منطقه عملیاتی مطمئن برای یک سینی

با توجه دبی فاز بخار و مایع

درصورتیکه دبی فاز بخار یا مایع خیلی کم یا خیلی زیاد باشد پدیده های مختلفی روی می دهد که مطلوب نمی باشد لذا با توجه به دبی مشخص فازها و Turn down ratio مشخص باید طراحی به نحوی صورت گیرد که از وقوع پدیده های نا مطلوب جلو گیری شود.

پدیده Weeping

در صورتیکه دبی فاز بخار کم باشد امکان چکه کردن فاز مایع از سوراخ ها وجود دارد (پدیده Weeping) .

واضح است که چکه کردن باعث عدم تماس کافی دو فاز و لذا باعث کاهش راندمان سینی خواهد شد.

پدیده Coning

درصورتیکه دبی فاز مایع کم باشد و دبی فاز بخار به نسبت زیاد باشد در این حالت بخارات خروجی از سوراخ ها به صورت جت مایع روی سینی رل نیز با خود بالا می برد و در بین فاز بخار قطرات مایع وجود خواهد داشت (پدیده Coning). این پدیده نامطلوب بوده و باعث کاهش راندمان خواهد شد.

پدیده Entrainment

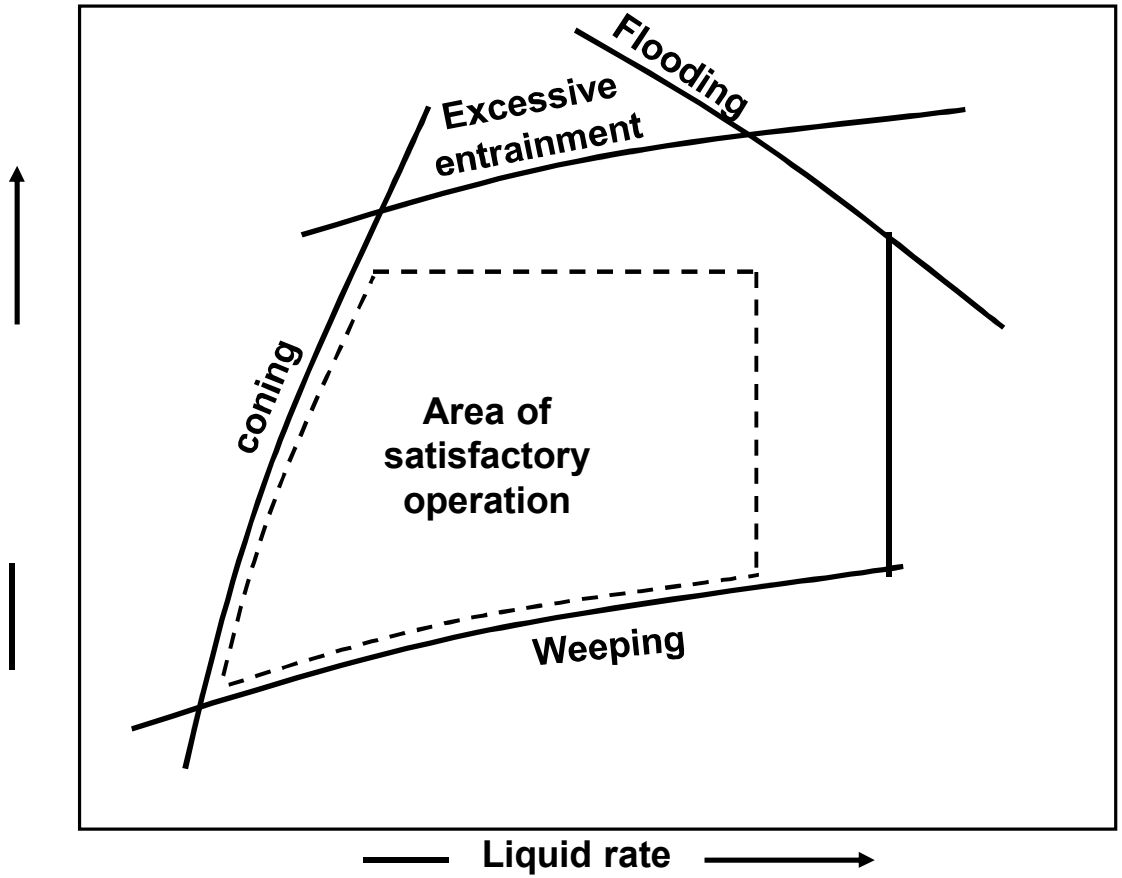
کشیده شدن مایع به سمت بالا در واقع باعث افزایش مقدار Entrainment شده که اگر مقدار آن خیلی زیاد باشد بخش عمده ای از فاز مایع عملا توسط بخار از روی سینی ها به بالا کشیده شده وستون به نقطه طغیان می رسد.

Downcomer back up limitation

در صورتیکه ارتفاع مایع روی سینی نسبتا زیاد شود (دبی مایع نسبتازیاد) در این صورت چکه کردن مایع از سوراخ ها (Weeping) بخصوص در دبی کم بخار صورت می گیرد. در چنین حالتی افزایش دبی بخار همراه با افزایش افت فشار خواهد شد. این پدیده سبب می شود تا ارتفاع مایع درون ناودانی افزایش یابد و به حد نهایی خود برسد (Downcomer back up limitation) و در صورتیکه افزایش دبی بخار همچنان ادامه یابد در این صورت ارتفاع مایع درون ناودانی به سینی بالایی رسیده و عملا ستون طغیان خواهد نمود.

