

*

(// // //)

با استفاده از فنون غیرمخرب، بدون باز کردن برج‌های تقطیر، برج‌های فرایندی، مخازن تحت فشار و غیره اطلاعات مهمی از درون آن‌ها و فرایندهای در حال انجام در آن‌ها به دست می‌آید. بهره‌گیری از فناوری روبش با استفاده از اشعه گاما به عنوان ابزار تشخیص برای روبش برج‌های سینی‌دار، برج‌های با بستر آکنده، مخازن ذخیره‌سازی و غیره از یکسو و همچنین تعیین چگالی مواد محتوی، ارتفاع سطح مواد محتوی، سطح تماس بین دو سیال مختلف و غیره از سوی دیگر روز به روز افزایش یافته است. در این مقاله سعی شده است نارسایی‌های درون برج سینی‌دار مدل شود و نحوه تشخیص نارسایی‌ها با استفاده از پروفایل حاصل از روبش بیان شود. از این مدل پیشنهادی می‌توان برای شروع کار روبش استفاده کرد و از آن برای کالیبره کردن و تنظیم کردن شرایط کار استفاده کرد.

:

زیادی به قابلیت و توانایی این برج‌ها بستگی دارد. بنابراین برج‌های سینی‌دار در صنعت، اهمیت زیادی دارند و درستی عملکرد آن‌ها موضوعی ضروری است. هنگامی که درون برج‌های سینی‌دار مشکلی ایجاد می‌شود، این مشکل در فرایند انجام‌شده درون برج‌ها اختلال ایجاد می‌کند. برای برطرف کردن عیوب ایجادشده درون برج، به صورت لحظه‌ای^۱، نیاز به بررسی دقیق کل برج است تا منبع مشکل ایجادشده یافت شود و برای برطرف کردن آن اقدام شود. چون درون برج‌ها از بیرون مشخص نیست، نمی‌توان محل بروز مشکل را پیدا کرد. پس باید فرایند را متوقف کرد و برج را باز کرد. پس از آن، محل بروز مشکل درون برج را پیدا کرده و عیوب را برطرف کرد. البته باید توجه داشت که بعضی از مشکلات فرایندی به گونه‌ای هستند که اگر فرایند متوقف شود، شناسایی این مشکلات دشوار می‌شود. محل و چگونگی به وجود آمدن این مشکلات باید هنگام انجام فرایند مشخص شود. به طور مثال اگر پدیده طغیان در قسمتی از برج اتفاق بیفتد، پیدا کردن مکان و علل وقوع طغیان در زمانی که برج خارج از سرویس^۲ است، کار بسیار مشکلی است و

با توسعه گسترده صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، شیمیایی، هسته‌ای و صنایع مربوط به آن‌ها در جهان امروز و نیاز روزافزون این صنایع به علوم بازرسی فنی و عیب‌یابی، سبب شده است که این علوم نیز همپای دیگر علوم، پیشرفت چشمگیری داشته باشند. به کارگیری فناوری استفاده از رادیوایزوتوپ‌ها در صنعت، ابتدا برای بازرسی غیر مخرب و بررسی عیوب مکانیکی و متالورژی موجود در قطعات فلزی، تجهیزات، سازه‌ها و غیره مورد استفاده قرار می‌گرفت؛ اما به دلیل غیرمخرب بودن و توانایی بالای این فناوری، استفاده از آن برای دسترسی به قسمت‌هایی که از دسترس خارج است و با چشم قابل رؤیت نیست، به شدت افزایش یافته است. فناوری روبش از حدود بیست و پنج سال پیش آغاز شده و در سال‌های اخیر به طور گسترده‌ای رونق یافته است تا راهنمای مهندسان فرایندی به منظور حصول اطمینان از عملکرد صحیح ظروف فرایندی باشد.

برج‌های سینی‌دار یکی از دستگاه‌های بسیار مهم در پالایشگاه‌های نفت، گاز و کارخانه‌های شیمیایی است. عملکرد و بازده پالایشگاه‌ها و کارخانه‌های شیمیایی تا حد

نیاز به کار زیاد، تخصص بسیار بالا و آشنایی از گذشته برج دارد.

در این مقاله روبش برج‌های سینی‌دار شرح داده می‌شود تا عیوب فرایندی و آسیب‌دیدگی‌های درونی برج به وسیله روبش با گاما شناسایی شوند.

برای روبش برج‌ها از یک منبع رادیواکتیو دانه‌ای^۳ استفاده می‌شود. این منبع، اشعه گاما منتشر می‌کند. اشعه گامای عبوری از برج توسط آشکارسازی که در بیرون برج قرار دارد شناسایی می‌شود. فن روبش بر پایه فرمول زیر استوار است:

$$I = I_0 \exp(-\mu \rho \Delta x) \quad (1)$$

در این معادله اگر به جسمی با چگالی ρ پرتوی با شدت I_0 تابیده شود و مسافت عبور پرتو از درون جسم مقدار Δx باشد، شدت پرتو خروجی برابر با I است.

در معادله ذکر شده، μ ضریب جذب جرمی^۴ است که برای انرژی اشعه گامای داده شده و ساختار ماده ثابت است. معادله (۱) نشان می‌دهد که افزایش چگالی باعث کاهش اشعه خروجی از مواد می‌شود. برای اشعه‌های گامایی که انرژی بیشتر از ۲۰۰ KeV دارند، میزان جذب مستقل از عدد اتمی محیط جذب‌کننده است و ضریب جذب جرمی (μ) مستقل از ساختار مواد جذب‌کننده اشعه است. در مورد اشعه‌های کم انرژی میزان جذب به شدت تحت تأثیر عدد اتمی محیط جذب‌کننده اشعه است [۸].

اشعه‌های مورد استفاده در روبش برج‌ها انرژی بالایی دارند. بنابراین مقدار ضریب جذب جرمی (μ) در معادله (۱) مستقل از نوع ماده جذب‌کننده اشعه و مقدار اشعه تابشی است. پس می‌توان نتیجه گرفت که ضریب جذب جرمی (μ) در روبش برج‌ها، برای انرژی اشعه گامای داده شده و ساختار ماده یک عدد ثابت است. بدین ترتیب میزان شدت اشعه (I) تابع توان نمایی (\exp) از ضخامت و چگالی ماده جذب‌کننده اشعه است.

اشعه تابشی از منابع رادیواکتیو که برای روبش برج‌ها استفاده می‌شوند، باید توانایی عبور از ضخامت دیواره و مواد درون برج در راستای قطر برج را داشته باشند. به این

دلیل برای روبش برج‌ها بیشتر از منابع رادیواکتیو پر انرژی کبالت ۶۰ و سزیم ۱۳۷ استفاده می‌شود [۹].

