

پخش و انتشار ماده اصلی کارخانه غنی‌سازی اورانیوم (UF6) در اثر حوادث آتش سوزی

در این قسمت به بررسی حالت‌هایی می‌پردازیم که سیلندرهای محتوی UF6 در اثر حوادث آتش سوزی منهدم شده و در نتیجه UF6 از این مخازن به محیط اطراف انتشار خواهد یافت. فرض این مطالعه، وجود مخازن محتوی UF6 تهی شده، یعنی آن قسمت خروجی سانتریفوژ که از ایزوتوپ U235 فقیر شده است بوده و اساس کار مدل پخش غیر شناوری (مدل پخش لاگرانژ مونت کارلو) می‌باشد

...

باید در نظر گرفت که حالت‌های شناوری قبلاً مورد بررسی قرار گرفته است و در این قسمت حالت غیر شناور بودن را مد نظر قرار داده‌ایم.

حوادث و شرایطی که منجر به پخش UF6 و به دنبال آن محصولات واکنش هیدرولیز خواهند شد به سه دسته کلی تقسیم بندی شده‌اند:

دسته اول) که در طی آن یک سیلندر در داخل آتش قرار می‌گیرد و در این وضعیت در اثر حرارت بالای آتش و تبخیر UF6 موجود در سیلندر، در نهایت فشار داخل مخزن بالا رفته، باعث تخریب (انهدام) و انتشار UF6 خواهد شد.

دسته دوم) که در طی آن این مرحله، سیلندر شکسته شده و ماده UF6 در داخل آتش قرار می‌گیرد.

دسته سوم) شامل حوادثی است که پس از خاموشی آتش و آغاز مرحله سرد شدن اتفاق خواهد افتاد.

هر کدام از این موقعیت‌های ایجاد شده، اقدامات خاص خود را جهت کاهش آلودگی و نیز فرمول‌های خاصی را برای بررسی غلظت آلاینده، شامل می‌شود. غلظت بدست آمده در این کتاب، در فواصل دلخواه بالای سطح زمین خواهد بود. در این مطالعات غلظت UF6 و هم‌چنین محصولات واکنش هیدرولیز از قبیل HF و UO₂F₂ در دو نوع از شرایط آب و هوایی مختلف به شرح ذیل بدست می‌آیند:

- 1) وضعیت پایداری D با سرعت باد در حدود 4 متر بر ثانیه.
- 2) وضعیت پایداری F با سرعت باد در حدود 1 متر بر ثانیه. غلظت تعیین شده در این مبحث نیز به صورت حداکثر غلظتی خواهد بود که یک فرد می‌تواند در موقعیت خود و در آن شرایط دریافت نماید. این مسأله برای سلامتی و بهداشت فرد مهم است.

1-4-5- توصیف انتشار UF6 تهی شده در حادثه آتش سوزی هنگامی که سیلندرهای محتوی UF6 از محلی به محل دیگر، در داخل و یا خارج از کارخانه انتقال پیدا نمایند، در یکی از احتمالات آتش سوزی، ممکن

است مخزن در آتش غوطه‌ور شود. شاید این حادثه در وسیله نقلیه‌ای اتفاق افتاده باشد که با سوخت گازوئیل کار می‌کند و آتش مربوطه نیز توسط این سوخت تامین می‌گردد.

چنین حادثه‌ای می‌تواند در اثر تصادف و یا هر دلیل دیگری اتفاق افتاده باشد. در این وضعیت حرارت شعله‌های آتش باعث بالا رفتن دمای مخزن شده و به خاطر تصعید، مقداری از UF6 وارد فضای اطراف می‌شود. این تصعید، با بالا بردن فشار داخل مخزن ممکن است باعث شکسته شدن دیواره و در نتیجه خروج UF6 گرم به محیط اطراف شده و بلافاصله واکنش هیدرولیز با بخار آب موجود صورت پذیرد. ادامه آتش سوزی باعث خواهد شد تا مقداری از UF6 به بالای آتش هدایت یافته و در آنجا بلافاصله واکنش هیدرولیز صورت پذیرد.

در نهایت پس از خاموش شدن آتش و یا خفگی آن، انتشار UF6 در حدود 30 دقیقه ادامه پیدا می‌نماید. پس از سرد شدن و با افزایش جرم حجمی توده، شناوری کاهش یافته و انتشار نیز متوقف خواهد گردید [5]. در این فصل فرض می‌شود که UF6 بلافاصله پس از خروج از مخزن، با بخار آب واکنش داده و محصولات هیدرولیز یعنی HF و UO₂F₂ را با قطر 1 میکرومتر تولید نماید. بنابراین در این قسمت، فقط به ارزیابی غلظت‌های این دو ماده پرداخته می‌شود. UO₂F₂ به علت وزن مولکولی بالا می‌تواند با سرعت بسیار پایین، بر روی زمین ته نشین شود اما HF به صورت گازی شکل بوده و قابل ته نشین شدن نیست اما می‌تواند توسط پوشش گیاهی جذب گردد (نقش پوشش گیاهی در این کتاب مورد بررسی قرار نگرفته است).

در هر حال خواص و شرایط فیزیکی و شیمیایی هر دو مهم بوده و باید مد نظر قرار گیرد. در ادامه بررسی‌های انجام گرفته دو ضابطه کلی برای خطرات ناشی از انتشار مواد سمی محصول UF6 تعیین شده است، اول حوادثی که دارای اثرات برگشت ناپذیر بالقوه می‌باشند و دیگری حوادثی که دارای اثرات مضر بالقوه خواهند بود.

حد آستانه خطرات مضر بالقوه برای 10 ، UO₂F₂ میلی گرم و برای HF یک ساعت تعیین شده است به این مفهوم که: تجمع 10 میلی گرم از UO₂F₂ در بدن انجام گیرد و یا فردی در مدت 1 ساعت در معرض تماس با HF قرار داشته و آنرا استنشاق نماید.

هم‌چنین می‌توان این حد آستانه را برای اثرات برگشت‌ناپذیر بالقوه 30 میلی گرم UO₂F₂ و برای HF نیز همان یک ساعت را نام برد.

2-4-5- روش لاگرانژی مونت کارلو خط سیر لاگرانژی تعداد زیادی از ذرات در این مرحله مشابه سازی شده و بر اساس غلظت متوسط در

موقعیت ذره بدست آمده است. برای محاسبه خط سیر ذره، بهترین معادله برای جریان ناآرام، معادله لانژوین خواهد بود. این معادله بهترین شرح فیزیکی رفتار ذرات را در حالت ناآرام به ما می‌دهد. برای حرکت تک بعدی ذره، معادله لانژوین به صورت زیر می‌باشد:

. . . (5-44)

در این معادله داریم: = نوسان سرعت ترکیب = مقیاس زمانی لاگرانژ = a white-noise random process برای ناآرامی همگن، انتگرال معادله پخش تصادفی توسط Markov-chain برای سرعت ذرات به صورت زیر ارائه شده است:

. . . (5-45)

که در آن: و نیز: در اینجا یک تابع تصادفی نیرو است که تابع گوسی برای جریان درهم همگن می‌باشد.

3-4-5- اثرات شناوری چشمه دو دسته از معادلات برای در نظر گرفتن وضعیت شناوری توده در حوادث ناشی از آتش‌سوزی مورد استفاده واقع می‌شوند یکی برای آتش‌ها و دیگری برای حرارت‌های لحظه‌ای. برای به دست آوردن فرمول‌های مناسب در تعیین غلظت محصولات هیدرولیز UF₆، باید ابتدا شرایط مرزی حاکم بر مسأله مشخص شود. در روی زمین یک شرط مرزی برای همه حالت‌ها در نظر گرفته خواهد شد و نیز فرض می‌شود که هرگاه توده در اثر نیروی شناوری از سطح زمین بلند شد، دیگر بر روی آن نشست پیدا نمی‌کند و در واقع به لایه مرزی پایین‌تر برنمی‌گردد.