لذا با توجه به مطالب فوق الذکر در محدودهای از دبی گاز ومایع می توان به راندمان قابل قبولی دست یافت. نمونه ای از این محدوده عملیاتی برای سینی های مشبک در تصویر زیر آمده است .

محدوده ی عملیاتی و منطقه عملیاتی مطمئن برای یک سینی مشبک



مراحل طراحی هیدرولیکی یک سینی

مقدمه :

طراحی یک سینی همانند بسیاری از طراحی های مهندسی ترکیبی از تجربه و تئوری می باشد در این خصوص از روابط نیمه تئوری واطلاعات حاصله از مقیاس صنعتی و نیمه صنعتی برای طراحی استفاده می شود .

اصولا طراحی هیدرولیکی سینی باید به گونه ای باشد که تماس دو فاز بخار ومایع (در تقطیر)بخوبی صورت گیرد هلدآ پ فاز مایع (ماندگی) به اندازه کا فی باشد تا تقریبا تمامی قسمت های فعال سینی از مایع پر شود وسینی با راندمان بهتری کار کند سطح فعال و فاصله سینی ها به اندازه باشد مقدار Entrainment وافت فشار در حد قابل قبولی بوده وتعداد ناودانی ها به اندازه کافی باشد تا جریان مایع به راحتی از یک سینی به سینی دیگر منتقل شود مراحل طراحی ذیل که برای طراحی سینی مشبک و به روش حدس و خطا ارائه شده است برای سایر سینی ها نیز با تغییرات بسیارجزئی در بعضی مراحل طراحی قابل استفاده است.

مراحل طراحی یک سینی مشبک

1-دستیابی به حداکثر و حداقل دبی فاز مایع وبخار نسبتTurn down ratio فازها

2-جمع آوری وتخمین خصوصیات فیزیکی

3-انتخاب فاصله بین سینی ها

4-تخمین قطر ستون (بر مبنای کسری از طغیان)

5-انتخاب الگوی جریان روی سینی

6-دستیابی اولیه به سطوح مختلف روی سینی و سطح ناودانی و سطح فعال و سطح سوراخ شده و سطح سوراخ ها و قطر سوراخ ها و تعداد سوراخ ها وارتفاع سد

7-بررسی سرعت چکه کردن مایع (پدیده Weeping) ودر صورتیکه مقدار چکه کردن در حد مطلوب نبا شد به محله6 بر می گردیم

8-بررسی افت فشار ودر صورت نیاز بازگشت مرحله6

9-بررسی ارتفاع مایع وزمان توقف مایع درون ناودانی ودر صورت نیاز بازگشت به مرحله 6 یا 3

10-تصمیم گیری در مورد جزئیات سینی و منطقه آ رامش وسطوح سوراخ نشدهفاصله سوراخ ها ودر صورت لزوم بازگت به مرحله 6

11-محاسبه مجدد در صد طغیان بر اساس قطر ستون بدست آمده

12-بررسی مقدار Entrainment (کشیده شده فازمایع توسط بخار به سمت بالا) و درصورت نیاز برگشت به مرحله 4

13-تکرار تمامی مراحل 3 تا 12 و دستیابی به حداقل قطرستون و حداقل فاصله سینی ها که مورد قبول باشد.

14-نهایی کردن طراحی با رسم سینی به همراه جزئیات سینی های طراحی شده

با توجه به آنکه طراحی هیدرولیکی از مراحل 3 الی 14 براساس یک دبی مشخص از فاز بخار به فاز مایع صورت می گیرد. پس از اتمام طراحی بهتر است اثرات تغییرات دبی بخار و مایع (با توجه به مقدار Turn down ratio) مورد مطالعه قرار گیرد تا از میزان انعطاف پذیری سینی طراحی شده اطمینان کامل حاصل شود.

حال با توجه به انتخاب دبی مشخص از فاز بخار و مایع برای یک سینی و دستیابی به خصوصیات فیزیکی فاز ها در شرایط عملیاتی خاص (دما وفشار) به بررسی مراحل طراحی از مرحله 3 به بعد می پردازیم.

مرحله 3 : فاصله بین سینی ها

فاصله بین سینی ها بستگی به قطر ستون و شرایط عملیاتی دارد. معمولا هر چقدر قطر ستون بیشتر باشد فاصله بین دو سینی بیشتر است. فاصله بین دو سینی 0.15 متر تا 1 متر استفاده شده است. معمولا فاصله کم بین سینی ها برای مواقعی که قطر ستون کم است و یا احتمالا ستون درون ساختمان مسقف قرار می گیرد و محدودیت ارتفاع وجود دارد استفاده می شود. برای ستون ها ی با قطر 1 متر و فواصل سینی ها بین 0.3 متر تا 0.6 متر بیشتر استفاده شده است. به عنوان اولین حدس برای فاصله بین سینی ها، 0.5 متر تخمین بسیار خوبی است. در مواضع ورودی خوراک و خروج محصول جانبی و ورود فرد به داخل ستون فاصله دو سینی مجاور بیشتر خواهد بود.