پس از اینکه نوع ماده رادیواکتیو مشخص شد، حال باید بدانیم که برای روبش برج‌ها از چه فعالیت یا شدت اشعه‌ای استفاده می‌شود. فعالیت مواد رادیواکتیو مورد استفاده در روبش، بر اساس قطر برج، وضعیت و ترتیب داخلی برج و چگالی سیال موجود در برج تعیین می‌شود. برای روبش برج‌ها، فعالیت نباید از یک مقدار مشخص کمتر باشد، زیرا دریافت اشعه‌ها توسط آشکارساز مشکل می‌شود و دقت آن پایین می‌آید. محدوده پایین تابش، مقدار تابشی است که در برابر مقدار تابش‌های طبیعی و پارازیت‌های الکتریکی مقدار کمی است و خطای بالایی در اندازه‌گیری‌ها به وجود می‌آورد. محدوده بالایی تابش به آشکارساز مورد استفاده ارتباط دارد. به طور مثال در آشکارساز جرقه‌زننده NaI محدوده بالای تابش به اشباع شدن کریستال NaI با ذرات گاما ارجاع پیدا می‌کند. این محدوده بالایی زمان مرگ^۵ نامیده می‌شود. زمان مرگ برای کریستال NaI در ۱/۸ mR/hr و بالاتر شروع می‌شود [۱۳].

هر چه شدت اشعه تابیده شده به آشکارساز بیشتر باشد، تصویر به وجود آمده در آشکارساز دقیق‌تر بوده و جزئیات تصویر بهتر از یکدیگر تفکیک می‌شوند.

برای آشکارسازی اشعه گاما باید از خاصیت‌های اشعه گاما کمک گرفت. اشعه گاما با مواد برهمکنش دارد. با ثبت این برهمکنش‌ها می‌توان اشعه گاما را آشکارسازی کرد.

طبیعت الکترومغناطیس فوتون‌های اشعه گاما به گونه‌ای است که با الکترون‌های داخل اتم‌ها برهمکنش می‌کند. برهمکنش اشعه گاما با اتم‌ها به گونه‌ای است که باعث یونیزاسیون اتم‌ها می‌شود. این اشعه مقداری از انرژی خود را به الکترون‌های اتم می‌دهد. الکترون‌های یونیزه شده انرژی زیادی دارند و با برخورد به اتم‌های دیگر مقدار زیادی از الکترون‌ها را آزاد می‌کنند. بارهای الکتریکی یونیزه‌شده به طور مستقیم (آشکارسازهای جرقه‌زننده) جمع می‌شود. این بارهای الکتریکی به منظور ثبت کردن حضور اشعه گاما و اندازه‌گیری انرژی آن به پالس‌های الکتریکی

چند تا از مواد معدنی که خاصیت درخشندگی دارند، عبارتند از یدید سدیم (NaI)، یدید سزیم (CsI)، سولفید روی (ZnS) و یدید لیتیم (LiI).

در سینتیلاتورهای آشکارساز از مواد جامد استفاده می‌شود و به طور کلی به علت خاصیت بهتر مواد معدنی، بیشتر این مواد در آشکارسازها به کار گرفته می‌شوند. اکثر آشکارسازها به وسیله کریستال‌های معدنی CsI و NaI تولید می‌شوند.

امروزه مواد جدیدی برای ساخت سینتیلاتور وارد بازار شده‌اند. یکی از این مواد $(Bi_4Ge_3O_{12})$ است که به صورت BGO نامیده می‌شود و کاربرد آن روز به روز افزایش می‌یابد. این ماده بازده شمارش گامای بالایی دارد و نسبت به نوترون‌ها حساسیت کمی دارد. این خصوصیات سبب برتری آن شده است [۱۹].

برای تقویت فوتون‌های قابل رویت توسط (PMT) 10 از ناخالصی‌هایی که به نام فعال‌کننده 11 شهرت دارند در مواد سینتیلاتور استفاده می‌شود. یکی از مواد سینتیلاتور فعال $[NaI(Tl)]$ است که هنگام دریافت اشعه گاما فعالیت بالایی دارد. تالیوم یک فعال‌کننده مناسب است که خاصیت سینتیلاتوری را به خوبی افزایش می‌دهد.

ماده سینتیلاتور، فقط بخشی از آشکارساز است. در شکل (۱) یک سینتیلاتور آشکارساز به طور کامل نشان داده شده است. همان طور که در شکل دیده می‌شود، آشکارساز از دو قسمت اصلی تشکیل شده است؛ یکی ماده سینتیلاتور و دیگری (PMT).

ماده سینتیلاتور با استفاده از مواد منعکس‌کننده نور مانند MgO احاطه شده است. این ماده از هدر رفتن فوتون‌های تولیدی در ماده سینتیلاتور جلوگیری می‌کند و فوتون‌ها را به سمت صفحه فوتوکاتد 13 هدایت می‌کنند. فوتون‌ها به فوتوکاتد برخورد می‌کنند و سبب آزاد شدن الکترون‌ها در اثر واکنش فتوالکتریک می‌شوند. الکترون‌های تولیدشده با برخورد به الکترودهای درون لوله که داینود 14 نامیده می‌شوند، شتاب می‌گیرند و الکترون‌های بیشتری را آزاد می‌کنند. این کار سبب افزایش شار الکترون‌ها می‌شود و مقدار آن را در حدود 10^4 برابر مقدار اولیه خروجی از سطح فوتوکاتد افزایش می‌دهد. در نهایت بار تقویت‌شده به الکتروده آند خروجی می‌رسد. مقدار این بار الکتریکی، متناسب با مقدار بار اولیه خارج شده از فوتوکاتد است. بار اولیه تولیدشده در

تبدیل می‌شود. سیگنال تولیدی در خروجی آشکارساز، در واقع اختلاف ولتاژ حاصل شده توسط بارهای الکتریکی است [۱۸].

تعداد آشکارسازهایی که برای ثبت اشعه گاما و انرژی خروجی از آن استفاده می‌شود، زیاد است. در اینجا چند نوع اصلی از آشکارسازها را بررسی می‌کنیم.

کاربرد این نوع از آشکارسازها بیشتر به عنوان دزیومتر اشعه گاما و بتا است که در فیزیک بهداشت استفاده می‌شود. از این آشکارسازها برای روبش استفاده نمی‌شود، زیرا با اشباع شدن گاز یونیزه‌شده در سیلندر کارایی این دستگاه از بین می‌رود [۱۸].

به دلیل حساسیت بالای این نوع از آشکارسازها و ضعیف بودن آن در برابر انرژی‌های بالا، کاربرد این نوع آشکارسازها در فن روبش مناسب نیست. همچنین این نوع از آشکارسازها دامنه‌های کوچک انرژی را تحت پوشش قرار می‌دهند. در دامنه‌های بزرگ انرژی مانند دامنه‌های انرژی موجود در فن روبش دچار مشکل می‌شوند [۱۸].

سینتیلاتورهای آشکارساز جرقه‌زننده از موادی ساخته شده‌اند که بر اثر تابش اشعه گاما به این مواد انرژی دریافت شده توسط آن‌ها به صورت فوتون‌های نور ساطع می‌شود.

