همزدن و همزنها

Agitation and Agitators

مهندس مصطفی زارعی ابیانه
پژوهشگاه صنعت نفت

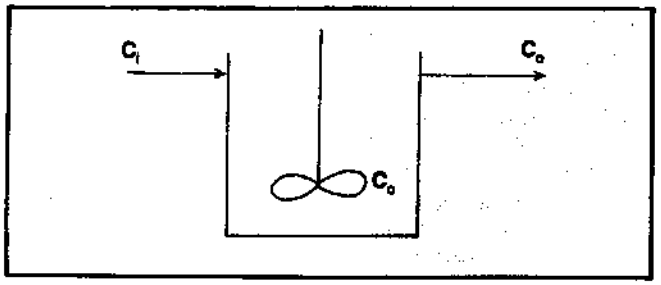
واژه‌های کلیدی:
اختلاط، موج و گرداب، شکل حرکت سیال، سرعت همزن، توان

چکیده

مخلوط کردن و همزدن مواد گوناگون یکی از عملیات واحدی است که در صنایع شیمیایی نظیر نفت، دارو سازی، لاستیک‌سازی و غیره کاربرد دارد. شناخت دقیق سیستمهای مختلف اختلاط برای طراح ضروری است زیرا براساس آن قادر خواهد بود تا همزن و شکل مناسب راکتور را برای سیستم مورد نظر انتخاب کند و بدنبال آن ابعاد راکتور یا تانک اختلاط و همزن را محاسبه کند. مسئله دیگری که باید به آن توجه داشت تشکیل موج و گرداب به هنگام اختلاط است که وجود آنها مناسب نیست لذا راههای رفع آنها را باید دانست. موتور همزن نیز یکی از وسایل لازم برای انجام عمل اختلاط می‌باشد که برای مشخص شدن مقدار توان آن ضروری است. اطلاعاتی درباره خواص فیزیکی مخلوط، دور ابعاد همزن داشته باشیم. درضمن وسایل جانبی که در ارتباط با راکتور لازم‌اند باید مشخص شوند تا بتوان در صورت لزوم اثر آنها را بر قدرت موتور بررسی و موتور مورد نیاز را تهیه کرد. در این مقاله سعی شده است تا در مورد هریک از موارد پیش گفته مطالبی مناسب ارائه شود.

مقدمه

اختلاط مواد برای دستیابی به هدفهای مختلفی نظیر کاهش گرادیان غلظت، دما و غیره کاربرد دارد. برای روشنتر شدن مطلب راکتور *CSTR* درنظر گرفته می‌شود. برای اینکه بتوان غلظت مشخصی را برای مواد خروجی درنظر گرفت، برای مدار کنترل لازم است که تابع انتقال راکتور مشخص باشد. بدین‌منظور با نوشتن معادله موازنه جرم حول راکتور (شکل ۱) و با فرض اینکه مشخصات سیال داخل تانک مانند مشخصات سیال خروجی است (همان‌گونه که ماهیت راکتور *CSTR* چنین است) تابع انتقال به شکل معادلهٔ ۱ درمی‌آید [1]. اگر راکتور به شکل غیر پیوسته (*batch*) نیز عمل کند فرض براین است که مشخصات سیال درون راکتور در هر لحظه برای تمام حجم راکتور یکسان است، اگرچه ممکن است این مشخصات با زمان تغییر کنند. موارد پیش گفته اهمیت ایجاد



شکل ۱ ــ شکل شمایی راکتور CSTR[1]

حالت یکنواخت مشخصه (دما، غلظت و...) را در درون راکتور نشان می‌دهد. حالت یکنواخت و همگن مشخصه توسط انتخاب صحیح همزن، محاسبه ابعاد آن و توان میسر می‌گردد که در بخشهای بعد راجع به آن بحث خواهد شد.

$$\frac{C_o(S)}{C_i(S)} = \frac{1}{\tau S + 1} \qquad (1)$$

انواع سیستمهای همزدن (اختلاط)

ــ اختلاط دو مایع امتزاج‌پذیر (*miscible liquids*) مانند سولفوریک اسید و آب

ــ اختلاط دو مایع امتزاج‌ناپذیر (*immiscible liquids*) مانند آب و نفت

ــ تعلیق جامد درون مایع (*solid suspension*) مانند اوره در روغن

ــ پراکندگی گاز در مایع (*gas dispersion*) مانند توزیع N_2 در مایعی بمنظور تسریع جداسازی گاز H_2S درون راکتور

ــ ایجاد سیستم همگن و یکنواخت برای امکان انتقال گرمای بهترین سیال جاری در مارپیچ (*coil*) درون تانک اختلاط (راکتور) و سیال درون تانک یا بین سیال جاری در جداره دوم و سیال درون تانک اختلاط [1]. یادآوری می‌شود که در هریک از موارد فوق ممکن است واکنشهایی درون تانک صورت گیرد. در هر حال انتخاب همزن مناسب برای هریک از موارد پیش گفته از اهمیت قابل توجهی برخوردار است لذا به معرفی انواع آن می‌پردازیم.

انواع همزن

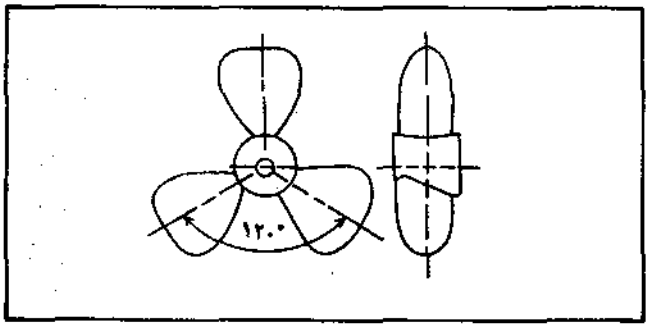
برای پنج نوع سیستم همزدن پیش گفته در صورتی که گرانروی سیال در حدود ۱۰۰ کیلوگرم بر متر بر ثانیه باشد سه نوع همزن ملخی (*propeller*)، توربینی (*turbine*) و پارویی (*paddle*) کاربرد دارد [11]. بعد از

Key Words:

Agitation , Vortex, Flow Pattern, Agitator Speed, Power

نشان دادن هریک و ارائه ویژگیهای آنها، در مورد کاربردشان بحث خواهد شد.

الف ــ همزن ملخی که این نوع همزن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ ــ همزن ملخی [3]

ویژگیهای همزن ملخی [3]:

ــ حرکت سیال درون تانک اختلاط یا راکتور که توسط این نوع همزن ایجاد می‌شود در جهت محور (موازی با محور، *shaft*) می‌باشد. (برای توضیح بیشتر به قسمت شکلهای مختلف حرکت سیال مراجعه شود.)

ــ در محدوده وسیعی از سرعت می‌تواند کار کند.

ــ زاویه خمش آن می‌تواند هر مقداری باشد.

ــ در سرعتهای بالا نیروی برشی زیادی ایجاد می‌کند.

ــ در سرعتهای پایین و کم بهسادگی خراب نمی‌شود.

ــ قدرت مصرفی آن از لحاظ اقتصادی مناسب است.

ــ از لحاظ قیمت نه خیلی گران و نه خیلی ارزان می‌باشد.

ــ در مایعات با گرانروی زیاد مؤثر نیست.

ب ــ همزنهای توربینی که انواع مختلف آن در شکل ۳ نشان داده شده است.

