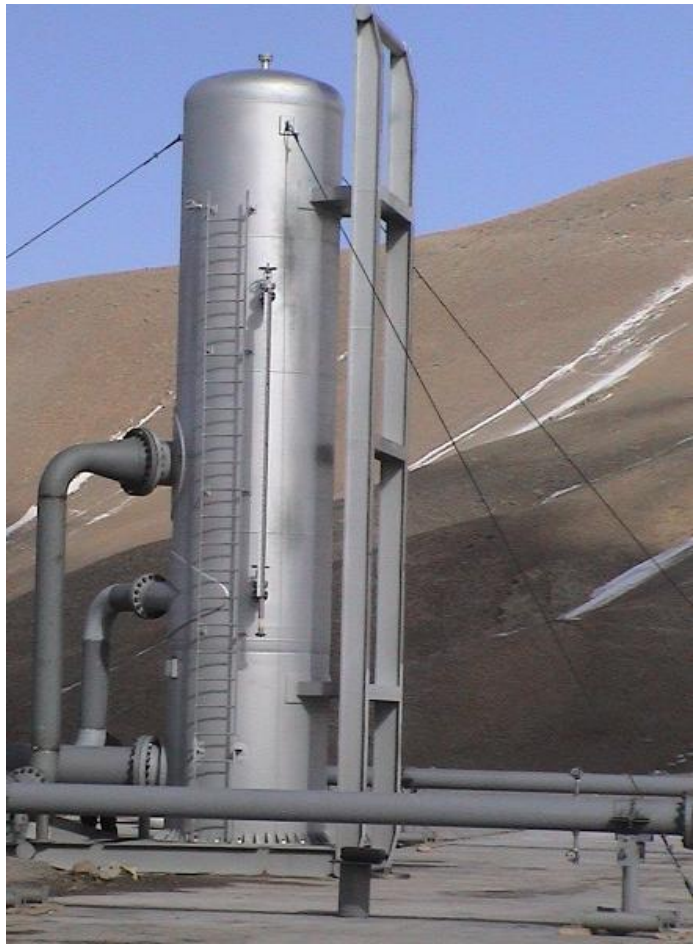
مجتمع آموزش عالی گناباد

فصل سوم

جداکنند های دوفازی

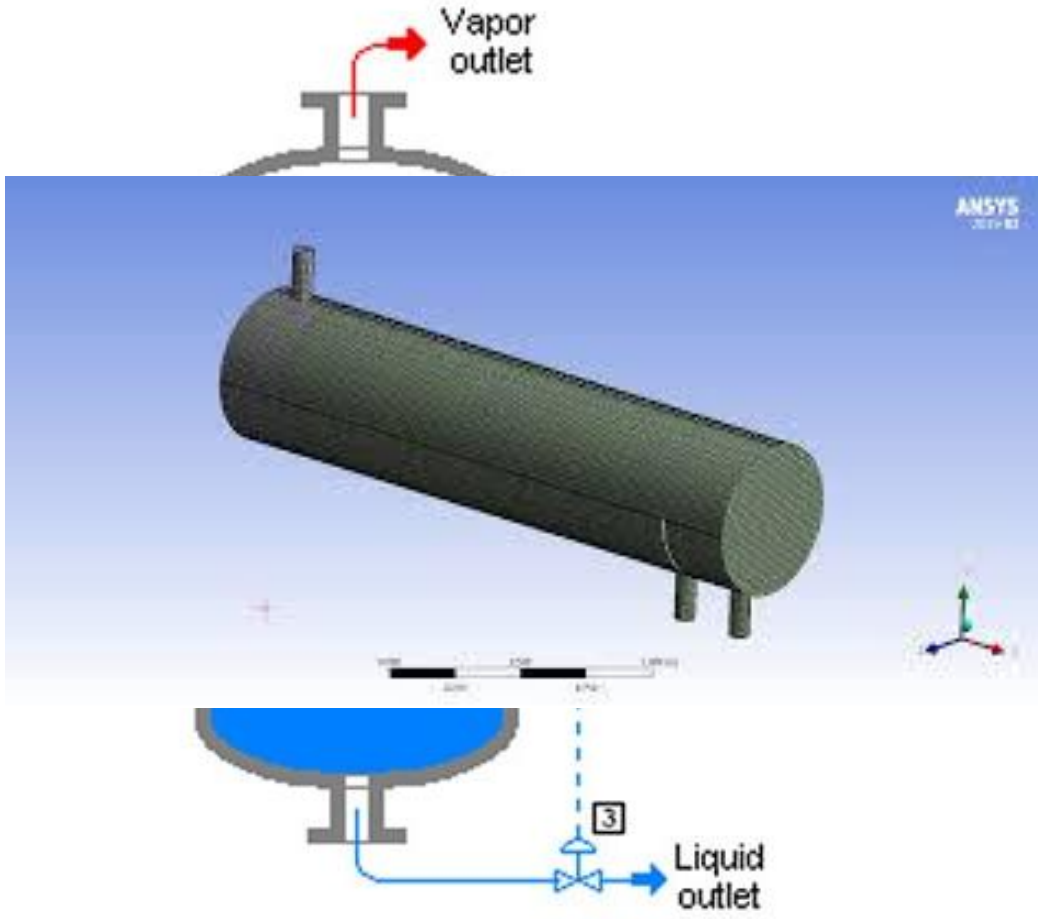
مدرس:
نفیسه بینش

مقدمه



- جداسازی مخلوط‌های گاز-مایع در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی
- جداسازی اولیه در تأسیسات بهره‌برداری از چاه
- استفاده در واحدهای جداسازی گاز طبیعی
- استفاده در ایستگاه‌های تقویت فشار
- واحدهای شیرین‌سازی گاز
- صنایع شیمیایی و فرآوری مایعات
- کاهش آلودگی و جداسازی هیدروکربن‌ها از پساب صنعتی

مکانیسم جداسازی



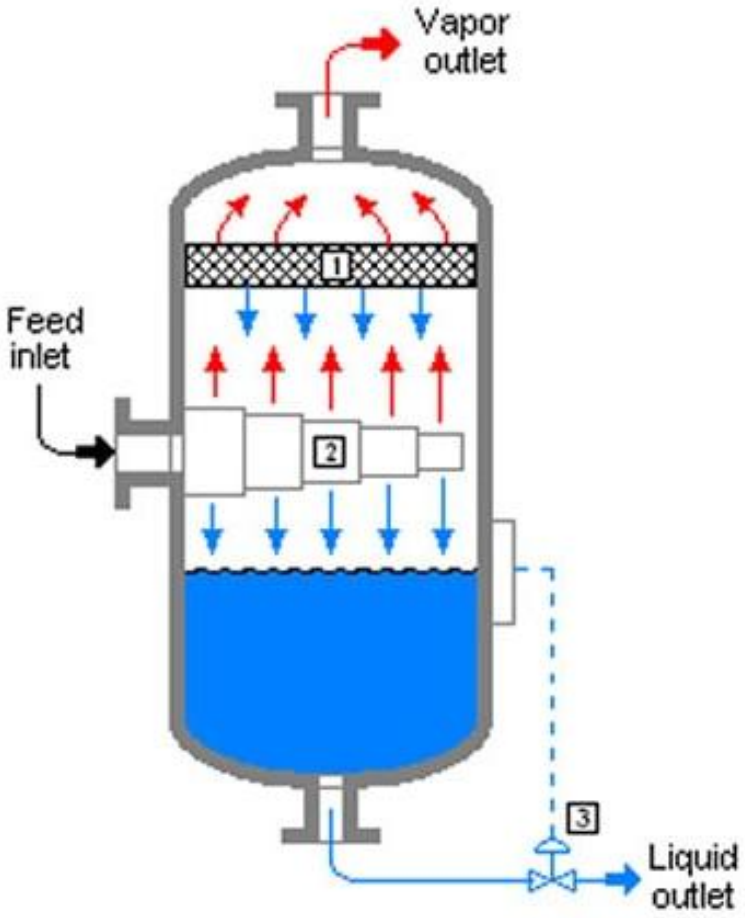
مرحله اول: ورود سیال مخلوط

مرحله دوم: جداسازی مایع از گاز

مرحله سوم: حذف قطرات مایع Mist Eliminator

مرحله چهارم: خروج فازها

طراحی جداکننده های دوفازی عمودی



اهداف:

- **محاسبه ارتفاع های مختلف موجود در جداکننده**
- **محاسبه ارتفاع کل و قطر جداکننده**

مراحل طراحی

گام اول: محاسبه سرعت حد ته نشینی قطرات مایع

$$U_T = \sqrt{\frac{4.g.d_p(\rho_l - \rho_v)}{3.C_d.\rho_v}}$$

$$U_T = K\sqrt{\frac{(\rho_l - \rho_v)}{\rho_v}}$$

Where

$$K = \sqrt{\frac{4.g.d_p}{3.C_d}}$$

مراحل طراحی

$$K=\begin{cases}(0.1821+0.0029P+0.0460Ln(P)).0.3048 & 1\le P\le 15\\ 0.1067 & 15\le P\le 40\\ (0.43-0.023Ln(P)).0.3048 & 40\le P\le 550\end{cases}$$

P(psia)

$$K=(0.35-0.0001\ (P-100)).0.3048 \qquad 0\le P\le 1500 \qquad P\ (psig)$$

توجه: مقدار K را می توان از جداول موجود نیز تعیین کرد.