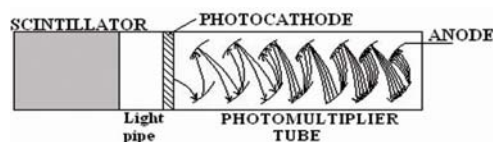
وقتی اشعه گاما به ماده سینتیلاتور تابیده می‌شود، با این مواد برهمکنش ایجاد می‌کند. انرژی بالای اشعه گاما باعث برانگیخته شدن اتم‌های مواد می‌شود.

اتم‌ها تمایل دارند برای پایدار شدن به حداقل سطح انرژی دست یابند. بنابراین اتم‌های برانگیخته شده انرژی خود را به صورت فوتون ساطع می‌کنند تا با از دست دادن انرژی به پایداری بیشتر برسند. موادی که چنین خاصیتی دارند به دو بخش کلی مواد آلی و معدنی تقسیم‌بندی می‌شوند.

از جمله مواد آلی عبارتند از Enthalracene، Plastics و مایعات آلی Enthalracene بازده بالاتری نسبت به دو نوع دیگر دارد [۱۸].

فوتوکاتد نیز با مقدار فوتون‌های نور برخوردی با آن متناسب است. میزان فوتون‌های نور خروجی از ماده جرقه‌زننده نیز متناسب با میزان اشعه گامای برخوردی با آن است [۲۰].

برای آگاهی بیشتر از مباحث گسترده سینتیلاتورهای آشکارساز به منابع ۱۸ و ۱۹ و ۲۰ مراجعه شود.



هدف از طراحی برج سینی‌دار در این مقاله، بررسی عملکرد روبش گاما روی این نوع از برج‌ها است.

برای طراحی برج سینی‌دار، ابتدا مشخصات ابعادی برج بر اساس داده‌های علمی محاسبه و اندازه‌گیری شده است. در طراحی برج نکاتی که باید مورد توجه قرار گیرند عبارتند از: قطر برج، نوع سینی و فواصل سینی‌ها از یکدیگر، نوع ناودانی‌ها و طرز قرار گرفتن آن‌ها، نوع لب‌بندها و ارتفاع آن‌ها، شیب سطح مایع روی سینی و غیره.

برای اینکه برجی که ساخته می‌شود به ساختار برج صنعتی نزدیک باشد، تا آن جا که امکانات آزمایشگاهی اجازه می‌دهد، قطر برج بزرگ گرفته می‌شود. در برج‌های صنعتی قطر برج بر اساس دبی مایع و گاز مشخص می‌شود و تعداد سینی‌های برج بستگی به میزان و سختی عمل تفکیک مورد نظر دارد و تنها با در نظر گرفتن روابط موازنه مواد و تعادل بین دو فاز تعیین می‌شود [۱۱]. در برج طراحی شده چون قطر برج تأثیر بسزایی روی فن روبش گاما دارد، ابتدا قطر برج مشخص می‌شود، سپس دبی مورد نیاز بر اساس آن تنظیم می‌شود. چون در این برج میزان انتقال جرم بین دو فاز اهمیتی ندارد، تعداد سینی‌ها به دلخواه تعیین می‌شود.

در این شبیه‌سازی، از لوله فولاد کربنی با استاندارد ANSI B36.10 به قطر $1066/8$ mm و طول 1700 mm به عنوان جداره برج استفاده شده است. در جدول (۱) ویژگی‌های این لوله بیان شده است. برای این برج دو سینی در نظر گرفته شده است. این سینی‌ها توسط ناودانی به یکدیگر مرتبط می‌شوند. طرز قرار گرفتن سوراخ‌ها روی سینی‌های غربالی به گونه‌ای است که هر یک از آن‌ها همراه با دو سوراخ دیگر در رأس‌های یک مثلث متساوی‌الاضلاع قرار می‌گیرند [۱۱]. قطر سوراخ‌ها اغلب $4/8$ mm است، در حالی که اندازه‌های دیگر بین $3/18$ mm تا $12/7$ mm مورد استفاده قرار می‌گیرد. فاصله مرکز دو سوراخ متوالی از یکدیگر اغلب بین $2/5$ تا 5 برابر قطر سوراخ‌ها اختیار می‌شود. سینی‌های غربالی از صفحات فلزی با جنس‌های مختلف ساخته می‌شوند. یکی از فلزاتی که در ساختن سینی‌ها کاربرد زیادی دارد، فولاد زنگ‌نزن است. ضخامت صفحات فولادی زنگ‌نزن بین $0/4$ تا $0/8$ قطر سوراخ‌ها اختیار می‌شود. در مورد صفحات

آزمایش‌های انجام‌شده به دو بخش اصلی تقسیم می‌شوند. بخش اول شامل مدل‌سازی و ساخت مقطعی از برج سینی‌دار است و بخش دوم انجام فن روبش گاما روی این قسمت از برج است. در بخش اول قسمتی از برج سینی‌داری که از دو سینی تشکیل شده طراحی و مدل‌سازی شده است.

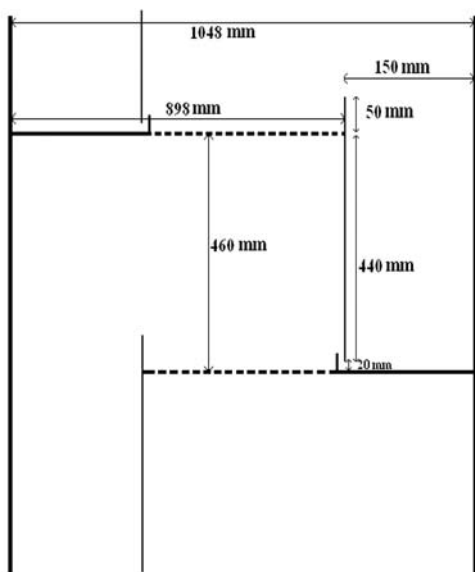
در انجام این پروژه موضوع انتقال جرم و چگونگی انجام آن بین فازها اهمیتی ندارد و آنچه مهم است و باید به درستی انجام گیرد، نحوه حرکت سیال روی سینی‌ها و درون برج است. به همین دلیل بیشتر تلاش شده است تا حرکت سیال روی سینی‌ها و درون برج به خوبی شبیه‌سازی شود.

در بخش دوم پس از آنکه برج مدل‌سازی و ساخته شد، برج در شرایط عملیاتی مختلف مورد آزمایش قرار می‌گیرد تا با استفاده از فن روبش گاما، اطلاعات مفیدی از چگونگی حرکت سیال‌های درون برج به دست آید و توسط فن روبش گاما از شرایط عملیاتی درون برج آگاهی حاصل شود. با بررسی شرایط عملیاتی مختلف تغییرات به وجود آمده در پاسخ فن روبش گاما در قبال هر یک از شرایط عملیاتی به خوبی نمایان می‌شود.

