شرکت ملی گاز ایران

شرکت پالایش گاز شهید هاشمی نژاد

ضربه قوچ

WATER HAMMER

تهیه و ترجمه:

رضا غلام زاده

تیر ماه 1387

فهرست مطالب

مقدمه.....4

1-ضربه قوچ.....4

2-دلایل احتمالی ایجاد ضربه قوچ.....9

3-روش های پیشگیرانه از ضربه قوچ.....10

4- روشهای جلوگیری ازپدیده ضربه آبی(قوچ)در خطوط بخار.....13

5-انواع تله بخارها جهت جلوگیری از ضربه قوچ.....16

6-دسته بندی تله های بخار.....17

7-مشکلات معمول در تله های بخار.....18

8-اندازه ضربه قوچ.....27

9-پدیده ضربه قوچ.....30

10-معادله نویر استوکس و رابطه آن با ضربه قوچ..... 31

11-تعمیر و نگهداری تله های بخار.....33

12-بازرسی تله های بخار..... 35

13- بررسی کارکرد تله های بخار.....39

14-تجهیزات بازرسی.....41

15-شیوه صحیح لوله کشی در سیستم های بخار.....43

16-نرم افزارهای محاسبه کننده اندازه ضربه قوچ.....50

17-عایق کاری و روش زه کشی خطوط بخار.....51

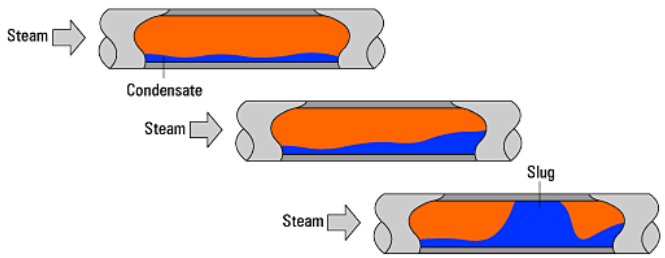
مقدمه

ضربه قوچ محرک میعان در سیستم های لوله کشی اتفاق می افتد و می تواند موجب خرابی های مصیبت بار سیستم بخار که منجر به خسارت تجهیزاتی ،آسیب انسانی و حتی مرگ شود باشد.ما در صنعت یاد گرفتیم تا با صدای بلندی که غالبا در سیستم های لوله کشی بخار می شنویم خو بگیریم و همچنین عادت کرده ایم تا در عملیاتی از آن جلوگیری کنیم.

متاسفانه زندگی هائی به خطر می افتند.هنگامی که این نوع از ضربه قوچ اتفاق می افتد اگر فقط یک نفر تعدادی از قانون های پایه ای(بنیادی)،زمان نگهداری و عمل سیستم های بخار را انجام دهد قابل جلوگیری است.

ضربه قوچ

ضربه قوچ از ترجمه واژه فرانسوی Coup DE Belier گرفته شده است و مترادف اصطلاح انگلیسی Water Hammer (چکش آبی) می باشد ،ضربه قوچ پدیده ای است که وقتی بخار می تواند وارد یک سیستم لوله کشی که حاوی آب (محصول میعان) است بشود و یا بر عکس وقتی آب وارد یک سیستم لوله کشی که حاوی بخار است بشود رخ می دهد.ترکیب عمل میعان در محل روبرو شدن بخار آب و جریان بخار بر روی آب باعث ایجاد موج در آن می شود.این موج ها تا جائی که به بخش اصلی لوله که در آنجا بخار ها در میان موج های ایجاد شده به تله می افتند افزایش می یابد (شکل زیر را نگاه کنید)

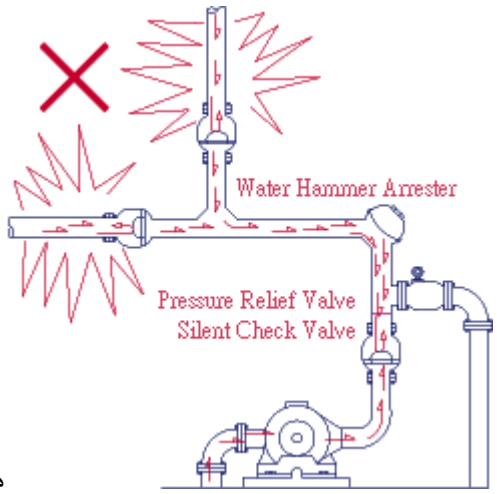


وقتی این بخار ها به تله می افتند،میعان سریعی در محل برخورد رخ می دهد که باعث کاهش حجم بخارات می شود.همراهی (همزمانی)انفجار با سرعت جریان بخار باعث ایجاد فشار شدیدی می شوند که هزاران پوند فشار دارند و باعث نتایج وخامت باری می شوند.

یا به عبارتی ضربه قوچ در اثر یک تغییر (یا قطع ناگهانی) در سرعت جریان سیال در یک مجرا (شبکه) به وجود می آید ، به عبارت دیگر کندانسه که در بخش تحتانی خط بخار قرار دارد می تواند باعث بروز پدیده ضربه قوچ شود. زمانی که بخار با سرعت بسیار بالا حرکت می کند هنگام حرکت از روی لایه ی کندانسه باعث ایجاد موج بر روی آن می گردد. اگر این حالت افزایش یابد بخار پرسرعت می تواند کندانسه را به حرکت درآورده و هنگام تغییر راستا، یک ضربه خطرناک ایجاد کند. این پدیده را ضربه قوچ می نامند. زمانی که کندانسه پر سرعت به مانعی برخورد می کند انرژی جنبشی آن به انرژی فشاری تبدیل شده و این افزایش فشار ناگهانی می تواند باعث تخریب مکانیسم عملکردی در تله های شناور و تله های ترموستاتیک فشار متعادل گردد. برای اجتناب از این پدیده باید از تله های قدرتمند مانند تله های ترمودینامیکی یا تله های سطل وارونه استفاده نموده و یا راستای لوله کشی را عوض نمود .

بعنوان مثال :در موقع قطع برق موتور پمپهای دورانی یا سانتریفوژ (قطع ناگهانی برق یا خاموش کردن ناگهانی پمپ) ، نیروی محرکه دوران دهنده پروانه پمپ سریع قطع می گردد ، به همین دلیل سرعت جریان سیال بطور ناگهانی تغییر می یابد ، و انرژی سینتیک از حالت فشار به مکش در خروجی پمپ تبدیل می شود ، در این تغییر ، امواج فشاری شدیدی در امتداد لوله خروجی پمپ پیش می رود ، و این امواج در اثر برخورد با مانع (منبع آب) منعکس و برگشت می کند ، موج برگشتی جهت جریان سیال را در پمپ عوض کرده و دبی ماکزیممی در جهت عکس ، از پمپ جریان می یابد و پمپ به صورت توربین در جهت عکس چرخش اولیه خود شروع به چرخش می نماید و برای مدت کوتاهی پمپ همانند توربین آبی عمل می نماید.

هر گاه در شبکه ای با خطوط طویل ، به هر علتی سرعت سیال ناگهان قطع شود ، موجهای فشاری در شبکه به وجود می آید ، که این موجها می توانند چندین برابر فشار کار دستگاه (پمپ) ، فشار تولید نمایند ، و موجب به وجود آمدن تنش های بسیار زیادی در اجزاء شبکه گشته و باعث صدمات فراوانی به شبکه شوند ، و در بدترین حالات باعث شکستگی پوسته پمپ و لوله ها و اتصالات شبکه می شود .



همانطور که در بالا اشاره شد ، بر اثر قطع ناگهانی نیروی محرکه پمپ ، برای زمان کوتاهی پمپ مانند توربین آبی (Water Turbine) عمل می نماید ، و کاهش ناگهانی حرکت سیال موجب می شود ، فشار داخل لوله خروجی پمپ از فشار اتمسفر کمتر گردد . همچنین به علت اصطکاک درونی پمپ و موتور ، کاهش قابل ملاحظه ای در خروجی پمپ ایجاد می نماید ، که مجموعه این عوامل باعث تبخیر آب و قطع جریان آن در خروجی پمپ می شود ، و حداقل فشاری در حد فشار بخار آب در لوله خروجی ایجاد می گردد .عمل تشکیل ، بخار باعث جدا شدن ستون آب از پمپ می گردد (پدیده جدا شدن ستون آب ، همان جدا شدن مایع است ، که در اثر کشش بیش از حد ، وقتی فشار کاهش یافته و نزدیک فشار تبخیر می شود به وجود می آید .) ، و این کاهش فشار در لوله با سرعت و به صورت موج حرکت نموده ، و ادامه پیدا می کند، تا به مخزنی که آب به آن پمپ می شود ، می رسد ، این حرکت موجی بر اثر برخورد با این مانع منعکس گشته ، و ستونهای آب جدا شده مجدداً به هم متصل شده و به صورت یک موج افزایش یافته دوباره به سمت پمپ برمی گردد . و به پمپ ضربه وارد می نماید (ضربه قوچ) ، و این پدیده مجدداً تکرار می شود . در خلال حرکت

موج فشار در لوله ، مقداری از انرژی آن در اثر اصطکاک از بین می رود . موج فشاری ناشی از افزایش فشار موج تراکم و موج فشاری ناشی از کاهش فشار موج انبساط نام دارد ، امواج تراکم در برخورد با مانع نرم مانند منبع آب ، هوا و ... به صورت موج انبساط و در برخورد با مانع سخت مانند شیر یکطرفه ، دیوار و ... بصورت اموج تراکم منعکس می شود ، این مسئله در مورد موج انبساط نیز صدق می کند . افت فشاری که بر اثر اصطکاک داخل لوله به وجود می آید روی نوسانات فشار تأثیر نموده و کم کم آن را مستهلک و سیستم به حالت تعادل در می آید .

پتانسیل تخریبی ضربه قوچ با صدای ناشی از آن قابل تشخیص است، ولی مواردی بوده است که صدای ضربه قوچ شنیده نشده است ، اما باعث منهدم شدن لوله گردیده ، که پس از آنالیز آن مشخص شده است که تخریب به وسیله پدیده ضربه قوچ بوده است ، ضربه قوچ سریع و زود گذر است ، ولی ضربات بسیار مخرب دارد ، و تعیین شدت آن در بعضی از مواقع بی نهایت دشوار می باشد .

پدیده ضربه قوچ در زمان استارت پمپ هم به وجود می آید و باعث ازدیاد فشار اضافی در پمپ و لوله می گردد . ولی مشکلات و مخاطرات ناشی از آن کمتر از ضربه قوچ هنگام خاموش شدن پمپ می باشد. در ابتدای راه اندازی پمپ ، میزان جریان آب حدود صفر می باشد ، و با ازدیاد ناگهانی فشار بر اثر چرخش پروانه و ایجاد جریان سریع ، موج فشاری برابر با فشار ضربه قوچ (در حالتی که شیر بسته باشد) ایجاد می نماید ، این پدیده را با نیمه باز گذاشتن شیر خروجی پمپ می توان کنترل و فشار اضافی ایجاد شده را کاهش داد .

جابجایی آب در لوله دارای انرژی جنبشی است که به جرم آب در حجم خالص و توان دوم بستگی دارد .به همین دلیل در اکثر چارت های سایز بندی لوله ها پیشنهاد می شود که سرعت آب در لوله ها زیر 1/5ft/s اگر لوله در خروجی به صورت ناگهانی بسته شود (جریان پایین دست) جرم آب قبل از رسیدن به آن نقطه با همان سرعت قبلی خود حرکت می کند که باعث ایجاد یک فشار بسیار زیاد می شود به نام شک ضربه ای .

در لوله کشی خانگی حتما آن را تجربه نموده ایدکه شبیه به صدای چکش می باشد .ضربه قوچ باعث شکستگی لوله ها یا باعث ترکیدگی آن در فشارهای زیاد می شود .

تله بادی (که در بالای لوله وجود) معمولا به عنوان دمپر اضافه می شود تا نیروی ناشی از حرکت آب برای جلوگیری از آسیب رساندن به سیستم باشد .در برخی از نیروگاه ها برق آبی وسیله ای به نام برج آبی به همین منظور نصب می گردد .

به زبان دیگر وقتی شیر آب به صورت ناگهانی بسته می شود جریان پایین دست تلاش می کند که به حرکت خود ادامه دهد که باعث ایجاد یک مکش می شود که باعث فروریختن یا از داخل منفجر شدن لوله می شود .این مشکل مخصوصا در سراشیبی لوله ها بیشتر می شود .

برای جلوگیری از آن یک شیر خلاص یا یک بسته هوای در جریان پایین دست اضافه می شود که باعث می شود هوا وارد خط لوله شده و از چنین مکش هایی جلوگیری می کند .

در خانه ها ضربه قوچ معمولا هنگامی اتفاق می افتد که ماشین ظرف شویی یا لباس شوئی یا توالت ها به صورت ناگهانی آب را قطع می کند که باعث ایجاد یک صدای بلند می شود .

یک وسیله گازی روغنی شبیه به جمع کننده ضربه که به نام از بین برنده ضربه قوچ آن را می شناسند می تواند بین لوله و دستگاه متصل شود که می تواند ضربه را دفع و از صدای بلند آن جلوگیری کند .سیستم گرمائی بخاری خانه ها نیز میتواند از ضربه قوچ آسیب پذیر باشند .

در سیستم بخار آبی ضربه قوچ معمولا هنگامی اتفاق می افتد که مقداری از بخار آب در ناحیه افقی لوله میعان شود.متعاقبا بخار با فشار بر آب جمع شده و رساندن آن به یک سرعت بالا می تواند یک ضربه قوچ شدید با صدای مهیب ایجاد کند .

این شرایط معمولا هنگامی رخ می دهد که آبریزگاه مناسب برای خروج آب در لوله بخار آب وجود نداشته باشد. نیروگاه های برق آبی باید با دقت فراوان طراحی شوند چون ضربه قوچ ممکن است موجب انفجار آنها شود. یکی از اولین افراد موفق در رسیدگی به ضربه قوچ مهندس ایتالیایی به نام لرنزو آلیویه بود (Lorenzo Allievi).

دلایل احتمالی ایجاد ضربه قوچ :

1- آزاد شدن ناگهانی هوا

2- تریپ پمپ یا شروع به کار آن

3- شیر های یک طرفه که به مشخصه دینامیکی شیر یک طرفه و جرم آب موجود بین شیر و تانک دارد .

4- باز بسته شدن ناگهانی شیر ها

5- رزونانس دستگاههای فرعی خصوصا پمپ اگر با فرکانس طبیعی لوله یکسان شود باعث ایجاد ضربات شدید در لوله ها می شود

6- خوب کار نکردن تله بخار یا از کار افتادن تله ها

7-درجه سردی محصول میعان

روش های پیشگیرانه از ضربه قوچ :

جهت محافظت تاسیسات خط لوله و پمپاژ در مقابل اثرات مخرب پدیده ضربه قوچ روشهای مختلفی وجود دارد. از هر روشی که برای کنترل این اثرات استفاده شود ،موضوعی که اساسی جلوه می کند اینست که تدابیر لازمه طوری مهیا گردند که تغیر رژیم جریان در شبکه لوله کشی به آهستگی و در مدت زمان طولانی صورت گیرد. برای رسیدن به این هدف دو راه اساسی وجود دارد:

الف-دخالت مستقیم در سیستم دستگاه پمپ و استفاده از وسایل مکانیکی مانند استفاده از چرخ طیار به منظور بالا بردن گشتاور اینرسی قطعات چرخنده

ب-تغیر حجم سیالی که در شبکه لوله کشی جریان دارد،مانند استفاده از مخزن هوا یا منابع دیافراگمی و .....

