی‌شود.

ج) مواد شیمیایی روبنده اکسیژن (به جدول زیر مراجعه نمایید):

۱. *Sodium Sulphite*: سیستم‌های فشار پایین و فشار متوسط

۲. *Hydrazine*: سیستم‌های فشار متوسط و فشار بالا

سطوح آب تغذیه	سطوح بویلر	روبنده اکسیژن
10 – 15 ppm	30 – 60 ppm	<i>Sodium Sulphite</i>
0.05 – 0.1 ppm	0.1 – 0.2 ppm	<i>Hydrazine</i>

۳. بویلر: برنامه عملیات مواد آلی:

الف) مواد شیمیایی کنترل رسوب باید مستقیماً به داخل بویلر تزریق شوند، ولی می‌توان آن‌ها را داخل مخزن آب تغذیه یا خط آب تغذیه نیز تزریق نمود.

ب) متداول‌ترین: *Polymers*

ج) *Phosphonate*

۴. پس از بویلر: لوله‌های بخار و کندانس:

الف) *Amines*

ب) محل تزریق:

۱. بهترین مکان: هدر بویلر؛

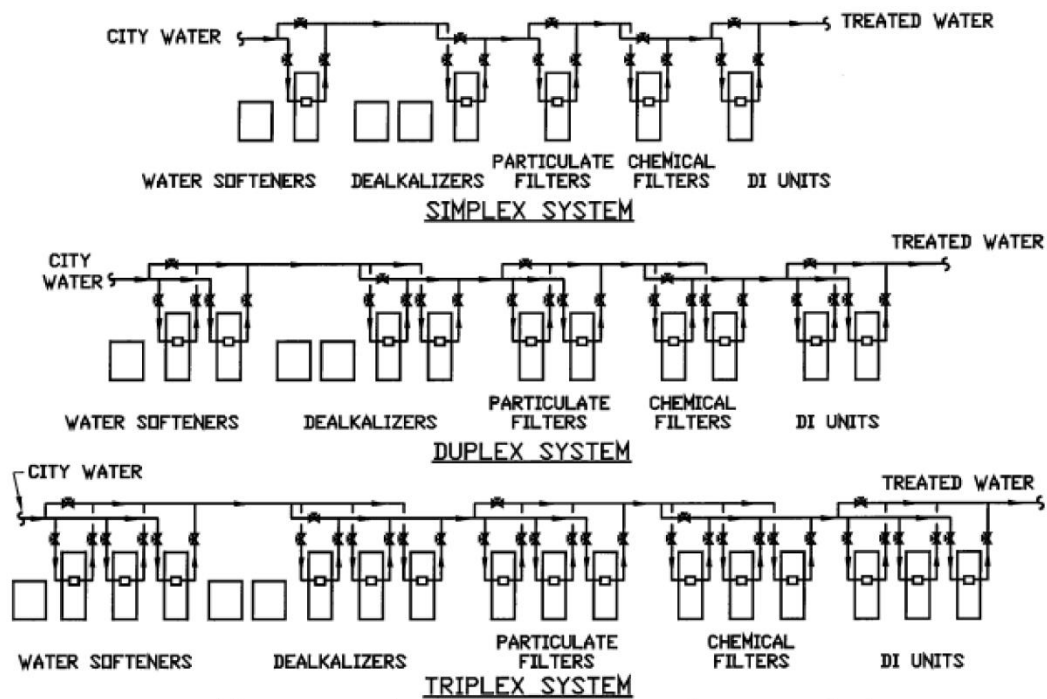
۲. بویلر؛

۳. بدترین مکان: آب تغذیه، توصیه نمی‌شود.

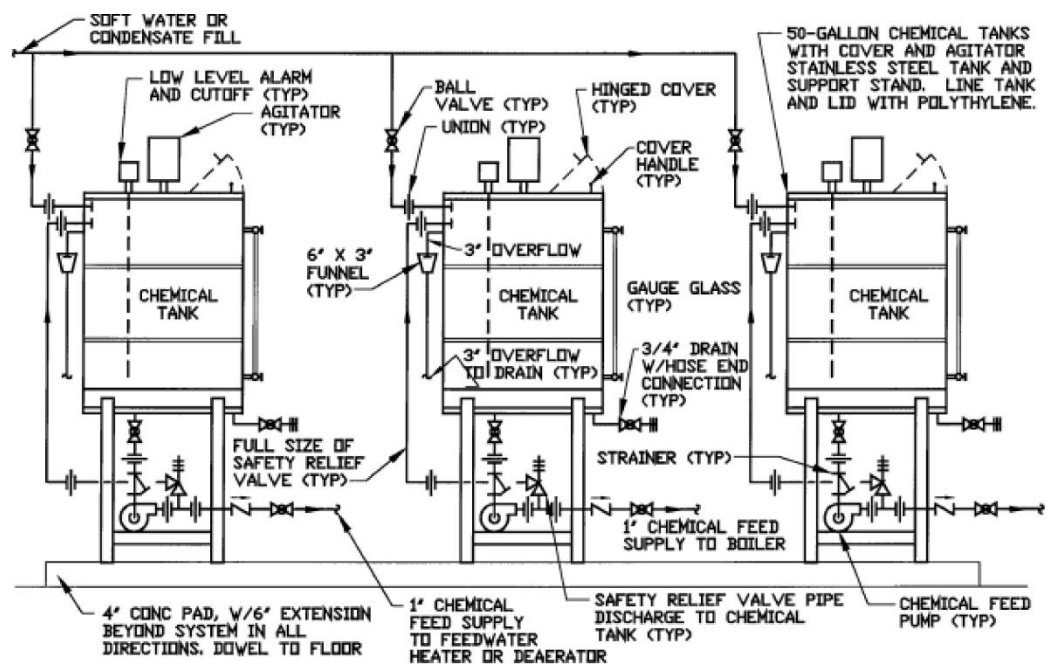
۴. این مواد شیمیایی را می‌توان بمنظور حفاظت محلی بهتر در هر مکانی در طول لوله‌کشی بخار، بخصوص لوله‌کشی‌های طویل، تزریق نمود.

(د) آنالیز آب باید حداقل دو بار در سال انجام شود، ولی بهتر است آن را هر سه ماه انجام داد.

(ه) آنالیز آب سیستم باید حداقل یک بار در هفته صورت گیرد.



شکل ۲۹-۴ تصفیه آب در سیستم بخار



شکل ۲۹-۵ سیستم تزریق مواد به بویلر بخار و آب تغذیه

۳



خصوصیات هوا

۳۰-۱- خصوصیات ترمودینامیکی مخلوط هوا/بخار آب

الف) تعاریف سایکرومتریک:

۱. دمای حباب خشک: دمای هوای قرائت شده بر روی دماسنج استاندارد. واحد: °FDB، علامت: T_{DB} or DB .
۲. دمای حباب مرطوب: دمای نشان داده شده توسط دماسنجی که حباب آن با یک فتیله مرطوب پوشانده شده و در معرض هوایی با سرعت 1000 ft/min قرار داده شده باشد. واحد: °FWB، علامت: T_{WB} or WB .
۳. نسبت رطوبت: وزن بخار آب در هر پوند هوای خشک، تحت نام رطوبت مخصوص نیز شناخته می‌شود. واحد: $Gr. H_2O/lbs DA$ یا $lbs H_2O/lbs DA$. علامت: W .
۴. آنتالپی: یک خصوصیت ترمودینامیکی است که به صورت مقیاسی از محتوای حرارت بالاتر از دمای مرجع (هوا 0°F و آب 32°F) تعریف می‌شود. واحد: $Btu/lbs DA$ یا $Btu/lbs H_2O$. علامت: h .
۵. حجم مخصوص: فوت مکعب مخلوط هوا/بخار آب به ازای هر پوند هوای خشک. واحد: $Gft^3/lbs DA$. علامت: SpV .
۶. دمای نقطه شبنم: دمایی که در آن رطوبت شروع به چگالیده شدن از هوا می‌کند. واحد: °FDP، علامت: T_{DP} or DP .
۷. رطوبت نسبی: نسبت بخار آب در مخلوط هوا/بخار آب به بخار آب در مخلوط اشباع هوا/بخار آب. واحد: %RH، علامت: RH .
۸. حرارت محسوس: حرارتی که منجر به افزایش دما می‌شود. واحد: Btu/hr . علامت: H_S .
۹. حرارت نهان: حرارتی که باعث تغییر در فاز (مثلا تبدیل آب مایع به بخار آب) می‌گردد. واحد: Btu/hr . علامت: H_L .
۱۰. حرارت کلی: مجموع حرارت محسوس و حرارت نهان. واحد: Btu/hr . علامت: H_T .
۱۱. نسبت حرارت محسوس: نسبت حرارت محسوس به حرارت کلی. علامت: SHR .
۱۲. فشار بخار: فشار اعمالی توسط بخار آب در هوا. واحد: $in Hg$. علامت: P_W .
۱۳. فشار استاندارد بارومتریک: فشار در سطح دریا ($29.921 \text{ in Hg} = 14.7 \text{ psi}$).

ب) خصوصیات ترمودینامیکی مخلوط هوا/بخار آب:

حرارت مخصوص ($Btu/lbs \text{ } ^\circ F$)	محدوده دما ($^\circ F$)
0.240	-80 - 129
0.241	130 - 215
0.242	216 - 280
0.243	281 - 330
0.244	331 - 370
0.245	371 - 400
0.246	401 - 440
0.247	441 - 460
0.248	461 - 470
0.249	471 - 500

ویژگی‌های ترمودینامیکی هوای مرطوب در 14.696 psia

دما	نسبت رطوبت		حجم مخصوص			آنتالپی		
			$ft^3/lbs DA$			$Btu/lbs DA$		
°F	$Grains/lbs DA$	$lbs/lbs DA$	v_a	v_{as}	v_s	h_a	h_{as}	h_s
-80	0.0343	0.0000049	9.553	0.000	9.553	-19.221	0.005	-19.215
-79	0.0371	0.0000053	9.579	0.000	9.579	-18.980	0.005	-18.975
-78	0.0399	0.0000057	9.604	0.000	9.604	-18.740	0.006	-18.734
-77	0.0434	0.0000062	9.629	0.000	9.629	-18.500	0.007	-18.493
-76	0.0469	0.0000067	9.655	0.000	9.655	-18.259	0.007	-18.252
-75	0.0504	0.0000072	9.680	0.000	9.680	-18.019	0.007	-18.011
-74	0.0543	0.0000078	9.705	0.000	9.705	-17.778	0.008	-17.770
-73	0.0588	0.0000084	9.731	0.000	9.731	-17.538	0.009	-17.529
-72	0.0630	0.0000090	9.756	0.000	9.756	-17.298	0.010	-17.288
-71	0.0679	0.0000097	9.781	0.000	9.781	-17.057	0.010	-17.047
-70	0.0728	0.0000104	9.807	0.000	9.807	-16.806	0.011	-16.817
-69	0.0784	0.0000112	9.832	0.000	9.832	-16.577	0.012	-16.565
-68	0.0840	0.0000120	9.858	0.000	9.858	-16.336	0.013	-16.324
-67	0.0903	0.0000129	9.883	0.000	9.883	-16.096	0.013	-16.083
-66	0.0973	0.0000139	9.908	0.000	9.908	-15.856	0.015	-15.841
-65	0.1043	0.0000149	9.934	0.000	9.934	-15.616	0.015	-15.600
-64	0.1120	0.0000160	9.959	0.000	9.959	-15.375	0.017	-15.359
-63	0.1204	0.0000172	9.984	0.000	9.984	-15.117	0.018	-15.135
-62	0.1288	0.0000184	10.010	0.000	10.010	-14.895	0.019	-14.876
-61	0.1386	0.0000198	10.035	0.000	10.035	-14.654	0.021	-14.634
-60	0.1484	0.0000212	10.060	0.000	10.060	-14.414	0.022	-14.392
-59	0.1590	0.0000227	10.085	0.000	10.085	-14.174	0.024	-14.150
-58	0.1701	0.0000243	10.111	0.000	10.111	-13.933	0.025	-13.908
-57	0.1820	0.0000260	10.136	0.000	10.136	-13.693	0.027	-13.666
-56	0.1953	0.0000279	10.161	0.000	10.161	-13.453	0.029	-13.424
-55	0.2086	0.0000298	10.187	0.000	10.187	-13.213	0.031	-13.182
-54	0.2233	0.0000319	10.212	0.001	10.213	-12.972	0.033	-12.939
-53	0.2387	0.0000341	10.237	0.001	10.238	-12.732	0.035	-12.697
-52	0.2555	0.0000365	10.263	0.001	10.263	-12.492	0.038	-12.454
-51	0.2730	0.0000390	10.288	0.001	10.289	-12.251	0.041	-12.211
-50	0.2912	0.0000416	10.313	0.001	10.314	-12.011	0.043	-11.968
-49	0.3115	0.0000445	10.339	0.001	10.340	-11.771	0.046	-11.725
-48	0.3325	0.0000475	10.364	0.001	10.365	-11.531	0.050	-11.481
-47	0.3549	0.0000507	10.389	0.001	10.390	-11.290	0.053	-11.237
-46	0.3787	0.0000541	10.415	0.001	10.416	-11.050	0.056	-10.994
-45	0.4039	0.0000577	10.440	0.001	10.441	-10.810	0.060	-10.750
-44	0.4305	0.0000615	10.465	0.001	10.466	-10.570	0.064	-10.505
-43	0.4592	0.0000656	10.491	0.001	10.492	-10.329	0.068	-10.261
-42	0.4893	0.0000699	10.516	0.001	10.517	-10.089	0.073	-10.016
-41	0.5208	0.0000744	10.541	0.001	10.543	-9.849	0.078	-9.771