مدل پیشنهادی را می‌توان به منظور شروع کار روبش در برج‌های با اندازه صنعتی به کار گرفت. ابتدا از این مدل برای کالیبره کردن و تنظیم کردن شرایط کار استفاده کرد و سپس فن روبش را روی برج با اندازه صنعتی انجام داد.

امتداد صفحه‌ای که ناودانی را تشکیل می‌دهد، به سمت بالا به وجود آید یا به شکل قطعه‌ای جداگانه روی سینی نصب شود. لب‌بندها اغلب به شکل مستطیلی با لبه صاف و در بعضی موارد با لبه دندانه‌ای است.

طول لب‌بند بین ۶۰ تا ۷۵ در صد قطر برج توصیه می‌شود. ضخامت مایع روی سینی نباید از ۵۰ mm کمتر باشد. حداکثر ضخامت این لایه حدود ۱۰۰ mm توصیه شده است [۱۱]. در این طراحی ارتفاع لب‌بند ۵۰ mm محاسبه شد. در شکل (۳) چگونگی قرار گرفتن لب‌بند روی سینی نشان داده شده است.



برای برج‌های با قطر ۱۲۲۰ mm و کمتر از آن فاصله سینی‌ها باید حدود ۴۵۷ mm تا ۵۰۸ mm باشد. در این مدل‌سازی فاصله سینی‌ها از یکدیگر ۴۶۰ mm محاسبه شده است [۱۱].

فولادی معمولی و آلیاژهای مس از ضخامت بیشتری استفاده می‌شود [۱۱]. برای ساخت سینی‌های برج مدل‌سازی شده از ورقه فلزی آهن گالوانیزه به ضخامت ۳ mm استفاده شده است.

ابتدا به اندازه قطر داخلی برج از ورقه گالوانیزه برش داده می‌شود و دایره‌ای به قطر ۱۰۴۷ mm تهیه می‌شود. برای ساختن ناودانی، دایره فلزی از وترى به طول ۰/۷ قطر دایره برابر با ۶۸۰ mm برش داده می‌شود. روی سطح سینی وترى به موازات وتر برش خورده رسم می‌کنیم.

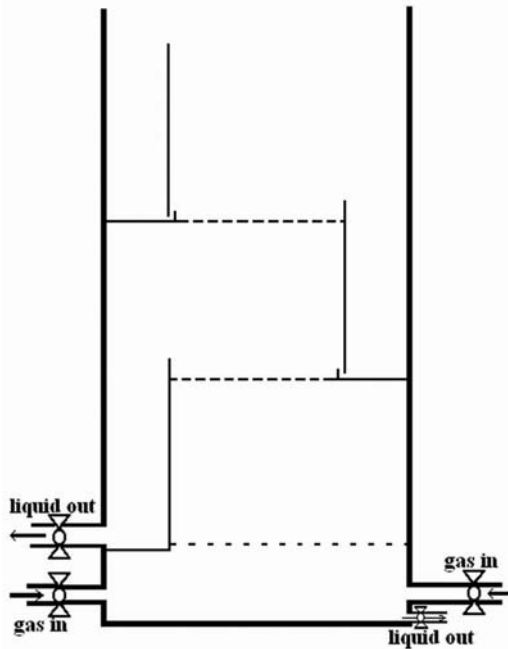
بین این وتر و وترى که برش خورده است، سطح فعال سینی قرار دارد. سوراخ‌های روی سینی در این ناحیه تشکیل می‌شوند. قطر هر یک از سوراخ‌های ایجادشده روی سینی ۵ mm و فاصله مرکز دو سوراخ متوالی آن ۲۰ mm است. سوراخ‌ها روی سطح سینی به گونه‌ای ایجاد می‌شوند که هر یک از آن‌ها با دو تای دیگر در رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع قرار گیرند.

در فاصله ۱۰ mm از وتر رسم‌شده روی سینی، ورقه‌ای از آهن گالوانیزه به عرض ۲۵ mm و طول ۶۸۵ mm نصب می‌شود. این ورقه به عنوان توزیع‌کننده مایع روی سینی‌ها محسوب می‌شود. مایع از ناودانی بالای سینی به پایین می‌ریزد و در پشت ورقه فلزی جمع می‌شود. مایع جمع شده از روی ورقه سرریز کرده و در روی سینی توزیع می‌شود. ورقه توزیع‌کننده مایع در شکل (۳) نشان داده شده است. پس از ساختن سینی‌ها نوبت به ساختن لب‌بندها می‌شود. لب‌بند یکی از اجزای مهم در برج‌های سینی‌دار است. لب‌بندها روی سینی‌ها نصب می‌شوند و برای نگه داشتن ضخامت از مایع روی سینی‌ها به کار می‌روند. هر چه ارتفاع لب‌بند بیشتر باشد، مقدار مایع روی سینی‌ها افزایش می‌یابد. لب‌بند می‌تواند از

(ANSI B36.10)

:

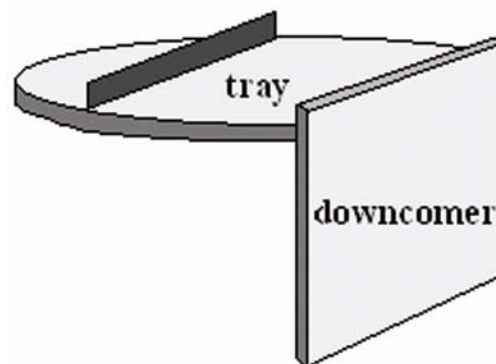
| قطر خارجی میلی متر | قطر داخلی میلی متر | ضخامت میلی متر | وزن لوله Kg/m | وزن آب Kg/m | مساحت سطح فلز cm ² | سطح خارجی لوله m ² /m |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------------------------|--|
| ۱۰۶۶/۸ | ۱۰۴۷/۹۴ | ۹/۳۵ | ۲۴۸/۵ | ۸۶۲/۵ | ۳۱۶/۶ | ۳/۳۵ |



حال نوبت به ساختن ناودانی‌ها است. در ساخت ناودانی‌ها ابتدا باید اندازه آن مشخص شود. در شکل (۲) اندازه ناودانی مشخص شده است. همان طور که در شکل دیده می‌شود، ناودانی از دو قسمت، یکی در بالای سینی که همان لب‌بند است و دیگری پایین سینی که بدنه ناودانی است تشکیل شده است. طول ناودانی از مجموع طول این دو قسمت حاصل می‌شود. ناودانی باید از سینی پایینی کمی فاصله داشته باشد تا مایع از حد فاصل این دو عبور کرده و از ناودانی وارد سینی شود. این فاصله حدود ۲۰ mm تا ۲۵ mm است [۱۱]. در این طراحی فاصله ناودانی از سینی زیرین ۲۰ mm محاسبه شده است. اندازه عرض ناودانی در این طراحی ۴۹۰ mm محاسبه شده است. طول ناودانی برابر با وتری از سینی است که برش داده شده است. اندازه وتر برش داده شده ۷۳۴ mm است.