ویژگیهای همزنهای توربینی [4]:

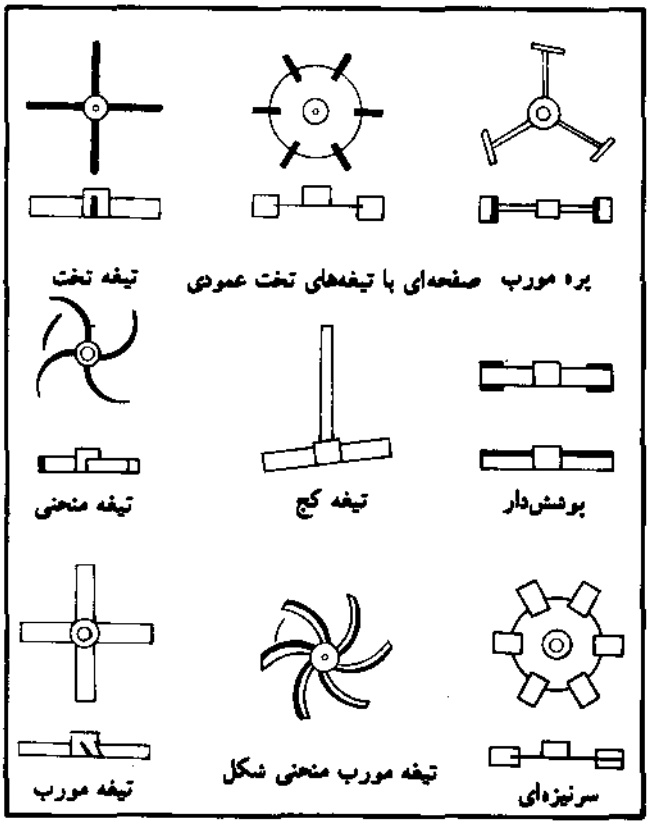
ــ حرکت سیال درون تانک اختلاط (راکتور) که توسط این نوع همزنها ایجاد می‌شود می‌تواند در جهت شعاع (عمود بر محور) یا در جهت موازی با محور باشد (برای توضیح بیشتر به قسمت شکلهای مختلف حرکت سیال مراجعه شود.)

ــ معمولاً حداکثر سرعتی برای این نوع همزنها در نظر گرفته می‌شود و محدوده سرعت آنها ممکن است برای بعضی از فرایندها خیلی کم باشد.

ــ در سرعتهای مناسب به سادگی خراب نمی‌شوند.

ــ در مایعات با گرانروی بالا مؤثرند.

ــ معمولاً نسبت به همزن ملخی سرعت دوران کمتری را نیاز دارند.



شکل ۳ ــ همزنهای توربینی [3]

ــ از لحاظ قیمت ارزان می‌باشند.

ج ــ همزنهای پارویی که انواع مختلف آن در شکل ۴ نشان داده شده است.

ویژگیهای همزنهای پارویی [4]:

ــ به شکل مماسی سیال را به حرکت درمی‌آورد و درجهت محور حرکتی ایجاد نمی‌کند مگر اینکه موج‌گیر (*baffle*) وجود داشته باشد (برای توضیح بیشتر به قسمت شکلهای مختلف حرکت سیال مراجعه شود.)

ــ برای محدوده وسیعی از گرانروی مناسب‌اند.

ــ به سادگی در عملیات خراب نمی‌شوند.

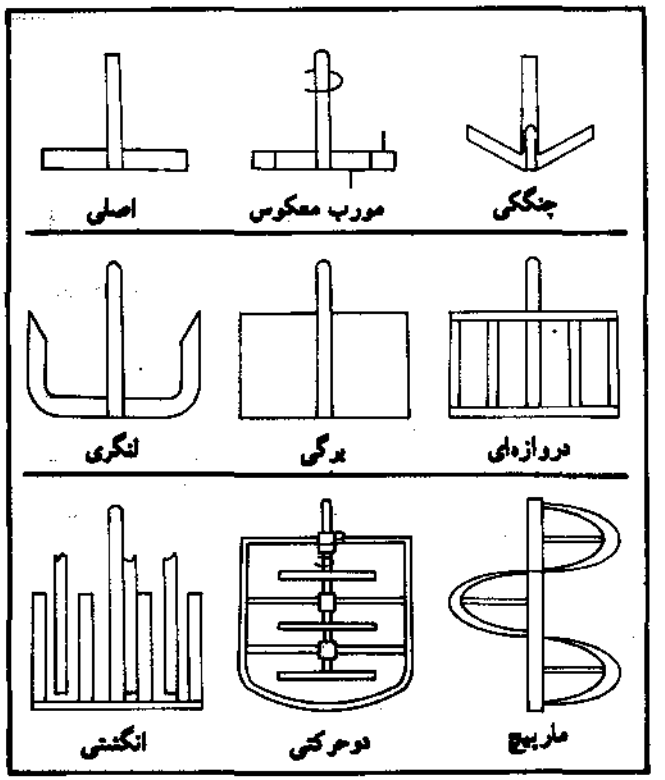
ــ اگرچند همزن پارویی روی یک محور باشد میزان ظرفیت جریانی (*flow capacity*) آن زیاد خواهد بود.

ــ ازلحاظ قیمت نسبتاً ارزان و ساخت آنها ساده است.

ــ از معایب آنها ظرفیت کم پمپاژ (*pumping capacity*) به علت حرکت محوری بسیار ضعیف است که درنتیجه نمی‌تواند کل سیال درون تانک اختلاط را به هم بزند.

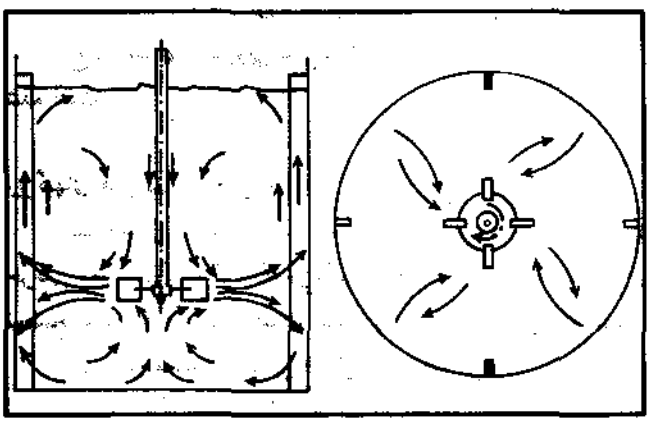
شکلهای مختلف حرکت سیال

این شکلها بستگی به نوع همزن دارد. همزنهایی که تیغه (*blade*) آنها نسبت به محور همزن زاویه ۹۰ درجه می‌سازد، مانند همزن توربینی



شکل ۴ ــ همزنهای پارویی [3]

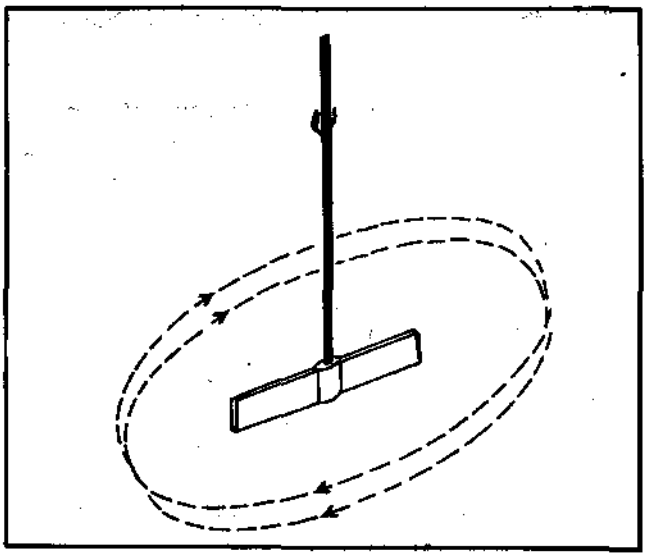
صفحه‌ای با تیغه‌های تخت، حرکت شعاعی برای سیال ایجاد می‌کند که در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵ ــ حرکت شعاعی [3]

وقتی که همزن از نوع پارویی باشد حرکت سیال به شکل مماسی می‌باشد که در شکل ۶ نشان داده شده است.

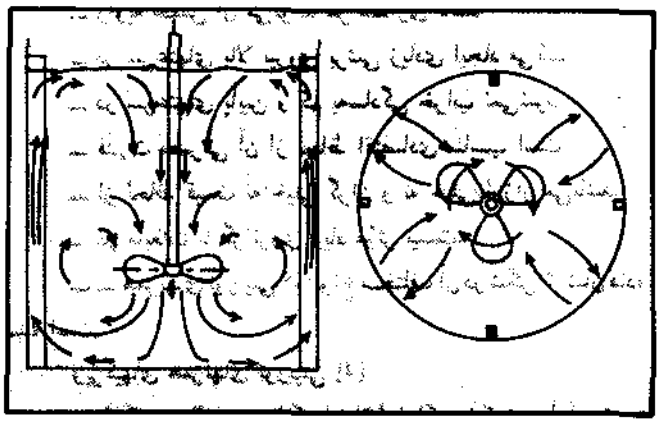
هنگامی که تیغه‌های همزن نسبت به محور زاویه‌ای غیر از ۹۰ درجه داشته باشد مانند همزنهای ملخی و توربینی با تیغه‌های تخت مورب، حرکت سیال به صورت محوری می‌باشد که در شکل ۷ منعکس شده است.