کلیه روشهای مختلف از نظر عملکرد در سه گروه طبقه بندی می شوند :

1-روشهای جلوگیری در مواردی که موج کم فشار باعث آسیب می شوند

2- روشهای جلوگیری در مواردی که موج پر فشار باعث آسیب می شوند

3- روشهای جلوگیری در مواردی که هم موج کم فشارو هم موج پر فشار باعث آسیب می شوند

اساس روشهای جلوگیری از زیان ناشی از موج کم فشار،تغذیه شبکه لوله بوسیله سیال است که از تغییر سریع اندازه حرکت (مومنتوم)ستون آب در لوله می کند.

اساس روشهای جلوگیری از زیان ناشی از موج پر فشار،تخلیه کردن شبکه لوله از سیال است. که از تغییر

اندازه حرکت (مومنتوم)ستون آب جلوگیری می کند.و در نهایت اساس روشهای جلوگیری از زیان ناشی از موج های کم فشار و پر فشار استفاده از تجهیزاتی است که بتواند در مواقع لزوم،سیال را تخلیه یا تزریق نماید مانند مخازن سرج دو طرفه.

گزینه های مربوط به پیشگیری از ضربه قوچ در پمپ ها و خطوط انتقال آب

1- لوله هائی با تحمل فشار بالای آب (گران)

2- اتصالات مناسب (در باز و بسته شدن شیرهای آب)

3- برج های آبی (که در سیستم های آب آشامیدنی استفاده می شود) و به نگهداری حالت دائم سیال کمک می کنند و فشار ناشی از ضربه قوچ را کاهش می دهد .

4- upsیک منبع تغذیه برق که برای دمپ کردن فشار ناشی از کار افتادن ناگهانی پمپ روشن شده تا چند دقیقه پمپ به کار خود ادامه می دهد .

5- نصب flywheel یا چرخ طیار در پمپ ها

6- گذرگاه فرعی برای پمپ ها

7-انتخاب قطر زیاد لوله رانش(Discharge pipe)

8-نصب Bypass pipe

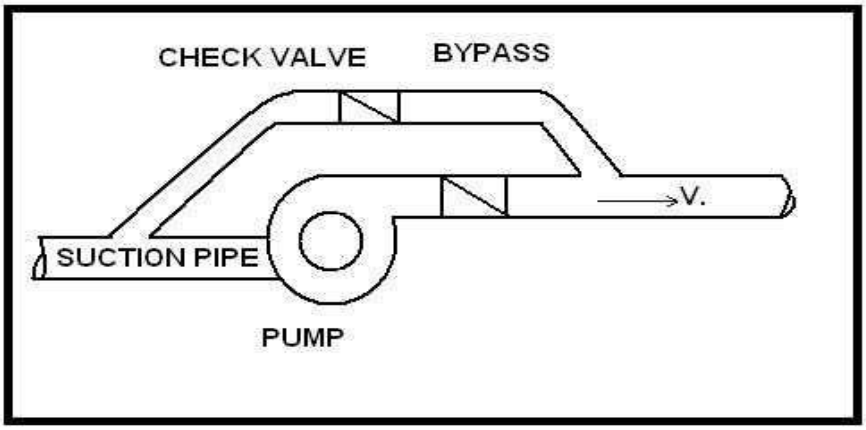
9-مخزن سرج یک طرفه(one way surge tank)

10- مخزن سرج دو طرفه(two way surge tank)

11-نصب شیر فشار شکن(Release valve)

چند مورد از موارد فوق را به اختصار شرح می دهیم:

روش استفاده از چرخ طیار(flywheel): یکی از روشهای جلوگیری از تغییر ناگهانی سرعت دبی،افزایش ممان اینرسی قطعات چرخنده موتور پمپ است این روش در ایستگاههای پمپاژ کوچک و با صرف هزینه کمتر مورد اسفاده قرار می گیرد.



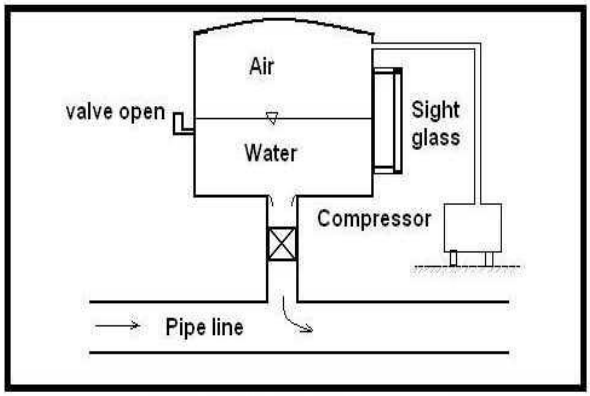
کاربرد لوله کنار گذر همراه با شیر یکطرفه

انتخاب قطر زیاد لوله رانش(Discharge pipe): با توجه به رابطه ژوکوفسکی چون میزان تغییرات سرعت با تغییرات فشار رابطه مستقیم دارد،اگر قطرلوله رانش بزرگتر انتخاب شود تغییرات سرعت و فشارکمتر خواهد بود.

نصب Bypass pipe: نصب لوله بای پاس همراه با شیر یک طرفه به منظور تزریق سیال به خط لوله و برای جلوگیری از تغییرات سریع رژیم جریان است.بدین صورت که وقتی پمپ روشن است در اثر فشار پمپ در قسمت رانش آن،شیر یک طرفه لوله کنار گذر بسته است. موقعی که پمپ خاموش شود و اگر فشار در لوله رانش بیش از

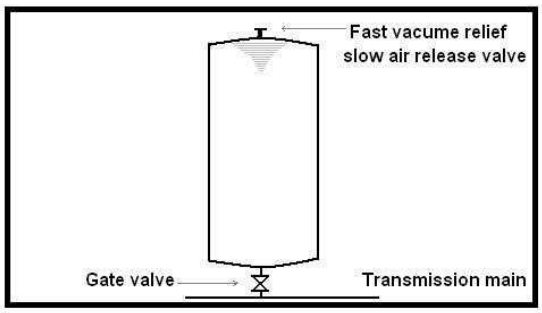
حد کاهش یابد بطوریکه از فشار قسمت مکش نیز کمتر شود، شیر یک طرفه لوله کنار گذرباز شره و مقداری از سیال از لوله مکش به لوله رانش وارد می شود.واز کاهش بیش از حد فشار در لوله رانش جلوگیری می کند.

یکی از موارد مهم کاربرد لوله کنار گذر،در بوستر پمپ هاست.وقتیکه بوستر پمپ خاموش می شود در لوله مکش پمپ فشار بشدت افزایش می یابد .بنابراین با استفاده از یک لوله کنار گذر مجهز به شیر یک طرفه که مقداری از آب قسمت مکش بوستر پمپ را به قسمت رانش آن هدایت می کند. می توان از افزایش فشار بیش از حد قسمت مکش کاست.



شمای یک محفظه هوا همراه با تجهیزات مربوطه

مخزن سرج دو طرفه(two way surge tank): این مخزن برای کنترل امواج پر فشار و کم فشار در خط لوله رانش بکار می رود و از افزایش یا کاهش بیش از حدخط لوله جلو گیری می کند.این مخزن معمولا"در محلی که ارتفاع خط شیب هیدرولیکی نسبت به خط لوله زیاد نباشد بکار می رود.



شمای یک مخزن سرج دو طرفه

نصب شیر فشار شکن(Release valve):این شیر ها معمولا" در قسمت رانش بعد از شیر یک طرفه نصب شده و با تخلیه مقداری از آب سیستم،از افزایش بیش از حد فشار در خط لوله جلوگیری می کنند.

روشهای جلوگیری ازپدیده ضربه قوچ در خطوط بخار

یکی از معضلات سیستم های انتقال بخار پدیده ضربه آبی است که در صورت بروز با سروصدا و آسیب های جدی به لوله ها و اجزاء سیستم، مانند تله های بخار، تخلیه کننده ها (Vents) همراه خواهد بود. در این سیستم ها دو نوع ضربه داریم .

1- در اثر تجمع قطرات تقطیر شده در قسمت افقی لوله های بخار و عبور بخار با سرعت بالا در مجاورت این قطرات ضربه اتفاق می افتد. در اثر برخورد بخار سریع (تا 50 m/s) با قطرات مایع لرزش ایجاد شده و در صورت حجیم بودن توده آب تشکیل شده حرکت این توده با سرعت نزدیک سرعت بخار و برخورد آن به اولین زانوئی مسیر، نیروی فوق العاده ای بر زانوئی اعمال شده که ممکن است منجر به شکست لوله گردد .

2- ضربه آبی نوع دوم همان کاویتاسیون است که در اثر شکل گرفتن حباب های بخار در لوله ای که از آن آب عبور می کند رخ می دهد چنانچه در اثر تبادل حرارت بخارها تقطیر شوند حبابهای بخار ترکیده و پدیده کاویتاسیون رخ می دهد دراینصورت امکان آسیب دیدگی تله های بخارواجزاء دیگر سیستم وجود دارد .

موارد مهم در نصب لوله های بخار جهت جلوگیری از این پدیده بقرار زیرمی باشند :

1- لوله های بخار بصورت شیبدار از دیگ بخار تا محل تخلیه قطرات (Drip Trap) نصب شوند .

2- جایگاه تخلیه قطرات بایستی جلوتر از شیر تنظیم بخار پیش بینی شود تا از تجمع قطرات در موقع بسته بودن شیر جلوگیری شود .

3- صافی های Y شکل نصب شده در خطوط بخار بایستی دارای پرده صافی نصب شده افقی باشند تا مانع جمع شدن قطرات و حرکت توده ائی آنها در موقع شروع جریان بخار شود .

4- کلیه تجهیزاتی که دارای تنظیم کننده بخار هستند بایستی دارای تخلیه ثقلی قطرات از تله بخار باشند و از برگشت به مسیر با افزایش ارتفاع (Lifts) بایستی جلوگیری شود .

یک تله ترمواستاتیک بهترین انتخاب برای یک مبدل حرارتی است در این صورت هوای جمع شده سریعا "تخلیه میگردد. در صورت عدم تخلیه قطرات امکان بروز پدیده ضربه و عملکرد ضعیف مبدل وجود دارد .

هر افزایش ارتفاعی (Lifts) در خطوط برگشتی کندانس بعد از تخلیه تله بخار نیاز به یک فشار مثبت در پوسته مبدل حرارتی جهت تخلیه قطرات کندانس دارد، واضح است تا تأمین فشار کافی، احتمال افزایش دمای سمت بخار وجود خواهد داشت و در اینصورت دمای آب خروجی از مبدل نیز تغییر خواهد کرد .

در اغلب مبدلهای حرارتی خلاء شکن نصب می شود بنحویکه چنانچه در داخل پوسته خلاء ایجاد شد شیر خلاء شکن باز شده و هوا به داخل مبدل جریان یابد در غیر اینصورت خلاء ایجاد شده در مبدل موجب جمع شدن مایع و بروز پدیده ضربه می گردد.

5- تله بخار

هدف از تله بخار در سیستم های بخار بیرون کردن آبی است که در داخل وسایل مصرف کننده حرارت یا خطوط لوله تقطیر می شود. تله بخار اجازه نمی دهد از آن بخار عبور کند اما آب عبور می کند، محل نصب تله بخارها بعد از هر مرحله تبادل حرارت مانند بعد از مبدل، کنوکتور و نیز در پائین اغلب رایزرها و انتهای لوله اصلی بخار می باشد.

در مورد کار با تله های بخار، یک نکته بسیار مهم وجود دارد و آن این است که اولین گام برای اجتناب از مشکلات ایجاد شده توسط این تجهیزات، انتخاب مناسب و نصب صحیح آن ها می باشد. اگر با این تجهیزات به ظاهر ساده ولی در عین حال بسیار مهم مشکلی دارید، می توانید از خطوط راهنمای ارائه شده در این نوشتار برای تشخیص و رفع عیب آن ها استفاده نمایید. وظیفه ی تله بخار، زدایش کندانسه، هوا و دی اکسید کربن از سیستم لوله کشی به محض تجمع این گازها و با حداقل اتلاف بخار است. زمانی که بخار، گرمای نهان ارزشمند خود را آزاد

می کند و چگالیده می شود، این کندانسه ی داغ باید بلافاصله از سیستم جدا شود تا از بروز پدیده ضربه قوچ جلوگیری گردد. وجود هوا در سیستم بخار، بخشی از حجم سیستم را که قاعدتاً باید توسط بخار اشغال شود به خود اختصاص می دهد. دمای مخلوط هوا-بخار، به دمایی کمتر از دمای بخار خالص افت می کند. هوا، یک عایق است که به سطح لوله و تجهیزات چسبیده و باعث کند و غیر یکنواخت شدن فرآیند انتقال حرارت می گردد. در صورتی که دی اکسید کربن حضور داشته باشد، بخار موجود در سیستم، دی اکسید کربن را به دیواره های سطح انتقال حرارت رانده و بدین ترتیب، انتقال حرارت کاهش می یابد. دی اکسید کربن همچنین می تواند در کندانسه به صورت محلول در آمده و تولید اسید کربنیک نماید که باعث خوردگی در لوله ها و تجهیزات می گردد.

انواع تله بخارها جهت جلوگیری از ضربه قوچ

۱- تله های شناور

۲- تله نوع سطل باز

۳- تله های سطل وارانه

۴- تله ترمودینامیکی

۵- تله ترموستاتیک انبساط فلزی

۶- تله ترموستاتیکی فشار متعادل

۷- تله دو فلزی (بی متال)

انواع تله های بخار استفاده شده در شاه لوله اصلی بخارجهت زه کشی آب کاندنس در شکل زیر آمده است:

Ball float type

Thermodynamic type

Thermostatic type

Inverted bucket type

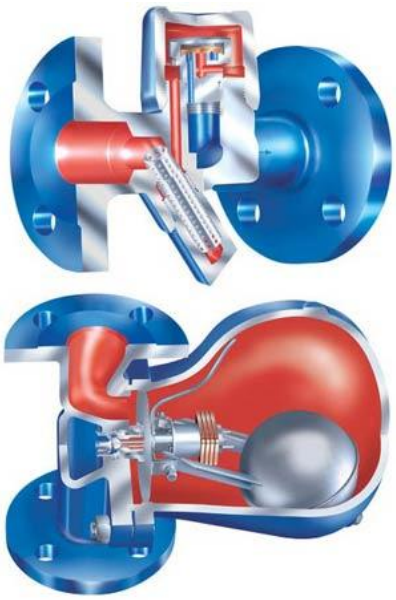
دسته بندی تله های بخار:

تله بخارها به سه گروه عمده تله های ترموستاتیک -مکانیکی و جنبشی تقسیم می شوند .تله های ترموستاتیک دارای یک عضو دو فلزی یا فانوسه ای می باشند .که کندانسه فوق سرد وبخار را تشخیص داده و در صورت وجود کندانسه یک شیر را باز میکنند .تله بخار ترموستاتیک دو فلزی از یک عضو فلزی که برای این کاربرد دارای ضریب انبساط مناسبی باشد استفاده میکنند. تله بخارهای ترموستاتیک فانوسه ای از یک سیال با نقطه جوش پایین تر از آب استفاده می کنند که می تواند ضمن منقبض ومنبسط شدن دریچه تخلیه را باز وبسته نماید. این نوع تله ها معمولا در کاربردهای با فشار بالا و در جایی که ذخیره مقداری کندانسه مجاز باشد استفاده می شود. نحوه کار تله های مکانیکی بر اساس نیروی غوطه وری واختلاف بین چگالی بخار وکندانسه می باشد .تله های شناوری وترموستاتیکی سطلی وسطلی معکوس سه نوع عموده تله های مکانیکی می باشند .این نوع تله ها کندانسه را در دمایی نزدیک به دمای اشباع بخار تخلیه می کنند. تله های شناوری وترموستاتیکی ترکیبی از تله های شناوری و ترموستاتیکی فانوسه ای می باشند. این نوع تله ها برای ظرفیت های بالا در فرایندهای بخار کم فشار و همچنین کاربردهای HVAC مناسب هستند .این تله ها تا فشارهای 200 psiیا بیشتر موجود می باشند. ولی در فشارهای بالاتر مستعد پدیده ضربه قوچ می باشند .تله های سطلی وسطلی معکوس برای باز وبسته کردن دریچه تخلیه از نیروی غوطه وری استفاده میکنند .سوراخ تخلیه معمولا در بالا قرار دارد .تا احتمال مسدود شدن آن کاهش یابد .تله

های جنبشی بر اساس اختلاف خصوصیات جریان های بخار وکندانسه عمل میکنند .تله های ترمو دینامیک یا دیسکی ضربه ای یا پیستونی و اوریفیس دار سه نوع عمده تله های جنبشی می باشند .تله های ترمودینامیک یا دیسکی دارای یک عضو متحرک هستند .این عضو یک دیسک است که برای باز کردن دریچه خروجی نشیمنگاه خود را بالا می برد. این نوع تله ها برای سیستمهای بخار پرفشار بسیار مناسب م ی باشند . تله های ضربه ای یا پیستونی شیر تخلیه خود را بر اساس فشار باز وبسته می کنند .این نوع تله ها بدلیل کوچک بودن منفذ تخلیه ممکن است مسدود شوند و یا گیر کنند .تله های اوریفیسی هیچ عضو متحرکی ندارند و بر اساس اختلاف چگالی کندانسه را به طور مدام تخلیه می کنند . این نوع تله ها تحت شرایط ثابت بار وفشار مانند لوله اصلی بخار بهترین عملکرد را دارند.

