مقایسه روشهای تجربی اندازه گیری HOLD-UP در ستون های استخراج کننده ضربه ای

سیدجابر صفدری[*1]،علیرضا کشتکار، محمد قنادی مراغه، حسین بهمنیار، داریوش باستانی

1 – تهران –سازمان انرژی اتمی–آزمایشگاههای تحقیقاتی جابربن حیان

E-mail: sj_safdari@yahoo.com

چکیده

یکی از پارامترهای مهم و اساسی در طراحی ستون های ضربه ای موجودی فاز پراکنده (hold-up) است. این پارامتر در طراحی برای محاسبه ارتفاع و قطر برج استفاده می شود. در این مقاله با استفاده از یک ستون ضربه ای نیمه صنعتی برای سیستم شیمیایی تولوئن-/استون موجودی فاز پراکنده بصورت تجربی بوسیله روشهای Shut-down و افت فشار مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. نتایج ومشاهدات تجربی نشان می دهد:1- اندازه گیری موجودی فاز پراکنده با استفاده روش از افت فشار نسبت به روش Shut-down آسانتر است.2- درصد خطای روش اندازه گیری موجودی فاز پراکنده با استفاده از روش Shut-down کمتر از روش افت فشار است.3- در اغلب موارد مقادیر hold-up اندازه گیری شده با استفاده از روشهای فوق خیلی به هم نزدیک میباشند 4-با افزایش دبی حجمی فاز پراکنده اختلاف بین مقادیر hold-up اندازه گیری شده با استفاده از روشهای فوق بیشتر میشود.5- در نقاط نزدیک نقطه انباشتگی و طغیان، افت فشار ژئواستاتیکی دو سر برج به شدت افزایش مییابد و در مقیاسهای صنعتی از این اصل می توان جهت مشاهده وضعیت عملیاتی ستون نسبت به نقطه انباشتگی و طغیان استفاده نمود. چون در مقیاس های صنعتی حرکت فاز ها در داخل ستون قابل مشاهده نمی باشد.6- استفاده همزمان از روش Shut down و افت فشار برای اندازه گیری hold-up یک روش پیشنهادی جدید جهت اندازه گیری افت فشار سینی ها و اصطکاک دیواره ستون می تواند باشد.

واژه های کلیدی : موجودی فاز پراکنده ؛ ستون های ضربه ای سینی دار
(PULSED PLATE COLUMN ; HOLD-UP)

1- مقدمه

یکی از پارامترهای لازم و اساسی در طراحی استخراج کننده های مایع- مایع موجودی فاز پراکنده است و به صورت زیر تعریف می شود :

$$\varepsilon = V_d /(V_d + V_c) \qquad (1)$$

برای پیش بینی موجودی فاز پراکنده در ستون های ضربه ای سینی دار معادلات متعددی پیشنهاد شده است[1-7].از آنجا که دقت و صحت معادلات ارائه شده با هم تفاوت دارند و از طرفی با توجه به محدویت کاربرد روابط ارائه شده هنوز بهترین روش جهت طراحی استفاده از اطلاعات آزمایشگاهی است.

در این کار به روش تجربی به مطالعه موجودی فاز پراکنده پرداخته شده است و جهت اندازه گیری

موجودی فاز پراکنده از دو روش زیر استفاده شده است.

1-1) اندازه گیری موجودی فاز پراکنده به روش SHUT DOWN

در این روش بعد از بر قرار شدن حالت پایا (Steady state) ابتدا موقعیت فصل مشترک دو فاز روی ناحیه ته نشین کننده بالائی ستون مشخص می گردد و سپس به طور همزمان تمامی جریانهای ورودی و خروجی به برج بسته می شوند. از آنجا که در این حالت بعضی از قطرات در لابلای سینی ها باقی خواهند ماند به منظور جلوگیری از این پدیده شدت ضربه روی مقادیر کم تنظیم می شود. بعد از مدتی که از خارج شدن تمامی قطرات در لابلای سینی ها و جدا شدن کامل دو فاز از هم اطمینان حاصل شد مجدداً موقعیت فصل مشترک دو فاز روی ناحیه ته نشین کننده بالائی ستون مشخص میشود و در این حالت با اندازه گیری تغییر ارتفاع فاز پراکنده به کمک موقعیت های اولیه و ثانویه ، موجودی فاز پراکنده محاسبه میشود.این روش دقیق ترین روش جهت اندازه گیری موجودی فاز پراکنده است.