Typical K & C Factors for Sizing Woven Wire Demisters

Separator Type	K Factor (m/s)	C Factor (m/h)
Horizontal	0.12 to 0.15	430 to 540
Vertical	0.05 to 0.11	200 to 400
Spherical	0.05 to 0.11	220 to 400
Wet Steam	0.076	270
Most vapors under vacuum	0.061	220
Salt & Caustic Evaporators	0.046	160
Adjustment of K & C Factor for Pressure - % of design value[15]		
Atmospheric	100	
1000 kPa	90	
2000 kPa	85	
4000 kPa	80	
8000 kPa	75	

- For glycol and amine solutions, multiply K by 0.6 - 0.8.
- Typically use one-half of the above K or C values for approximate sizing of vertical separators without wire demisters.
- For compressor suction scrubbers and expander inlet separators multiply K by 0.7 - 0.8.

مراحل طراحی

گام دوم: محاسبه قطر ستون

$$U_V = 0.75.U_T$$

$$Q_V = 3600.A.U_V \ , \ A = \pi.D_V^2/4$$

$$D_v = \left(\frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot U_v \cdot 3600} \right)^{1/2}$$

نکته مهم: باید قطر را به سمت بالا به صورت مضربی از ۶ بر حسب اینچ گرد کنیم.

توجه: در حالتیکه Mist Eliminator وجود دارد، چون قطر بدست آمده در واقع قطر Mist Eliminator است، بنابراین باید قطر داخلی مخزن اندکی بیشتر از مقدار بدست آمده از رابطه فوق باشد تا بتوان Mist Eliminator را نصب نمود. در این حالت معمولاً به قطر بدست آمده ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتر اضافه می شود.

مراحل طراحی

گام سوم: محاسبه ارتفاع ستون

۱. محاسبه H_{LLL}: Low-Low Liquid Level یا حداقل سطح بحرانی مایع کمترین ارتفاع مایع است که پایین تراز آن جداکننده مختل می شود. اگر سطح مایع از این مقدار کمتر شود، ممکن است گاز وارد جریان خروجی مایع شود.

HLL

Vessel Diameter (mm)		H_{LLL} (mm)	
		P < 300 psia	P > 300 psia
Less than	1200	300	150
	1800	300	150
	2400	300	150
	3000	150	150
	3700	150	150
	4900	150	150

مراحل طراحی

گام سوم: محاسبه ارتفاع ستون

۲. محاسبه H_L: Low Liquid Level یا سطح پایین مایع بالاتر از H_{LLL} تنظیم می‌شود تا یک حاشیه ایمنی برای جلوگیری از ورود گاز به خروجی مایع وجود داشته باشد. به عبارتی سطحی است که در شرایط نرمال نباید از آن کمتر شود تا از ورود گاز به خط خروجی مایع جلوگیری کند.

$$H_L = H_{LLL}\,(cm) + (7.5\text{-}15\ cm)$$

معمولاً بین ۷/۵ تا ۱۵ سانتی متر بیشتر از H_{LLL} برای H_L در نظر گرفته می شود.

مراحل طراحی

گام سوم: محاسبه ارتفاع ستون

۳. محاسبه H_{LIN}: Liquid Level in Normal Operation سطح مایع است که جداکننده در شرایط نرمال عملیاتی در آن کار می کند.

$$H_{LIN} = 0.5\ H_S$$

- در اکثر طراحی‌ها، این ارتفاع در حدود نصف ارتفاع موج‌گیری H_S در نظر گرفته می‌شود

مراحل طراحی

گام سوم: محاسبه ارتفاع ستون

٤. محاسبه H_s: Surge Height حاشیه‌ای برای تغییرات سطح مایع در اثر تغییرات نرخ جریان است.

$$H_S = 0.2\ D$$

- معمولاً ٪۲۰ قطر جداکننده D_V برای این ارتفاع در نظر گرفته می‌شود.

مراحل طراحی

گام سوم: محاسبه ارتفاع ستون

۵. محاسبه H_H: High Liquid Level سطحی است که در آن، قبل از رسیدن به سطح بحرانی، هشدار افزایش مایع داده می‌شود.

$$H_H = H_{LIN} + 0.5\ H_s$$

مراحل طراحی

گام سوم: محاسبه ارتفاع ستون

۶. محاسبه H_{HHH}: High-High Liquid Level حداکثر سطحی است که اگر مایع از آن بالاتر برود، ممکن است وارد خروجی گاز شود و موجب مشکلات عملیاتی گردد.

$$H_{HHH} = H_H + (7.5\text{-}15)\text{cm}$$

- معمولاً ۷.۵ تا ۱۵ سانتی‌متر بالاتر از H_H برای آن در نظر گرفته می‌شود.