4-4-5- پخش توده UF₆ برای هر نوع وضعیت انتشار UF₆ که در این متن به آن اشاره شده است سه دسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد: - حالتی که بر اساس غیر شناور بودن توده استوار است.

- حالت دود مانند آتش.

- حالت شناوری حرارتی.

در این شرایط، انتگرال غلظت در سطح زمین بررسی می‌شود. چهارچوب تعیین نمودن پخش عمودی در سطح زمین، بدست آوردن منحنی در مدل‌های گوسی است. انتشار UF₆ به سری‌های دوبعدی توده گوسی تجزیه می‌شود (مانند $x, y, z=0$) که در یک زمان معین با فاصله زمانی حدود 30 ثانیه می‌باشد. هر توده در جهت باد و در جهات عمودی و افقی گسترش خواهد

یافت و غلظت در یک نقطه و زمان خاص و برای همه دسته از توده‌ها به شکل زیر محاسبه می‌گردد [5]:

. . . (5-46)

در معادله فوق داریم:

$N =$ تعداد توده‌ها و

$U =$ سرعت متوسط باد = جرم و جزء پخش برای توده در جهات مختلف و زمان انتشار برای هر توده i برای سادگی محاسبات فرض می‌شود که پراکندگی در جهت‌های عرضی و طولی با یکدیگر مساوی باشند .

افزایش مقدار ناشی از اثرات شناوری در این مرحله نادیده انگاشته شده است. برای شیوه‌های مورد بررسی قرار گرفته در این مطالعات، خطای ایجاد شده در حد قابل قبولی است. محاسبات می‌تواند بر اساس مدت زمان یک ساعت، که قبلاً برای ضوابط به خطر افتادن سلامتی مد نظر قرار گرفت، انجام گیرد و یا این‌که آنرا برای بدترین شرایط ممکن محاسبه نماییم. برای ایمنی کار و رعایت احتیاط لازم در این کتاب حالت دوم مورد ارزیابی قرار گرفته است.

معادله تعیین کننده میزان انحراف در زمان متوسط بر اساس یک تابع نمایی به قرار زیر است:

. . . (5-47)

b معرف میزان انحراف به صورت توان جمله است. برای مثال توان انحراف برای گازهای سمی خورنده مثل گاز HF در حدود $3/0$ و $67/0$ می‌باشد. نمای 1 نشان دهنده ارتباط خطی بین سمیت و زمان خواهد بود. برای بررسی بیشتر و ادامه مباحثات در این متن از نمای $5/0$ برای HF و نیز 1 برای UO_2F_2 استفاده شده است. زمان متوسط در نظر گرفته شده برای HF کمتر از 5 دقیقه و معیارهای سلامتی افراد برای 5 دقیقه محاسبه شده است.

5-4-5- رفتار انتشار جریان‌های سرد یا آتش خفه شده با چهارچوب در نظر گرفته شده برای توده UF_6 که در معرض آتش و یا تحت شرایط حرارتی قرار گرفته است، غلظت آلاینده‌ها بر اساس معادلات قبلی بدست آمده و در آن شرایط تعیین می‌شود. به هر حال برای انتشار، بعد از آتش سوزی، مسأله متفاوت خواهد بود، زیرا شناوری به تدریج با افزایش خنک شدن مواد کاهش خواهد یافت و در مورد فواصل چند کیلومتری از محل انتشار، ته نشینی روی زمین در اثر کاهش شناوری اهمیت بیشتری می‌یابد [5]. دمای شناوری توده در مرحله خنک شدن،

معادل دمای انتشار و عدد فرود نیز به صورت ثابت در نظر گرفته خواهد شد.

ضریب سرعت ($K=U_r/w_0$) هنگامی که w_0 سرعت عمودی منبع انتشار و U_r سرعت باد مرجع در 10 متر است از طریق معادله زیر بدست می‌آید:
(5-48) برای وضعیت‌های پایدار، در جهت عمود بر باد و با مقدار اختیاری مثل $C(x,K)$ ، غلظت بر روی سطح زمین از طریق فرمول زیر بدست می‌آید:

(5-49) . . .

در معادله اخیر داریم: C_b =the baseline MCLDM case C_f =the fire plume MCLDM case فرض شده با روش ساده تجربی=

6-4-5- نقش دود آتش در انتشار UF6 تهی شده در جدول (5-3) پنج نوع از حوادث ارزیابی شده در این کتاب آورده شده است. این حوادث شامل سه نوع حادثه اولیه با دو زیر مجموعه است که انواع سیلندرهای موجود در انتشار UF6 را دربر می‌گیرد [5]. اولین شیوه وقتی است که مخزن حاوی UF6 در گردابی از شعله‌های آتش غوطه‌ور شده است. در این حادثه ممکن است وسیله نقلیه کنترل خود را از دست داده و سوخت گازوئیل موجود در باک وسیله نقلیه به بیرون ریخته شده و آتشی در حدود 30 دقیقه را ایجاد نماید. باید در نظر داشت که ظرفیت باک و نوع وسیله نقلیه در اندازه و مدت زمان آتش سوزی تفاوت ایجاد می‌نماید.

برای بررسی بیشتر فرض می‌شود که سه مخزن حاوی UF6 تهی شده در وسیله نقلیه موجود باشد. چنانچه مخازن در اثر برخورد شکسته نشده باشند، سرانجام آتش سوزی باعث شکست مخازن خواهد گردید. به محض این‌که شکست صورت گرفت، UF6 از مخزن خارج شده و با هوای اطراف مخلوط می‌شود و این عمل باعث خواهد شد تا به میزان کمی شناوری در توده‌ی حاصل، ایجاد گردد.

با توجه به این‌که سه سیلندر درگیر در حادثه آتش سوزی، در یک زمان منهدم نخواهند شد، لذا انتشار UF6 به طور مداوم و با شکست تدریجی هر کدام از سیلندرها اتفاق می‌افتد و در ضمن فرض می‌شود که حداقل 30 ثانیه فاصله بین شکست مخزن وجود داشته باشد. در این کتاب مخازن 48Y و 48G مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. دومین شیوه در نظر گرفته شده در این متن، برخورد یک هواپیمای کوچک با مخازن حاوی UF6 تهی شده است. در این حادثه فرض بر این است که برخورد باعث شکسته شدن اولین سیلندر در لحظه اول شده و سیلندر بعدی در اثر آتش سوزی تخریب خواهد گردید. توصیف اجزاء حادثه همانند شیوه

اول می‌باشد. در این حالت تنها دو زیر مجموعه در نظر گرفته شده است یکی سیلندرهای 48G به تعداد دو عدد و دیگری نیز سیلندرهای 48Y به همان تعداد.

جدول (3-5) - شرحی از پنج نوع حادثه ارزیابی شده در آتش سوزی . .

در سومین شیوه که زیر مجموعه‌ای ندارد، پرتوگیری از سیلندرهای پسماند مدّ نظر می‌باشد. حادثه چه از طریق برخورد هواپیما و یا چه از راه آتش سوزی باشد، شامل تخریب هیدرولیکی و یا مرحله خنک شدن نخواهد بود. این مخازن، کوچک بوده و دارای مقدار کمی UF6 می‌باشند که فرض می‌شود همه UF6 در 30 دقیقه آتش سوزی انتشار خواهد یافت. در جدول (3-5) ارزیابی 5 نوع حادثه آورده شده است.