شکل ۶ ــ حرکت مماسی [3]

گرداب (*vortex*) ایجاد شود مانند آنچه که در شکل ۸ نشان داده شده است [2]. با افزایش سرعت همزن عمق گرداب ایجاد شده بیشتر می‌شود. در عمل سعی می‌گردد که از ایجاد گرداب جلوگیری شود زیرا فضای خالی ایجاد شده در اطراف محور سبب بروز مشکلات زیر می‌شود [4]:

ــ نیروی وارده به محور در طول گرداب یکسان نیست که ممکن است در دراز مدت سبب شکستگی محور شود.



شکل ۷ ــ حرکت محوری [3]

ــ اگر مسئله انتقال گرما مهم باشد فضای ایجاد شده به وسیله هوا پر می‌شود که مقاومتی در برابر انتقال گرما ایجاد می‌کند.

ــ نیروی وارد شده بر راکتور در ارتفاعهای مختلف یکسان نیست و آثار نامطلوب بر اسکلت نگهدارنده تانک اختلاط یا راکتور دارد.

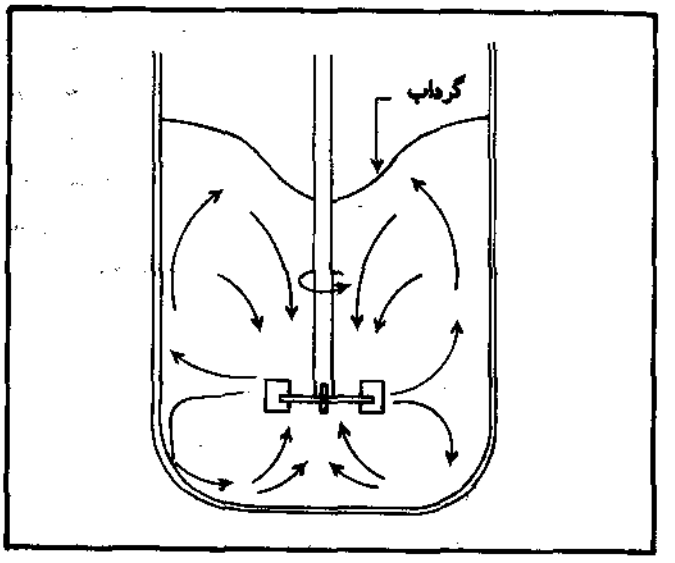
در شکل ۹ تعدادی از همزنهای گوناگونی که حرکت محوری یا شعاعی برای سیال ایجاد می‌کنند نشان داده شده‌اند.

راههای ازبین بردن موج و گرداب

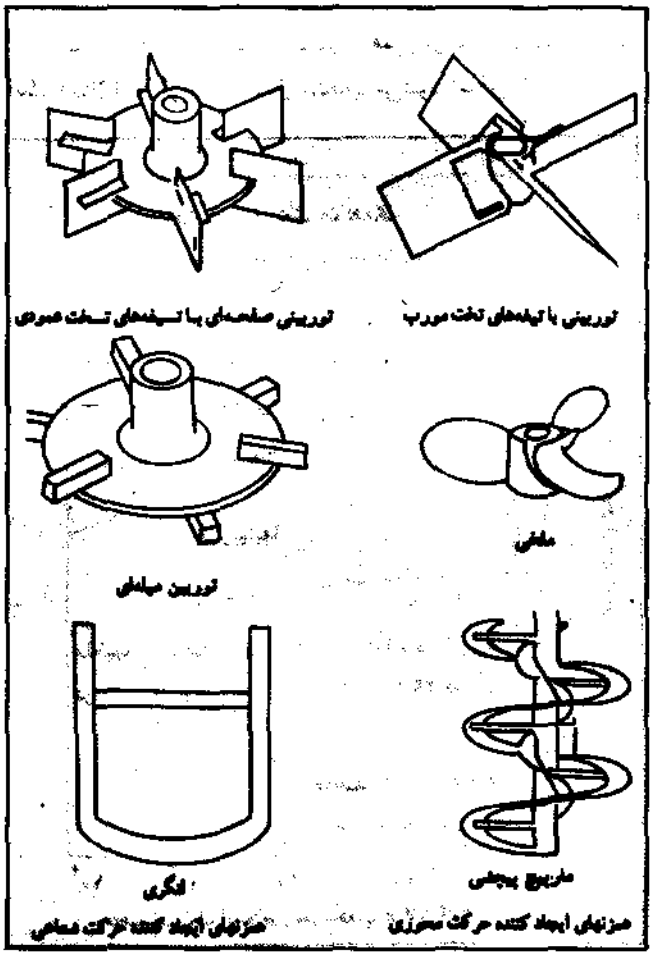
روشهای متعددی برای حذف موج و گرداب موجود است که

موج و گرداب

در تانک اختلاط یا راکتور ممکن است در اثر حرکت همزن موج و



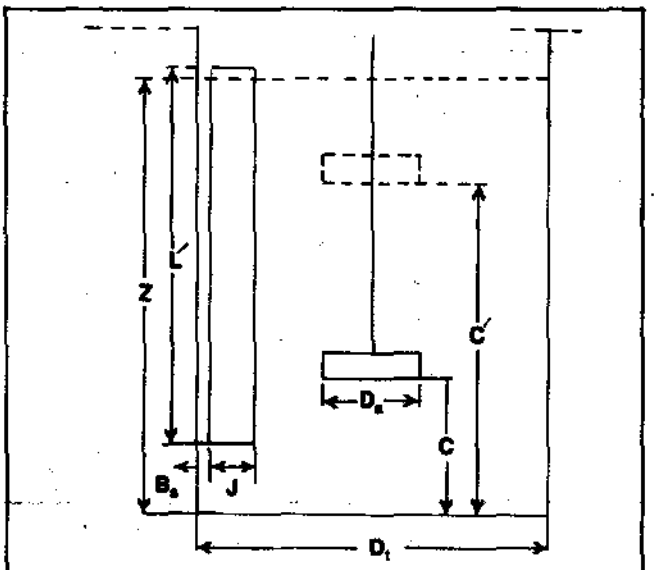
شکل ۸ ــ نمایش گرداب به همراه حرکت سیال [2]



شکل ۹ ــ همزنهای گوناگون همراه با نوع حرکتی که ایجاد می‌کنند [6]

عبارت‌اند از:

ــ بکار بردن موج‌گیر در جوار سطح داخلی تانک اختلاط یا راکتور (شکل ۱۰) [2,3,4]. در شکل ۱۰ پهنای موج‌گیر و فاصله آن از سطح داخلی تانک اختلاط یا راکتور ارائه شده است.

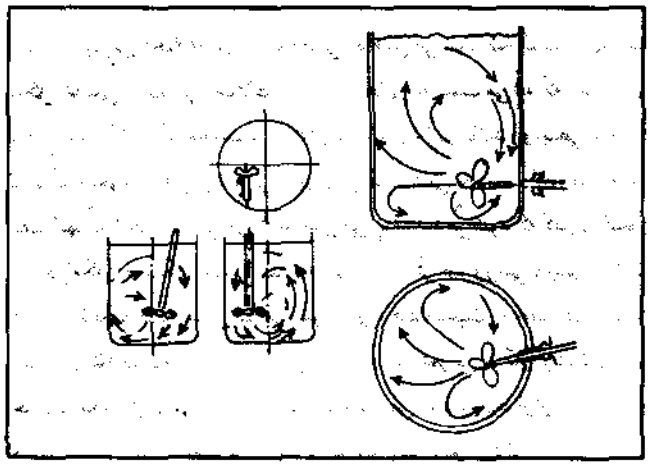


گرانروی، کیلوگرم بر متر بر ثانیه	پهنای موج‌گیر، J	فاصله موج‌گیر از سطح داخلی راکتور، B_a
۰/۵≤	D_t/۱۲	D_t/۷۲*
۰/۵ ــ ۵	D_t/۱۲	D_t/۲۸
۰/۰۰۵ ــ ۱۰	D_t/۱۸	۰/۰۳۸۱ متر حداقل
۰/۰۱ ــ ۲۰	D_t/۲۴	۰/۰۷۶۲ متر حداقل
>۲۰	بدون موج‌گیر	ــ

* اگر سیال تمیز باشد می‌تواند صفر باشد.

