3-4- شبکه توزیع بخار و کندانس
Steam & condensate distribution

شبکه انتقال بخار و کندانس باید دارای ویژگی‌هایی باشد که در نتیجه بتوان بهترین شرایط را برای استفاده از این منبع انرژی بوجود آورد و از طرفی نگهداری آن و بهره‌برداری از آن ساده و کم هزینه باشد و بطور کلی طراحی خوب شبکه این است که همه چیز پیش‌بینی شود و راه حل‌های مناسب برای آن بکار رود. در این قسمت مسائل شبکه و راه حل‌های آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جداکردن آب کندانس از بخار در لوله‌های بخار

لوله‌های بخار باید بخوبی عایق شوند تا اینکه اتلاف انرژی حرارتی از طریق جداره لوله‌ها به حداقل برسد ولی با این حال تبادل کمی بصورت تابشی از لوله‌ها به هوای اطراف وجود خواهد داشت که این خود سبب کندانس شدن مقداری از بخار می‌شود بطور مثال در یک لوله 4" بطول 30 متر که دارای بخار با فشار 7bar می‌باشد و هوای اطراف لوله نیز دارای درجه حرارتی برابر 10^{oc} است مقدار آب کندانس ایجاد شده در لوله بخار به دلیل تبادل حرارت در یک ساعت برابر 16 کیلوگرم (لیتر) می‌باشد یعنی 1% ظرفیت بوده و در دو ساعت 32 لیتر و الی آخر. بنابراین هر چند که لوله خوب عایق گردد باز هم مقداری آب کندانس در لوله‌های بخار ایجاد می‌شود که میبایست تخلیه گردد. عدم تخلیه آب کندانس از لوله بخار سبب ایجاد ضربه آب (Water Hammer) در سر زانوها و تغییر مسیرها خواهد شد که نهایتاً تکرار آن موجب شکستن جوش در این محل‌ها خواهد شد، ضمناً ورود آب به مصرف کننده‌ها (کویل‌ها و مبدل‌ها و ماشین‌آلات) سبب اشغال قسمتی از سطح تبادل آنها توسط آب کندانس می‌شود که در نتیجه راندمان آنها کاهش خواهد یافت.

برای تخلیه مناسب آب کندانس از لوله بخار لوله‌ها باید دارای شیب باشد که مقدار مناسب این شیب 2.5/1000 می‌باشد ولی اگر وضعیت محل نصب لوله‌ها اجازه ندهد می‌توان تا حداقل 1.5/1000 نیز در نظرگرفت مقدار عملی شیب را با توجه به وضعیت تکیه‌گاههای لوله‌ها مشخص می‌شود.

جهت شیب می‌تواند هم بطرف موتورخانه و هم بطرف مصرف‌کننده‌ها باشد که هر یک دارای معایب و مزایایی باشد.

اگر شیب بطرف موتورخانه‌ها باشد لذا جهت بخار مخالف جهت حرکت آب کندانس در لوله بخار می‌باشد و چون بخار با سرعتی در حدود 80-65 کیلومتر در ساعت حرکت می‌کند در نتیجه آب کندانس را در جهت خود به همراه می‌برد که از طریق آبگیرهای داخل خط بخار جمع آوری و خارج خواهند شد ولی مقداری از آب کندانس به دلیل تلاطم همراه بخار به مصرف کننده‌ها می‌رود که موجب افزایش آب کندانس در آنها می‌شود و راندمان آنها را کاهش می‌دهد (بدلیل اشتغال قسمتی از سطح تبادل حرارت آنها توسط آب کندانس بجای بخار)

اشکال دیگر این سیستم آن است که چون لوله‌ها در سمت موتورخانه در پائین‌ترین نقطه می‌باشند (ارتفاع کم نسبت به کف) لذا اگر بین موتورخانه و سالن خیابان باشد ارتفاع پل نسبت به کف کمتر از حالتی خواهد بود که شیب بطرف مصرف کننده باشد که برای عبور کامیون ایجاد مزاحمت می‌کند.

حسن این سیستم در آنست که شیب کلیه لوله‌های اصلی به سمت موتورخانه می‌باشد و اگر تعداد آبگیرها باندازه‌کافی نباشند و یا تراپ مربوط به آنها اشکال داشته و خوب عمل نکند آب کندانس در لوله‌های بخار در هنگام خاموش بودن شبکه (در تعطیلات) که تمامی بخار موجود در لوله‌ها کندانس می‌شود همه آنها در کلکتور بخار موتورخانه جمع می‌شود که اپراتور می‌تواندقبل از راه اندازی دیگ بخار آنها را از شیر تخلیه زیر کلکتور بخار خارج نماید و ضمناً برای مرتب بودن لوله کشی‌های دیگر مثل آب و هوای فشرده و ... بهتر است شیب را با اختلاف ارتفاع تکیه‌گاه‌ها ایجاد کرد و تمام شبکه‌های لوله کشی ها را بطرف موتورخانه شیب داد که در مواقع ضروری (تعمیرات) از همان محل تخلیه گردند.

اگر شیب بطرف مصرف کننده‌ها باشد، جهت جریان بخار و آب کندانس یکی خواهد بود و تلاطم ایجاد نخواهد شد و در نتیجه آب کندانس مجدداً وارد بخار نمی‌شود و لذا مصرف کننده‌ها از این بابت مشکل فوق الذکر را نخواهد داشت و ضمناً پل ارتباطی فوق الذکر نیز در بالاترین ارتفاع خواهد بود، ضمناً می‌توان همه تکیه‌گاه‌ها را بطرف مصرف کننده‌ها شیب داد که در نتیجه کلیه لوله‌کشی‌های دیگر نیز می‌تواند در هر محل شیر تخلیه برای مواقع ضروری (تعمیرات) نصب کرد، در این حالت در تعداد آبگیرها باید دقت شود در غیر این صورت آب کندانس زیادی در هنگام خاموش بودن شبکه وارد مصرف کننده‌ها می‌شود که یک یا دو ساعت در هنگام راه‌اندازی شبکه تا خارج شدن همه آب کندانس از آنها کاهش راندمان خواهند داشت.

نتیجه اینکه اگر ارتفاع پل ارتباطی فوق الذکر اهمیت نداشته باشد و در ورودی مصرف کننده‌های آب جداکن (Separator) نصب گردد شیب بطرف موتورخانه مناسب‌تر خواهد بود.

شکل (22) شیب لوله را در دو حالت نشان می‌دهد.

اگر شیب به طرف مصرف کننده باشد لوله بخار را می‌توان مطابق (شکل 23) اجرا نمود که در این حالت آب بخوبی از بخار جدا می‌شود البته با توجه به وضعیت سایر لوله‌ها (آب و غیره) باید به مکان اجراء آن توجه کرد.