2-1) اندازه گیری موجودی فاز پراکنده به روش افت فشار

در این روش جهت اندازه گیری موجودی فاز پراکنده از رابطه زیر استفاده میشود[8]:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{H} - \frac{N\Delta P_N}{(\rho_d - \rho_c)gH} \qquad (2)$$

در رابطه فوق $N\Delta P_N$ افت فشار ناشی از اصطکاک دیواره ستون و وجود N سینی مشبک در فاصله بین نقاط A و B مطابق شکل (1) است و طریقه اثبات آن به صورت ذیل است:

$$P_A - P_B = \rho_c gH + (\rho_d - \rho_c)g\Delta l \qquad (3)$$

$$P_A - P_B = N\Delta P_N + \bar{\rho}\, gH \qquad (4)$$

$$\bar{\rho} = \varepsilon\rho_d + (1-\varepsilon)\rho_c \qquad (5)$$

از ترکیب معادلات (3) ،(4) و(5) معادله (2) نتیجه می شود. حال اگر فرض شود که افت فشار $N\Delta P_N$ فقط ناشی از حرکت فاز پیوسته باشد در این حالت چون فاز پراکنده وجود ندارد نتیجه می شود:

$$\varepsilon = 0 \qquad (6)$$

حال با جاگذاری رابطه فوق در رابطه (2) نتیجه می شود:

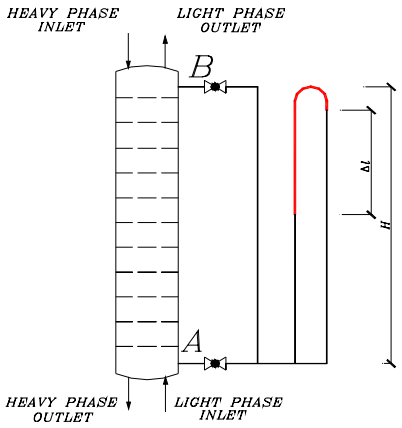
$$N\Delta P_N = (\rho_d - \rho_c)g\Delta l' \qquad (7)$$

با ترکیب معادلات(7) و(2) رابطه زیر برای محاسبه موجودی فاز پراکنده بدست خواهد آمد:

$$\varepsilon = \left(\frac{\Delta l - \Delta l'}{H}\right) \qquad (8)$$

Δl : افت فشار ژئواستاتیکی ستون زمانی که هر دو فاز جریان دارند

$\Delta l'$: افت فشار ژئواستاتیکی ستون زمانی که فقط فاز پیوسته جریان دارد



شکل 1: اندازه گیری افت فشار برای تعیین موجودی فاز پراکنده

در شکل (1) سیالهای استفاده شده برای مانومتر،آب و تولوئن میباشند و به جای تولوئن از هر سیال غیر قابل امتزاج و سبکتر از آب می توان استفاده نمود ولی در این حالت شکل معادلات (2) و (7) تغییر خواهند کرد.

2- مشخصات دستگاه و سیستم های شیمیایی استفاده شده

دستگاه استفاده شده برای آزمایشات یک استخراج کننده نیمه صنعتی از نوع ضربه ای سینی دار است. و مشخصات ستون اصلی آن بشرح زیر است:

جنس ستون: شیشه

طول ستون: 150 سانتیمتر

قطر ستون: 5 سانتیمتر

قطر سوراخها: 2 میلی متر

فاصله سوراخها: 5 میلی متر

فاصله سینی ها : 5 سانتیمتر

جنس لوله های نگهدارنده سینی: فولاد زنگ نزن 316

جنس سینی ها: فولاد زنگ نزن 316

قطر لوله های نگهدارنده سینی: 1 سانتیمتر

سیستم شیمیایی مورد استفاده برای آزمایشات آب/ تولوئن است که یک سیستم با کشش بین فازی بالاست و تولوئن فاز پراکنده و آب فاز پیوسته است و تمامی آزمایشات در غیاب انتقال جرم انجام شده اند.