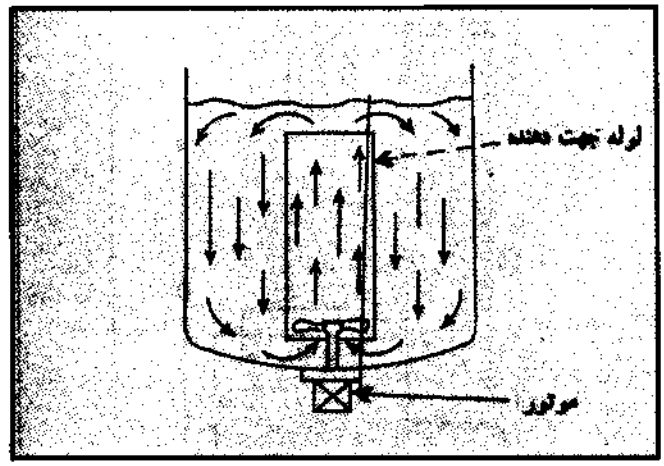
شکل ۱۰ ــ موج‌گیر همراه با اطلاعاتی در مورد پهنا و فاصله آن از قسمت داخلی راکتور [7]

ــ نصب محور در ناحیه‌ای خارج از مرکز تانک اختلاط یا راکتور، یا نصب آن در سطح جانبی تانک اختلاط یا راکتور (شکل ۱۱)



شکل ۱۱ ــ عملیات همزن خارج از محور [3]

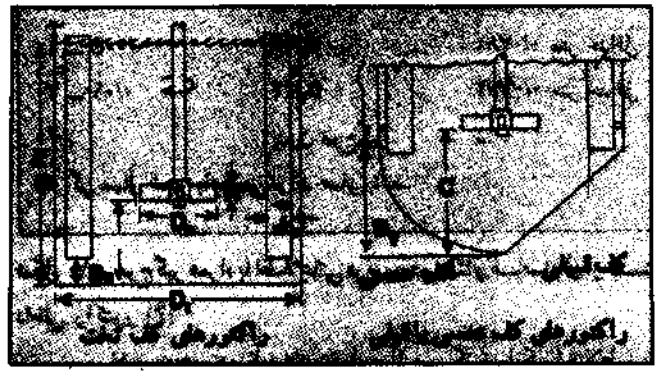
نصب لوله‌های جهت دهنده (*draft tubes*) سیال در اطراف محور (شکل ۱۲)



شکل ۱۲ ــ همزن به همراه لوله جهت دهنده [4]

شکلهای مختلف کف تانک اختلاط یا راکتور

کف تانک به صورتهای تخت (*flat*)، قیفی (*cone*) یا عدسی (*dished*) ساخته می‌شود، مانند آنچه که در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳ ــ اشکال مختلف قسمت تحتانی راکتور [8]

بهترین اختلاط در راکتورهایی حاصل می‌شود که کف آنها به شکل عدسی و بدترین اختلاط در راکتورهایی به دست می‌آید که کف آنها قیفی است [8]. اگر محاسبات انتقال گرما مورد نیاز باشد روابطی وجود دارد که معمولاً به طریق تجربی و برای راکتورهایی به دست آمده است که کف آنها به شکل عدسی می‌باشد بنابراین پیشنهاد می‌شود که کف راکتور درحد امکان به شکل عدسی ساخته شود [9]. اگر ضرورتی وجود داشت که کف تانک قیفی شکل ساخته شود زاویه قیف نسبت به خط افق نباید بیشتر از ۱۵ درجه باشد درغیر این‌صورت اگر همزنی به کار برده شود که حرکت محوری برای سیال ایجاد کند سبب می‌شود تا مقداری از مایع در قسمت پایین قیف محبوس شود و به هم زده نشود [8].

طراحی راکتورها و همزنها

در طراحی راکتورها و همزنها باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرند که درباره آنها به ترتیب بحث خواهد شد:

ــ انتخاب همزن مناسب برای فرایند موردنظر

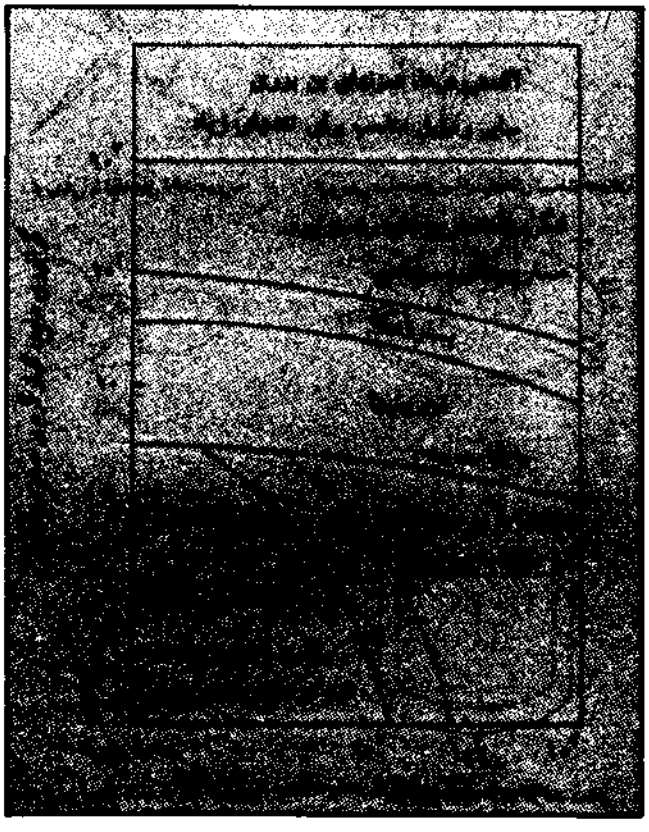
ــ محاسبه ابعاد راکتور یا تانک اختلاط و به دنبال آن محاسبه ابعاد همزن

ــ محاسبه توان لازم برای هم زدن سیستمهای مختلف

نحوه انتخاب همزن

همان‌گونه که در بخش شکلهای مختلف حرکت سیال بحث شد با کاربرد همزنهای گوناگون دو نوع حرکت شعاعی و محوری پدید می‌آید. حرکت شعاعی برای مواردی مناسبتر است که توزیع گاز در مایع مورد نیاز باشد و حرکت محوری برای مواردی نظیر پراکنده کردن یک مایع در مایع دیگر که در یکدیگر انحلال‌ناپذیرند مناسبتر است [10]. روشهای دیگری نیز برای انتخاب همزن وجود دارد که به چهار نمونه آن اشاره می‌شود.