WWW.TOOSBOILER.COM

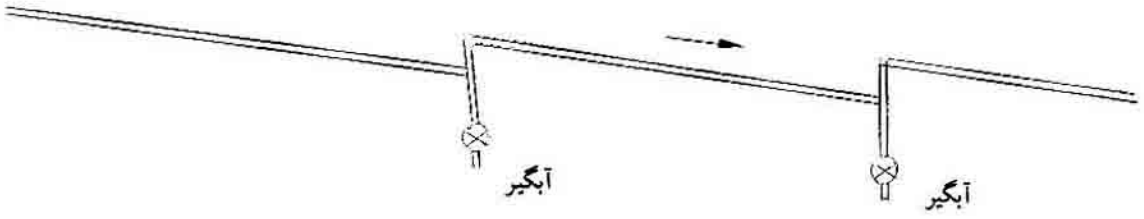


Fig 23

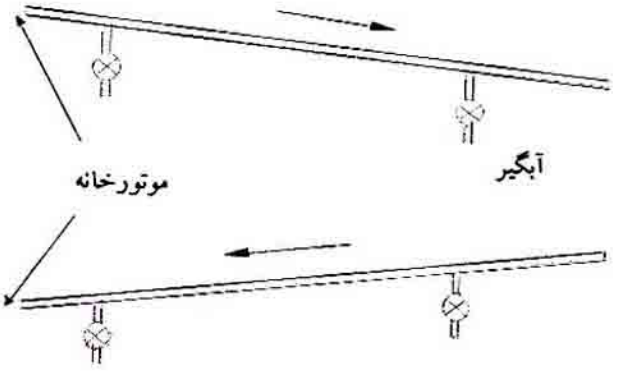
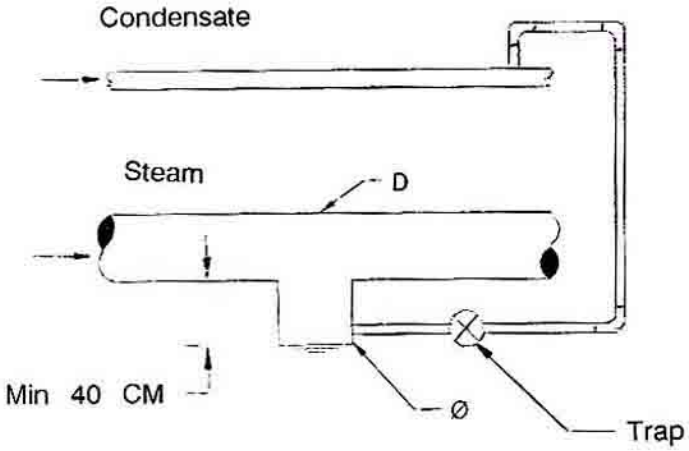


Fig 22

D	1/2"-4"	6"-8"	10"-12"	14"-16"	18"-24"
Ø		4"	6"	8"	10"



Inline drain Pocket

Fig 24

آبگیرها Drain pocket

آبگیر عبارتست از یک قطعه لوله که عمود بر لوله‌های افقی بخار و در زیر آنها نصب می‌شود تا به شکل یک کاسه عمل کرده و آب را در خود جای دهد و سپس توسط یک تراپ (نوع TD بهتر است) آنرا خارج نموده و به لوله آب کندانس می‌ریزد. شکل (24) یک آبگیر را نشان می‌دهد. شکل (25) انواع دیگری از آبگیرها را نشان می‌دهد.

قطر لوله آبگیر بستگی به قطر لوله بخار دارد که مطابق جدول شکل (24) می‌باشد:

ارتفاع لوله آبگیر باید حدود 40cm باشد.

بطور متوسط برای اینکه خطوط بخار از آب کندانس تخلیه شوند برای لوله با هر قطر هر 30m تا 50m یک آبگیر باید نصب گردد.

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

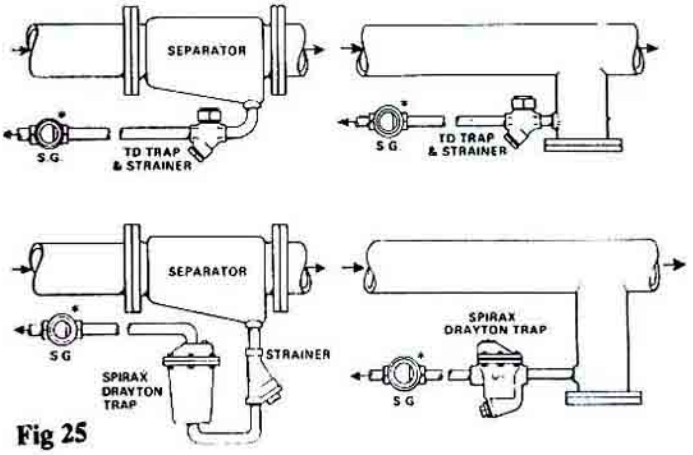


Fig 25

همچنین در انتهای خطوط اصلی بخار یعنی در محلی که آخرین مصرف کننده وجود دارد باید یک آبگیر نصب گردد (شکل 26).

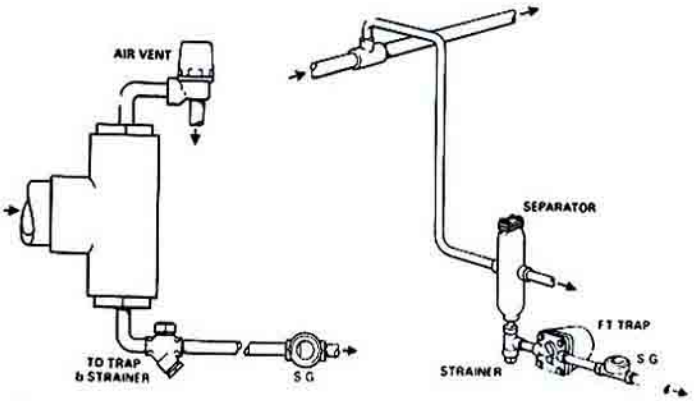


Fig 26

این آبگیر چندین مسئله را حل می‌کند:

1- خورده جوش و جرم‌های موجود در لوله‌های اصلی در شروع بهره‌برداری از شبکه (پس از لوله کشی) باید خارج گردد زیرا در غیر این صورت وارد شیر آلات و صافی‌ها و احتمالاً تراپ‌ها می‌شود و موجب خراب شدن آنها می‌گردد و یا مسیر را می‌بندد که در اولین لحظه که می‌خواهیم بخار وارد لوله شود با بستن کلیه شیرآلات انشعابات، بخار را وارد لوله می‌نمائیم تا کلیه خورده جوش‌ها و جرم‌ها را در آبگیر انتهایی جمع کند که با باز گذاشتن شیر تخلیه زیر آبگیر بمدت حدود ده تا پانزده دقیقه لوله‌ها تمیز می‌شود، البته مقدار کمی هم وارد انشعابات می‌شود چون معمولاً بین شیر در هر انشعاب با محل انشعاب از لوله اصلی مقداری فاصله وجود دارد که در هفته‌های اول بهره‌برداری باید آنها را از طریق صافی‌ها خارج کرد.

2- چون آخرین مصرف کننده بخار ممکن است توسط شیر اتوماتیک انشعاب بخار را بسته و باز نماید لذا در هنگام مصرف نکردن بخار (بسته بودن شیر اتوماتیک) بخار انتهای مسیر بدلیل ساکن بودن سرد شده و کندانس می‌شود که با نصب آبگیر انتهای خط، کلیه آب کندانس ایجاد شده خارج می‌شود و همواره بخار پشت آخرین مصرف کننده آماده است و لذا در کار مصرف‌کننده انتهایی مشکلی ایجاد نمی‌کند.

3- هوای موجود در لوله که بیشتر در انتهای مسیر جمع می‌شود از طریق شیر اتوماتیک تخلیه هوا (Air vent) نصب شده روی آبگیر از لوله خارج می‌شود.

