مرحله 7 : بررسی پدیده چکه کردن مایع از سوراخ ها

(Weeping)

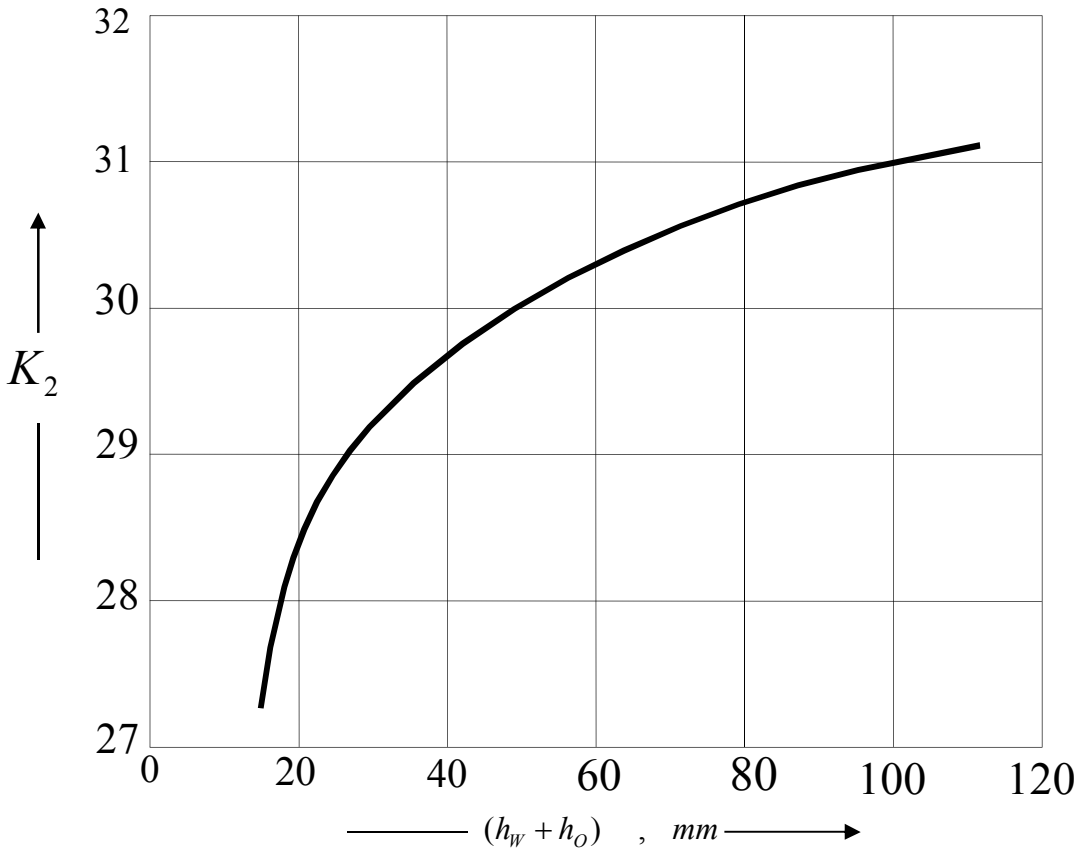
اگر قطر سوراخ ها درست انتخاب نشود و بزرگتر از حد لازم باشد در این صورت چکه کردن مایعات بیشتر صورت می گیرد. سرعت بخار از درون سوراخ ها باید در حدی باشد که از حداقل سرعت بخار توصیه شده از سورا خ ها کمتر نباشد. اگر سرعت بخار از حداقل سرعت توصیه شده کمتر باشد در این صورت پدیده چکه کردن مایع از حد مجاز بیشتر اتفاق می افتد و راندمان سینی کاهش می یابد لذا:

$$\text{سرعت واقعی بخار از درون سوراخ ها} = \frac{\text{دبی فاز بخار}}{A_h}$$

حداقل سرعت بخار از درون سوراخ ها :
(به منظور جلوگیری از چکه کردن)

$$\hat{U} = \frac{K_2 - 0.9(25/4 - d_h)}{(\rho_V)^{\frac{1}{2}}} \qquad (Eduljee)$$

سرعت واقعی بخار نباید از حداقل سرعت بخار کمتر باشد. K_2 مقدار ثابتی است که از شکل قابل دستیابی است.