ــ استفاده از یک منحنی که در آن همزن مورد نیاز براساس حجم تانک اختلاط و گرانروی سیال انتخاب می‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴ ــ منحنی انتخاب همزن [11]

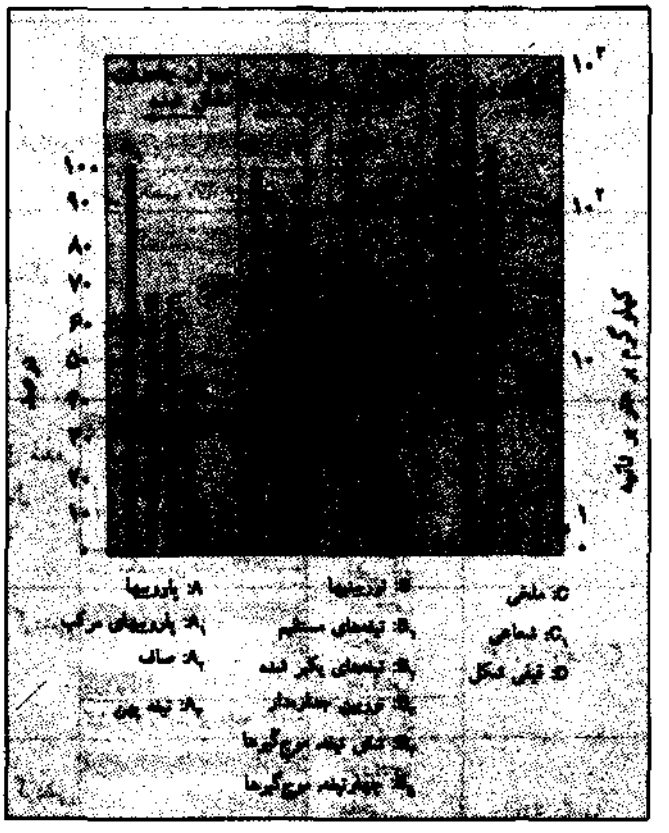
ــ استفاده از جدول ۱ که درباره آن به اختصار توضیح داده می‌شود. همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود همزنها براساس نوع

جدول ۱ ــ نمودار عمومی برای انتخاب همزن [4]

سیستم اختلاط در مقابل حجم تانک اختلاط یا درصد مواد جامد و غیره انتخاب می‌شوند. اطلاعات موجود در سه ستون سمت راست جدول که مربوط به تعداد همزنهای مورد نیاز، نسبت قطر تانک اختلاط به قطر همزن و نسبت ارتفاع تانک اختلاط به قطر آن است فقط درمورد همزن توربینی قابل استفاده است.

ــ استفاده از نمودار میله‌ای موجود در شکل ۱۵. همزن مناسب برای عملیات مختلف نظیر تعلیق با درصدهای مختلف جامد، انتقال جرم و انتقال گرما را می‌توان انتخاب کرد. اشاره می‌شود که محدوده‌های مربوط به انتقال جرم، نسبت به همزن توربینی با تیغه‌های تخت مقایسه شده است.

ــ بر اساس سیستمهای مختلف هم‌زدن، همزن مناسب را می‌توان از جدول ۲ انتخاب کرد.



شکل ۱۵ ــ نمودار انتخاب همزن [3]

نحوه محاسبه ابعاد تانک اختلاط یا راکتور و همزن

تانک اختلاط یا راکتور معمولاً به شکل استوانه‌ای ساخته می‌شود و کف آن به شکل عدسی، قیفی یا تخت است که این امر بستگی به نوع فرایند دارد. برای محاسبه ابعاد تانک این‌گونه فرض می‌شود که قطر تانک با ارتفاع مایع درون آن یکی است. آنگاه با داشتن حجم کل سیالی که در نظر است هم زده شود ابعاد تانک قابل محاسبه است. ابعاد همزن بر اساس قطر تانک اختلاط تعیین می‌شود.

در تانک اختلاط یا راکتور ممکن است تمام یا تعدادی از وسایل

جدول ۲ ــ جدول انتخاب همزن [7]

	همزنهای مناسب
	همزنهای ملخی نصب شده در سطح جانبی تانک، همزنهای ملخی نصب شده از بالای تانک، همزنهای توربینی با تیغه‌های صاف و مورب، همزنهای پارویی
	همزنهای ملخی نصب شده از بالای تانک، همزنهای توربینی تولید کننده جریان محوری، همزنهای تولید کننده جریان محوری در درون لوله‌های چندتایی
	همزنهای ملخی نصب شده در سطح جانبی تانک، همزنهای نصب شده از بالای تانک، همزنهای توربینی، تولید کننده جریان محوری (بعضی مواقع شعاعی)، برای گرانروی زیاد قاشقیها و مارپیچها
	همزنهای توربینی صفحه‌ای، همزنهای توربینی با تیغه‌های صاف، همزنهای ملخی نصب شده از بالای تانک
	همزنهای توربینی تولید کننده جریان شعاعی، همزنهای ملخی نصب شده از بالای تانک
	همزنهای توربینی تولید کننده جریان شعاعی، همزنهای توربینی میله‌ای
	همزنهای ملخی نصب شده از بالای تانک، همزنهای توربینی

جانبی نظیر موج‌گیر، جداره دوم، عایق، مارپیچ، لوله استقرار دماسنج *(thermometer well)*، لوله تزریق گاز *(blowpipe)* و غیره وجود داشته باشد. در شکل ۱۶ دو راکتور نشان داده شده است که در هر یک تعدادی از وسایل جانبی موجود است.

نحوه محاسبه توان

برای محاسبه توان مورد نیاز برای هم زدن باید علاوه بر انتخاب صحیح همزن و سپس محاسبه ابعاد آن، اطلاعات زیر را نیز داشته باشیم:

ــ جرم حجمی و گرانروی سیال

ــ دور همزن

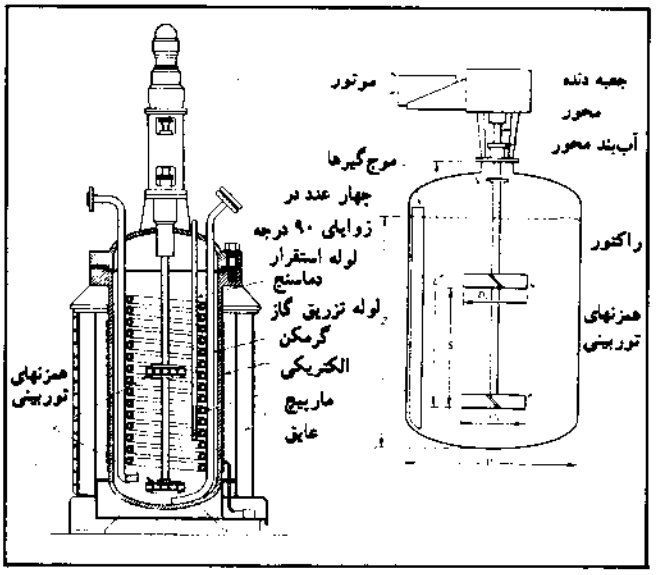
ــ وجود آب‌نما *(level gauge)*، زبری قسمت داخلی راکتور، مارپیچ در قسمت داخلی راکتور و محل قرار دادن دماسنج

حال چگونگی محاسبه کمیتهای دو بند ۱ و ۲ و آثار هر یک از موارد اشاره شده در بند ۳ به طور مختصر بیان می‌شود.

روابط موجود برای محاسبه جرم حجمی و گرانروی

در این قسمت تعدادی از روابط مورد نیاز ارائه می‌شود *[3]* و خواننده برای کسب اطلاعات بیشتر می‌تواند به مرجع *[5]* یا سایر مراجع رجوع کند. برای سیستم غیرنیوتنی، جرم حجمی فاز پیوسته در محاسبات مربوط به عدد رینولدز و توان در صورتی به کار برده می‌شود که تفاوت جرم حجمی فاز پیوسته و فاز ناپیوسته بیش از ۳۰٪ نباشد. اگر

تفاوت جرم حجمی بیش از ۳۰٪ باشد جرم حجمی از معادله ۲ محاسبه می‌شود:



شکل ۱۶ ــ دو نمونه راکتور به همراه وسایل جانبی [7,12]

$$\rho = (\rho_d \psi + \rho_c (1 - \psi)) \times 9.8 \qquad (۲)$$

برای محاسبه گرانروی به شرطی که $\mu_c > \mu_d$ و $\psi > 0.3$ باشد معادله ۳ قابل استفاده است:

$$\mu = \left(\frac{\mu_c}{1 - \psi}\left[1 + 6\psi\mu_d / (\mu_c + \mu_d)\right]\right) \times 9.8 \qquad (۳)$$

اگر $\mu_c < \mu_d$ و $\psi \geq 0.3$ باشد از معادله ۴ باید استفاده کرد:

$$\mu = \left(\frac{\mu_c}{1 - \psi}\left[1 - 1.5\,\psi\mu_d/(\mu_c + \mu_d)\right]\right) \times 9.8 \qquad (۴)$$