ویژگی‌های ترمودینامیکی هوای مرطوب در 14.696 psia

دما	نسبت رطوبت		حجم مخصوص			آنتالپی		
			$ft^3/lbs DA$			$Btu/lbs DA$		
°F	Grains /lbs DA	lbs/lbs DA	v_a	v_{as}	v_s	h_a	h_{as}	h_s
-40	0.551	0.0000793	10.567	0.001	10.568	-9.609	0.083	-9.526
-39	0.5908	0.0000844	10.592	0.001	10.593	-9.368	0.088	-9.280
-38	0.6286	0.0000898	10.617	0.002	10.619	-9.128	0.094	-9.034
-37	0.6692	0.0000956	10.643	0.002	10.644	-8.888	0.100	-8.788
-36	0.7119	0.0001017	10.668	0.002	10.670	-8.648	0.106	-8.541
-35	0.7567	0.0001081	10.693	0.002	10.695	-8.407	0.113	-8.294
-34	0.8050	0.0001150	10.719	0.002	10.721	-8.167	0.120	-8.047
-33	0.8554	0.0001222	10.744	0.002	10.746	-7.927	0.128	-7.799
-32	0.9086	0.0001298	10.769	0.002	10.772	-7.687	0.136	-7.551
-31	0.9653	0.0001379	10.795	0.002	10.797	-7.447	0.145	-7.302
-30	2.0255	0.0001465	10.820	0.003	10.822	-7.206	0.154	-7.053
-29	1.0885	0.0001555	10.845	0.003	10.848	-6.966	0.163	-6.803
-28	1.1550	0.0001650	10.871	0.003	10.873	-6.726	0.173	-6.553
-27	1.2257	0.0001751	10.896	0.003	10.899	-6.486	0.184	-6.302
-26	1.3006	0.0001858	10.921	0.003	10.924	-6.245	0.195	-6.051
-25	1.3790	0.0001970	10.947	0.003	10.950	-6.005	0.207	-5.798
-24	1.4616	0.0002088	10.972	0.004	10.976	-5.765	0.220	-5.545
-23	1.5498	0.0002214	10.997	0.004	11.001	-5.525	0.233	-5.292
-22	1.6422	0.0002346	11.022	0.004	11.027	-5.284	0.247	-5.038
-21	1.7395	0.0002485	11.048	0.004	11.052	-5.044	0.261	-4.783
-20	1.8424	0.0002632	11.073	0.005	11.078	-4.804	0.277	-4.527
-19	1.9502	0.0002786	11.098	0.005	11.103	-4.564	0.293	-4.271
-18	2.0650	0.0002950	11.124	0.005	11.129	-4.324	0.311	-4.013
-17	2.1847	0.0003121	11.149	0.006	11.155	-4.083	0.329	-3.754
-16	2.3121	0.0003303	11.174	0.006	11.180	-4.843	0.348	-3.465
-15	2.4451	0.0003493	11.200	0.006	11.206	-3.603	0.368	-3.235
-14	2.5858	0.0003694	11.225	0.007	11.232	-3.363	0.390	-2.973
-13	2.7335	0.0003905	11.250	0.007	11.257	-3.123	0.412	-2.710
-12	2.8896	0.0004128	11.276	0.007	11.283	-2.882	0.436	-2.447
-11	3.0534	0.0004362	11.301	0.008	11.309	-2.642	0.460	-2.182
-10	3.2256	0.0004608	11.326	0.008	11.335	-2.402	0.487	-1.915
-9	3.4069	0.0004867	11.351	0.009	11.360	-2.162	0.514	-1.647
-8	3.5973	0.0005139	11.377	0.009	11.386	-1.922	0.543	-1.378
-7	3.7975	0.0005425	11.402	0.010	11.412	-1.681	0.574	-1.108
-6	4.0082	0.0005726	11.427	0.010	11.438	-1.441	0.606	-0.835
-5	4.2287	0.0006041	11.453	0.011	11.464	-1.201	0.640	-0.561
-4	4.4611	0.0006373	11.478	0.012	11.490	-0.961	0.675	-0.286
-3	4.7054	0.0006722	11.503	0.012	11.516	-0.721	0.712	-0.008
-2	4.9616	0.0007088	11.529	0.013	11.542	-0.480	0.751	0.271
-1	5.2304	0.0007472	11.554	0.014	11.568	-0.240	0.792	0.552

ویژگی‌های ترمودینامیکی هوای مرطوب در 14.696 psia

دما	نسبت رطوبت		حجم مخصوص			آنتالپی		
			$ft^3/lbs DA$			$Btu/lbs DA$		
°F	Grains /lbs DA	lbs/lbs DA	v_a	v_{as}	v_s	h_a	h_{as}	h_s
0	5.5125	0.0007875	11.579	0.015	11.594	0.000	0.835	0.835
1	5.8086	0.0008298	11.604	0.015	11.620	0.240	0.880	1.121
2	6.1194	0.0008742	11.630	0.016	11.646	0.480	0.928	1.408
3	6.4449	0.0009207	11.655	0.017	11.672	0.721	0.978	1.699
4	6.7865	0.0009665	11.680	0.018	11.699	0.961	1.030	1.991
5	7.1449	0.0010207	11.706	0.019	11.725	1.201	1.085	2.286
6	7.5201	0.0010743	11.731	0.020	11.751	1.441	1.143	2.584
7	7.9142	0.0011306	11.756	0.021	11.778	1.681	1.203	2.884
8	8.3265	0.0011895	11.782	0.022	11.804	1.922	1.266	3.188
9	8.7584	0.0012512	11.807	0.024	11.831	2.162	1.332	3.494
10	9.2106	0.0013158	11.832	0.025	11.857	2.402	1.402	3.804
11	9.6845	0.0013835	11.857	0.026	11.884	2.642	1.474	4.117
12	10.1808	0.0014544	11.883	0.028	11.910	2.882	1.550	4.433
13	10.7002	0.0015286	11.908	0.029	11.937	3.123	1.630	4.753
14	11.2434	0.0016062	11.933	0.031	11.964	3.363	1.714	5.077
15	11.8118	0.0016874	11.959	0.032	11.991	3.603	1.801	5.404
16	12.4068	0.0017724	11.984	0.034	12.018	3.843	1.892	5.736
17	13.0291	0.0018613	12.009	0.036	12.045	4.084	1.988	6.072
18	13.6801	0.0019543	12.035	0.038	12.072	4.324	2.088	6.412
19	14.3605	0.0020515	12.060	0.040	12.099	4.564	2.193	6.757
20	15.0717	0.0021531	12.085	0.042	12.127	4.804	2.303	7.017
21	15.8144	0.0022592	12.110	0.044	12.154	5.044	2.417	7.462
22	16.5921	0.0023703	12.036	0.046	12.182	5.285	2.537	7.822
23	17.4041	0.0024863	12.161	0.048	12.209	5.525	2.662	8.187
24	18.2511	0.0026073	12.186	0.051	12.237	5.765	2.793	8.558
25	19.1373	0.0027339	12.212	0.054	12.265	6.005	2.930	8.935
26	20.0620	0.0028660	12.237	0.056	12.293	6.246	3.073	9.318
27	21.0273	0.0030039	12.262	0.059	12.321	6.486	3.222	9.708
28	22.0360	0.0031480	12.287	0.062	12.349	6.726	3.378	10.104
29	23.0888	0.0032984	12.313	0.065	12.378	6.966	3.541	10.507
30	24.1864	0.0034552	12.338	0.068	12.406	7.206	3.711	10.917
31	25.3330	0.0036190	12.363	0.072	12.435	7.447	3.888	11.335
32	26.5265	0.0037895	12.389	0.075	12.464	7.687	4.073	11.760
33	27.6290	0.0039470	12.414	0.079	12.492	7.927	4.243	12.170
34	28.7630	0.0041090	12.439	0.082	12.521	8.167	4.420	12.587
35	29.939	0.004277	12.464	0.085	12.550	8.408	4.603	13.010
36	31.164	0.004452	12.490	0.089	12.579	8.648	4.793	13.441
37	32.431	0.004633	12.515	0.093	12.608	8.888	4.990	13.878
38	33.740	0.004820	12.540	0.097	12.637	9.128	5.194	14.322
39	35.098	0.005014	12.566	0.101	12.667	9.369	5.405	14.773

ویژگی‌های ترمودینامیکی هوای مرطوب در 14.696 psia

دما	نسبت رطوبت		حجم مخصوص			آنتالپی		
			$ft^3/lbs DA$			$Btu/lbs DA$		
°F	Grains /lbs DA	lbs/lbs DA	v_a	v_{as}	v_s	h_a	h_{as}	h_s
40	36.512	0.005216	12.591	0.105	12.696	9.609	5.624	15.233
41	37.968	0.005424	12.616	0.110	12.726	9.849	5.851	15.700
42	39.480	0.005640	12.641	0.114	12.756	10.089	6.086	16.175
43	41.041	0.005863	12.667	0.119	12.786	10.330	6.330	16.660
44	42.658	0.006094	12.692	0.124	12.816	10.570	6.582	17.152
45	44.338	0.006334	12.717	0.129	12.846	10.810	6.843	17.653
46	46.067	0.006581	12.743	0.134	12.877	11.050	7.114	18.164
47	47.866	0.006838	12.768	0.140	12.908	11.291	7.394	18.685
48	49.721	0.007103	12.793	0.146	12.939	11.531	7.684	19.215
49	51.646	0.007378	12.818	0.152	12.970	11.771	7.984	19.756
50	53.627	0.007661	12.844	0.158	13.001	12.012	8.295	20.306
51	55.685	0.007955	12.869	0.164	13.033	12.252	8.616	20.868
52	57.813	0.008259	12.894	0.171	13.065	12.492	8.949	21.441
53	60.011	0.008573	12.920	0.178	13.097	12.732	9.293	22.025
54	62.279	0.008897	12.945	0.185	13.129	12.973	9.648	22.621
55	64.631	0.009233	12.970	0.192	13.162	13.213	10.016	23.229
56	67.060	0.009580	12.995	0.200	13.195	13.453	10.397	23.850
57	69.566	0.009938	13.021	0.207	13.228	13.694	10.790	24.484
58	72.163	0.010309	13.046	0.216	13.262	13.934	11.197	25.131
59	74.844	0.010692	13.071	0.224	13.295	14.174	11.618	25.792
60	77.609	0.011087	13.096	0.233	13.329	14.415	12.052	26.497
61	80.472	0.011496	13.122	0.242	13.364	14.655	12.502	27.157
62	83.433	0.011919	13.147	0.251	13.398	14.895	12.966	27.862
63	86.485	0.012355	13.172	0.261	13.433	15.135	13.446	28.582
64	89.635	0.012805	13.198	0.271	13.468	15.376	13.942	29.318
65	92.890	0.013270	13.223	0.281	13.504	15.616	14.454	30.071
66	96.250	0.013750	13.248	0.292	13.540	15.856	14.983	30.840
67	99.722	0.014246	13.273	0.303	13.577	16.097	15.530	31.626
68	103.306	0.014758	13.299	0.315	13.613	16.337	16.094	32.431
69	107.002	0.015286	13.324	0.326	13.650	16.577	16.677	33.254
70	110.824	0.015832	13.349	0.339	13.688	16.818	17.279	34.097
71	114.765	0.016395	13.375	0.351	13.726	17.058	17.901	34.959
72	118.832	0.016976	13.400	0.365	13.764	17.299	18.543	35.841
73	123.025	0.017575	13.425	0.378	13.803	17.539	19.204	36.743
74	127.358	0.018194	13.450	0.392	13.843	17.779	19.889	37.668
75	131.831	0.018833	13.476	0.407	13.882	18.020	20.595	38.615
76	136.437	0.019491	13.501	0.422	13.923	18.260	21.323	39.583
77	141.190	0.020170	13.526	0.437	13.963	18.500	22.075	40.576
78	146.097	0.020871	13.551	0.453	14.005	18.741	22.851	41.592
79	151.158	0.021594	13.577	0.470	14.046	18.981	23.652	42.633

ویژگی‌های ترمودینامیکی هوای مرطوب در 14.696 psia

دما	نسبت رطوبت		حجم مخصوص			آنتالپی		
			$ft^3/lbs DA$			$Btu/lbs DA$		
°F	$Grains/lbs DA$	$lbs/lbs DA$	v_a	v_{as}	v_s	h_a	h_{as}	h_s
80	156.380	0.022340	13.602	0.487	14.089	19.222	24.479	43.701
81	162.330	0.023109	13.627	0.505	14.132	19.462	25.332	44.794
82	167.314	0.023902	13.653	0.523	14.175	19.702	26.211	45.913
83	173.040	0.024720	13.678	0.542	14.220	19.943	27.120	47.062
84	178.941	0.025563	13.703	0.561	14.264	20.183	28.055	48.238
85	185.031	0.026433	13.728	0.581	14.310	20.424	29.021	49.445
86	191.303	0.027329	13.754	0.602	14.356	20.664	30.017	50.681
87	197.778	0.028254	13.779	0.624	14.403	20.905	31.045	51.949
88	204.456	0.029208	13.804	0.646	14.450	21.145	32.105	53.250
89	211.323	0.030189	13.829	0.669	14.498	21.385	33.197	54.582
90	218.421	0.031203	13.855	0.692	14.547	21.626	34.325	55.951
91	225.729	0.032247	13.880	0.717	14.597	21.866	35.489	57.355
92	233.261	0.033323	13.905	0.742	14.647	22.107	36.687	58.794
93	241.031	0.034433	13.930	0.768	14.699	22.347	37.924	60.271
94	249.039	0.035577	13.956	0.795	14.751	22.588	39.199	61.787
95	257.299	0.036757	13.981	0.823	14.804	22.828	40.515	63.343
96	265.804	0.037972	14.006	0.852	14.858	23.069	41.871	64.940
97	274.575	0.039225	14.032	0.881	14.913	23.309	43.269	66.578
98	283.612	0.040516	14.057	0.912	14.969	23.550	44.711	68.260
99	292.936	0.041848	14.082	0.944	15.026	23.790	46.198	69.988
100	302.533	0.043219	14.107	0.976	15.084	24.031	47.730	71.761
101	312.438	0.044634	14.133	1.010	15.143	24.271	49.312	73.583
102	322.630	0.046090	14.158	1.045	15.203	24.512	50.940	75.452
103	333.144	0.047592	14.183	1.081	15.264	24.752	52.621	77.373
104	343.980	0.049140	14.208	1.118	15.326	24.993	54.354	79.346
105	355.159	0.050737	14.234	1.156	15.390	25.233	56.142	81.375
106	366.681	0.052383	14.259	1.196	15.455	25.474	57.956	83.460
107	378.539	0.054077	14.284	1.236	15.521	25.714	59.884	85.599
108	390.782	0.055826	14.309	1.279	15.588	25.955	61.844	87.799
109	403.396	0.057628	14.335	1.322	15.657	26.195	63.866	90.061
110	416.402	0.059486	14.360	1.367	15.727	26.436	65.950	92.386
111	429.807	0.061401	14.385	1.414	15.799	26.677	68.099	94.776
112	443.646	0.063378	14.411	1.462	15.872	26.917	70.319	97.237
113	457.877	0.065411	14.436	1.511	15.947	27.158	72.603	99.760
114	472.584	0.067512	14.461	1.562	16.023	27.398	74.964	102.362
115	487.732	0.069676	14.486	1.615	16.101	27.639	77.396	105.035
116	503.356	0.0711908	14.512	1.670	16.181	27.879	79.906	107.786
117	519.477	0.074211	14.537	1.726	16.263	28.120	82.497	110.617
118	536.102	0.076586	14.562	1.784	16.346	28.361	85.169	113.530
119	553.252	0.079036	14.587	1.844	16.432	28.601	87.927	116.528