مشکلات معمول در تله های بخار:

در مورد کار با تله های بخار، یک نکته بسیار مهم وجود دارد و آن این است که اولین گام برای اجتناب از مشکلات ایجاد شده توسط این تجهیزات، انتخاب مناسب و نصب صحیح آن ها می باشد. اگر با این تجهیزات به ظاهر ساده ولی در عین حال بسیار مهم مشکلی دارید، می توانید از خطوط راهنمای ارائه شده در این نوشتار برای تشخیص و رفع عیب آن ها استفاده نمایید. وظیفه ی تله بخار، زدایش کندانسه، هوا و دی اکسید کربن از سیستم لوله کشی به محض تجمع این گازها و با حداقل اتلاف بخار است. زمانی که بخار، گرمای نهان ارزشمند خود را آزاد می کند و چگالیده می شود، این کندانسه ی داغ باید بلافاصله از سیستم جدا شود تا از بروز پدیده ی ضربه قوچ جلوگیری گردد. وجود هوا در سیستم بخار، بخشی از حجم سیستم را ـ که قاعدتاً باید توسط بخار اشغال شود به خود اختصاص می دهد. دمای مخلوط هوا /بخار، به دمایی کمتر از دمای بخار خالص افت می کند .هوا، یک عایق است که به سطح لوله و تجهیزات چسبیده و باعث کند و غیر یکنواخت شدن فرآیند



انتقال حرارت می گردد.در صورتی که دی اکسید کربن حضور داشته باشد، بخار موجود در سیستم، دی اکسید کربن را به دیواره های سطح انتقال حرارت رانده و بدین ترتیب، انتقال حرارت کاهش می یابد.

دی اکسید کربن همچنین می تواند در کندانسه به صورت محلول در آمده و تولید اسید کربنیک نماید که باعث خوردگی در لوله ها و تجهیزات می گردد. این نوشتار، انواع اصلی تله های بخار، روش کار آن ها، مزایا و محدودیت ها و همچنین الزامات نصب این تجهیزات را مورد بازنگری قرار داده و توصیه هایی برای رفع مشکلات احتمالی که ممکن است هنگام عملکرد تله های بخار به وجود بیایند، ارائه می دهد.

نشتی بخار:

نشیمن شیر در تله بخار می تواند در معرض خوردگی یا فرسایش قرار گیرد. زمانی که این نشیمن صدمه ببیند، شیر مربوطه نخواهد توانست به خوبی در جای خود قرار گیرد و در نتیجه، بخار فعال از تله نشت خواهد کرد. اگر تله بخار دارای اندازه ای بیش از حد لازم باشد، این نشتی می تواند مقدار قابل توجهی را از بخار هدر دهد. حتی تله های بی متال که برای حالت کاملاً باز با حداقل فوق سرد شدن کالبیره می شوند، ممکن است در صورتی که مقدار بار کاهش یابد، مقداری بخار را عبور دهند. یک تله ترمودینامیکی که به خوبی کار می کند نیز اگر فشار کندانسه بسیار پائین باشد، ممکن است نتواند کاملاً بسته شود.

تعیین اندازه نامناسب:

تله ای که اندازه آن کوچک تر از اندازه لازم باشد، باعث می شود که کندانسه در بازدهی انتقال حرارت تأثیر منفی بگذارد زیرا کندانسه یک فیلم نازک روی سطح انتقال حرارت ایجاد می نماید. تله ها معمولاً با استفاده از یک ضرب ایمنی برای محاسبه ی ظرفیت تله، چند مرتبه بزرگ تر از اندازه لازم انتخاب می شوند. تله ای که ظرفیتی بسیار بالاتر از حد نیاز داشته باشد، باعث هدر رفتن هزینه ها شده، کارکرد آن کند بوده و تولید فشار معکوس بالایی می نماید که ممکن است عمرتله رابه میزان قابل توجهی کاهش دهد.

آلودگی

کندانسه بخار، اغلب دارای ذرات رسوب و محصولات خوردگی است که می تواند باعث فرسایش شیرهای تله شود. اگر این ذرات به اندازه کافی بزرگ باشند، ممکن است حتی باعث مسدود شدن شیر تخلیه و یاگیر کردن آن حالت باز گردند. برای اجتناب از این مشکل، باید در بالا دست هر تله اقدام به نصب یک صافی نمود. این صافی باید هنگامی که سیستم برای اولین بار راه اندازی می شود و هنگامی که هرگونه تعمیر و تعویض در لوله کشی سیستم صورت می گیرد،تمیزشود.

ایجاد صدا:

به استثنای تله های ترمودینامیکی، اغلب تله ها نسبتاً بی صدا عمل می کنند. در برخی موارد، تله ها ممکن است صدایی جزئی تولید کنند که ناشی از تخلیه ی کندانسه به داخل بخار در پایین دست شیر تله می باشد. ایجاد صدا در سیستم بخار معمولاً توسط حرکت کندانسه در خطوط برگشت عمودی، ضربه قوچ و یا تله های معیوب که بخار فعال در آن ها به کندانسه خط برگشت نشت می کند، صورت می گیرد.

هواگرفتگی:

زمانی که تله توسط یک لوله افقی بلند با قطر کم به تأسیسات متصل می شود، کندانسه در فضای بخار باقی مانده و نمی تواند به سمت تله جریان باید برای اجتناب از این پدیده، لوله ای که به تله متصل می شود باید دارای قطر بیشتر و طول کوتاه تری باشد تا نرخ جریان بالاتری را ایجاد نماید. یک روش دیگر برای اجتناب، از این پدیده، تعبیه ی یک شیر تخلیه در نقطه ای در بالای سیستم می باشد.

انسداد توسط بخار:

زمانی که تله توسط یک لوله افقی بلند با قطر کم به تأسیسات متصل می شود، ممکن است شرایطی به وجود آید

که بخار، مانع از رسیدن کندانسه به تله می شود. کندانسه تا زمانی که نتواند بخار را جابجا نماید، قادر به رسیدن به تله نخواهد بود. برای اجتناب از این پدیده بایستی تله را تا حد امکان نزدیک به سیستم نصب کرده و یا مسیر مربوطه تخلیه شود. اگر تله درست زیر سیستم یا مسیر نصب شده باشد یک لوله تبادل باید بین این دو بخش در نظر گرفته شود تا به عنوان مسیر تخلیه عمل کرده و از انسداد مسیر توسط بخار جلوگیری نماید. همچنین می توان تله ها را با یک شیر آزاد کننده انسداد بخار نصب نمود.

انجماد:

اگر سیستم بخار در حالی که مقدار قابل توجهی کندانسه در تله باقی مانده است متوقف شود و دمای محیط به کمتر از دمای انجماد آب برسد، انجماد در داخل تله رخ خواهد داد. تله های شناور و تله های ترموستاتیک فشارمتعادل، در اثر انجماد به شدت صدمه می بیند. اگر احتمال بروز انجماد وجود دارد باید از تله های ترمودینامیکی یا تله های بی متال که انجماد بر روی آنها بی تأثیر است استفاده نمود .یک راه دیگر برای اجتناب از این پدیده باز کردن شیرهای تخلیه بعد از متوقف کردن سیستم می باشد .

فقدان شرایط راه اندازی

این مشکل در تله های سطل وارونه مشاهده می شود. این نوع تله ها زمانی شروع به کار می کنند که مقدار آب در داخل آن وجود داشته باشد. اگر یک افت فشار ناگهانی در سیستم رخ دهد و یا اینکه بخار فوق داغ وارد تله شود این عامل به راه اندازی از بین رفته و تله مزبور قادر به عمل نخواهد بود. برای اجتناب از بروز این مشکل می توان از یک شیر یک طرفه در خط ورودی تله استفاده نمود.

راهنماییهایی برای رفع اشکال

اولین قدم در رفع اشکال سیستم، بررسی این نکته است که آیا تله بخار به درستی نصب شده است یا خیر. رویه های مربوط به نصب را برای انواع مختلف تله ها ارائه می دهد. جدول زیر راهنمایی هایی در مورد رفع اشکال سه مشکل

معمول در تله ها ارائه می دهد. این مشکلات عبارتند از: تله های موجود ر سیستم کار تخلیه را انجام نداده و یا مقدار تخلیه آن بسیار پائین است. تله های دارای نشتی بخار فعال می باشد و تله در ظرفیتی کامل به طور پیوسته در حال تخلیه است.

حل مشکل نشتی بخار فعال در تله ها:

نوع تله	علت احتمالی	راه حل
تما تله ها	مجموعه نشیمن شیر فرسوده شده است.	بخش نشیمنگاه شیر را تعویض کنید.
	اوریفیس با رسوبات آب مسدود شده است.	اوریفیس را تمیز نمایید.
	ظرفیت تله کافی نیست.	بار کندانسه و اختلاف فشار در ورودی تله را محاسبه کرده و یک تله مناسب انتخاب کنید.
نوع تله: شناور	بخش تخلیه هوا به خوبی کار نمی کند.	بخش تخلیه هوا را تعویض کنید.
	بدنه تله با آلودگی انباشته شده و مانع از حرکت شناور و کارکرددرست آن می شود.	درپوش تخلیه را باز کرده و مسیر را با دمش بخار و یا باز کردن و تمیز کردن تله تمیز نمایید.
	عنصر ترموستاتیک تله بسته نمی شود.	عنصر ترموستاتیک را تعویض نمایید.
نوع تله : سطل وارونه	بخش تخلیه هوا به خوبی کار می کند.	بخش تخلیه هوا را تعویض کنید.
	بدنه تله با آلودگی انباشته شده و مانع از حرکت استوانه و کارکرد درست آن می شود.	درپوش تخلیه را باز کرده و مسیر را با دمش بخار و یا باز کردن و تمیز کردن تله تمیز نمایید.
	استوانه سوراخ شده است.	استوانه را تعویض کنید.
	تله دارای شرایط راه اندازی اولیه نیست.	شیر ورودی را برای مدت چنددقیقه ببندید سپس به آهستگی آن را باز کنید اگر شرایط آغاز به کار فراهم گردید تله باید به درستی کار کند. در غیر اینصورت یک شیر یک طرفه در مسیر رودی نصب کنید.
نوع تله:	دیسک و نشیمنگاه آن فرسوده شده است.	تله را عوض کرده و یا دیسک نشیمن را تعویض کنید.

ترمودینامیک	بین سطح نشیمن و دیسک آلودگی جمع شده است.	بخش های مربوط را تمیز نمایید.
	درپوش تله شل است و بخار از محل اتصال نشت می کند.	درپوش را محکم کنید.
نوع تله : ترموستاتیک	عایق بندی دچار مشکل شده است (دمای کندانسه بیش از حد پایین می آید و هر قدر کندانسه سردتر باشد دریچه شیر بیشتر باز می شود.)	مسیر را عایق بندی کنید.
	فشار لوله اصلی پایین است (با پایین آمدن فشار بخار تله بسته نمی شود زیرا بخار کم دما با تله در تماس است.)	فشار لوله اصلی را کنترل کنید و یا تله را برای تغییرات دما تنظیم نمایید.
	عنصر به کار رفته در تله ی فشار متعادل به دلیل وجود ضربه ی قوچ یا بخار فوق داغ صدمه دیده است.	این بخش را تعویض نمایید.
	تله بیش از حد کوچک است	تله های اضافی به صورت موازی نصب نمایید.
	تله های فشار بالا در کاربردهای کم فشار نصب شده اند.	از مکانیسم مناسب استفاده نمایید.
	بویلر مقدار زیادی آب وارد خط بخار می نماید.	شرایط تغذیه آب را تصحیح نمایید.

تله های بخار بخش مهمی از سیستم شبکه توزیع بخار محسوب می گردند . وظیفه اصلی آنها تخلیه آب مقطر از سیستم و ارسال آن به خطوط مربوطه و ممانعت از خروج بخار می باشد . تله بخار کاربرد فراوانی در صنعت به ویژه صنعت نفت دارد که بعضی از کاربردهای مهم آن عبارتست از :

1 - افزایش کیفیت بخار موجود در خط اصلی بخار از طریق خارج کردن آب مقطر
2 - بـه عنوان پل ارتباطـی خـط لولـه بخـار (Steam supply) و خط تخلیـه آب مقطر
3 - در مسیر سیال خروجی (بخار) از پوسته یا لوله مبدلهای حرارتی

به منظور عملکرد صحیح یک سیستم بخار ، هر تله بخار می بایستی بدون عبور بخار ، آب مقطر را از خود عبور دهد . وجود تله های بخار از کار افتاده ، نشانگر وجود یک منبع اتلاف انرژی می باشد . در یک واحد بزرگ صنعتی ، بررسی فراگیر تله های بخار به منظور بازرسی هر یک از آنها الزامی است تا بواسطه این بازرسـی ، عملکرد آنها و هزینه کلی اتلاف انرژی بخار مشخص شود . بعنوان مثال طبق بررسی های انجام شده از 1000 تله بخار بکار

رفته در یک سیستم ، 250 مورد دارای تلفات کلی بخار به میزان 4783 پوند در ساعت بوده است که هزینه سالانه ای بالغ بر **236,520** دلار را در پی داشته است

تله های بخار بوسیله کارخانه های متعددی تولید می شوند که دارای طرحها ، اندازه ها و خصوصیات عملیاتی متنوعی می باشند . بعضی از تله های بخار ، آب مقطر را به صورت پیوسته و بعضی دیگر به صورت متناوب (بعد از جمع شدن آب مقطر و پر شدن تله از آن) خارج می کنند . به هر حال در سراسر دنیا تله بخار واحدی که برای همه کاربردها مناسب باشد وجود ندارد . انتخاب تله بخار مناسب به منظور عملکرد سیستم بخار با راندمان بالا ، موضوعی پیچیده و بحرانی می باشد . به طور کلی تله بخار یکی از اجزاء ضروری سیستم بخار است و عنصر مهمی در مدیریت مناسب بخار و آب مقطر محسوب می شود که وظیفه آن نگهداشتن بخار در طول فرآیند برای استفاده حداکثر از حرارت آن و عبور دادن آب مقطر ، گازهای چگال ناپذیر (Incondensable gas) و هوا در زمان های مناسب می باشد.