3- روش کار

با استفاده از دستگاه فوق الذکر و سیستم شیمیایی تولوئن / آب ابتدا فرکانس ضربه، دامنه ضربه، و دبی حجمی فاز پیوسته روی مقادیر ثابت و دلخواه تنظیم شده سپس با افزایش دبی حجمی فاز پراکنده تا نقطه انباشتگی دستگاه(حداقل سه دبی برای فاز پراکنده) چندین آزمایش انجام میشود. در هر آزمایش بعد از رسیدن دستگاه به حالت پایدار موقعیت فصل مشترک دو فاز روی ناحیه ته نشین کننده بالائی دستگاه علامت گذاری شده و همزمان مقادیر دبی حجمی فازها ی

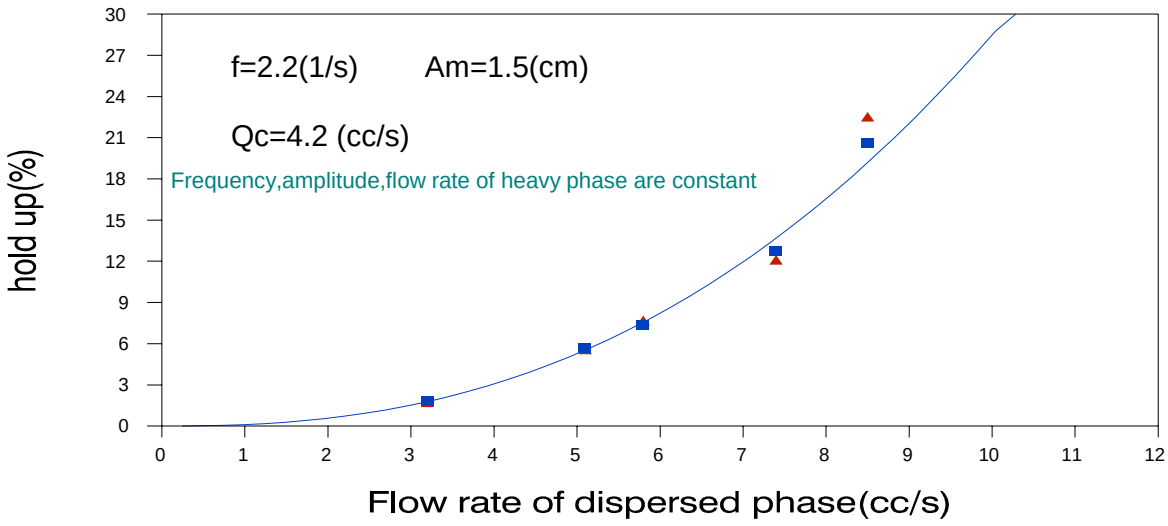
در این کار از فاز سبک به عنوان Sealing Liquid و از فاز سنگین به عنوان سیال عبور دهنده فشار(PressureTransmitting) استفاده شده است.

سبک و سنگین، دامنه و فرکانس ضربه قرائت می شوند. سپس تمامی جریانهای ورودی و خروجی به برج سریعاً قطع شده و بعد از 20 دقیقه مجدداً فصل مشترک دو فاز روی ناحیه ته نشین کننده بالائی دستگاه علامت گذاری می شود. حال با داشتن موقعیت اولیه و نهائی فصل مشترک دو فاز و افت فشار ژئو استاتیکی قرائت شده موجودی فاز پراکنده با استفاده از دو روش فوق الذکر قابل اندازه گیری است.