برای خارج کردن آب از ناودانی انتهای برج، زیر ناودانی با استفاده از ورقه گالوانیزه به طور کامل بسته می‌شود. سپس دیواره برج در قسمتی که ناودانی سوم قرار دارد سوراخ می‌شود. اندازه سوراخ ایجاد شده ۶۰ mm است. یک شیر نیز در این خروجی نصب می‌شود تا خروج مایع از برج کنترل شود.

در انتهای برج نیز سوراخی به قطر ۲۵ mm ایجاد می‌شود و یک شیر آب روی آن نصب می‌شود. سوراخ ایجاد شده در پایین‌ترین نقطه برج قرار دارد تا مایعی که از روزنه‌های روی سینی دوم ریزش می‌کند و به پایین برج ریخته می‌شود از طریق آن به بیرون از برج انتقال داده شود. در شکل (۴) لوله خروجی مایع که در پایین‌ترین نقطه برج قرار دارد نشان داده شده است.



در فاصله ۱۲۰ mm از انتهای برج در چهار طرف آن دو به دو رو به روی هم، چهار سوراخ ۲۵ mm برای تزریق گاز ایجاد می‌شود. سر هر یک از این ورودی‌های گاز یک عدد شیر نصب می‌شود. چهار ورودی گاز به کپسول گاز نیتروژن با فشار ۱۶۰ bar متصل می‌شوند. گاز از طریق این چهار سوراخ وارد برج می‌شود و پس از عبور از سینی توزیع‌کننده گاز، از درون سوراخ‌های روی سینی‌ها عبور می‌کند و از بالای برج خارج می‌شود.

در ارتفاع ۳۰۰ mm از پایین برج یک سینی برای توزیع بهتر گاز قرار داده می‌شود تا گاز پس از عبور از این سینی به طور متناسب در زیر سینی دوم توزیع شود. برای جلوگیری از افت فشار گاز در سینی توزیع‌کننده پایین برج، سوراخ‌های این سینی در اندازه‌های بزرگ انتخاب می‌شوند. روی سینی توزیع‌کننده گاز، سوراخ‌هایی به قطر ۵۰ mm ایجاد می‌شوند. فاصله مرکز دو سوراخ مجاور از یکدیگر ۱۰۰ mm است.

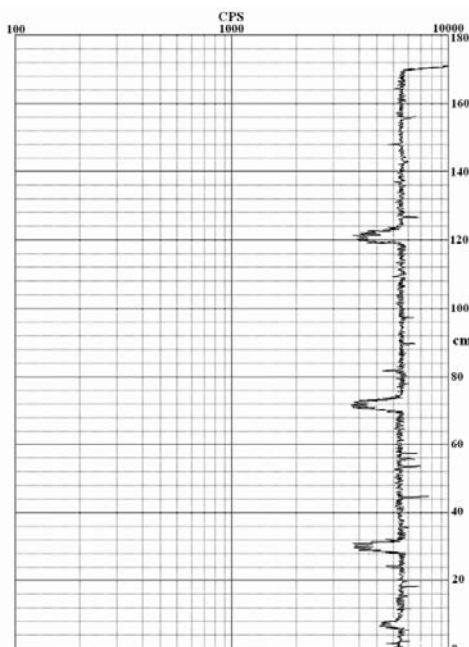
رویش برج در چهار شرایط عملیاتی مختلف انجام می‌شود. شرایط عملیاتی که برج در آن‌ها رویش می‌شود عبارتند از:

- ۱- برج در شرایط خشک
- ۲- برج در شرایط عادی

۳- برج در شرایط ریزش

۴- برج در شرایط طغیان

از برج است. سینی‌های درون برج به دلیل داشتن چگالی بالا، جلوی عبور اشعه را می‌گیرند و شدت اشعه دریافتی توسط آشکارساز در این نواحی کاهش می‌یابد. سومین پیک در ارتفاع ۱۲۱ سانتی متری از پایین برج قرار دارد. این پیک مربوط به حضور سینی اول در این ناحیه از برج است. همان گونه که از نتایج بررسی منحنی روبش دیده شد، آنچه در برج خالی از سیال روی میزان اشعه گامای دریافتی توسط آشکارساز تأثیر می‌گذارد، در واقع تجهیزات و وسایل موجود در درون و بیرون برج است. این تجهیزات و وسایل اغلب از آلیاژهای آهن که چگالی بالایی دارند، ساخته شده‌اند و هنگام عبور اشعه گاما از این تجهیزات، شدت اشعه به شدت کاهش می‌یابد.



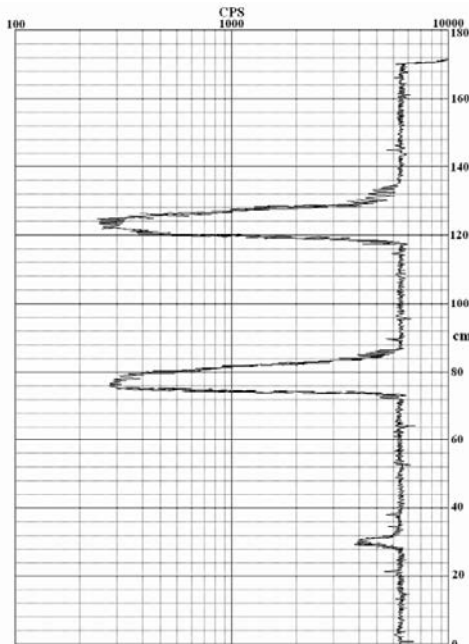
برای برقراری شرایط عملیاتی عادی درون برج، ابتدا جریان سیال مایع درون برج برقرار می‌شود. آب از ناودانی بالای سینی اول وارد برج می‌شود. پس از جاری شدن آب، شیر کپسول گاز نیتروژن کم کم باز می‌شود تا فشار گاز درون برج افزایش یابد. در ابتدا که فقط آب درون برج جریان دارد، آب از سوراخ‌های سینی‌ها عبور می‌کند و به دنبال آن مقدار کمی آب از ناودانی بین سینی‌ها عبور می‌کند. با افزایش فشار گاز، حباب‌های گاز از درون سوراخ‌های سینی‌ها عبور کرده به سمت بالای برج حرکت

با توجه به گفته‌های قسمت‌های قبل و با بررسی آن‌ها، تصمیم بر آن شد تا از منبع اشعه گاما با فعالیت 120 mCi برای روبش استفاده شود. برای انتخاب فعالیت مناسب برای روبش برج ساخته شده، یک نکته را باید مد نظر قرار داد و آن وجود سیال آب درون برج است. منبع اشعه گاما برای عبور اشعه از آب نیاز به فعالیت مناسب دارد. هر چه چگالی سیال و تجهیزات موجود در برج بیشتر باشد، میزان فعالیت مورد نیاز برای عبور اشعه بیشتر خواهد بود.