مرحله 4 : تخمین قطر ستون

فاکتور اصلی در دستیابی به قطر ستون، دبی فاز بخار (یا گاز) می باشد. همانطوریکه در بررسی پارامترهای نامطلوب و دستیابی به منطقه عملیاتی مطمئن اشاره شد شرایط طغیان حد بالای سرعت بخار را نشان می دهد. اگر بتوانیم سرعت بخار را که در آن سرعت، ستون طغیان خواهد کرد بدست آوریم، آنگاه می توانیم سرعت واقعی را به صورت ضریبی از سرعت بخار در حد طغیان استفاده کنیم. هر چه قدر دبی بخار بالا باشد، راندمان سینی افزایش خواهد یافت. لیکن سرعت واقعی بخار را در حد 70 در صد الی 90 در صد سرعت طغیان توصیه نموده اند. برای سیستم کف زا مقادیر پایینی حد و برای سیستم هایی که کف زا نباشند مقادیر بالایی حد قابل استفاده خواهد بود.

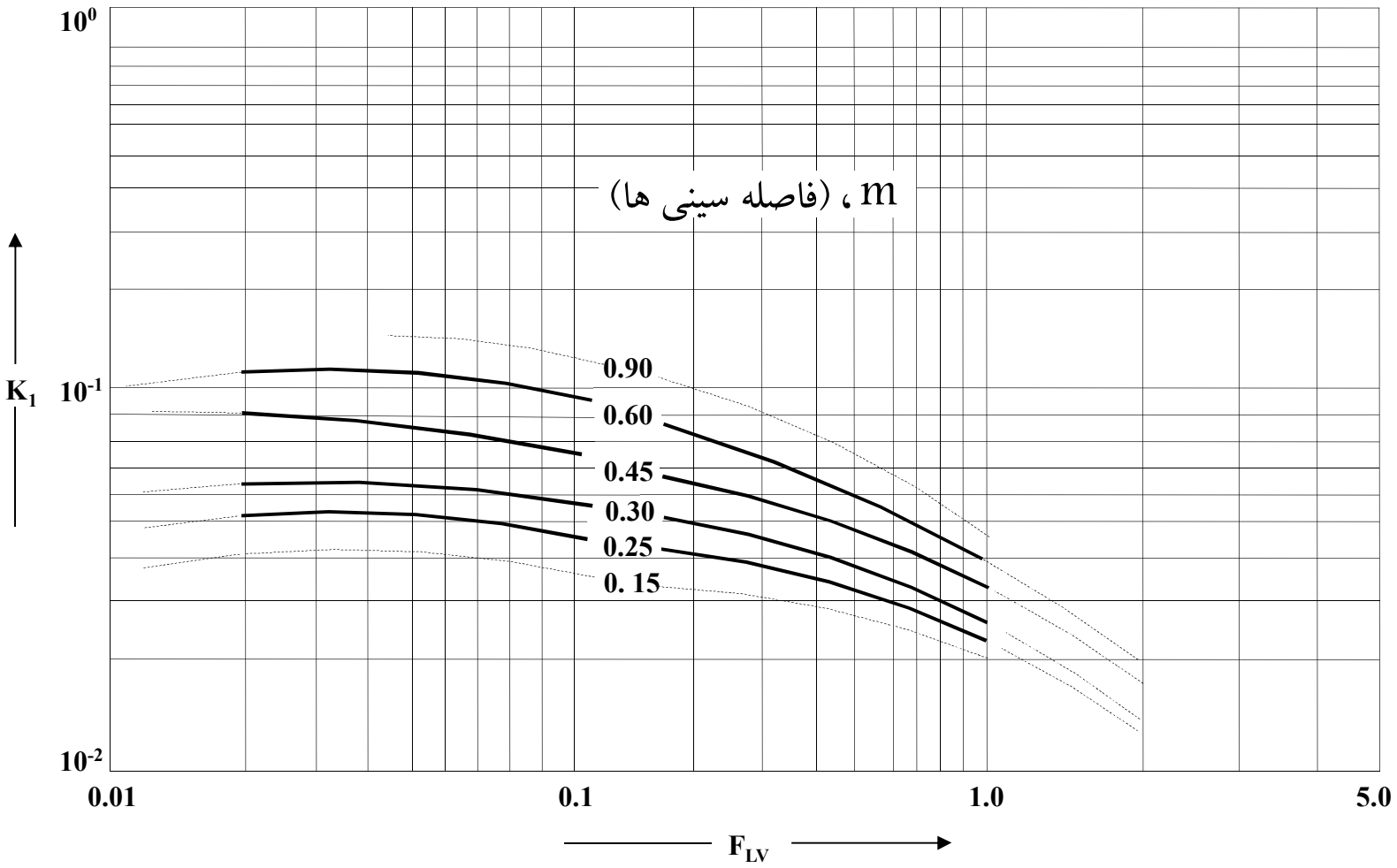
رابطه زیر برای دستیابی به سرعت طغیان ارائه شده است.

$$U_F = K_1\sqrt{\frac{(\rho_L - \rho_V)}{\rho_V}}$$

Fair

U_F = سرعت طغیان بر اساس سطح خالص در دسترس (سطح مقطع ستون بدون سطح ناودانی)