به هر حال همیشه مرسوم بوده است که به تله های بخار به صورت مستقل نگاه شود و اثر آنها بر روی سیستم بخار، اغلب در نظر گرفته نمی شود . مسائل ذکر شده ذیل ، اهمیت نگاه کلی به سیستم در انتخاب تله بخار مناسب را مطرح می کند :

- آیا واحد سریعا" به دمای عملیاتی می رسد و یا پاسخ آن نسبت به افزایش درجه حرارت کند بوده و عملکرد (بازده) آن پایین تر از حد مورد انتظار است؟

- آیا سیستم بدون مشکل است یا استفاده از تله بخار نامناسب منجر به پدیده های ضربه قوچ ، خوردگی و یا نشتی شده و هزینه تعمیرات را بالا برده است ؟

- آیا طراحی سیستم ، اثری منفی بر روی طول عمر و راندمان تله های بخار داشته است ؟

به طور کلی مشکلات ناشی از انتخاب نامناسب تله های بخار به صورت پنهان اثر خود را در سیستم نشان می دهند . در بعضی از مواقع تله های بخار به طور کامل مسدود می شوند بدون اینکه مشکلی جدی بوجود آید . به عنوان مثال یک تجزیه کننده صنعتی (Industrial digester) را در نظر بگیرید . که به دلیل مسدود شدن یکی از تله های بخار ، آب مقطر از یکی از خروجی های آن بطور کامل تخلیه نمی شود در این شرایط اغلب مواقع آب مقطر باقی مانده به نقاط تخلیه دیگر منتقل می شود تا از آنجا تخلیه گردد . اگر این نقاط تخلیه هم مسدود باشند مشکلی جدی پیش خواهد آمد ولی احتمال مسدود بودن همزمان همه نقاط کم است . باید به این نکته توجه گردد که مشکلات ناشی از فرسایش شیرهای کنترل، نشتی وکاهش بازده واحد بوسیله توجه ویژه به تله های بخار رفع می گردد. تله های بخار اگرچه دارای ابعاد کوچکی می باشند ولیکن از اهمیت بالایی برخوردارند که این اهمیت معمولا" نادیده گرفته می شود . استهلاک در هر سیستم ، امری طبیعی است که تله های بخار به عنوان جزئی از سیستم از این امر مستثنی نمی باشند . هنگامی که تله های بخار در حالت باز ازکار می افتند مقدار مشخصی از بخار به خط برگشتی آب مقطر وارد می گردد . خوشبختانه در حال حاضر وسایل تشخیص سریع عبور بخار از تله بخار برای مصرف کنندگان موجود است

اندازه ضربه قوچ

اندازه ضربه قوچ به عوامل زیر بستگی دارد:

1. خصوصیات و سرعت سیال
2. مدول الاستیسیته لوله
3. ضخامت لوله
4. طول خط لوله
5. شدت تغییر ممنتم سیال

مدول الاستیسیته کم در لوله های فایبر گلاس باعث توانایی بالای دفع نیروی موج و کاهش تغییر موج در سیستم می شود.شدت موج فشاری در لوله های فلزی به خاطر بالابودن مدول الاستیسیته آنها بیشتر است بدین ترتیب شدت ضربه قوچ در لوله های GRP حدودا نصب شدت آن در شرایط مشابه در لوله های کربن استیل یا چدنی می باشد.

رابطه تقریبی زیر برای تعیین تغییرات فشار در نقطه ای معین در خط لوله مستقیم با صرف نظر کردن از افت اندک ناشی از اصطحکاک استفاده می شود.

$$\Delta H= (W.\Delta V)/g$$

ΔH: تغییرات در فشار (متر)

W: سرعت موج فشاری (متر بر ثانیه)

ΔV: تغییرات در سرعت سیال (متر بر ثانیه)

g : شتاب جاذبه (متر بر مجذور ثانیه)

همانطور که مشاهده می شود طول خط لوله،ارتفاع استاتیک و پروفیل طولی خط لوله هیچ تاثیری در بوجود آمدن افزایش یا کاهش فشار ناشی از ضربه قوچ ندارد. البته این فاکتور ها در تعیین نوع، ابعاد و حجم تجهیزات مقابله با ضربه قوچ حائز اهمیت هستند. در اینجا لازم است فاکتور دیگری را موسوم به زمان انعکاس Tr تعریف کنیم:

$Tr = 2L/a$ که در آن Tr (زمان انعکاس) عبارتست از مدت زمانی که موج فشاراز نقطه آغاز به انتهای خط لوله رفته و دوباره به نقطه اولیه باز گردد. در ضمن L نیز فاصله بین نقطه ایجاد موج فشاری و نزدیکترین نقطه انعکاس آن است که با کمی اغماض می توان L را طول خط لوله نیز فرض کرد با توجه به تعاریف فوق مثالی را بررسی می کنیم.

1-بستن آنی یک شیر

شرایط مثال: یک مخزن در ابتدای خط و یک شیر دروازه ای در انتهای خط قرار دارد.

وقتی یک شیر بطور آنی بسته می شود مایع پیش رونده با شیر برخورد می کند و متوقف می شود. این مایع سپس توسط مایعی که در خلاف جهت می آید و هنوز جریان دارد فشرده می شود این فشار باعث افزایش محلی جریان می شود.نتیجه این فشار اضافی این است که دیواره های لوله در اطراف جریان کش می آیند سپس یک واکنش زنجیره ای در امتداد لوله روی می دهد هر عنصر ساکن جریان بوسیله موج جریان مخالف فشرده می شود. اثرات واکنش زنجیره ای با یک موج فشاری طول لوله رابا سرعت A می پیماید که از معادله مقابل بدست می آید:

$$A= (E_V/\{\rho[1+(D/t)(E_V/E)]\})^{1/2}$$

که در معادله فوق a: سرعت موج فشاری بر حسب متر بر ثانیه

E_V: مدول حجمی سیال (برای آبE_V=2.2GPa)

E: مدول الاستیسیته لوله (برای فولاد E=230GPa و برای PVC، E=3.3GPa)

D: قطر لوله بر حسب میلیمتر

T: ضخامت لوله بر حسب میلیمتر

بطور مثال برای یک لوله فولادی منقل کننده آب به قطر 200 میلیمتر و ضخامت 15 میلیمتر سرعت انتشار موج فشار 1396,8 متر بر ثانیه است و اگر جنس لوله پی وی سی باشد سرعت 471,7 متر بر ثانیه خواهد شد.

مدت زمانی که موج فشار فاصله فاصله بین شیر و مخزن را می رود و بر می گردد نیز از معادله ذیل بدست می آید.$Tr=2L/a$

مثلا برای نمونه فوق اگر طول خط لوله 5 کیلومتر باشد مدت زمان رفت و برگشت موج فشار برای لوله فولادی 7,159 ثانیه و برای لوله پی وی سی 21,9 ثانیه خواهد بود.

با بستن سریع و ناگهانی فشار ناشی از ضربه قوچ به هد اضافه می شود. به این فشار ناشی از ضربه قوچ P_h گفته می شود که از رابطه ذیل بدست می آید $P_h= \rho av$

حال اگر شیر بطور آهسته نه ناگهانی بسته شود.افزایش فشار (P_h') ناچیزخواهد بود که از رابطه مقابل بدست می آید: $P_h \approx 2L\rho V/t_C$ که در آن t_C مدت زمان بستن شیر است.

پدیده ضربه قوچ

ضربه قوچ پدیده ای است که در اثر تغییرات ناگهانی سرعت جریان سیال در داخل خط لوله بوجود آمده و باعث تغییر ناگهانی فشار می گردد .اهمیت بررسی این پدیده زمانی آشکار می شود که قدرت تخریبی زیاد آن در خطوط انتقال مدنظر قرار گیرد. زمانیکه شرایط جریان از یک حالت دائمی به یک حالت دائمی دیگر تغییر کند ،شرایط جریان بین این دو حالت را جریان حالت میرا(transient state flow) می نامند که ضربه قوچ در این حالت بررسی می شود .برخی عوامل مؤثر در بروز این پدیده عبارتند از :

1- باز و بسته کردن شیرها در یک خط انتقال

2- از کار افتادن یا متوقف شدن پمپها در سیستمهای پمپاژ

3- لرزشهای پره های توربین

4- تغییرات ناگهانی در جریانهای ورودی یا خروجی به یک کانال بوسیله باز یا بسته شدن دریچه کنترل

5- اضافه یا کم شدن بار بر روی توربین نیروگاه آبی

علل بروز ضربه قوچ در ایستگاههای پمپاژ

1-روشن کردن یک یا چند پمپ

2-خاموش کردن یا از کار افتادن یک یا چند پمپ

3-تغییر تنظیم شیرها یا بسته شدن ناگهانی شیرها

4-تغییر سرعت دورانی پمپ یا پمپ ها

5-پر کردن غیر اصولی خط لوله

6-استفاده از شیر های یک طرفه نامناسب (نوعی عامل تشدید کننده ضربه قوچ)

توضیح عوامل فوق:

بدین صورت که شیرهای یک طرفه که نتواند سریع بسته شوند باعث تشدید ضربه قوچ شده و بروز پدیده کوبیده شدن دیسک شیرهای یکطرفه به همین دلیل است که صداو ضربه شدیدی را بدنبال خواهد داشت.

از کار افتادن ناگهانی پمپ می تواند منجر به پدیده ای به نام گسیختگی ممتد(Extended Cavitation) شود.

بطور مثال: افزایش فشارناشی از خاموش شدن ناگهانی پمپ در خط لوله ای که سرعت آب در آن 2m/s است به شرط آنکه ستون آب گسیخته نشود مطابق فرمول ژوکوفسکی 200 متر ستون آب خواهد بود.

$$\Delta H=(a.\ \Delta V)/g=(1000*2)/9.81=200m$$

اما اگر ستون آب بطور مثال h=10m از هم گسیخته شود تغییرات سرعت بجای 2m/s برابر است با:

$$\Delta V=\sqrt{2gh}=\sqrt{2*9.81*10}=\sqrt{196}=14m/s$$

در نتیجه

$$\Delta H=(a.\ \Delta V)/g=(1000*14)/9.81=1427m$$

یعنی در این حالت افزایش فشار برابر با 1427 متر ستون آب خواهد بود .

درباره پرکردن غیر اصولی خط لوله باید گفت در هنگام پر کردن خطوط لوله چون مقاومت کمی در مقابل پمپ وجود دارد مقدار آب دهی پمپ ماکزیمم است در این حالت اگر شیر نیم بسته در خطوط لوله باشد یا جسم خارجی (بعلت تمیز نکردن خط لوله قبل از پرکردن) وجود داشته باشد هوای موجود در لوله با سرعت زیاد از شیر هوا تخلیه می شود که این منجر به افزایش سرعت سیالی می شود که در پشت توده هوا در حال حرکت است و این افزایش سرعت بطور نا گهانی کاهش می یابد (چون سیال نمی تواند به سهولت سرعت هوا از شیر خارج شود)و این تغییر ناگهانی سرعت منجر به ضربه قوچ خواهد شد.

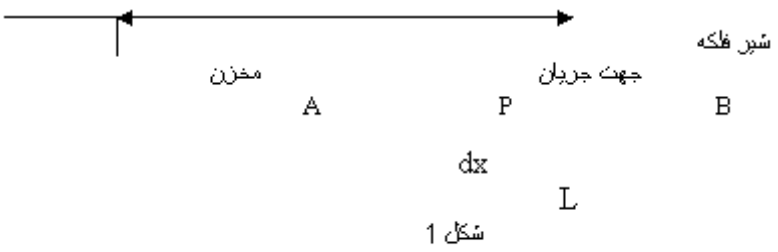
معادله نویر استوکس و رابطه آن با ضربه قوچ

با حل همزمان معادله نویر استوکس و معادله پیوستگی ،به معادلات اولیه ضربه قوچ می رسیم :

(1) c+ : hp = ha – b . (qp-qa) – r . qa . |qa|

(2) c - : hp = hb +b . (qp-qa) + r . qb . |qb

در روابط فوق نقطه p ،نقطه دلخواه در طول خط لوله بوده و a و b به ترتیب نقاط بالادست و پایین دست خط لوله می‌باشند (شکل 1)hp هد مجهول در نقطه p بوده و ha ، qa، hbو qb به ترتیب هد و دبی در نقاط a و b بالا دست و پایین دست نقطه p می باشند .



شکل 1

موج ضربه قوچ از نقطه a در امتداد ap (c+) و از نقطه b در امتداد bp(c-) به نقطه p می رسند b و r ضرایب ثابتی هستند که بصورت زیر تعریف می شوند :

(3) b = a / (g . a)

(4) r = (f . dx) / (2 . d . g . a²)

a:سرعت موج ضربه قوچ ، g :شتاب جاذبه ، a: سطح مقطع لوله ، f :ضریب اصطکاک لوله

dx :فاصله تقسیمات خط لوله ، d :قطر لوله

برای بدست آوردن هد در شرایط مرزی a و b یکی از معادلات c+ یا c- را با توجه به بالادست یا پایین دست بودن، با شرایط مرزی در آن نقطه حل کرده و سپس برای بدست آوردن هد در نقاط میانی در هر لحظه از بسط روابط فوق بصورت زیر استفاده می نماییم :

(5) c+ : hp(i) = cp – b . qp(i)

(6) c- : hp(i) = cm + b . qp(i)

که در آن

(7) cp = h(i-1) + (b-r .|q(i-1)|) . q(i-1)
(8) cm = h(i+1) – (b-r . |q(i+1)|) . q(i+1)
بوده و خواهیم داشت :

(9) hp(i) = (cp + cm) /2
(10) qp(i) = (cp – cm) / 2b
hp(i)و qp(i) به ترتیب هد و دبی در نقاط میانی می باشند.

تعمیر و نگهداری تله های بخار راهکاری مؤثر جهت صرفه جویی انرژی

تجهیزات بسیار متفاوتی در زندگی روزمره ما وجود دارد که با بخار کار می کنند. این حوزه از یک خشکشویی فقط با 5 تله بخار تا یک پالایشگاه با تعداد هزاران تله را شامل شود . متناسب با اندازه تأسیسات، اثر تله های بخار خراب بر فرآیند می تواند خطرناک و زیا ن آور باشد.

تله های بخاری که پس از خراب شدن بسته مانده اند، مبدل حرارتی را دچار آب گرفتگی نموده و فر آیند را به حال توقف در می آورند. تله های بخاری که پس از خراب شدن باز مانده اند نه تنها باعث اتلاف بخار پر فشار به قیمت گزافی می شوند بلکه بیشتر اوقات فشار موثر بخار را در دستگاه های مصرف کننده کاهش میدهد و ضمن پایین آوردن دمای فرآیند، نتایج زیا ن آوری را به بار می آورند.

بنابراین، تله های بخاری که درست کار نمی کنند کارایی فر آیند را کاهش میدهند و هزینه تولید را بالا می برند.

برای جلوگیری از این اتلاف و کارکرد مناسب دستگاه های مصرف کننده بخار لازم است که تله های بخار در بهترین شرایط از نظر کارکرد باشند و بازرسی تله های بخار برای دستیابی به این امر ضروری است .

