شبیه‌سازی توزیع‌کننده مایع لوله‌ای درون برج‌های پرشده با آکنه‌های ساختاریافته توسط روش دینامیک سیالات محاسباتی

مرتضی زیودار*، رضا اسدالهی

زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده مهندسی شیمی

پیام‌نگار: **morteza@hamoon.usb.ac.ir**

چکیده

با توجه به استفاده روزافزون از توزیع‌کننده‌های مایع درون برج‌های تقطیر آکنده و اثرات نامطلوب توزیع ناقص مایع درون این برج‌ها، تحقیقات زیادی در مورد چگونگی توزیع مایع و اثرات آن بر میزان جداسازی توسط دانشمندان مختلف صورت گرفته است. در این مقاله، ابتدا به دو تئوری که توسط مور و روکوونا[1] در سال ۱۹۸۷ و بیلینگهام و همکارانش[2] در سال ۱۹۹۷ در مورد چگونگی بررسی توزیع ناقص مایع درون برج‌ها بیان شده، می‌پردازیم، سپس شرایط توزیع مناسب و انواع توزیع‌کننده‌های مایع را به صورت اجمالی مورد بررسی قرار داده و نهایتاً با استفاده از نتایج شبیه‌سازی توزیع‌کننده لوله‌ای توسط دینامیک سیالات محاسباتی[3]، جریان مایع توزیع شده مورد تحلیل قرار می‌گیرد، نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده سرعت بیشتر مایع در سمت راست توزیع‌کننده، همچنین توزیع نسبتاً مناسب مایع در نواحی مرکزی و توزیع نامناسب مایع در نواحی دور افتاده نسبت به مرکز توزیع‌کننده می‌باشد.

کلمات کلیدی: برج‌های پرشده، آکنه‌های ساختاریافته، توزیع‌کننده مایع، دینامیک سیالات محاسباتی

مقدمه

برج‌های پرشده با آکنه‌های ساختاریافته، دارای ابزارها و تجهیزات کمکی بیشتری نسبت به برج‌های پرشده نامنظم می‌باشند. یکی از مؤثرترین و مهمترین نکات در برج‌های پرشده، توزیع مناسب جریان ورودی گاز و مایع است. در واقع، استفاده روزافزون از برج‌هایی با پرکن‌های ساختاریافته در مقایسه با برج‌های دیگر، نظریات جدیدی را برای توزیع جریان‌ها در برج ارائه می‌دهد. پس از ابزارهای تماس جریان، توزیع‌کننده‌ها، مایع جدیدی را برای توزیع جریان‌ها در برج ارائه می‌دهد. پس از ابزارهای تماس جریان، توزیع‌کننده‌های مایع یکی از مهمترین قسمت‌های درونی برج می‌باشند که معمولاً کارکرد مناسب یک برج را تضمین می‌کنند.

1. Moore, F., and Rukovena F.
2. J. F. Bilingham and M. J. Lockett
3. Computational Fluid Dynamics (CFD)

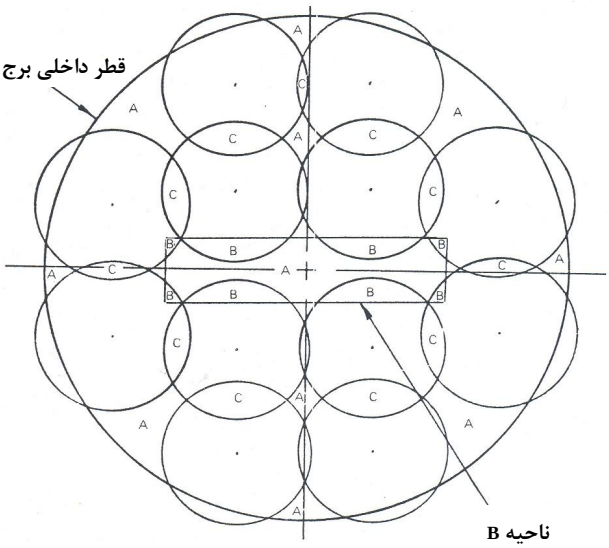
بیش از ۷۰٪ مشکلات مربوط به برج‌های آکنده، و توزیع ناقص مایع درون این برج‌ها می‌باشد. چنانچه توزیع مایع در برج به صورت یکنواخت و مناسب انجام نشود، قسمتی از بستر بدون آغشته شدن به مایع در معرض جریان گاز قرار خواهد گرفت، در این صورت، این قسمت از بستر دخالتی در انتقال جرم نخواهد داشت و به خاطر عدم تماس بین فاز مایع و گاز راندمان انتقال جرم کاهش می‌یابد، بنابراین، برای کارکرد مداوم یک واحد باید طراحی مناسبی برای توزیع‌کننده انتخاب شود. باید دقت نمود که توزیع‌کننده‌های مایع نصب شده در برج‌های پرشده غیر از حفظ یکنواختی جریان مایع باید مناطق آزادی را برای عبور جریان بخار ایجاد کنند.