K_1 = شکل مقدار ثابت



ثابت سرعت طغیان – سینی های مشبک

در تصویر قبل مقدار فاکتور جریان FLV عبا رت است از:

$$F_{LV} = \frac{L_W}{V_W}\sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L}}$$

L_W ($\frac{Kg}{s}$)=دبی جرمی مایع

V_W ($\frac{Kg}{s}$) =دبی جرمی بخار

محدودیت های تصویر فوق :

قطر سوراخ $= d_h < 6.5\ mm$

ارتفاع سد =0.15 × فاصله دو سینی

سیستم کف زا نمی باشد

$$\frac{\text{سطح سوراخ}}{\text{سطح فعال}} > 0.1$$

در غیر این صورت ضریب K_1 به صورت زیر تصحیح می شود.

ضریب	$\frac{\text{سطح سوراخها}}{\text{سطح فعال}}$
1	0.1
0.9	
0.08	
0.8	
0.06	

در دستیابی به سطوح مختلف روی سینی ها به عنوان اولین حدس فرض می کنیم $\frac{\text{سطح سوراخها}}{\text{سطح فعال}} = 0.1$ که باشد.

کشش سطحی مایع $0.02\ \ N/m$ انتخاب شده است. در سایر موارد ضریب K_1 به صورت ذیل تصحیح می شود. تصحیح K_1 با توجه به مقدار γ (کشش سطحی مایع).

$$K_{1_{\text{جدید}}} = K_1 (\gamma / \ 0.02)^{0.2}$$

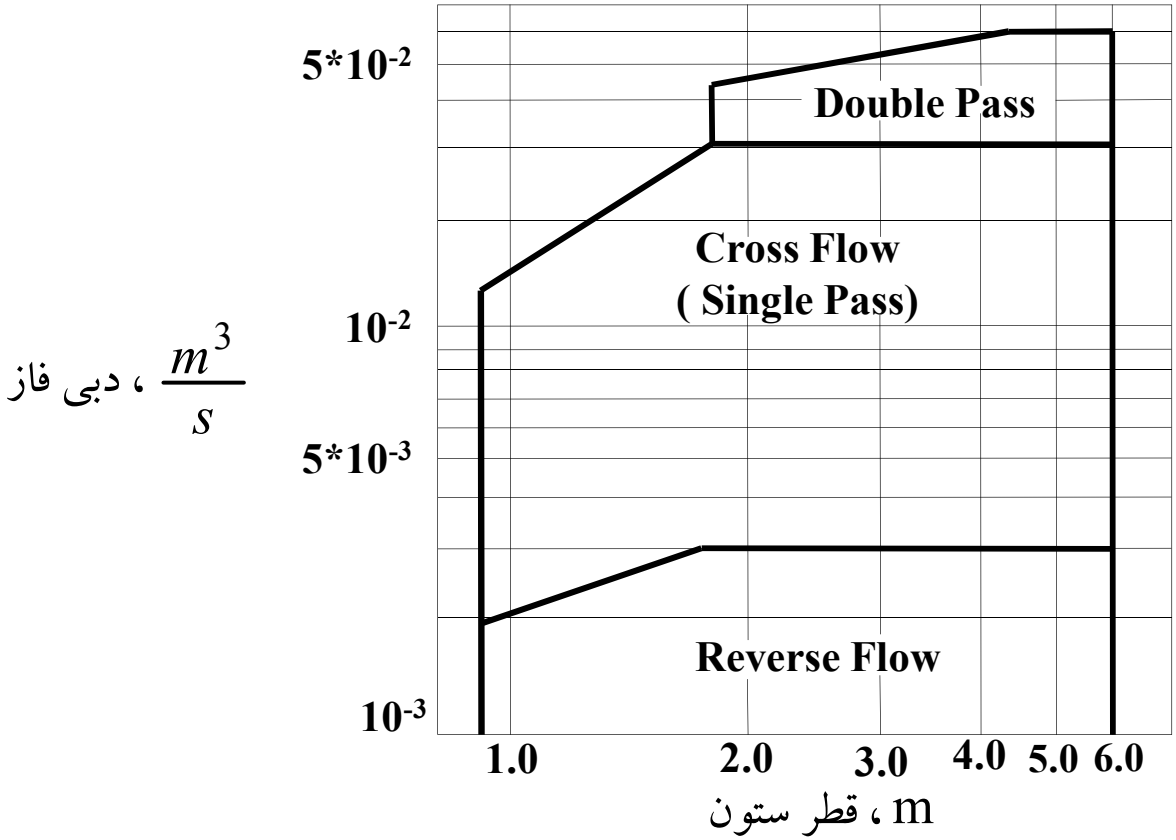
برای محاسبه قطر ستون نیاز به تخمین سطح خالص در دسترس (A_n) می باشد .

به عنوان اولین حدس فرض می کنیم سطح اشغال شده توسط ناودانی 12 در صد کل سطح مقطع باشد لذا سطح خالص در دسترس 88 در صد کل سطح مقطع خواهد بود .