در ضمن تعمیر و نگهداری تله های بخار یکی از راه های ارزان و ساده صرفه جویی در مصرف انرژی است .

نتایج یک مطالعه در 93 شرکت صنعتی عمده ژاپن شامل پالایشگاه، صنایع شیمیایی، تولید نیرو و فولاد نشان میدهد که قریب 30 درصد تله های بخار در حال کار خراب هستند.

وظایف تله های بخار به طور کلی عبارتند از:

1 - تخلیه کندانس به محض شکل گیری

2 -ممانعت از خروج بخار

3 - تخلیه هوا و سایر گازهای غیرقابل چگالش

برای انجام وظایف فوق از تله های بخار که در واقع نوعی شیر اتوماتیک می باشند استفاده می شود. تله های بخار را از نظر نوع، کلاً به سه دسته تقسیم می کنند:

1-تله های بخار مکانیکی

2-تله های بخار ترموستاتیک

3-تله های بخار ترمودینامیک

خرابی تله های بخار

تله هایی که پس از نصب صحیح نتوانند وظایفی را که در بالا بدان اشاره شد به درستی انجام دهند، خراب هستند و خرابی این تله ها به شرح زیر است:

1- باز بودن تله های بخار

1-1- نشتی تله بخار

1-2 - خروج بخار از تله بخار (تله بخار کاملا باز است)

2- بسته بودن تله های بخار

دلایل کارکرد نامناسب تله های بخار

عواملی که باعث کارکرد نامناسب تله های بخار می شوند متنوع بوده و همچنین بستگی به نوع تله بخار نیز دارند. برخی به علت خرابی خود تله می باشند و برخی به علت نصب نوع نامناسبی از تله یا وضعیت نامناسب نصب آن است. عواملی که باعث کارکرد نامناسب تله های بخار میشوند عبارتند از:

1 -سایش سطح آب بندی کننده تله به وسیله بخار، آب و ذرات موجود در کندانس و همچنین به خاطر کارکرد؛

2 -محدودیت حرکت اجزای شیر به واسطه خوردگی یا جرم گرفتگی؛

بسته نشدن کامل شیر به خاطر آشغال یا جرمهایی که در اثر خوردگی بین شیر و نشیمنگاه آن قرار گرفته اند؛

3 -نامیزانی سطوح آب بندی (شیر و نشیمنگاه) به خاطر ضربه قوچ، انجماد یا نصب نامناسب قطعات تعویض شده؛

4 -پارگی یا تغییر شکل شناور یا فانوسی تله ترموستاتیک به وسیله انجماد، ضربه قوچ یا خوردگی ، یا در تله های سطلی معکوس، نبود آب در داخل تله باعث می شود تا تله کاملاً باز باشد؛

در تله های ترمودینامیک دیسکی، کمبود آب به منظور آب بندی ورودی تله بخار، باعث می شود که دیسک تله پی در پی نوسان کند.

دو عامل اول اغلب در مورد هر تله ای که زمان زیادی از کارکرد آن می گذرد اتفاق می افتد عامل سوم در برخی از انواع تله ها محتمل است ، به خصوص هنگامی که تصفیه آب ناقص ، باعث خوردگی در سیستم شود. چهار عامل آخر اغلب به واسطه نصب نادرست یا انتخاب نوع نامناسبی از تله رخ می دهد.

بازرسی تله های بخار

برای بازرسی تله های بخار لازم است تا مقدماتی برای این کار مهیا شود این عوامل عبارتند از:

1- افرادی که به بررسی تله های بخار خواهند پرداخت ، لازم است که کاملاً در مورد انواع مختلف تله های بخار و اصول عملکرد و ویژگی های هر یک ا ز انواع تله های بخار و دستگاه های که به منظور بررسی تله های بخار به کار گرفته می شوند، به طور کامل آموزش دیده باشند و در ضمن به این کار علاقه مند باشند.

2- قبل از انجام هر کاری ، لازم است تا نقشه آن موقعیت همراه با مناطق مختلف کارخانه با یک کد مشخصه تهیه شود، این کار به منظور کمک به بازرس در تعیین مکان تله های بخار است.

3- برای هر منطقه یک سری کد تعریف شود . بازرس باید محل تمام تله های بخار را در نقشه محوطه تعیین کند و به هر تله برچسب با شماره مخصوص تله را بزند که پیشوند این شماره کد منطقه تعیین شده باشد.

4- پیشنهاد می شود برنامه منظم بازرسی به طور مرتب انجام شود . برای مثال جدول زیر با توجه به فشار کاری تله بخار و کاربرد آن دفعات بازرسی در سال ر ا پیشنهاد می دهد. البته این جدول به عنوان یک پیشنهاد اولیه می باشد تا با توجه به آمار و اطلاعات از خرابی تله های بخار و نوع، مکان و سازنده آنها درباره تهیه برنامه های زمان بندی شده متناسب با واحد مورد نظر برای بازرسی تله های بخار اقدام شود.

کاربرد				
فرایند	کویل	گرمایش لایه ای	خط اصلی	فشارکاری (بارنسبی)
3	2	1	1	0-7
3	2	2	2	7-17
4	3	2	2	17-30
12	3	3	3	از بیش 30

جدول پیشنهادی برای تعداد دفعات بازرسی تله های بخار در سال

عوامل مؤثر در تعیین تعداد دفعات بازرسی سالیانه عبارتند از:

الف- نوع تله نصب شده

تله های سطلی معکوس و تله های شناور تله هایی قابل اعتماد هستند . در حالت کارکرد عادی، این تله ها ممکن است بدون مشکل، چندین سال متوالی کار کنند .

تله های دیسکی ترمودینامیکی کمتر از سایرانواع تله ها قابل اعتماد هستند و ممکن است تنها ظرف چند ماه مصرف بخار این تله ها افزایش یابند.

ب – تعداد تله های سیستم

هر چه تعداد تله ها در سیستم بیشتر باشد ، این احتمال که تعداد بیشتری تله های بخار در یک دوره زمانی معین دچار نشتی شوند، افزایش مییابد.

ج – ظرفیت تله

ظرفیت تله بستگی به سایز اوریفیس و اختلاف فشار دو طرف آن دارد . هر دوی این عوامل تعیین کننده مقدار اتلاف بخار در زمان خرابی تله است . از این رو به بازرسی تله های بزرگتر باید اهمیت بیش تری داده شود. زیرا در صورت خرابی این نوع تله ها، مقادیر زیادی انرژی تلف می شود.

د- در دسترس بودن کارکنان

بررسی بین هزینه بخار اتلافی و هزینه کارکنان برای بازرسی تله های بخار ، یکی از عوامل تعیین کننده می باشد.

ه – در دسترس بودن تله های بخار

یکی از عوامل مؤثر در هزینه کارکنان موقعیت و وضعیتی است که تله بخار در آن محل نصب شده است .

برای مثال تله در مکان های مرتفع یا پر خطری نصب شده است.

و- فشار بخار

فشار بخار یکی از عوامل تعیین کننده در تعداد دفعات بازرسی است ؛ زیرا با افزایش فشار بخار اتلاف از تله های خراب و احتمال خرابی آنها افزایش می یابد.

ز- کاربرد تله بخار

وظیفه تله بخار نیز به عنوان یک عامل تعیین کننده در تعداد دفعات بازرسی در سال است . در یک برنامه جامع تعمیر و نگهداری باید کاربرد و وظیفه تله بخار دقیقاً مشخص شود و تعیین گردد که خرابی این تله ها چه پیامدهایی را خواهد داشت و سپس با توجه به اهمیت آن تعداد دفعات بازرسی در سال مشخص شود.

5- برای بررسی کارکرد تله ها نیاز به یک لیست بازرسی است تا فرد را در انجام این کار کمک نماید . این لیست باید شامل موارد زیر باشد:

1- شماره منطقه؛

2 - شماره تله؛

3 - نام سازنده؛

4 - شماره مدل (فنی)؛

5 - نوع تله بخار: (مکانیکی، ترموستاتیکی، ترمودینامیکی)؛

6 - مکان تله نسبت دستگاه: (بالا، پایین)؛

7 - کاربرد Tracing : (تخلیه خط اصلی بخار، تخلیه دستگاه فرآیند، تخلیه خط , تخلیه دستگاه گرمایش)؛

8 - اولویت: (بسیار مهم، مهم، عادی، فرعی)؛

9 - مکان تله از لحاظ ارتفاعی: (بالا، پایین)؛

10 - مکان تله نسبت به واحد: (داخل، خارج)؛

11 – وضعیت کندانس از لحاظ بازیابی: (دارد، ندارد)؛

12– حالت کارکرد تله بخار: (پیوسته، ناپیوسته)؛

13– فشار خط ورودی؛

14– فشار خط برگشت کندانس؛

15– دمای کارکرد تله؛

16– نوع و اندازه اتصال؛

17– زمان نصب؛

18– وجود صافی در ورودی تله بخار؛

19 – تاریخ بازرسی بعدی؛

20– ملاحظات

6– مدارک سازنده تله های بخار موجود در واحد صنعتی و سایر مدارک لازم تهیه شود.

7 – با توجه به مدارک سازنده تله بخار ، بررسی شود که آیا از لحاظ نوع و اندازه، تله مناسبی انتخاب شده و همچنین توصیه های لازم در مورد نصب صحیح تله در نظر گرفته شده است . چه بسا، تله بخار از لحاظ نوع، اندازه و سایر عوامل به درستی انتخاب شده باشد ، اما نصب به طریق نادرست ، باعث شود که یک تله سالم کارکرد نامناسب پیدا کند.

روشهای بررسی کارکرد تله های بخار:

بررسی کارکرد تله های بخار در حال کار بطور عمده به چهار طریق زیر صورت می پذیرد:

1- روشهای بصری

در این روش شخص با مشاهده تخلیه تله بخار ، صحت کارکرد تله بخار را ارزیابی می نماید. برای این منظور اگر مشاهده کندانس خروجی به علت متصل بودن خروجی تله به خط کندانس میسر نباشد، ممکن است یک شیر بلافاصله بعد از تله قبل از شیر قطع خروجی نصب شود که شخص با باز کردن آن و مشاهده چگونگی تخلیه کندانس، کارکرد تله را بررسی نماید . روش دیگر این است که در خروجی تله ، یک شیشه رؤیت نصب شود تا خروجی تله بخار قابل رؤیت باشد.

این روش برای بررسی تله های بخاری که کارکرد سیکلی باز و بسته دارند مانند تله های سطلی معکوس و تله های ترمودینامیک مناسب می باشد.

2 - روشهای حرارتی

این روش ها عموماً بر اساس اختلاف درجه حرارت در بالا دست و پایین دست تله های بخار کار می کنند.

این روش ها عبارتند از روش های پایرومتری، ابزارهای نشانگر مادون قرمز، نوارهای حرارتی (که به دور تله پیچیده می شوند و در صورت افزایش دما رنگشان تغییر می کند) و چسب های حرارتی که در دماهای خاصی ذوب می شوند. عیب این روش این است که یافتن تله های بخاری که به صورت باز خراب شده اند با این روش مشکل است.

3- روشهای اکوستیک

در این روش شخص با گوش کردن صدای تله بخار پی به وضعیت کارکرد تله می برد. این کار به رو شهای مختلفی از جمله توسط گوشی های پزشکی، پیچ گوشتی، گوشی های مکانیکی و دستگاه های اولتراسونیک صورت می گیرد. گذر بخار از لوله ها تولید صدایی شبیه به "هیس" می کند، اما گذر کندانس از لوله، صدای شبیه به شرشر دارد . دستگاه های اولتراسونیک برای اینکار بهترین انتخاب می باشند زیرا قابلیت حذف سایر سر و صداهای محیط را دارند.

این روش برای بررسی کارکرد تله های بخاری که کارکرد سیکلی باز و بسته دارند مناسب است و برای بررسی کارکرد تله های بخاری که به طور پیوسته کار می کنند، مانند تله های شناور، لازم است دستگاه اولتراسونیک طوری کالیبره شود تا صداهای مزاحم حذف شو ند و اگر در کنار این تله بخار، تله های دیگری نیز موجود است، لازم است حین بررسی کارکرد آنها به طور موقت متوقف شود.

4- روش هدایت حرارتی

جدیدترین تکنولوژی در بازرسی تله های بخار ، روش هدایت الکتریکی است . از آن جا که آب ماده هادی الکتریسیته است و بخار ضریب هدایت الکتریکی بالایی ندارد ، با توجه به این اختلاف ، در مورد حضور یا عدم حضور کندانس ، با توجه به مقاومت حاصل می توان اظهار نظر نمود . برای این منظور از یک سنسور استفاده می شود. این سنسور در محفظه ای قبل از تله بخار نصب شده است و در هنگام کارکرد عادی تله بخار پر از کندانس است . هنگامی که تله بخار نشتی دارد یا کاملا باز است ، سطح کندانس درون محفظه افت میکند و سنسور در معرض بخار قرار می گیرد و سیگنال الکتریکی از دستگاه اندازه گیری قطع می شود و خرابی تله نشان داده می شود. این سیستم با هر نوع تله ای و ساخت هر نوع سازنده ای کار می کند. در مد لهای جدید این سنسور ، از یک المان اندازه گیر دما استفاده شده است تا خرابی تله را در مواقعی که به صورت بسته خراب شده است، نشان دهد.

تجهیزات بازرسی تله های بخار و نرم افزارها:

از میان سازندگان تله های بخار برخی شرکت ها اقدام به ساخت تجهیزات بازرسی تله های بخار کردهاند تا به بازرسان تله ها کمک کنند.

شرکت Spirax Sarco برای بررسی تله های بخار دستگاه Spiratec را ارائه نموده است که دو مدل قابل حمل و ثابت دارد . البته برای استفاده از آن لازم است در جلوی تله بخار یک سنسور نصب شود .

شرکت Gestra دستگاه VKP -30 را برای کنترل و ارزیابی و ثبت داده های مربوط به تله های بخار ارائه کرده است . دستگاه قابل حمل است و پس از بازرسی، گزارشی در مورد تله های نیازمند به تعمیر و همینطور تاریخچه ای از بازرسی های گذشته را ارائه می نماید.

شرکت Trapman دستگاه TLV را برای آنالیز و بررسی تله های بخار ارائه کرده است . اطلاعات بیش از 3000 تله بخار مختلف برای آنالیز در حافظه دستگاه وجود دارد.

نرم افزار Steam Work Pro محصول شرکت Conserve-It Software یک برنامه مناسب برای حفظ و نگهداری اطلاعات تله های بخار است. نرم افزار Trap Base XP محصول شرکت Field Data Specialistsیک نرم افزار جامع و کامل برای ثبت و ضبط و آنالیز داده ها است .

نرم افزار Trap Master محصول شرکت Yarway نیز یک نرم افزار مناسب برای این منظور است .

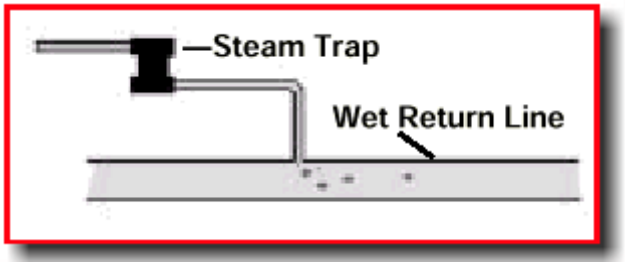
نتیجه گیری

ایجاد یک برنامه مدون و جامع برای تعمیر و نگهداری تله های بخار امکان صرفه جویی و استفاده مؤثر ازشبکه بخار را برای صنایع مختلف فراهم می آورد. با رشد تکنولوژی امکان استفاده از روش ها یا دستگاه ها بهیژه برای این کار فراهم شده است و همچنین امکانات و نرم افزارهای ویژه برای ثبت و نگهداری و آنالیزاطلاعات تله های بخار شبکه، این امکان را به واحدهای مسئول می دهد تا با آنالیز آماری این اطلاعات،گزارش ها و هزینه های اتلاف بخار، اقدام به برنامه ریزیهای تعمیر و نگهداری کنند و راندمان بخش انتقال ومصرف بخار را در حد مطلوبی حفظ نماید.