در مورد تعلیق جامدات از معادله ۵ می‌توان استفاده کرد:

$$\mu = (\mu_c (1 + 2.5\psi)) \times 9.8 \qquad (۵)$$

معادله ۵ برای ذرات جامدی کاربرد دارد که کروی شکل هستند و ψ آنها تا ۴٪ می‌باشد. برای ۱۰٪ $< \psi$ از معادله ۶ استفاده می‌شود:

$$\mu = (\mu_c (1 + 4.5\psi)) \times 9.8 \qquad (۶)$$

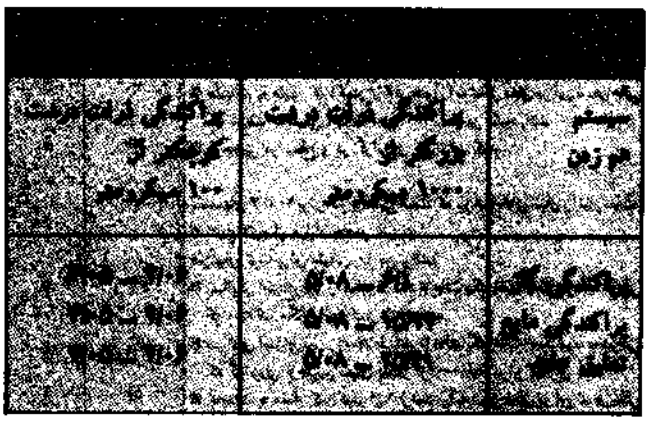
در سایر موارد گرانروی فاز پیوسته می‌تواند در محاسبات به کار برده شود.

چگونگی محاسبه دور همزن

یکی از مسائل مهم در ارتباط با طراحی همزنها، در اختیار داشتن دور همزن است که بر اساس آن می‌توان قدرت مورد نیاز برای موتور همزن و نیز ضخامت محور و تیغه‌های همزن و غیره را محاسبه کرد. یافتن دور مناسب به‌طور تجربی مشکل است زیرا نخستین دوری که حدس زده می‌شود ممکن است با دور واقعی تفاوت زیادی داشته باشد و برای یافتن دور مناسب، زمان و نیز هزینه زیادی باید صرف شود به‌همین دلیل برای یافتن دور مناسب برای همزن راههای گوناگونی پیشنهاد می‌شود که در اینجا به‌چند مورد اشاره می‌کنیم:

ــ برای انواع مختلف سیستمهای هم زدن و انواع همزن محدوده‌ای از سرعت پیشنهاد می‌شود که در جدول ۳ منعکس شده است *[7]*. نحوه انتخاب سرعت بستگی به‌طراح و طرح موردنظر دارد. برای مثال اگر لازم باشد که نفت و اسید با یکدیگر مخلوط شوند و بعد از انجام سولفوردار کردن، دوفاز از یکدیگر جدا گردند و اگر بنا باشد که دوفاز به‌طریق اختلاف ثقل از یکدیگر جدا شوند و زمان جداسازی نیز مهم باشد چون قطرات پراکنده شده باید از فاز پیوسته جدا شوند باید دور همزن به‌گونه‌ای انتخاب شود که اندازه ذرات پراکنده شده به‌اندازه‌ای درآید تا بتواند زمان جداسازی لازم را تأمین کند.

جدول ۳ ــ جدول انتخاب دور همزن *[7]*



ــ استفاده از منحنیهای شکل ۱۷ که برای اختلاط مایعات امتزاج‌پذیر و همزنهایی از نوع توربینی با تیغه‌های تخت و مورب مناسب است *[13]*. برای سایر سیستمهای اختلاط می‌توان از مرجع *[10]* استفاده کرد. روی محور عمودی کمیت Q وجود دارد که از معادله ۷ قابل محاسبه است:

$$Q = V_b A \qquad (۷)$$

V_b را می‌توان از جدول ۴ پیدا کرد *[13]*. جهت یافتن دور مناسب از روش آزمون و خطا استفاده می‌شود. بدین ترتیب که با مقدار N حدسی مقدار N_{Re} (محور افقی) محاسبه می‌شود و با داشتن نسبت قطر همزن به‌قطر تانک مقدار N_Q از روی محور عمودی معلوم می‌گردد. سپس با استفاده از معادله ۸ و با معلوم بودن تمام کمیتها بجز سرعت، مقدار N محاسبه می‌شود و با مقدار N حدسی مقایسه می‌گردد. اگر این دو سرعت با یکدیگر برابر نبودند، مقدار دومی زده می‌شود و محاسبات از نو انجام می‌گیرد و این کار آن قدر تکرار می‌شود تا دور حدس زده شده با دور محاسبه شده برابر گردد.

$$N_Q = \frac{Q}{ND^3} \qquad (۸)$$

جدول ۴ ــ نتایج هم زدن همراه با سرعتهای توده‌ای سیال [13]

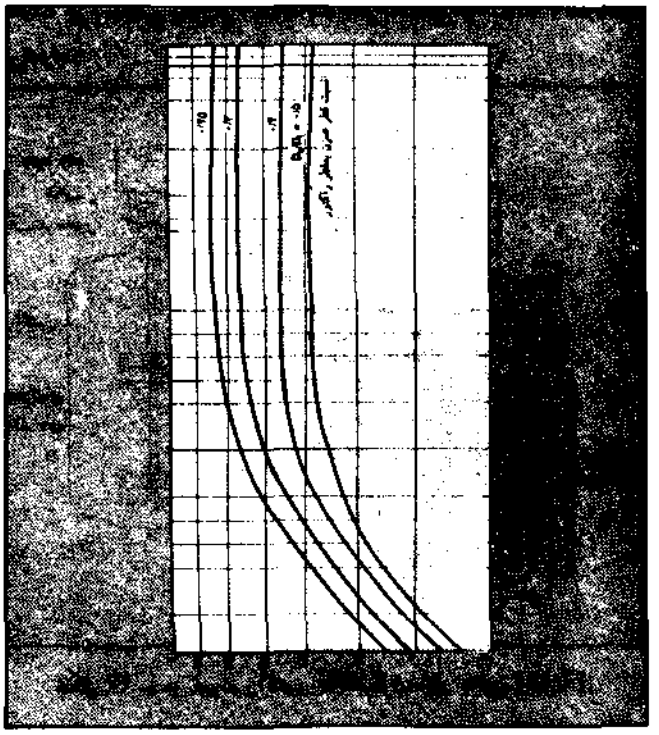
شرح	—
مقیاسهای ۱ و ۲ هم‌زدن نمونه‌هایی از کاربردهایی هستند که حداقل سرعت سیال را نیاز دارند تا نتایج لازم از فرایند حاصل شود. همزنهای توربینی برای مقیاس ۳ می‌توانند ■ سیالهای امتزاج‌پذیر را محافظت کنند تا حالت یکنواخت ایجاد شود، به شرطی که اختلاف چگالی آنها کمتر از ۰/۸ باشد. ■ سیالهای امتزاج‌پذیر را محافظت کنند تا حالت یکنواخت ایجاد شود، به شرطی که گرانروی از بهترین سیال بیشتر از صد برابر دیگری باشد. ■ سطح صاف اما متمرکز برای سیال ایجاد کنند.	
مقیاسهای ۳ تا ۶ ویژگیهایی از سرعتهای سیال، در اکثر صنایع شیمیایی می‌باشد که به شکل نایوسته انجام می‌شوند. همزنهای توربینی برای مقیاس ۶ می‌توانند ■ سیالهای امتزاج‌پذیر را برای ایجاد حالت یکنواخت محافظت کنند، به شرطی که اختلاف چگالی آنها کمتر از ۰/۵ باشد. ■ سیالهای امتزاج‌پذیر را برای ایجاد حالت یکنواخت محافظت کنند، به شرطی که گرانروی از بهترین سیال بیشتر از ۱۰،۰۰۰ برابر دیگری باشد. ■ جامدات به مقدار کم (کمتر از ۲ درصد) را به شکل معلق در آورند در حالی که سرعت نهایی آنها ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ متر در ثانیه باشد. ■ برخوردهای ذرات سیال و در گرانروی کم تولید کنند.	
مقیاسهای ۷ و ۸ برای کاربردهایی هستند که سرعت بالای سیال و اتلاف شدید انرژی از فرایند حاصل شود. همزنهای توربینی برای مقیاس ۷ می‌توانند ■ سیالهای امتزاج‌پذیر را محافظت کنند تا حالت یکنواخت ایجاد شود، به شرطی که اختلاف چگالی آنها کمتر از ۰/۱ باشد. ■ سیالهای امتزاج‌پذیر را محافظت کنند تا حالت یکنواخت ایجاد شود، به شرطی که گرانروی از بهترین سیال بیشتر از ۱۰۰،۰۰۰ برابر دیگری باشد. ■ جامدات به مقدار کم (کمتر از ۲ درصد) را به شکل معلق در آورند، به شرطی که سرعت نهایی آنها ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ متر در ثانیه باشد. ■ ترکیبات غیرقابل امتزاج در حجم یا وزنی کم تولید کنند.	