7-4-5- انتشار UF6 و اطلاعات دمایی اطلاعات دمایی و سرعت انتشار به کار رفته در این کتاب برگرفته از مطالعات ویلیامز و اندرسون در سال 1996 می‌باشد که در مدل‌های 6FIRE و SUBLIME به کار برده شده است. در این قسمت سیلندرهای 48G و نیز 48Y با ظرفیت 14 تن ماده UF6 تهی شده که غرق در آتشی با دمای 1475 درجه فارنهایت و در مدت 30 دقیقه شده‌اند مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای هر دو سیلندر 48G و 48Y دو نوع شیوه انتشار در نظر گرفته می‌شود:

• در اولین شیوه مخزن بدون این‌که خسارتی دیده باشد در آتش قرار گرفته است. در این نوع از حوادث، سیلندرهای 48Y و 48G به ترتیب در طی 24 و 12 دقیقه پس از این‌که در آتش قرار گیرند، منهدم می‌شوند. در هر صورت تخریب سیلندر، ناشی از افزایش فشار درون آن خواهد بود و در این هنگام UF6 به طور ناگهانی از مخزن خارج می‌شود.

بعد از این‌که مخزن تخریب شد اگر همچنان در آتش قرار گرفته باشد، انتشار UF6 تقریباً با سرعت یکنواختی ادامه پیدا می‌نماید. بعد از 30 دقیقه که سوخت وسیله نقلیه و یا سایر مواد سوختنی به اتمام رسید، آتش، خاموش شده و مرحله سرد شدن آغاز می‌گردد. در این مرحله سرعت انتشار کاهش خواهد یافت و دما نیز به 133 درجه فارنهایت می‌رسد. مرحله انتشار سرد برای سیلندر 48G، حدود 91 دقیقه و برای سیلندر 48Y نیز 206 دقیقه به طول می‌انجامد. (زمان برای سیلندر 48Y بیشتر است زیرا دارای ظرفیت بیشتری نیز می‌باشد).

• دومین شیوه که توسط ویلیامز و اندرسون در سال 1996 ارائه شده

است مانند شیوه قبلی می‌باشد با این تفاوت که فرض می‌شود سیلندر در ابتدا دارای نقص است (تخریب هیدرولیکی در اثر فشار بوجود نمی‌آید). این شیوه مطابق شیوه برخورد هواپیما با سیلندر است که در ابتدای برخورد انتشار صورت می‌گیرد. در این مرحله سرعت اولیه انتشار صفر می‌باشد اما با افزایش دما به سرعت بالا خواهد رفت. بعد از 30 دقیق از آتش سوزی زمانی که انتشار مرحله سرد اتفاق می‌افتد شرایط همانند شیوه اول خواهد بود.

خلاصه‌ای از نتایج مدل‌های 6FLRE و SUBLIME برای شیوه اول جهت سیلندرهای 48G و 48Y در جدول‌های (4-5) و (5-5) آورده شده است. در جدول‌های (7-5) و (8-5) نیز اطلاعات مربوط به سرعت انتشار و دما مشاهده می‌گردد [5].

8-4-5- وضعیت‌های آب و هوایی برای هر یک از شرایط تعیین شده در قسمت قبل، دو نوع وضعیت آب و هوایی بررسی شده است که اولین وضعیت مربوط به حالت پایداری F با سرعت باد حدود 1 متر بر ثانیه و دومین وضعیت مربوط به حالت پایداری D با سرعت باد 4 متر بر ثانیه می‌باشد. در این متن برای حالت پایداری F، طول زبری مساوی 10 سانتی‌متر، سرعت اصطکاک () مساوی با 0.2/0 متر بر ثانیه و طول 5 متر نیز برای Monin-Obukhov انتخاب گردیده و ارتفاع لایه مرزی در این شرایط 15 متر در نظر گرفته شده است.

جدول (4-5) - خلاصه‌ای از نتایج مدل SUBLIME توسط ویلیامز و اندرسون

. . .

تخریب حرارتی نقص اولیه 48G 48Y 48G 48Y زمان تخریب تا پایان آتش، 30 30 1/6 8/17 min مقدار تصعید در هنگام آتش، 2975 924 lb تصعید بخار بعد از آتش، 4240 3213 دمای بخار در پایان آتش، 912 882 912 905 oF تصعید بخار بعد از آتش، 1192 2670 1192 2733 lb مدت انتشار بعد از آتش، 1/206 4/91 7/205 4/91 min کل UF6 انتشار یافته، % UF6 lb اولیه 8004 (6/28) 9610 (3/34) 5432 (4/19) 5946 (2/21) در این کتاب برای حالت پایداری D سرعت اصطکاک 32/0 متر بر ثانیه و طول Monin-Obukhov تقریباً 150 متر و نیز ارتفاع وارونگی هوا 500 متر در نظر گرفته شده است. خلاصه‌ای از این فرضیات در جدول (6-5) آورده شده است. در جدول‌های (5-6 و 7) داریم: $T =$ دما برحسب درجه فارنهایت $= mcum$ جرم توده انتشار یافته UF6 برحسب پوند $= X$ کسر جرمی بخار

جدول (5-5) - خلاصه‌ای از نتایج مدل 6FIRE توسط ویلیامز و اندرسون . .

جدول (5-6) - خلاصه وضعیت‌های آب و هوایی . . .
جدول (5-7) - خلاصه وضعیت انتشار و دما در سیلندرهای 48G و 48Y
برای دمای آتشی در حدود 1475 OF و تخریب حرارتی. ارائه شده توسط
ویلیامز و اندرسون . . .

جدول (5-8) - خلاصه وضعیت انتشار و دما در سیلندرهای 48G و 48Y
برای دمای آتشی در حدود 1475 OF و نقص اولیه. ارائه شده توسط
ویلیامز و اندرسون . . .

9-4-5- رفتار مرحله انتشار در این قسمت رفتار مرحله انتشار،
شامل: تخریب هیدرولیکی و انتشار در آتش و نیز مرحله سرد توضیح
داده می‌شود. برای هر نوع انتشار که در قسمت‌های قبل عنوان گردید،
تعدادی سیلندر درگیر هستند اما فرض بر این است که هرکدام به طور
جداگانه عمل نموده و بنابراین وضعیت هرسیلندر به طور مجزا مورد
بررسی قرار می‌گیرد. همان‌گونه که قبلاً بحث شده است فرض می‌شود که
UF6 بلافاصله پس از انتشار واکنش داده و در اثر هیدرولیز تولید HF
و UO₂F₂ را نماید که این مواد به همراه هوای اطراف، باعث تولید
مخلوط شناوری خواهند شد [5].

5-4-9-1- انتشار در اثر تخریب هیدرولیکی همان‌گونه که اشاره
گردید سیلندرهای 48G و 48Y پس از گذشت 12 و 24 دقیقه که در آتش
قرار گرفته‌اند، تخریب خواهند شد. بنابر آنچه قبلاً ذکر گردید،
محصولات هر سیلندری که تخریب می‌شود، به طور مستقل تشکیل شده و نیز
هرکدام به طور مجزا جابه‌جا خواهند شد. در هنگام شکسته شدن
سیلندر، UF6 به صورت جامد، مایع و گاز انتشار پیدا می‌کند. به علت
کاهش فشار، مایع UF6 به سرعت تبدیل به بخار و جامد می‌شوند.

بخار حاصل به شکل مخلوطی از هوا و UF6 است که به سرعت با بخار آب
موجود واکنش داده و محصولات هیدرولیز تولید می‌کند. میزان حرکت و
گردش این مواد بستگی به غلظت توده و شناوری آن دارد. علت‌های
اساسی که در شناوری توده نقش خواهند داشت عبارتند از:

- UF6 یک گاز بسیار چگال در دمای و فشار استاندارد است (تقریباً
14 کیلوگرم بر متر مکعب). این جرم حجمی بر روی شناوری کاملاً مؤثر
و باعث کاهش آن می‌شود و بدون افزایش دما در هنگام انتشار UF6 به
محیط و یا کاهش دمای توده، افزایش جرم حجمی و انباشته شدن غلظت
در نزدیکی زمین را شاهد خواهیم بود.