با توجه به جریان گاز درون برج متوجه خواهیم شد که در حالت عادی احتیاجی به استفاده از توزیع‌کننده‌های گاز نخواهیم داشت؛ زیرا افت فشار موجود در بستر، خود به صورت یک توزیع‌کننده برای فاز گاز عمل می‌کند؛ البته در موارد خاصی استفاده از این توزیع‌کننده‌ها غیر قابل صرف نظر است. برج‌های پرشده با آکنه‌های ساختاریافته از یک اصل کلی پیروی می‌کنند که همانا حفظ شکل جریان در طول بستر می‌باشد. این اصل، نشان‌دهنده آن است که توزیع یکنواخت یا غیر یکنواخت جریان مایع و گاز در ابتدای ورود آنها به برج تا عمق زیادی از بستر، پایدار می‌ماند. البته، شایان ذکر است که عمق پایداری توزیع جریان برای برج‌هایی با پرکن‌های ساختاریافته بیشتر از برج‌هایی با پرکن‌های نامنظم می‌باشد. میزان مایع کافی و توزیع مناسب آن در مقطع ورودی جریان بسیار حائز اهمیت و ناتوانی در ایجاد چنین وضعیتی باعث توزیع ناقص و پدیده طغیان زود هنگام در بستر که خود عامل بسیار مهمی در کاهش کارایی برج می‌باشد، می‌شود.

بسیاری از دانشمندان به منظور به دست آوردن ضریبی برای نمایش کیفیت توزیع مایع درون برج‌های پرشده، تلاش‌های گوناگونی را انجام داده‌اند. مور و روکوونا[۱] رابطه زیر را که مبتنی بر نتایج تجربی بود به منظور به دست آوردن شاخصی برای تعیین کیفیت توزیع مایع ارائه کردند.

$$D_Q = ۰/۴۰(۱۰۰ - A) + ۰/۶۰B - ۰/۳۳(C - ۷/۵) \qquad (۱)$$

شاخص کیفیت توزیع مایع (D_Q)[1] به صورت درصد بیان می‌شود. مقدار زیاد آن نشان‌دهنده کیفیت مناسب آبیاری است، حدود تغییرات زیاد آن نشان‌دهنده کیفیت مناسب آبیاری است، حدود تغییرات این شاخص برای توزیع‌کننده‌های استاندارد تجاری بین ۱۰ تا ۷۰ درصد، توزیع‌کننده‌های با عملکرد متوسط ۷۵ تا ۹۰ درصد و برای توزیع‌کننده‌های با عملکرد بالا، بیشتر از ۹۰ درصد است. برای تخمین این شاخص، در شکل زیر نقاط ریزش هر خروجی توزیع‌کننده به صورت یک دایره نشان داده شده‌اند. مرکز این دایره همان نقطه‌ای است که مایع به صورت مستقیم بر روی بستر می‌چکد. مجموع تمام این دایره‌ها مساوی سطح مقطع برج است، اگر مایع به صورت منطقه‌ای توسط نقاط ریزش تقسیم‌بندی شده باشد هر دایره مساوی سطح مقطعی از برج است که به وسیله نقاط ریزش تقسیم شده است. ترم‌های C,B,A معادله بالا در شکل (۱) ارزیابی شده‌اند.



شکل ۱ـ نمایش مناطق در برگیرنده پارامترهای *A, B, C* [۲]

A: درصدی از سطح مقطع بالای بستر است که توسط دایره‌های زیر نقطه ریزش تحت پوشش قرار داده نشده‌اند و این پارامتر مستقیماً از اندازه‌گیری این سطح مقطع به دست می‌آید.

B: توسط انتخاب یک منطقه ممتد آبیاری بالای پرکن‌ها که ۱/۱۲ سطح مقطع برج را اشغال کرده است ارزیابی می‌شود. این ناحیه، منطقه‌ای است که میزان بالای انحراف از میانگین جریان در آن رخ می‌دهد.

C: مناطق روی هم افتاده دایره‌های مجاور را نشان می‌دهد که به صورت درصدی از سطح مقطع برج بیان می‌شود.

1. Distribution Quality Rating Index

در سال ۱۹۹۷ بیلینگهام و چندی از همکارانش [۳] ضریب پراکندگی توزیع مایع (C_V)[1] به دست آمده از رابطه زیر را به عنوان معیاری برای بیان چگونگی توزیع مایع معرفی و جهت توزیع مناسب مایع، مقدار ضریب پراکندگی کمتر از ۰/۱ را پیشنهاد کردند.

$$C_V = \sqrt{\frac{1}{A_t}\int\left(\frac{U-\bar{U}}{\bar{U}}\right)^2 dA} \qquad (2)$$

$$\bar{U} = \frac{1}{A_t}\int U dA$$

در این رابطه، A_t سطح مقطع کل برج بر حسب ft^2، U سرعت متوسط در مقطع ورودی بر حسب ft/s و $\bar{U}$ سرعت موضعی برحسب ft/s می‌باشد.