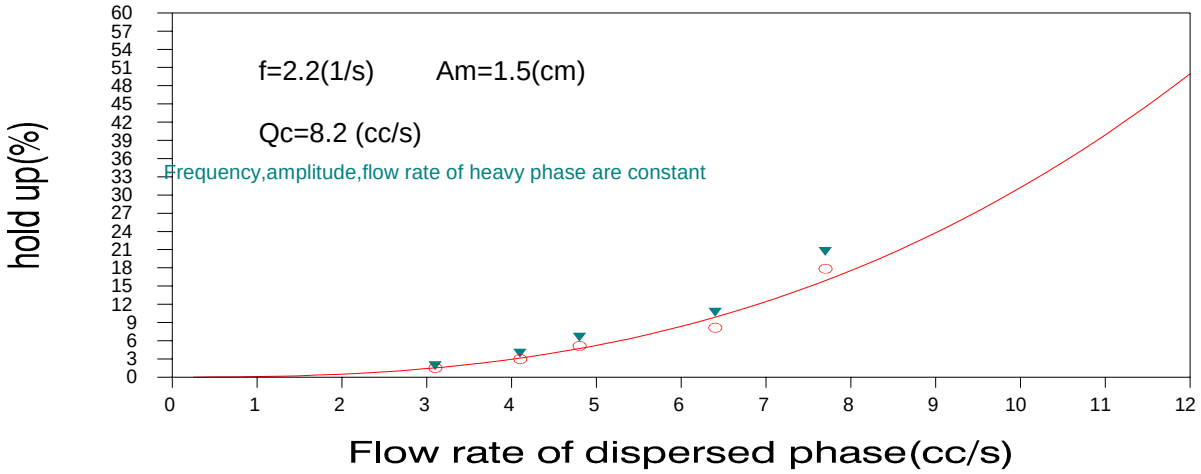
4- نتایج

با رسم منحنی تغییرات hold-up با سرعت حجمی فاز پراکنده منحنی های اشکال(2) تا (6)حاصل می شود. با استفاده از مشاهدات تجربی و بکمک این منحنی ها می توان نتایج زیر را استنتاج نمود:

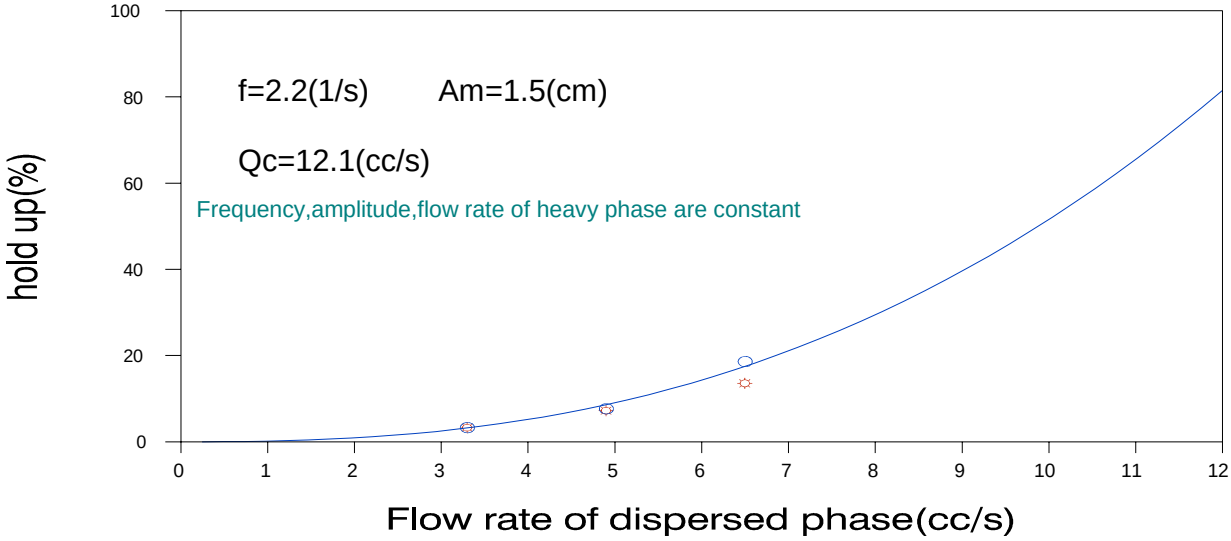
- متوسط موجودی فاز پراکنده اندازه گیری شده با استفاده از دو روش دراغلب موارد خیلی به هم نزدیک می باشند.
- افزایش سرعت حجمی فاز پراکنده در شرایطی که شدت ضربه (حاصلضرب فرکانس ضربه در دامنه ضربه) و سرعت حجمی فاز پیوسته ثابت باشد باعث افزایش موجودی فاز پراکنده می شود.
- افزایش سرعت حجمی فاز پیوسته در شرایطی که شدت ضربه (حاصلضرب فرکانس ضربه در دامنه ضربه) وسرعت حجمی فاز پراکنده ثابت باشد باعث افزایش موجودی فاز پراکنده می شود.
- افزایش شدت ضربه $(Am.f)$ در شرایطی که سرعت حجمی فاز پراکنده و فاز پیوسته ثابت باشند باعث افزایش متوسط موجودی فاز پراکنده می شود.