ویژگی‌های ترمودینامیکی هوای مرطوب در 14.696 psia

دما	نسبت رطوبت		حجم مخصوص			آنتالپی		
			$ft^3/lbs DA$			$Btu/lbs DA$		
$^{\circ}F$	$Grains/lbs DA$	$lbs/lbs DA$	v_a	v_{as}	v_s	h_a	h_{as}	h_s
120	570.920	14.613	1.906	1.906	16.519	28.842	90.770	119.612
121	589.183	14.638	1.971	1.971	16.609	29.083	93.709	122.792
122	608.020	14.663	2.037	2.037	16.700	29.323	96.742	126.065
123	627.431	14.688	2.106	2.106	16.794	29.564	99.868	129.432
124	647.500	14.714	2.176	2.176	16.890	29.805	103.102	132.907
125	668.192	14.739	2.250	2.250	16.989	30.045	106.437	136.482
126	689.528	14.764	2.325	2.325	17.090	30.286	109.877	140.163
127	711.599	14.789	2.404	2.404	17.193	30.527	113.438	143.965
128	734.370	14.815	2.485	2.485	17.299	30.767	117.111	147.878
129	757.890	14.840	2.569	2.569	17.409	31.008	120.908	151.916
130	782.166	14.865	2.655	2.655	17.520	31.249	124.828	156.076
131	807.254	14.891	2.745	2.745	17.635	31.489	128.880	160.370
132	833.161	14.916	2.837	2.837	17.753	31.730	133.066	164.796
133	859.985	14.941	2.934	2.934	17.875	31.971	137.403	169.374
134	887.628	14.966	3.033	3.033	17.999	32.212	141.873	174.084
135	916.265	14.992	3.136	3.136	18.127	32.452	146.504	178.957
136	945.868	15.017	3.242	3.242	18.259	32.693	151.294	183.987
137	976.458	15.042	3.352	3.352	18.394	32.934	156.245	189.179
138	1008.133	15.067	3.467	3.467	18.534	32.175	161.374	194.548
139	1040.872	15.093	3.585	3.585	18.678	32.415	166.677	200.092
140	1074.766	15.118	3.708	3.708	18.825	33.656	172.168	205.824
141	1110.501	15.143	3.835	3.835	18.978	33.897	177.857	211.754
142	1146.236	15.168	3.967	3.967	19.135	34.138	183.754	217.892
143	1173.854	15.194	4.103	4.103	19.297	34.379	189.855	244.233
144	1222.858	15.219	4.245	4.245	19.464	34.620	196.183	230.802
145	1263.269	15.244	4.392	4.392	19.637	34.860	202.740	237.600
146	1305.220	15.269	4.545	4.545	19.815	35.101	209.550	244.651
147	1348.676	15.295	4.704	4.704	19.999	35.342	216.607	251.949
148	1393.770	15.320	4.869	4.869	20.189	35.583	223.932	259.514
149	1440.544	15.345	5.040	5.040	20.385	35.824	231.533	267.356
150	1489.110	15.370	5.218	5.218	20.585	36.064	239.426	275.490
151	1539.615	15.396	5.404	5.404	20.799	36.305	247.638	283.943
152	1592.003	15.421	5.596	5.596	21.017	36.546	256.158	292.705
153	1646.526	15.446	5.797	5.797	21.243	36.787	265.028	301.816
154	1703.163	15.471	6.005	6.005	21.477	37.028	274.245	311.273
155	1762.166	15.497	6.223	6.223	21.720	37.269	283.849	321.118
156	1823.584	15.522	6.450	6.450	21.972	37.510	293.849	331.359
157	1887.508	15.547	6.686	6.686	22.233	37.751	304.261	342.012
158	1954.162	15.572	6.933	6.933	22.505	37.992	315.120	353.112
159	2023.707	15.598	7.190	7.190	22.788	38.233	326.452	364.685

ویژگی‌های ترمودینامیکی هوای مرطوب در 14.696 psia

دما	نسبت رطوبت		حجم مخصوص			آنتالپی		
			$ft^3/lbs DA$			$Btu/lbs DA$		
°F	Grains /lbs DA	lbs/lbs DA	v_a	v_{as}	v_s	h_a	h_{as}	h_s
160	2096.15	0.29945	15.623	7.459	23.082	38.474	338.263	376.737
161	2171.89	0.31027	15.648	7.740	23.388	38.715	350.610	389.325
162	2250.92	0.32156	15.673	8.034	23.707	38.956	363.501	402.457
163	2333.52	0.33336	15.699	8.341	24.040	39.197	376.979	416.175
164	2420.04	0.34572	15.724	8.664	24.388	39.438	391.095	430.533
165	2510.55	0.35865	15.749	9.001	24.750	39.679	405.865	445.544
166	2605.40	0.37220	15.774	9.355	25.129	39.920	421.352	461.271
167	2685.83	0.38639	15.800	9.726	25.526	40.161	437.578	477.739
168	2809.17	0.40131	15.825	10.117	25.942	40.402	454.630	495.032
169	2918.86	0.41698	15.850	10.527	26.377	40.643	472.554	513.197
170	3034.01	0.43343	15.875	10.959	26.834	40.884	491.372	532.256
171	3155.53	0.45079	15.901	11.414	27.315	41.125	511.231	552.356
172	3283.35	0.46905	15.926	11.894	27.820	41.366	532.138	573.504
173	3418.03	0.48829	15.951	12.400	28.352	41.607	554.160	595.767
174	3560.69	0.50867	15.976	12.937	28.913	41.848	577.489	619.337
175	3711.33	0.53019	16.002	13.504	29.505	42.089	602.139	644.229
176	3870.58	0.55294	16.027	14.103	30.130	42.331	628.197	670.528
177	4039.70	0.57710	16.052	14.741	30.793	42.572	655.876	698.448
178	4219.18	0.60274	16.078	15.418	31.496	42.813	685.260	728.073
179	4410.14	0.63002	16.103	16.138	32.242	43.054	716.524	759.579
180	4613.77	0.65911	16.128	16.909	33.037	43.295	749.871	793.166
181	4830.84	0.69012	16.153	17.730	33.883	43.536	785.426	828.962
182	5063.17	0.72331	16.178	18.609	34.787	43.778	823.487	867.265
183	5311.95	0.75885	16.204	19.551	35.755	44.019	864.259	908.278
184	5579.21	0.79703	16.229	20.564	36.793	44.260	908.061	952.321
185	5867.19	0.83817	16.254	21.656	37.910	44.501	955.261	999.763
186	6177.57	0.88251	16.280	22.834	39.113	44.742	1006.149	1050.892
187	6513.99	0.93057	16.305	24.111	40.416	44.984	1061.314	1106.298
188	6879.04	0.98272	16.330	25.498	41.828	45.225	1121.174	1166.399
189	7276.57	1.03951	16.355	27.010	43.365	45.466	1186.382	1231.848
190	7710.78	1.10154	16.381	28.661	45.042	45.707	1257.614	1303.321
191	8187.55	1.16965	16.406	30.476	46.882	45.949	1335.834	1381.783
192	8712.97	1.24471	16.431	32.477	48.908	46.190	1422.047	1468.238
193	9295.16	1.32788	16.456	34.695	51.151	46.431	1517.581	1564.013
194	9942.03	1.42029	16.481	37.161	53.642	46.673	1623.758	1670.430
195	10667.72	1.52396	16.507	39.928	56.435	46.914	1742.879	1789.793
196	11484.90	1.64070	16.532	43.046	59.578	47.155	1877.032	1924.188
197	12410.93	1.77299	16.557	46.580	63.137	47.397	2029.069	2076.466
198	13473.04	1.92472	16.583	50.636	67.218	47.638	2203.464	2251.102
199	14698.25	2.09975	16.608	55.316	71.923	47.879	2404.668	2452.547
200	16131.78	2.30454	16.663	60.793	77.426	48.121	2640.084	2688.205

۳۰-۲- فشار بارومتریک در ارتفاع‌های مختلف در 70°F

فشار بارومتریک در ارتفاع‌های مختلف در 70°F

ارتفاع FEET	بارومتر (فشار مطلق)				چگالی نسبی
	<i>in Hg</i>	<i>psi</i>	<i>ft H₂O</i>	<i>in WG</i>	
60000	2.14	1.05	2.43	29.1	0.07
50000	3.44	1.69	3.90	46.8	0.11
40000	5.56	2.73	6.31	75.7	0.18
30000	8.90	4.37	10.10	121.1	0.30
20000	13.76	6.76	15.61	187.2	0.46
15000	16.88	8.29	19.15	229.7	0.56
10000	20.57	10.11	23.34	280.0	0.69
9000	21.34	10.49	42.22	290.5	0.71
8000	22.12	10.87	25.10	301.0	0.74
7000	23.09	11.34	26.20	314.2	0.77
6000	23.98	11.78	27.21	326.4	0.80
5000	24.89	12.23	28.24	338.8	0.83
4000	25.84	12.70	29.32	351.7	0.86
3500	26.33	12.94	29.88	358.3	0.88
3000	26.81	13.17	30.42	364.8	0.90
2500	27.31	13.42	30.99	371.7	0.91
2000	27.82	13.67	31.57	378.6	0.93
1500	28.33	13.92	32.15	385.6	0.95
1000	28.85	14.17	32.74	392.6	0.96
500	29.38	14.43	33.33	399.9	0.98
SEA LEVEL	29.92	14.70	33.95	407.2	1.00
-500	30.47	14.97	34.57	414.7	1.02
-1000	31.02	15.24	35.20	422.2	1.04
-2000	32.15	15.80	36.48	437.5	1.07
-3000	33.31	16.36	37.80	453.3	1.11
-4000	34.51	16.96	39.16	469.7	1.15
-5000	35.74	17.56	40.55	486.4	1.19

ثوابت معادله هوا بر حسب ارتفاع

ارتفاع	حرارت محسوس	حرارت نهان		حرارت کلی
		$Gr. H_2O$ (۲)	$lbs H_2O$ (۳)	
FEET	(۱)			(۴)
60000	0.08	0.048	339	0.315
50000	0.12	0.075	532	0.495
40000	0.19	0.123	871	0.810
30000	0.32	0.204	1452	1.350
20000	0.49	0.306	2178	2.025
15000	0.56	0.382	2710	2.520
10000	0.69	0.470	3340	3.105
9000	0.77	0.483	3436	3.195
8000	0.74	0.504	3582	3.330
7000	0.77	0.525	3727	3.465
6000	0.80	0.545	3872	3.600
5000	0.83	0.566	4017	3.735
4000	0.86	0.586	4162	3.870
3500	0.88	0.600	4259	3.960
3000	0.90	0.613	4356	4.050
2500	0.91	0.620	4404	4.095
2000	0.93	0.634	4501	4.185
1500	0.95	0.647	4598	4.275
1000	0.96	0.654	4646	4.320
500	0.98	0.668	4743	4.410
SEA LEVEL	1.08	0.681	4840	4.500
-500	1.19	0.695	4937	4.590
-1000	1.12	0.708	5034	4.680
-2000	1.16	0.729	5179	4.815
-3000	1.20	0.756	5372	4.995
-4000	1.24	0.783	5566	5.175
-5000	1.29	0.810	5760	5.335

توجه:

۱. واحد ثوابت معادله: $Btu/hr. CFM °F$
۲. واحد ثوابت معادله: $Btu lbs DA/hr Gr. H_2O CFM$
۳. واحد ثوابت معادله: $Btu lbs DA/hr lbs H_2O CFM$
۴. واحد ثوابت معادله: $lbs DA/hr CFM$
۵. به جای ثوابت معادله در بخش سوم از مقادیر جدول استفاده نمایید.