- حرارت در توده وارد خواهد شد زیرا واکنش UF6 با بخار آب
یک واکنش گرمازا می‌باشد. واکنش مربوطه به شکل زیر است:

در این واکنش 2 مول آب برای هر مول UF₆ لازم است. بخار آب برای این واکنش از طریق گازهای حاصل از احتراق و یا نفوذ هوای محیط به داخل توده UF₆ فراهم میشود. باید توجه داشت که بخار آب فراهم شده از گازهای احتراق در مقایسه با بخار موجود در هوا ناچیز خواهد بود، زیرا بخار تولید شده از احتراق فقط در حدود 1 کیلو گرم بر ثانیه میباشد. - وجود گازهای حاصل از احتراق که دارای دمای بالایی میباشد در اطراف سیلندر و در نهایت آمیخته شدن آنها با توده UF₆، باعث میشود تا دمای توده بالا رفته و در نتیجه بر حالت شناوری توده افزوده شود. در هر انتشار ناشی از انفجار، مشاهده میشود که حدود 50 تا 75 متر مکعب هوا در ثانیه-های اول بعد از انتشار با هر متر مکعب از گاز UF₆ مخلوط شده و در توده UF₆ نفوذ پیدا مینماید.

در این مبحث ما فرض میکنیم که هر 75 متر مکعب هوا در هر متر مکعب از UF₆ نفوذ پیدا مینماید. البته این فرض کمی محافظه کارانه خواهد بود اما از آنجایی که میزان غلظت منتقل شده توسط جریان باد، با افزایش نفوذ، افزایش خواهد یافت، برای سایر ملاحظات ایمنی، فرض خوبی میباشد. چنانچه مقدار نفوذ را کم در نظر بگیریم، یعنی این که در این هنگام، توده به صورت چگال درآمده و در نزدیکی محل انتشار بر روی زمین ته نشین میشود. با این اوصاف نسبت 75 به 1 در نظر گرفته میشود. دما و شناوری با نوشتن یک موازنه جرم و آنتالپی برای مخلوط تعیین خواهد گردید. در محاسبه شناوری، تغییرات آنتالپی ناشی از موارد زیر است:

• نفوذ گازهای احتراق

- واکنش هیدرولیز • تصعید UF₆ جامد به بخار UF₆ فرضهای مورد استفاده در محاسبات مخزن 48G در موارد زیر فهرست شده است. فرضهای مشابهی هم برای مخزن 48Y میتواند در نظر گرفته شود [5]:
- مقدار کل UF₆ اولیه انتشار یافته 1744 کیلوگرم میباشد. از این مقدار 143 کیلوگرم به صورت بخار و 1601 کیلوگرم مابقی نیز به صورت مایع در دمای 628 کلوین خواهد بود. این مایع به سرعت در 330 درجه کلوین تبدیل به مخلوط جامد و بخار خواهد شد. در نهایت 5/75 درصد از کل جرم ورودی انتشار، به صورت بخار و بقیه به صورت جامد میباشد.

- در هنگام احتراق و در ثانیه‌های اولیه، 400 متر مکعب از هوای احتراق در دمای 1475 درجه فارنهایت و نیز 10300 متر مکعب از هوای

محیط با دمای 300 کلوین در توده وارد خواهد شد. این مقدار از هوای احتراق که وارد توده UF6 میشود تقریباً معادل حجم 4 ثانیه از گاز احتراق تولید شده توسط ماده سوختی است.

- واکنش هیدرولیز، 5/101 کیلوژول بر مول حرارت تولید میکند و با فرض اینکه واکنش مذکور در ثانیه‌های اول پس از انتشار صورت می‌گیرد، لذا 502886 کیلوژول انرژی حرارتی تولید خواهد گردید.
- تبدیل 5/24 درصد از UF6 که به صورت جامد انتشار یافته است به فاز بخار، 6/47 کیلوژول بر هر مول UF6 جامد، انرژی مصرف می‌نماید.
- بنا به فرض، پس از انتشار، توده به صورت یک سیلندر با شعاع و ارتفاع 16 متر ظاهر خواهد شد. دما و جرم حجمی این توده که شامل مخلوط HF-air-UO2F2 می‌باشد در حدود 344 کلوین و 138/1 کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد (جرم حجمی هوای محیط 174/1 کیلوگرم بر متر مکعب است). 5-4-9-2- انتشار در آتش پس از تخریب هیدرولیکی مخزن، UF6 تصعید شده و به شکل بخار در خواهد آمد.

بخار تولید شده نیز به سرعت تبدیل به HF و UO2F2 شده و وارد آتش می‌شود. توده‌ای که وارد آتش می‌شود، شناور بوده و برای این مرحله مشخصات فرض شده به قرار زیر خواهد بود:

- قطر آتش مساوی 5 متر
- دمای آتش مساوی 1075 کلوین
- عدد فرود مساوی 8/0

شناوری منفی UO2F2 در مقایسه با شناوری بالای گازهای احتراق، اثر ناچیزی خواهد داشت (آتش 100 متر مکعب گاز احتراق را در هر ثانیه تولید می‌کند). شناوری هوای احتراق حدود 75/0 می‌باشد و با توجه به این‌که سرعت انتشار UF6 در آتش 7/1 کیلوگرم بر ثانیه است لذا شناوری توده مخلوط تولید شده به علت وجود ذرات سنگین UO2F2 به 74/0 می‌رسد که در مقایسه با حالت قبل 1 درصد کاهش می‌یابد.

3-4-9-5- انتشار در مدت سرد شدن بعد از این‌که آتش خاموش شد، انتشار UF6 همچنان مثل انتشار از سیلندره‌های سرد ادامه پیدا می‌کند. این انتشار را انتشار مرحله سرد شدن می‌نامند. انتشار نامبرده به ترتیب برای سیلندره‌های 48G و 48Y به مدت 91 و 205 دقیقه به طول می‌انجامد.

10-4-5- بحث و نتیجه گیری حوادث آتش سوزی مقادیر مجاز و حد نصاب لازم برای سلامتی فردی که در تماس با مواد منتشر شده می‌باشد در جدول (5-9) آورده شده است. متوسط زمانی که برای میزان سمیت

تعیین شده است بین 1 تا 60 ثانیه می‌باشد. هم‌چنان که بحث شد بدترین شرایط برای ترکیب متوسط زمان و غلظت در جهت باد مدّ نظر بوده است. در این قسمت هم‌چنین نتایج پنج شیوه انتشار UF6 در آتش سوزی آورده شده است. در ابتدا حادثه‌ای آورده می‌شود که در طی آن سیلندر 48G در آتش قرار گرفته و به‌صورت هیدرولیکی تخریب می‌شود و شرایط پایداری F و D در مورد آن ذکر خواهد گردید.

در قسمت‌های بعد نیز خلاصه نتایج مربوط به دیگر شیوه‌های انتشار آورده می‌شود. شرح داده‌های غلظت و پرتوگیری برای چهار شیوه بعدی در ضمیمه ذکر گردیده است. در مباحث مطرح شده در این زمینه، برای پنج شیوه انتشار، عبارات T1 تا T5 در جداول مشخص گردیده و حروف a و b نیز نمایانگر نتایج برای U02F2 و HF می‌باشد.