نصب شیرآلات و تجهیزات روی لوله بخار و کندانس

- در ابتدای خط اصلی بخار که وارد یک قسمت می‌شود باید یک فشار سنج با شیر سماوری (Pressure gauge with cock valve) نصب کرد تا عبور و وجود بخار مشاهده گردد. شکل (27)

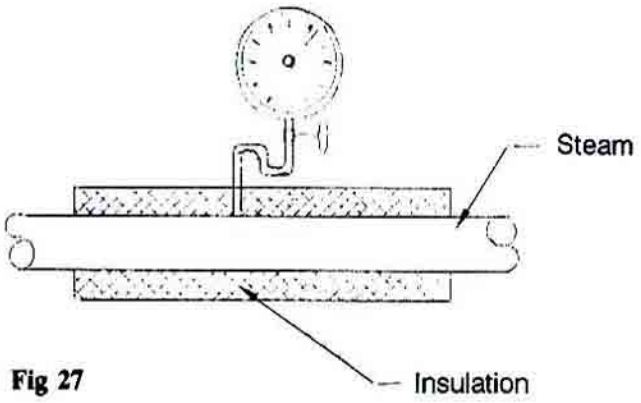


Fig 27

اگر شیر کف گرد (Globe valve) در لوله‌های افقی بخار و کندانس نصب گردد باید فلکه آن بطرف کنار لوله باشد چون جلوی عبور آب کندانس را می‌گیرد (شکل 28).

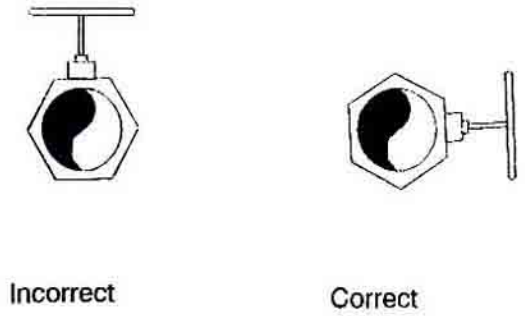


Fig 28

- صافی موجود در خطوط افقی بخار باید محفظه توری آن بطرف کنار لوله و کمی مایل به پائین نصب شود زیرا اگر محفظه توری در زیر بطور قائم قرار بگیرد آب کندانس در آن جمع می‌شود و بتدریج

WWW.TOOSBOILER.COM

باعث می‌شود که مسیر نیمه مسدود گردد و بخار بخوبی عبور نکند (شکل 29).

Fig 29

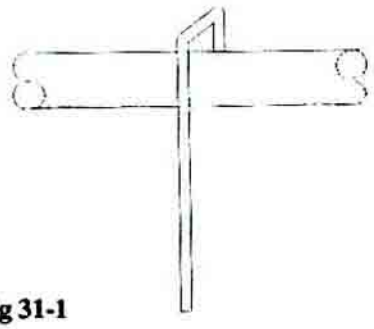


Fig 31-1

- از تبدیل‌های خارج از مرکز (Eccenteric) برای تغییر قطر لوله بخار و کندانس باید استفاده کرد. (شکل 30)

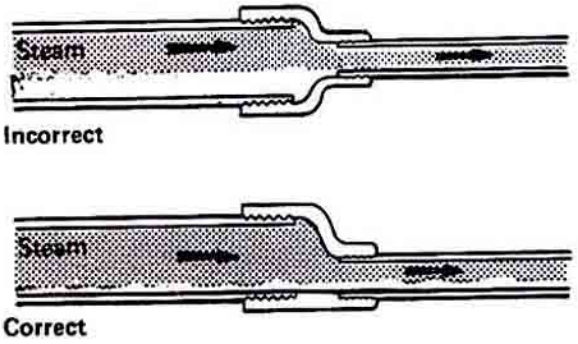


Fig 30

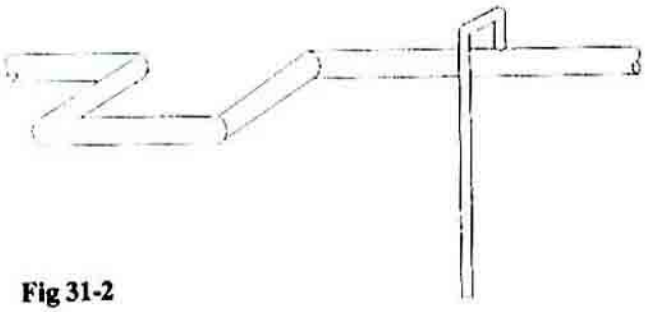


Fig 31-2

- برای انشعاب از لوله‌های اصلی به ماشین‌آلات و مصرف کننده باید چه در لوله بخار و چه در لوله کندانس از بالای لوله انشعاب گرفته شود زیرا در لوله بخار برای جلوگیری از ورود آب کندانس موجود در لوله‌های بخار به انشعاب و داشتن بخار بدون آب باید این عمل صورت بگیرد و در لوله کندانس برای جلوگیری از ایجاد فشار منفی (Back pressure) در لوله انشعاب. (شکل 1-31) باید توجه کرد که انشعاب نباید از لوله حلقه انبساط گرفته شود و در صورتی که حلقه انبساط نزدیک‌ترین قسمت لوله به مصرف کننده باشد باید از قبل یا بعد از حلقه انبساط انشعاب گرفته گرفت و سپس به سمت مصرف‌کننده هدایت کرد. (شکل 2-31)

در انشعاب بخار برای هر مصرف کننده برای اینکه آب موجود در بخار تا حد امکان گرفته شود یک آب جداکن (Separator) می‌توان نصب کرد. (شکل 32)

البته آب جداکن یا بصورت ساخته شده آماده (شکل 33) وجود دارد و یا می‌توان بجای آن از یک لوله با قطر بیشتر از لوله انشعاب (حداقل "6) مطابق شکل (34) در محل ساخت و نصب کرد.

در صورتی که بخار در مسیر خوب آبگیری شود می‌توان از انشعاب مرطوب استفاده کرد (شکل 35).

توجه:

معمولاً تراپ‌های نوع TD (ترمودینامیکی) خود دارای صافی هستند.

