A-PDF Watermark DEMO: Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

بسمه تعالی

جزوه آموزشی شیرهای ایمنی

گروه مهندسین فرآیند

مدیر گروه: امیر حصیمی

تابستان۹۶

http://www.mohandes-iran.com

Table of Contents

۱ مقدمه..... ۲

۲. استاندارد و مراجع برای طراحی، ساخت و نصب شیرهای ایمنی..... ۳

۳ واژه ها و اصطلاحات کلیدی..... ۳

۴. نحوه عملکرد شیر ایمنی..... ۷

۵. طراحی شیر ایمنی... ..... ۱۵

۶. سناریوهای مطرح برای طراحی شیر ایمنی..... ۲٤

http://www.mohandes-iran.com

۱. مقدمه

شیر ایمنی یا شیر اطمینان، یکی از تجهیزات ایمنی در صنایع نفت، گاز، پالایشگاهی و پتروشیمیایی و بطور کلی برای انواع سایت های صنعتی است که مانع از قرار گرفتن لوله ها ، شیرآلات ، مخازن تحت فشار و... در شرایط فشاری بیش از فشار طراحی می شود. شیرهای اطمینان فشار (PSV) مثالی از شیرهای اطمینان هستند که هنگامی که فشار یا دمای مخازن تحت فشار، و یا سیستم های دیگر، بیش از حد مجاز تعیین شده، بالا رود، به صورت خودکار باز شده و مقداری از ماده داخل تجهیز یا لوله و ... از آن خارج می گردد. شیرهای اطمینان اولین بار در دیگ های بخار در طول انقلاب صنعتی استفاده شدند. بدون شیرهای اطمینان، دیگهای بخار اولیه ، در معرض انفجار تصادفی بودند.

دو نوع کلی از حفاظت که در صنعت با آن روبرو هستند، عبارتند از: حفاظت حرارتی و حفاظت جریان.

برای سیستم های لوله کشی، شیرهای اطمینان حرارتی به طور کلی توسط اندازه نسبتا کوچک شیر جهت محافظت در برابر فشار اضافی ناشی از انبساط حرارتی مشخص می شوند. در این مورد، یک شیر کوچک به دلیل اینکه اکثر مایعات تقریبا تراکم ناپذیر هستند، کافی است، و بنابراین یک مقدار نسبتا کمی از مایع تخلیه شده از طریق شیر اطمینان، کاهشی قابل توجه در فشار ایجاد می کند.

شیرهای اطمینان مورد استفاده برای حفاظت جریان، بسیار بزرگتر از شیرهای مشابه برای حفاظت حرارتی هستند. بزرگی این شیرها به این دلیل است که مقدار قابل توجهی از گاز یا مایع باید به سرعت تخلیه شوند تا ایمنی لوله یا مخزن حفظ شود.

در بسیاری از کشورها، صنایع، ملزم به استفاده از شیرهای اطمینان برای محافظت مخازن تحت فشار و تجهیزات دیگر هستند. همچنین، در بیشتر کشورها، کدهای تهیه شده توسط ASME و API و سازمان های دیگر باید تطابق داشته باشند.

http://www.mohandes-iran.com

۲. استاندارد و مراجع برای طراحی، ساخت و نصب شیرهای ایمنی

کد و استاندارد	توضیح
API-520 PART I	بررسی نحوه انتخاب، محاسبه سایز ، نحوه نصب تجهیزات فشار شکن در پالایشگاهها
API-520 PART II	بررسی نحوه انتخاب، محاسبه سایز ، نحوه نصب تجهیزات فشار شکن در پالایشگاهها
API-521	
API-526	
API 2000	
BS 5500	
ASME Section VIII	

۳. واژه ها و اصطلاحات کلیدی

شیر ایمنی یا PSV یکی از تجهیزات ایمنی مهم در صنایع نفت و گاز است. بنابراین انتخاب PSV بسیار مهم بوده و باید با احتیاط کامل صورت پذیرد.

در انتخاب PSV و تعیین جزئیات آن چند سوال مهم مطرح می گردد:

- چه نوع PSV برای فرآیند مورد نظر ما مناسب است؟
- آیا روش ساده ای برای محاسبه سایز PSV وجود دارد که راحتر از محاسبات دستی باشد ؟
- چه نوع متریالی برای PSV باید انتخاب گردد تا با شرایط فرآیندی مورد نظر هم خوانی داشته باشد ؟

قبل از پاسخ دادن به این سوالات و نحوه انتخاب PSV بهتر است با نحوه کار PSV آشنا شویم و آشنایی با قطعات اساسی PSV به ما کمک خواهد کرد که با آگاهی کامل این انتخاب را انجام دهیم. در ادامه به بررسی برخی از اصطلاحات مهم و رایج و کاربردی در خصوص شیرهای ایمنی می پردازیم؛

۳,۱ Safety Valve یا شیر ایمنی یا شیر اطمینان

یک شیر ایمنی یا اطمینان شیری است که توسط یک فنر بسته شده است. و با رسیدن فشار پشت شیر به یک فشار استاتیکی مشخص عمل کرده و به سرعت باز می شود. (به این عمل pop کردن شیر می گویند) شیرهای اطمینان معمولا برای سیالات تراکم پذیر (گاز و بخار) کاربرد دارد.

http://www.mohandes-iran.com

۳,۲ Relief Valve یا Pressure Relief Valve یا شیر تخلیه

شیر ایمنی خودکاری است مناسب برای سیستم های حاوی سیالات غیرقابل تراکم (مایعات همانند آب، نفت و روغن و...) که متناسب با مقدار فشار بالادست باز می شود، باز شدن این شیرها ناگهانی نبوده نه بطور ناگهانی. همه این شیرها فنری هستند. شیر تخلیه (Relief Valve) عموماً برای سیالاتی که غیر قابل تراکم می باشند مانند آب و روغن و غیره مورد استفاده قرار می گیرد.

نکته: کلمه Relief به مایع و کلمه Safety به گاز اشاره دارد.

در بیشتر استانداردها تعاریف ویژه ای برای دو شیر اطمینان (Safety Valve) و شیر اطمینان فشار شکن (Safety Relief Valve) عنوان گردیده است.

در استانداردهای امریکایی و اروپایی تفاوتهای بین اصطلاحات تجهیزات کاربردی از لحاظ معنی وجود دارد. از جمله این تجهیزات می توان به همین شیرها اشاره نمود. در استانداردهای اروپایی به این قبیل ولوها اصطلاحاً شیر ایمنی (Safety Valve) و در استانداردهای آمریکایی شیر ایمنی فشار شکن (Safety Relief Valve) گفته می شود.

از جمله موارد دیگر اختلاف بین Safety Valve و Relief Valve می توان به این نکته اشاره نمود که در شیرهای اطمینان (Safety Valve) به محض اینکه فشار عملکردی به فشار تنظیمی (Set Point) برسد سریعاً این شیر عمل می کند و تا هنگامیکه فشار عملکردی به پائین تر از فشار تنظیمی نرسد این شیر باز خواهد ماند.

ولی در شیرهای اطمینان فشار شکن (Safety Relief Valve) هنگامیکه فشار ورودی سیال تا نقطه فشار تنظیمی بالا برود این شیر به تدریج باز کرده تا فشار را بالانس نماید. (۲)

۳,۳ Vacuum Relief (Safety) Valves یا شیر تخلیه خلاء یا خلاء شکن

معمولاً روی مخازن ذخیره و تانکها (که در API 2000 بحث شده است) نصب می شوند. کار این شیرها جلوگیری از ایجاد خلا در مخازن و لوله هاست که در زمان ایجاد خلا عمل نموده و باعث تزریق هوا و از بین رفتن خلا می شوند. اگر شیرهای اطمینان برای ممانعت از ایجاد فشارهای منفی (و مچاله شدن وسلها) مورد استفاده باشند، گاهی آنها را Vacuum Breaking Device هم می نامند.

http://www.mohandes-iran.com

۳,۴ Vacuum/Pressure Relief (Safety) Valves (PVRV) or (PVSV) یا شیر ایمنی فشار و خلا

از این شیر برای از بین بردن فشار مازاد و خلا درون تجهیزات استفاده می شود.

۳,۵ Set Pressure یا فشار تنظیمی

فشاری است که شیر ایمنی برای عمل کردن روی آن تنظیم می شود و با رسیدن فشار به این نقطه، دیسک شیر شروع به حرکت به سمت بالا می کند. این مقدار برای وسلهایی که طبق ASME Section VIII سایز می شوند معمولا برابر با MAWP یا انتخاب می شود. البته برای شرایط non fire.

تنظیم مناسب نقطه عملکرد و باز شدن شیر ایمنی ، اولاً به دلایل ایمنی مذکور و ثانیاً به منظور اطمینان از کارکرد شیر ایمنی با حداقل صدا و همچنین ممانعت از صدمه به شیر ضروری می باشد. این نقطه نباید بیشتر از SOL/P یا محدوده فشار کارکرد ایمن تجهیزات باشد و از طرفی باید بخاطر داشت که تنظیم فشار آزاد سازی شیر ایمنی روی فشار کمتر از SOL/P هیچگونه مزیتی به همراه نخواهد داشت و تنها باعث افزایش احتمالی دفعات باز شدن شیر و فرسوده شدن آن خواهد گشت.

۳,۶ Relieving Pressure

فشار ورودی به شیر ایمنی، در شرایطی که شیر به طور کامل باز شده و در حال تخلیه سیال است، گفته می شود و به عبارتی برابر است با مجموع set pressure و Overpressure و فشار اتمسفری.

۳,۷ Over Pressure

فشاری است که شیرایمنی در وضعیت کاملاً باز قرار می گیرد و حداکثر ظرفیت تخلیه خود را دارا می باشد. واضح است که این فشار بالاتر از فشار نقطه تنظیم (Set pressure) می باشد و مقدار آن با توجه به کاربردها و استانداردهای مختلف، متفاوت می باشد. استاندارد BS 5500 این مقدار اختلاف فشار را در مورد سیستم های بخار و گاز برابر حداکثر ۱۰٪ درصد فشار تنظیمی شیر اطمینان در نظر می گیرد. Over Pressure به صورت اختلاف فشار بین نقطه تنظیمی و Relieving Pressure تعریف می شود و با واحد فشار بیان می گردد.

۳,۸ Over Pressure Factor

۳,۹ Maximum Accumulated pressure

منظور از آن فشار انباشته شده در داخل وسل یا لوله است که مقدار مجاز آن نباید بیش از ۱۱۰٪ از MAWP شود (مقدار Set pressure هم اغلب برابر با MAWP در نظر گرفته می شود). البته اگر مخزن توسط بیش از شیر ایمنی محافظت می شود (نه

http://www.mohandes-iran.com

آنهایی که یدکی هستند بلکه آنهایی که به مناسبت دیگری غیر از Fire case روی مخزن نصب شده اند) این درصد می تواند افزایش یابد. اگر شیر ایمنی برای شرایط Fire case سایز می شود، Accumulated pressure حداکثر می تواند ۱۲۱٪ از MAWP باشد و این مقدار ارتباطی به اینکه شیرهای ایمنی دیگری هم روی مخزن وجود داشته باشد یا خیر، ندارد.

۳,۱۰ Blow Down Pressure

مقدار اختلاف فشار پایین تر از نقطه تنظیم شیر اطمینان است که جهت بسته شدن کامل و محکم شیر اطمینان پس از باز شدن و سپس برگشت سیستم به فشار عادی مورد احتیاج می باشد. این پارامتر به Reset Differential نیز معروف است. میزان Blow down نیز طبق استاندارد مذکور (BS5500) حدود ۱۰٪ می باشد.

مقادیر Over pressure و Blow down بسته به نوع سیستم انتخاب طراح متغییر بوده و بطور مثال می تواند به ترتیب ۳٪ و ۴ ٪ انتخاب گردند.(۲)

۳,۱۱ Simmering

میزان تغییرات احتمالی در فشار سیستم به عنوان پارامتر دیگری است که باید در فشار تنظیم شیر ایمنی در نظر گرفته شود تا از باز شدن بی مورد شیر جلوگیری بعمل آید. در صورت نادیده انگاشتن این مورد ، شیر ایمنی در بسیاری از موارد در حالت نزدیک به بسته کار خواهد نمود که به این پدیده Simmering گفته می شود. این حالت در نتیجه نزدیک بودن بیش از اندازه فشار سیستم به نقطه تنظیم روی می دهد و علاوه بر ایجاد سر و صدا و مسائل جانبی ، باعث ایجاد صدمه به قسمتهای داخلی شیر و در نتیجه نشت دائمی آن خواهد شد. به صدای خروج سیال از شیر ایمنی گفته می شوند.

۳,۱۲ Snuffing steam

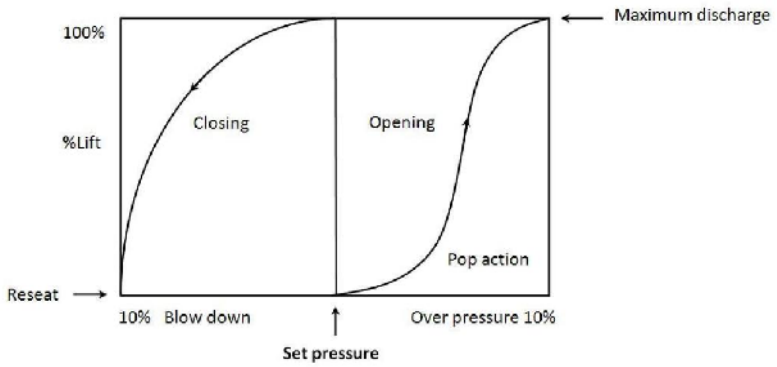
اگر شیر ایمنی سیال را به اتمسفر تخلیه کند و سیال در بالای دمای خود اشتعالی باشد و یا اینکه واحد در معرض صاعقه های زیاد طبقه بندی شده باشد، از این سیستم استفاده می شود که در آن بخار با یک مجرای یک اینچی در ارتفاع ۳۰□□ بالای لوله تخلیه نصب می شود.

http://www.mohandes-iran.com

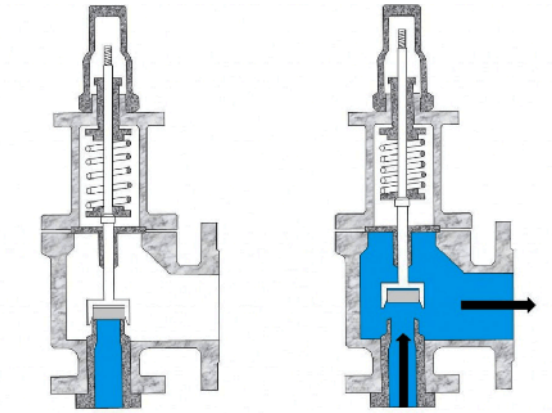
۴. نحوه عملکرد شیر ایمنی

طبق استاندارد API 520 Part 1 که به بررسی نحوه انتخاب ، محاسبه سایز ، نحوه نصب تجهیزات فشار شکن در پالایشگاهها می پردازد، در مورد شیر ایمنی این تعریف ارایه شده است : " یک شیر ایمنی شیری است که توسط یک فنر بسته شده است و با رسیدن فشار پشت شیر به یک فشار استاتیکی مشخص عمل کرده و به سرعت باز می شود (به این عمل POP کردن شیر می گویند)"شیر های ایمنی معمولاً برای سیالات تراکم پذیر کاربرد دارد.