همانطوریکه می دانیم ممکن است خصوصیات فیزیکی و دبی بخار و دبی مایع در مقاطع مختلف ستون تغغر کند اگر این تغییرات خیلی زیاد باشد باید طراحی براساس چند مقطع از ستون صورت گیرد .در عملیات تقطیر بهتر است طراحی سینی حداقل براساس مقاطع بالایی ورود خوراک وپایین ورودی خوراک و در دو طرف جریانات جانبی انجام شود در صورتیکه قطر مقاطع مختلف ستون خیلی تغییر نکند(معمولا کمتر از 20٪) در این صورت ستونی با یک سطح مقطع ساخته خواهد شد.تغییر در دبی فاز بخار در مقاطع مختلف یا تغییر در دبی مایع را می توان با تغییر در سطح مقطع ناودانی (تیغه ناودانی مایل) یا کور کردن ردیف هایی از سوراخ های سینی ها تا حدودی کنترل نمود.

مرحله 5 : انتخاب الگوی جریان

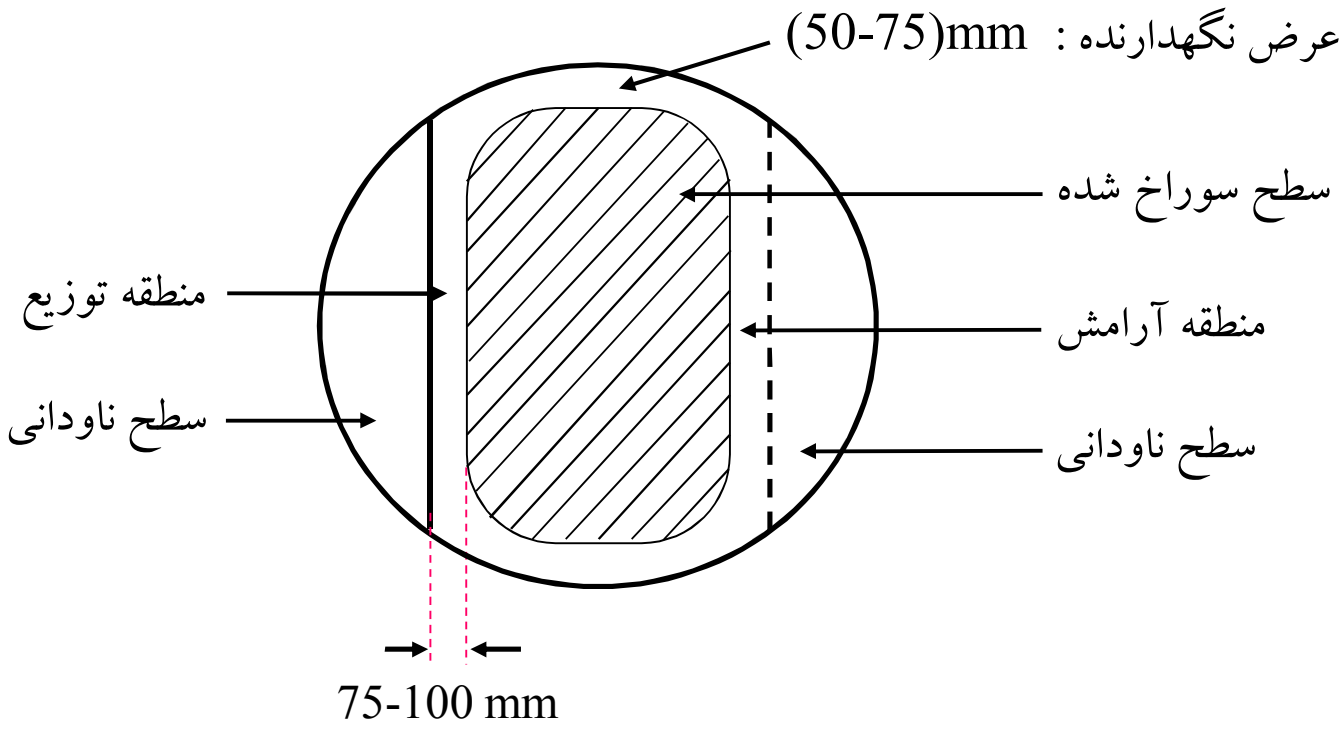
با توجه به مطالبی که در بخش الگوی جریان مایع روی سینی ها ارائه شده از تصویر زیر استفاده می شود و همانطوریکه ملاحظه می شود با توجه به دبی جریان مایع و قطر ستون الگوی جریان انتخاب می شود.



انتخاب الگوی جریان مایع روی سینی

مرحله 6 : سطوح مختلف تعریف شده روی سینی

یک سینی مشبک با الگوی جریان Single Pass که دارای یک ناودانی است در نظر بگیرید.