در این روبش از آشکارساز جرقه‌زننده NaI استفاده شده است. زیرا نوسان‌های آماری کمی دارد و در مقایسه با آشکارسازهای دیگر دقت به نسبت خوبی دارد.

برای روبش برج در شرایط خشک، ابتدا برج به طور کامل خالی از سیال مایع می‌شود. برج خالی از سیال آماده روبش است. برای روبش برج آشکارساز و منبع رادیواکتیو در بالاترین ارتفاع برج قرار داده می‌شوند، سپس به آرامی به طور موازی با یکدیگر به طرف پایین برج حرکت داده می‌شوند. باید توجه داشت که منبع رادیواکتیو و آشکارساز به گونه‌ای قرار گیرند که خط روبش از روی سطح فعال سینی‌ها عبور کند و از درون ناودانی‌ها عبور نکند. اشعه گامای خروجی از منبع رادیواکتیو پس از عبور از درون برج توسط آشکارساز دریافت می‌شود. آشکارساز نمودار روبش را بر حسب شدت اشعه دریافتی در هر ارتفاع از برج رسم می‌کند. واحد شمارش شدت، اشعه دریافتی توسط آشکارساز ^{16}CPS است. هر مقدار CPS نشان‌دهنده تعداد ذرات کوانتا دریافت شده در یک ثانیه توسط آشکارساز است. منحنی روبش برج خالی در شکل (۵) نشان داده شده است. همان طور که در شکل دیده می‌شود، منحنی روبش سه پیک دارد. هر یک از این پیک‌ها در یک ارتفاع مشخص از برج به وجود آمده‌اند. پایین‌ترین پیک موجود در منحنی روبش در ارتفاع ۳۰ سانتی متری از پایین برج قرار دارد. این پیک مربوط به حضور سینی توزیع‌کننده گاز در این ناحیه از برج است. دومین پیک در ارتفاع ۷۵ سانتی متری از پایین برج قرار گرفته است که مربوط به حضور سینی دوم در این ناحیه

در پایین منحنی روبش در ارتفاع ۳۰ سانتی متری یک پیک کوچک دیده می‌شود. وجود این پیک کوچک در پایین منحنی روبش به دلیل حضور سینی توزیع‌کننده گاز در این ناحیه از برج است.



ریزش مایع یکی از مشکلات مهم عملیاتی است که در برج‌های سینی‌دار ایجاد می‌شود. ریزش مایع هنگامی ایجاد می‌شود که مایع از درون سوراخ‌های سینی‌ها عبور می‌کند و روی سینی‌های پایین‌تر ریخته می‌شود. ریزش مایع علل متفاوتی دارد؛ یکی از علل مهم ریزش مایع کاهش فشار گاز در برج است. کاهش فشار گاز سبب می‌شود که گاز نتواند بر نیروی حاصل از وزن مایع روی سینی‌ها غلبه کند؛ در نتیجه از درون سوراخ‌های سینی‌ها عبور کند. هنگامی که این مشکل در برج‌های سینی‌دار ایجاد می‌شود، ارتفاع مایع روی سینی‌ها کم می‌شود. در نتیجه سطح تماس بین سیال‌های مایع و گاز کاهش یافته و انتقال جرم بین این دو فاز کاهش می‌یابد. کاهش انتقال جرم به منزله کاهش بازده برج سینی‌دار است.

یکی دیگر از دلایل ریزش مایع از روی سینی‌ها، گشادشدن سوراخ‌های روی سینی‌های غربالی به دلیل خوردگی سینی‌ها در این نواحی است. چون سوراخ‌های

می‌کنند. فشار گاز آنقدر افزایش می‌یابد که جلوی ریزش آب از سوراخ‌های سینی‌ها را می‌گیرد و آب فقط از راه ناودانی‌ها به پایین برج انتقال می‌یابد. فشار گاز آنقدر افزایش می‌یابد که افزایش آن سبب می‌شود تا گاز نیتروژن، آب را همراه خود به بالا حمل کند. آب روی سینی اول به بیرون از برج پاشیده می‌شود. در این حالت دیده می‌شود که مقدار مایع روی سینی اول افزایش پیدا کرده است. دلیل این موضوع، حمل آب توسط گاز نیتروژن از سینی دوم به سینی اول است. پس از مواجه شدن با چنین فرایندی، جریان گاز به آرامی کاهش می‌یابد. کاهش جریان گاز نیتروژن تا زمانی که این گاز توانایی حمل مایع را از دست می‌دهد، ادامه می‌یابد. هنگامی که ارتفاع سطح مایع روی سینی‌ها ثابت شد، در این لحظه برج در شرایط عادی قرار دارد. گاز از سوراخ‌های سینی عبور می‌کند و از درون آب روی سینی‌ها می‌گذرد. آب روی سینی‌ها به آب گازدار تبدیل می‌شود. چگالی آب گازدار روی سینی‌ها به طور تقریبی نصف چگالی آب خالص است. در شرایط عادی ارتفاع آب روی سینی‌ها حدود ۸ سانتی متر است.

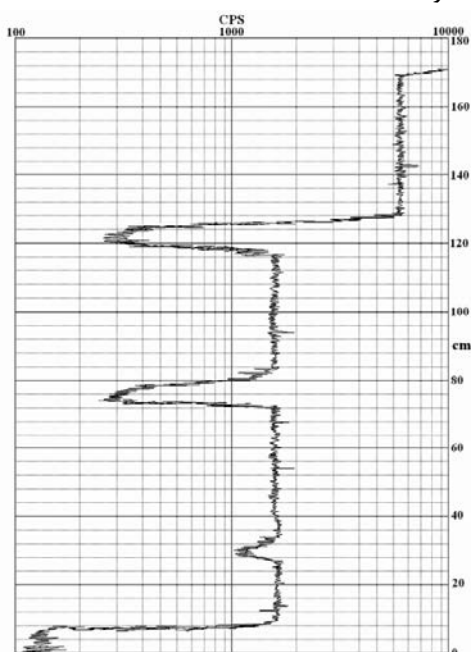
به همان روشی که برج خالی از سیال روبش شد، برج در شرایط عادی نیز روبش می‌شود. شکل (۶) نمودار روبش برج در شرایط عادی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، در دو ناحیه از منحنی روبش، پیک‌هایی به وجود آمده است. میزان اشعه دریافتی توسط آشکارساز در این نواحی به شدت کاهش یافته است.

پیک بالای منحنی در محدوده ارتفاع ۱۲۱ سانتی متر تا ۱۳۰ سانتی متر از پایین برج قرار گرفته است. این پیک مربوط به حضور سینی اول و ۸ سانتی متر مایع گازدار روی این سینی است. حضور این سینی و مایع گازدار روی آن سبب شده است که شدت اشعه گاما پس از عبور از درون آن‌ها کاهش یابد و آشکارساز، شدت اشعه کمتری در این ناحیه دریافت نکند.