شرایط توزیع‌کننده مناسب جریان مایع

۱- ازدیاد نقاط ریزش مایع در سطح مقطع برج

۲- جلوگیری از تولید قطرات مایع به صورت بخار یا مه که ممکن است توسط جریان گاز به سمت بالا حمل شود.

۳- جلوگیری از به هم پیوستن گذرهای مختلف جریان مایع قبل از رسیدن به توده پرکن‌ها

۴- کارایی مناسب در شرایط کف‌زایی، بدان معنی که توزیع‌کننده نباید اجازه گسترش و حرکت کف را به سمت بالا بدهد، زمانی که توزیع‌کننده کف ایجاد شده را تخریب می‌کند این معضل به وجود نخواهد آمد.

۵- آزادی مسیرعبور جریان گاز

۶- تمایلی به دفع رسوب و آلودگی در سطوح داخلی و خارجی نداشته باشد.

۷- نسبت به پوسیدگی در سطوح داخلی و خارجی مقاوم باشد.

۸- یک توزیع‌کننده خوب با توجه به مواد فرایندی و ساختاری برج باید دارای قیمت مناسبی باشد.

انواع توزیع‌کننده‌های مایع

انتخاب توزیع‌کننده‌ها با بررسی موارد زیر صورت می‌گیرد:

۱- دبی جریان مایع، ۲- انسداد یا گرفتگی مجاری، ۳- نسبت جریان مایع به بخار *(L/V)* و ۴- جریان طبیعی خوراک

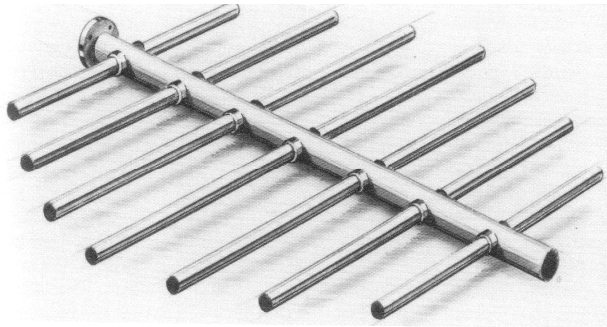
توزیع‌کننده‌ها بر اساس دو نوع **جاذبه‌ای و فشاری** طبقه‌بندی می‌شوند.

توزیع‌کننده‌های **جاذبه‌ای** به سه صورت کلی زیر تقسیم می‌شوند.

۱- توزیع‌کننده‌های لوله‌ای، ۲- توزیع‌کننده‌های اریفیسی، ۳- توزیع‌کننده‌های بندی (شبکه‌ای با شیار V شکل- سینی‌دار با شیار V شکل در خروجی استوانه‌ای گاز)

توزیع‌کننده‌های لوله‌ای

توزیع‌کننده‌های لوله‌ای در حالت کلی به دو صورت نردبانی (شکل ۲) و یا نردبانی دایره‌ای (شکل ۳) می‌باشند. و سوراخ‌های خروجی مایع در زیر لوله‌ها قرار دارند. به طور کلی، کیفیت توزیع مایع با استفاده از توزیع‌کننده‌های لوله‌ای قدری کمتر از توزیع‌کننده‌های اریفیسی است، افت فشار در توزیع‌کننده‌های لوله‌ای زیاد است (در مقایسه با توزیع‌کننده‌های جاذبه‌ای و اریفیسی) و مقدار جریان مایع بر واحد سطح برج زیاد می‌باشد که بستگی به تعداد نقاط ریزش دارد. اگر در عمل بتوان سطح هموار از مایع را در زیر نقاط ریزش ایجاد کرد توزیع‌کننده‌های لوله‌ای، توزیعی مناسب‌تر از توزیع‌کننده‌های اریفیسی ایجاد می‌کنند.

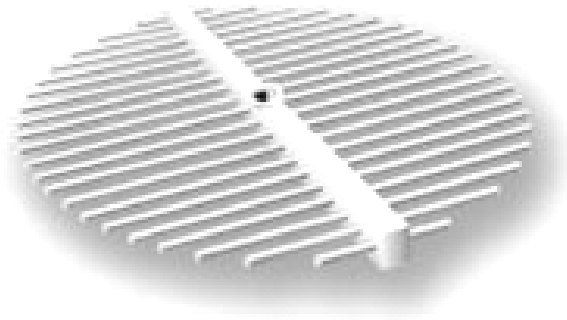


شکل ۲ـ توزیع‌کننده لوله‌ای نردبانی [۲]

توزیع‌کننده‌های لوله‌ای زمانی که سرعت جرمی بخار بسیار بالاست و همچنین در برج‌هایی که برای جلوگیری از پدیده طغیان به فضای بیشتر از ۷۰ درصد از سطح مقطع برج برای عبور بخار احتیاج داریم بسیار مناسب هستند به طور کلی از توزیع‌کننده‌های لوله‌ای و اسپریی

1. Coefficient of Variation

برای ایجاد فضای آزاد زیاد به منظور عبور جریان بخار استفاده می‌شود. هر چند که در حالت استاندارد حداکثر جریان مایع پیشنهادی برای این نوع توزیع‌کننده‌ها کم و نباید بیشتر از ۱۰ gpm/ft^2 باشد [۴].