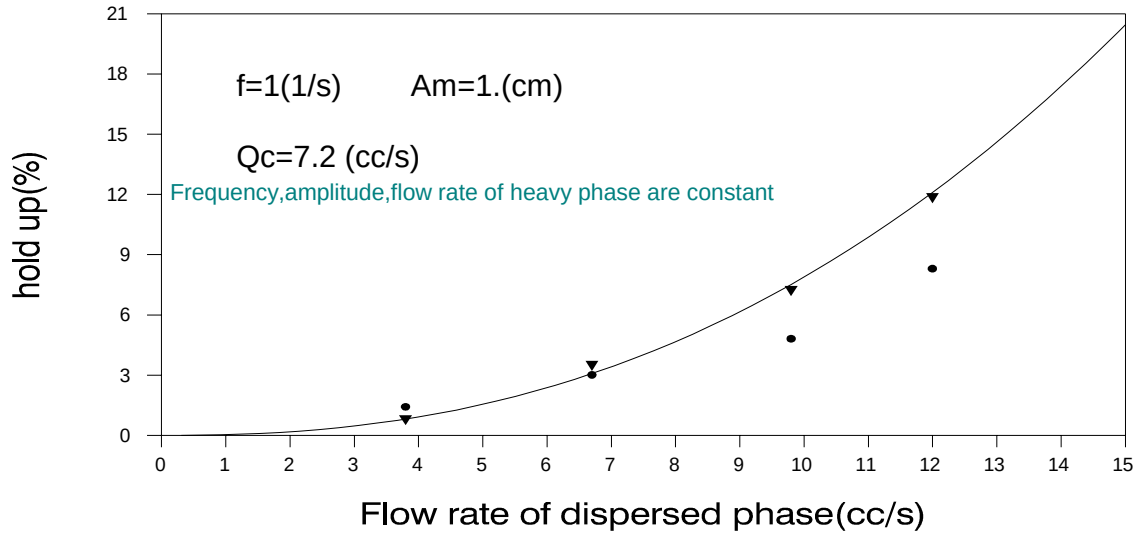
شکل2: مقایسه مقادیر اندازه گیری شده موجودی فاز پراکنده با استفاده از دو روش



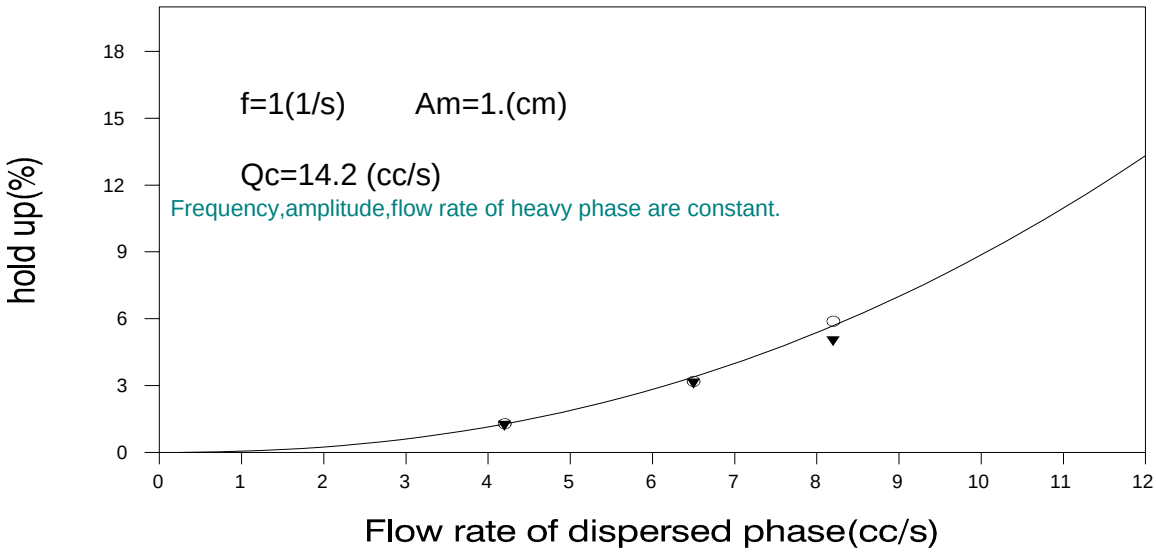
شکل 3: مقایسه مقادیر اندازه گیری شده موجودی فاز پراکنده با استفاده از دو روش