در صنعت ، مخازن تحت فشار بایستی بوسیله دریچه اطمینان محافظت شوند . دریچه های اطمینان را باید طوری انتخاب کرد که در صورت بهم خوردن تعادل در فشار مخزن ، شیر اطمینان باز شده و مقادیری اضافی مایع یا گاز را خارج کند . در مواردیکه فشار علاوه بر امکان بهم خوردن تعادل در شرایط کاری در معرض خطرات آتش سوزی و یا انفجار نیز هستند باید این شیرها طوری انتخاب شوند که نه فقط در فشار معینی باز گردند بلکه ظرفیت آنرا را داشته باشند تا مقدار زیادی مایع یا گاز داخل مخزن را که در اثر حرارت تغییر حالت داده است را به خارج منتقل کنند . شیرهای اطمینان در فشاری در حدود ۱۰ درصد بیش از فشاری که مخزن باید نگه دارد و یا در حدود بالاترین فشاری که مخزن می تواند تحمل کند طراحی می شوند . در مخازن ضد انفجار ، فشار مخزن نباید از ۲۰ درصد فشار طراحی بالاتر برود.شیرهای اطمینان به عنوان وسیله ای مناسب جهت جلوگیری از ازدیاد فشار ناگهانی در موتورخانه ها ، کارخانه ها و بطور کلی انواع سایتهای صنعتی و برای انواع سیالات از قبیل گاز ، بخار ، آب و یا هوای فشرده استفاده می گردند.محدودیت فشار در اینگونه کاربردها معمولا ناشی از فشار قابل تحمل تجهیزات ، لوله ها و دستگاهها و یا محصولات تولیدی و همچنین مسائل مرتبط با حفظ ایمنی افراد می باشد که اصطلاحاً به محدوده فشار کارکرد امن (Safe operating limits for pressure) و یا SOL/P معروف است . نحوه باز شدن شیرهای اطمینان و مشخصات کاری آنها ارتباط مستقیم با نحوه طراحی قطعات داخلی شیر دارد. در اغلب موارد این طراحی بگونه ای انجام می گیرد که پس از شروع باز شدن شیر اطمینان در اثر ازدیاد فشار ، در اثر خاصیت (POP Action) این عمل به سرعت تشدید شده تا زمانی که شیر کاملاً باز گردد شکل زیر نشان دهنده عملکرد یک شیر اطمینان می باشد .



http://www.mohandes-iran.com



با مشخص بودن مساحت سطح دیسک و سایز نازل می توان مشخص نمود که چه حجمی از سیال از شیر خارج خواهد شد.

در ابتدا باید سایز نازل خروجی (که Orifice نامیده می شود) محاسبه گردد. این مساحت توسط استاندارد API 526 تقسیم بندی و شماره گذاری گردیده است :

AREA EFFECTIVE ORIFICE (cm^2)	AREA EFFECTIVE ORIFICE (in^2)	DESIGNATION
۰.۷	۰.۱۱	D
۱.۳	۰.۱۹۶	E
۲.۰	۰.۳۰۷	F
۳.۲	۰.۵۰۳	G
۵.۱	۰.۷۸۵	H
۸.۳	۱.۲۸۷	J
۱۱.۹	۱.۸۳۸	K
۱۸.۴	۲.۸۵۳	L
۲۳.۲	۳.۶	M
۲۸.۰	۴.۳۴	N
۴۱.۲	۶.۳۸	P
۷۱.۳	۱۱.۰۵	Q
۱۰۳.۲	۱۶	R
۱۶۷.۷	۲۶	T

http://www.mohandes-iran.com

با توجه به اینکه PSV در حالت عادی در وضعیت بسته است ، قطعه سیل (SEAL) کننده نیز باید توانایی جلوگیری از نشتی سیال به نازل خروجی را دارا باشد .

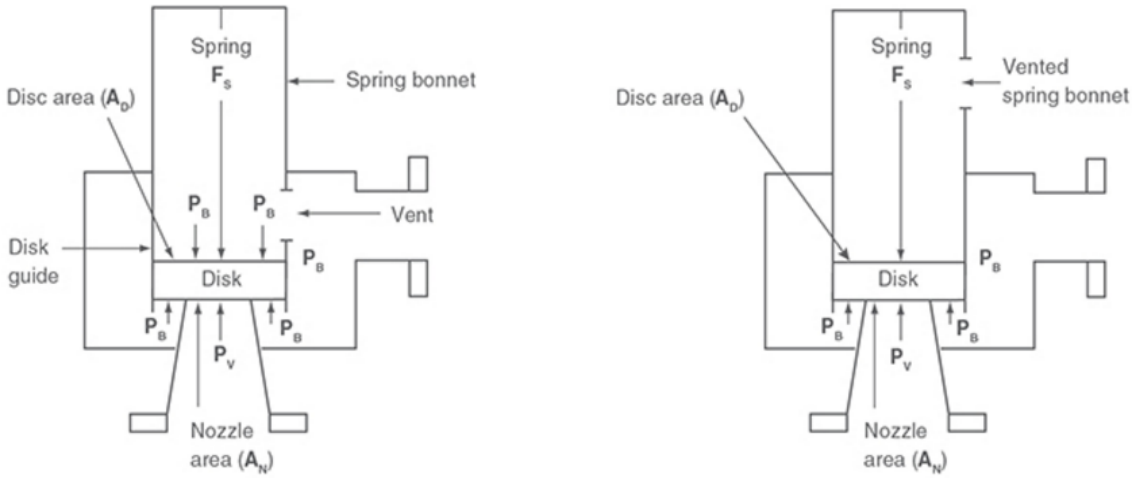
تعریف BACK PRESSURE : لاین خروجی PSV می تواند توسط یک لوله به هوای آزاد (فشار اتمسفر) تخلیه گردد یا اینکه به یک خط دیگر هدایت گردد . فشار خط خروجی به BACK PRESSURE موسوم است.

بر اساس BACK PRESSURE ، PSVها به سه نوع کلی تقسیم می شود :

۱) CONVENTIONAL TYPE
۲) BELLOW TYPE
۳) PILOT TYPE

CONVENTIONAL TYPE :

ساده ترین نوع PSV است که در شکل زیر شماتیکی از آن آمده است که بعلت پایین بودن BACK PRESSURE در محاسبات مربوطه به حساب نمی آید . در این نوع PSVها معمولاً مقدار BACK PRESSURE کمتر از ۱۰٪ مقدار SET PRESSURE است یا برابر صفر است . خروجی این PSV معمولاً به هوای آزاد است و اغلب برای سیالات بی خطر مانند بخار آب بکار می رود .



$$P_V A_N = F_S + P_B A_D - P_B (A_D - A_N)$$

فرمول بالا به صورت زیر ساده می شود:

http://www.mohandes-iran.com

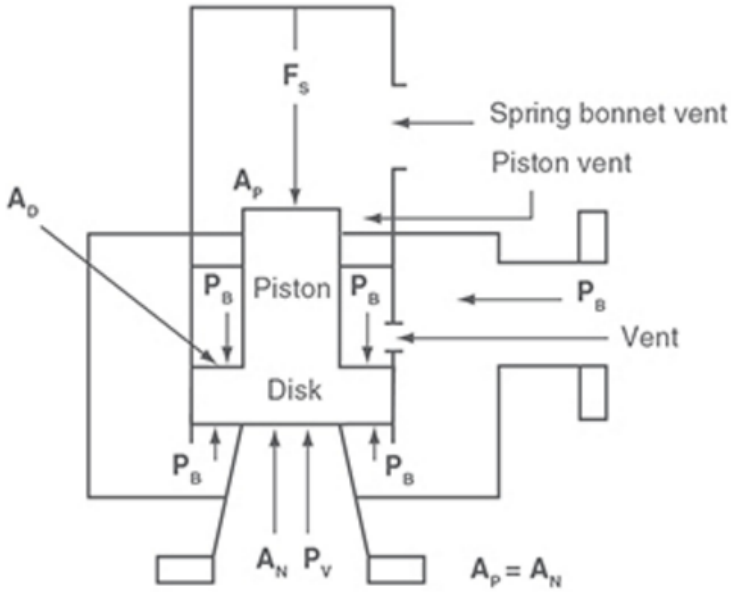
$$P_V A_N = F_S + P_B A_N$$

پارامترهای بالا عبارتند از:

P_V = Fluid inlet pressure
A_N = Nozzle area
F_S = Spring force
P_B = Backpressure

BELLOWS TYPE:

یک PSV نوع بیلوز یا بیلوز بالانس شده (BALANCED-BELLOWS) هنگامی مورد استفاده قرار می گیرد که BACK PRESSURE از ۵۰٪ فشار SET PRESSURE کمتر باشد . این نوع PSV مشابه نوع CONVENTIONAL است، با این تفاوت که یک BELLOWS به آن اضافه گردیده است که وظیفه آن کاهش اثر فشاری سیال به دیسک است و میله (ROD) را محافظت می کند.معمولاً این نوع PSV ها دامنه کاربردی وسیعی ندارند و در برابر تغییر فشار SET انعطاف پذیری ندارد.



Schematic diagram of a piston type balanced safety valve

http://www.mohandes-iran.com

$$P_V A_N = F_S + P_B A_D - P_B (A_D - A_N)$$

Where:

P_V = Fluid inlet pressure
A_N = Nozzle area
F_S = Spring force
P_B = Backpressure
A_D = Disc area
A_P = Piston area

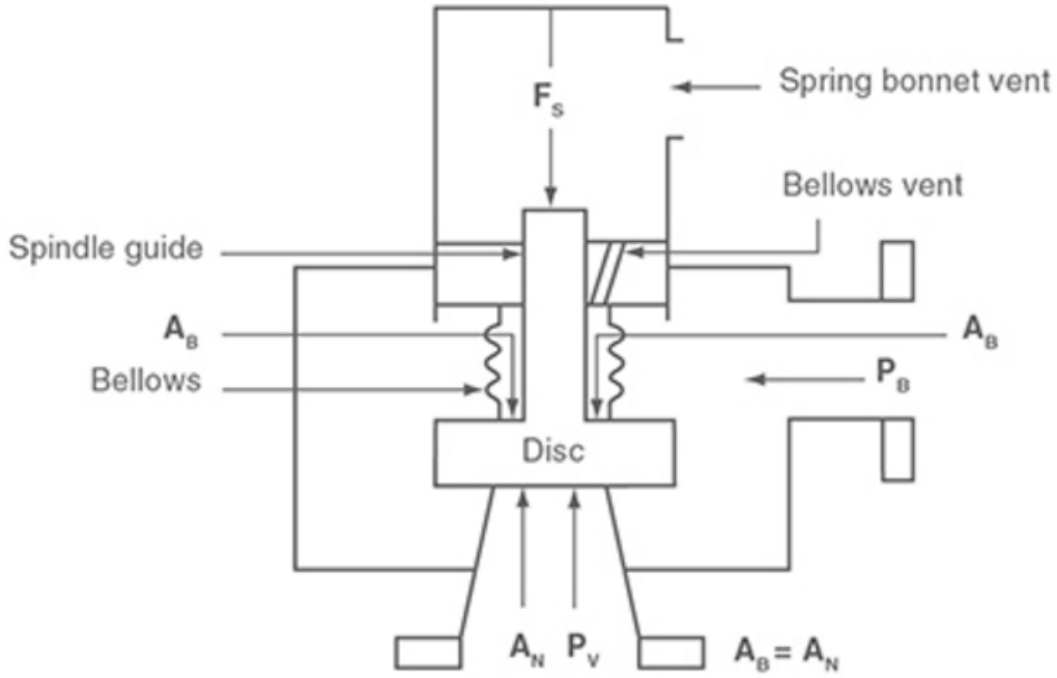
اگر $A_P = A_N$ باشد، فرمول بالا به صورت زیر ساده می شود؛

$$P_V A_N = F_S$$

Where:

P_V = Fluid inlet pressure
A_N = Nozzle area
F_S = Spring force

http://www.mohandes-iran.com



Schematic diagram of the bellows balanced safety valve

http://www.mohandes-iran.com

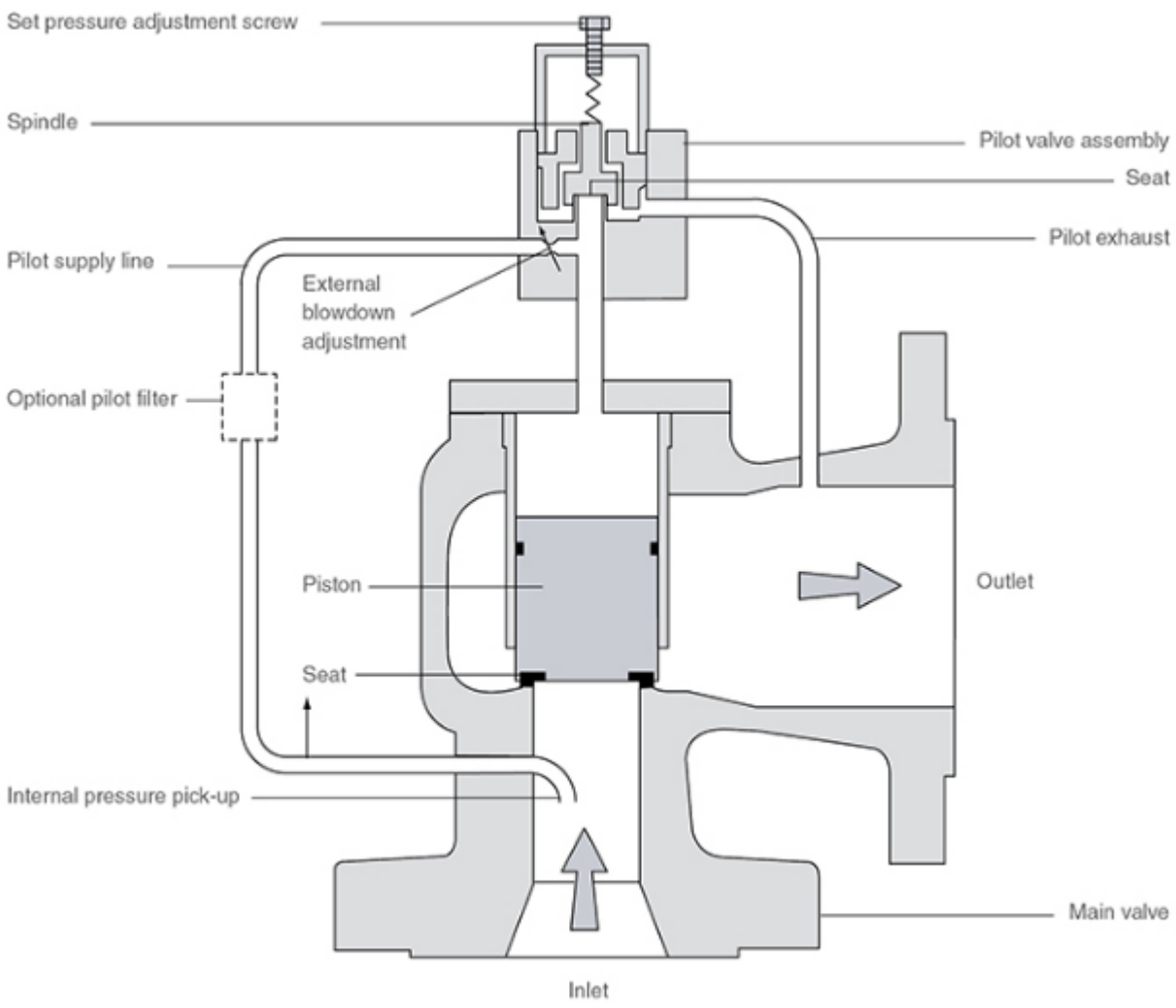
PILOT TYPE:

انواع Pilot operated یا فرمان گیرنده: که روی مسیرها و مخازن فشار پایین نصب می شوند! و در صورت بالا رفتن فشار عمل می نمایند ولی در موقع پایین آمدن فشار بسته نمی شوند. بنابراین با عمل نمودن این شیر ها باید آن دستگاه را موقتا از سرویس خارج نمود و شیر اطمینان مورد نظر را تنظیم و یا تعویض کرد. در این شیرها به جای نیروی فنر از نیروی فشاری خود سیال استفاده شده که اینکار حجم شیر را کاهش می دهد. این شیرها دقیق و با قابلیت اطمینان بالا هستند و در مواقعی که فشار نرمال دستگاه حدود ۹۰ الی ۹۵ درصد Set pressure باشد باید از این نوع استفاده کرد. باید برای سیالات تمیز و غیر خورنده استفاده شوند. زمانی که به ازای حداقل تجاوز فشار از Set pressure نیاز به بالاترین ظرفیت تخلیه داشته باشیم از این نوع باید استفاده شود. این شیرها کوچکتر و سبکتر از سایر شیرهای ایمنی هستند ولی قیمت بالایی هم دارند. در این شیرها باز و بسته بودن دریچه شیر توسط نیروی فنر کنترل نمی شود بلکه توسط یک دیافراگم کنترل می شود که از شیری که در قسمت فوقانی شیر ایمنی نصب شده (Pilot Valve) فرمان می گیرد.

یک PSV از این نوع ، شامل یک شیر اصلی بوده و یک سیستم دیگر برای کنترل حرکت پیستون به آن اضافه شده است.

پیستون طوری طراحی شده است که سطح مقطع آن در قسمت فوقانی بیشتر از قسمت تحتانی است . در هنگامی که فشار لاین به فشار SET برسد هر دو قسمت فوقانی و تحتانی تحت فشار می گیرند اما نیروی برآیند پیستون را در نازل شیر سفت می کند با افزایش فشار در لاین این فشردگی به بیشتر می شود . این سیستم این امکان را می دهد که مقدار SET PRESSURE را با کنترل و تغییر داد .

http://www.mohandes-iran.com



A piston type, pilot operated safety valve

http://www.mohandes-iran.com

۵. طراحی شیر ایمنی

در گام نخست باید با بررسی همه جانبه فرایند تعیین نمود که چه عواملی می توانند منجر به Overpressure شوند و هر یک از این عوامل تا چه مقدارOverpressure ایجاد می کنند. پس در این خصوص نباید صرفاً به جداول Heat & Material Balance اکتفا کنیم. در Table 2 of API RP 521 موادی از امکان بروز Overpressure برای تجهیزات مختلف داده شده است.

۱- تعیین مقدار Set Pressure

اول از همه باید مقدار Set Pressure برای شیر تعیین شود که اغلب برابر فشار طراحی دستگاه یا لوله است. در جدول زیر مقدار Set Pressure قابل مشاهده است. مقدار Set Pressure اگر تنها یک شیر ایمنی روی تجهیزات نصب شده باشد برای دو حالت Non-fire Conditions و fire Conditions تفاوتی ندارد (معنی آن این بوده است که خطر آتش سوزی جدی نیست) اما وقتی خطر آتش سوزی جدی باشد حالت Multiple Valve را داریم که در آنها اساساً شیرهای ایمنی Overpressure و Fire جدا هستند و دومی دارای Set Pressure بالاتری است.

DESCRIPTION	SET PRESSURE (SP)		MAXIMUM RELIEVING PRESSURE (MRP)	
	Non-fire Conditions	Fire conditions	Non-fire conditions	Fire Conditions
Single valve	۱۰۰٪ of DP	۱۰۰٪ of DP	۱۱۰٪ of DP	۱۲۱٪ of DP
Multiple valves	One valve 100% of DP the others at ۱۰۵٪ of DP**	۱۱۰٪ of DP*	۱۱۰٪ of DP	۱۲۱٪ of DP

http://www.mohandes-iran.com

Table 1—Set Pressure and Accumulation Limits for Pressure Relief Valves

	Single-Valve Installations		Multiple-Valve Installations	
Contingency	Maximum Set Pressure (percent)	Maximum Accumulated Pressure (percent)	Maximum Set Pressure (percent)	Maximum Accumulated Pressure (percent)
Nonfire Cases				
First valve	100	110	100	116
Additional valve(s)	—	—	105	116
Fire Case				
First valve	100	121	100	121
Additional valve(s)	—	—	105	121
Supplemental valve	—	—	110	121

Note: All values are percentages of the maximum allowable working pressure.

باید دقت کرد Set Pressure فشاری است که لحظه باز شدن شیر ایمنی را تعیین می کند اما برای آنکه با شرایط مخاطره آمیز روبرو نشویم همچنین باید تعیین کرد که حداکثر فشار انباشته شده قابل قبول (Maximum Pressure Accumulation) برای تجهیزات چقدر است که طبق IPS برای سیستم بخار ۶٪ و برای شرایطی که خطر آتش سوزی وجود دارد، ۲۰٪ و برای سایر موارد ۱۰٪ لحاظ می گردد.

مقدار Set Pressure شیر ایمنی نصب شده روی خط تخلیه تجهیزات دواری که دارای موتور الکتریکی هستند باید با توجه به حالتی از انسداد خط تخلیه تعیین شود که گردش موتور همچنان در حال بالا بردن فشار در خط خروجی است (Max Shut off Pressure!).

برای بویلرهای تولید بخار Set Pressure باید ۱۰٪ بیش از فشار نرمال یا به علاوه ۱۰۰ (هر کدام بزرگتر) باشد به شرطی که از Set Pressure سایر بویلرهای احتمالی که خوراک این بویلر را تأمین می کنند بیشتر نباشد.

مقدار Set Pressure برای شیرهای اطمینان Cold Side Blockage و Tube Failure مبدلها باید ۱,۵ برابر حداقل فشار طراحی محاسبه شده برای قسمتهای مختلف مبدل (حتی پایپینگ آن) باشد.

- برای Ruptur Disk ها اگر تنها بکار روند Burst Pressure (که معادل همان Set Pressure است) برای آنها نباید کمتر از ۳۳٪ بالای فشار نرمال (برای دیسکهای فلزی) و ۲۵٪ (برای دیسکهای پلاستیکی) باشد.
- برای Vacuum Relief Valves ها مقدار Set Pressure روی فشار اتمسفری تنظیم می شود.

۲- محاسبه Effective orifice area یا Discharge area یا Required orifice area:

http://www.mohandes-iran.com

مساحت اوریفیس شیر ایمنی طبق "API RP 520 Part I- Sizing محاسبه می شود و بعد از محاسبه باید با مقادیر استاندارد که بصورت تجاری تولید می شوند مقایسه شود تا بتوانیم PSV مناسب را انتخاب کنیم که مقادیر استاندارد این مساحتها در API Standard 526 آورده شده است که برای انواع Spring Loaded به جداول ۲ تا ۱۵ و برای انواع Pilot Operated باید به جداول ۱۶ تا ۲۹ این استاندارد مراجعه نمود. طبق این جداول حداکثر مساحت قابل تصور برای شیرهای ایمنی حدود ۲۶□□۲ و حداکثر قطر آنها ۸□□ است. هر یک از این جداول مشخصات یک نوع شیر ایمنی را بیان می کنند و در بالای جدول هم مساحت شیر بر حسب in2 نوشته شده است. بعد از اینکه ما Effective Area را به دست آوردیم با مراجعه به این جداول باید ببینیم که اولین مساحت بزرگتر از عددی که ما به دست آورده ایم کدام است. مثلاً اگر مساحت محاسبه شده ۰,۳۱ in2 باشد، باید شیر ایمنی جدول ۵ از API 526 را انتخاب کنیم که مساحت اوریفیس آن برابر با ۰,۵۰۳ in2 است.

برای آنکه مشخصات شیر را بطور کامل از جداول فوق استخراج کنیم ابتدا محدوده دمای سیالی را که در تماس با شیر ایمنی است با رنج دمایی را که در جدول داده شده مقایسه کرده و محدوده دمایی را که منطبق بر نیاز ما می باشد پیدا می کنیم. در گام بعد حداکثر فشار مخزن یا لوله را با فشارهایی که در ذیل محدوده دمایی ذکر شده اند چک می کنیم و به این ترتیب با در دست داشتن مختصات دمایی و فشاری، می توانیم جنس شیر (ستون اول)، سایز فلنجهای ورودی و خروجی شیر(ستون دوم)، کلاس فشاری فلنجهای ورودی و خروجی (به ترتیب ستون سوم و چهارم) را حساب کنیم.

کلاس فشاری فلنجهای ورودی و خروجی را مثلاً بصورت ۱۵۰□ × ۳۰۰□ نمایش می دهیم. سایز فلنجهای ورودی و خروجی در جداول API ۵۲۶ مثلاً بصورت ۱ ۱/۲□۳ نمایش داده می شود که معنی آن این است که فلنج ورودی شیر ۱,۵□□ و خروجی آن ۳□□ قطر دارد که این را در نتیجه محاسبات بصورت ۱ ½" × ۳" نمایش می دهیم. عبارت G هم در اینجا Designation شیر نامیده می شود. البته باید دقت داشت که متریال انتخابی در اینجا مناسب برای دما و فشاری است که با آن سروکار داریم و مبحث خوردگی را شامل نمی شود لذا اگر لازم باشد جنس شیر مقاوم برای خوردگی هم باشد باید در بخش Material جنس PSV ها را نهایی کرد.

الف – سایزینگ برای بخارات و گازها

برای این سیالات سرعت خروج گاز دارای محدودیت سرعت صوت است (که این مبنای روابط تئوری ارایه شده در زیر است) و نباید از آن تجاوز کند. میزان دبی گاز که در شرایط سرعت صوت از شیر ایمنی می گذرد به نام Critical Flowrate خوانده می شود. برای سایزینگ PSV ها در سرویسهای بخار و گاز با دو مقوله مواجه می شویم که آیا جریان بحرانی یا غیر بحرانی (Critical یا Subcritical) می باشد.

http://www.mohandes-iran.com

P_{cf}: میزان فشار در خروجی نازل شیر زمانی که سرعت خروج گاز به سرعت صوت رسیده است را Critical Flow Pressure یا Critical Flow Nozzle Pressure می نامیم.

P_1: Upstream Relieving Pressure بر حسب psia است که برابر است با:

Atm pressure +Set pressure+ Allowable Overpressure (Max Accumulated Pressure)

W: دبی بر حسب lb/h . تعیین درست این مقدار بسیار مهم است و باید برای شرایطی باشد که بدبینانه ترین حالت ممکن رخ داده باشد.

M: جرم مولکولی گاز در شرایط P1.

G: جرم مخصوص گاز در شرایط استاندارد.

V: حجم تخلیه سیال بر حسب sft^3/min که به جای آن می توان از W هم استفاده کرد. تعیین درست این مقدار بسیار مهم است و باید برای شرایطی باشد که بدبینانه ترین حالت ممکن رخ داده باشد و این تأکید لازم است که این دبی حجمی باید بر اساس شرایط استاندارد باشد.

T: Relieving Temperature دما در ورودی شیر است بر حسب درجه R.

Z: ضریب تراکم پذیری گاز در شرایط P1.

C: ضریبی است که با داشتن نسبت گرمای ویژه سیال (K) و با استفاده از شکل ۳۲ در صفحه ۴۴ از API 520.1 به دست می آید و دارای واحد پیچیده $\frac{\sqrt{lb_m \times lb_{mole} \times R}}{lb_f \times hr}$ می باشد.

Kd: Effective Coefficient of Discharge برابر ۰,۹۷۵ است و این مقدار فقط برای فرضهای اولیه می تواند معتبر باشد. البته این ضریب برای راپچر دیسکها هم وجود دارد و اگر یک راپچر دیسک مستقیماً سیال را به اتمسفر تخلیه کند مقدار Kd برای آن برابر با ۰,۶۲ خواهد بود.

Kb: Capacity Correction Factor Due to Back Pressure یا Back Pressure Factor: این ضریب فقط برای شیرهای ایمنی Balanced Bellows مهم است و برای بقیه شیرهای ایمنی برابر با ۱ است. برای شیرهای مذکور مقدار این ضریب از شکل ۳۰ صفحه ۳۷ به دست می آید. این ضریب با توجه به تعریف Back pressure تعریف می شود و برای مایعات و گازهایی که در شرایط بحرانی هستند برابر با ۱ است اما برای شرایط غیر بحرانی، می تواند بین ۵۰٪ تا ۱ باشد و در این صورت مقدار Kb فقط توسط Vendor قابل ارایه است.

http://www.mohandes-iran.com

KC: Capacity Correction for Rupture Disk یا Combination Capacity Factor اگر شیر بدون راپچر دیسک نصب شود برابر با ۱ است و اگر همراه با راپچر دیسک باشد برابر با ۰,۹ است.

KN: Correction Factor for Napier Equation اگر P1≤1500psia (103 bara) برابر با ۱ است و در غیر این صورت با رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\frac{0.1906 \times P_1 - 1000}{0.2292 \times P_1 - 1061}$$

KSH: Superheat Steam Correction Factor برای بخار اشباع در هر فشاری که باشد، برابر با ۱ است ولی برای بخار در سایر دما و فشارها از جدول ۹ در صفحه ۵۱ از API 520.1 به دست می آید.