1-10-4-5- نتایج پایداری F1 برای شیوه های T1a و T1b در شکل (10-5) نمایی از پراکندگی در سه شیوه مطرح شده در این فصل جهت حالت پایداری F (با سرعت باد حدود 1 متر بر ثانیه) آورده شده است. همچنان‌که در شکل مشخص می‌شود انتشار در حالت تخریب هیدرولیکی موجب تشکیل توده بزرگی شده است که این توده کمی شناور بوده و خیزشی در حدود 10 متر را دارا می‌باشد. توده انتشار یافته ناشی از آتش به‌علت دمای بالا است و نیز گازهای احتراق فراوان دارای خیزش و شناوری بالایی می‌باشد. این توده با زمین برخورد نخواهد کرد در حالی که انتشار ناشی از مرحله سرد شدن در نهایت باعث برخورد توده کوچک ایجاد شده با زمین می‌گردد. در شکل (10-5) سطوح پیش بینی شده برای انتشار U02F2 و HF که از سه سیلندر 48G در شرایط پایداری F1 صورت گرفته به نمایش گذاشته شده است.

شکل (10-5) - پخش سه شیوه انتشار در حالت پایداری F . . .

جدول (9-5) - مقادیر سمّیت برای HF و U02F2 . . .

در جدول‌های (11-5) و (12-5)، غلظت‌های خط مرکزی برای انتشار HF و U02F2 از سه سیلندر 48G آورده شده است. غلظت‌ها در زمان متوسط برای بدترین شرایط در نظر گرفته می‌شود. از آنجائی‌که میزان خطر ناشی از U02F2 با دز آن مشخص می‌شود، لذا مقادیر غلظت متوسط در 3600 ثانیه و فواصل متفاوت آورده شده است. برای HF نیز غلظت خط مرکزی توده برای اثرات برگشت ناپذیر در زمان‌ها و فاصله‌های متفاوت مشخص گردیده است. سطح در نظر گرفته شده برای اثرات برگشت ناپذیر U02F2 1500 متر مربع و برای اثرات مضر بالقوه 6/3 کیلومتر مربع

می‌باشد. همچنین این سطوح برای HF به ترتیب 2600 و 10000 متر مربع در نظر گرفته شده است.

جدول (5-10) - مشخصات پنج نوع حادثه مطرح شده در این فصل . . .

2-10-4-5 شیوه‌های انتشار T1a و T1b برای حالت پایداری D4 شکل (5-11) نمونه‌ای از پخش مواد را تحت حالت پایداری D و سرعت باد در حدود 4 متر بر ثانیه به نمایش گذاشته است. همان‌گونه که از شکل نامبرده شده مشخص می‌شود، خیزش و شناوری توده برای این حالت پایداری بسیار بیشتر از حالت پایداری F است.

شکل (5-11) - پخش مواد در حالت پایداری D . . .

برای دریافت اطلاعات کامل به کتاب (**مدیریت بحران در حوادث هسته‌ای**) مراجعه فرمائید

حالت خیزش و جدا شدن توده از زمین

اگر نیروی شناوری زیاد باشد، باعث خواهد شد تا توده آلاینده از زمین بلند شده و وارد فضای اطراف شود. در این مورد شار شناوری اولیه طبق فرمول زیر به دست می‌آید:
(5-38) . . .

در این فرمول داریم: $0 =$ توده اولیه $a =$ محیط اطراف $w =$ سرعت عمودی توده $R =$ شعاع توده $g =$ شتاب جاذبه زمین $=$ جرم جمعی به هر حال یک توده از آلاینده به همراه محصولات تولید شده بعدی،

شناوری حالت اولیه را حفظ نخواهد کرد و در واقع جرم جمعی توده ممکن است به خاطر تغییر در نوع و میزان هریک از ترکیبات توده، تغییر کند. این تغییرات به خاطر موارد زیر خواهد بود:

- وزن مولکولی گازهای موجود در توده
- افزایش جرم جمعی موثر ناشی از انتقال ذرات کوچک توسط توده
- اضافه شدن حرارت ناشی از واکنش‌های گرمازا و میعان
- برگشت حرارت ناشی از واکنش‌های گرماگیر،

شکسته شدن پلیمرها و تبخیر مایعات برای مثال اگر در نظر بگیریم که یک توده از آلاینده به محیط اطراف انتشار پیدا کرده است، در

این حالت و در ابتدای امر، واکنشهایی که قبلاً ذکر گردیده است با بخار آب موجود در دمای محیط، اتفاق خواهد افتاد. توده در ابتدا به شدت چگال بوده، اما سرانجام به صورت شناور در خواهد آمد یعنی

در هر دو صورت توده در جهات عمودی و افقی افزایش حجم پیدا نموده و به اصطلاح معروف رشد خواهد نمود. شار شناوری موضعی به صورت زیر تعریف می‌گردد:

. . . (5-39)

در فرمول فوق، V بیانگر شار حجمی توده برحسب مترمکعب بر ثانیه است. برای یک توده با ابعاد H, W که با سرعت u در حرکت است شار حجمی مساوی با uHW خواهد بود.

شکل (5-9) سری‌های زمانی این متغیرها را نشان می‌دهد. . .

مقدار خیزش که با L_p نمایش داده می‌شود توسط Briggs در سال 1973 ارائه شده است:

. . . (5-40)

در فرمول ذکر شده داریم: = سرعت اصطکاک و L_p = نسبت انرژی ناآرامی توده اولیه ناشی از نیروی شناوری به انرژی ناآرامی محیط اطراف

شکل (5-9) - نمودار دسته‌های زمانی . . .

در این شکل، نیروی شناوری F ، عمق توده H و جزء L_p برای توده UF6 می‌باشد. محققان با انجام آزمایشات متعدد دریافتند که هرگاه L_p معادل 20 باشد، خیزش از زمین و شناور شدن رخ خواهد داد. این عدد با ضریب مثبت و منفی 2، معتبر خواهد بود. باید در نظر داشت که ملاک شناور بودن طبق معادلات قبلی می‌باشد و هرگاه وزش باد را داشته باشیم، $L > 20$ خواهد شد.

اگر طبق فرضیات قبلی باشد، در نتیجه شناوی بر اساس فرمول زیر اتفاق خواهد افتاد:

. . . (5-41)

برای مثال اگر ارتفاع یا عمق، یعنی H را مساوی 10 متر در نظر

بگیریم و باشد، در این صورت خیزش از زمین در هنگامی رخ خواهد داد که فقط سرعت کوچکتر از $34/0$ متر بر ثانیه باشد. وقتی که خیزش توده UF6 اتفاق افتاد، در این مرحله می‌توان میزان بلند شدن توده را توسط فرمول زیر به دست آورد:

. . . (5-42)

- معرف انتگرال فاصله
- نشان دهنده میزان خیزش توده در فاصله
- طول شناوری هم توسط فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

. . . (5-43)

- z معرف ارتفاع زیر توده می‌باشد که بنا به فرض باید حداکثر غلظت در زیر توده رخ داده باشد.
- x معرف فاصله در جهت مسیر باد است و از نقطه‌ای شروع می‌شود که LP مساوی با 20 باشد.
- u سرعت باد در محیط (بنا به فرض در 10 متر اندازه گیری می‌شود).
- مساوی با $6/0$ است که یک مقدار تجربی می‌باشد.

در مورد محاسبه هم در معادلات قبل باید خاطر نشان نمود که این مقدار هم با شروع LP مساوی با 20 بدست می‌آید. در این قسمت به بررسی نحوه پخش و انتشار یکی از مهمترین آلاینده‌های صنعت هسته‌ای می‌پردازیم. مواد مورد نیاز و به کار رفته در مرحله غنی‌سازی اورانیوم در چرخه سوخت هسته‌ای علاوه بر این که قدرت اکتیویته بالایی دارد، قادرند تا واکنش سریع داشته و اثرات شیمیایی سمی نیز داشته باشند و بررسی چگونگی پخش این مواد برای دانستن نحوه پخش آلاینده‌های هسته‌ای بسیار مفید خواهد بود.