شکل ۳ـ توزیع‌کننده لوله‌ای نردبانی دایره‌ای [۲]

یکی دیگر از مزایای توزیع‌کننده‌های لوله‌ای، هزینه پایین ساخت و نگهداری، همچنین کنترل ساده آنها می‌باشد و در حالت استاندارد فضای عمودی کمتری را نسبت به بقیه توزیع‌کننده‌ها اشغال می‌کنند در زیر دستورالعمل‌هایی را برای انتخاب، طراحی و عملکرد توزیع‌کننده‌های لوله‌ای ارائه می‌کنیم:

۱- توزیع‌کننده‌های لوله‌ای فقط برای خوراک تک فازی مایع مناسب هستند ودر زمانی که به مقدار بالای توزیع منظم احتیاج داریم باید توزیع‌کننده از خوراک مایع پر باشد[۵].

۲- بطور کلی پیشنهاد می‌شود که توزیع‌کننده‌های لوله‌ای برای حذف بخارهای رها شده از بستر در فاصله ۶ تا ۱۲in از بالای بستر قرار گیرند. در یک طراحی خاص برای حذف مه در بالای توزیع‌کننده از لایه‌های پرکن استفاده شده که به دلیل ایجاد پدیده طغیان پیشنهاد نمی‌شود.

۳- زمانی که احتمال پدیده گرفتگی وجود دارد مانند سیستم‌هایی که در آن مایع به نقطه انجماد خود رسیده یا خوراک ورودی حاوی اجزاء جامد است نباید از این نوع توزیع‌کننده استفاده شود؛ چون یک توزیع‌کننده با گرفتگی جزئی باعث عملکرد بدتر برج نسبت به زمانی که توزیع‌کننده وجود ندارد می‌شود. اگر قصد استفاده از این نوع توزیع‌کننده برای خوراک‌هایی که حاوی جامد می‌باشد را داشته باشیم باید از فیلتر استفاده کنیم[۶].

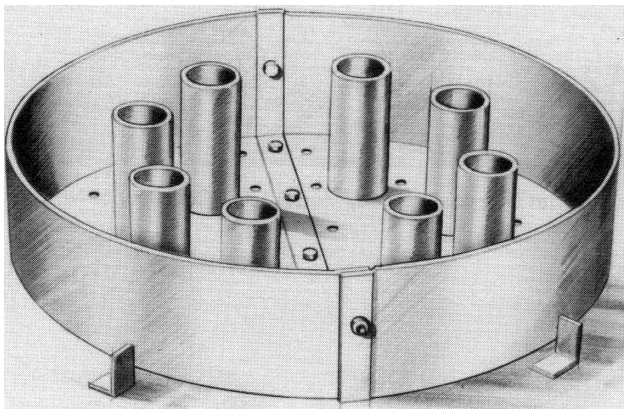
۴- برای توزیع مایعاتی که ایجاد خوردگی و پوسیدگی می‌کنند نباید از توزیع‌کننده‌های لوله‌ای و اریفیسی استفاده کنیم؛ چون پس از مدتی باعث توزیع ناقص مایع می‌شوند.

۵- از افت فشار بالادر توزیع‌کننده‌های لوله‌ای به دلیل اینکه ممکن است تعداد نقاط ریزش را محدود سازند باید جلوگیری کرد. خط لوله ورودی به توزیع‌کننده لوله‌ای باید مجهز به یک شیر کنترل و یک اریفیس محدودکننده جریان برای شکست فشارهای بالا باشد. مناسب‌ترین توزیع، زمانی به دست می‌آید که خروج مایع از لوله‌ها به وسیله نیروی جاذبه صورت گیرد و نیروی فشار بر آن اثری نداشته باشد.

۶- میزان نرخ *(L/V)* در توزیع‌کننده‌های لوله‌ای پایین و حدود ۲ تا ۲/۵ است مقدار بیش از اندازه مایع ممکن است باعث ایجاد مه شود و کمبود مایع نیز باعث آبیاری ناهموار بر روی بستر پرشده می‌گردد.

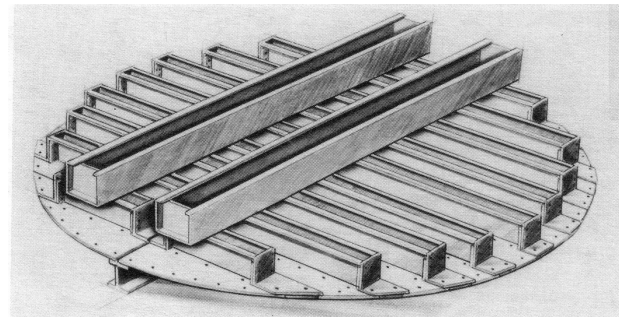
توزیع‌کننده‌های اریفیسی

توزیع‌کننده‌های اریفیسی معمولاً به دو صورت سینی‌دار شکل (۴) و تونلی شکل، شکل (۵) می‌باشند، از نوع اول در برج‌های با قطر کمتر از ۴ft و از نوع تونلی برای برج‌های با قطر بیشتر از ۴ft استفاده می‌شود.