F2: Coefficient of Subcritical Flow این ضریب خاص حالت جریان غیر بحرانی است و با رابطه زیر محاسبه می شود. در این رابطه r =P2/P1 است. از شکل ۳۴ صفحه ۴۸ از API 520.1 هم می توان F2 را یافت.

$$= \sqrt{\left(\frac{k}{k-1}\right)(r)^{2/k}\left[\frac{1-r^{(k-1)/k}}{1-r}\right]}$$

الف-۱: سایزینگ برای جریان بحرانی (critical) بخارات و گازها: اگر Back Pressure (فشار پایین دست نازل شیر) از P_{cf} کمتر یا مساوی آن باشد، جریان بحرانی است که حالت عادی محسوب می شود و بسیار به ندرت ممکن است جریان در شرایط غیر بحرانی باشد زیرا فشار هدر تخلیه همواره کم نگه داشته می شود. پس اولین کار چک کردن این است که آیا $P_2 \leq P_{cf}$ و لذا باید مقدار Pcf را محاسبه نمود که با رابطه زیر به دست می اید. روابط بر حسب سیستم انگلیسی هستند.

$$\frac{P_{cf}}{P_1} = \left[\frac{2}{k+1}\right]^{k/(k-1)}$$

پارامتر K نسبت گرماهای ویژه است. در شرایط بحرانی از هر یک از سه رابطه زیر می توان مقدار A یا همان Effective Area را محاسبه نمود که معمولاً از اولی استفاده می شود. رابطه سمت راست مربوط به بخار است (برای بخار فقط حالت جریان بحرانی را داریم).

http://www.mohandes-iran.com

$$A = \frac{W}{CK_dP_1K_bK_c}\sqrt{\frac{TZ}{M}}$$

$$A = \frac{V\sqrt{TZM}}{6.32CK_dP_1K_bK_c}$$

$$A = \frac{V\sqrt{TZG}}{1.175CK_dP_1K_bK_c} \qquad A = \frac{W}{51.5 \times P_1K_dK_bK_cK_NK_{SH}}$$

الف-۲: سایزینگ برای جریان غیر بحرانی (subcritical) گازها: در این حالت از روابط زیر استفاده می شود.

$$A = \frac{W}{735 \times F_2K_dK_c}\sqrt{\frac{ZT}{MP_1(P_1 - P_2)}}$$

$$A = \frac{V}{4645 \times F_2K_dK_c}\sqrt{\frac{ZTM}{P_1(P_1 - P_2)}}$$

$$A = \frac{V}{864 \times F_2K_dK_c}\sqrt{\frac{ZTG}{P_1(P_1 - P_2)}}$$

ب: سایزینگ برای جریان مایعات:

Q: دبی مایع بر حسب gpm یی

Kv: correction factor due to viscosity این ضریب از شکل ۳۶ در صفحه ۵۴ از API 520.1 به دست می آید که برای یافتن آن اول باید عدد رینولدز را حساب کنیم.

Kw: correction factor due to back pressure اگر back pressure یعنی همان P2 اتمسفریک باشد برابر با ۱ است ولی این ضریب صرفاً برای شیرهای Balanced bellows کاربرد دارد (که از شکل ۳۱ به دست می آید) و برای شیرهای معمولی و پایلوتی همان ۱ لحاظ می شود.

Kd: rated coefficient of discharge در اصل باید توسط سازنده ارایه شود ولی برای فرض اولیه ۰،۶۵ برای حالت Capacity Certification و ۰،۶۲ برای حالت بدون نیاز به Capacity Certification لحاظ می شود.

http://www.mohandes-iran.com

Kp: additional capacity correction factor یا correction factor due to overpressure: بر حسب اینکه Overpressure چند درصد باشد می توان این ضریب را از شکل ۳۷ صفحه ۵۵ از API 520.1 به دست آورد و البته مقدار آن برای ٪۲۵ از Overpressure برابر با ۱ است و برای ٪۱۰ از Overpressure برابر با ۰,۶ است.

P_1: Upstream Relieving Pressure بر خلاف آنچه در خصوص گازها بود اینجا P1 بر حسب psig است که برابر است با:

Set pressure+ Allowable Overpressure (Max Accumulated Pressure)

ب-۱: سایزینگ برای شیرهای ایمنی نیازمند به Capacity Certification: اگر وسلی که شیر برای آن سایز می شود طبق استاندارد Section VIII, Division I باشد، باید دارای capacity certification باشد. در این حالت از رابطه زیر استفاده می شود.

$$A = \frac{Q}{38 K_d K_w K_c K_v \sqrt{\frac{G}{p_1 - p_2}}}$$

توجه: اگر مایع دارای گرانروی بالا باشد، برای سایزینگ آن ابتدا با در نظر گرفتن Kv=1 مقدار A را یکبار حساب می کنیم و با مراجعه به API ۵۲۶ مقدار متناسب با آن را از جدول استخراج می کنیم. (این A بدون اثر دادن ویسکوزیته است) و با در اختیار داشتن آن از یکی از دو رابطه زیر عدد رینولدز را به دست می آوریم. در روابط زیر μ ویسکوزیته مطلق یا دینامیک بر حسب cP و U ویسکوزیته SSU (Saybolt Universal seconds) می باشد که هر دو این ویسکوزیته ها در دمای جریان هستند.

$$R = \frac{Q(2800 \times G)}{\mu \sqrt{A}}$$

$$R = \frac{12,700 \times Q}{U \sqrt{A}}$$

اکنون با داشتن R برای این مایعات ویسکوز، با مراجعه به شکل ۳۶ در صفحه ۵۴ از API 520.1 مقدار Kv را می یابیم و با آن دوباره A را با فرمول اصلی به دست می آوریم البته برای این کار تنها کافی است که A محاسبه شده اولیه را بر Kv تقسیم کنیم و لزومی ندارد در فرمول اصلی دوباره همه مقادیر را جاگذاری کنیم زیرا قبلاً Kv=1 لحاظ کرده بودیم و برای محاسبه مقدار جدید صرفاً Kv تغییر کرده است. حال اگر این A جدید از مقدار A که از جداول API 526 استخراج شده بود کوچکتر بود، محاسبه پایان می یابد وگرنه باید یک بار دیگر محاسبات را تکرار کنیم و این بار در فرمول محاسبه R، از سطح اوریفیس موجود در جداول API 526 استفاده کنیم.

http://www.mohandes-iran.com

ب-۲: سایزینگ برای شیرهای ایمنی بی نیاز از Capacity Certification: اگر وسلی که شیر برای آن سایز می شود طبق استاندارد Section VIII, Division I نباشد، طبق این قسمت استفاده می شود. در رابطه زیر P همان Set Pressure و Pb برابر با Total Backpressure هر دو بر حسب psia است.

$$A = \frac{Q}{38K_dK_wK_cK_vK_p}\sqrt{\frac{G}{1.25p - p_b}}$$

ج- سایزینگ شیر ایمنی برای جریان دو فازی

در جریان دوفازی نکته مهم این است که تولید بخار هم در نظر گرفته شود. برای این نوع جریان هیچ شیر certified capacities وجود ندارد زیرا روش تست آن موجود نیست. رویه سایزینگ شیر ایمنی برای جریان دوفازی در APP D از API 520.1 آورده شده است.

د- سایزینگ راپچر دیسکها

اگر راپچر دیسک به تنهایی بکار رود و علاوه بر این، سیال را به اتمسفر تخلیه کند، حسب اینکه سیال گاز یا بخار یا مایع باشد، می توان از روابطی که در بالا برای شیرهای ایمنی معرفی شدند، برای یافتن A برای راپچر دیسکها استفاده کرد ولی باید دقت کرد که برای راپچر دیسک باید Kd=0.62 را بکار برد. روش دیگر سایزینگ این گونه راپچر دیسکها هم flow resistance نام دارد که در APP E از API 520.1 آورده شده است.

اگر راپچر دیسک قبل از شیر ایمنی نصب شود

میزان نشتی مجاز شیرهای ایمنی بر حسب set pressure آنها طبق API 527.

*Acceptance criteria**

Set pressure		Leakage rate	Set pressure		Leakage rate
PSI	BAR	bubbles per minute	PSI	BAR	bubbles per minute
15-1500	<-69	40	4000	276	100
2000	138	60	5000	345	100
2500	172	80	6000	414	100
3000	207	100			

** Maximum seat leakage rates for metal seated pressure relief valves.*

http://www.mohandes-iran.com

راپچر دیسکها

به تنهایی استفاده نمی شوند و باید همراه یک PSV استفاده شوند و در فاصله بین شیر اطمینان و راپچر دیسک باید یک Vent کوچک که به اتمسفر تخلیه می گردد نصب شود. این شیرها سایزینگ خاصی ندارند و بیشتر با توجه به جداول سازنده ها انتخاب می شوند. اگر شیر اطمینان و راپچر دیسک با هم استفاده شوند، گیجی که قبل از Block valve نصب شده باید بین راپچر دیسک و شیر اطمینان نصب شود. در موارد زیر راپچر دیسک قبل از شیر اطمینان نصب می شود:

۱- وقتی نتوان از نشتی شیر اطمینان ممانعت کرد خواه به دلیل فشار بالای سیستم خواه به دلیل فشار بالا توأم با نوسانات زیاد فشار مانند آنچه در کمپرسور رفت و برگشتی ممکن است روی دهد.

۲- وقتی ظرف حاوی مواد سمی و خطرناک است.

۳- وقتی ظرف حاوی مواد گران قیمت است و باز شدنهای مداوم شیر اطمینان می توان مقدار زیادی از ماده با ارزش را به هدر دهد.

۴- وقتی که هدف حفاظت و فلسفه استفاده از شیر اطمینان نه داخل ظرف بلکه بیرون آن باشد یعنی خروجی شیر اطمینان با محیط مورد حفاظت در تماس باشد.

۵- وقتی سیال داخل ظرف خیلی خورنده باشد و لذا شیر اطمینان در صورت تماس با سیال، دچار خوردگی شود و استفاده از شیر اطمینان با جنس مقاوم در برابر خوردگی هم مقرون به صرفه نباشد، قبل از سیر یک راپچر دیسک نسب می کنند و به این ترتیب شیر سالم می ماند و هزینه های نگهداری هم کاهش می یابد. در مواردی که خورندگی خیلی بالا باشد از دو راپچر دیسک استفاده می شود.

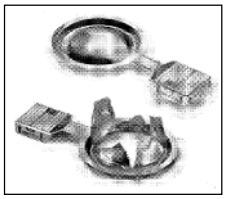
در موارد زیر راپچر دیسک بعد از شیر اطمینان نصب می شود:

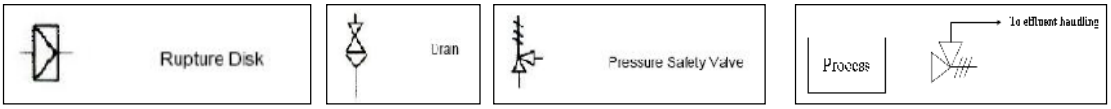
۱- وقتی که شرایط در خروجی شیر اطمینان، شرایط خورنده باشد مثلاً جریان Vent به شدت اسیدی باشد که در این هنگام برای محافظت شیر اطمنان، راپچر دیسک را بین شیر اطمینان و جریان خورنده حائل قرار می دهیم.

۲- وقتی که بخواهیم شیر اطمینان را از شرایط فشاری محیط بیرون (مثلاً فشار اتمسفری) حفاظت کنیم باید راپچر دیسک را قبل از شیر اطمینان نصب کنیم.

البته گاهی که ممکن است یک افزایش فشار پیش بینی نشده رخ دهد شیر اطمینان و راپچر دیسک بصورت موازی نصب می شوند مثلاً در یک رآکتور با واکنش گرمازا که ممکن است فشار از کنترل خارج گردد.

http://www.mohandes-iran.com





۶. سناریوهای مطرح برای طراحی شیر ایمنی

شیرهای ایمنی برای حالات و سناریوهای مختلفی طراحی و سایز می شوند، برخی از این سناریوها عبارتند از؛

- Utilities failures:
  - Power failure.
  - Cooling water failure (main system).
  - Cooling water failure (within process Unit limits).
  - Cooling water plus power failure (simultaneous failure).
  - Instrument air failure.
  - Steam failure.
  - Fuel oil/fuel gas failure.
  - Air fan coolers failure.
- Operating failures:
  - Blocked outlet.
  - Control valve failure.
  - Reflux failure.
  - Side stream failure/pump around failure.

http://www.mohandes-iran.com

- Loss of fractionator or column or liquid gas separator drum condensing duty.

- Simultaneous failure of reflux and condensing duty.

- Mechanical failures:

  - External fire.

  - Heat exchanger tube failure.

  - Hydraulic expansion.

  - Other failures.

۷. محاسبات و سایزینگ PSV های Fire Case

مخازنی که می‌توانند در معرض آتش قرار بگیرند به سه دسته ۱- مخزن پر شده با سیال مایع ۲- مخزن پر شده با سیال دو فازی ۳- مخزن پر شده با سیال گاز می‌توانند تقسیم شوند.

مخزن نوع اول را انبساطی می نامند. مخزن نوع دوم خیس شده می نامند. مخزن نوع سوم غیر خیس می نامند.

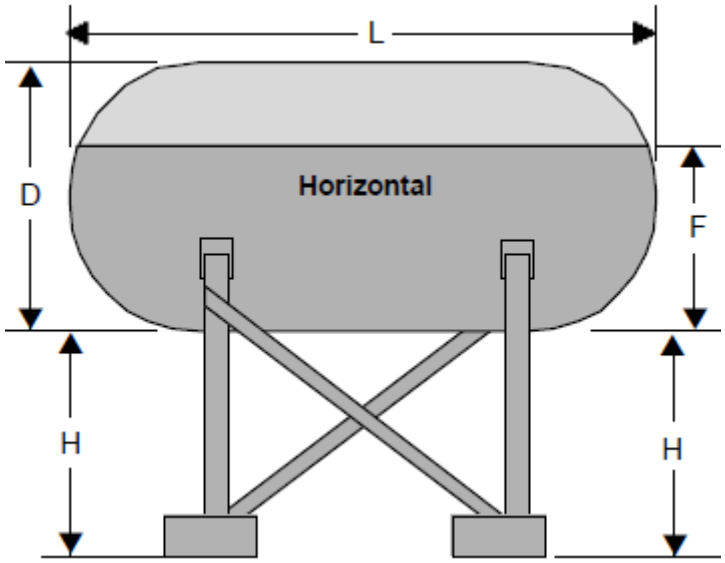
برای حالت‌های اول و سوم، نرخ خروج مواد در شرایط اضطراری مشخص می‌باشد ($\dot{m}$یا W)، در صورتیکه برای حالت دوفازی، این مقدار باید از طریق مقدار مایعی که درون ظرف در معرض آتش قرار دارد محاسبه شود. بنابراین در گام اول باید مقدار نرخ بخار ایجاد شده توسط آتش بدست آید. پس از محاسبه ($\dot{m}$یا W)، روند محاسبات سطح اوریفیس PSV برای تمامی مخازن فوق مشترک می‌باشد. به دلیل اینکه در کیس فایر، گاز یا بخار، از مخزن تخلیه خواهد شد.

http://www.mohandes-iran.com

منظور از آتش، Pool Fire می‌باشد، یعنی استخری از آتش روی سطح زمین ایجاد شده باشد، به عبارت دیگر، مایع هیدروکربنی روی زمین آتش گرفته باشد، به همین دلیل برای تجهیزاتی که روی رک دوم و بالاتر قرار دارند، Pool Fire تشکیل نمیشود بدلیل اینکه زیرشان فنس وجود دارد[۱].