برای دریافت اطلاعات کامل به کتاب (**مدیریت بحران در حوادث هسته‌ای**) مراجعه فرمائید

بررسی انتشار آلاینده‌ها در

شرایط آب و هوایی متفاوت

وقتی که آلاینده به محیط پیرامون دستگاه‌ها در کارخانه‌های هسته‌ای نشست کند، به سرعت با هوای اطراف آمیخته شده و به صورت گازی شکل در فضا پخش می‌شود. یکی از شرایطی که می‌تواند در نوع و میزان هریک از آلاینده‌ها نقش به‌سزایی داشته و یا حتی باعث ته نشینی و حذف آلاینده در هوای محیط اطراف شود، بارندگی خواهد بود...

بارش برف و یا باران باعث شسته شدن آلاینده از جمله UF6 (و ایجاد واکنش با آن) و HF می‌شود و غلظت آلودگی را روی زمین اطراف کارخانه افزایش داده و از پخش آن توسط هوا جلوگیری به عمل خواهد آورد. توده آلاینده شامل مخلوطی از گازها، ذرات جامد و مواد معلق در هوا می‌باشد. ذرات و مواد معلق بزرگ در هوا می‌توانند تحت شرایط خاصی توسط جاذبه زمین نشست پیدا نمایند. سایر مواد ریزتر هم با انجام واکنش با مواد و موانع موجود در مسیر جریان توده و نیز توسط پوشش گیاهی، قابل حذف از اتمسفر خواهند بود. در این قسمت به بررسی هر یک از شرایط مختلف جو می‌پردازیم:

1-2-5- حذف آلاینده توسط نیروی جاذبه و فرآیند رسوب گیری خشک
برای ذرات بزرگ انتشار یافته معلق در هوا که قطر آنها حدود 50 میکرومتر باشد، سرعت ته نشینی، تحت اثر جاذبه زمین، در حدود 10 سانتیمتر بر ثانیه خواهد بود. این سرعت با علامت vs مشخص می‌گردد. در این حالت حذف مواد سمی از اتمسفر توسط نیروی جاذبه صورت خواهد گرفت. قانون استوک (Stoke) با یک ضریب تصحیح برای این نوع ته نشینی به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

(5-20) . . .

در این فرمول هریک از حروف بیانگر: = جرم حجمی ذرات بر حسب گرم بر متر مکعب = جرم حجمی هوا بر حسب گرم بر متر مکعب =g شتاب جاذبه زمین معادل 81/9 متر بر مجذور ثانیه =Dp قطر ذرات بر حسب میکرومتر ، ویسکوزیته هوا ، ضریب تبدیل SCF= ضریب تصحیح خطا برای ذرات بزرگتر و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

(5-21) . . .

در این فرمول نیز قطر ذرات باید بر حسب میکرومتر در نظر گرفته شود. از ضریب فوق کاملاً مشخص می‌شود که ذرات بزرگ به طور مداوم هم‌چنان‌که در شکل (5-7) به نمایش درآمده است ته نشین خواهند گردید.

فرض شده است که برای بدست آوردن فرآیند ته نشینی از دو مرحله تبعیت نمایم:

مرحله اول) تقسیم بندی ذرات بر حسب اندازه و غلظت آنها در توده. به طوری‌که هر ماده در دسته‌هایی با اندازه و غلظت متفاوت دسته بندی شود.

مرحله دوم) شار موضعی ته نشینی ذرات توسط که معادله زیر محاسبه

شود:

(5-22) . . .

در این معادله $C(Dp, x, y, \theta)$ دلالت بر غلظت ذرات از هر نوع اندازه‌ای بر روی سطح زمین در موقعیت (x, y) نسبت به توده دارد.

1-1-2-5- ته نشینی خشک ذرات کوچک و معلق در هوا جدای از ذرات بزرگ، اثر سایر محصولات ناچیز فرض شده و از تغییرات جرم نیز صرف‌نظر می‌گردد، زیرا کار اندازه‌گیری غلظت مواد در چند صد متری انتشار انجام گرفته و این کاهش جرم در مقایسه با شار جرمی توده بسیار ناچیز خواهد بود. سرعت رسوب‌گیری در حالت ذکر شده، از فرمول ذیل محاسبه می‌شود:

(5-23) . . .

به صورتی که: $v_s =$ سرعت نشست تحت جاذبه که برای ذرات، غیر از صفر و برای گازها صفر خواهد بود. $r_a =$ مقاومت آئرو‌دینامیک بر حسب ثانیه بر متر $r_s =$ مقاومت سطح یا لایه آرام بر حسب ثانیه بر متر $r_t =$ مقاومت در برابر انتقال وابسته به نوع سطح مقاومت آئرو‌دینامیک برای گازها و نیز ذرات کوچک از طریق فرمول زیر محاسبه خواهد گردید:

(5-24) . . .

در این معادله داریم: $=$ سرعت اصطکاک $L =$ طول $z_d =$ Monion-Obukhov ارتفاع مرجع (بنا به فرض معادل 10 متر)

شکل (5-6) - نمایی از فرآیندهای مختلف ته نشینی تحت شرایط جوی متفاوت . . .

شکل (5-7) - نمایی از نحوه سقوط ذرات با اندازه‌های مختلف . . .

نیز توسط معادلات زیر محاسبه می‌شود:

(5-25) . . .

اگر $z/L < 0$ در نتیجه

(5-26) . . .

اگر $z/L=0$ در نتیجه

. . . (5-27)

اگر $z/L < 0$ در نتیجه برای تعیین میزان W_a ، می‌توان با داشتن حالت‌های پایداری هوا، بنا به فرض از مقادیر ذیل استفاده نمود:

. . . (5-28)

مقاومت سطح و یا لایه آرام (r_s) وابسته به ضریب پخش مولکولی گازها و یا ضریب براونی ذرات است و می‌تواند توسط فرمول زیر تخمین زده شود:

. . . (5-29)

در این معادله داریم: $Sc =$ عدد اسمیت $St =$ عدد استوک $5/0 = n -$ برای $z_0 < 0.1$ متر $7/0 = n -$ برای $z_0 > 0.1$ متر عدد اسمیت هم در شرایط متفاوت از طریق زیر محاسبه می‌شود: - برای ذرات $Sc = v/DB -$ برای گازها $Sc = v/D$ به صورتی که: $v =$ ویسکوزیته مولکولی هوا: $DB =$ ضریب پخش براونی ذرات در هوا $D =$ ضریب پخش مولکولی گاز آلاینده در هوا برای بسیاری از گازها، Sc مساوی با مقدار 1 خواهد بود. ضریب پخش براونی نیز یک تابع قوی از اندازه ذره می‌باشد، به طوری که در اندازه تقریباً 1 میکرومتری ذره، و برای اندازه نیز خواهد بود. مقدار ضریب براونی از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

. . . (5-30)

عبارات بکار رفته در این فرمول مطابق زیر می‌باشد: $SCF =$ ضریب تصحیح خطا $D_p =$ اندازه ذره برحسب میکرومتر $T =$ دمای هوا برحسب درجه کلوین عدد استوک نیز که فقط برای ذرات غیر از صفر است به قرار زیر می‌باشد:

. . . (5-31)

مقاومت لایه آرام (r_s) تنها برای گازها و یا ذرات با قطر کم تا حدود مهم بوده و برای ذرات با قطر بیش از 1 میکرومتر می‌تواند نادیده انگاشته شود. مقاومت در برابر انتقال نیز از طریق زیر محاسبه می‌گردد:

. . . (5-32)

LAI=leaf area index (area of leaves over a unit area of ground surface)
 r_f = stomatie resistance r_{cut} = cuticle resistance r_g = resistance to transfer across the nonvegetated ground or water surface.
 دو جزء اول فقط در شرایطی مهم هستند که پوشش گیاهی داشته باشیم و این پوشش نیز در مقابل آلاینده‌ها به طور فعال برخورد نماید. جزء آخر نیز برای واکنش پذیری سطح و آلاینده اهمیت پیدا می‌کند. برای گازهای غیرواکنش پذیر، پایداری انتقال r_t به بی‌نهایت میل خواهد نمود و سرعت ته نشینی با توجه به این مسأله، معادل صفر می‌گردد. جزءهای r_f , r_{cut} , r_g فقط در صورتی اهمیت پیدا می‌کنند که ته نشینی اسیدی داشته باشیم یعنی وقتی که گازهایی همچون SO_2 , NO_2 , $HN03$, PAN , O_3 مد نظر باشند.