۴-۳۰- ثوابت معادله هوا بر حسب دما

ثوابت معادله هوا بر حسب دما

دما	حرارت محسوس	حرارت نهان		حرارت کلی
		$Gr. H_2O$ (۲)	$lbs H_2O$ (۳)	
°F	(۱)			(۴)
0	1.204	0.759	5397	5.018
50	1.102	0.695	4937	4.590
60	1.080	0.681	4840	4.500
100	1.015	0.640	4550	4.230
150	0.950	0.599	4259	3.960
200	0.896	0.565	4017	3.735
250	0.842	0.531	3775	3.510
300	0.799	0.504	3582	3.330
350	0.756	0.477	3388	3.150
400	0.724	0.456	3243	3.015
450	0.691	0.436	3098	2.880
500	0.659	0.415	2952	2.745
550	0.626	0.395	2807	2.610
600	0.610	0.385	2735	2.543
650	0.583	0.368	2614	2.430
700	0.567	0.358	2541	2.363
750	0.551	0.347	2468	2.295
800	0.529	0.334	2372	2.205
850	0.513	0.323	2299	2.138
900	0.497	0.313	2226	2.070
950	0.486	0.306	2178	2.025
1000	0.470	0.296	2105	1.958

توجه:

۱. واحد ثوابت معادله: $Btu/hr. CFM °F$
۲. واحد ثوابت معادله: $Btu lbs DA/hr Gr. H_2O CFM$
۳. واحد ثوابت معادله: $Btu lbs DA/hr lbs H_2O CFM$
۴. واحد ثوابت معادله: $lbs DA/hr CFM$
۵. به جای ثوابت معادله در بخش سوم از مقادیر جدول استفاده نمایید.

ضرایب معادله هوا برای چگالی

ارتفاع FEET	دما (°F)						
	-40	0	40	70	100	150	200
60000	0.90	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
50000	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09
40000	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15
30000	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24
20000	0.58	0.53	0.49	0.46	0.44	0.40	0.37
15000	0.71	0.65	0.60	0.56	0.54	0.49	0.45
10000	0.87	0.79	0.73	0.69	0.65	0.60	0.55
9000	0.90	0.82	0.76	0.71	0.68	0.62	0.57
8000	0.93	0.85	0.79	0.74	0.70	0.65	0.60
7000	0.97	0.89	0.82	0.77	0.73	0.67	0.62
6000	1.01	0.91	0.85	0.80	0.75	0.69	0.64
5000	1.05	0.95	0.88	0.83	0.78	0.72	0.66
4000	1.09	0.99	0.92	0.86	0.81	0.75	0.69
3500	1.11	1.01	0.94	0.87	0.83	0.77	0.70
3000	1.13	1.03	0.95	0.89	0.85	0.78	0.71
2500	1.15	1.05	0.97	0.91	0.87	0.80	0.73
2000	1.17	1.07	0.99	0.93	0.88	0.81	0.74
1500	1.20	1.09	1.01	0.95	0.90	0.83	0.76
1000	1.22	1.11	1.02	0.96	0.92	0.84	0.77
500	1.24	1.13	1.04	0.98	0.94	0.86	0.79
SEA LEVEL	1.26	1.15	1.06	1.00	0.95	0.87	0.80
-500	1.28	1.17	1.08	1.02	0.97	0.89	0.81
-1000	1.31	1.19	1.10	1.04	0.98	0.90	0.83
-2000	1.35	1.24	1.14	1.07	1.02	0.93	0.86
-3000	1.40	1.28	1.18	1.11	1.06	0.97	0.89
-4000	1.45	1.33	1.22	1.15	1.10	1.00	0.92
-5000	1.51	1.37	1.27	1.19	1.13	1.04	0.96

توجه:

۱. ثوابت معادلات بخش سوم را در مقادیر جدول ضرب نمایید.

ضرایب معادله هوا برای چگالی

ارتفاع FEET	دما (°F)						
	250	300	350	400	450	500	550
60000	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
50000	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06
40000	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10
30000	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16
20000	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27	0.26	0.24
15000	0.42	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.30
10000	0.51	0.48	0.45	0.42	0.40	0.38	0.36
9000	0.53	0.50	0.47	0.44	0.42	0.39	0.38
8000	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.41	0.39
7000	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45	0.43	0.41
6000	0.60	0.56	0.52	0.49	0.46	0.44	0.42
5000	0.62	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45	0.44
4000	0.64	0.60	0.56	0.53	0.50	0.47	0.45
3500	0.66	0.61	0.57	0.54	0.51	0.48	0.46
3000	0.67	0.62	0.58	0.55	0.52	0.49	0.47
2500	0.69	0.64	0.59	0.56	0.53	0.50	0.48
2000	0.70	0.65	0.60	0.57	0.54	0.51	0.49
1500	0.71	0.66	0.61	0.59	0.55	0.52	0.50
1000	0.72	0.67	0.62	0.60	0.56	0.53	0.51
500	0.74	0.69	0.64	0.61	0.57	0.54	0.52
SEA LEVEL	0.75	0.70	0.65	0.62	0.58	0.55	0.53
-500	0.76	0.71	0.66	0.63	0.59	0.56	0.54
-1000	0.78	0.73	0.67	0.64	0.60	0.57	0.55
-2000	0.81	0.75	0.70	0.67	0.62	0.59	0.57
-3000	0.83	0.78	0.72	0.69	0.65	0.61	0.59
-4000	0.87	0.81	0.75	0.72	0.67	0.63	0.61
-5000	0.90	0.84	0.78	0.74	0.69	0.66	0.63

توجه:

۱. ثوابت معادلات بخش سوم را در مقادیر جدول ضرب نمایید.

ضرایب معادله هوا برای چگالی

ارتفاع FEET	دما (°F)						
	600	650	700	750	800	900	100
60000	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
50000	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
40000	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
30000	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11
20000	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17
15000	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.22	0.20
10000	0.34	0.33	0.32	0.31	0.29	0.27	0.25
9000	0.35	0.34	0.33	0.32	0.30	0.28	0.26
8000	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.29	0.27
7000	0.39	0.37	0.35	0.33	0.32	0.30	0.28
6000	0.40	0.38	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29
5000	0.41	0.40	0.38	0.37	0.35	0.32	0.30
4000	0.43	0.41	0.39	0.38	0.36	0.33	0.31
3500	0.44	0.42	0.40	0.39	0.37	0.34	0.32
3000	0.45	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35	0.32
2500	0.46	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	0.33
2000	0.46	0.45	0.43	0.41	0.39	0.36	0.33
1500	0.47	0.46	0.44	0.42	0.40	0.37	0.34
1000	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40	0.37	0.35
500	0.49	0.47	0.45	0.43	0.41	0.38	0.36
SEA LEVEL	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.39	0.36
-500	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.40	0.37
-1000	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.41	0.38
-2000	0.54	0.52	0.49	0.47	0.45	0.42	0.39
-3000	0.56	0.53	0.51	0.49	0.47	0.43	0.40
-4000	0.58	0.55	0.53	0.51	0.48	0.45	0.42
-5000	0.60	0.57	0.55	0.55	0.50	0.47	0.43

توجه:

۱. ثوابت معادلات بخش سوم را در مقادیر جدول ضرب نمایید.

خصوصیات فیزیکی گازها

ماده	فرمول	وزن مولکولی	فاز	حجم مخصوص		وزن مخصوص
				ft^3/lbs	lbs/ft^3	
Gases						
AIR	---	28.996	GAS	13.333	0.075	1.000
CARBON	C	12.01	SOLID	---	---	---
HYDROGEN	H ₂	2.016	GAS	187.723	0.005	0.067
AMMONIA	NH ₃	17.031	GAS	21.914	0.046	0.613
SULFUR	S	32.06	GAS	7.407	0.135	1.800
HYDROGEN SULFIDE	H ₂ S	34.076	GAS	10.979	0.091	1.213
NITROUS OXIDE	N ₂ O	44.013	GAS	8.772	0.114	1.520
OZONE	O ₃	48.0	GAS	8.032	0.125	1.660
ARGON	Ar	39.948	GAS	9.662	0.104	1.380
CHLORINE	Cl ₂	70.906	GAS	5.442	0.184	2.450
HELIUM	He	4.002	GAS	96.618	0.010	0.138
NEON	Ne	20.179	GAS	19.130	0.052	0.697
PRODUCTS OF COMBUSTION - COMPLETE						
CARBON DIOXIDE	CO ₂	44.01	GAS	8.548	0.117	1.560
WATER VAPOR	H ₂ O	18.016	GAS	21.017	0.048	0.640
OXYGEN	O ₂	32.00	GAS	11.819	0.085	1.133
NITROGEN	N ₂	28.016	GAS	13.443	0.074	0.987
PRODUCTS OF COMBUSTION - INCOMPLETE GAS						
CARBON MONOXIDE	CO	28.01	GAS	13.699	0.073	0.967
NITRIC OXIDE	NO	30.006	GAS	12.821	0.078	1.040
NITROGEN DIOXIDE	NO ₂	46.006	GAS	---	---	---
NITROGEN TRIOXIDE	NO ₃	62.005	GAS	---	---	---
NOX	NO _x	---	GAS	---	---	---
SULFURIC OXIDE	SO	48.063	GAS	---	---	---
SULFUR DIOXIDE	SO ₂	46.06	GAS	5.770	0.173	2.307
SULFUR TRIOXIDE	SO ₃	80.062	GAS	---	---	---
SOX	SO _x	---	GAS	---	---	---



خصوصیات آب

۱-۳۱ - خصوصیات آب

نقطه جوش آب

فشار (psia)	نقطه جوش (°F)	فشار (psia)	نقطه جوش (°F)	فشار (psia)	نقطه جوش (°F)
0.5	79.6	44	273.1	150	358.5
1	101.7	46	275.8	175	371.8
2	126.0	48	278.5	200	381.9
3	141.4	50	281.0	225	391.9
4	152.9	52	283.5	250	401.0
5	162.2	54	285.9	275	409.5
6	170.0	56	288.3	300	417.4
7	176.8	58	290.5	325	424.8
8	182.8	60	292.7	350	431.8
9	188.3	62	294.9	375	438.4
10	193.2	64	297.0	400	444.7
11	197.7	66	299.0	425	450.7
12	201.9	68	301.0	450	456.4
13	205.9	70	303.0	475	461.9
14	209.6	72	304.9	500	467.1
14.69	212.0	74	306.7	525	472.2
15	213.0	76	308.5	550	477.1
16	216.3	78	310.3	575	481.8
17	219.4	80	312.1	600	486.3
18	222.4	82	313.8	625	490.7
19	225.2	84	315.5	650	495.0
20	228.0	86	317.1	675	499.2
22	233.0	88	318.7	700	503.2
24	237.8	90	320.3	725	507.2
26	242.3	92	321.9	750	511.0
28	246.4	94	323.4	775	514.7
30	250.3	96	324.9	800	518.4
32	254.1	98	326.4	825	521.9
34	257.6	100	327.9	850	525.4
36	261.0	105	331.4	875	528.8
38	264.2	110	334.8	900	532.1
40	267.3	115	338.1	950	538.6
42	270.2	120	341.3	1000	544.8

خصوصیات ترمودینامیکی آب

دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
-80	0.000116	0.01732	1953234	1953234	-193.50	1219.19	1025.69
-79	0.000125	0.01732	1814052	1814052	-193.11	1219.24	1026.13
-78	0.000135	0.01732	1685445	1685445	-192.71	1219.28	1026.57
-77	0.000145	0.01732	1566663	1566663	-192.31	1219.33	1027.02
-76	0.000157	0.01732	1456752	1456752	-191.92	1219.38	1027.46
-75	0.000169	0.01733	1355059	1355059	-191.52	1219.42	1027.90
-74	0.000182	0.01733	1260977	1260977	-191.12	1219.47	1028.34
-73	0.000196	0.01733	1173848	1173848	-190.72	1219.51	1028.79
-72	0.000211	0.01733	1093149	1093149	-190.32	1219.55	1029.23
-71	0.000227	0.01733	1018381	1018381	-189.92	1219.59	1029.67
-70	0.000245	0.01733	949067	949067	-189.52	1219.63	1030.11
-69	0.000263	0.01733	884803	884803	-189.11	1219.67	1030.55
-68	0.000283	0.01733	825187	825187	-188.71	1219.71	1031.00
-67	0.000304	0.01734	769864	769864	-188.30	1219.74	1031.44
-66	0.000326	0.01734	718505	718508	-187.90	1219.78	1031.88
-65	0.000350	0.01734	670800	670800	-187.49	1219.82	1032.32
-64	0.000376	0.01734	626503	626503	-187.08	1219.85	1032.77
-63	0.000404	0.01734	585316	585316	-186.67	1219.88	1033.21
-62	0.000433	0.01734	548041	548041	-186.26	1219.91	1033.65
-61	0.000464	0.01734	511446	511446	-185.85	1219.95	1034.09
-60	0.000498	0.01734	478317	478317	-185.44	1219.98	1034.54
-59	0.000533	0.01735	447495	447495	-185.03	1220.01	1034.98
-58	0.000571	0.01735	418803	418803	-184.61	1220.03	1035.42
-57	0.000612	0.01735	392068	392068	-184.20	1220.06	1035.86
-56	0.000655	0.01735	367172	367172	-183.78	1220.09	1036.30
-55	0.000701	0.01735	343970	343970	-183.37	1220.11	1036.75
-54	0.000750	0.01735	322336	322336	-182.95	1220.14	1037.19
-53	0.000802	0.01735	302157	302157	-182.53	1220.16	1037.63
-52	0.000857	0.01735	283335	283335	-182.11	1220.18	1038.07
-51	0.000916	0.01736	265773	265773	-181.69	1220.21	1038.52
-50	0.000979	0.01736	249381	249381	-181.27	1220.23	1038.96
-49	0.001045	0.01736	234067	234067	-180.85	1220.25	1039.40
-48	0.001116	0.01736	219766	219766	-180.42	1220.26	1039.84
-47	0.001191	0.01736	206398	206398	-181.00	1220.28	1040.28
-46	0.001271	0.01736	193909	193909	-179.57	1220.30	1040.73
-45	0.001355	0.01736	182231	182231	-179.14	1220.31	1041.17
-44	0.001445	0.01736	171304	171304	-178.72	1220.33	1041.61
-43	0.001541	0.01737	161084	161084	-178.29	1220.34	1042.05
-42	0.001642	0.01737	151518	151518	-177.86	1220.36	1042.50
-41	0.001749	0.01737	142566	142566	-177.43	1220.37	1042.94