مقدار K_2 در بررسی پدیده ی چکه کردن مایع از سوراخ ها

در این تصویر h_w ارتفاع سد و h_{ow} ارتفاع مایع بالای سد (که در حال ریزش از روی سد می باشد) است که از رابطه فرانسیس قابل دستیابی است رابطه زیر در این خصوص توصیه شده است.

$$h_{ow} = 750\left[\frac{L_w}{\rho_L . \ell_w}\right]^{\frac{2}{3}}$$

$L_w = (\frac{Kg}{S})$ دبی جرمی مایع

$\ell_w = (m)$ طول سد

$h_{ow} = (mm)$ ارتفاع مایع بالای سد

دیواره ستون که در نزدیکی سد قرار دارد خود ممکن است باعث شود تا ارتفاع مایع روی سد اندکی از مقدار محاسبه شده از رابطه فرانسیس بیشتر شود. این مورد در مقدار ثابت رابطه فوق منظور شده است.

برای اطمینان از وجود جریان مایع روی سینی باید مقدار h_{ow} حداقل 10 میلیمتر باشد. گاهی موقع ممکن است از سدهای کنگره دار بخار دبی مایع کم استفاده شود.

با توجه به مطالب فوق الذکر در صورتیکه سرعت بخار از حداقل سرعت بخار کمتر باشد در این صورت باید به مرحله 6 بر گردیم ودر این صورت می توانیم روی پارامتر های موثری نظیر d_h (با کم کردن قطر سوراخ)، h_w(با کم کردن ارتفاع سد) به حد مجاز چکه کردن برسیم.

مرحله 8 : بررسی افت فشار بخار

افت فشار بخار یکی از پارامتر های مهم در طراحی هیدرولیکی سینی ها است که باید مورد بررسی قرار گیرد در یک سینی مشبک افت فشار بخار می تواند ناشی از موارد زیر باشد.

افت فشار بخار ناشی از عبور بخار از سوراخ ها (افت فشار خشک، h_d)

افت فشار بخار ناشی از عبور بخار از مایع روی سینی (افت فشار تر، $h_w + h_{ow} + \Delta/2$)

افت فشار بخار ناشی از عبور بخار از کف های روی مایع وموارد پیش بینی نشده (تفاوت تجربه و تئوری)، h_r

بنابراین:

$$h_t = h_d + \left(h_w + h_{ow} + \frac{\Delta}{2} \right) + h_r$$

حال افت فشار کل:

$$\Delta P_t = 9.81 * 10^3 * \rho_L * h_t$$

دانستیته مایع روی سینی $\rho_L = \left(\frac{Kg}{m^3}\right)$

افت فشار کل $\Delta P_t = \left(\frac{N}{m^2}\right)$

روابط تجربی ذیل برای محاسبه h_r و h_d ارائه شده است.

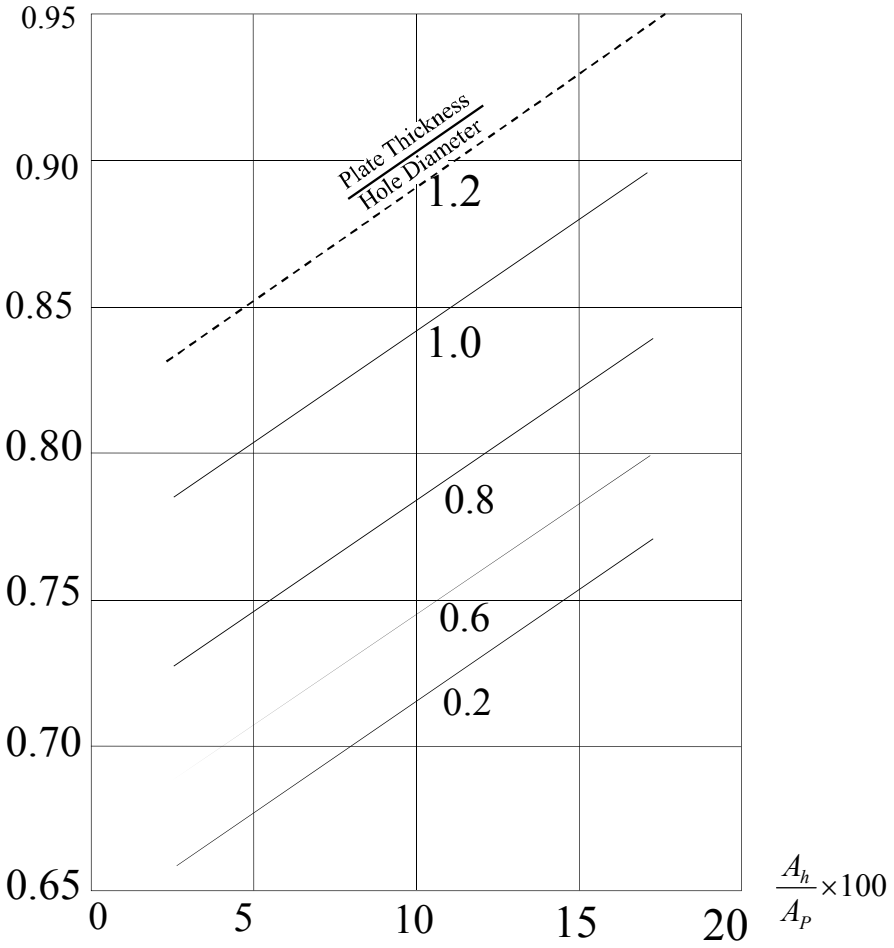
$$h_d = 51\left(\frac{U_h}{C_o}\right)^2\left(\frac{\rho_V}{\rho_L}\right)$$