WWW.TOOSBOILER.COM

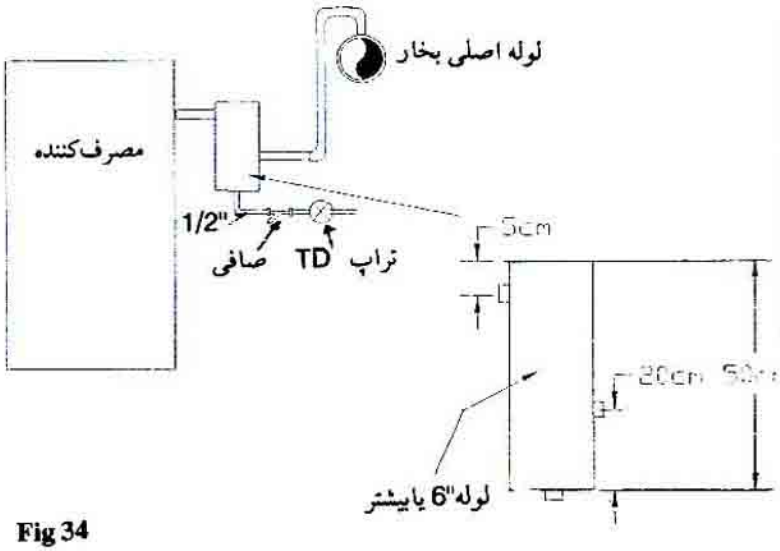


Fig 34

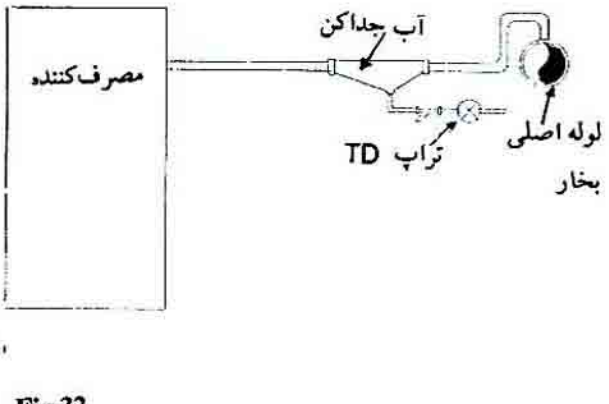
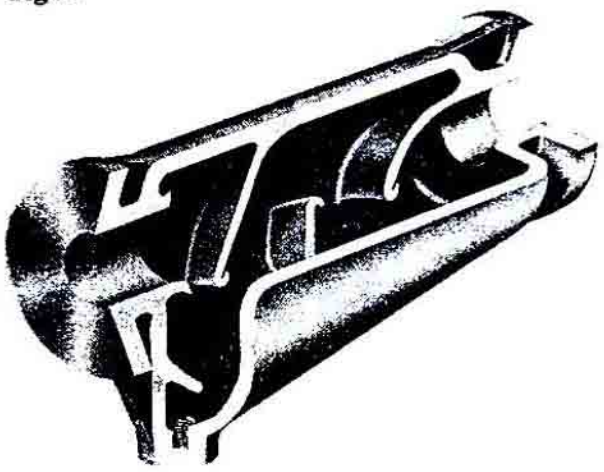


Fig 32



Horizental Separator

Vertical Separator

Fig 33

اثر هوا در لوله بخار و طریقه حذف آن

کاهش درجه حرارت

وقتی هوا در بخار وجود داشته باشد درصدی از حجم بخار را اشغال می‌کند و طبق قانون گازها وجود ذرات هوا در بخار فشار جزیی بخار را به اندازه فشار جزیی هوا (Partial pressure) کاهش می‌دهد یعنی اگر 10 درصد حجم لوله یا هر محفظه‌ای از بخار 100psi را هوا اشغال کند فشار جزیی هوا 10psi می‌شود و در نتیجه فشار جزیی بخار 90psi خواهد شد که در نهایت سبب کاهش درجه حرارت بخار می‌شود.

حرارت بخار 100psi برابر $327.8^{\circ}F$ است (از جدول بخار) و درجه حرارت بخار 90psi برابر $320.3^{\circ}F$ است یعنی $7.5^{\circ}F$ کاهش درجه حرارت خواهیم داشت، باید توجه داشت که هرچه فشار بخار کمتر شود درجه حرارت آن کمتر می‌شود (جدول بخار). چارت شکل (36) مقدار درجه حرارت را برحسب درصد مقدار هوا در بخار و فشار بخار نشان می‌دهد.

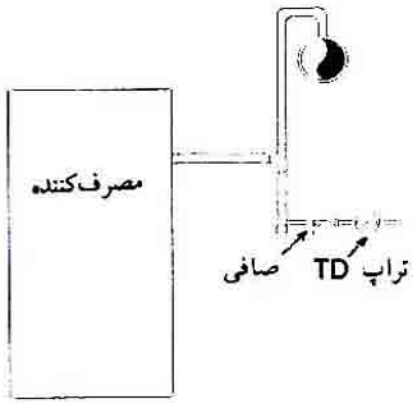


Fig 35

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

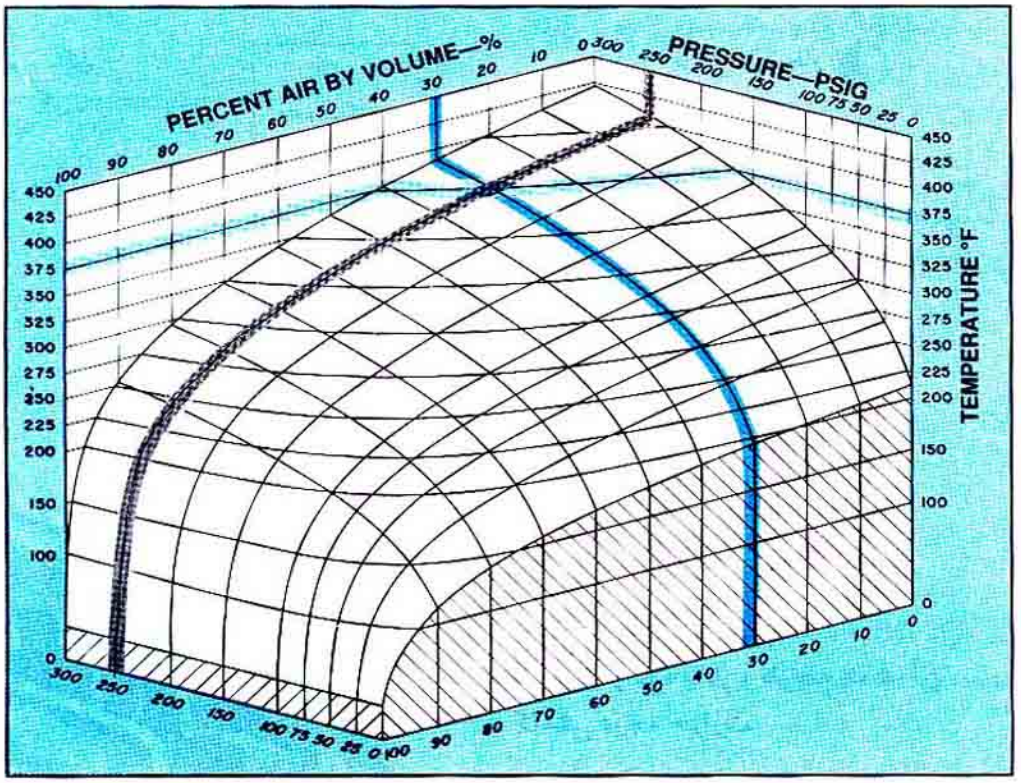


Chart 36 Air Steam Mixture

Temperature reduction caused by various percentages of air at differing pressures. This chart determines the percentage of air with known pressure and temperature by determining the point of intersection between pressure, temperature and percentage of air by volume. As an example, assume system pressure of 250 psig with a temperature at the heat exchanger of 375°F. From the chart, it is determined that there is 30% air by volume in the steam.