پیک پایین منحنی در محدوده ارتفاع ۷۵ سانتی متر تا ۸۴ سانتی متر از پایین برج قرار گرفته است. این پیک مربوط به حضور سینی دوم و ۸ سانتی متر مایع گازدار روی این سینی است. حضور این سینی و مایع گازدار روی آن سبب شده است که شدت اشعه گاما عبوری از درون آن‌ها کاهش یابد.

طغیان در برج تقطیر به صورت انباشته شدن مایع در برج است. ایجاد طغیان دلایل مختلفی دارد. تعدادی از عوامل به وجود آورنده طغیان در برج سینی دار عبارتند از:

- ۱- نگهداری بیش از حد مایع درون برج و تأخیر در خارج کردن مایع سبب انباشته شدن آن در برج می شود. این خود یکی از عوامل بوجود آورنده طغیان است.
- ۲- مسدود شدن برج توسط مواد و تجهیزات مختلف سبب انباشته شدن مایع درون برج می شود.
- ۳- اختلاف فشار زیاد سیال گاز درون برج سبب می شود تا حرکت مایع به سمت پایین برج با مشکل رو به رو شود.



برای ایجاد پدیده طغیان در برج، ناودانی بین دو سینی با استفاده از یک ورقه فلزی نازک بسته می شود و راه عبور کوچکی در ناودانی برای انتقال آب از سینی اول به سینی دوم باز نگه داشته می شود. چون کل آب نمی تواند از ناودانی عبور کند، مقداری از آن روی ناودانی جمع می شود. فشار گاز نیتروژن افزایش داده می شود تا با افزایش ارتفاع مایع روی سینی، جلوی ریزش مایع از سوراخها گرفته شود. پس از مدت زمان کوتاهی مقداری آب روی سینی اول جمع می شود و روی سینی و درون ناودانی پر از آب می شود. پس از ایجاد شرایط طغیان، برج روبش شد. منحنی روبش برج در شکل (۸) دیده می شود.

روی سینی ها، محل مناسبی برای ایجاد خوردگی است، فلز این ناحیه از سینی خورده شده و سوراخها گشاد می شوند.

همان طور که گفته شد، یکی از دلایل ریزش مایع، افت فشار گاز درون برج سینی دار است. برای ایجاد شرایط عملیاتی ریزش در برج، فشار گاز نیتروژن ورودی به برج به آرامی کاهش می یابد. با کاهش فشار گاز نیتروژن ابتدا مقدار حساب های تشکیل شده روی سینی ها کاهش می یابد. با کاهش این حسابها ارتفاع مایع گازدار روی سینی ها کم می شود. فشار گاز به حدی کاهش می یابد که میزان مایع عبوری از ناودانیها کمتر از شرایط عملیاتی عادی شود. در این حالت مقداری از مایع از سوراخ های سینی ها عبور می کند و شرایط عملیاتی ریزش در برج برقرار می شود. در این شرایط عملیاتی برج روبش می شود. شکل (۷) منحنی حاصل از روبش برج در شرایط ریزش را نشان می دهد.

همان طور که در شکل (۷) دیده می شود از ارتفاع ۱۲۱ سانتی متر تا ۱۲۶ سانتی متر مقدار اشعه دریافتی توسط آشکارساز کاهش یافته است. دلیل این کاهش به علت حضور سینی اول و پنج سانتی متر مایع روی آن است.

به دلیل ریزش مایع از سینی اول روی سینی دوم، مقداری از اشعه های عبوری از فاصله بین دو سینی توسط قطرات آب که چگالی بالایی دارند جذب می شوند. در نتیجه مقدار اشعه دریافتی توسط آشکارساز در این ناحیه کاهش می یابد. ریزش مایع از روی سینی دوم نیز سبب جذب اشعه گامای عبوری از این ناحیه می شود. در شکل (۷) کاهش اشعه دریافتی توسط آشکارساز در زیر هر دو سینی به وضوح دیده می شود.

در ارتفاع ۳۰ سانتی متر از پایین برج، پیک کوچکی وجود دارد که وجود سینی توزیع کننده گاز در این قسمت از برج را نشان می دهد.

در هشت سانتی متر پایین برج، مقدار اشعه دریافت شده توسط آشکارساز به شدت کاهش یافته است. دلیل چنین کاهش شدیدی، وجود مایع خالص در ته برج است.

پدیده را می‌توان این گونه بیان کرد که در شرایط ریزش چون مقدار مایع در حال ریزش در همه فضای بین دو سینی مقدار ثابتی دارد، مقدار اشعه دریافت شده توسط آشکارساز در این ناحیه، تا حدودی مقدار ثابتی است. اما در شرایط ماندگی چون مقدار مایع حمل شده توسط گاز از پایین به بالا با فاصله گرفتن از سطح سینی کاهش می‌یابد، پس با دور شدن از سطح سینی مقدار اشعه دریافتی توسط آشکارساز افزایش می‌یابد.

این مقاله مشکلاتی را که سر راه انتخاب نوع ماده رادیواکتیو و میزان اکتیویته آن و همچنین نوع آشکارساز مورد استفاده برای روبش برج‌ها و ظروف فرایندی بود، بر طرف کرد. در این مقاله مواد رادیواکتیو با انرژی اشعه بالا مانند کبالت ۶۰ و سزیم ۱۳۷ برای این کار توصیه شد. همچنین آشکارساز سینتیلاتوردار به دلیل قدرت تفکیک بالا و همچنین اندازه‌گیری بازه‌های به نسبت بزرگ تابش اشعه گاما نسبت به دیگر آشکارسازها برای روبش برج‌ها و ظروف فرایندی انتخاب شد.

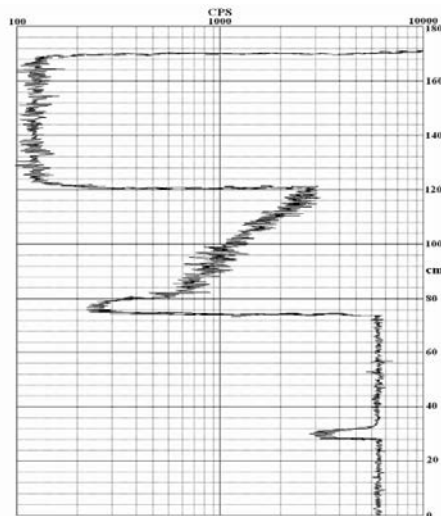
یکی از نتایجی که از منحنی‌های روبش حاصل می‌شود این است که، هنگامی که مایع گازدار روی سینی‌ها وجود دارد، مقدار اشعه جذب شده، نسبت به حالتی که سینی خالی از مایع است بسیار بیشتر است. به عبارت دیگر، با اینکه چگالی سینی فلزی از سیال روی آن بیشتر است، اما اشعه جذب شده توسط آن مقدار کمتری است. دلیل این است که به این علت که ضخامت سینی در حد چند میلی متر است و بسیار نازک است، اشعه‌های گاما از اطراف آن عبور کرده و به آشکارساز می‌رسد.