سوالی که مطرح می‌شود اینست که آتش ایجاد شده، چگونه باعث افزایش فشار ظروف دوفازی می‌شود؟

مایع درون ظرف، توسط آتش به بخار تبدیل میشود و سبب افزایش فشار می‌شود. طبق API 521, ۵،۱۵،۱،۱، استخر آتش تا ارتفاع ۷/۶ متری را تحت تاثیر قرار می‌دهد. سطحی که توسط مایع درون ظرف خیس می‌شود و همچنین انرژی آتش به آن میرسد را سطح مرطوب (Wetted Area) می‌گویند که در معادلات API521 به صورت A_{ws} نمایش داده می‌شود[۱]. محاسبه این سطح برای وسل‌های افقی بصورت دستی امکان‌پذیر نیست و باید توسط اکسل‌شیت‌ها انجام پذیرد. به عنوان مثال محاسبه مساحت قسمت خیس شده برای وسلی که ۲۳درصد آن توسط مایع پرشده است به این راحتی قابل محاسبه نیست!



نمایی از سطح تر شده توسط مایع [۲]

برای این وسل روابط زیر پیشنهاد شده است[۲]:

http://www.mohandes-iran.com

Horizontal Cylinder with flat ends:

$$A_{wet} = [\pi (D)(B)/180]\left(L + \frac{D}{2}\right) - \left(\frac{D}{2} - E\right)\sin(B)$$

Horizontal Cylinder with spherical ends:

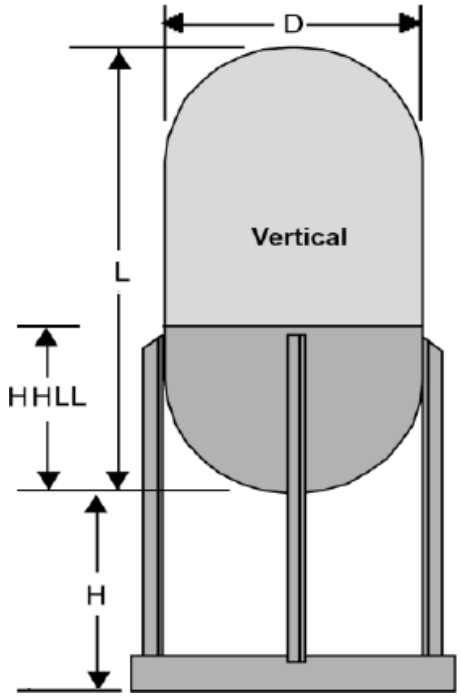
$$A_{wet} = \pi (D)\{E + [(L - D)(B)]/180\}$$

در روابط فوق، بایستی B و E تعریف شود که عبارتند از:

$$B = \text{Effective liquid level angle, degrees} = \cos^{-1}[1 - (2)(E)/(D)]$$

E، ارتفاع موثر مایع می‌باشد که حداکثر به میزان ۷/۶ متر یا ۲۵ فوت از منبع حرارتی قرار می‌گیرد. در حقیقت ما به دنبال سطحی هستیم که دو شرط را همزمان دارا باشد، الف) توسط مایع خیس شود. ب) توسط آتش، تحت تاثیر قرار گیرد.

مثال برای وسل عمودی) فرض کنید برای یک وسل عمودی مانند شکل زیر، ارتفاع از سطح زمین (H) ۲ متر باشد، ما در طراحی، همواره بدترین حالت عملیاتی را بایستی درنظر بگیریم، بنابراین فرض می‌شود که وسل در حالت HHLL باشد تا بیشترین مقدار تبخیر را برای وسل لحاظ کرده باشیم. به همین منظور فرض می‌کنیم که مقدار HHLL برابر با ۴ متر گزارش شده باشد. مقدار Aws بدین صورت قابل محاسبه می‌باشد:



http://www.mohandes-iran.com

حل: بایستی سطحی مورد محاسبه قرار گیرد که هم در معرض آتش قرار گرفته باشد (لحاظ نمودن ۷/۶ متر استاندار API 521) و هم توسط مایع خیس شده باشد. بنابراین، باتوجه به اینکه ۲متر ارتفاع از سطح زمین بعلاوه ۴ متر ارتفاع مایع درون ظرف (مجموعا ۶متر) در حیطه کامل ۷/۶متر آتش قرار میگرد بنابراین داریم:

$$A_{WS} = 0.5(\pi D^2) + \pi D\ (HHLL - D/2)$$

در مرجع [۲] این فرمول را بصورت ساده‌تر اینگونه بیان کرده است:

$$A_{WS} = \pi\ D\ l$$

L در اینجا همان ارتفاع موثری هست که برابر خواهد بود با ۴ متر.

حال فرض کنید که ارتفاع وسل از سطح زمین ۶ متر و حداکثر ارتفاع مایع درون آن ۴ متر باشد، مقدار A_{ws} چقدر خواهد بود؟

$$A_{ws} = \pi \times D \times l$$

ارتفاع کل در اینجا ۱۰ متر می‌باشد، با توجه به اینکه آتش ۷/۶ متر را تحت تاثیر قرار می‌دهد و ارتفاع وسل از سطح زمین ۶ متر است، مقدار (۶-۷/۶) متر از مایع تحت تاثیر آتش قرار می‌گیرد. بنابریان مقدار l در فرمول فوق برابر با ۱/۶ متر خواهد بود.

انرژی جذب شده توسط مایع درون وسل

طبق استاندارد API 521، دو فرمول برای انرژی جذب شده گزارش شده است، فرمول اول موقعی به کار می‌رود که سیستم زه‌کشی و امکانات آتش‌نشانی در محل موجود نباشد و فرمول دوم برای مواقعی هست که آتش توسط این سیستم‌ها می‌تواند تعدیل گردد. بنابراین برای حالت اول خواهیم داشت:

$$Q = C_2 \cdot F \cdot A_{ws}^{0,82}$$

در این فرمول، مقدار ثابت C_2 برابر با ۷۰۹۰۰ (سیستم SI) در نظر گرفته می‌شود[۱]

در حالت دوم نیز خواهیم داشت:

$$Q = C_1 \cdot F \cdot A_{ws}^{0,82}$$

در این فرمول، مقدار ثابت C_1 برابر با ۲۱۰۰۰ (سیستم SI) در نظر گرفته شده است.

http://www.mohandes-iran.com

مقدار F[۱]باتوجه به جدول زیر استفاده می‌شود[۱]:

Equipment Type	Factor F[(1)]
Bare Vessel	1.0
Insulated Vessel[(2)] (These arbitrary insulation conductance values are shown as examples and are in BTU's per hour per square foot per degree Fahrenheit): 4 2 1 0.67 0.50 0.40 0.33	 0.3 0.15 0.075 0.05 0.0376 0.03 0.026
Water application facilities, on bare vessels[(3)]	1.0
Depressurizing and emptying facilities[(4)]	1.0

پس از محاسبه نرخ گرمای جذب شده (BTU/hr یا J/s) بایستی مقدار بخار یا گازی که توسط این مقدار انرژی از مایع داخل ظرف تبخیر شده است، محاسبه شود. بنابراین خواهیم داشت:

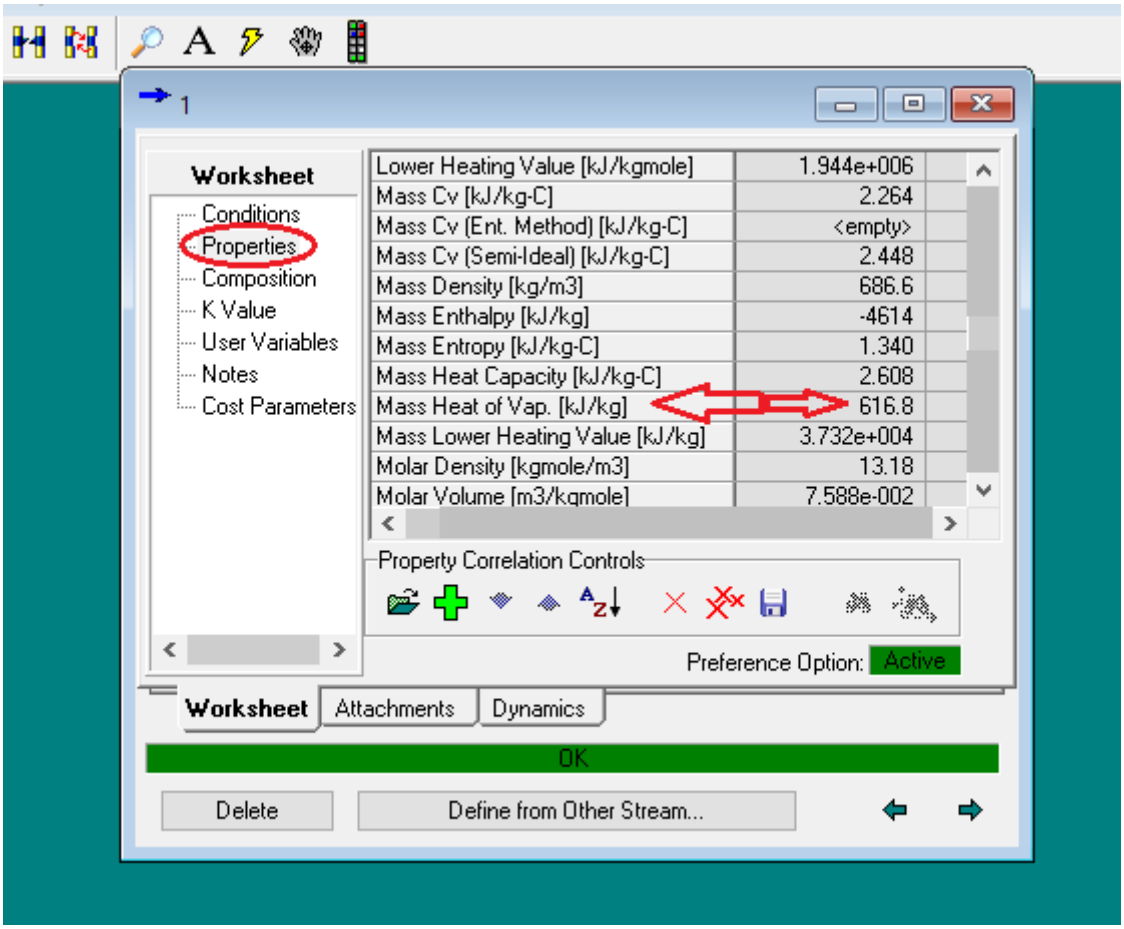
$$W = Q/\lambda$$

در این فرمول، λ گرمای نهان تبخیر[۲]مایع درون ظرف می‌باشد.

با توجه به اینکه دما در حال تغییر است، مقدار گرمای نهان تبخیر نیز چه برای مواد خالص و چه برای مخلوط‌های چند جزئی تغییر می‌کند. به همین دلیل در محاسبات، با توجه به درنظر گرفتن ایمنی فرآیند، کمترین مقدار λ بایستی در فرمول فوق قرار گیرد تا بیشترین فلوریت مواد تبخیر شده بدست آید. یکی از راه‌های محاسبه λ، استفاده از نرم افزار هایسیس می‌باشد. در این نرم افزار، مقدار گرمای نهان تبخیر با نام Mass Heat of Vaporization در قسمت Properties گزارش می‌شود.

[۱] Environment Factor
[۲] Latent Heat

http://www.mohandes-iran.com



باتوجه به استاندار API 521 صفحه ۴۵، کمترین مقدار λ برابر با ۱۱۵ kJ/kg (۵۰ Btu/lb) گزارش شده است.

در هنگام آتش‌سوزی، در فشار Relieving عمل تخلیه انجام می‌گیرد، بنابراین اگر فشار نسبی عملیاتی برفرض مثال ۱۲ بار باشد، فشار طراحی براساس کرایتریا (معمولا ۱۰ درصد) برابر با ۱۳/۲ بار خواهد بود. اگر فشار MAWP داده نشده باشد، همین فشار مبنا قرار داده می‌شود. با توجه به استاندارد API 521 برای زمان آتش‌سوزی، مقدار فشار Relieving برابر با ۲۱ درصد فشار MAWP خواهد بود. بنابراین فشار تخلیه بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{Relieving} = 13.2 \times 1.21 + 1 = 16.97 \text{ bara}$$

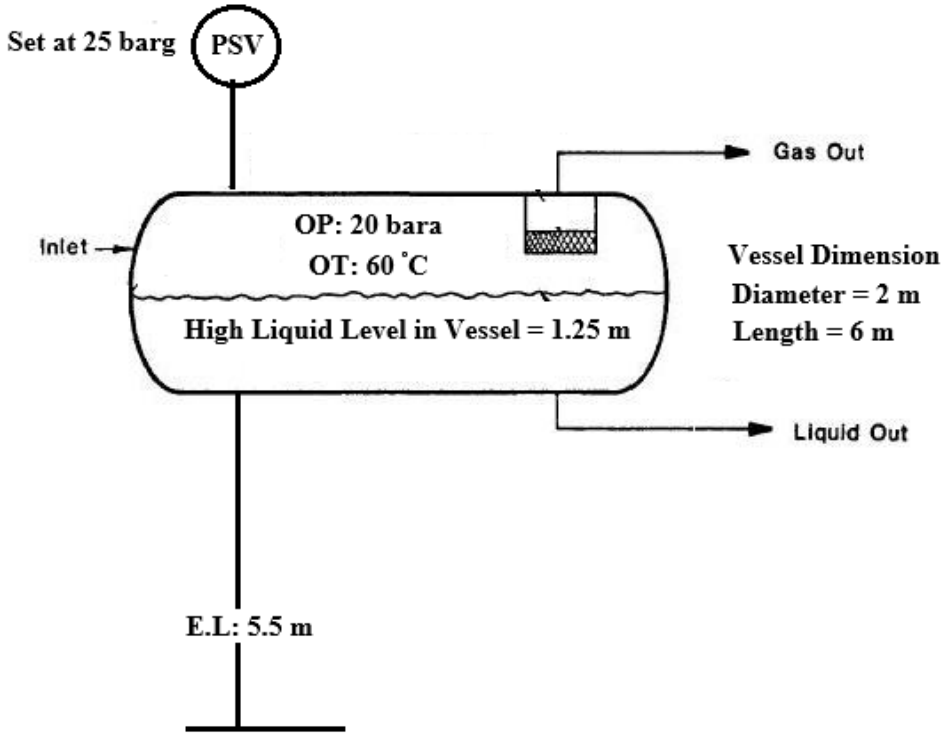
در هنگام آتش‌سوزی، دما درحال تغییر می‌باشد و در دسترس نمی‌باشد، ولی درصد تبدیل مایع به بخار (Vap Frac) را می‌توان ابتدای کار صفر درنظر گرفت و با تغییر این پارامتر بصورت گام به گام در هایسیس، دما و سایر پارامترها را محاسبه نمود.

http://www.mohandes-iran.com

مثال) برای حالت زیر، سطح مورد نیاز PSV برای کیس فایر محاسبه گردد.