تعریف سطوح مختلف یک سینی مشبک با الگوی جریان Single Pass

سطوح مختلف برای این سینی به شرح زیر تعریف می شوند:

A_C = سطح مقطع ستون

A_d = سطح مقطع ناودانی

$A_n = A_C - A_d$ = سطح مقطع خالص

$A_a = A_C - 2A_d$ = سطح فعال (سطحی که محل تماس دو فاز مایع و بخاراست)

A_P = سطح سوراخ شده (سطحی از سینی که سوراخ هایی در آن تعبیه شده است)

A_h = سطح کل سوراخ ها

همان طوریکه اشاره شد اگر بر اساس پارامتر طغیان سطح مقطع خالص ستون بدست آید (A_n) آنگاه فرض می کنیم که $A_n = 0.88A_C$ لذا:

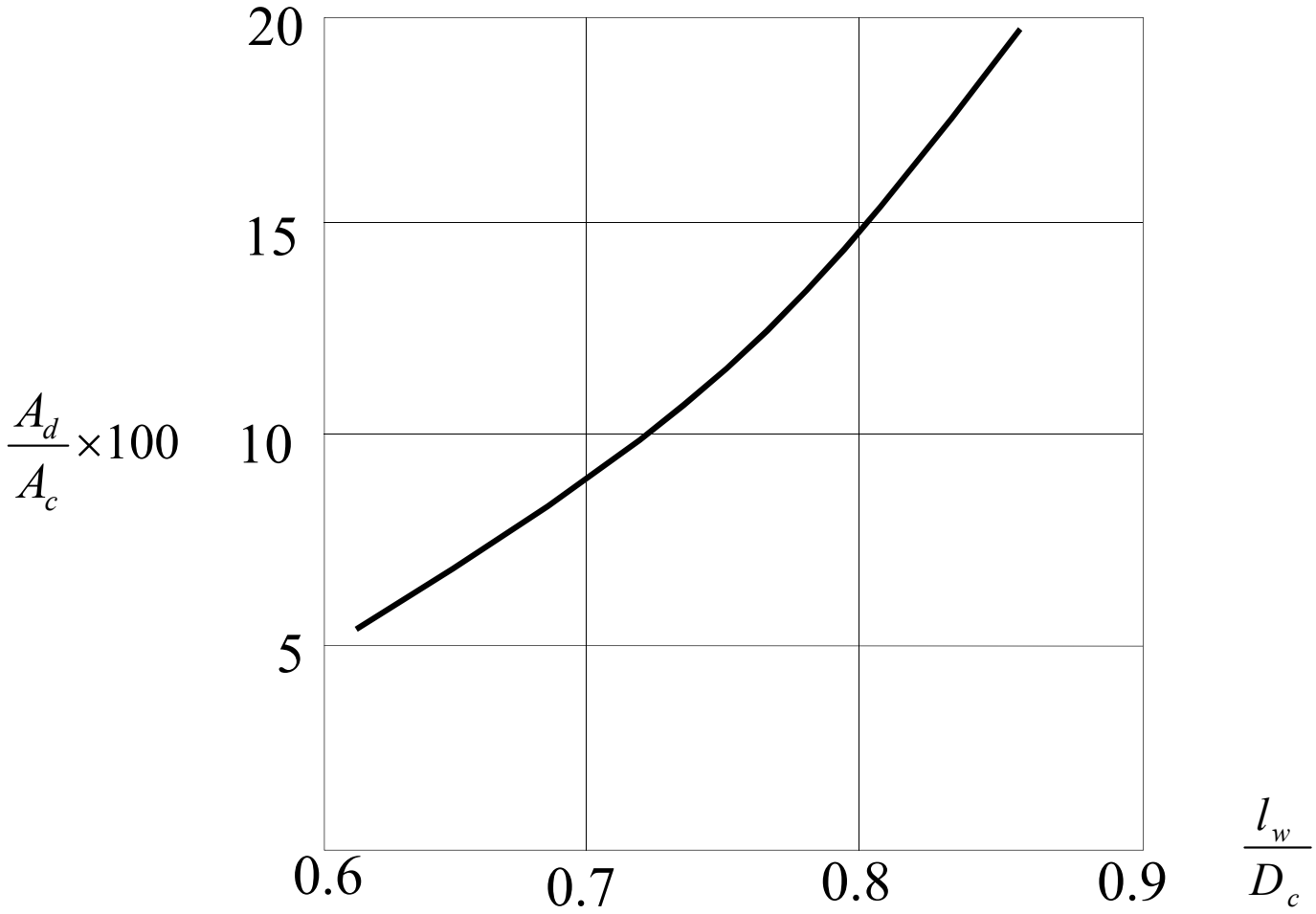
$$A_C = \frac{A_n}{0.88}$$

$$A_d = 0.12\, A_C$$

$$A_a = A_C - 2A_d$$

سطح در نظر گرفته شده برای سوراخ ها A_P :

حال اگر از سطح فعال ستون، سطح مربوط به مناطق آ رامش دهنده ، توزیع کننده مایع و سطوح مربوط به نگهدارنده ها کم می شود ، سطح سوراخ شده A_P بدست خواهد آمد. عرض مناطق آرامش دهنده یا توزیع کننده با توجه به قطر ستون توصیه می شود. اگر قطر ستون کمتر از 1.5 متر باشد عرض مناطق فوق الذکر 75 میلیمتر و در صورتیکه قطر ستون بیشتر باشد عرض 100 میلیمتر استفاده می شود عرض تیغه ها ی نگهدارنده 50-75 میلیمتر بوده و توجه شود که نگهدارنده های محیطی منطقه ناودانی را شامل نخواهد شد. در ستون های با قطر بزرگ ممکن است نگه دارنده هایی در سینی نیز تعبیه شود. سطح نگه دارنده ها با توجه به عرض نگه دارنده و قطر ستون قابل دستیابی است. برای دستیابی به سطح منطقه آرامش دهنده باید طول سد مشخص شود که با توجه به سطح ناودانی و با استفاده از شکل می توان طول سد را به دست آورد