خصوصیات ترمودینامیکی آب

دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
-40	0.001863	0.01737	134176	134176	-177.00	1220.38	1043.38
-39	0.001984	0.01737	126322	126322	-176.57	1220.39	1043.82
-38	0.002111	0.01737	118959	118959	-176.13	1220.40	1044.27
-37	0.002247	0.01737	112058	112058	-175.70	1220.40	1044.71
-36	0.002390	0.01738	105592	105592	-175.26	1220.41	1045.15
-35	0.002542	0.01738	99522	99522	-174.83	1220.42	1045.59
-34	0.002702	0.01738	93828	93828	-174.39	1220.42	1046.03
-33	0.002872	0.01738	88489	88489	-173.95	1220.43	1046.48
-32	0.003052	0.01738	83474	83474	-173.51	1220.43	1046.92
-31	0.003242	0.01738	78763	78763	-173.07	1220.43	1047.36
-30	0.003443	0.01738	74341	74341	-172.63	1220.43	1047.80
-29	0.003655	0.01738	70187	70187	-172.19	1220.43	1048.25
-28	0.003879	0.01739	66282	66282	-171.74	1220.43	1048.69
-27	0.004116	0.01739	62613	62613	-171.30	1220.43	1049.13
-26	0.004366	0.01739	59161	59161	-170.86	1220.43	1049.57
-25	0.004630	0.01739	55915	55915	-170.41	1220.42	1050.01
-24	0.004909	0.01739	52861	52861	-169.96	1220.42	1050.46
-23	0.005203	0.01739	49986	49986	-169.51	1220.41	1050.90
-22	0.005514	0.01739	47281	47281	169.07	1220.41	1051.34
-21	0.005841	0.01740	44733	44733	168.62	1220.40	1051.78
-20	0.006186	0.01740	42333	42333	-168.16	1220.39	1052.22
-19	0.006550	0.01740	40073	40073	-167.71	1220.38	1052.67
-18	0.006933	0.01740	37943	37943	-167.26	1220.37	1053.55
-17	0.007337	0.01740	35934	35934	-166.81	1220.36	1053.55
-16	0.007763	0.01740	34041	34041	-166.35	1220.34	1053.99
-15	0.008211	0.01740	32256	32256	-165.90	1220.33	1054.43
-14	0.008683	0.01741	30572	30572	-165.44	1220.31	1054.87
-13	0.009179	0.01741	28983	28983	-164.98	1220.30	1055.32
-12	0.009702	0.01741	27483	27483	-164.52	1220.28	1055.76
-11	0.010252	0.01741	26067	26067	164.06	1220.26	1056.20
-10	0.010830	0.01741	24730	24730	-163.60	1220.24	1056.64
-9	0.011438	0.01741	23467	23467	-163.14	1220.22	1057.08
-8	0.012077	0.01741	22274	22274	-162.68	1220.20	1057.53
-7	0.012749	0.01742	21147	21147	-162.21	1220.18	1057.97
-6	0.013456	0.01742	20081	20081	-162.75	1220.16	1058.41
-5	0.014197	0.01742	19074	19074	-161.28	1220.13	1058.85
-4	0.014977	0.01742	18121	18121	-160.82	1220.11	1059.29
-3	0.015795	0.01742	17220	17220	-160.35	1220.08	1059.73
-2	0.016654	0.01742	16367	16367	-159.88	1220.05	1060.17
-1	0.017556	0.01742	15561	15561	-159.41	1220.02	1060.62

خصوصیات ترمودینامیکی آب

دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
0	0.018502	0.01743	14797	14797	-158.94	1220.00	1061.06
1	0.019495	0.01743	14073	14073	-158.47	1219.96	1061.50
2	0.020537	0.01743	13388	13388	-157.99	1219.93	1061.94
3	0.021629	0.01743	12740	12740	-157.52	1219.90	1062.38
4	0.022774	0.01743	12125	12125	-157.05	1219.87	1062.82
5	0.023975	0.01743	11543	11543	-156.57	1219.83	1063.26
6	0.025233	0.01743	10991	10991	-156.09	1219.80	1063.70
7	0.026552	0.01744	10468	10468	-155.62	1219.76	1064.14
8	0.027933	0.01744	9971	9971	-155.14	1219.72	1064.58
9	0.029379	0.01744	9500	9500	-154.66	1219.68	1065.03
10	0.030894	0.01744	9054	9054	-154.18	1219.64	1065.0347
11	0.032480	0.01744	8630	8630	-153.70	1219.60	1065.91
12	0.034140	0.01744	8228	8228	-153.21	1219.56	1066.33
13	0.035878	0.01745	7846	7846	-152.73	1219.52	1066.79
14	0.037696	0.01745	7483	7483	-152.24	1219.47	1067.23
15	0.039597	0.01745	7139	7139	-151.76	1219.43	1067.67
16	0.041586	0.01745	6811	6811	-151.27	1219.38	1068.11
17	0.043666	0.01745	6501	6501	-150.78	1219.33	1068.55
18	0.045841	0.01745	6205	6205	-150.30	1219.28	1068.99
19	0.048113	0.01745	5924	5924	-149.81	1219.23	1069.43
20	0.050489	0.01746	5657	5657	-149.32	1219.18	1069.87
21	0.052970	0.01746	5404	5404	-148.82	1219.13	1070.31
22	0.055563	0.01746	5162	5162	-148.33	1219.08	1070.75
23	0.058271	0.01746	4932	4932	-147.84	1219.02	1071.19
24	0.061099	0.01746	4714	4714	-147.34	1218.97	1071.63
25	0.064051	0.01746	4506	4506	-146.85	1218.91	1072.07
26	0.067133	0.01747	4308	4308	-146.35	1218.85	1072.50
27	0.070349	0.01747	4119	4119	-145.85	1218.80	1072.94
28	0.073706	0.01747	3940	3940	-145.35	1218.74	1073.38
29	0.077207	0.01747	3769	3769	-144.85	1218.68	1073.82
30	0.080860	0.01747	3606	3606	-144.35	1218.61	1074.26
31	0.084669	0.01747	3450	3450	-143.85	1218.55	1074.70
32	0.08865	0.01602	3302.07	3302.09	-0.02	1075.15	1075.14
33	0.09229	0.01602	3178.15	3178.16	0.99	1074.59	1075.58
34	0.09607	0.01602	3059.47	3059.49	2.00	1074.02	1076.01
35	0.09998	0.01602	2945.66	2945.68	3.00	1073.45	1076.45
36	0.10403	0.01602	2836.60	2836.61	4.01	1072.88	1076.89
37	0.10822	0.01602	2732.13	2732.15	5.02	1072.32	1077.33
38	0.11257	0.01602	2631.88	2631.89	6.02	1071.75	1077.77
39	0.11707	0.01602	2535.86	2535.88	7.03	1071.18	1078.21

خصوصیات ترمودینامیکی آب

دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
40	0.12172	0.01602	2443.67	2443.69	8.03	1070.62	1078.65
41	0.12654	0.01602	2355.22	2355.24	9.04	1070.05	1079.09
42	0.13153	0.01602	2270.42	2270.43	10.04	1069.48	1079.52
43	0.13669	0.01602	2189.02	2189.04	11.04	1068.92	1079.96
44	0.14203	0.01602	2110.92	2110.94	12.05	1068.35	1080.40
45	0.14755	0.01602	2035.91	2035.92	13.06	1067.79	1080.84
46	0.15326	0.01602	1963.85	1963.87	14.05	1067.22	1081.28
47	0.15917	0.01602	1894.71	1894.73	15.06	1066.66	1081.71
48	0.16527	0.01602	1828.28	1828.30	16.06	1066.09	1082.15
49	0.17158	0.01602	1764.44	1764.46	17.06	1065.53	1082.59
50	0.17811	0.01602	1703.18	1703.20	18.06	1064.96	1083.03
51	0.18484	0.01602	1644.25	1644.26	19.06	1064.40	1083.46
52	0.19181	0.01603	1587.64	1587.65	20.07	1063.83	1083.90
53	0.19900	0.01603	1533.22	1533.24	21.07	1063.27	1084.34
54	0.20643	0.01603	1480.89	1480.91	22.07	1062.71	1084.77
55	0.21410	0.01603	1430.61	1430.62	23.07	1062.14	1085.21
56	0.22202	0.01603	1382.19	1382.21	24.07	1061.58	1085.65
57	0.23020	0.01603	1335.65	1335.67	25.07	1061.01	1086.08
58	0.23864	0.01603	1290.85	1290.87	26.07	1060.45	1086.52
59	0.24735	0.01603	1247.76	1247.78	27.07	1059.89	1086.96
60	0.25635	0.01604	1206.30	1206.32	28.07	1059.32	1087.39
61	0.26562	0.01604	1166.38	1166.40	29.07	1058.76	1087.83
62	0.27519	0.01604	1127.93	1127.95	30.07	1058.19	1088.27
63	0.28506	0.01604	1090.94	1090.96	31.07	1057.63	1088.70
64	0.29524	0.01604	1055.32	1055.33	32.07	1057.07	1089.14
65	0.30574	0.01604	1021.98	1021.00	33.07	1056.50	1089.57
66	0.31656	0.01604	987.95	987.97	34.07	1055.94	1090.01
67	0.32772	0.01605	956.11	956.12	35.07	1055.37	1090.44
68	0.33921	0.01605	925.44	925.45	36.07	1054.81	1090.88
69	0.35107	0.01605	895.86	895.87	37.07	1054.24	1091.31
70	0.36328	0.01605	867.34	867.36	38.07	1053.68	1091.75
71	0.37586	0.01605	839.87	839.88	39.07	1053.11	1092.18
72	0.38882	0.01606	813.37	813.39	40.07	1052.55	1092.61
73	0.40217	0.01606	787.85	787.87	41.07	1051.98	1093.05
74	0.41592	0.01606	763.19	763.21	42.07	1051.42	1093.48
75	0.43008	0.01606	739.42	739.44	43.06	1050.85	1093.92
76	0.44465	0.01606	716.51	716.53	44.06	1050.29	1094.35
77	0.45966	0.01607	694.38	694.40	45.06	1049.72	1094.78
78	0.47510	0.01607	673.05	673.06	46.06	1049.16	1095.22
79	0.49100	0.01607	652.44	652.46	47.06	1048.59	1095.65

خصوصیات ترمودینامیکی آب

دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
80	0.50736	0.01607	632.54	632.56	48.06	1048.03	1096.08
81	0.52419	0.01608	613.35	613.37	49.06	1047.46	1096.51
82	0.54150	0.01608	594.82	594.84	50.05	1046.89	1096.95
83	0.55931	0.01608	576.90	576.92	51.05	1046.33	1097.38
84	0.57763	0.01608	559.63	559.65	52.05	1045.76	1097.81
85	0.59647	0.01609	542.93	542.94	53.05	1045.19	1098.24
86	0.61584	0.01609	526.80	526.81	54.05	1044.63	1098.67
87	0.63575	0.01609	511.21	511.22	55.05	1044.06	1099.11
88	0.65622	0.01609	496.14	496.15	56.05	1043.49	1099.54
89	0.67726	0.01610	481.60	481.61	57.04	1042.92	1099.97
90	0.69889	0.01610	467.52	467.53	58.04	1042.36	1100.40
91	0.72111	0.01610	453.91	453.93	59.04	1041.79	1100.83
92	0.74394	0.01611	440.76	440.78	60.04	1041.22	1101.26
93	0.76740	0.01611	428.04	428.06	61.04	1040.65	1101.69
94	0.79150	0.01611	415.74	415.76	62.04	1040.08	1102.12
95	0.81625	0.01612	403.84	403.86	63.03	1039.51	1102.55
96	0.84166	0.01612	392.33	392.34	64.03	1038.95	1102.98
97	0.86776	0.01612	381.20	381.21	65.03	1038.38	1103.41
98	0.89456	0.01612	370.42	370.44	66.03	1037.81	1103.84
99	0.92207	0.01613	359.99	360.01	67.03	1037.24	1104.26
100	0.95031	0.01613	349.91	349.92	68.03	1036.67	1104.69
101	0.97930	0.01613	340.14	340.15	69.03	1036.10	1105.12
102	1.00904	0.01614	330.69	330.71	70.02	1035.53	1105.55
103	1.03956	0.01614	321.53	321.55	71.02	1034.95	1105.98
104	1.07088	0.01614	312.67	312.69	72.02	1034.38	1106.40
105	1.10301	0.01615	304.08	304.10	73.02	1033.81	1106.83
106	1.13597	0.01615	295.76	295.77	74.02	1033.24	1107.26
107	1.16977	0.01616	287.71	287.73	75.01	1032.67	1107.68
108	1.20444	0.01616	279.91	279.92	76.01	1032.10	1108.11
109	1.23999	0.01616	272.34	272.36	77.01	1031.52	1108.54
110	1.27644	0.01617	265.02	265.03	78.01	1030.95	1108.96
111	1.31381	0.01617	257.91	257.93	79.01	1030.38	1109.39
112	1.35212	0.01617	251.02	251.04	80.01	1029.80	1109.81
113	1.39138	0.01618	244.36	244.38	81.01	1029.23	1110.24
114	1.43162	0.01618	237.89	237.90	82.00	1028.66	1110.66
115	1.47286	0.01619	231.62	231.63	83.00	1028.08	1111.09
116	1.51512	0.01619	225.53	225.55	84.00	1027.51	1111.51
117	1.55842	0.01619	219.63	219.65	85.00	1026.93	1111.93
118	1.60277	0.01620	213.91	213.93	86.00	1026.36	1112.36
119	1.64820	0.01620	208.36	208.37	87.00	1025.78	1112.78