Feed Composition	
	mol%
H_2O	۰.۲۳
H_2S	۰.۰۱
CO_2	۱.۲۵
N_2	۰.۰۱
C_1	۳۴.۹۱
C_2	۹.۸
C_3	۸.۸۶
i-C_4	۲.۵۶
n-C_4	۶.۴۱
i-C_5	۳.۷۸
n-C_5	۳.۹۷
n-C_6	۲۸.۲۱

http://www.mohandes-iran.com

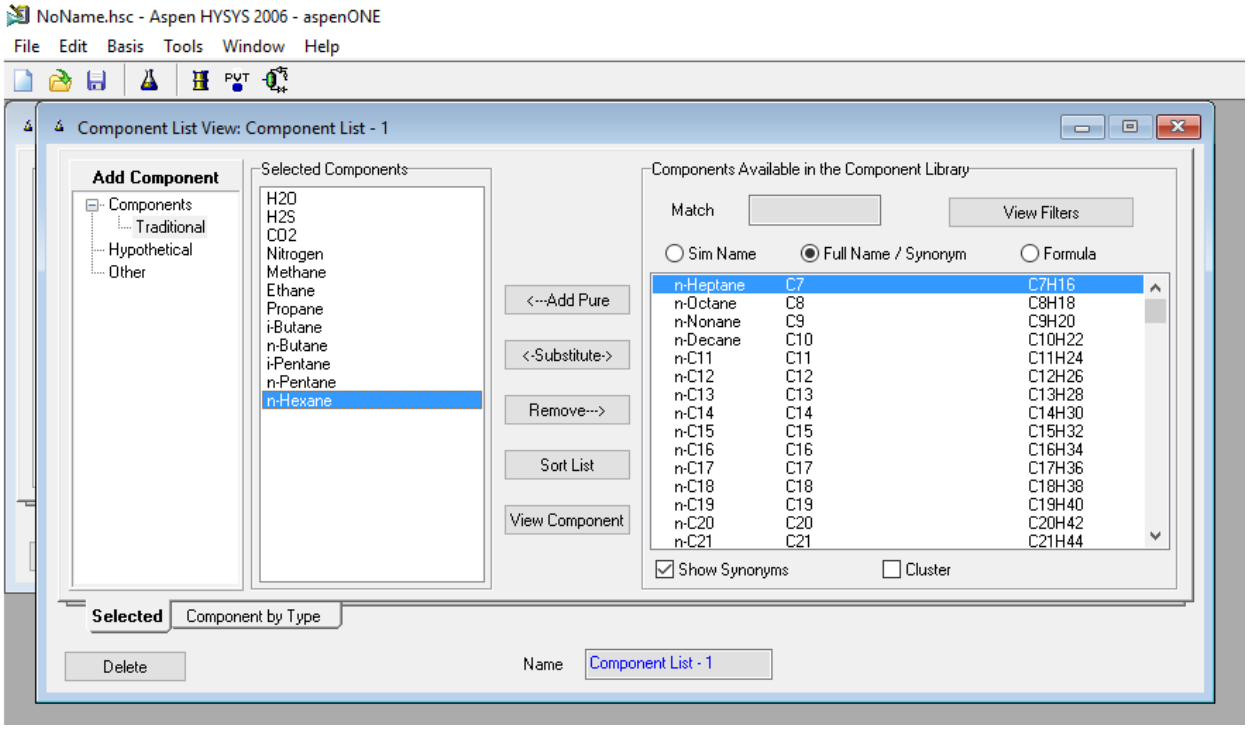


حل) ابتدا از طریق شبیه‌سازی جریان در هایسیس، مقدار λ، Z factor، K (Cp/Cv)، M_w و دمای Relieving گزارش می‌شود. پارامترهای بیان شده برای ادامه روند محاسبات، ضروری می‌باشد. دمای ریلیف در فرمول‌های محاسبه PSV و همینطور شبکه فلر بکار می‌رود. این دما در فشار ریلیوینگ بایستی محاسبه شود. لازم به یادآوری می‌باشد که در کیس فایر دما در حال تغییر می‌باشد، بنابراین باتوجه به تعریف، دما در فشار Relieving بایستی گزارش شود.

مراحل زیر بایستی دنبال شود:

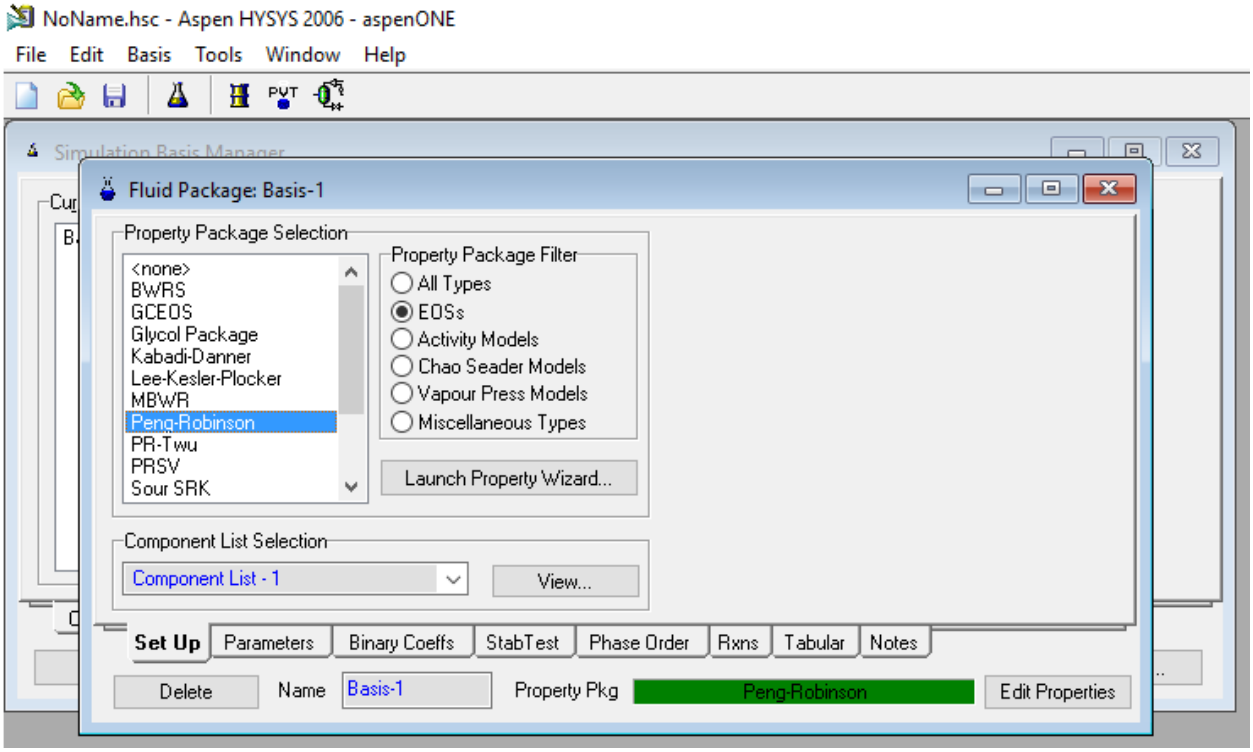
۱- انتخاب Componentها

http://www.mohandes-iran.com



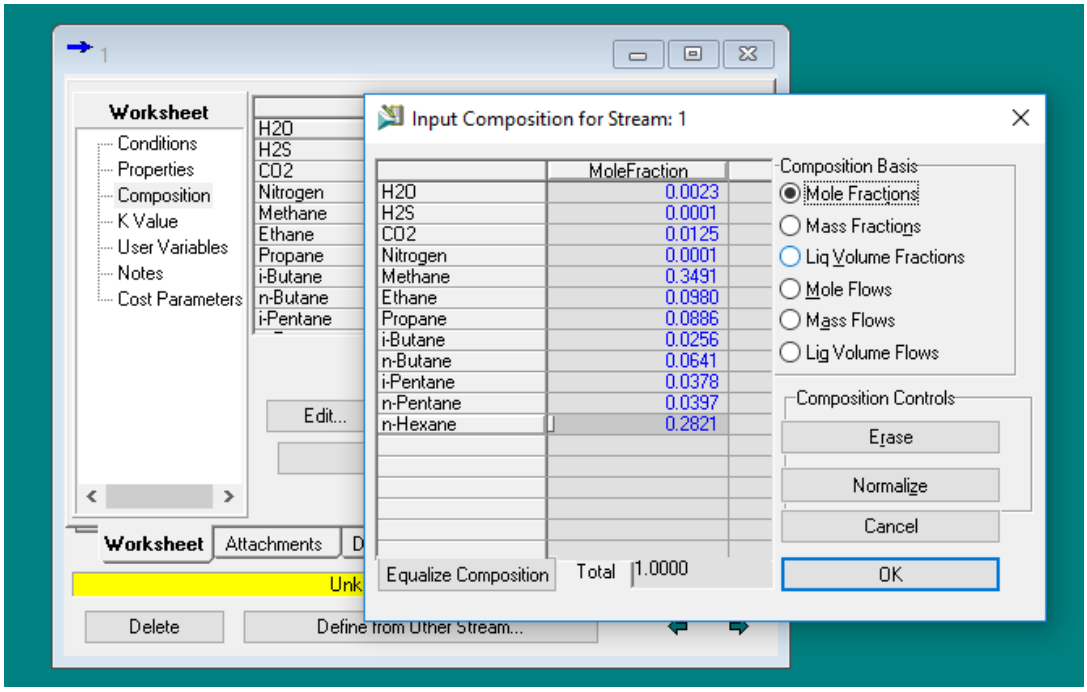
۲- انتخاب معادله حالت، چون حالت گاز در شبیه‌سازی وجود دارد از معادلات EOSs مثل P.R استفاده می‌شود.

http://www.mohandes-iran.com



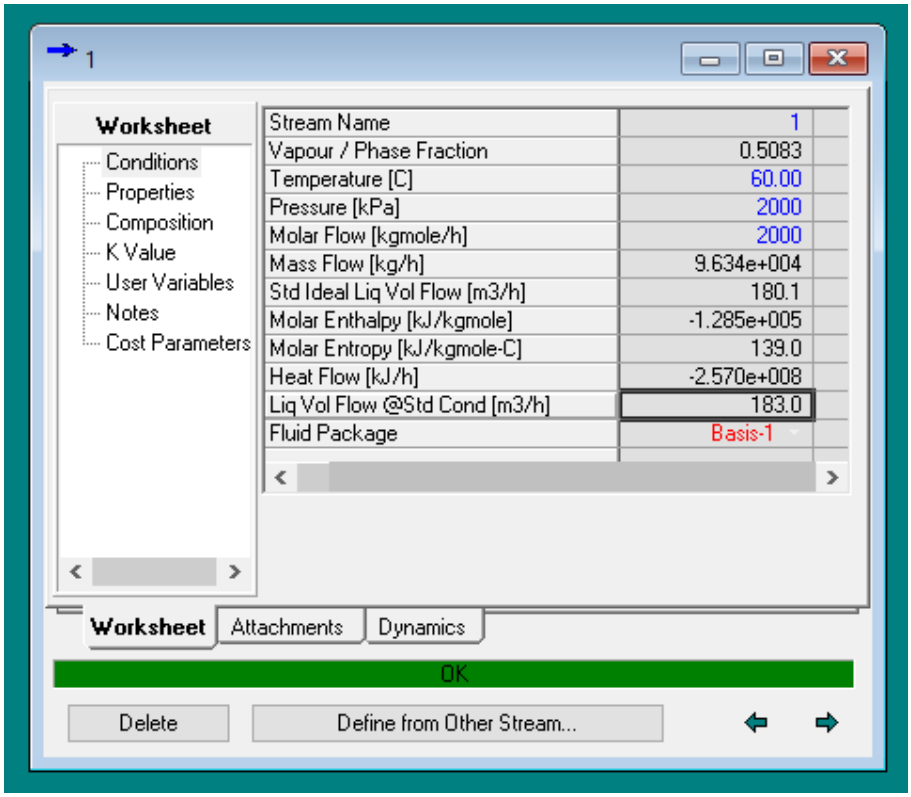
۳- وارد محیط شبیه‌سازی شده و جریان شماره (۱) ساخته شده و Compositionها به همراه ترکیب درصدهای داده شده انتخاب می‌شود.

http://www.mohandes-iran.com

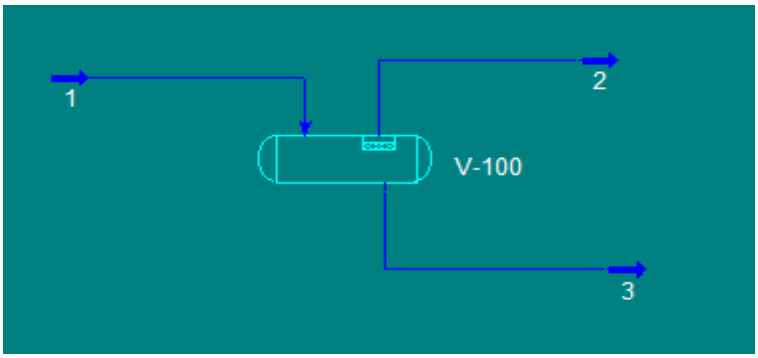


۴- در قسمت Condition دمای عملیاتی قرار می‌دهیم (توجه شود فعلا در حال حاضر شبیه‌سازی حالت عملیاتی می‌باشد، در آخر حالت فایر شبیه‌سازی خواهد شد). همچنین برای محاسبه سایر شرایط، بایستی به هایسیس پارامتر سومی هم داده شود که فرض می‌شود مقدار فلوریت ۲۰۰۰ می‌باشد. البته تاثیری در محاسبات ندارد و این مقدار می‌تواند دلخواه باشد.

http://www.mohandes-iran.com

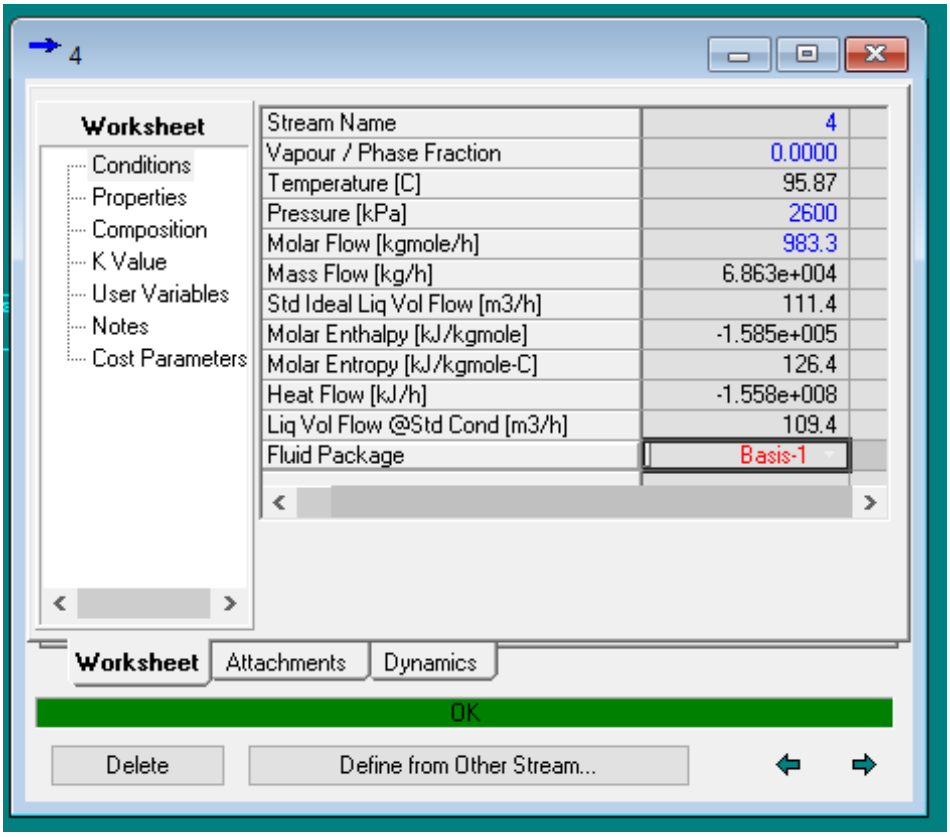


۵- وسل دوفازی یا سه فازی مورد نظر انتخاب شده و جریان‌های خروجی آن مشخص می‌شود (در این مثال جریان ۲ به عنوان گاز خروجی و جریان ۳ به عنوان مایع خروجی در نظر گرفته شده است).