رابطه بین سطح مقطع ناودانی وطول سد

قطر سوراخ , سطح سوراخ هاوتعداد سوراخ ها :

قطر سوراخ ها بین 12-2.5 میلی متر توصیه شده است. قطر سوراخ برابربا 5 میلیمتر برای شروع محاسبات تخمین خوبی است. سوراخ هایی با قطر بزرگتر برای سیستم های آلوده مناسب است. سوراخ ها ممکن است پانچ شده یا دریل شده باشند که البته پانچ کردن سوراخ ها ارزان تر است. در حالت استفاده از سوراخ های پانچ شده باید صفحات طوری قرار بگیرند که جهت پانچ رو به بالا باشد زیرا سوراخ های پانچ شده مانند نازلی خواهند بود که اگر سینی در جهت پانچ شده قرار نگیرد افت فشار بخار بیشتر می شود.

در ساخت سینی ها از صفحات استیل با ضخامت 3 میلیمتر و یا فولادی با ضخامت 5 میلیمتر یا بیشتر استفاده می شود. حداقل قطر ایجاد شده توسط پانچ در حد ضخامت صفحه می باشد.

فاصله سوراخ ها (فاصله مرکز تا مرکز (Hole-Pitch)) نباید کمتر از دو برابر قطر سوراخ باشد نوع قرار گرفتن سوراخ مثلثی یا مربعی توصیه شده است که نوع مثلثی بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است.

رابطه بین سطح سوراخ ها و سطح سینی که در آن سوراخ هایی تعبیه شده است به صورت زیر ارائه شده است. (آرایش مثلثی سوراخ ها)

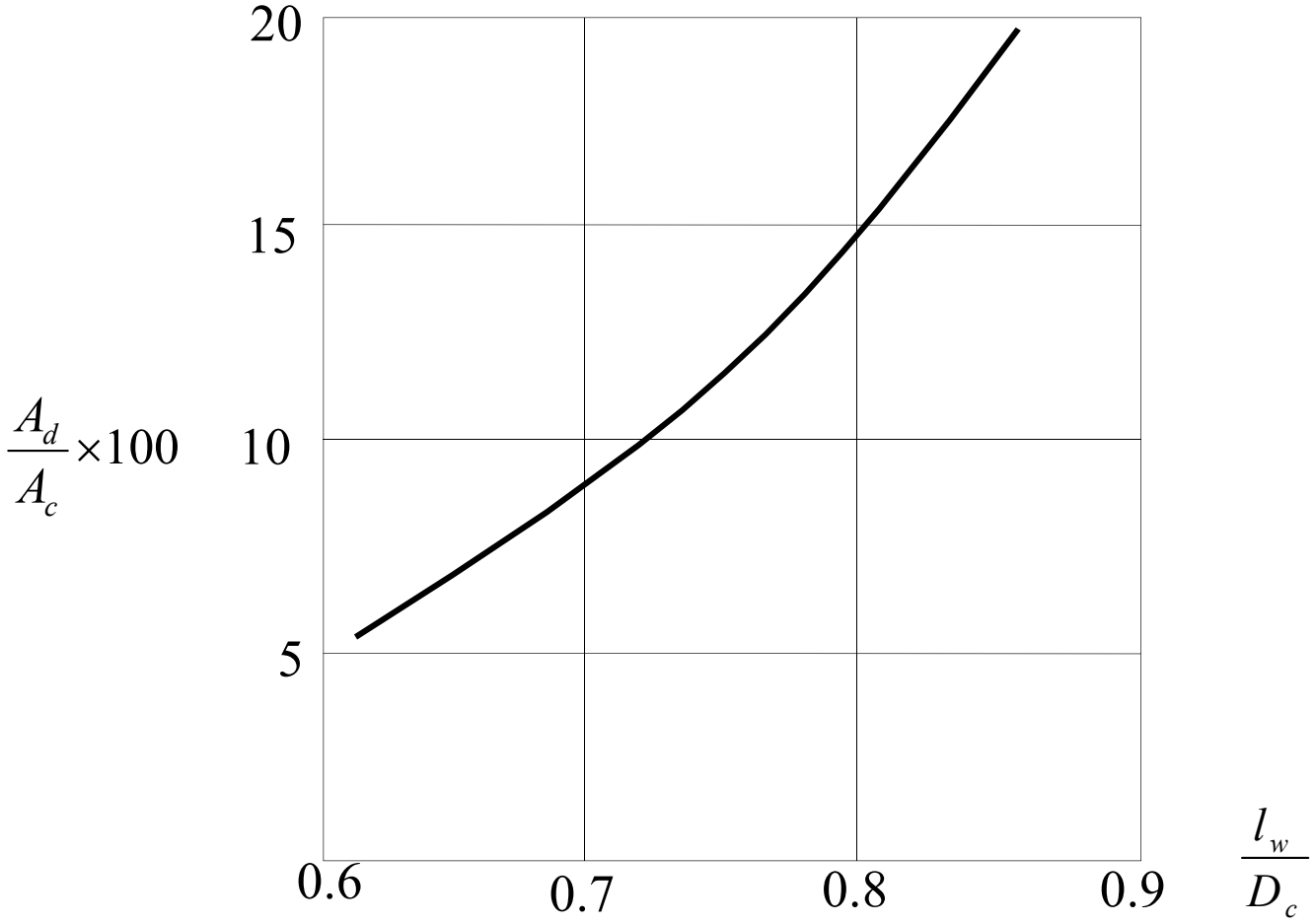
$$\frac{A_h}{A_P} = 0.91\left(\frac{d_h}{\ell_p}\right)^2$$

حال باتوجه مشخص شدن سطح سوراخ ها، تعداد سوراخ ها نیز به دست می آید.