شیوه صحیح لوله کشی در سیستم های بخار و جلوگیری از ایجاد ضربه قوچ

یکی از مهمترین مشکلاتی که اغلب در سیستم های انتقال بخار ایجاد می شود وجود صداهای آزار دهنده ای است که مربوط به ضربه قوچ می باشد.

ضربه قوچ می تواند باعث خرابی دریچه ها،تله ها ،شیرهای تنظیم کننده ،و لوله ها شود .در سیستم های بخار دو نوع ضربه قوچ وجود دارد نوع اول معمولا در لوله های رفت بخار و در اثر انباشته شدن آب کندانسه ای که در قسمتی از لوله به دام افتاده است ایجاد می شود. سرعت جریان بخار گذرنده از روی آب کندانسه باعث ایجاد امواج درون آن می شود ، این امواج به مرور بیشتر شده تا این که آب کندانسه به صورت یک توده سخت یا مانند یک گلوله ، لوله را اشغال می کند این توده آب در اثر سرعت جریان بخار به حرکت در آمده و به اولین زانویی واقع در مسیر خود ضربه ای را وارد می کند قدرت ضربه ایجاد شده معادل نیروی حاصل از نواخت یک پتک می باشد که می تواند زانویی را خرد کند .



دومین نوع ضربه قوچ سیستم های بخار در لوله های برگشت آب کندانسه شده و در اثر نفوذ حباب های بخار به درون این لوله ها صورت می پذیرد.

بخار با سرعت 10000فوت بر دقیقه می تواند آب را با سرعت بیش از 100 مایل بر ساعت به حرکت در آورد.

توده آب کندانسه توسط جریان بخاردر طول لوله جابجا می شود ،ضربه قوچ نوع دوم در حقیقت ناشی از کاویتاسیون است که در اثر تشکیل و ورود بخار داخل لوله پر از آب بوجود می آید . هنگامی که گرمای نهان حباب به دام افتاده آزاد می شود حباب ترکیده ، ناگهان دیواره آب به عقب برگشته و نیروی شدیدی ایجاد می شود نیروی حاصله ممکن است توپی شناور را له کرده و عناصر ترموستاتیکی داخل تله های بخار را نیز از بین ببرد این نوع ضربه قوچ ،معمولا در لوله های برگشت مایع یا در لوله تخلیه پمپ اتفاق می افتد .در سیستم لوله کشی بخار که به صورت صحیح اجرا شده است نباید هیچ نوع ضربه قوچی ایجاد شود .

ضربه قوچ در لوله های رفت بخار

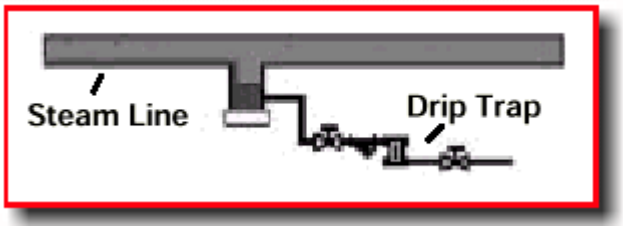
ضربه قوچ در لوله های بخار معمولا در اثر انباشته شدن آب کندانسه ایجاد می شود به منظور جلوگیری از این نوع ضربه قوچ ،باید در هنگام نصب سیستم بخار موارد مهم زیر را در نظر بگیریم.

1 -شیب لوله های بخار باید از دیگ بخار به سمت تله بخار باشد .همچنین سر هر رایزر انتهای لوله اصلی و نیز در هر 300 تا 500 فوت از طول مسیر لوله باید یک تله بخار نصب شود.

2 -برای جلوگیری از انباشته شدن آب کندانسه در هنگام بسته بودن شیر باید سر همه شیرهای تنظیم بخار ،تله بخار نصب شود.

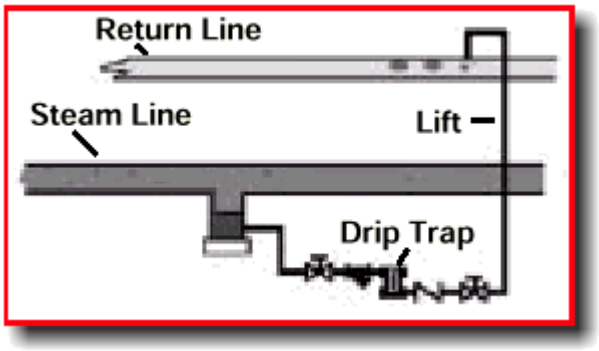
3 -برای جلوگیری از تجمع آب کندانسه و ممانعت از حرکت توده های آب در طول لوله ، باید در لوله های بخار از صافی های Yشکل مجهز به توری و آشغال گیر استفاده کرد .

4 - همه تجهیزاتی که در لوله بخار (رفت) آنها از تنظیم کننده های مدوله بخار استفاده می شود باید به روش ثقلی آب کندانسه را از تله بخار خارج کنند، همچنین باید از ایجاد اختلاف ارتفاع در لوله برگشت اجتناب نمود.



ضربه قوچ در لوله های کاندنس برگشتی

در بیشترسیستم های لوله کشی ،ضربه قوچ در لوله های کاندنس برگشی بر اثر تشکیل حباب های بخار و ترکیدن آنها ایجاد می شود .علت این امر غالبا وجود لیفت در لوله تخلیه تله بخار یا ورود مایع فشار بالا از تله به لوله کاندنس برگشتی دمای پایین است .



وجود لیفت در لوله برگشت بعد از تله بخار باعث ایجاد ضربه قوچ می شود. زیرا دمای آب کاندنس خروجی از تله به بیش از 100 خواهد رسید آب کندانسه دمای بالا به طور آنی تبخیر و باعث تشکیل حباب های بخار می شود، این حبابها در تماس با مایع سرد لوله برگشت ترکیده و باعث ایجاد ضربه قوچ می شوند. تا زمانی که آب سرد درون لوله برگشت جریان دارد طبیعتا ضربه قوچ شدیدتر شده و هنگامی که دمای لوله برگشت به بیش از 100c برسد ضربه قوج معمولا متوقف می شود در بیشتر کاربردهای صنعتی بجای استفاده از سیستم های کمکی برگشت دهنده مایع از لیفت ها استفاده می کنند. در هنگام نصب لیفت بیشتر ازتله بخارسطلی معکوس استفاده می شود زیرا ساختار این نوع تله به گونه ای است که موج ضربه قوچ را آرام می نماید .

همچنین شیر یک طرفه، تله را در برابر ضربه قوچ و نیز برگشت آب کندانسه محافظت می کند ،هنگام تخلیه تله بخاردر لاین کاندنس برگشتی سیال تبخیر و حباب ایجاد می شود. ترکیدن این حبابها نیز ضربه قوچ را در پی دارد این شرایط اغلب در نقاط اتصال بین تله های بخار فشار بالا و لوله های مایع دمای پایین بوجود می آید در نسخه های قدیمی تر راهنمای ASHRAE برای کوچک کردن اندازه حباب ها روشی ارایه شده است که بر اساس آن آب

کندانسه دمای بالا توسط لوله پخش کن که از سوراخ هایی به قطر 1/8 اینچ تشکیل و به فاصله 1 اینچ از یکدیگر واقع شده اند وارد لوله برگشت می شود.

روش دیگر استفاده از یک مبدل حرارتی برای همدما کردن دمای لوله برگشت و تله بخار و یا استفاده از رادیاتور پره – لوله ای(fine-tube) برای پایین آوردن دمای مایع کندانسه خروجی از تله بخار است روشی که اغلب مورد استفاده قرار می گیرد، نصب یک فلش تانک در خروجی تله است که موجب تبخیر مایع کندانسه خروجی از تله بخار در دمای100c و سپس پمپاژ آن به لوله برگشت می گردد.

ضربه قوچ در لوله برگشت (آب کندانسه)

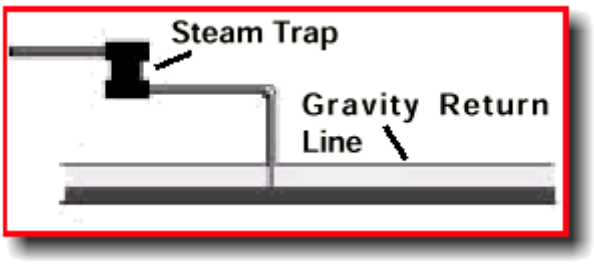
به منظور جلوگیری از ایجاد این نوع ضربه قوچ ،باید در هنگام نصب سیستم موارد زیر را در نظر بگیریم:

در صورت امکان از لوله برگشت ثقلی استفاده شود.در لوله های برگشتی که دارای قطر مناسبی هستند مایع در قسمت پایین و بخار در قسمت بالا جریان می یابد. همچنین هوای مورد نیاز سیستم از قسمت بالا وارد می شود. ضربه قوچ ممکن است در لوله تخلیه پمپاژ نیز ایجاد شود. مایع خروجی از واحد تقطیر که دارای دمای نزدیک به دمای اشباع است ابتدابه سمت بالادست خود که یک لوله افقی است رفته و سپس وارد تانک تغذیه ونت دار دیگ بخار می شود . در اثر ریزش مایع به داخل تانک یک فشار منفی داخل لوله افقی بوجود می آید هرگاه این فشار از فشار معادل در دمای اشباع کمتر شود ضربه قوچ ایجاد خواهد شد.یک ستون دوازده فوتی عمودی میتواند مایع کندانسه رادر دمای 190 F تبخیر کند که این خودباعث ایجاد ضربه قوچ می گردد.

برای اصلاح این وضعیت دو راه وجود دارد:

1) ایجاد یک فشار برگشتی در پایین ستون و یا نصب یک شیریک طرفه لولایی روی لوله افقی که در فشار اتمسفریک قرار داشته باشد با باز شدن شیر یک طرفه هوا وارد لوله شده و ستون عمودی تخلیه می شود.

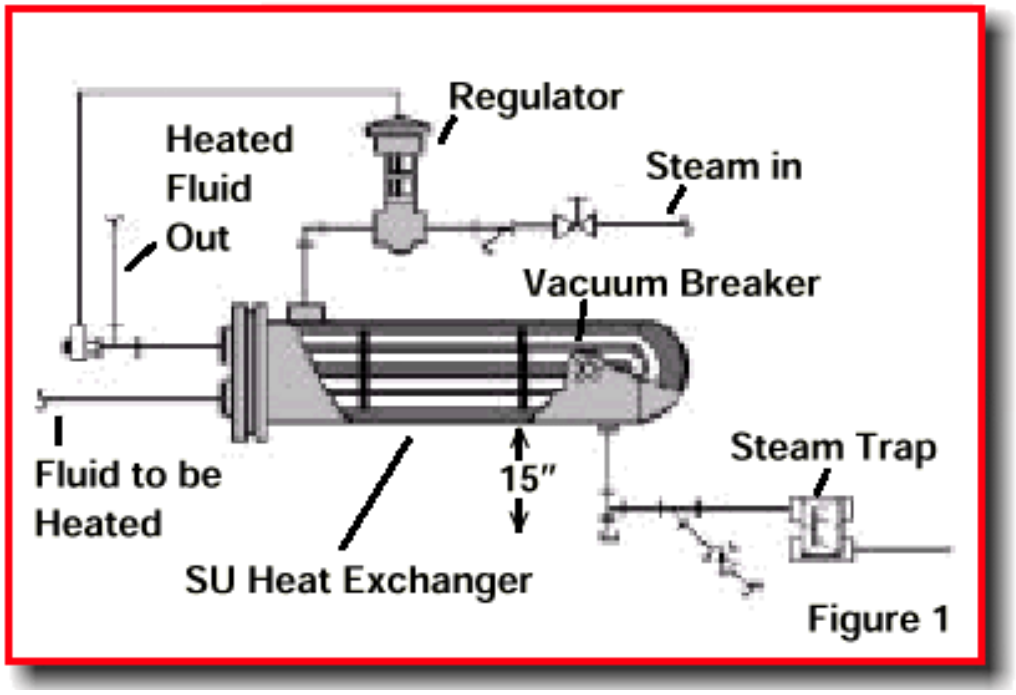
2) ضربه قوچ ممکن است در لوله تخلیه پمپ تغذیه دیگ بخار مربوط به واحد پیش گرمکن یا یک تانک هوازده نیز اتفاق بیفتد. در سمت بالادست لوله تخلیه و نزدیک دیگ بخار معمولا یک شیر یک طرفه یا تنظیم کننده و یک شیر یک طرفه دیگر نیز در قسمت خروجی پمپ نصب می شود.



نصب مبدل حرارتی از ایجاد ضربه قوچ جلوگیری می کند

تله بخارباید قابلیت این را داشته باشدکه تحت هرشرایطی مایع کندانسه را به طور کامل از پوسته مبدل حرارتی خارج نماید. برای گرم کردن سیالات تادمای زیر 212F یک تنظیم کننده مدوله دماروی مبدل حرارتی نصب می شود.فشار درون پوسته در این شرایط 0psig خواهد بود برای اطمینان ازتخلیه آب کندانسه بایددر قسمت خروجی مبدل ، تله بخار نصب و آب کندانسه به روش ثقلی ،داخل لوله برگشت تخلیه می شود .تله بخار 15 اینچ پایین تر از خروجی مبدل حرارتی قرار می گیرد . فشار استاتیک ورودی به تله که در اثر هد 15 اینچی ایجاد شده است معادل 1/2psig می باشد. این در شرایطی است که فشار بخار پوسته تقریبا معادل 0psig است. بنابراین تله بخار باید بر مبنای فشار دیفرانسیل 1/2psig طراحی شود . جهت کنترل بارهای غیر معمول هنگام راه اندازی سیستم کل بار محاسبه شده را در ضریب اطمینان 1/5 ضرب می کنیم. تله بخار حرارتی شناور بهترین گزینه برای یک مبدل حرارتی است .