شکل4: مقایسه مقادیر اندازه گیری شده موجودی فاز پراکنده با استفاده از دو روش



شکل 5: مقایسه مقادیر اندازه گیری شده موجودی فاز پراکنده با استفاده از دو روش



شکل6: مقایسه مقادیر اندازه گیری شده موجودی فاز پراکنده با استفاده از دو روش

5- بحث و نتیجه گیری

1- در رژیم عملیاتی میکسر ستلر بعضی موارد افت فشار ژئواستاتیکی منفی است از طرفی با توجه به اینکه hold-up منفی مفهوم فیزیکی ندارد لذا روش افت فشار برای اندازه گیری hold-up در این حالت توصیه نمی شود. از این روش فقط زمانی می توان استفاده نمود که ΔL بزرگتر از صفر باشد.

2- در صنایع هسته ای با توجه به بالا بودن خطرات ناشی از تشعشع استفاده از روش افت فشار بسبب سهولت نسبت به روش Shut-down برای اندازه گیری موجودی فاز پراکنده ارجحیت دارد.

3- در تمامی آزمایشات زمانی که دبی حجمی فاز پراکنده کم است مقادیر اندازه گیری شده موجودی فاز پراکنده با استفاده از دو روش خیلی به هم نزدیک میباشند چون مقدار $N\Delta P_N$ ستون برای حالتی که دو فاز پیوسته و پراکنده جریان دارند با حالتی که فقط فاز پیوسته جریان دارد تقریباً مساوی است.

4- در نقاط نزدیک نقطه انباشتگی و طغیان، افت فشار ژئواستاتیکی دو سر برج به شدت افزایش میابد. در مقیاسهای صنعتی از این اصل می توان جهت مشاهده وضعیت عملیاتی ستون نسبت به نقطه انباشتگی و طغیان استفاده نمود. چون در مقیاس های صنعتی حرکت فاز ها در داخل ستون قابل مشاهده نمی باشد.

علائم

ΔP_N: افت فشار ناشی از اصطکاک دیواره ستون و N سینی موجود بین نقاط A,B (N/m^2)

H: فاصله بین نقاط A ,B (m)

ρ_d: جرم حجمی فاز پراکنده(kg/m^3)

ρ_c: جرم حجمی فاز پیوسته(kg/m^3)

g: شتاب جاذبه(m/s^2)

ε: موجودی فاز پراکنده

V_C: حجم فاز پیوسته درون برج(m^3).

V_d: حجم فاز پراکنده درون برج(m^3).

ΔL: افت فشار ژئواستاتیکی(m).

ρ_c: جرم حجمی فاز پیوسته(kg/m^3).

ρ_d: جرم حجمی فاز پراکنده(kg/m^3).

f: فرکانس ضربه (1/s).

Am: دامنه ضربه (cm).

Qc: دبی حجمی فاز پیوسته(cc/s).

Qd: دبی حجمی فاز پیوسته(cc/s).

مراجع

1) Khemangkorn, V.,Molinier, I., Chem.Eng Sci. 33 (1978) No. 4, PP. 501-5081.
2) Hafez , M. M. Nemecek. N., Prochazka, J., Proc. Int. Solv. Extr. Conf. Lyons.
3) Miyanami, K., Tojo, K., Yano, T., Chem. Eng. Sci.,30 (1975) PP. 1415-1410.
4) Ramarao, N. V, Srinivas, N. S., Can. J. Chem. Eng. 61 (1983) No. 1, PP. 168-177.
5) Vasallo, G., Thornton, D., Proc. Int. Solv. Extr. Conf. Denver, Colorado 1983, PP 168-169.
6) Batey, W., Auhur, T., et al., Proc. Int. Solv. Conf., Denver, Colorado 1983, PP. 166-167.
7) Schmidt, H. and H. Miller (1981) KfK-Nachr., 14(3), 154-65.
8) Wolfgang Pietzsch, Eckhart Blass, Chem.Eng Technol. 10 (1987), PP. 78.