* مقیاس هم زدن نشان دهنده شدت و ضعف عمل اختلاط می‌باشد.

ــ استفاده از معادله‌هایی که ممکن است برای انواع سیستمها موجود باشد. به‌عنوان مثال معادله ۹ برای تعلیق جامد در مایع ارائه شده است *[2]*.

$$N_s D_a^{0.85} = S\nu^{0.1} D_p^{0.2} \left(g \frac{\Delta\rho}{\Delta\rho}\right)^{0.45} B^{0.13} \qquad (۹)$$

ثابت S برای تعدادی از همزنها در جدول ۵ موجود است.



شکل ۱۷ ــ اعداد N_Q برای همزن توربینی با تیغه مورب در رینولدزهای مختلف و نسبتهای D_t/D_a گوناگون [13]

جدول ۵ ــ ثابت S برای تعدادی از همزنها [2]

توربینی شش تیغه	۲	۴	۲/۱
$\frac{D_a}{W} = 5$	۳	۴	۷/۵
$N_p = 6/2$	۴	۴	۱۱/۵
پاروبی دو تیغه	۲	۴	۲/۸
$\frac{D_a}{W} = 4$	۳	۴	۸
$N_p = 7/5$	۴	۴	۱۲/۵
ملخی سه تیغه	۳	۴	۶/۵
$N_p = 0/5$	۴	۴	۸/۵
	۴	۲/۵	۹/۵

اثر وسایل جانبی راکتور بر توان

در قسمت بعد روابط و فرمولهایی ارائه می‌شود که برای تعیین توان مورد نیاز برای موتور همزن لازم است، اما باید به توانهای محاسبه شده درصدی را به دلیل وجود وسایل جانبی نظیر آب‌نما، مارپیچ و غیره اضافه کرد و این در صورتی است که در راکتور موج‌گیر نباشد. این درصدها در جدول ۶ منعکس شده‌اند *[3]*.

یادآوری می‌شود که بعد از محاسبه توان و به حساب آوردن هر یک از وسایل جانبی لازم است بازدهی برای موتور در نظر گرفته شود که به

جدول ۶ ــ درصد افزایش توان برای وسایل جانبی راکتور [3]

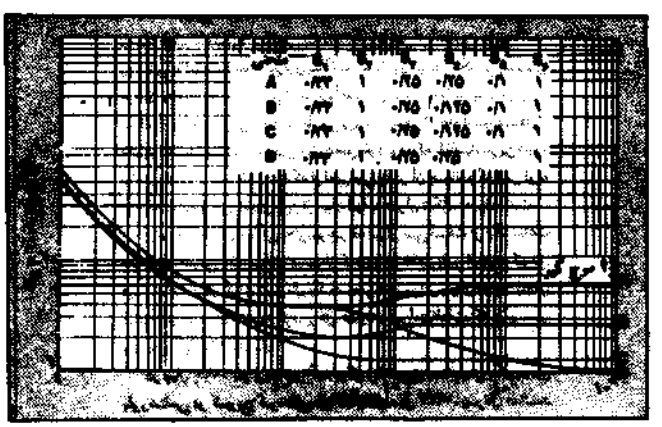
وسیله مانع جریان	درصد افزایش توان
ماریچ درون راکتور	۲۰۰ـ۳۰۰
لوله استقرار دماسنج	۱۰ـ۲۰
آبخنما	۱۰ـ۲۰
زبری سطح داخلی راکتور	۱۰ـ۲۰

طور معمول ۸۵٪ منظور می‌شود[7,14]. با تقسیم توان محاسبه شده بر بازده، توان کلی برای موتور همزن محاسبه می‌شود.

بعد از آشنایی با چگونگی انتخاب همزن برای هر فرایند، محاسبه خواص فیزیکی سیال، دور همزن و اثر وسایل جانبی بر توان، روشهای گوناگون جهت محاسبه توان ارائه می‌شود.

راههای مختلف محاسبه توان

ــ استفاده از منحنی‌هایی که در آنها روی یک محور (افقی) عدد رینولدز و روی محور دیگر عدد توان قرار دارد. با مشخص شدن عدد توان، مقدار توان موردنیاز به سادگی قابل محاسبه است. نمونه‌ای از این منحنیها برای همزنهای توربینی در شکل ۱۸ ارائه شده است[2]. برای مشخص بودن کمیتهایی نظیر S_1، S_2 و ... در شکل۱۸، شکل راکتور و همزن آن در شکل ۱۹ ارائه شده است [2].



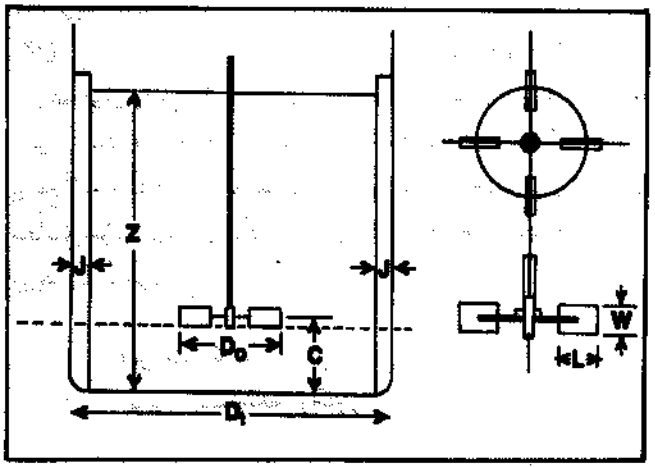
شکل ۱۸ ــ منحنیهای عدد توان برحسب عدد رینولدز برای همزنهای توربینی [2]

S_1 و S_2 و... عبارت‌اند از:

$$S_1 = \frac{D_a}{D_t} \qquad S_2 = \frac{L}{D_a} \qquad S_5 = \frac{J}{D_t}$$

$$S_3 = \frac{C}{D_a} \qquad S_4 = \frac{W}{D_a} \qquad S_6 = \frac{Z}{D_t}$$

منحنیهای A و B برای همزن توربینی صفحه‌ای با شش تیغه تخت عمودی قابل استفاده‌اند و تنها تفاوت این دو منحنی در مقدار S_4 است.



شکل ۱۹ ــ شکل راکتور و همزن برای محاسبه S های مختلف [2]

منحنی C برای همزن توربینی با شش تیغه تخت و مورب مورد استفاده قرار می‌گیرد. منحنی D برای حالتی است که در تانک موج گیر نباشد. در این حالت N_p خوانده شده از روی منحنی باید در N_{Fr}^m (عدد فرود: N_{Fr}) ضرب شود. عدد فروید عبارت است از:

$$N_{Fr} = \frac{N^2 D_a}{g} \qquad (۱۰)$$

عدد m از معادله ۱۱ قابل محاسبه است:

$$m = \frac{۱ - Log_{۱۰} N_{Re}}{۴۰} \qquad (۱۱)$$

جدول ۷ ــ مقداری عدد توان برای همزنهای گوناگون [7]

ملخی با خمش ۱:۱	۰/۳	۰/۳۲
۱/۵:۱	۰/۷	۰/۸۶
توربینی با تیغه‌های تخت و مورب ۴۵ درجه*		
چهار تیغه ($\frac{W}{D_a}$ = ۰/۱۵)	۱/۳۶	۱/۶۶
چهار تیغه ($\frac{W}{D_a}$ = ۰/۲)	۰/۷۸	۱/۹۴
توربینی با تیغه‌های تخت عمودی		
چهارتیغه ($\frac{W}{D_a}$ = ۰/۱۵)	۲/۱۶	۰/۶۷
چهارتیغه ($\frac{W}{D_a}$ = ۰/۲)	۳/۳۱	۰/۹۶
توربینی صفحه‌ای		
چهارتیغه ($\frac{W}{D_a}$ = ۰/۲۵)	۵/۱	۰/۷۵
شش تیغه ($\frac{W}{D_a}$ = ۰/۲۵)	۶/۷	۰/۹

* عدد توان براساس توان مصرفی و عدد پمپاژ براساس جریان اولیه است.
** در نسبت W/D_a کمیت W، پهنای تصویر شده در D_a قطر راقص است.