برای این گازها، Pleim و همکارانش در سال 1984 اعلام داشتند که مقاومت انتقال حدود 10 ثانیه بر سانتی‌متر خواهد بود و این مقدار می‌تواند حدود 3 ثانیه بر سانتی‌متر کمتر یا بیشتر برای مواد مختلف در تغییر باشد. اطلاعات کمی در مورد مواد HF , UF_6 , $HF.H_2O$ وجود دارد. Bloom و همکارانش در سال 1989 برای این مواد مقدار s/cm $2/0$ را جهت r_t پیشنهاد نمودند و هم اینک نیز این مقدار بکار گرفته می‌شود. با در نظر گرفتن این عدد متوجه خواهیم شد که جزء اصلی و تغییر دهنده‌ای برای سرعت ته نشینی وجود نخواهد داشت و از طرف دیگر این مخلوط دارای قدرت واکنش پذیری خوبی با سایر مواد می‌باشد.

شکل (5-8) - منحنی Pasquill-Gifford-Turner، طول Monion-Obukhov و زبری نسبی برای حالت‌های پایداری متفاوت. . . .

وضعیت A به شدت ناپایدار، B ناپایداری متعادل، C کمی ناپایدار، D خنثی، E کمی پایدار و F پایداری متعادل

2-2-5- جابجا شدن ذرات و گازها توسط مه و ته نشین شدن (ته نشینی مرطوب) ذرات و گازهای مورد بحث می‌توانند توسط باران، برف، مه و یا ابر توسط دو شیوه نام برده شده در زیر از توده انتشار یافته جدا و ته نشین شوند:

- در ابر و مه، توسط قطرات ریز مه و ابر
- در زیر ابر، با ته نشینی توسط نازل شدن قطرات و یا برف بر روی زمین

از میان یک توده آلودگی هرگاه فرض شود که گازهای مورد بررسی، واکنش پذیری خوبی دارند و توده نیز در میان ابر حرکتی نداشته باشد، نتیجه گرفته خواهد شد که تنها راه انتقال و جابجایی آلودگی، فرآیند جذب خواهد بود. این شیوه با حالت دوم که از طریق سقوط قطرات باران و یا برف در زمان کوتاه صورت می‌گیرد کاملاً متفاوت می‌باشد. در هر دوی این شیوه‌ها، مقیاس کم شدن آلودگی (جابجایی) با عبارت () و واحد (S-1) معرفی شده است و سرعت ته نشینی (Pr) نیز دارای واحد میلی‌متر بر ساعت می‌باشد و فرض می‌شود که تغییر غلظت موضعی با زمان به صورت تابع نمایی باشد:

. . . (5-34)

در این معادله t بیانگر زمان در معرض قرار گرفتن توده آلاینده با قطرات مایع آب است. برای شار ته نشینی مواد در روی زمین، F_{wet} داریم:

. . . (5-35)

ZW مساوی با عمق لایه توده مرطوب خواهد بود. ضریب جابجایی آلاینده بنا به پیشنهاد Bloom و همکارانش در سال 1989: - مساوی با برای HF و CLF3 - مساوی با برای UF6 و UO2F2 - مساوی با صفر برای HCL و F2 - برای سایر گازها نیز بدون کاربرد می‌باشد Ramsdell و همکارانش در سال 1993، فرمول‌های زیر را برای یون یدید و سایر ترکیبات معلق در هوا بر اساس تابعی از سرعت ته نشینی در مدل RATCHET استفاده نمودند:

. . . (5-36)

برای باران

. . . (5-37)

برای برف

در این دو فرمول، pr و یا سرعت ته نشینی، برحسب mm/hr بیان می‌شود. اگر سرعت ته نشینی معلوم نباشد، می‌توان مقدار قراردادی 1- (s 1000) را به کار برد و چنین فرض نمود که در این زمان، کل آلودگی جابه‌جا شده و نشست کرده است. اما چنانچه این سرعت یکی از معلومات مسأله باشد، استفاده از فرمول‌های فوق ارجحیت پیدا می‌نمایند. برخی از سرعت‌های پیشنهاد شده ته نشینی تحت شرایط متفاوت در جدول زیر آورده شده است:

جدول (2-5) - سرعت ته نشینی pr (برحسب mm/hr معادل مایع) . . .

وضعیت جوی سبک متوسط شدید باران برف 1/0 03/0 3 5/1 5 3/3 به عنوان مثال برای باران متوسط یا 1- (15 دقیقه) است. این نتیجه نشان می‌دهد بیشترین مقدار آلودگی در 15 دقیقه پس از شروع باران متوسط جابه‌جا خواهد شد. به علت گذشت زمان از هنگام انتشار مواد و شروع باران، تا وقتی که گیرنده‌ها بتوانند میزان غلظت را ثبت نمایند، یعنی از 10 تا 100 ثانیه، یک اختلافی در میزان واقعی و میزان ثبت شده مشاهده می‌شود که در این میان انجام واکنش با رطوبت را هم باید مد نظر قرار داد.

برای دریافت اطلاعات کامل به کتاب (مدیریت بحران در حوادث هسته‌ای) مراجعه فرمائید

بررسی وضعیت انتشار مواد در هنگام وجود موانع ساختمانی

هنگامی که در محیط پیرامون مخازن نگهداری مواد رادیواکتیو، در اثر حادثه نشتی ایجاد شود، وجود موانع مختلفی که در مسیر جریان هوا قرار گرفته‌اند و یا مواد واکنش پذیر، این انتشار را تحت تاثیر قرار می‌دهند. .

در این شرایط حالت‌های مختلفی به وجود خواهد آمد که هر کدام از آن‌ها می‌تواند بر فرآیند پخش مواد در محیط تاثیر گذار باشد. بنابراین در ابتدای این فصل به برخی از وضعیت‌های مختلف انتشار بر روی ساختمان، بدون در نظر گرفتن سایر شرایط آب و هوایی منطقه و یا سایر حوادث پیچیده پرداخته شده است که در ذیل به آن‌ها اشاره میشود:

1-1-5 روش‌های موجود برای اندازه‌گیری تغییرات غلظت برحسب زمان در این بخش اثرات تغییرات غلظت برحسب تابعی از زمان برای وقتی که دو نوع متفاوت از اندازه گیرنده‌های غلظت (آشکارسازها) در مسیر عبور توده قرار گرفته‌اند، مورد ارزیابی قرار داده شده است. یکی از این اندازه گیرنده‌ها در خط مرکزی عبور توده و دیگری در یک موقعیت هندسی خاص قرار گرفته است. باید متذکر شد که فرمول‌های ارائه شده در این زمینه غالباً تجربی بوده و با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی حاصل شده‌اند.