خصوصیات ترمودینامیکی آب

دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
120	1.69474	0.01620	202.98	202.99	88.00	1025.20	1113.20
121	1.74240	0.01621	197.76	197.76	89.00	1023.62	1113.62
122	1.79117	0.01621	192.69	192.69	90.00	1024.05	1114.05
123	1.844117	0.01622	187.78	187.78	90.99	1024.47	1114.47
124	1.89233	0.01622	182.98	182.99	91.59	1022.90	1114.89
125	1.94470	0.01623	178.34	178.36	92.99	1022.32	1115.31
126	1.99831	0.01623	173.85	173.86	93.99	1021.74	1115.73
127	2.05318	0.01623	169.47	169.49	94.99	1021.16	1116.15
128	2.10934	0.01624	165.23	165.25	95.99	1020.58	1116.57
129	2.16680	0.01624	161.11	161.12	96.99	1020.00	1116.99
130	2.22560	0.01625	157.11	157.12	97.99	1019.42	1117.41
131	2.28576	0.01625	153.22	153.23	98.99	1018.84	1117.83
132	2.34730	0.01626	149.44	149.46	99.99	1018.26	1118.25
133	2.41025	0.01626	145.77	145.78	100.99	1017.68	1118.67
134	2.47463	0.01627	142.21	142.23	101.99	1017.10	1119.08
135	2.54048	0.01627	138.74	138.76	102.99	1016.52	1119.50
136	2.60782	0.01627	135.37	135.39	103.98	1015.93	1119.92
137	2.67667	0.01628	132.10	132.12	104.98	1015.35	1120.34
138	2.74707	0.01628	128.92	128.94	105.98	1014.77	1120.75
139	2.81903	0.01629	125.83	125.85	106.98	1014.18	1121.17
140	2.89260	0.01629	122.82	122.84	107.98	1013.60	1121.58
141	2.96780	0.01630	119.90	119.92	108.98	1013.01	1122.00
142	3.04465	0.01630	117.05	117.07	109.98	1012.43	1122.41
143	3.12320	0.01631	114.29	114.31	110.98	1011.84	1122.83
144	3.20345	0.01631	111.60	111.62	111.98	1011.26	1123.24
145	3.28546	0.01632	108.99	109.00	112.98	1010.67	1123.66
146	3.36924	0.01632	106.44	106.45	113.98	1010.09	1124.07
147	3.45483	0.01633	103.96	103.98	114.98	1009.50	1124.48
148	3.54226	0.01633	101.55	101.57	115.98	1008.91	1124.89
149	3.63156	0.01634	99.21	99.22	116.98	1008.32	1125.31
150	3.72277	0.01634	96.93	96.94	117.98	1007.73	1125.72
151	3.81591	0.01635	94.70	94.72	118.99	1007.14	1126.13
152	3.91101	0.01635	92.54	92.56	119.99	1006.55	1126.54
153	4.00812	0.01636	90.44	90.46	120.99	1005.96	1126.95
154	4.10727	0.01636	88.39	88.41	121.99	1005.37	1127.36
155	4.20848	0.01637	86.40	86.41	122.99	1004.78	1127.77
156	4.31180	0.01637	84.45	84.47	123.99	1004.19	1128.18
157	4.41725	0.01638	82.56	82.58	124.99	1003.60	1128.59
158	4.52488	0.01638	80.72	80.73	125.99	1003.00	1128.99
159	4.63472	0.01639	78.92	78.94	126.99	1002.41	1129.40

خصوصیات ترمودینامیکی آب

دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
160	4.7468	0.01639	77.175	77.192	127.99	1001.82	1129.81
161	4.8612	0.01640	75.471	75.488	128.99	1001.22	1130.22
162	4.9778	0.01640	73.812	73.829	130.00	1000.63	1130.62
163	5.0969	0.01641	72.196	72.213	131.00	1000.03	1131.03
164	5.2183	0.01642	70.619	70.636	132.00	999.43	1131.43
165	5.3422	0.01642	69.084	69.101	133.00	998.84	1131.84
166	5.4685	0.01643	67.587	67.604	134.00	998.24	1132.24
167	5.5974	0.01643	66.130	66.146	135.00	997.64	1132.64
168	5.7287	0.016444	64.707	64.723	136.01	997.04	1133.05
169	5.8627	0.01644	63.320	63.336	137.01	996.44	1133.45
170	5.9993	0.01645	61.969	61.989	138.01	995.84	1133.85
171	6.1386	0.01646	60.649	60.666	139.01	995.24	1134.25
172	6.2806	0.01646	59.363	59.380	140.01	994.64	1134.66
173	6.4253	0.01647	58.112	58.128	141.02	994.04	1135.06
174	6.5729	0.01647	56.887	56.904	142.02	993.44	1135.46
175	6.7232	0.01648	55.694	55.711	143.02	992.83	1135.86
176	6.8765	0.01648	54.532	54.549	144.03	992.23	1136.26
177	7.0327	0.01649	53.397	53.414	145.03	991.63	1136.65
178	7.1918	0.01650	52.290	52.307	146.03	991.02	1137.05
179	7.3239	0.01650	51.210	51.226	147.03	990.42	1137.45
180	7.5191	0.01651	50.155	50.171	148.04	989.81	1137.85
181	7.6874	0.01651	49.126	49.143	149.04	989.20	1138.24
182	7.8589	0.01652	48.122	48.138	150.04	988.60	1138.64
183	8.0335	0.01653	47.142	47.158	151.05	987.99	1139.03
184	8.2114	0.01653	46.185	46.202	152.05	987.38	1139.43
185	8.3926	0.01654	45.251	45.267	153.05	986.77	1139.82
186	8.5770	0.01654	44.339	44.356	154.06	986.16	1140.22
187	8.7649	0.01655	43.448	43.465	155.06	985.55	1140.61
188	8.9562	0.01656	42.579	42.595	156.07	984.94	1141.00
189	9.1510	0.01656	41.730	41.746	157.07	984.32	1141.39
190	9.3493	0.01657	740.901	40.918	158.07	983.71	1141.78
191	9.5512	0.01658	40.092	40.108	159.08	983.10	1142.18
192	9.7567	0.01658	39.301	39.317	160.08	982.48	1142.57
193	9.9659	0.01659	38.528	38.544	161.09	981.87	1142.95
194	10.1788	0.01659	37.774	37.790	162.09	981.25	1143.34
195	10.3955	0.01660	37.035	37.052	163.10	980.63	1143.73
196	10.6160	0.01661	36.314	36.331	164.10	980.02	1144.12
197	10.8404	0.01661	35.611	35.628	165.11	979.40	1144.51
198	11.0687	0.01662	34.923	34.940	166.11	978.78	1144.89
199	11.3010	0.01663	34.251	34.268	167.12	978.16	1145.28

خصوصیات ترمودینامیکی آب

دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
200	11.5374	0.01663	33.594	33.610	168.13	977.54	1145.66
201	11.7779	0.01664	32.951	32.968	169.13	976.92	1146.05
202	12.0225	0.01665	32.324	32.340	170.14	976.29	1146.43
203	12.2713	0.01665	31.710	31.726	171.14	975.67	1146.81
204	12.5244	0.01666	31.110	31.127	172.15	975.05	1147.20
205	12.7819	0.01667	30.523	30.540	173.16	974.42	1147.58
206	13.0436	0.01667	29.949	29.965	174.16	973.80	1147.96
207	13.3099	0.01668	29.388	29.404	175.17	973.17	1148.34
208	13.5806	0.01669	28.839	28.856	176.18	972.54	1148.72
209	13.8558	0.01669	28.303	28.319	177.18	971.92	1149.10
210	14.1357	0.01670	27.778	27.795	178.19	971.29	1149.48
212	14.796	0.01671	26.763	26.780	180.20	970.03	1150.23
214	15.3025	0.01673	25.790	25.807	182.22	968.76	1150.98
216	15.9152	0.01674	24.861	24.878	184.24	967.50	1151.73
218	16.5479	0.01676	23.970	23.987	186.25	966.23	1152.48
220	17.2013	0.01677	23.118	23.134	188.27	964.95	1153.22
222	17.8759	0.01679	22.299	22.316	190.29	963.67	1153.96
224	18.5721	0.01680	21.516	21.533	192.31	962.39	1154.70
226	19.2905	0.01682	20.765	20.782	194.33	961.11	1155.43
228	20.0316	0.01683	20.045	20.062	196.35	959.82	1156.16
230	20.7961	0.01684	19.355	19.372	198.37	958.52	1156.89
232	21.5843	0.01686	18.692	18.709	200.39	957.22	1157.62
234	22.3970	0.01688	18.056	18.073	202.41	955.92	1158.34
236	23.2345	0.01689	17.466	17.463	204.44	954.62	1159.06
238	24.0977	0.01691	16.860	16.877	206.46	953.31	1159.77
240	24.9869	0.01692	16.298	16.314	208.49	952.00	1160.48
242	25.9028	0.01694	15.757	15.774	210.51	950.68	1161.19
244	26.8461	0.01695	15.238	15.255	212.54	948.35	1161.90
246	27.8172	0.01697	14.739	14.756	214.57	948.03	1162.60
248	28.8169	0.01698	14.259	14.276	216.60	946.70	1163.29
250	29.8457	0.01700	13.798	13.815	218.63	945.36	1163.99
252	30.9043	0.0172	13.355	13.372	220.66	944.02	1164.68
254	31.9934	0.01703	12.928	12.945	222.69	942.68	1165.37
256	33.1135	0.01705	12.526	12.147	224.73	939.99	1166.72
258	34.2653	0.01707	12.123	12.140	226.76	939.97	1166.73
260	35.4496	0.01708	11.742	11.759	228.79	938.61	1167.40
262	36.6669	0.01710	11.376	11.393	230.83	937.25	1168.08
264	37.9180	0.01712	11.024	11.041	232.87	935.88	1168.74
266	39.2035	0.01714	10.684	10.071	234.90	934.50	1169.41
268	40.5241	0.01715	10.357	10.374	236.94	933.12	1170.07

خصوصیات ترمودینامیکی آب

دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
270	41.8806	0.001717	10.042	10.059	238.98	931.74	1170.72
272	43.2736	0.01719	9.737	9.755	241.03	930.35	1171.38
274	44.7040	0.01721	9.445	9.462	243.07	928.95	1172.02
276	46.1723	0.01722	9.162	9.179	245.11	927.55	1172.67
278	47.6794	0.01724	8.890	8.907	247.16	926.15	1173.31
280	49.2260	0.01726	8.627	8.644	249.20	924.74	1173.94
282	50.8128	0.01728	8.373	8.390	251.25	923.32	1174.57
284	52.4406	0.01730	8.128	8.146	253.30	921.90	1175.20
286	54.1103	0.01731	7.892	7.910	255.35	920.47	1175.82
288	55.8225	0.01733	7.664	7.681	257.40	919.03	1176.44
290	57.5780	0.01735	7.444	7.461	259.45	917.59	1177.05
292	59.3777	0.01737	7.231	7.248	261.51	916.15	1177.66
294	61.2224	0.01739	7.026	7.043	263.56	914.69	1178.26
296	63.1128	0.01741	6.827	6.844	265.62	913.24	1178.86
298	65.0498	0.01743	6.635	6.652	267.68	911.77	1179.45
300	67.03	0.01745	6.450	6.467	269.74	910.3	1180.04
302	69.01	0.01747	6.275	6.292	271.79	909.0	1180.79
304	71.09	0.01749	6.102	6.119	273.86	907.5	1181.36
306	73.22	0.01751	5.933	5.951	275.93	906.0	1181.93
308	75.40	0.01753	5.771	5.789	278.00	904.5	1182.50
310	77.64	0.01755	5.614	5.632	280.06	903.0	1183.06
312	73.92	0.01757	5.462	5.480	282.13	901.5	1183.63
314	82.26	0.01759	5.315	5.333	284.21	899.9	1184.11
316	84.65	0.01761	5.172	5.190	286.28	898.4	1184.68
318	87.00	0.01763	5.034	5.052	288.36	896.9	1185.26
320	89.60	0.01765	4.901	4.919	290.43	895.3	1185.73
322	92.16	0.01767	4.772	4.790	292.51	893.8	1186.31
324	94.78	0.01770	4.647	4.665	294.59	892.2	1186.79
326	97.46	0.01722	4.525	4.543	296.67	890.7	1187.37
328	100.20	0.01774	4.408	4.426	298.76	889.1	1187.86
330	103.00	0.01776	4.294	4.312	300.84	887.5	1188.34
332	105.86	0.01778	4.183	4.201	302.93	885.9	1188.83
334	108.78	0.01780	4.076	4.094	305.02	884.3	1189.32
336	111.76	0.01783	3.973	3.991	307.11	882.7	1189.81
338	114.82	0.01785	3.872	3.890	309.21	881.1	1190.31
340	117.93	0.01787	3.774	3.792	311.30	879.5	1190.80
342	121.11	0.01789	3.680	3.698	313.39	877.9	1191.29
344	124.36	0.01792	3.588	3.606	315.49	876.3	1191.79
346	127.68	0.01794	3.499	3.517	317.59	874.6	1192.19
348	131.07	0.01796	3.412	3.430	319.70	873.0	1192.70