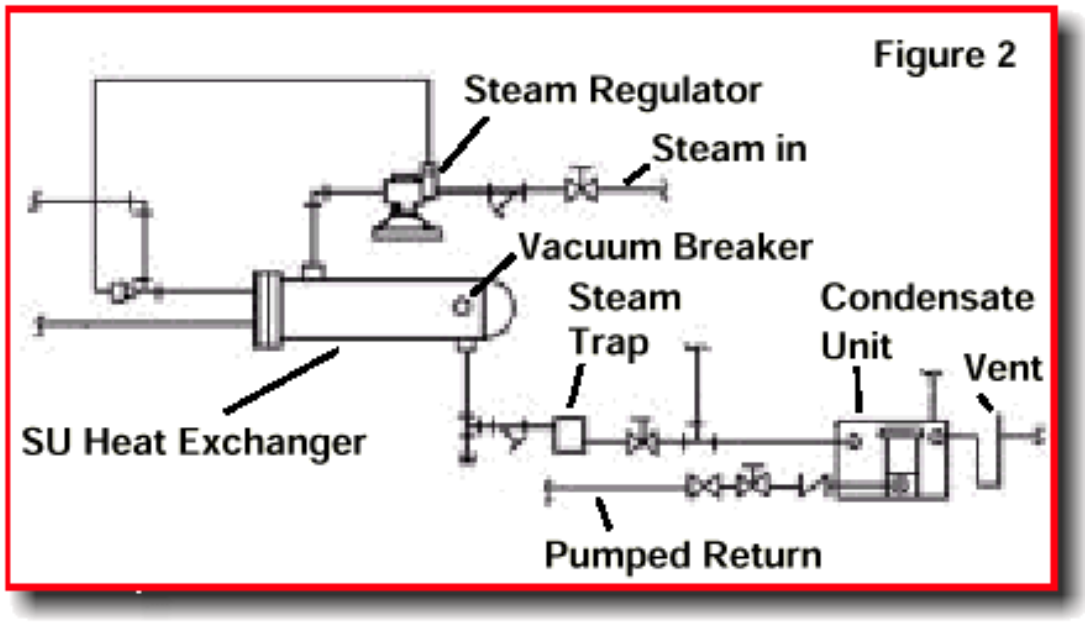
قسمت حرارتی این نوع تله بخار ، هوای درون پوسته مبدل را به سرعت تخلیه و شناور مدوله آن، بین تخلیه آب کندانسه و میزان تولید آن یک تعادل دایمی ایجاد می کند.(شکل 1)



شکل 1

وجد نقص درتخلیه کامل مایع کندانسه موجب اختلال در کنترل دما شده و احتمال ایجاد ضربه قوچ را افزایش خواهد داد. در صورت وجود لیفت در لوله برگشت بعد از خروجی تله لازم است برای تخلیه آب کندانسه، یک فشار مثبت در پوسته مبدل ایجاد شود. برای این منظور باید آب کندانسه به داخل پوسته برگشته و هنگامی که سطح لوله به حد کافی از آب پوشیده شد آنگاه فشار مثبت ایجادخواهدشد. هر چند با ایجاداین فشار ،آب چگالیده از داخل تله بخار عبور و از لوله برگشتی عمودی بالامی رود . اما متعاقب آن دمای داخل پوسته در اثر بخار باقی مانده افزایش می یابد .که این مساله می تواند باعث بالا رفتن دمای سیال خروجی از لوله های مبدل شود در صورتیکه لوله برگشتی تله بخار دچار پس فشار یا لیفت باشد. جریان سیال داخل پوسته مبدل دچار طغیان شده و از مایع انباشته می شود در صورت ورود بخار به پوسته به علت طغیان جریان ضربه قوچ بسیار شدیدی ایجاد می گردد این ضربه می تواند به تله بخار،شیر تنظیم بخار،و لوله های مبدل حرارتی آسیب های جدی وارد ساخته و حتی در مواردی ممکن

است باعث ترکیدن تله بخارو یا مبدل حرارتی گردد، لوله برگشت از تله بخار باید با شیب ملایمی به واحد برگشت آب کندانسه ای که دارای ونت می باشد متصل شود .(شکل 2)



شکل2

خلاشکن ها

بخار موجود در آب که اغلب باعث ایجاد ضرباتی در پوسته مبدل های حرارتی می شود. نصب یک خلاشکن را الزامی می کند . خلاشکن با از بین بردن خلا امکان ورود هوا به داخل پوسته را فراهم می سازد در صورت عدم نصب خلاشکن، در پوسته مبدل فشار منفی ایجاد و باعث محبوس شدن آب درون آن می شود. در نتیجه سیستم های بخار آب برای توزیع مناسب گرما در ساختمان های مرتفع دچار مشکل می شوند اگر سیستم های بخار به طور صحیح نصب شوند. سال های متمادی بدون سر و صدا و مشکل کار خواهند کرد.

نرم افزارهای محاسبه کننده اندازه ضربه قوچ

بسته های نرم افزاری در پیچیدگی حل با یکدیگر تفاوت دارند که به روش تحلیل آنها بستگی دارد بسته های حرفه ای ممکن است دارای گزینه های زیر باشد .

1- امکان چند فازه بودن سیال

2- یک الگوریتم مناسب برای خلا سازی در لوله

3- اصطکاک متغیر- فشار موج وقتی جریان توربولنت تولید میشود

4- تغییر برخی از ضرایب در فشار های بالا که باعث میشود آب کمتر تراکم پذیر شود

5- ساختار فعل و انفعالی سیال که خود آن باعث ایجاد فشار های مختلف در لوله شده و باعث ایجاد موج ضربه ای می شود .

اکثر نرم افزارهای محاسبه کننده و شبیه ساز در زمینه ضربه قوچ از روش اجزاء محدود استفاده می کنند. در کل چندین مدل محاسباتی در این باره موجود است که از این میان می توان به مدل quasi-steady و مدل بسط چند جمله ای پروفیل سرعت و حل کمترین مربعات بوسیله الگوریتم ABS اشاره کرد.

مدل اول که بعنوان مرسوم ترین روش برای محاسبات ضربه قوچ مورد استفاده قرار گرفته و اساس اکثر نرم افزار موجود در این زمینه است البته دارای نقاط ضعفی است که این ضعف عمدتا "مربوط به نوع نگرش به اصطحکاک جدار لوله می باشد. در مدلquasi-steady تنش برشی در جدار جریان دائمی فرض می شود و در محاسبات از یک نوع سرعت که همان سرعت متوسط جریان درون لوله است استفاده می شود ولی در مدل بسط چند جمله ای پروفیل سرعت که بوسیله پرادو پیشنهاد شد که می توان آنرا مدل اصطحکاک تنش برشی گذرا نیز نامید علاوه بر اینکه در تنش برشی،گذرا بودن جریان لحاظ شده بجای سرعت متوسط از پارامتر جدیدی بنام سرعت متوسط وزنی استفاده شده و پروفیل سرعت بصورت یک یا چند جمله ای عددی بسط داده شده که این عمل باعث افزایش دقت

محاسبات گردیده است در ادامه یکی از اولین و ساده ترین نرم افزاری را که در این زمینه عرضه شده است معرفی می کنیم

معرفی نرم افزار HAMMER

نرم افزار HAMMER برنامه ای است که اثرات ضربه قوچ را در یک مخزن و سامانه لوله کشی که دارای یک شیر در پایین دست جریان است (که توسط کاربر باز و بسته می شود) شبیه سازی می کند.این نرم افزار حاصل کار گروه سامانه های آب شهری دانشکده مهندسی عمران دانشگاه فن آوری کوئینزلند(استرالیا)به سرپرستی گراهام جنکینز در سال 1996 است.این نرم افزار ،معادلات دیفرانسیل جریان گذرا در یک خط لوله ساده با یک مخزن در انتهای بالادست و شیر در انتهای پایین دست را حل می کند. هدف نرم افزار فراهم کردن یک توضیح برای اثرات ضربه قوچ در یک سامانه ساده لوله و مخزن و شیر است. در حل معادلات دیفرانسیل از "روش مشخصه ها" استفاده شده است.

عایق کاری و روش زه کشی خطوط بخار

در تمام طول یک شاه لوله ی بخار داغ،مقداری از گرما به محیط منتقل خواهد شد این پارامترهای شناسائی شده در معادله 1 آورده شده است.

$$Q=KA\Delta T/x \quad \text{معادله 1}$$

در اینجا:

Q:گرمای منتقل شده به ازای واحد نرمالی

K :ظرفیت انتقال گرمائی ماده(w/㎡Cیاw/Mk)

A: محدوده انتقال گرما

ΔT: اختلاف دما در سطح جسم(K یا Ċ)

X:ضخامت ماده

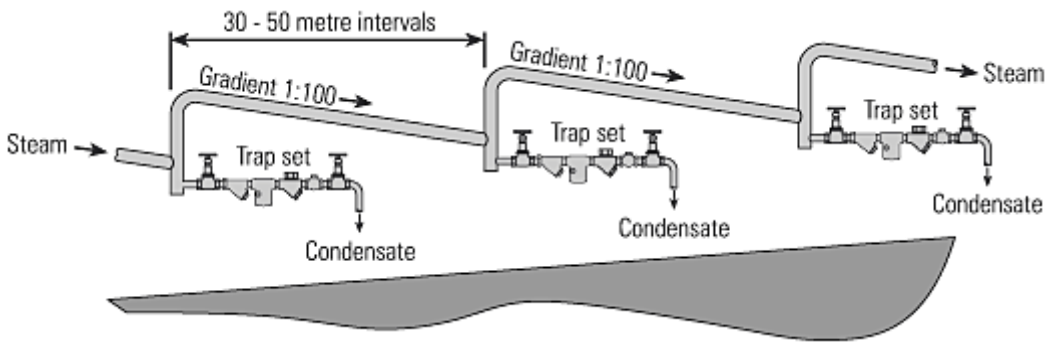
کیفیت یا ضخامت عایق هر چه قدر هم که باشد باز هم همیشه یک سطح از اتلاف گرماباعث می شود بخار در طول لوله اصلی کاندنس گردد.

عایق کاری بر یک انقباض غیر قابل اجتناب تمرکز می کنددر صورت جمع شدن کاندنس در طول لوله، کاندنس باعث مشکلاتی مانند فرسایش یا پدیده ضربه قوچ می شود.

بعلاوه بخار همانطور که قطرات آب را جذب می کند کاندنس شده ،که این مسئله باعث کاهش پتانسیل آن می شود. اگرآب در طول لوله جمع شود تاثیر کلی بین منطقه ای در عرض لوله و سرعت بخار ممکن است به بالاتر از حد مجاز تجاوز نماید.

فرم لوله گذاری

موضوع زهکشی خطوط بخار در استاندارد های اروپائی EN45510 بیان شده به این گونه که لوله ی اصلی باید با شیب یک متر در هر صد متر لوله در جهت جریان نصب گردد. این شیب، جریان بخاررا در جهت نیروی جاذبه به طرف نقاط زه کشی (تله های بخار) سوق می دهد..(شکل دو را ببینید)

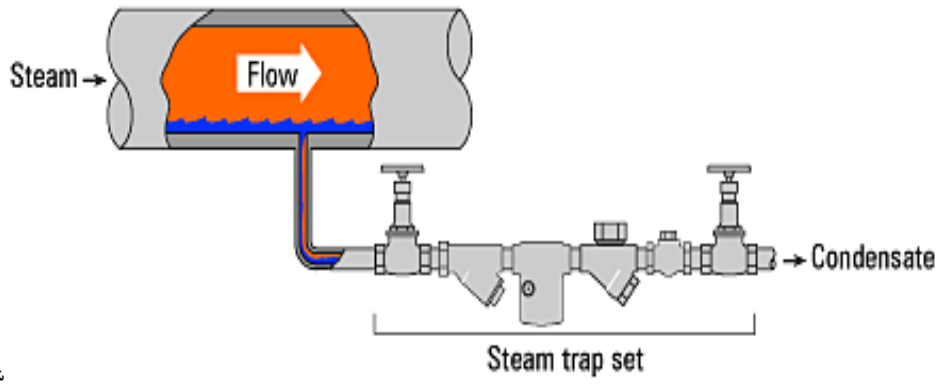


نقاط تخلیه بخار

نقطه ی زه کشی باید طوری طراحی گردد که کاندنس بخار به تله ی بخاردسترسی داشته باشدبرای این منظور ملاحظات دقیقی برای طراحی و مکان یابی نقاط زه کشی باید در نظر گرفته شود.

نیروی ثقل تضمین خواهد کرد که آب کاندنس در طول لوله شیبدار به جریان بیافتاد. بنا براین تله های بخار باید متناسب با این نقاط، پایین باشد.

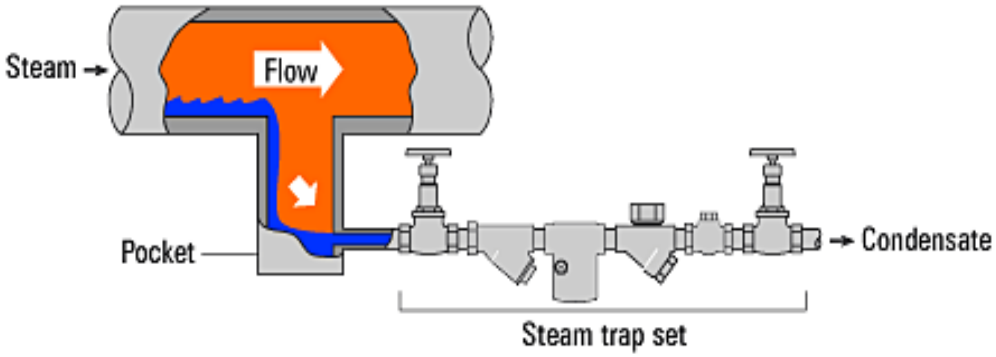
در عملیات نرمال (عادی)،بخار ممکن است در طول شاه لوله تا سرعت 145کیلومتر بر ساعت جریان پیدا کند و در طول لوله کاندنس را لایه روبی کند .(شکل 3 را ببینید) یک لوله زه کشی 15 میلیمتر که بطور مستقیم به انتهای یک شاه لوله متصل شده را نشان می دهد.



شکل 3

اگر چه درین به قطر 15 میلیمتر ظرفیت کافی را دارد اما غیر محتمل است که مقدار زیادی از محصول میعان در طول شاه لوله در سرعت بالا را بگیرد. این آرایش (ترتیب) غیر موثر(غیر مفید)خواهد بود.

یک راه حل معتبرتر برای جابجائی (نقل مکان) محصول میعان در شکل زیر نشان داده شده خطوط تله حداقل 25-30 میلیمتراز پایین کچ پات شاه لوله های بخار تا 100 میلیمتر به همدیگر و حتی شاه لوله های بزرگترمتصل می شوند.انتهای کچ پات مکانی است که در آن لجن واسکیل جمع می شود و جهت تمیز کردن آن یک عدد شیر در زیر پات وجود دارد.



ابعادکچ پات توصیه شده در جدول زیر نشان داده شده است.