شکل ۴ـ توزیع‌کننده اریفیسی سینی‌دار [۷]

توزیع‌کننده سینی‌دار اریفیسی از یک سینی که مجهز به فضاهای خالی دایره‌ای یا مستطیلی برای عبور جریان بخار و همچنین روزنه‌هایی در کف سینی برای عبور جریان مایع می‌باشند تشکیل شده است، این سینی بر روی حلقه‌های نگهدارنده یا تیرک‌هایی استوار است که به بدنه برج متصل می‌شوند.

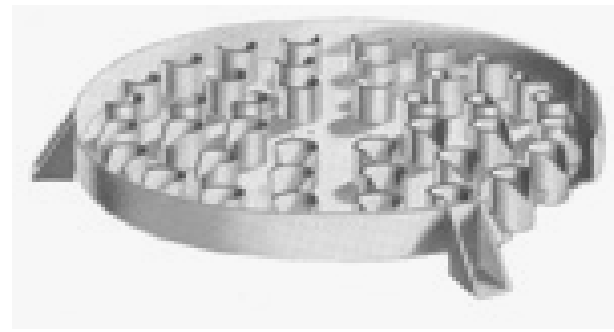


شکل ۵ـ توزیع‌کننده اریفیسی تونلی [۷]

توزیع‌کننده‌های اریفیسی تونلی از یک سری آبشخورهای موازی که در کف آنها روزنه‌هایی برای خروج مایع وجود دارد تشکیل شده است و بخار از درون فضای بین آبشخورها عبور می‌کند. برای برابر نگاه داشتن ارتفاع خوراک مایع درون تمامی آبشخورها، کانال‌های ورودی مایع را به صورت ضربدری بالای آبشخورها قرار می‌دهند.

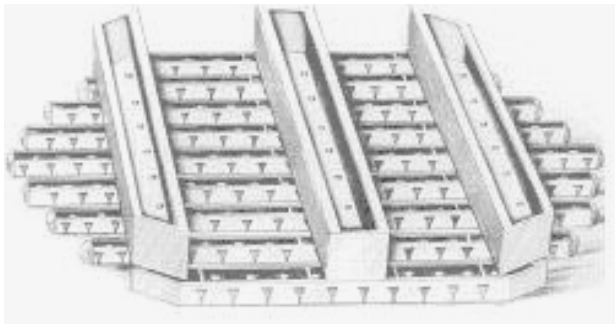
توزیع‌کننده‌های بندی

توزیع‌کننده‌های بندی معمولاً به دو صورت سینی‌دار با شیارهای V شکلِ تعبیه شده در خروجی استوانه‌ای بخار[1] شکل (۶) و شبکه‌ای با شیارهای V شکل تعبیه شده در آبشخورها[2] شکل (۷) می‌باشند.



شکل ۶ـ توزیع‌کننده سینی‌دار [۷]

توزیع‌کننده‌های سینی‌دار از یک سینی مجهز به خروجی‌های استوانه‌ای بخار که با شیارهای V شکل بر روی آنها، تشکیل شده است. شیارهای V شکل باعث حرکت رو به پایین مایع در خلاف جهت بخار می‌شود. یکی از محدودیت‌هایی که در این نوع توزیع‌کننده‌ها وجود دارد حساسیت آنها به مقادیر بالای مایع و بخار است.



شکل ۷ـ توزیع‌کننده شیاری [۷]

توزیع‌کننده‌های شیاری از آبشخورهایی مجهز به شیارهای موازی V شکل برای عبور جریان مایع تشکیل شده و بخار بالا رونده از میان آبشخورها عبور می‌کند. به طور کلی، کیفیت توزیع در توزیع‌کننده‌های شیاری پایین‌تر از توزیع‌کننده‌های اریفیسی است.

توزیع‌کننده‌های **فشاری** به دو صورت تقسیم می‌شوند: ۱- توزیع کننده‌های پاششی، ۲- توزیع کننده‌های دو فازی

توزیع‌کننده‌های پاششی

از این نوع توزیع‌کننده‌ها برای خوراک‌دهی مایعاتی که فشاری کمتر از ۱۵psig دارند، به منظور ایجاد حداقل مه و صدای پاشش استفاده می‌شود، در شکل (۸) یک نمونه از این توزیع‌کننده نشان داده شده است. باید بدانیم که از این نوع برای توزیع مایعات تمیز و همچنین در پمپ‌ها، چگالنده‌ها و در شستشوی برج‌های مواد خام استفاده می‌شود.