خصوصیات ترمودینامیکی آب

دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
350	134.53	0.01799	3.328	3.346	321.80	871.3	1193.10
352	138.06	0.01801	3.247	3.265	323.91	869.6	1193.51
354	141.66	0.01804	3.167	3.185	326.02	868.0	1194.02
356	145.34	0.01806	3.091	3.109	328.13	868.3	1194.43
358	149.09	0.01808	3.286	3.304	330.24	864.6	1194.84
360	152.92	0.01811	2.943	2.961	332.35	862.9	1195.25
362	156.82	0.01813	2.873	2.891	334.47	861.2	1195.67
364	160.80	0.01816	2.804	2.822	336.59	859.5	1196.09
366	164.87	0.01818	2.738	2.756	338.71	857.7	1196.41
368	169.01	0.01821	2.673	2.691	340.83	856.0	1196.83
370	173.23	0.01823	5.283	2.628	342.96	854.2	1197.16
372	177.53	0.01826	2.549	2.567	345.08	852.5	1197.58
374	181.92	0.01828	2.325	2.508	347.21	850.7	1197.91
376	186.39	0.01831	2.432	2.450	349.35	848.9	1198.25
378	190.95	0.01834	2.376	2.394	351.48	847.2	1198.68
380	195.60	0.01836	2.321	2.339	353.62	845.4	1199.02
382	200.33	0.01839	2.268	2.286	355.76	843.6	1199.36
384	205.15	0.01842	2.216	2.234	357.90	841.7	1199.60
386	210.06	0.01844	2.165	2.183	360.04	839.9	1199.94
388	215.06	0.01847	2.116	2.134	362.19	838.1	1200.29
390	220.2	0.01850	2.069	2.087	364.34	836.2	1200.54
392	225.3	0.01853	2.021	2.040	366.49	834.4	1200.89
394	230.6	0.01855	1.976	1.995	368.64	832.5	1201.14
396	230.0	0.01858	1.932	1.951	370.80	830.6	1204.40
398	241.5	0.01861	1.889	1.908	372.96	828.7	1201.66
400	247.1	0.01864	1.847	1.866	375.12	826.8	1201.92
405	261.4	0.01871	1.747	1.766	380.53	822.0	1202.53
410	276.5	0.01878	1.654	1.673	385.97	817.2	1203.17
415	292.1	0.01886	1.566	1.585	391.42	812.2	1203.62
420	308.5	0.01894	1.483	1.502	396.89	807.2	1204.09
425	325.6	0.01901	1.406	1.425	402.28	802.1	1204.48
430	343.3	0.01909	1.333	1.352	407.89	796.9	1204.79
435	361.9	0.01918	1.265	1.284	413.42	791.7	1205.12
440	381.2	0.01926	1.200	1.219	418.98	786.3	1205.28
445	401.2	0.01935	1.139	1.158	424.55	780.9	1205.45
450	422.1	0.01943	1.082	1.101	430.20	775.4	1205.60
455	443.8	0.01952	1.027	1.047	435.80	769.8	1205.60
460	466.3	0.01961	0.976	0.996	441.40	764.1	1205.50
465	489.8	0.01971	0.928	0.948	447.10	758.3	1205.40
470	514.1	0.01980	0.883	0.903	452.80	752.4	1205.20

خصوصیات ترمودینامیکی آب

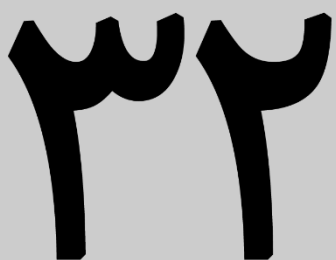
دما	فشار	حجم مخصوص			آنتالپی		
		ft^3/lbs			Btu/lbs		
$^{\circ}F$	$psia$	v_l	v_{lg}	v_g	h_l	h_{lg}	h_g
475	5393	0.01990	0.840	0.8594	458.5	746.4	1204.9
480	565.5	0.02000	0.799	0.8187	464.3	740.3	1204.6
485	592.6	0.02011	0.760	0.7801	470.1	734.1	1204.2
490	620.7	0.02021	0.723	0.7436	475.9	727.8	1203.7
495	649.8	0.02032	0.689	0.7090	481.8	721.3	1203.1
500	680.0	0.02043	0.656	0.6761	487.7	714.8	1202.5
525	847.1	0.02104	0.514	0.5350	517.8	680.0	1197.8
550	1044.0	0.02175	0.406	0.4249	549.1	641.6	1190.6
575	1274.0	0.02259	0.315	0.3378	581.9	598.6	1180.4
600	1541.0	0.02363	0.244	0.2677	616.7	549.7	1166.4

خصوصیات آب

دما	حرارت مخصوص	چگالی	وزن مخصوص
$^{\circ}F$	$Btu/lbs\ ^{\circ}F$	lbs/ft^3	
32-100	1.00	62.40	1.000
101-150	1.00	61.15	0.980
151-200	1.01	59.90	0.960
201-250	1.02	58.66	0.940
251-300	1.03	57.41	0.920
301-350	1.05	55.85	0.895
351-400	1.08	53.98	0.865
401-450	1.13	51.79	0.830

ضرایب معادله آب

نوع سیستم	محدوده دمای سیستم ($^{\circ}F$)	ضریب معادله
آب گرمایش دما پایین	110-150	490
	151-200	485
	201-250	480
آب گرمایش دما متوسط	251-300	475
	301-350	470
آب گرمایش دما بالا	351-400	470
	401-450	470



**انجمن‌های حرفه‌ای
و سازمان‌های تجاری**

۳۲-۱ - جوامع حرفه‌ای و سازمان‌های تجاری

AABC	<i>Associated Air Balance Council</i>
AACC	<i>American Automatic Control Council</i>
ABMA	<i>American Boiler Manufacturers' Association</i>
ACCA	<i>Air Conditioning Contractors of America</i>
ACGIH	<i>American Conference of Governmental and Industrial Hygienists</i>
ACI	<i>American Concrete Institute</i>
ACS	<i>American Ceramic Society</i>
ACS	<i>American Chemical Society</i>
ACSM	<i>American Congress on Surveying and Mapping</i>
ADA	<i>American with Disabilities Act</i>
ADAAG	<i>ADA Accessibility Guidelines for Buildings and Facilities</i>
ADC	<i>Air Diffusion Council</i>
AEE	<i>Association of Energy E</i>
AEI	<i>Architectural Engineering Institute</i>
AFBMA	<i>American Fan and Bearing Manufacturers' Association</i>
AFS	<i>American Foundrymen's Society</i>
AGA	<i>American Gas Association</i>
AGMA	<i>American Gear Manufacturers Association</i>
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
AIA	<i>American Insurance Association</i>
AICE	<i>American Institute of Consulting Engineers</i>
AIChE	<i>American Institute of Chemical Engineers</i>
AIHA	<i>American Industrial Hygiene Association</i>
AIIE	<i>American Institute of Industrial Engineers, Inc.</i>
AIPE	<i>American Institute of Plant Engineers</i>
AISC	<i>American Institute of Steel Construction</i>
AISE	<i>Association of Iron and Steel Engineers</i>
AISI	<i>American Iron and Steel Institute</i>
AMCA	<i>Air Movement and Control Association International, Inc.</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
APCA	<i>Air Pollution Control Association</i>
APFA	<i>American Pipe and Fittings Association</i>
APHA	<i>American Public Health Association</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
APWA	<i>American Public Works Association</i>
ARI	<i>Air-Conditioning and Refrigeration Institute</i>
ASA	<i>Acoustical Society of America</i>
ASCE	<i>American Society of Civil Engineers</i>
ASCET	<i>American Society of Certified Engineering Technicia</i>
ASEE	<i>American Society for Engineering Education</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>
ASLE	<i>American Society of Lubricating Engineers</i>
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers International</i>
ASNT	<i>American Society for Non-Destructive Testing</i>
ASPE	<i>American Society of Plumbing Engineers</i>
ASQC	<i>American Society of Quality Control, Inc.</i>
ASSE	<i>American Society of Safety Engineers; American Society of Sanitary Engineers</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
ATBCB	<i>Architectural and Transportation Barrier Compliance Board</i>
AWS	<i>American Welding Society</i>
AWWA	<i>American Water Works Association, Inc.</i>

BCMC	<i>Board for the Coordination of Model Codes (a Board of CABO)</i>
BEPS	<i>Building Energy Performance Standards</i>
BOCA	<i>Building Officials and Code Administrators</i>
BRI	<i>Building Research Institute</i>
BSI	<i>British Standards Institute</i>
CABO	<i>Council of American Building Officials</i>
CAGI	<i>Compressed Air and Gas Ins</i>
CANENA	<i>North American Electro/Technical Standards Harmonization Council</i>
CEC	<i>Consulting Engineers Council of the United States</i>
CEN	<i>European Standards Organization</i>
CENELEC	<i>European Committee for Electro/Technical Standardization</i>
CGA	<i>Compressed Gas Association, Inc.</i>
CISPI	<i>Cast Iron Soil Pipe Institute</i>
CSA	<i>Canadian Standards Association</i>
CSI	<i>Construction Specifications Institute</i>
CTI	<i>Cooling Tower Institute</i>
DER	<i>Department of Environmental Resources</i>
DOE	<i>Department of Energy</i>
ECPD	<i>Engineers' Council for Professional Development</i>
EF	<i>Engineering Found</i>
EJC	<i>Engineers' Joint Council</i>
EJMA	<i>Expansion Joint Manufacturers' Association</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
ETL	<i>ETL Testing Laboratories</i>
FM	<i>Factory Mutual System</i>
FPS	<i>Fluid Power Society</i>
HEI	<i>Heat Exchange Institute</i>
HI	<i>Hydraulic Institute</i>
HTFMI	<i>Heat Transfer and Fluid Mechanics Institute</i>
HYDI	<i>Hydronics Institute</i>
IAPMO	<i>International Association of Plumbing and Mechanical Officials</i>
IBR	<i>Institute of Boiler and Radiator Manufacturers</i>
ICBO	<i>International Conference of Building Officials</i>
ICC	<i>International Code Council</i>
ICET	<i>Institute for the Certification of Engineering Technicians</i>
IEC	<i>International Electro/Technical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IES	<i>Illuminating Engineering Society</i>
IESNA	<i>Illuminating Engineering Society of North America</i>
IFCI	<i>International Fire Code Institute</i>
IFI	<i>Industrial Fasteners Institute</i>
IAR	<i>International Institute of Ammonia Refrigeration</i>
IRI	<i>HSB Industrial Risk Insurers; Industrial Research Institute, Inc.</i>
ISA	<i>Instrument Society of America</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MCAA	<i>Mechanical Contractors Association of America</i>
MSS	<i>Manufacturers' Standardization Society of the Valve and Fittings Industry</i>
NACE	<i>National Association of Corrosion Engineers</i>
NAE	<i>National Academy of Engineering</i>
NAIMA	<i>North American Insulation Manufacturers Association</i>
NAPE	<i>National Association of Power Engineers, Inc.</i>
NAPHCC	<i>National Association of Plumbing-Heating-Cooling Contractors</i>
NAS	<i>National Academy of Sciences</i>
NBFU	<i>National Board of Fire Underwriters</i>

NBS	<i>National Bureau of Standards</i>
NCEE	<i>National Council of Engineering Examiners</i>
NCPWB	<i>National Certified Pipe Welding Bureau</i>
NCSBCS	<i>National Conference of States on Building Codes and Standards</i>
NEBB	<i>National Environmental Balancing Bureau</i>
NEC	<i>National Electric Code</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers' Association</i>
NEMI	<i>National Energy Management Institute</i>
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
NFSA	<i>National Fire Sprinkler Association</i>
NICE	<i>National Institute of Ceramic Engineers</i>
NICET	<i>National Institute of Certified Engineering Technicians</i>
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
NRC	<i>National Research Council</i>
NRCA	<i>National Roofing Contractors' Association</i>
NRCC	<i>National Research Council of Canada</i>
NSAE	<i>National Society of Architectural Engineers</i>
NSF	<i>National Sanitation Foundation International</i>
NSPE	<i>National Society of Professional Engineers</i>
NUSIG	<i>National Uniform Seismic Installation Guidelines</i>
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PADER	<i>Pennsylvania Department of Environmental Resources</i>
PDI	<i>Plumbing and Drainage Institute</i>
PFI	<i>Pipe Fabrication Institute</i>
RESA	<i>Scientific Research Society of America</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
SAME	<i>Society of American Military Engineers</i>
SAVE	<i>Society of American Value Engineers</i>
SBCCI	<i>Southern Building Code Congress International</i>
SES	<i>Solar Energy Society</i>
SFPE	<i>Society of Fire Protection Engineers</i>
SMACNA	<i>Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association</i>
SPE	<i>Society of Plastics Engineers, Inc.</i>
SSPC	<i>Structural Steel Painting Council</i>
SSPMA	<i>Sump and Sewage Pump Manufacturers' Association</i>
SWE	<i>Society of Women Engineers</i>
TEMA	<i>Tubular Exchanger Manufacturers Association</i>
TIMA	<i>Thermal Insulation Manufacturers' Association</i>
UL	<i>Underwriters' Laboratories, Inc.</i>
WPCF	<i>Water Pollution Control Federation</i>



مراجع
و دستورالعمل‌های طراحی

۳۳-۱- مراجع و دستورالعمل‌های طراحی

الف) اغلب اطلاعات ارائه شده در کتاب حاضر بر اساس مراجعی است که در پاراگراف‌های بعدی معرفی می‌شوند. علاوه بر این، این مراجع دستورالعمل‌هایی عالی برای طراحی سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع هستند که حاوی اطلاعاتی بسیط‌تر درباره آنچه در این کتاب آورده شده نیز می‌باشند. وجود این منابع در تمامی کتابخانه‌های با موضوع سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع توصیه می‌شود.