Mains diameter - D	Pocket diameter - d_1	Pocket depth - d_2
Up to 100 mm nb	$d_1 = D$	Minimum $d_2 = 100$ mm
125 - 200 mm nb	$d_1 = 100$ mm	Minimum $d_2 = 150$ mm
250 mm and above	$d_1 \geq D/2$	Minimum $d_2 = D$

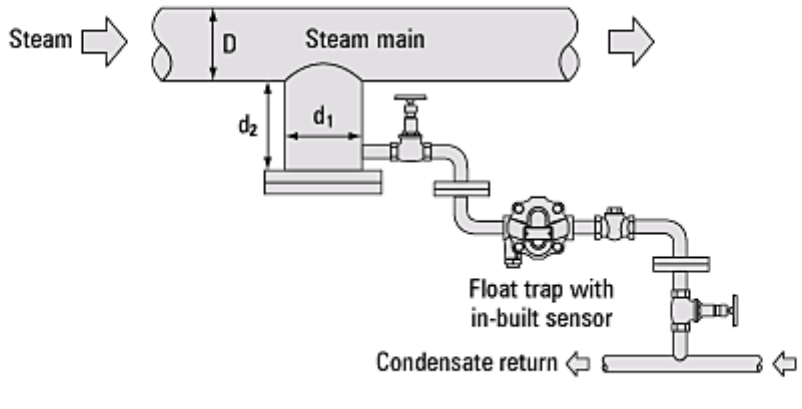


Fig. 10.3.4

پدیده واتر همر و اثرات آن

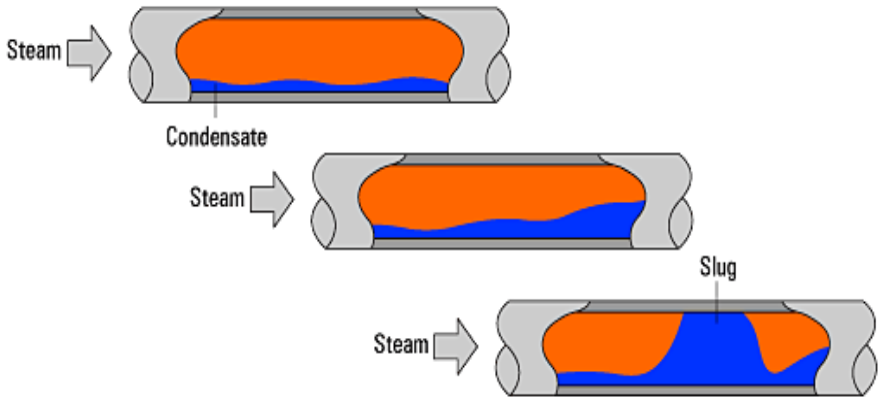
ضربه قوچ صدای تولید شده از برخورد ذرات محصول میعان در میان لوله و تجهیزات در سرعت بالاست این مسئله تعدادی مفهوم (مفاهیمی)به شرح زیر دارد:

1-از آنجا که سرعت محصول میعان از حد نرمال (استاندارد) بیشتر است،اتلاف انرژی جنبشی قابل انتظار است

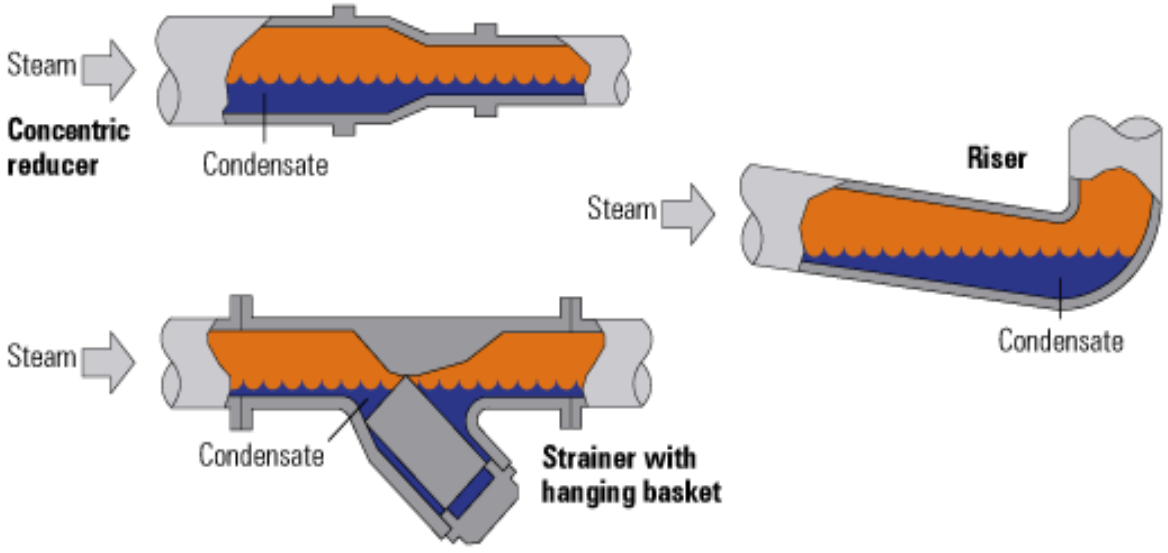
2-انرژی موجود در آب در مقابل موانع موجود در سیستم و لوله ها تلف می شود.

نشانه های ضربه قوچ شامل یک صدای بلند و شاید تکان لوله ها باشد.

در مواردی ضربه قوچ ممکن است تجهیزات خط لوله را با نتایج انفجار آفرینی که منجر به یک موقعیت کاملا بحرانی می شود بشکند.

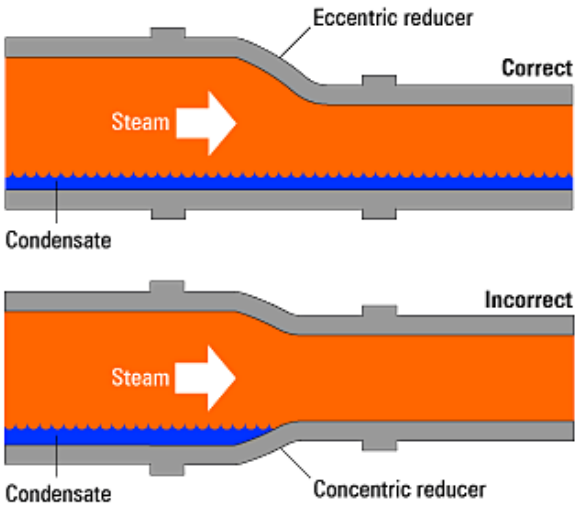


طراحی مهندسی خوب و نصب و نگهداری باعث اجتناب از پدیده ضربه قوچ می شود. این مسئله مهمتر از انتخاب موارد میزان فشار و تجهیزات است. به طور رایج منابع پدیده ی ضربه قوچ که در نقاط پایین لوله های کار ظا هر می شود به دلیل مسائل زیر است (شکل 3)



1-فرو رفتگی در لاین شاید به خاطر ضعف نگه دارنده ها

2-استفاده نا صحیح از کاهش دهنده های متحد المرکز(شکل 4)همیشه کاهش دهنده های مختلف الامرکز را از قسمت پایین استفاده کنید.



3-نصب غیر اصولی صافی

4-درین کردن ناقص خطوط بخار

5-باز کردن سریع یا غیر اصولی شیرها در نقطه شروع زمانی که لوله ها سرداند.

عوامل کاهش وقوع ضربه قوچ بشرح زیر است:

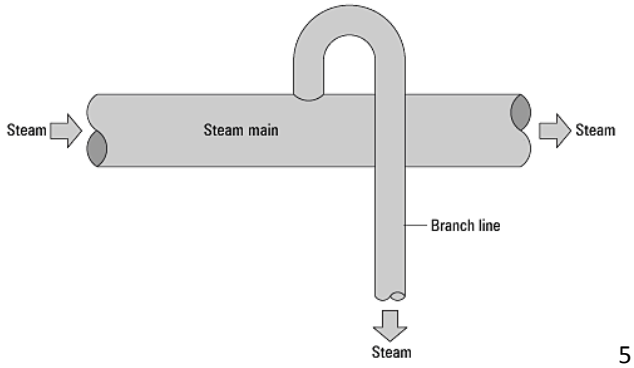
1-نصب خطوط بخار با یک نزول تدریجی در جهت جریان،و با نقاط زهکشی با فاصله های منظم در نقاط پایین.

2-نصب شیر های یک طرفه(CHECK VALVE) بعد از تمامی تله های بخار.

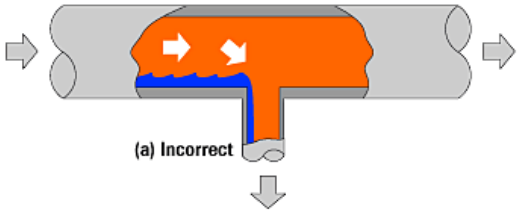
3-باز کردن شیرهای (ISOLATION VALVES) به آهستگی تا به کاندنس اجازه دهد بسمت تله بخار حرکت کنند.

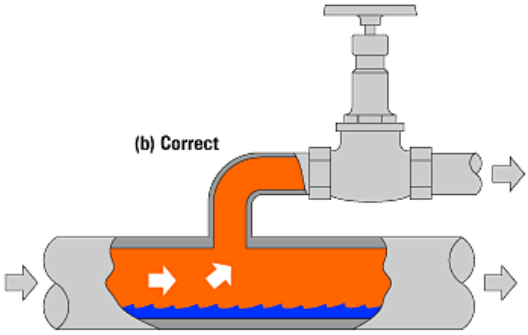
اتصالات خط انشعاب

گرفتن انشعاب ازبالای خط لوله اصلی بخار،خشک ترین بخار را حمل می کند(شکل 5). اگر انشعابات از قسمت پهلوو یا از قسمت زیرین خط لوله اصلی گرفته شود نتیجه آن دستیابی به بخار خیلی کثیف و مرطوب است (شکل6).



شکل 5



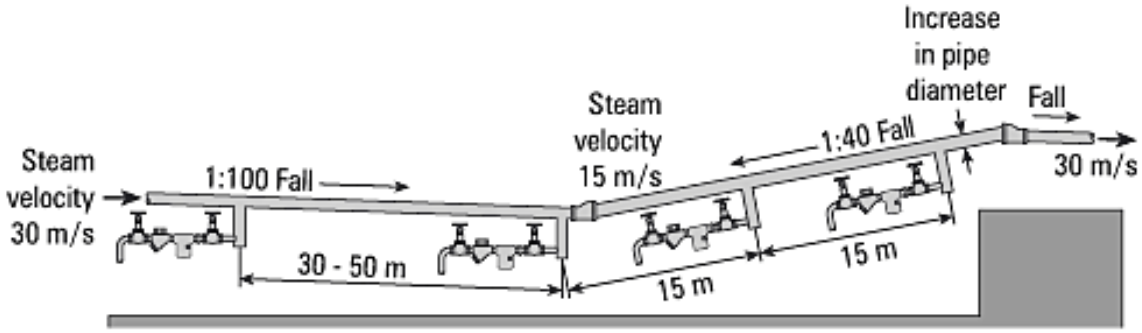


شکل 6

شیر در شکل 6 باید تا حد امکان نزدیک محل مصرف بخار (off-take) باشدتا محصول میعان خط انشعاب اگر واحد تولید بخار برای بازه زمانی بزرگتر از سرویس خارج شدته نشین شود.

زمین سربالائی و زهکشی

موقعیت های زیادی وجود دارند که شاه لوله باید از روی یک زمین (منطقه)سربالائی بگذرد.یا اینکه طرح اجرای سایت بگونه ای است که امکان این را که لوله باشیب 1:100 بخوابانید غیر عملی باشد.سیستم زه کشی باید بگونه ای طراحی شود که مایل به پایین منطقه (سر پایینی)و در مقابل جریان قرار بگیرد.سایز لوله باید به گونه ای انتخاب شود که سرعت بخار کمتر از 15 متر بر ثانیه نباشد.تا لوله در شیبی معادل 1:40 گذر کرده و نقاط تخلیه زهکشی در فواصل 15 متری ،بیشتر نصب نگردد.(شکل8)



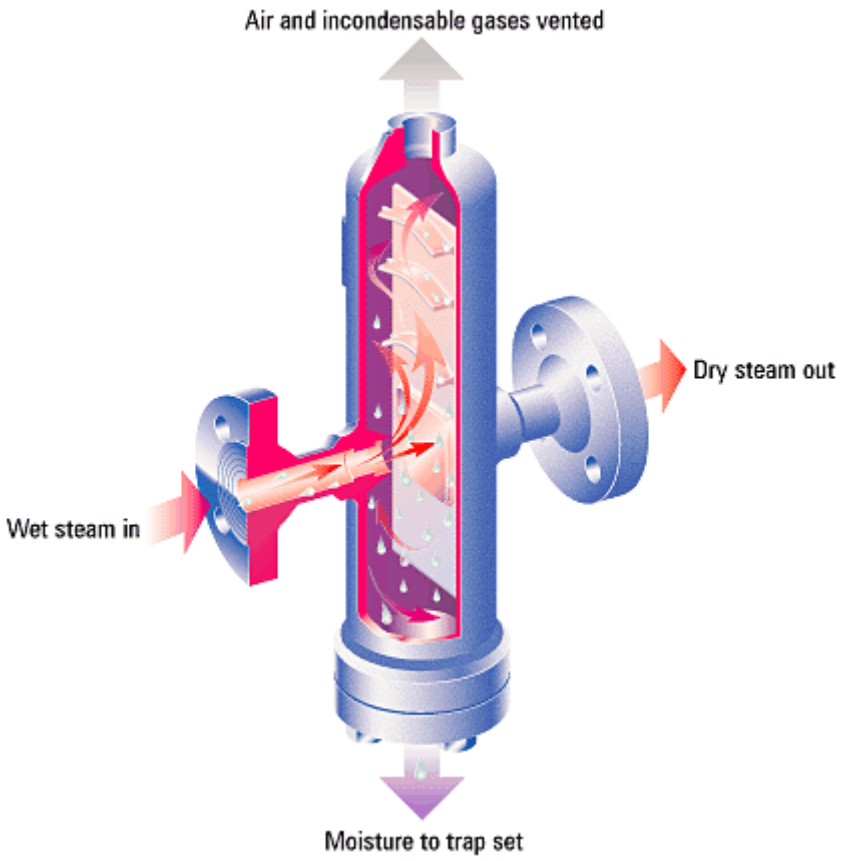
شکل 8

این عمل به منظور این انجام می گرددتا مانع انقباض پوسته در کف لوله از نظر ضخامت گردد.جائی که قطرات می توانند بوسیله جریان بخار جذب شوند(برداشته شوند).

جداکنندگان بخار(steam separators)

دیگ های بخار ظرفیت تبخیرکنندگی بالائی نسبت به اندازه شان دارند و ما را مجبور می کنند تا با فشار های به سرعت در حال تغییر مقابله کنیم .

با نصب جداکننده ها (steam separators)ممکن است بتوان آب را از بخار جدا کرد(شکل زیر را نگاه کنید)



یک جداکننده بخار (steam separators) هم قطرات ریزآب را از دیواره های لوله جدا خواهد کرد و هم اینکه غبار را به آهستگی به دنبال خود معلق می کند .

حضور و تاثیر ضربه قوچ می تواند با استقرار یک جداکننده بخار در لاین اصلی بخاراز بین برود و اغلب از اضافه کردن اندازه لوله و ایجاد کچ پات ارزان تر تمام می شود.

طریقه درین کردن شاه لوله اصلی بخار

تله های بخار موثر ترین روش برای خارج کردن کندانسه از یک سیستم بخار است.

تله های بخار باید طوری انتخاب شوند که بر حسب موارد زیر با سیستم مناسبت داشته باشد

1-میزان فشار 2-ظرفیت 3-مناسبت

نتیجه مقاله

امروزه در سیستم های لوله کشی بخار ما ،یک بمب ساعتی در حال تیک تیک کردن است. گفتن اینکه کی و کجا منفجر خواهد شد مشکل است. فقط می دانیم اگر به عمل مخلوط بخار و آب کاندنس در سیستم توزیع لوله ای ادامه دهیم این اتفاق دوباره خواهد افتاد.هر چند تلاش هائی در جهت افزایش آگاهی در حال انجام شدن است.ما این مزیت و امتیاز را داریم تا از شماری از صنایع همگانی،دانشگاهها و دیگر استفاده کنندگان صنعتی اطلاعات دریافت کنیم مبنی بر اعلام پدیده ضربه قوچ و یا آموزش در جهت متوقف کردن این پدیده.

عده کمی از قدرت بالقوه ی نابود کننده ای این پدیده آگاه هستند.و تقریبا در مورد حوادث مطرح شده چیزی نشنیده اند . بیشتر این حوادث منجر به صدای مهیب در سیستم لوله کشی و تعدادی منجر به خسارات مالی و جانی می گردد.

تنها راه جلوگیری از بروز مجدد حوادث مصیبت بار آموزش و تعلیم نیروی کار از خطر پدیده ضربه قوچ است.و اینکه سیستم های بخارمان را چنان محافظت کنیم که مطمئن شویم که سالم اند.

نتیجه کار روشن است که کاندنس حاصل از پدیده ضربه قوچ بطور بحرانی جدی هستند به هیچ عنوان نباید حضور آنها در سیستم زهکشی ما پذیرفته شوند.این پدیده قابل جلوگیری است زمانی که اصول اساسی عملی و مهندسی به کار بسته شوند.