http://www.mohandes-iran.com

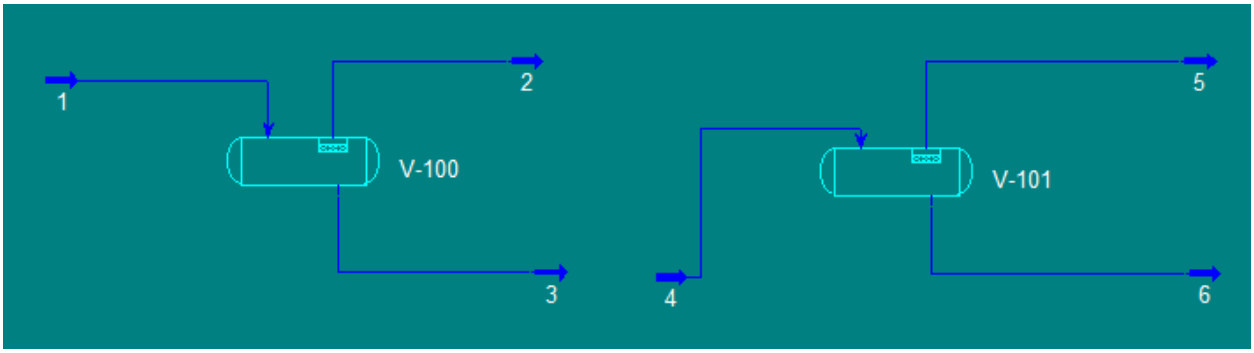
۶- وسل شبیه‌سازی شده، درحالتی قرار دارد که اتفاقی در پیرامون آن رخ نداده است، حال بایستی شرایط فایر شبیه‌سازی شود. در زمان آتش‌سوزی، جریان (۳) در معرض آتش قرار خواهد گرفت و دما و پارامترهای ترمودینامیکی آن تغییر کرده و تبدیل به بخار (یا گاز) می‌شود. بنابراین جریانی به اسم (۴) دقیقا مشابه با جریان شماره (۳) تعریف شده و فشار آن، مقدار فشار Relieving (در این مثال ۱+۲۵ bara) قرار داده می‌شود. دمای جریان (۴) حذف شده (چون دمای حالت فایر بالا رفته و مشخص نیست) و مقدار Vap.Frac آن برابر با صفر درنظر گرفته می‌شود. در این حالت، مقدار مایع پس از رسیدن به دما و فشار Relieving تبدیل به بخار شده و آنقدر ادامه می‌یابد که تمامی آن به بخار تبدیل شود (Vap.Frac = 100). شکل زیر جریان (۴) را نمایش می‌دهد.



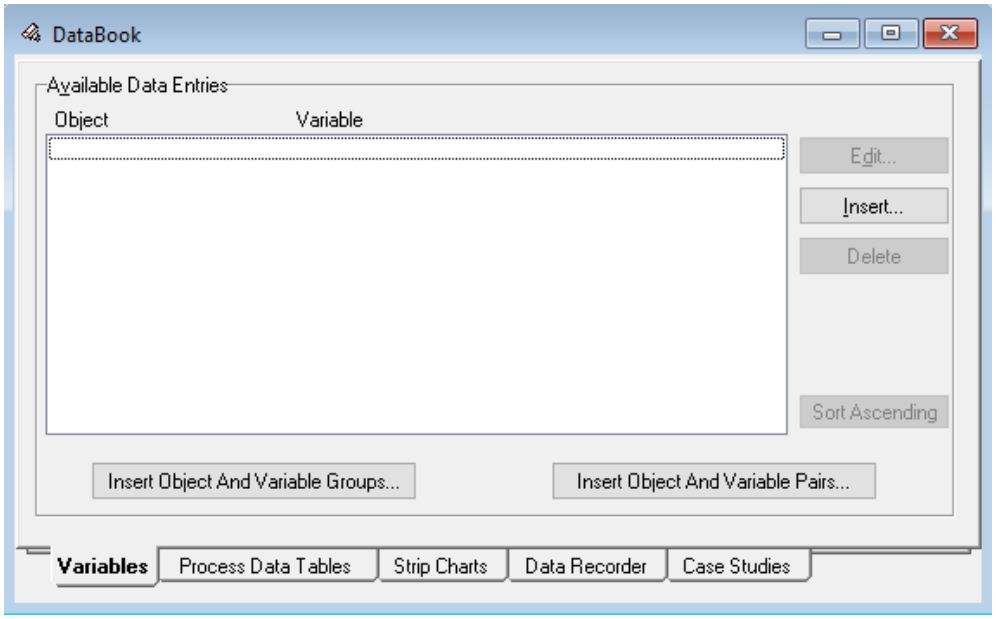
اعدادی که به رنگ آبی می‌باشد، توسط کاربر به هایسیس داده شده است.

http://www.mohandes-iran.com

۷- جریان (۴) بایستی انقدر تبخیر شود تا تمامی آن به بخار تبدیل گردد. به همین دلیل یک وسل دوفازی دیگر شبیه‌سازی شده و جریان (۵) به عنوان بخار و (۶) به عنوان مایع درنظر گرفته می‌شود.

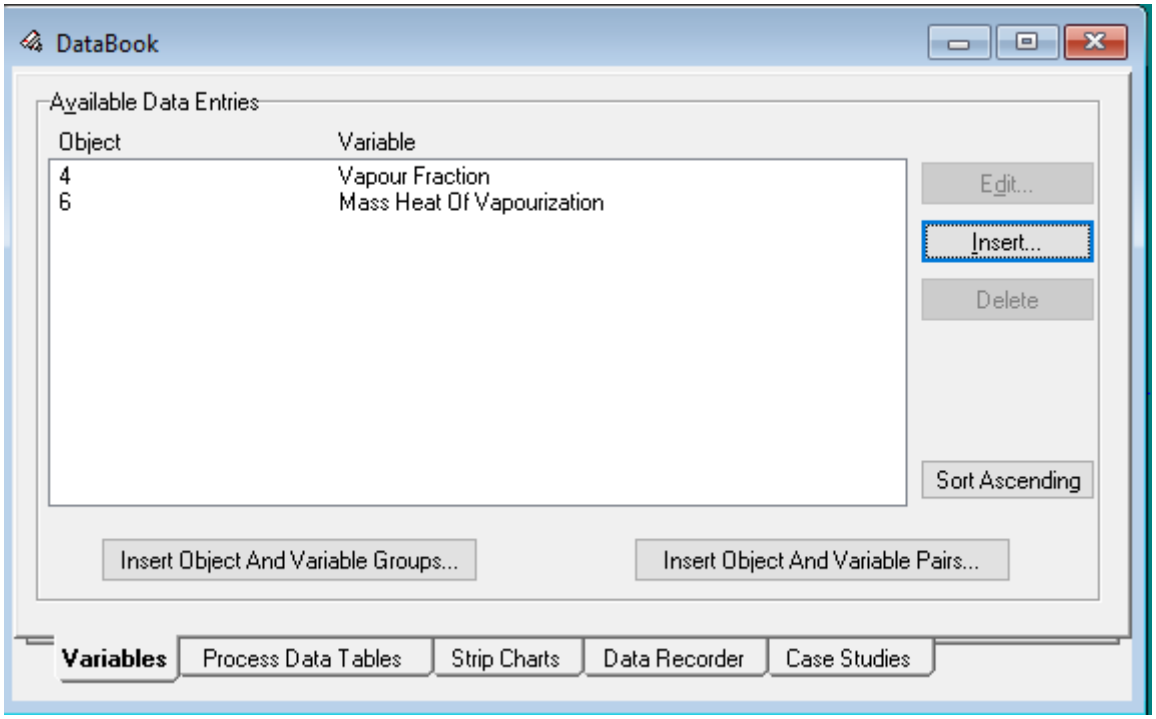


۸- با توجه به اینکه کمترین مقدار λ دارای اهمیت می‌باشد، بایستی تغییرات آن در طول آتش‌سوزی برحسب میزان درصد مایع تبخیر شده محاسبه گردد. بنابراین از طریق Case Study در هایسیس با تغییر Vap.Frac برای جریان (۴)، مقدار تغییرات λ برای جریان (۶) ثبت می‌گردد. بنابراین، Ctri+D را اجرا کرده و وارد Case Study در هایسیس می‌شویم.



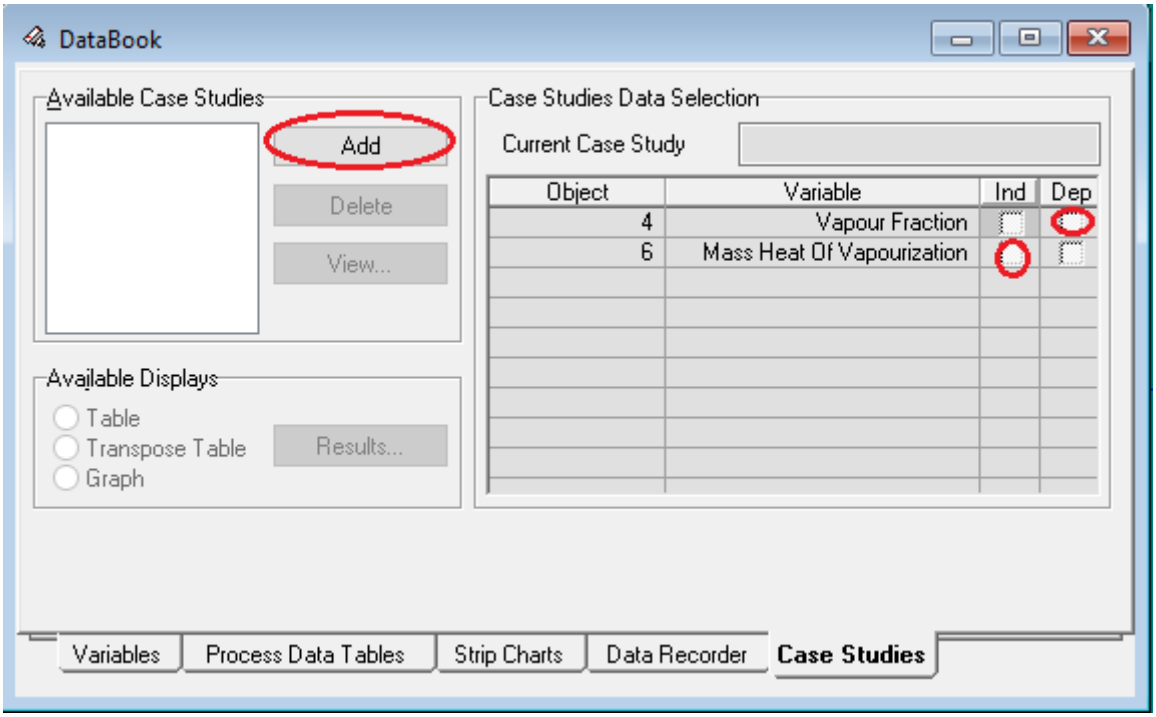
http://www.mohandes-iran.com

از طریق گزینه Insert، برای جریان (۴)، Vap.Frac را Add کرده و برای جریان (۶)، Mass Heat of Vap را Add می-کنیم و کلید Close را می‌زنیم.

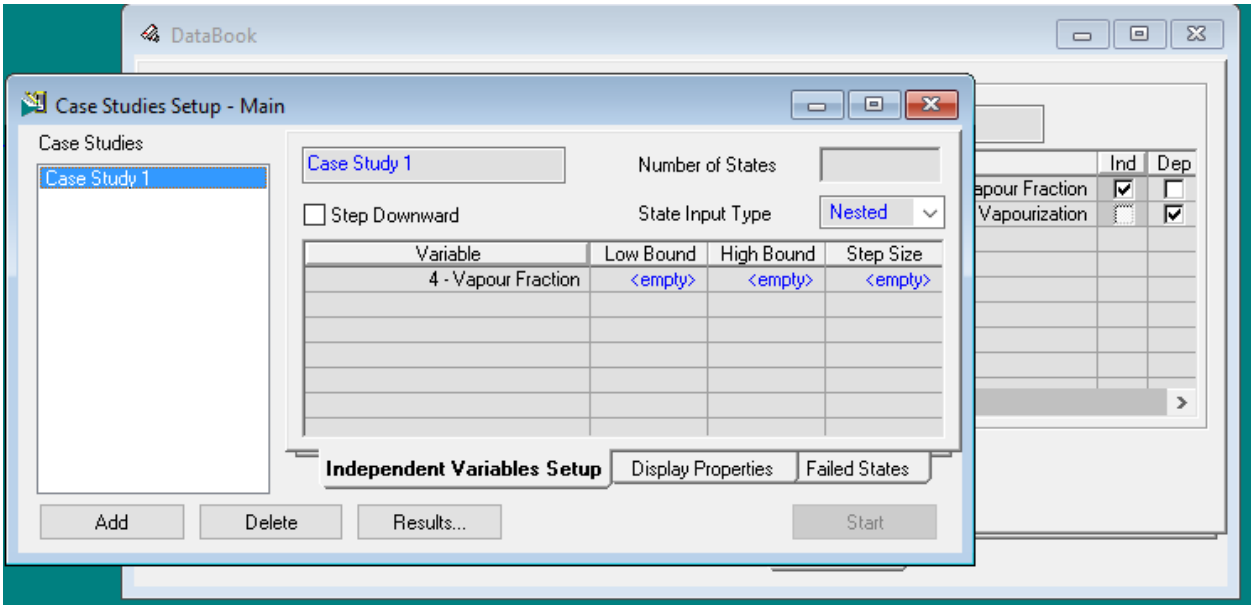


از طریق گزینه Case Studies در پایین پنجره فوق، وارد محیط زیر خواهیم شد.