ب)

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Handbooks, Standards, and Manuals:

- *Refrigeration Volume,*
- *Fundamentals Volume,*
- *HVAC Systems and Equipment Volume,*
- *HVAC Applications Volume,*
- *HVAC Systems and Applications Volume,*
- *Systems Volume,*
- *Equipment Volume,*
- *Applications Volume,*
- *Safety Code for Mechanical Refrigeration,*
- *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy,*
- *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality,*
- *Energy Conservation in New Building Design,*
- *Addenda to Energy Conservation in New Building Design,*
- *Energy Efficiency Design of New Buildings except Low-Rise Residential Buildings,*
- *Energy Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings,*
- *Practices for Measurement, Testing, Adjusting, and Balancing of Building Heating, Ventilation, Air-Conditioning, and Refrigeration Systems,*
- *Guideline for Commissioning of HVAC Systems,*
- *Reducing Emission of Fully Halogenated Chlorofluorocarbon (CFC) Refrigerants in Refrigeration and Air-Conditioning Equipment and Applications,*
- *Design of Smoke Control Systems for Buildings,*
- *Pocket Handbook for Air Conditioning, Heating, Ventilation, Refrigeration.*

ج)

American National Standards Institute (ANSI) and American Society of Mechanical Engineers (ASME):

- *Scheme for the Identification of Piping Systems,*
- *Power Piping,*
- *Process Piping,*
- *Refrigerant Piping,*
- *Building Services Piping Code,*
- *Boiler and Pressure Vessel Code.*

Bell and Gossett Manuals:

- ITT Corporation. *Pump and System Curve Data for Centrifugal Pump Selection and Application*,
- ITT Corporation. *Pump Data Book*,
- ITT Corporation. *Parallel and Series Pump Application*,
- ITT Corporation. *Principles of Centrifugal Pump Construction and Maintenance*,
- ITT Corporation. *Cooling Tower Pumping and Piping*,
- ITT Corporation. *Variable Speed/Variable Volume Pumping Fundamentals*,
- ITT Corporation. *Heat Exchangers, Application and Installation*,
- ITT Corporation. *Primary Secondary Pumping Application Manual*,
- ITT Corporation. *One Pipe Primary Systems, Flow Rate and Water Temperature Determination*,
- ITT Corporation. *Primary Secondary Pumping Adaptations to Existing Systems*,
- ITT Corporation. *Dual Temperature Change Over Single Zone*,
- ITT Corporation. *Single Coil Instantaneous Room by Room Heating-Cooling Systems*,
- ITT Corporation. *Equipment Room Piping Practice*,
- ITT Corporation. *Pressurized Expansion Tank Sizing/Installation Instructions for Hydronic Heating/Cooling Systems*,
- ITT Corporation. *Snow Melting System Design and Problems*,
- ITT Corporation. *Hydronic Systems Anti-Freeze Design*,
- ITT Corporation. *Air Control for Hydronic Systems*,
- ITT Corporation. *Basic System Control and Valve Sizing Procedures*,
- ITT Corporation. *Hydronic Systems: Analysis and Evaluation*,
- ITT Corporation. *Circuit Setter Valve Balance Procedure Manual*,
- ITT Corporation. *Domestic Water Service*.

Carrier Manuals:

- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 1—Load Estimating*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 2—Air Distribution*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 3—Piping Design*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 4—Refrigerants, Brines, Oils*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 5—Water Conditioning*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 6—Air Handling Equipment*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 7—Refrigeration Equipment*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 8—Auxiliary Equipment*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 9—Systems and Applications*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 10—Air-Air Systems*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 11—Air-Water Systems*,
- Carrier Corporation. *Carrier System Design Manuals, Part 12—Water and DX Systems*.

Cleaver Brooks Manuals:

- Cleaver Brooks. *The Boiler Book, A Complete Guide to Advanced Boiler Technology for the Specifying Engineer*,

- Cleaver Brooks. *Hot Water Systems, Components, Controls, and Layouts*,
- Cleaver Brooks. *Application . . . and Misapplication of Hot Water Boilers*.

(ز)

Johnson Controls Manuals:

- Johnson Controls. *Fundamentals of Pneumatic Control*,
- Johnson Controls. *Johnson Field Training Handbook, Fundamentals of Electronic Control Equipment*,
- Johnson Controls. *Johnson Field Training Handbook, Fundamentals of Systems*.

(ح)

Honeywell Manual:

- Honeywell. *Engineering Manual of Automatic Control for Commercial Buildings, Heating, Ventilating and Air Conditioning*.

(ط)

Industrial Ventilation Manual:

- Industrial Ventilation. *A Manual of Recommended Practice*.

(ی)

SMACNA (Sheet Metal and Air-Conditioning Contractors' National Association, Inc.) Manuals:

- SMACNA. *Fibrous Glass Duct Construction Standards*,
- SMACNA. *Fire, Smoke and Radiation Damper Installation Guide for HVAC Systems*,
- SMACNA. *HVAC Air Duct Leakage Test Manual*,
- SMACNA. *HVAC Duct Construction Standards—Metal and Flexible*,
- SMACNA. *HVAC Systems—Duct Design*,
- SMACNA. *HVAC Systems—Testing, Adjusting and Balancing*,
- SMACNA. *Rectangular Industrial Duct Construction Standards*,
- SMACNA. *Round Industrial Duct Construction Standards*,
- SMACNA. *Seismic Restraint Manual Guidelines for Mechanical Systems*,
- SMACNA. *Thermoplastic Duct (PVC) Construction Manual*.

(ک)

Trane Manuals:

- The Trane Company. *Trane Air-Conditioning Manual*,
- The Trane Company. *Psychrometry*.

(ج)

United McGill Corporation:

- United McGill Corporation. *Engineering Design reference Manual for Supply Air Handling Systems*,
- United McGill Corporation. *Underground Duct Installation*,
- United McGill Corporation. *Flat Oval vs Rectangular Duct*,
- United McGill Corporation. *Flat Oval Duct—The Alternative to Rectangular*,
- United McGill Corporation. *Underground Duct Design*,

(م)

Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fitting Industry:

- *Standard Marking System for Valves, Fittings, Flanges and Unions,*
- *Pipe Hangers and Supports—Materials, Design and Manufacturers,*
- *Pipe Hangers and Supports—Selection and Application,*
- *Pipe Hangers and Supports—Fabrication and Installation Practices,*
- *Guidelines on Terminology for Pipe Hangers and Supports,*
- *Guidelines for Manual Operation of Valves,*
- *MSS Valve User Guide,*
- *Guidelines on Terminology for Valves and Fittings.*

(ن) مراجع متفرقه

- *Steam Conservation Guidelines for Condensate Drainage,*
- *Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers,*
- *CRC Handbook of Tables for Applied Engineering Science,*
- *Construction Contracting,*
- *Dehumidification Engineering Manual,*
- *Control Systems for Heating, Ventilating and Air Conditioning,*
- *Hydronic System Design and Operation A Guide to Heating and Cooling with Water,*
- *Modern Air Conditioning Practice,*
- *Architectural Graphic Standards,*
- *Cameron Hydraulic Data,*
- *Steam Pressure Control Systems,*
- *Cooling Tower Fundamentals,*
- *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings,*
- *Piping Handbook,*
- *Designing the Installation of the Electro-Hydronic Energy Conservation System,*
- *Steam Pressure Reducing Station Noise Treatment,*
- *Design of Fluid Systems, Steam Utilization,*
- *Design of Fluid Systems, Hook-ups,*
- *Handbook of Air Conditioning, Heating and Ventilating,*
- *Distributed Pumping (Pressure Gradient Control) for Chilled Water and Hot Water Systems.*

۳۳-۲- کدها و استانداردهای ساختمان

(الف)

Building Officials and Code Administrators International, Inc. (BOCA):

- BOCA. *The BOCA National Mechanical Code.*

(ب)

Council of American Building Officials (CABO):

- CABO. *Model Energy Code.*

(ج)

International Conference of Building Officials (ICBO):

- ICBO. *Uniform Building Code*,
- ICBO. *Uniform Mechanical Code*.

(۵)

National Fire Protection Association (NFPA):

- NFPA. *NFPA 10 Portable Fire Extinguishers*,
- NFPA. *NFPA 13 Installation of Sprinkler Systems*,
- NFPA. *NFPA 13 Installation of Sprinkler Systems Handbook*,
- NFPA. *NFPA 14 Installation of Standpipe and Hose systems*,
- NFPA. *NFPA 20 Installation of Centrifugal Fire Pumps*,
- NFPA. *NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code*,
- NFPA. *NFPA 45 Fire Protection for Laboratories Using Chemicals*,
- NFPA. *NFPA 52 Compressed Natural Gas (CNG) Vehicular Fuel Systems*,
- NFPA. *NFPA 54 National Fuel Gas Code*,
- NFPA. *NFPA 54 National Fuel Gas Code Handbook*,
- NFPA. *NFPA 58 Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases*,
- NFPA. *NFPA 70 National Electrical Code*,
- NFPA. *NFPA 70 National Electrical Code Handbook*,
- NFPA. *NFPA 75 Protection of Electronic Computer/Data Processing Equipment*,
- NFPA. *NFPA 88B Repair Garages*,
- NFPA. *NFPA 90A Installation of Air Conditioning and Ventilating Systems*,
- NFPA. *NFPA 90B Installation of Warm Air Heating and Air Conditioning Systems*,
- NFPA. *NFPA 91 Installation of Exhaust Systems for Air Conveying of Materials*,
- NFPA. *NFPA 92A Smoke Control Systems*,
- NFPA. *NFPA 92B Smoke Management Systems in Malls, Atria, Large Areas*,
- NFPA. *NFPA 96 Ventilation Control and Fire Protection of Commercial Cooking Operations*,
- NFPA. *NFPA 99 Health Care Facilities*,
- NFPA. *NFPA 101 Safety to Life in Buildings and Structures*,
- NFPA. *NFPA 110 Emergency and Standby Power Systems*,
- NFPA. *NFPA 211 Chimneys, Fireplaces, Vents and Solid Fuel Burning Appliances*,
- NFPA. *NFPA 214 Water Cooling Towers*,
- NFPA. *NFPA 318 Cleanrooms*,
- NFPA. *NFPA 910 Libraries and Library Collections*,
- NFPA. *NFPA 911 Museums and Museum Collections*,
- NFPA. *NFPA 912 Places of Worship*,
- NFPA. *NFPA 913 Historic Structures and Sites*,
- NFPA. *NFPA 914 Fire Protection in Historic Structures*.

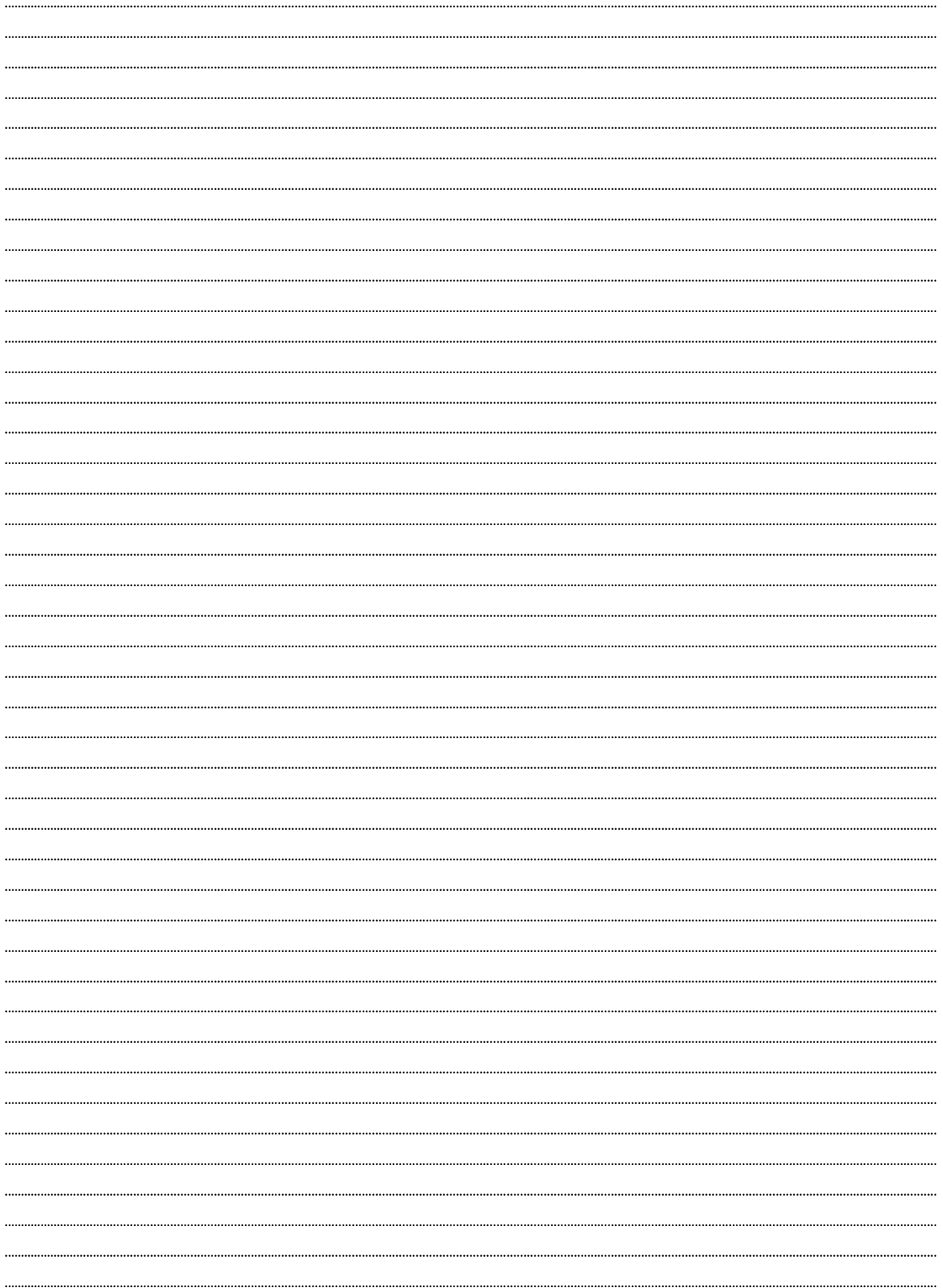
(۶)

Southern Building Code Congress International, Inc. (SBCCI):

- SBCCI. *Standard Building Code*,
- SBCCI. *Standard Mechanical Code*.

(۷) کدهای متفرقه

- The American Institute of Architects Committee on Architecture for Health. *Guidelines for Construction and Equipment of Hospital and Medical Facilities*.



HVAC EQUATIONS, DATA, AND RULES OF THUMB

ARTHUR A. BELL, W. LARSEN ANGEL

مطالب این مجموعه از میان منابع و مراجع مختلفی گردآوری شده‌اند که در میان آنها از جزوه‌های درسی گرفته تا مطالب سمینارها و کنفرانس‌ها، کدها و استانداردهای بین‌المللی وجود داشته است. مرجع حاضر با هدف دسترسی سریع به اطلاعات موردنیاز در قالب یک دایره‌المعارف ایجلا شده است تا با استفاده از آن بتوان از جستجو در میان حجم زیادی از کتاب‌های درسی، مراجع، دستورالعمل‌ها، مجلات، معادلات تجاری و کاتالوگ‌ها اجتناب نمود.