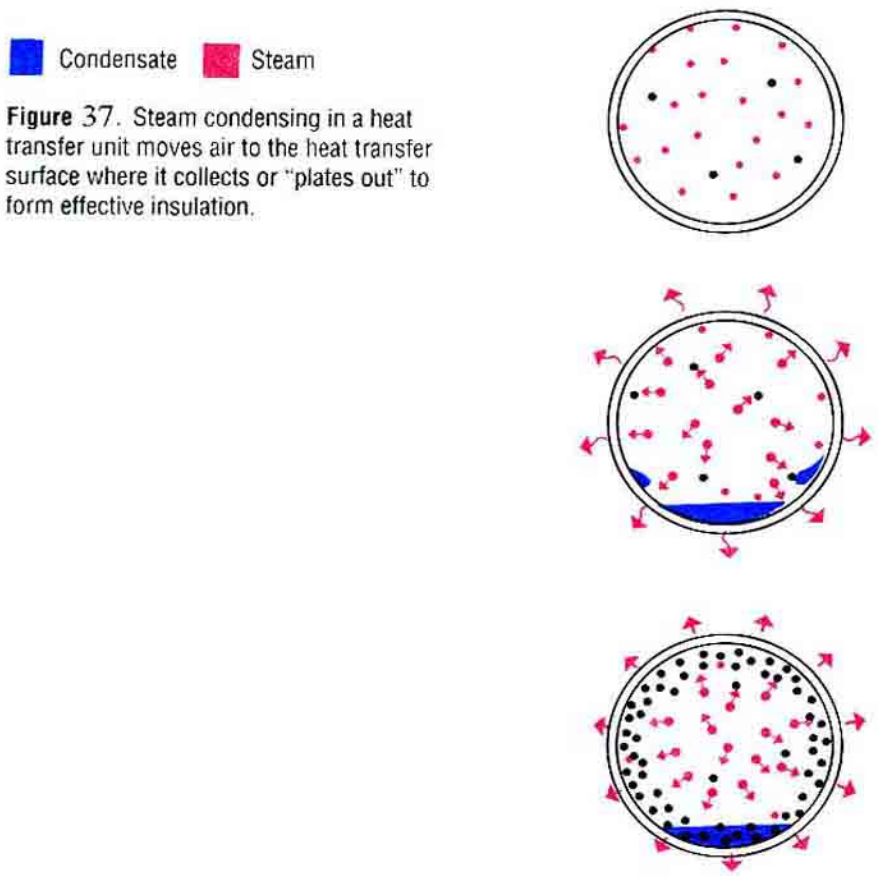


Figure 37. Steam condensing in a heat transfer unit moves air to the heat transfer surface where it collects or "plates out" to form effective insulation.

WWW.TOOSBOILER.COM

کاهش راندمان مبدل‌ها

هوا در کویل‌ها و مبدل‌های حرارتی به دلیل تبادل حرارت و تبدیل بخار به آب دور تا دور جدار داخل لوله جمع می‌شود که خود عایق می‌باشد (هوا عایق است) همچنین جمع شدن هوا در آنها مانع عبور بخار بطور کامل می‌گردد و راندمان آنها را کاهش می‌دهد و اگر هوا را خارج نکنیم کاملاً عبور بخار را متوقف می‌کند (Air bound)، در اثر وجود 1% حجمی هوا در کویل بخار یا مبدل حرارتی راندمان آنها 50% کاهش می‌یابد (شکل 37).

خورندگی

دو عامل مهم در خورندگی لوله‌ها و تجهیزات بخار گاز CO_2 (گاز کربنیک) و اکسیژن می‌باشند. گاز کربنیک که از طریق آب تغذیه دیگ بصورت کربنات‌های محلول در آب وارد سیستم می‌شود وقتی با آب کندانس خنک شده مخلوط شود تولید اسید کربنیک می‌کند که سبب خورندگی لوله‌ها و مبدل‌ها و ... می‌شود. اکسیژن بصورت گاز محلول در آب سرد تغذیه دیگ (Make up water) وارد سیستم می‌شود که سبب خورندگی سطح فلزات (لوله و مبدل و ...) می‌شود و همچنین اثر اسید کربنیک را بیشتر می‌کند.

انبساط لوله بخار و کندانس

لوله فولادی در اثر حرارت انبساط پیدا می‌کند و مقدار انبساط بستگی به مقدار درجه حرارت دارد، جدول (7) مقدار انبساط لوله را در هر 100 فوت (30m) برحسب درجه نشان می‌دهد (درجه حرارت لوله در ابتدا $60^{o}F$ فرض شده ($16^{o}C$).

این انبساط باید به طریقی گرفته شود چون در غیر این صورت ازدیاد طول لوله در اثر انبساط آن سبب کج شدن لوله‌ها و بهم زدن تکیه‌گاه‌ها می‌شود (لوله‌های جانبی مثل آب و غیره را از تکیه‌گاه‌ها خارج می‌کند و یا نظم آنها را بهم می‌زند. برای جذب این انبساط روش‌های زیر بکار می‌رود:

Table 7

Final Temperature	Expansion per 30 m *100 ft*
66°C - 150°F	19 mm - ·75"
93°C - 200°F	29 mm - 1·15"
121°C - 250°F	41 mm - 1·6"
149°C - 300°F	50 mm - 2·0"
177°C - 350°F	61 mm - 2·4"
204°C - 400°F	74 mm - 2·9"
232°C - 450°F	84 mm - 3·3"
260°C - 500°F	97 mm - 3·8"

1- حلقه انبساط — *Expansion loop*

این حلقه یا بصورت کامل (شکل 38) و یا بصورت نعل اسبی یا (شکل 39) و یا بصورت U (شکل 40) می‌باشد، شکل حلقه کامل چندان رایج نیست چون هم ساخت آن مشکل است و هم اینکه لوله اصلی را در دو طرف حلقه انبساط از هم محور بودن خارج می‌کند و بطور کلی مزایایی ندارد که مورد نظر باشد ولی شکل نعل اسبی و خصوصاً U شکل بسیار رایج است و هم محور بودن لوله‌های اصلی را در دو طرف حلقه انبساط حفظ می‌کند. نصب حلقه انبساط باید افقی باشد یعنی لوله‌های اصلی و حلقه انبساط مجموعاً در یک صفحه افقی قرار گیرند چون حلقه انبساط لوله بخار و کندانس

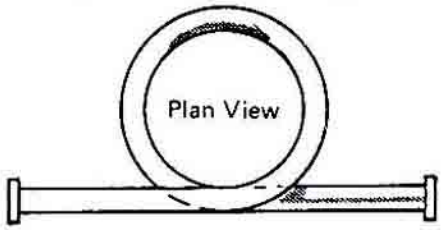


Fig 38 (پلان)

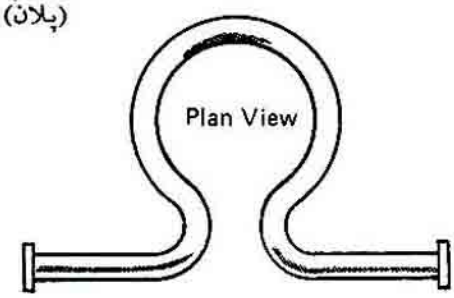


Fig 39 (پلان)

رابرای اجرای منظم دریک‌نقطه و روی‌هم یاداخل هم درنظر می‌گیرند لذا عبور آب کندانس در این حالت (افقی بودن حلقه و لوله) به راحتی انجام می‌گیرد چه در لوله بخار و چه در لوله کندانس. نوع دیگری از انبساط گیرها، زانوی انبساط (expansion bend) می‌باشد که برای نقاطی از مسیر که لوله تغییر ارتفاع می‌دهد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (شکل 41)

Fig 41 زانوی انبساط

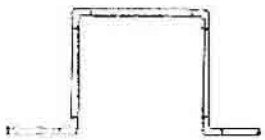
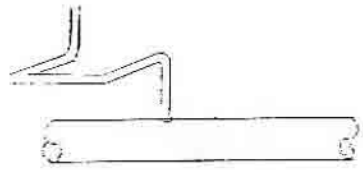


Fig 40



حلقه انبساط دررایزر **Fig 42**

در رایزرها می‌توان حلقه انبساط را مطابق شکل (42) اجرا کرد که این نوع حلقه مزاحمتی برای سایر لوله‌ها در رایزرها ایجاد نخواهد کرد.