شکل ۸ـ توزیع‌کننده پاششی [۷]

توزیع‌کننده‌های دو فازی

خوراک‌های مایعی که از میانه برج وارد می‌شوند معمولاًحاوی دو فاز

1. Weir Riser
2. Notched-Trough

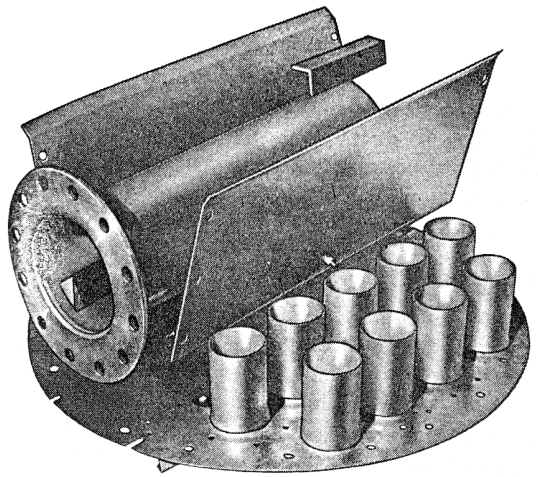
بخار و مایع است و به درون یک توزیع‌کننده دوفازی ریخته می‌شوند توزیع‌کننده‌های دو فازی دارای ۲ وظیفه اصلی هستند:

۱. جداسازی بخار و مایع و همچنین توزیع یکنواخت خوراک بر روی بستر زیرین.

۲. جذب و پخش نیروی به کار برده شده برای ورود خوراک.

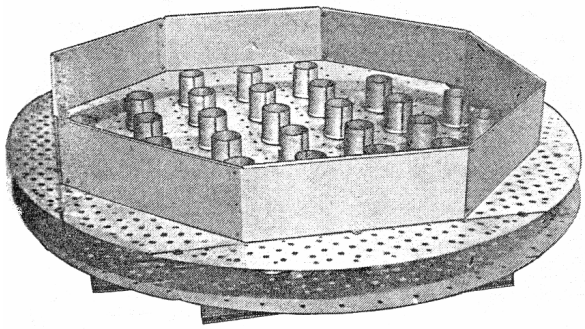
انواع توزیع‌کننده‌های دو فازی رایج، نوع آبگردانی (بفلی) شکل (۹)، نوع گالری شکل (۱۰) می‌باشند.

در توزیع‌کننده‌های بفلی (شکل ۹) خوراک مایع حاوی بخار به طور مستقیم بر روی آبگردان‌ها ریخته شده، مایع به سمت توزیع‌کننده زیرین جریان می‌یابد، این نوع از توزیع‌کننده‌ها مناسب‌ترین توزیع‌کننده برای خوراک‌های دو فازی در برج‌هایی با قطرهای کمتر از ۴ft که تمایلی به کف‌زایی ندارند، می‌باشند.



شکل ۹ـ توزیع‌کننده آبگردانی (بفلی) [۵]

نوع گالری شکل (۱۰) برای توزیع خوراک‌هایی که مایع فاز پیوسته آنرا تشکیل می‌دهد، استفاده می‌شود و دارای یک سطح محصور که پیرامون توزیع‌کننده قرار دارد بوده و خوراک دو فازی به درون گالری یعنی همان قسمتی که دو فاز بخار و مایع از یکدیگر جدا می‌شوند ریخته شده سپس مایع به توزیع‌کننده زیرین انتقال می‌یابد. از این نوع توزیع‌کننده‌ها برای توزیع مایع در سیستم‌های کف‌زا استفاده می‌شود. برای منطقه گالری شکل که ورودی فازها می‌باشد و منطقه‌ای است که جریان‌های سریع فازی یکدیگر را ملاقات می‌کنند و ممکن است باعث توربلنسی زیاد، پاشش و ضربات مایع شوند طراحی دقیقی باید صورت گیرد. همچنین باید به قسمت ورودی خوراک به درون گالری توجه خاصی نمود؛ سرعت ذرات مایع که با وجود فاز بخار شدت می‌یابند ممکن است باعث خرابی‌های مکانیکی در این قسمت شوند در مواقعی که از توزیع‌کننده دو فازی در میانه برج استفاده می‌شود مجهز بودن خروجی‌های بخار به کلاهک برای جلوگیری از ورود مایع به درون آنها ضروری است.

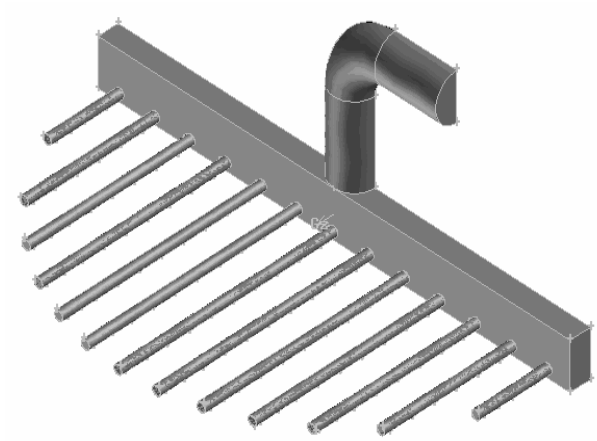


شکل ۱۰ـ توزیع‌کننده گالری [۷]