نمونه‌های دیگری از این منحنیها را برای محاسبه توان می‌توان در مراجع [2, 4, 10] یافت.

ــ استفاده از فرمول: معادله ۱۲ برای ناحیه آشفته ($N_{Re} \geq ۱۰۰۰۰$)

ارائه می‌شود [7].

$$P = ۰/۹۹۱\, N_p S_g N^۳ D_a^۵ \qquad (۱۲)$$

عدد توان را می‌توان از جدول ۷ به دست آورد. در صورتی که عدد رینولدز کمتر از ۱۰۰۰۰ باشد می‌توان با استفاده از قسمت ۲ منحنی ۲ مرجع [10] استفاده نمود تا عدد توان را پیدا کرد و به دنبال آن توان را محاسبه نمود. نمونه‌های دیگری از این روابط برای همزنهای مختلف در مرجع [3] موجود است.

فهرست اعلام

A	مترمربع، سطح مقطع راکتور
B	$\frac{\text{وزن جامد}}{\text{وزن مایع}} \times ۱۰۰$
B_s	متر، فاصله موج‌گیر از سطح داخلی راکتور
C و C'	متر، فاصلهٔ همزنها از کف راکتور
C_i و C_0	کیلوگرم بر مترمکعب، به ترتیب غلظتهای خروجی و ورودی به راکتور
D_a	متر، قطر همزن
D_p	متر، قطر ذرّه
D_t	متر، قطر راکتور
g	۹/۸ متر بر مجذور ثانیه، شتاب ثقل
J	متر، عرض موج‌گیر
L	متر، طول تیغه همزن
L'	متر، ارتفاع موج‌گیر
N_c و N	دور در ثانیه، به ترتیب دور همزن و دور بحرانی همزن
N_{Fr}	عدد فروید
N_P	عدد توان
N_Q	عدد پمپاژ
N_{Re}	عدد رینولدز
P	کیلووات، توان
Q	مترمکعب در ثانیه، دبی حجمی
S	عدد ثابت
S_g	وزن مخصوص
V_b	متر در ثانیه، سرعت توده‌ای سیال
W	متر، عرض تیغه همزن
Z	متر، ارتفاع مایع
μ_c و μ_d و μ	کیلوگرم بر ثانیه، به ترتیب گرانروی فازهای پیوسته، متفرق شده و مخلوط
s_c و s_d و s	کیلوگرم بر مترمکعب، به ترتیب جرم حجمی فازهای پیوسته، متفرق شده و مخلوط
ψ	جزء حجمی فاز پراکنده
ψ'	نسبت حجم ذرات جامد به حجم جامد و مایع
t	ثانیه، ثابت زمانی
v	مترمربع در ثانیه، گرانروی سینماتیکی

REFERENCES

[1] Donald R. Coughanowr Lowell B. Koppel: "Process System Analysis and Control", Mc Graw-Hill, 1965.

[2] Warren L. Mc Cabe, Julian C. Smith, and Peter Harriott: "Unit Operations of Chemical Engineering" 4 th Ed., McGraw-Hill, 1985.

[3] Azbel David S. Cheremisinoff, Nicholas P.: "Fluid Mechanics and Unit Operations", Ann Arbor Science, 1983.

[4] Ludwig Ernest E. "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant", Vol. 1, 2 nd Ed., Gulf Publishing Company, 1977.

[5] Perry Robert H. Chilton Cecil H. "Chemical Engineers' Handboek", 5th Ed., McGraw-Hill, 1973.

[6] Oldshue James Y. "Fluid Mixing Technology", McGraw-Hill, 1983.

[7] Garrison Charles M. Chemical Engineering, Feb. 7, 1983.

[8] Leo V. Casto, ProQuid, Inc. : Chemical Engineering, Jan 10, 1972.

[9] Bondy Fredrick and Lippa Shepherd: Chemical Engineering, Apr 4, 1983.

[10] Chemical Engineering, 12 Articles on Liquid By Different Authors, First One, Dec 8, 1975, Last, Nov 8, 1976.

[11] Bates, R. L.; "Fluid Agitation Handbook", Chemineer Inc., Dayton, Ohio, 1956.

[12] LLoyed E. Brownell, Edwin H. Young: "Process Equipment Design", John Wiley & Sons, 1959.

[13] Hicks Richard W. Morton Jerry R. and Fenic John G. : Chemical Engineering, Apr 26, 1976.

[14] Chopey P &. Hicks. G. "Handbook of Chemical Engineering Calculations", Mc Graw-Hill, 1984.

John Desmond Bernal

جان دسموند برنال

این دانشمند در سال ۱۹۰۱ در ایرلند متولد شد. در هجده سالگی وارد دانشگاه کمبریج گردید. جایی که وی توانست ۴۳۰ گروه فضایی را به وسیله چهار تابیهای ماهیانوتی به دست آورد. پس از آشنایی با پراگ و ورودش به مؤسسه سلطنتی وی با استفاده از روشهای عکاسی بسلوری چرخان به مطالعه ساختار گرافیت پرداخت. وی در ارائه تفسیری در باره سبک آزمایشگاهی بی‌لید و. شرط می‌نویسد: "برای انجام این منظور مجبور به ساختن یک دوربین استوانه‌ای خود بودم که با نامیاته‌ترین شیوه ساختم. بدین ترتیب که یک تکه لوله برنجی را در آن چسباندم که این لوله دو تکه سرب با سوراخهای ریز از میان آنها به عنوان شکاف همراه داشت.

فیلم در محل خود با گیره‌های دوجرخه قرار می‌گرفت از یک ساعت دماسنج قدیمی یک میخ برای سوار کردن و چرخاندن بلور استفاده کردم. در ارتباط با کار گرافیت برنال یک مجموعه نمودار برای دوربینهای استوانه‌ای و مسطح تولید کرد. برنال علاوه بر این مطالعات، کارهایی نیز بر روی آلیاژها انجام داد.

در سال ۱۹۳۷ سر ویلیام براگ، برنال را تشویق به تأسیس یک بخش بلورشناسی در کمبریج کرد. از سال ۱۹۳۷ تا سال ۱۹۳۷، برنال همانند استیری (Astbury) به زیست‌شناسی مولکولی علاقمند گردید و به همراه چند تن از دانشجویان شروع به تجزیه مسهم از انحطاط زیست شناختی مانند استرولها و آمینو اسیدها و پپروتئینها و نوکلئوپروتئینها کرد. در سال ۱۹۳۵ به همراه دان مگا (Dorothy Hodgkin) یک مطالعه کلاسیک بر روی پپرندهای هیدروژنی و هیدروکسیدهای فلزی را به چاپ رساند.

در سال ۱۹۳۷ به استادی دانشگاه کالج لندن منصوب شد. او دوباره گروه پژوهشی دیگری را تشکیل داد. این گروه بر روی بسیاری از طرحها کار می‌کردند که از بررسی ساختاری پروتئینها و ویروسها تا کار بر روی سیمان را شامل می‌شد. طرح مهم دیگر، مطالعه ساختار مایعات بود. در آغاز سال ۱۹۶۳ به دنبال چند سکته فلج کننده، زمین گیر و ناتوان شد و در سال ۱۹۷۱ درگذشت.

منبع:
Chemistry in Britain
Aug 1986