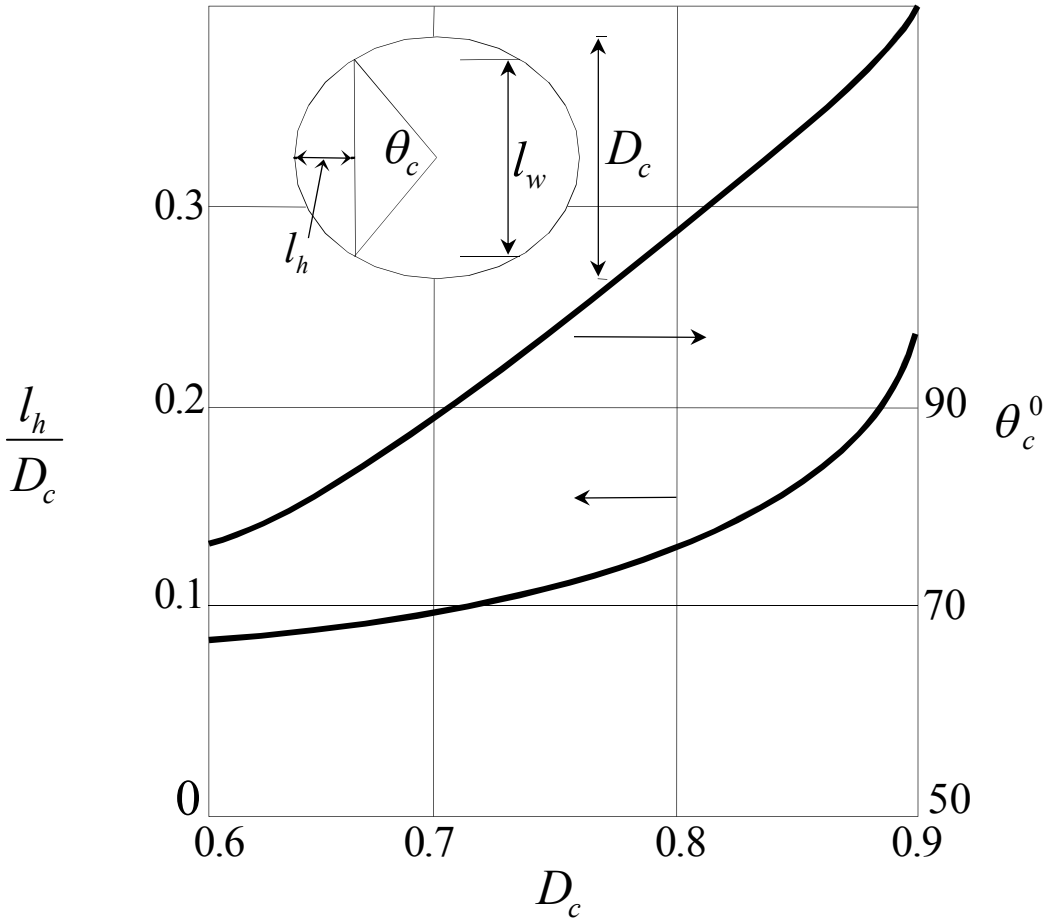
$$n_h = \frac{A_h}{\frac{\pi}{4}(d_h)^2}$$

طول وارتفاع سد :

طول سد معمولا بین (085-0.6) قطرستون انتخاب می شود. در صوریکه سطح ناودانی در حدود 12در صد سطح مقطع انتخاب شود طول سد $0.77\ D_C$ خواهد بود. در این مورد می توان از دو شکلی که در ادامه آمده است استفاده کرد. ارتفاع سد از پارامتر های مهم در طراحی است اگر ارتفاع سد زیاد باشد در واقع ارتفاع مایع روی سینی زیاد شده و نهایتا راندمان سینی افزایش می یابد لیکن از طرفی افت فشار بخار نیز افزایش خواهد یافت. توصیه تجربی زیر در این خصوص ارائه شده است



رابطه بین سطح مقطع ناودانی وطول سد



رابطه بین طول سد ، فاصله سد از دیواره و زاویه ی مرکزی سد

برای ستون هایی که تحت فشار آتمسفر کار می کنند، ارتفاع سد حدود 40 الی 90 میلیمتر و برای ستون هایی که تحت خلا کار می کنند، ارتفاع سد حدود 6الی 12 میلیمتر توصیه شده است. در ستون های تحت خلا باید افت فشار بخار تا حد امکان پایین باشد لذا ارتفاع سد کمتری انتخاب شده است گاهی از سد های ابتدایی (در ابتدای سینی) برای توزیع بهتر مایع روی سینی استفاده شده است.