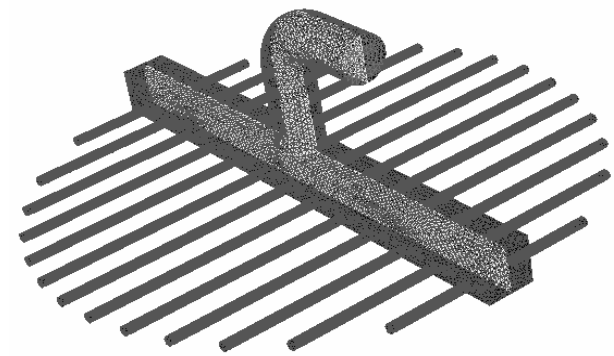
مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی توزیع‌کننده لوله‌ای به کمک دینامیک سیالات محاسباتی

برای تحلیل جریان مایع توزیع شده توسط توزیع‌کننده لوله‌ای ابتدا با استفاده از خاصیت تقارن توزیع‌کننده لوله‌ای دایره‌ای، مدل ۱/۲ آن با قطری معادل ۹۰ سانتیمتر توسط نرم‌افزار Gambit رسم گردیده سپس با انتخاب گزینه هیبریدی- چهارتایی از انواع المان‌ها وگزینه شبکه‌ای T شکل از انواع مشبندی‌ها و با در نظرگرفتن اندازه گام برابر ۱۰ حجم مورد نظر مشبندی شد، شکل به دست آمده به صورت شکل (۱۱) می‌باشد، نهایتاً این توزیع‌کننده به صورت شکل (۱۲) کامل گردید.

این توزیع‌کننده مجهز به ۲۳۴ خروجی دایره‌ای شکل به قطر ۱/۲ میلیمتر و یک ورودی زانوئی شکل به قطر ۸۰ میلیمتر می‌باشد، مقطع جعبه خوراک‌رسان که به ۱۳ لوله جانبی با قطرهای مساوی ۱۶ میلیمتر متصل است بشکل مکعبی با اضلاع ۸۰ میلیمتر است.



شکل ۱۱ـ مدل ۱/۲ توزیع‌کننده لوله‌ای مایع شبیه سازی شده



شکل ۱۲ـ مدل کامل توزیع‌کننده لوله‌ای مایع شبیه‌سازی شده

تجزیه و تحلیل توزیع‌کننده لوله‌ای

مشخصات حل‌کننده نرم‌افزار شبیه‌ساز، شرایط مرزی و شرایط عملیاتی به صورت جداول (۱، ۲ و ۳) مشخص و بردارهای سرعت در مقاطع مختلف توزیع‌کننده توسط نرم‌افزار Fluent 6.0.12 به صورت شکل‌های (۱۳ و ۱۴) رسم گردید.

بحث و نتایج

شکل (۱۳) نشان‌دهنده توزیع سرعت در مناطق ورودی، خروجی و جعبه خوراک‌رسان به توزیع‌کننده و شکل (۱۴) نشان‌دهنده توزیع سرعت مایع در صفحه فرضی گذرنده از میان جعبه خوراک‌رسان می‌باشد. با ملاحظه این اشکال، نتایج اولیه مفیدی را از شبیه‌سازی این توزیع‌کننده با شرایط فرضی ذکر شده می‌توان استخراج کرد.

جدول ۱ـ مشخصات حل‌کننده نرم‌افزار Fluent

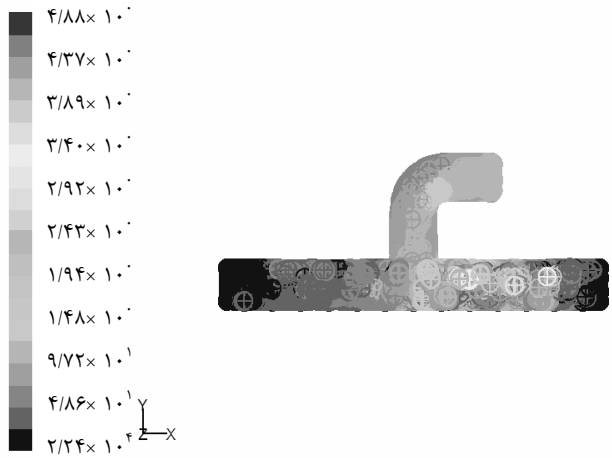
حل‌کننده	تفکیکی
فرمول‌ساز	ضمنی
فضا	۳- بعدی
زمان	ثابت
معادله	مطلق
سرعت	
سیال	آب - (ρ =۹۹۸/۲ kg/ms), (μ = ۰/۰۰۱۰۰۳ kg/m^3)