C_O =ثابت سورا خ که بستگی به ضخامت صفحه و قطر سوراخ و نسبت $\frac{A_h}{A_P}$ دارد (با توجه به شکل تعیین می شود)

$U_h = \left(\frac{m}{s}\right)$ سرعت بخار از درون سوراخ

$$U_h = \frac{\text{دبی بخار}}{A_h}$$

ثابت اریفیس ، C_O



ثابت سوراخ ، C_O

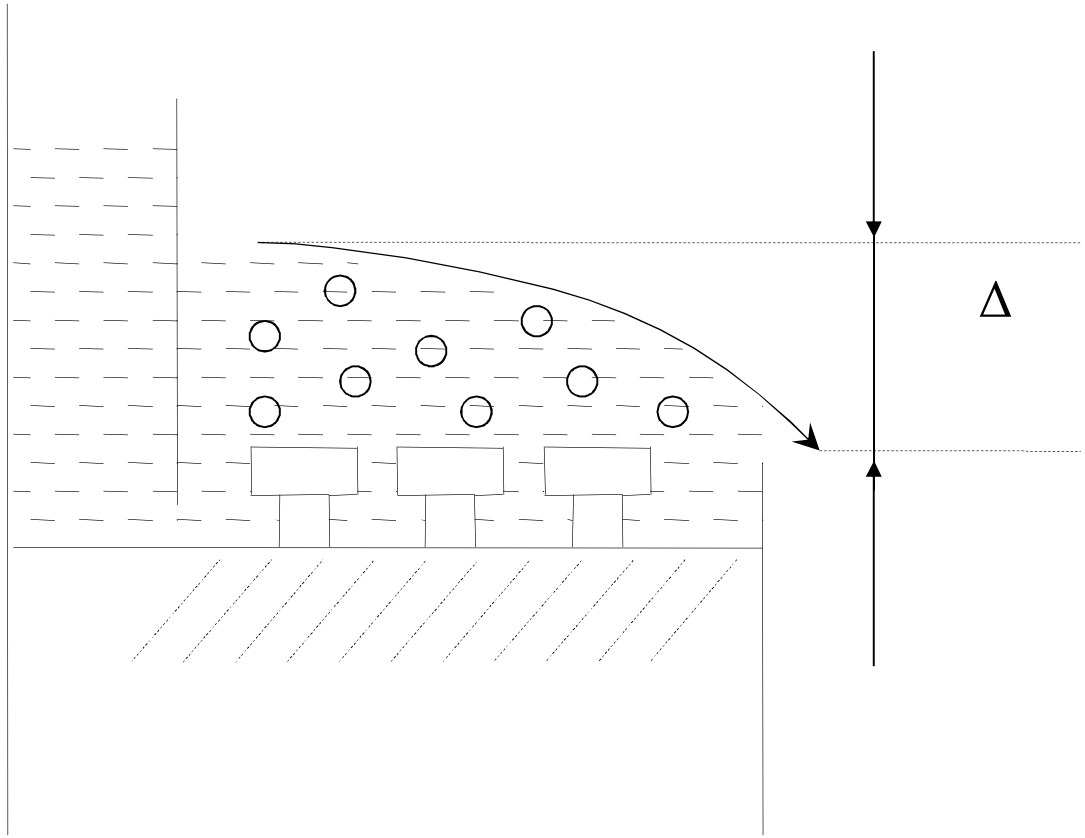
تجربه نشان داده است که مقدار h_r فوق العاده کم است و به صورت تابعی از کشش سطحی مایع ، دانستیته و ارتفاع کف ارائه شده است. مقدار h_r از رابطه ساده Hunt et al قابل دستیابی است.