WWW.TOOSBOILER.COM

در شبکه بخار بهتر است برای کوچک بودن حلقه‌های انبساط هر 30m یک عدد در نظر گرفت محل حلقه انبساط در یک فاصله 30 متری بهتر است در وسط آن و یا حدالامکان هر چه نزدیک به وسط در نظر گرفته شود، برای تعیین محل حلقه انبساط باید به وضع لوله و محل قرار گرفتن آن نسبت به مصرف کننده‌ها خصوصاً ماشین‌آلات و یونیت هیترها یا پکیج‌های تهویه و نظایر آن بررسی گردد و در جائی باشد که مزاحمتی برای مصرف کننده‌ها ایجاد نکند و نیز در محل انشعاب از لوله اصلی واقع نشود.

2- درز انبساط *Expansion Joint*

در دو نوع کشویی (Sliding joint) شکل (43) و فانوسی (Bellows) شکل (44) ساخته می‌شود، درز انبساط بدلیل اینکه فضای کمی اشغال می‌کند در بعضی نقاط بکار می‌رود ولی چون گران است (و نسبت به حلقه انبساط که با لوله و زانو ساخته می‌شود و یا با خم کردن لوله) و نیز برای حفظ محور آن در امتداد محور لوله اجراء دقیق و مفصلی لازم دارد تا جایی که بسیار ضروری نباشد از آن استفاده نمی‌شود، اگر درز انبساط خوب مهار نشود از هم محوری با لوله خارج می‌شود و بعد از مدتی کوتاه می‌شکند، درز انبساط در لوله‌های رایزر ساختمانهای بلند کاربرد زیادی دارد.

درز انبساط فانوسی به دلیل نداشتن پیچ و مهره و نوار آب‌بندی بیشتر رایج است چون نوع کشویی نیاز به مهار کردن دقیق‌تری دارد زیرا با کوچکترین غیر هم محوری پیچ‌ها کج می‌شود و نوار آب‌بندی خراب می‌شود و نهایتاً خود قطعه هم از بین می‌رود.

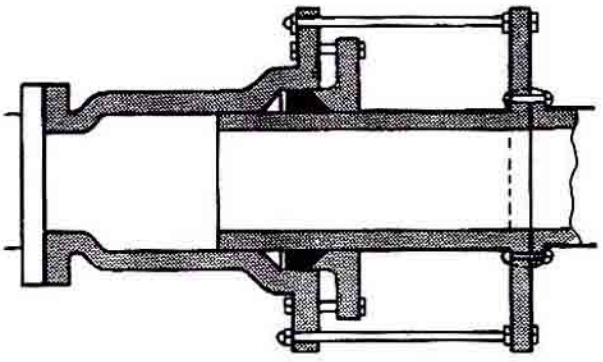


Fig 43

یک نوع درز انبساط فانوسی ساخته می‌شود که می‌تواند هم در طول محور و هم به جوانب حرکت کند و برای موارد خاصی می‌توان از آن استفاده کرد شکل (45). برای انتخاب درز انبساط با مقدار انبساط مورد نظر باید به کاتالوگ سازنده مراجعه نمود.

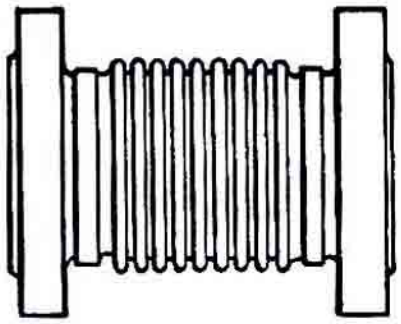


Fig 44

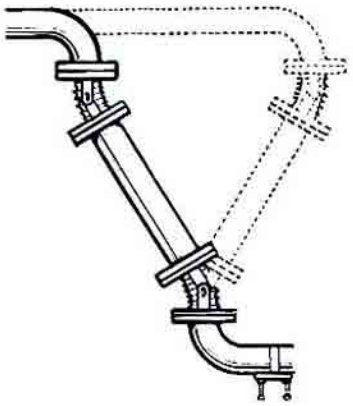


Fig 45

محاسبه اندازه حلقه انبساط و زانوی انبساط

پس از تقسیم بندی هر مسیر جهت نصب حلقه انبساط مقدار انبساط هر قسمت را از جدول (8) بدست می‌آوریم و مقدار انبساط بدست آمده برای هر قسمت را به چارت شکل (46) می‌بریم و ابعاد حلقه انبساط را از آن چارت بدست می‌آوریم.

مثال:

برای یک لوله 2″ بطول 200ft که دارای بخار با درجه حرارت 250^{oF} می‌باشد مقدار انبساط و حلقه انبساط مناسب را حساب کنید.

از جدول (8) برای درجه حرارت 250^{oC} مقدار انبساط طولی 1.6″ می‌شود برای هر 100ft (30m) می‌شود با توجه به اینکه طول مسیر 200ft است لذا برای هر 100ft (30m) یک حلقه انبساط باید در نظر بگیریم که ابعاد هر حلقه بصورت زیر بدست میآید

با توجه به مقدار 1.6″ انبساط در هر 100 فوت لوله از چارت (46) این مقدار انبساط در ستون 2″ انبساط قرار می‌گیرد و برای لوله 2″ مقدار H=6′ و W = 3′ می‌شود.

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Table 8 Thermal Expansion of Metal Pipe

Saturated Steam Pressure, psig		Temperature, °F	Linear Thermal Expansion, in/100 ft: Carbon Steel	Type 304 Stainless Steel	Copper
		−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
Vacuum	−14.6	32	0.24	0.36	0.37
Vacuum	−14.6	40	0.30	0.45	0.45
Vacuum	−14.5	50	0.38	0.56	0.57
Vacuum	−14.4	60	0.46	0.67	0.68
Vacuum	−14.3	70	0.53	0.78	0.79
Vacuum	−14.2	80	0.61	0.90	0.90
Vacuum	−14.0	90	0.68	1.01	1.02
Vacuum	−13.7	100	0.76	1.12	1.13
Vacuum	−13.0	120	0.91	1.35	1.37
Vacuum	−11.8	140	1.06	1.57	1.59
Vacuum	−10.0	160	1.22	1.79	1.80
Vacuum	−7.2	180	1.37	2.02	2.05
Vacuum	−3.2	200	1.52	2.24	2.30
Vacuum	0	212	1.62	2.38	2.43
Vacuum	2.5	220	1.69	2.48	2.52
Vacuum	10.3	240	1.85	2.71	2.76
Vacuum	20.7	260	2.02	2.94	2.99
Vacuum	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	4.18
	181.1	380	3.05	4.35	4.42
	232.6	400	3.23	4.59	4.87
	666.1	500	4.15	5.80	5.91
	1528	600	5.13	7.03	7.18
	3079	700	6.16	8.29	8.47
		800	7.23	9.59	9.79
		900	8.34	10.91	11.16
		1000	9.42	12.27	12.54

جدول (9) میزان انبساط لوله را برحسب جنس آن برای درجه حرارت‌های مختلف نشان می‌دهد.

اگر لوله بخار و کندانس در یک مسیر و در کنار یکدیگر اجراء شوند برای عایق کردن لوله‌ها و نیز برای حفظ فاصله بین دو لوله پس از عایقکاری باید فاصله‌ای مناسب مثل A در شکل (47) در هنگام اجراء در نظر گرفت.

اگر از عایق به ضخامت 2″ استفاده شود با توجه به اینکه بین دو لوله دو ضخامت عایق یکی برای بخار و یکی برای کندانس قرار می‌گیرد 2×5=10cm برای عایق‌ها و نیز حداقل مقدار 10cm فاصله نهایی بین دو لوله عایق شده باید باشد جمعاً A=20cm می‌شود که موقع اجراء باید این فاصله را حفظ کرد.