جدول ۲ـ شرایط عملیاتی

فشار عملیاتی	۱۰۱۳۲۵pa
شتاب جاذبه	۹/۸ m/s^2

جدول ۳ـ شرایط مرزی

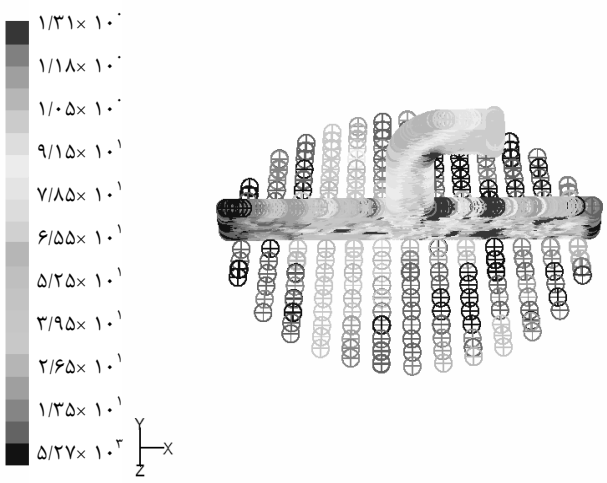
سرعت ورودی	۱m/s
فشار خروجی	۰pa



شکل ۱۳ـ بردارهای سرعت توزیع مایع در صفحه فرضی گذرنده از میان جعبه خوراک‌رسانِ توزیع‌کننده مایع

به دلیل تفاوت ناچیز بین مقادیر عددی سرعت در مقاطع مختلف شکل (۱۳) با سرعت اولیه خوراک ورودی، می‌توان از متناسب بودن توزیع سرعت در نقاط مختلف از جعبه خوراک‌رسان با سرعت اولیه

خوراک اطمینان حاصل کرد. با توجه به شکل‌های رسم شده توسط نرم‌افزار می‌توان توزیع سرعت مایع را در مناطق مختلف برج مشاهده نمود.



شکل ۱۴ـ بردارهای سرعت توزیع مایع در ورودی، خروجی و جعبه خوراک‌رسان

همانطور که مشخص است در خروجی‌های سمت چپ توزیع‌کننده، توزیع مناسب مایع و در خروجی‌های سمت راست توزیع‌کننده، توزیع نامناسب مایع مشهود است. احتمالاً این تنوع توزیع به دلیل شکل زانوئی مقطع ورودی خوراک می‌باشد که باعث ورود خوراک از سمت راست به توزیع‌کننده شده است.

با توجه به این دو شکل، توزیع نسبتاً مناسب مایع در خروجی‌های نزدیک به جعبه خوراک‌رسان مشهود است و هرچه به مناطق انتهایی جعبه خوراک‌رسانِ توزیع‌کننده و خروجی‌هایی که در مناطق دورتری نسبت به ورودی خوراک قرار دارند می‌رسیم کیفیت توزیع مایع به حداقل خود می‌رسد که دلیل این امر، احتمالاً سرعت پایین خوراک ورودی می‌باشد، ضریب پراکندگی محاسبه شده برای این توزیع‌کننده ۰/۱۵ بوده که حاکی از توزیع مناسب مایع توسط این توزیع‌کننده می‌باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی توزیع‌کننده در مورد سرعت بیشتر مایع درون جعبه خوراک‌رسان و خروجی‌های سمت راست توزیع‌کننده تا قبل از مقایسه آنها با داده‌های تجربی نمی‌توان نظر قاطعی را ابراز نمود، با این وجود، نتایج نسبتاً قابل قبول به دست آمده را می‌توان در شبیه‌سازی‌های آتی این توزیع‌کننده و تحت شرایط عملیاتی برج‌های مختلف مد نظر قرار داد.

تشکر و قدردانی

از شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی به خاطر حمایت مالی تشکر و قدردانی می‌شود.

لیست نمادها

C_v	ضریب توزیع مایع
A_t	سطح مقطع کل برج، ft^2
U	سرعت متوسط در مقطع ورودی، ft/s
$\overline{U}$	سرعت موضعی، ft/s
D_Q	شاخص کیفیت توزیع مایع، درصد
L/V	نسبت جریان مایع به بخار

مراجع

[1] Moore, F., and Rukovena F., "Liquid and Gas Distribution in Commercial Packed Towers," *Chemical Plants And Processing*, August, (1987).

[2] Kister, H.Z, "Distillation operation," McGraw-Hill, New York, (1990).

[3] Bilingham J.F., and Lockett M. J., "Characterization of the performance of packed distillation columns liquid distributors," *Absorption and Distillation*, (1997).

[4] Norton Company "Packed Tower Internals," (1974).

[5] Chen, G. K., Holmes T. L., and Shieh J. H., "Effects of Sub cooled or Flashing Feed on Packed Column Performance," *I. Chem. E Symp.*, (1985).

[6] Fedal, T. M., "Selecting packed-column auxiliaries," *Chem. Eng.*, (1984).

[7] Perry, J. H. and Chilton, C. H., "*Chemical Engineers Handbook, 5th ed,"* McGraw–Hill, New York, (1973).