http://www.mohandes-iran.com

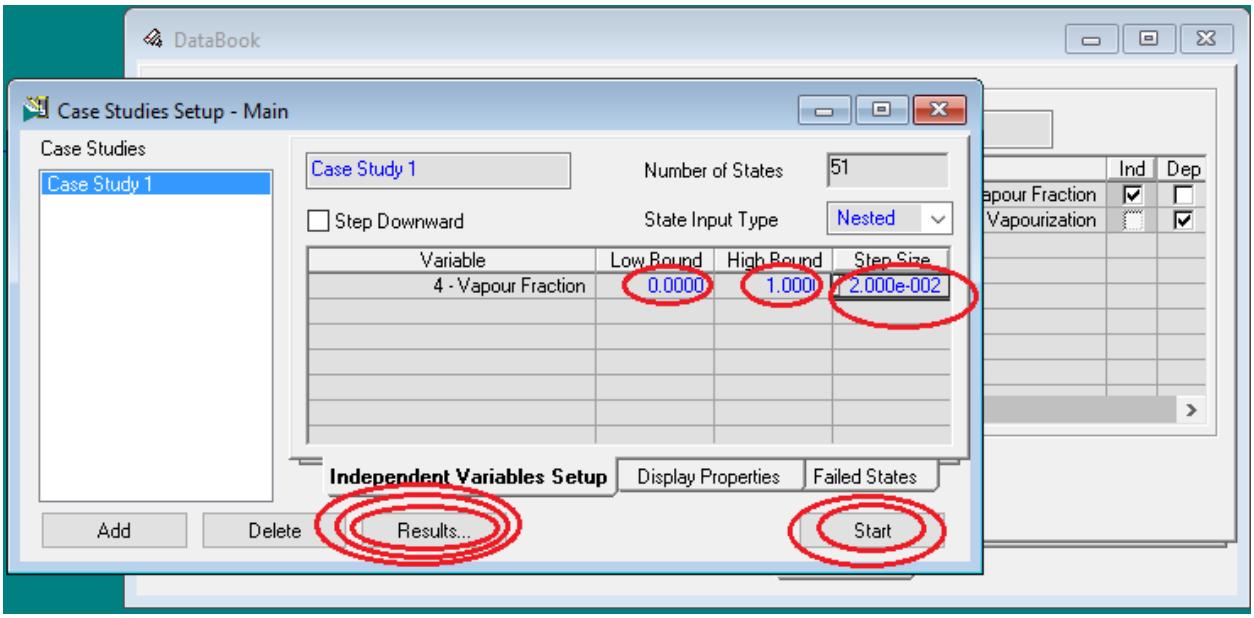


همانطور که در شکل فوق نشان داده شده است، ابتدا کلید Add را اجرا کرده و Vap.Frac را به عنوان متغیر مستقل (Indipendent) و Mass Heat of Vap را به عنوان متغیر وابسته (depent) انتخاب می‌کنیم و گزینه View را انتخاب میکنیم.



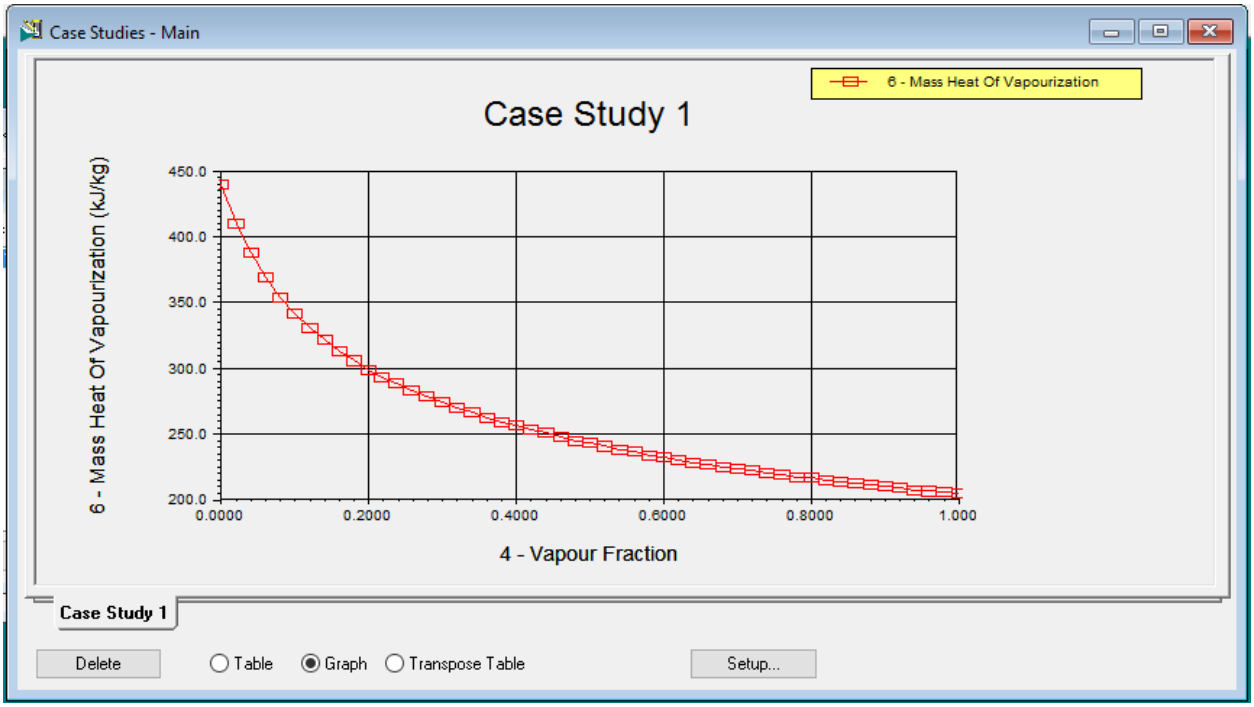
http://www.mohandes-iran.com

در این قسمت، برای Vap.Frac اینگونه تعریف میکنیم که بین ۰ (برای Low Bound) تا ۱ (برای High Bound)، با گام ۰/۰۲ (یا هرگام دیگر) (Step Size) تغییر کند.



در آخر کار، Start را انتخاب کرده و پس از انجام محاسبات توسط هایسیس، در همان پنجره گزینه Results را انتخاب می‌کنیم تا نتایج حاصل از شبیه‌سازی نمایش داده شود.

http://www.mohandes-iran.com



با توجه به نتایج شبیه‌سازی، مقدار کمترین λ در انتهای نمودار می‌باشد که برابر خواهد بود با ۲۰۵ Kj/kg

http://www.mohandes-iran.com

۸. محاسبات و سایزینگ PSV های Blocked Outlet

اگر خط خروجی از تجهیزات مانند وسل، ماشین های دوار و یا مبدل حرارتی بسته شود به طوری که عبورجریان از آن غیر ممکن شود، ممکن است منجر بیش افزایش فشار گردد.

۱)ارائه شیر Block از نوع locked-open یا car-sealed از رخداد شرایط افزایش فشار جلوگیری می کند. با این حال، برای وسل ها، اگر فشار ناشی از نفص کنترل های اجرایی باشد به عنوان مثال شیرهای locked open & car-sealed فشار هیدروتست اصلاح شده می تواند تجاوز کند ،تکبه بر کنترل های اجرایی به عنوان تنها وسیله جلوگیری کننده از افزایش فشار ممکن نیست مناسب باشد.(API STD 521 4.3.2)

۲) خروجی بسته با هر شیر کنترل به علت عملیات غیر عمدی در نظر بگیرید.

۳) برای موقعیت باز شیر کنترل در شرایط فرونشانی، به (۳)-۵,۱ Sec مراجعه کنید.

۴) وقتی همه خروجی های تجهیزات مسدود شده باشد ،بار فرونشانی باید حداقل به بزرگی ظرفیت منابع فشار باشد.اگر همه خروجی ها بسته نباشد،ظرفیت خروجی غیر بسته ممکن است به درستی در نظر گرفته شود.

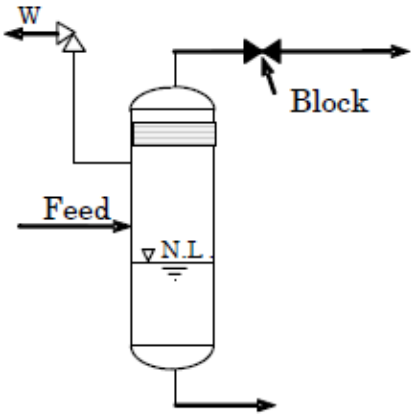
vessels-۶,۲,۱

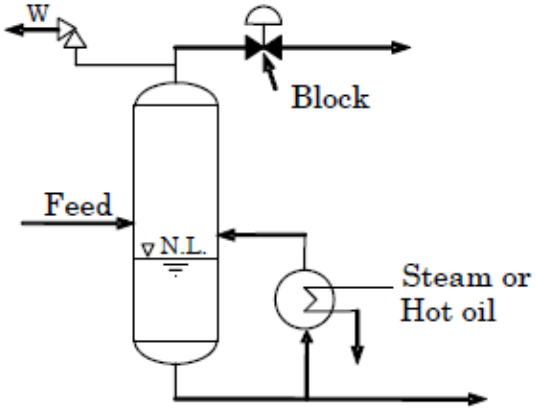
۱) Drums

a) Separator

b) Flushing Drum

http://www.mohandes-iran.com





بارهای فرونشانی(W)

a)separator : نرخ جریان بخار موجود در جریان

b)Flashing drum : علاوه بر نرخ جریان بخار موجود در جریان محاسبه بار فرونشانی براساس heat duty ریبویلر در شرایط فرونشانی که می تواند با رویه نشان داده شده در .Appendix-2 محاسبه شود.

Appendix-2

Heat duty اضطراری ریبویلر

بار فرونشانی از شیر اطمینان فشار واقع در بالای سر از ستون تقطیر با جوش آور بستگی به heat dutyجوش آور در مواقع اضطراری دارد. اصول محاسبه heat duty برای جوش آور بخار و جوش آور روغن داغ مواقع اضطراری در این ضمیمه برجسته شده است.

http://www.mohandes-iran.com

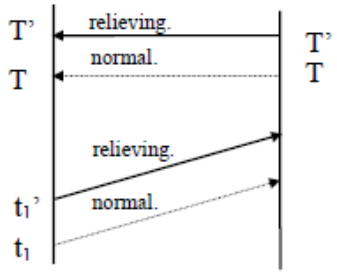
A.2.1 ریبویلر بخار

۱) ورودی و خروجی دمای سیال فرآیندی به / از جوش آور در فشارفرونشانی افزایش خواهد یافت، زیرا دمای جوش سیال فرآیندی را افزایش می دهد، زمانی فشار عملیاتی به فشار فرونشانی می رسد.

۲) وقتی حرارت بخار تحت کنترل جریان بخارعرضه بشود، دمای اشباع جریان در فشار هدر تامین کننده باید به محاسبه ΔT اعمال شود، به این دلیل که شیر کنترل جریان تمایل به باز کردن برای حفظ ثابت جریان بخار است. اگر سیستم کنترل دیگر به عرضه بخار استفاده شود، درجه حرارت نرمال عملیاتی بخار استفاده می شود.

۳) (محاسبه کلی ضریب انتقال حرارت) باید برای تجدید محاسبه استفاده می شود. Heat duty جوش آور اضطراری و بار بخار فرونشانی باید توسط معادلات زیر بدست می آید:

Temperature (°C) Profile



ΔT: use the temp. difference at normal

$$\Delta T' = \frac{t_2' - t_1'}{\ln\left(\frac{T' - t_1'}{T' - t_2'}\right)}$$

$$\Delta Q' = \left(\frac{\Delta T'}{\Delta T}\right)\left(\frac{U_{CALC}}{U_D}\right)\Delta Q$$

$$W = \frac{\Delta Q'}{\lambda}$$

		Metric	SI
Where, ΔT	: temp. difference at normal	(°C)	(°C)
$\Delta T'$	: temp. difference at relieving	(°C)	(°C)
U_{CALC}	: calculated overall heat trans. coeff.	(kcal/hm^2°C)	(W/m^{2}K)
U_D	: design overall heat trans. coeff .	(kcal/hm^2°C)	(W/m^{2}K)
ΔQ	: heat duty at normal	(kcal/h)	(kW)
$\Delta Q'$	: heat duty at relieving	(kcal/h)	(kW)
λ	: latent heat of vaporization	(kcal/kg)	(kJ/kg)
W	: relieving load	(kg/h)	(kg/s)

http://www.mohandes-iran.com

A.2.2 ریبویلر روغن داغ

هنگامی که منبع روغن داغ متوقف می شود با توجه به نقص مانند توقف پمپ روغن داغ، افزایش بیش از حد فشار رخ نمی دهد زیرا هیچ ورودی حرارت به جوش آور نداریم. در صورت عرضه روغن داغ ادامه یابد heat duty باید بر اساس پروفیل دمای تحت شرایط فرونشانی محاسبه گردد.

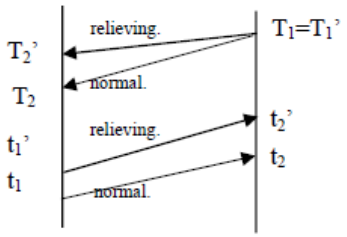
۱) ورودی و خروجی دمای سیال فرآیندی به / از جوش آور در فشارفرونشانی افزایش خواهد یافت، زیرا دمای جوش سیال فرآیندی را افزایش می دهد، زمانی فشار عملیاتی به فشار فرونشانی می رسد.

۲) میزان جریان روغن داغ مشابه عملیات عادی نگهداری می شود.

۳) (محاسبه کلی ضریب انتقال حرارت) باید برای تجدید محاسبه استفاده می شود. با توجه به شرایط فوق، فرض دمای خروجی از روغن داغ (T2) و به دست آوردن heat duty جوش آور (ΔQ ') با آزمون و محاسبه خطا با استفاده از معادلات زیر است:

http://www.mohandes-iran.com

Temperature (°C) Profile



ΔT: use the temp. difference at normal

$$\Delta T' = \frac{(T_1' - t_2') - (T_2' - t_1')}{\ln\left(\frac{T_1' - t_2'}{T_2' - t_1'}\right)}$$

Solve two equations below in trial-and-error

$$\Delta Q' = \left(\frac{\Delta T'}{\Delta T}\right)\left(\frac{U_{CALC}}{U_D}\right)\Delta Q$$

$$\Delta Q' = \frac{T_1 - T_2'}{T_1 - T_2}\cdot\Delta Q$$

$$W = \frac{\Delta Q'}{\lambda}$$

			Metric	SI
Where,	ΔT	: temp. difference at normal	(°C)	(°C)
	$\Delta T'$	: temp. difference at relieving	(°C)	(°C)
	U_{CALC}	: calc. overall heat trans. coeff.	(kcal/hm^2°C)	(W/m^{2}K)
	U_D	: design overall heat trans. coeff .	(kcal/hm^2°C)	(W/m^{2}K)
	ΔQ	: heat duty at normal	(kcal/h)	(kW)
	$\Delta Q'$	: heat duty at relieving	(kcal/h)	(kW)
	λ	: latent heat of vaporization	(kcal/kg)	(kJ/kg)
	W	: relieving load	(kg/h)	(kg/s)

http://www.mohandes-iran.com