$$h_r = \frac{12.5 * 10^3}{\rho_L} \qquad [\text{mm مایع}]$$

گرادیان مایع روی سینی ($\Delta/2$)

گرادیان مایع روی سینی در اثر مقاومت های موجود در مقابل حرکت مایع روی سینی از نقطه ورودی به سینی تا نقطه خروجی (سد خروجی) ایجاد می شود. در سینی های مشبک مقدار گرادیان مایع فوق‌العاده کم و قابل صرف نظر کردن است (در سینی های تحت خلا ممکن است مقدار آن با توجه به ارتفاع کم سد قابل مقایسه باشد). در سینی های فنجانی وجود فنجان ها در مقابل حرکت مایع خود ایجاد گرادیان نموده و می باید در نظر گرفته شود (گرادیان مایع در سینی های فنجانی در شکل زیر نشان داده شده است). در سینی های مشبک $\Delta \approx 0$ است.

اگر مقدار افت فشار ایجاد شده به ازای هر سینی در حد قابل قبولی نباشد در این صورت لازم است به مرحله 6 برگردیم و بر روی مقادیر پارامتر های در نظر گرفته شده در این مرحله به خصوص ارتفاع سد و قطر سوراخ تجدید نظر نمائیم.



گرادیان مایع روی سینی فنجانی

مرحله 9 : ارتفاع مایع و زمان توقف مایع درون ناودانی

ارتفاع مایع درون ناودانی بستگی به افت فشار بخار ایجاد شده در دو طرف سینی دارد. اگر دو طرف ناودانی همچون لوله U شکل در نظر گرفته شود .

$$P'_r + h_d = P'_1 + h_{dc} + (h_w + h_{ow})$$

$$h_d = (P'_1 - P'_r) + h_w + h_{ow} + h_{dc}$$

$$h_d = h_t + h_w + h_{ow} + h_{dc}$$

h_{dc}= افت فشار ناشی از حرکت مایع درون ناودانی که از رابطه زیر قابل دستیابی است

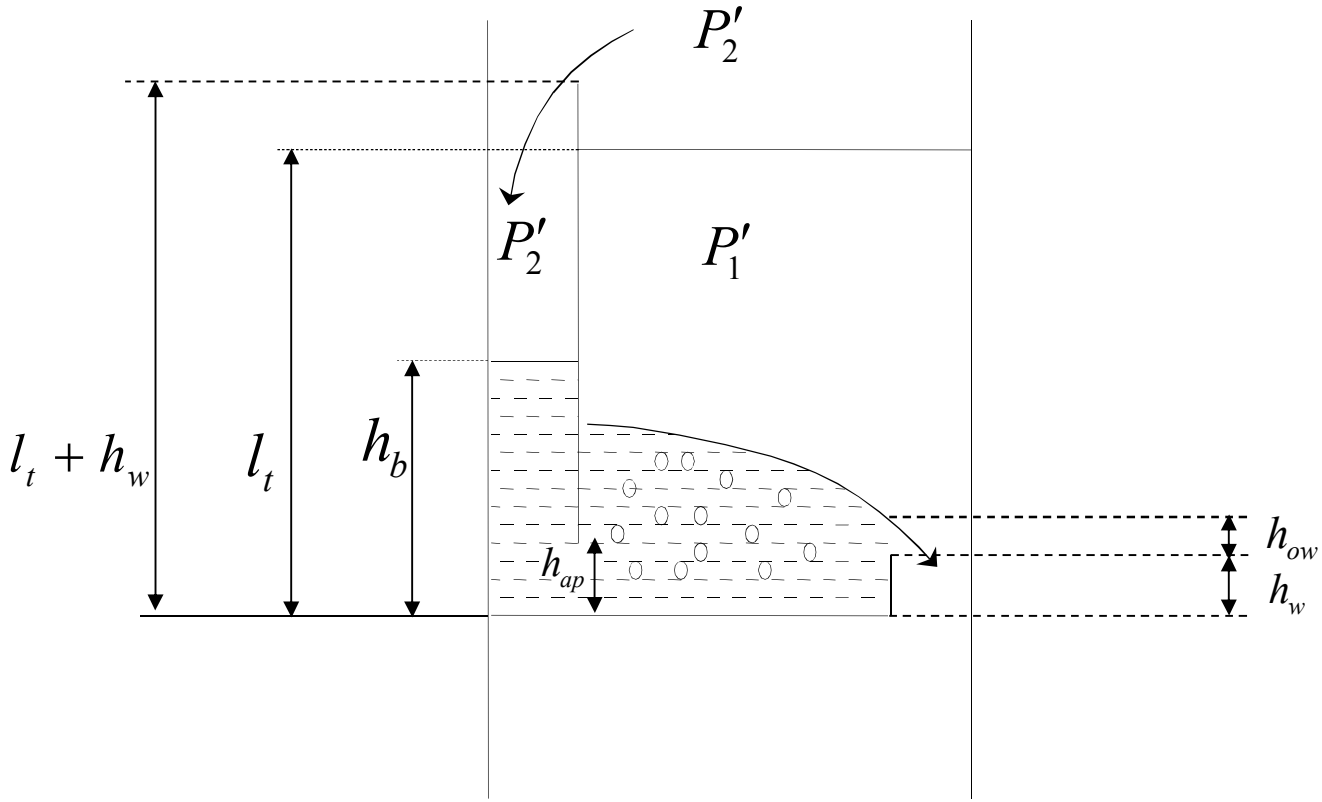
$$h_{dc} = 166 \left(\frac{L_{wd}}{\rho_L . A_m} \right)^2 \qquad [mm]$$