یکی دیگر از نتایجی که از منحنی‌های روبش برج مدل شده، حاصل شده بدین شرح است: مقدار اشعه جذب شده در فضای بین دو سینی در شرایط فرایندی ریزش و ماندگی با هم تفاوت دارند.

مدل طراحی شده در این مقاله را می‌توان به منظور شروع کار روبش در برج‌های با اندازه صنعتی به کار گرفت. می‌توان ابتدا از این مدل برای کالیبره کردن و تنظیم کردن شرایط کار استفاده کرد و سپس فناوری روبش را روی برج با اندازه صنعتی انجام داد.

همان طور که در منحنی روبش دیده می‌شود، مقدار اشعه دریافتی توسط آشکارساز از ارتفاع ۱۲۱ سانتی متر تا بالای برج به شدت کاهش یافته است. آب موجود در این ناحیه نیز به نسبت خالص است و چگالی آن از آب گازدار بیشتر است. به همین دلیل منحنی روبش کاهش زیادی را در شدت اشعه دریافتی توسط آشکارساز نشان می‌دهد.

منحنی روبش در زیر سینی اول از ارتفاع ۱۲۱ سانتی متر تا ۷۵ سانتی متر به صورت محدب است. دلیل این موضوع، حضور آب در فضای بین دو سینی است. با فاصله گرفتن از سطح سینی دوم و نزدیک شدن به زیر سینی اول منحنی روبش مقدار چگالی کمتری را نشان می‌دهد. این نشان‌دهنده این است که مقدار آب، با فاصله گرفتن از سینی دوم کاهش می‌یابد. به علت افزایش فشار گاز نیتروژن، این گاز آب را با خود به سمت بالا حمل می‌کند و هر چه از سطح سینی دوم فاصله می‌گیرد، مقدار مایع حمل شده توسط گاز کاهش می‌یابد. حمل آب توسط گاز نیتروژن همان پدیده ماندگی^{۱۷} است که در سینی دوم روی داده است. پس با توجه به گفته‌های بالا تغییرات منحنی روبش در این بازه به دلیل وجود پدیده ماندگی است.



با مقایسه شکل‌های (۷) و (۸) می‌توان تفاوت‌های بین منحنی روبش دو پدیده ریزش و ماندگی را به وضوح مشاهده کرد. علت تفاوت بین منحنی‌های روبش این دو

- 1- Dehkordi, E. H. Copyright (1998). "Principles of industrial radiography." First Edition, Arkan publication, PP. 11-117.
- 2- Ghiasinejad, M. and Katuzi, M. Copyright (2006). "Foundation course of radiation protection in industrial facilities." Dorbid publication.
- 3- Robins, L. (2005). "On-line diagnostics techniques in the oil, gas, and chemical Industry." 3rd MENDT - Middle East Nondestructive Testing Conference & Exhibition, Bahrain, Manama, PP. 27-30.
- 4- Gardner, R. P. and Ely, R. L. Jr. (1967). "Radioisotope measurement applications in engineering." Reinhold Publishing Corporation, New York, PP.23-30.
- 5- Ljunggren, K. (1996). "Symposium on radioisotope tracers in industry and geophysics." IAEA, Prague, PP. 303-305.
- 6- Charlton, J. S., Heslop, J. A. and Johnson, P. (1975). "Industrial applications of radioisotopes." *Physics in Technology*, PP. 67-76.
- 7- Urbanski, N. F., Resetarits, M. R., Shakur, M. S. and Monkelbaan, D. R. (1999). "Gamma scanning a column containing closely spaced trays." Prepared for Presentation at the Annual Meeting AIChE 1999 Separations Topical Conference Session #T1007 - Distillation Hardware and Applications II, Dallas, Texas, U.S.A.
- 8- Vasquez, P. A. and Costa, F. E. (2005). "Development of a scintillator detector system for gamma ray scan measurements of industrial distillation columns." *Nuclear Instrument and Method in Physics Research A* 537, PP. 458-461.
- 9- Laraki, K. and Alami, R. (2007). "An expert system for improving the gamma-ray scanning technique." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 578, PP. 340-344.
- 10- Abdullah, J. (2005). "Gamma-ray scanning for troubleshooting, optimisation and predictive maintenance of distillation columns." *Technology, Non-Disruptive & On-Line Inspection, HYDROCARBON ASIA*, Jan/Feb (2005), PP. 62-65.
- 11- Treybal, R. E. "Mass-transfer operations." Third Edition, McGraw-Hill, Copyright 1980, reissued 1987, Chapter 6, PP. 158-185.
- 12- GE Imagination at work. (2007). *Industrial Radiography Image Forming Techniques*, GE inspection at work.
- 13- Vidrine Commercial Manager TRACERCO, S. (2005) "Radioisotope technology - benefits & limitations in troubleshooting packed beds in vacuum distillation." Copyrighted by TRACERCO, a Johnson Matthey Company, Presented in the Distillation Symposium of the 2005 Spring AIChE Meeting Atlanta, Ga. April 10 through 13.
- 14- Moss, C. E., Dowdy, E. J. and Lucas, M. C. (1986). "Bismuth germanate scintillators: Applications in nuclear safeguards and health Physics." *Nuclear Instruments and Methods A*242.
- 15- Broda, E. and Schonfield, T. (1996) "The technical applications of radioactivity." *London Pergamon Press*, Vol. 1.
- 16- Pehl, R. H. (Nov., 1977). "Germanium Gamma-ray detectors." *Physics Today*, PP. 30- 50.
- 17- Holstad, M. B., Jackson, P. and Johansen, G. A. (2004). "Scattered Gamma-radiation utilized to measure remnant fresh absorbent in absorbent bed." *Measurement Science and Technology*, 15, PP. 1827-1834.
- 18- Doug, R., Norbert, E. and Hastings, S. (March, 1991). "Passive nondestructive assay of nuclear materials." Office of Nuclear Regulatory Research U.S. Nuclear Regulatory Commission Washington D C 20555.

-
- 19- Moss, C. E., Dowdy, E. J. and Lucas, M. C. (1986). "Bismuth germanate scintillator: Application in nuclear safeguards and health physics." *Nuclear Instruments and Methods A242*.
 - 20- Knoll, G. F. (2000). "Radiation detection and measurement." third edition, John Wiley & Sons.
 - 21- Sakai, E. (1982). "Present status of room-temperature semiconductor detectors." *Nuclear Instruments and Methods*, PP. 196-121.

- 1- On-Line
- 2- Shutdown
- 3- Sealed
- 4- Mass Absorption Coefficient
- 5- Dead Time
- 6- Gas-Filled Detector
- 7- Solid-State Detectors
- 8- Scintillation Detectors
- 9- Bismuth Germanate
- 10- Photomultiplier Tube
- 11- Activator
- 12- Thallium-Droped Sodium Iodide
- 13- Photocathode
- 14- Dynode
- 15- Malfunction
- 16- Count Per Second
- 17- Entrainment
- 18- CAT Scan
- 19- Tomography

Archive of SID