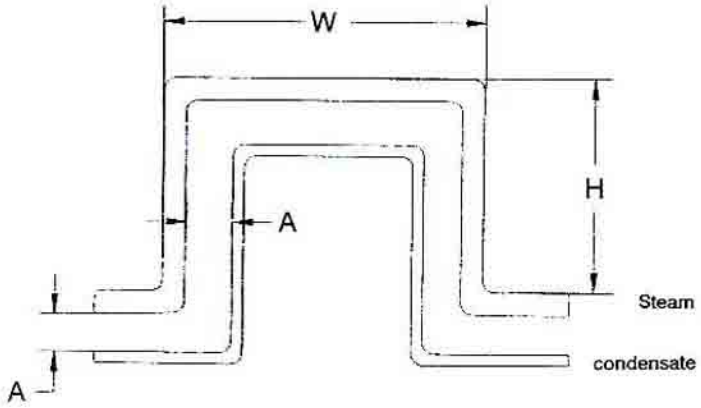


Fig 47

روش ساخت حلقه انبساط

حلقه توسط زانو و لوله و یا خم‌کردن لوله (معمولاً تا قطر 1″ را خم می‌کنند و برای قطرهای بیشتر از زانو استفاده می‌کنند چون خم کردن لوله‌ها سخت می‌شود) ساخته می‌شود و سپس دو سر حلقه به لوله‌ها جوش داده می‌شود.

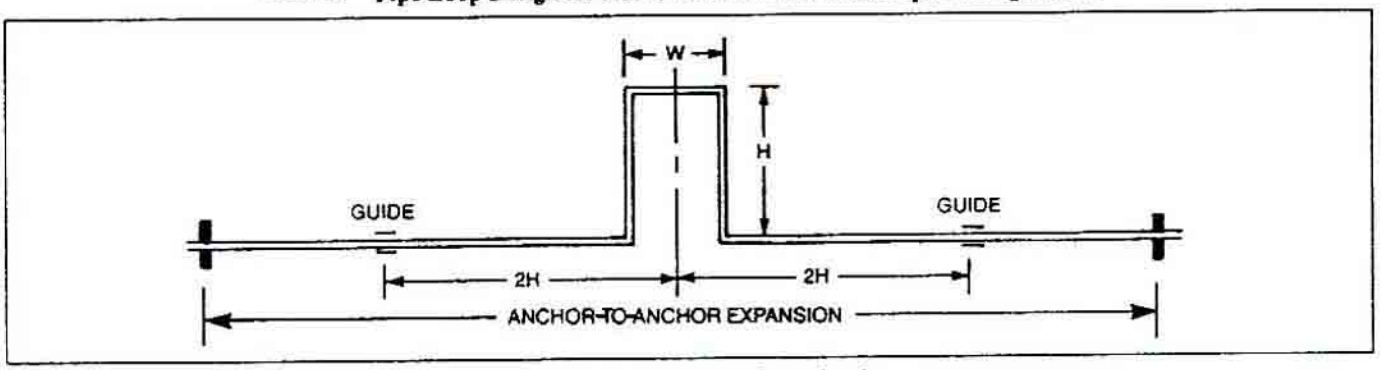
تکیه‌گاه لوله‌های بخار Supports

چون لوله‌های بخار و کندانس بدلیل انبساط باید روی تکیه‌گاه‌ها حرکت طولی داشته باشند و نیز از طرفی باید عایقکاری شوند و عایق مانع از تماس لوله با تکیه‌گاه و در نتیجه حرکت طولی لوله می‌شود لذا از کفشک (Shoe) در زیر لوله در محل هر تکیه‌گاه استفاده می‌شود، کفشک می‌تواند از سپری باشد چون حتماً باید بصورت T معکوس باشد و اندازه جان سپری بستگی به ضخامت عایق دارد، اندازه بال سپری اهمیت چندانی ندارد چون به هر حال برابر جان است و به اندازه کافی نسبت به طرفین خود تکیه مناسب دارد، برای عایق 2″ (5cm) سپری 7cm مناسب است (سپری 70mm×70mm) چون 5cm آن در عایق فرو می‌رود و 2cm از عایق بیرون می‌ماند که مقدار مناسب است. حرکت کلیه کفشک‌ها روی تکیه‌گاه‌ها باید از طرفین کنترل شود شکل (48).

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Table 46 Pipe Loop Design for A53 Grade B Carbon Steel Pipe Through 400°F



Pipe Size, in.	Anchor-to-Anchor Expansion, in.											
	2		4		6		8		10		12	
	W	H	W	H	W	H	W	H	W	H	W	H
1	2	4	3	6	3.5	7	4	8	4.5	9	5	10
2	3	6	4	8	5	10	5.5	11	6	12	7	14
3	3.5	7	5	10	6	12	6.5	13	7.5	15	8	16
4	4	8	5.5	11	6.5	13	7.5	15	8.5	17	9	18
6	5	10	6.5	13	8	16	9	18	10	20	11	22
8	5.5	11	7.5	15	9	18	10.5	21	12	24	13	26
10	6	12	8.5	17	10	20	11.5	23	13	26	14	28
12	6.5	13	9	18	11	22	12.5	25	14	28	15.5	31
14	7	14	9.5	19	11.5	23	13	26	15	30	16	32
16	7.5	15	10	20	12.5	25	14	28	16	32	17.5	35
18	8	16	11	22	13	26	15	30	17	34	18.5	37
20	8.5	17	11.5	23	14	28	16	32	18	36	19.5	39
24	9	18	12.5	25	14.5	29	17.5	35	19.5	39	21	42

Notes: W and H dimensions are feet.
L is determined from Equation (4). W = L/5 H = 2W 2H + W = L

Approximate force to deflect loop = 200 lb/diam. in.
For example, 8 in. pipe creates 1600 lb of force.

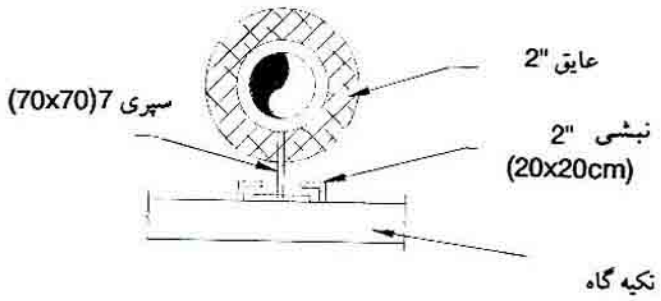


Fig 48

می‌توان کفشک را روی غلطک‌هایی که در هر تکیه‌گاه نصب می‌گردند قرار دارد تا حرکت طولی لوله در هنگام انبساط راحت‌تر انجام شود و فشار جانبی به تکیه‌گاه‌ها (در اثر اصطکاک) وارد نیاید.

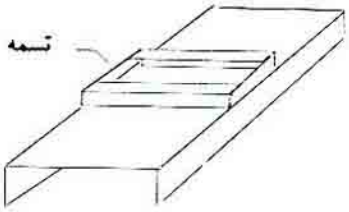


Fig 49

در هر فاصله مربوط به محدوده حلقه انبساط یا درز انبساط باید نقطه ابتدایی و انتهایی مسیر لوله مربوط به هر حلقه انبساط (یا درز انبساط) به تکیه‌گاه مهار گردد یعنی حرکت کفشک روی تکیه‌گاه نداشته باشیم که آنرا نقطه فیکس (Anchor) می‌گویند، برای این منظور کفشک باید به تکیه‌گاه متصل گردد، شکل (49) یک راه حل پیشنهادی است که در دو طرف نبشی‌های هدایتی در شکل (48) تسمه جوش داده شود و یا از راه‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد، که به سلیقه طراح ارتباط دارد.