$L_{wd} = (\frac{Kg}{s})$ دبی جرمی مایع درون ناودانی = $\frac{\text{دبی جرمی مایع}}{\text{سطح زیر ناودانی}}$

$A_m =$ سطح مقطع ناودانی یا سطح زیرین ناودانی، هر کدام کوچکتر است

$A_{ap} = \ell_w . h_{ap} =$ سطح زیرین ناودانی

$$h_{ap} = h_w - (5-10) \qquad (mm)$$



$$h_{dc} = 166 \left(\frac{L_{wd}}{\rho_L . A_m} \right)^2 \qquad [mm]$$

اگر در اثر شرایط نامطلوب ارتفاع مایع درون ناودانی (h_d) زیاد شود، به نحویکه به سطح مایع روی سینی بالایی برسد (به ارتفاع l_t+h_w برسد) در این حالت به نقطه طغیان رسیده ایم. اما از طرفی مایع روی سینی یا درون ناودانی به لحاظ وجود بخارات لابلای آنها، دانستیته متوسطی در حد نصف دانسیته مایع شفاف را دارد (دانسیته مایع حاوی بخارات وکف حدود 0.4 الی 0.7 مایع شفاف است یا به طور متوسط دانستیته مایع کف کرده حدود نصف مایع شفاف در نظر گرفته می‌شود) بنابر این توصیه می‌شود که ارتفاع مایع درون ناودانی از$1/2(l_t+h_w)$ بیشتر نشود.

که l_t فاصله بین سینی هاست.

$$h_d \not> l_t + h_w$$

در مواقعی که فاصله بین دو سینی خیلی کم است بهتر است دانستیته دقیق مایع کف کرده محاسبه شود ومقدار توصیه شده فوق الذکر با دقت بیشتری مورد استفاده قرار گیرد .

زمان توقف مایع درون ناودانی:

اگر زمان توقف مایع درون ناودانی خیلی کم باشد در این صورت فرصت جدایی به بخارات احتمالی دون مایع که همراه مایع به درون ناودانی کشیده می شود داده نخواهد شد. لذا توصیه شده است که حداقل زمان اقامت مایع درون ناودانی حدود 3 ثانیه باشد .

$$t_r = \frac{A_d . h_d . \rho_L}{L_{wd}}$$

$$L_{wd} = (\frac{kg}{s})$$

دبی جرمی مایع درون ناودانی

مرحله 10 : تصمیم گیری در مورد جزئیات سینی

در تمامی موارد فوق شاید بارها لازم باشد به مرحله 6 برگردیم (مرحله انتخاب سطوح مختلف سینی، ارتفاع سد و ...) لذا نهایتا پس از عبور مرحله 9 جزئیات سینی مشخص شده و در مرحله 10 تصمیم گیری نهایی در مورد جزئیات سینی صورت خواهد گرفت واگر لازم باشد تغییراتی جزئی نیز اعمال خواهد شد و شکل سینی رسم می شود .