مراحل طراحی

گام سوم: محاسبه ارتفاع ستون

۷. محاسبه H_g: Gas Space Height فضای مورد نیاز برای عبور گاز و جلوگیری از همراه شدن قطرات مایع است.

$$H_g = 0.75\ D_v$$

توجه:

- زمانی که از Mist Eliminator استفاده نشود، H_g برابر با فاصله خط مرکزی نازل ورودی تا خط مماس بالای ستون خواهد بود و مقدار آن از رابطه فوق محاسبه می شود.
- زمانی که زمانی که از Mist Eliminator استفاده شود، H_g برابر با فاصله خط مرکزی نازل ورودی تا زیر Mist Eliminator خواهد بود و باید ۱۵ سانتیمتر برای ارتفاع Mist Eliminator و ۳۰ سانتیمتر برای فضای آزاد بالای ستون به ارتفاع فضای گازی اضافه شود.

مراحل طراحی

گام سوم: محاسبه ارتفاع ستون

۸. محاسبه ارتفاع کل ستون H_V: از جمع ارتفاع های فوق ارتفاع کل ستون محاسبه خواهد شد.

$$H_V = H_{LLL} + H_L + H_{LIN} + H_s + H_H + H_{HHH} + H_g + (15 + 30)\text{with mist eliminator}$$

واحد کلیه ارتفاع ها بر حسب سانتیمتر در نظر گرفته شده است.

نکته مهم: باید ارتفاع بدست آمده را به سمت بالا به صورت مضربی از ۳۰ بر حسب اینچ گرد کنیم.

مثال

با توجه به اطلاعات داده شده یک جدا کننده دوفازی عمودی طراحی کنید. فرض کنید Mist eliminator وجود ندارد.

$\rho_L = 551.3\ kg/m^3$

$\rho_V = 58.13\ kg/m^3$

$Q_V = 2845\ m^3/hr$

$T = 53\ ^\circ C$

$p = 985.5\ psia$

حل

گام اول: محاسبه سرعت حد ته نشینی قطرات

$K = (0.35 - 0.0001\,(P-100)).0.3048 \qquad 0 \le P \le 1500 \qquad P\ (psig)$

p= 985.5-14.7 = 970.8 psig

K= (0.35-0.0001(970.8-100))*0.3048 = 0.08

$$U_T = K\sqrt{\frac{(\rho_l - \rho_v)}{\rho_v}} = 0.233 \text{ m/s}$$

حل

گام دوم: تخمین قطر جداکننده

$U_v = 0.75\ U_T = 0.75 * 0.233 = 0.175$ m/s

$$D_v = \left(\frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot U_v \cdot 3600} \right)^{1/2} = 2.398 \text{ m}$$

2.398 m $= 239.8$ cm $(/ 2.54) = 94.4$ in $\rightarrow D_v = 96$ in $(*2.54) = 243.8$ cm

حل

گام سوم: تخمین ارتفاع جداکننده

$D_v < 3000$ mm , $p > 300$ psia $\Longrightarrow$ $H_{LLL} = 150$ mm $= 15$ cm

$H_L = H_{LLL}$ (cm) +(7.5-15 cm) = 15 + 10 = 25 cm

$H_{LIN} = 0.5\ H_S = 0.5 * 48.76 = 24.38$ cm

$H_S = 0.2\ D_v = 0.2 * 243.8 = 48.76$ cm

$H_H = H_{LIN} + 0.5\ H_s = 24.38 + (0.5 * 48.76) = 48.76$

$H_{HHH} = H_H + (7.5\text{-}15)\text{cm} = 48.76 + 10 = 58.76$

حل

گام سوم: تخمین ارتفاع جداکننده

$H_g = 0.75\ D_v = 0.75 * 243.8 = 182.85$ cm

$H_V = H_{LLL} + H_L + H_{LIN} + H_s + H_H + H_{HHH} + H_g + (15 + 30)$ with mist eliminator

$= 15 + 25 + 24.38 + 48.76 + 48.76 + 58.76 + 182.85 = 403.51$ cm

403.51 cm (/2.54) = 158.86 in $\rightarrow H_v = 180$ in (*2.54) = 457.2 cm

حل

نکته: بر طبق استانداردهای موجود نسبت ارتفاع به قطر در جداکننده های دوفازی عمودی باید در محدوده ۱ تا ۵ باشد. اگر این نسبت از ۵ بیشتر شد باید از جداکننده های افقی استفاده کرد.

$$H_V / D_v = 457.2/ 243.8= 1.87$$