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

NOTE. The base of this table is 0°F. Allowance should be made for the difference between this base and lowest possible pipeline temperature.

Saturated Steam	Temp. °F	Temp. °C	Carbon and Carbon Molybdenum		4–6% Cr. Alloy Steel		12% Cr. Stainless Steel		18 Cr.–8 Ni Stainless Steel		Copper	
			in./100ft.	mm/100m.	in./100ft.	mm/100m.	in./100ft.	mm/100m.	in./100ft.	mm/100m.	in./100ft.	mm/100m.
	-200	-129	-1.282	-106.8	-1.250	-104.1	-1.170	-103.3	-2.030	-179.2	1.955	-172.6
	-180	-118	-1.176	-98.0	-1.130	-94.1	-1.070	-94.5	-1.850	-163.4	-1.782	-157.4
	-160	-106	-1.066	-88.8	-1.030	-85.8	-0.970	-85.6	-1.670	-147.5	-1.612	-142.3
	-140	-95	-0.948	-79.3	-0.970	-81.6	-0.870	-76.8	-1.480	-130.7	-1.428	-126.2
	-120	-85	-0.826	-68.8	-0.800	-66.7	-0.750	-66.2	-1.300	-114.8	-1.235	-109.3
	-100	-73	-0.698	-58.1	-0.700	-58.3	-0.630	-55.6	-1.090	-96.2	-1.040	-91.8
	-80	-62	-0.563	-46.9	-0.550	-45.8	-0.520	-45.9	-0.880	-77.7	-0.835	-73.7
	-60	-51	-0.428	-35.7	-0.430	-35.8	-0.400	-35.3	-0.670	-59.1	-0.630	-55.5
	-40	-40	-0.288	-24.0	-0.290	-24.2	-0.270	-23.8	-0.450	-39.7	-0.421	-37.2
	-20	-28.9	-0.145	-11.9	-0.145	12.8	-0.130	-11.5	0.225	-19.9	-0.210	18.5
	0	-17.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	6.67	0.148	12.3	0.140	11.6	0.140	11.6	0.238	19.8	0.238	19.8
	32	0	0.230	19.2	0.234	19.5	0.234	19.5	0.356	29.7	0.366	30.5
	40	4.44	0.300	25.0	0.280	23.3	0.280	23.3	0.446	37.2	0.451	37.6
29.39	60	15.6	0.448	37.3	0.430	35.8	0.430	35.8	0.669	55.7	0.684	60.0
28.89	80	26.7	0.580	48.3	0.500	41.7	0.550	45.8	0.892	74.3	0.896	74.6
27.99	100	38	0.753	62.7	0.650	54.1	0.690	57.5	1.115	92.9	1.134	94.5
26.48 HG	120	49	0.910	75.8	0.800	66.6	0.820	68.3	1.338	111.5	1.366	113.8
24.01	140	60	1.064	88.6	0.950	79.1	0.960	79.9	1.545	128.7	1.590	132.4
20.27	160	71	1.200	99.9	1.100	91.6	1.090	90.8	1.784	148.6	1.804	150.2
14.63	180	82	1.360	113.3	1.250	104.1	1.230	102.5	2.000	166.6	2.051	170.8
6.45	200	93	1.520	126.6	1.400	116.6	1.380	115.0	2.230	185.8	2.296	191.3
0	212	100	1.610	134.1	1.500	125.0	1.460	121.6	2.361	196.7	2.428	202.2
2.5	220	104	1.680	140.0	1.550	129.1	1.510	125.8	2.460	204.9	2.516	209.6
10.3	240	116	1.840	153.3	1.720	143.3	1.650	137.4	2.680	223.2	2.756	229.5
20.7	260	127	2.020	168.3	1.880	155.5	1.790	149.1	2.920	243.2	2.985	248.6
34.5	280	138	2.180	181.6	2.050	170.7	1.930	161.0	3.150	262.4	3.218	268.0
52.3	300	149	2.350	195.8	2.200	183.3	2.080	173.3	3.390	282.4	3.461	288.3
74.9	320	160	2.530	210.7	2.370	197.4	2.220	184.9	3.615	301.1	3.696	307.8
103.3	340	171	2.700	225.0	2.530	210.7	2.360	196.5	3.840	319.8	3.941	328.2
138.3	360	182	2.880	240.0	2.700	225	2.510	209	4.100	341	4.176	347
180.9	380	193	3.060	254.9	2.860	238	2.670	222	4.346	362	4.424	368
232.4	400	209	3.230	269.0	3.010	251	2.820	235	4.580	382	4.666	389
293.7	420	216	3.421	285.0	3.180	265	2.980	248	4.800	400		
366.1	440	227	3.595	299.0	3.350	279	3.130	261	5.050	421		
451.3	460	238	3.784	315	3.530	244	3.290	274	5.300	441		
550.3 psig	480	249	3.955	329	3.700	308	3.450	287	5.540	462		
664.3	500	260	4.151	346	3.860	322	3.600	300	5.800	483		
795.3	520	271	4.342	362	4.040	337	3.760	313	6.050	504		
945.3	540	282	4.525	377	4.200	350	3.930	327	6.280	523		
1115	560	298	4.730	394	4.400	367	4.090	341	6.520	543		
1308	580	304	4.930	410	4.560	380	4.250	354	6.780	565		
1525	600	316	5.130	427	4.750	346	4.420	368	7.020	585		
1768	620	327	5.330	444	4.920	410	4.580	381	7.270	606		
2041	640	333	5.530	461	5.100	425	4.750	396	7.520	626		
2346	660	349	5.750	479	5.300	441	4.910	409	7.770	647		
2705	680	360	5.950	496	5.480	456	5.080	423	8.020	668		
3080	700	371	6.160	513	5.650	471	5.250	437	8.280	690		
	720	332	6.360	530	5.850	487	5.430	452	8.520	710		
	740	393	6.570	547	6.030	502	5.600	466	8.780	731		
	760	404	6.790	566	6.220	518	5.770	480	9.050	754		
	780	416	7.000	583	6.410	534	5.950	495	9.300	775		
	800	427	7.230	602	6.610	551	6.120	509	9.580	798		
	820	433	7.450	621	6.800	566	6.300	525	9.820	818		
	840	449	7.660	638	7.000	583	6.480	540	10.100	841		
	860	460	7.970	664	7.190	599	6.660	555	10.370	864		
	880	471	8.100	675	7.380	615	6.840	570	10.630	885		
	900	482	8.340	695	7.580	631	7.010	584	10.900	908		
	920	493			7.770	647	7.200	600	11.180	931		
	940	504			7.970	664	7.380	615	11.460	955		
	960	516			8.170	681	7.560	630	11.730	977		
	980	527			8.360	696	7.840	653	12.000	999		
	1000	538			8.550	712	7.920	660	12.260	1021		
	1020	549			8.75	729	8.10	675	12.55	1045		
	1040	560			8.95	746	8.27	689	12.82	1067		
	1060	571			9.15	762	8.46	705	13.10	1091		
	1080	583			9.35	779	8.64	710	13.37	1113		
	1100	594			9.54	795	8.83	735	13.62	1135		
	1120	605			9.75	812	9.00	750	13.91	1159		
	1140	616			9.95	829	9.18	765	14.17	1180		

Table 9

WWW.TOOSBOILER.COM