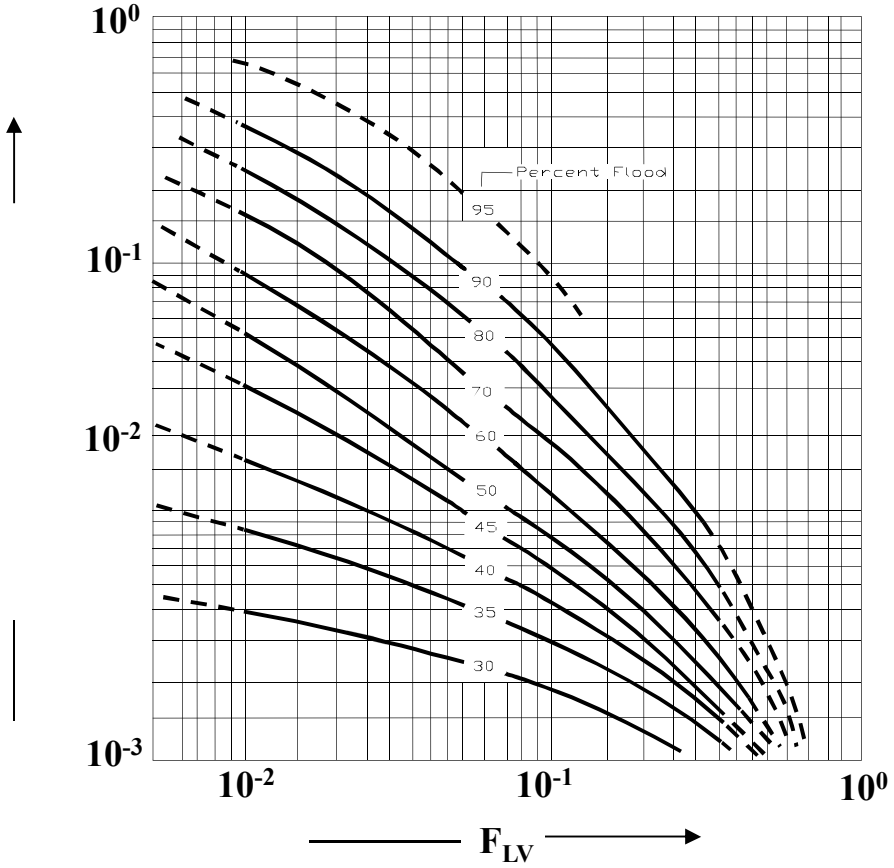
مرحله 11 : محاسبه در صد طغیان و مقایسه با مقدار در نظر گرفته شده

حال با توجه به آنکه در مورد جزئیات سینی تصمیم گیری شده است و تغییرات احتمالی لازم نیز داده شده است در صد طغیان واقعی به شرح زیر محاسبه می شود.

$$\text{در صد طغیان} = \frac{\text{سرعت واقعی بخار بر اساس سطح خالص } Un}{U\ f\ (\text{سرعت طغیان محاسبه شده از رابطه } Fair)}$$

مرحله 12 : محاسبه Entrainment

با توجه به در صد طغیان واقعی که در مرحله قبل بدست آمده است مقدار Entrainment از شکل قابل پیش بینی است.



مقدار Entrainment در سینی های مشبک

$$\Psi = \frac{\text{مایع کشیده شده به سمت بالا (توسط بخار)}}{\text{کل مایع روی سینی}}$$

در صورتیکه مقدار Ψ از 0.1 بیشتر باشد اثر آن روی راندمان قابل ملاحظه است که می باید در طراحی مد نظر قرار گیرد. اثر Ψ بر روی راندمان از رابطه Colburn قابل پیش بینی است.

$$E_a = \frac{E_{mv}}{1 + E_{mv}\left[\Psi(1-\Psi)\right]}$$

E_a =راندمان واقعی

E_{mv}=راندمان مورفری بر مبنای فاز بخار

در صورتیکه مقدار Ψ خیلی زیاد باشد بهتر است به مرحله 4 برگردیم و با کاهش در صد طغیان قطر ستون را نسبتا بزرگتر انتخاب کنیم و طبق مراحل طراحی ارائه شده نهایتا مقدار Ψ برای طراحی جدید کاهش خواهد یافت.

مراحل 13 و 14

حال می توانیم کلیه مراحل محاسبات را (مرحله 3 الی 12) با تغییر در فاصله بین سینی ها تکرار نماییم و نهایتا فاصله سینی و قطر سینی کمتر ومطلوب را بدست آوریم در مرحله نهایی (مرحله 14) جزئیات محاسبات انجام شده برای سینی خاص را می توان با شکل نشان داد.