1-1-5-1 غلظت خط مرکزی توده در جهت باد (برحسب تابعی از زمان) غلظت گازهای سمّی در مسیر حرکت باد و درخلاف آن می‌تواند در مسیری ثابت به فاصله x از منبع آلودگی، بر حسب تابعی از زمان بدست آید.

مدلهای به کار رفته در این زمینه معمولاً برای فاصله زمانی 2 دقیقه برای گازهای چگال و زمان 10 تا 20 دقیقه نیز برای گازهای خنثی کاربرد خواهند داشت. این زمانها برای به دست آوردن منحنیهای Pasquill-Gifford-Turner یعنی مورد استفاده اند.

در بررسیهای انجام گرفته همانگونه که قبلاً ذکر گردید، غلظت آلاینده، تنها در مسیر جهت باد و یا خلاف آن به عقب مد نظر است و در عرض و یا بالای مسیر کاربردی ندارد. بیشتر مدلها از فرمول زیر برای به دست آوردن ضریب پخش عرضی استفاده می نمایند:

(5-1) . . .

هرگاه یک انتشار لحظه ای را داشته باشیم (یعنی وقتی Ta2 به سمت صفر میل کند)،

در این هنگام می توان از فرمولهای زیر که توسط Slad در سال 1968 معرفی شده است برای حالت های متفاوت استفاده نمود:

- برای حالت ناپایدار
- برای حالت خنثی
- برای حالت کاملاً پایدار برای وضعیت های غیر فعال، با زمانی معادل Ta2 مساوی 20 ثانیه، این پیش بینی معقول به نظر می رسد.

به هر حال این مقدار حداقل Ta2، وابسته به مقدار فاصله x دارد و علاوه بر آن سه معادله ذکر شده در فوق دارای محدودیت بوده و خطایی در حدود 50 درصد را شامل میشوند. برای تغییرات غلظت در توده فرمول زیر پیشنهاد شده است: (5-2) (5-3) در این معادلات به ترتیب داریم:

$P =$ تابع پخش تراکمی (از صفر تا یک) و $P =$ تابع پخش احتمالی در زمان های متوسط کوتاه (تقریباً مساوی 20 ثانیه یا کمتر از Ta) داده های موجود در اتمسفر نشان داده اند که:

... - ... - ...

2-1-1-5- پیش بینی غلظت توسط اندازه گیری، در موقعیت مکانی مشخص در مباحثی که در این زمینه مطرح گردید، اندازه گیری غلظت بر روی خط مرکزی انتشار توده (آن هم در صورتی که حداکثر برخوردها با گیرنده صورت پذیرد) انجام گرفته است و این مسأله نیز بستگی به موقعیت و نحوه قرار گرفتن اندازه گیرنده نسبت به منبع انتشار دارد.

نتایج بدست آمده حاصل انجام آزمایشات متعدد بر روی نحوه های مختلف قرار گرفتن گیرنده ها استوار است. مطالعات انجام گرفته گویای اختلاف غلظت بر حسب تابعی از زمان انتشار می باشند.

در جدول (1-5) اختلاف مشاهده شده از شکل‌های قبل آورده شده است [5]: . . .

شکل (1-5) - پخش غلظت‌های خط مرکزی . . .

Cc1 در یک فاصله x برای مقادیر متوسط زمانی Ta. خط چین معرف متوسط در هر زمان و نقطه چین نشان دهنده 99% از هر نوع پخش بوده، همچنین نقطه و خط بیانگر حداکثر غلظت در زمان متوسط Ta خواهد بود در صورتی که زمان فرض شده 60 دقیقه باشد. مقدار صفر بدست آمده برای غلظت به این دلیل است که آلاینده به گیرنده برخورد ننموده حال آنکه وجود داشته است.

جدول (1-5) - تفاوت مشاهده شده در دو شکل (1-5) و (2-5) غلظت بدست آمده از خط مرکزی شکل (1-5) غلظت ثبت شده در گیرنده ثابت شکل (2-5) با افزایش Ta مقدار متوسط غلظت کاهش میابد غلظت هیچ گاه صفر نمیشود نسبتاً کوچک است میانگین غلظت با Ta ثابت است غلظت در بسیاری مواقع صفر است نسبتاً بزرگ است بیشتر مواقع اختلاف بین غلظت ماکزیمم و زمان متوسط در گیرنده‌های با موقعیت ثابت بدست می‌آید. درصد غلظت حداکثر برای هر زمان متوسط توسط فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$(5-7) \quad 100 - 1 = \frac{60}{Ta} \text{ درصد} . . .$$

شکل (2-5) - میزان غلظت ثبت شده برای متوسط زمانی متفاوت. . .

چین معرف متوسط در هر زمان و نقطه چین نشان دهنده 99% از هر نوع پخش بوده، همچنین نقطه و خط بیانگر حداکثر غلظت در زمان متوسط Ta خواهد بود در صورتی که زمان فرض شده 60 دقیقه باشد. با توجه به این که اختلاف Cmax در خط مرکزی با Ta، بیشتر از مقدار اختلاف درصد C گیرنده با Ta خواهد بود، از نظر تئوری مقدار C بهتر از مقدار Cmax است. اما از نظر عملی معمولاً از Cmax استفاده میشود زیرا اختلاف کمتری با مقدار واقعی خود دارد. فرمول تابع پخش ترکیبی توسط Hanna در سال 1984 ارائه شده است

$$(5-8) . . .$$

$$(5-9) . . .$$

در این معادله، I، تناوب یا فاصله و یا کسری از مقدار مشاهده غیر از صفر در کل اندازه‌های گرفته شده است (I=1)، اگر توده همیشه با گیرنده اصابت نماید). معمولاً مقدار I بدست آمده در اتمسفر مساوی

2/0 بوده و بدین ترتیب خواهد بود. هرگاه اطلاعات کافی در دسترس نباشد مقدار 2/0 برای I می‌تواند برای زمان‌های متوسط خیلی کوچک مورد استفاده قرار گیرد:

(5-10) . . .

اگر متوسط زمان به 60 دقیقه افزایش یابد، در نتیجه معادله (4-5) می‌تواند در محاسبه استفاده شود و اگر دوباره فرض نماییم که مقدار مقیاس زمان انتگرال مساوی 300 ثانیه بوده و نیز باشد، لذا I می‌تواند توسط عکس معادله (5-9) محاسبه گردد:

(5-11) . . .

مراحل انجام کار به شکل زیر خواهد بود:

- مرحله اول: محاسبه I_1 . . .
- مرحله دوم: محاسبه I_2 . . .
- مرحله سوم: محاسبه I_3 . . .

فرض نماییم که معلوم بوده و باشد. از این رو، توجه داشته باشید که این فرمول‌ها نباید برای $T_a > 3600s$ مورد استفاده واقع شود زیرا I حداکثر می‌تواند مقداری حدود 1 را داشته باشد که در این حالت بیشتر شده و غیر ممکن است. اگر حداکثر مقدار I را 1 در نظر بگیریم، لذا مقدار می‌باشد که در $T_a > 3600s$ صادق خواهد بود.

5-1-2- اثرات ساختمان و موانع موجود در روی زمین انتشار UF6
ممکن است در نزدیکی و یا روی یک ساختمان رخ داده و نیز ممکن است تحت تاثیر موانع موجود در راه مسیر جریان انتشار قرار گرفته باشد. این موانع ممکن است الگوی جریان انتشار را تغییر داده و لایه مرزی را از مسیر خود منحرف سازند. در این حالت میزان رقیق سازی و انتشار و پخش UF6 دچار تغییر خواهد شد [5]. بنابر دلایل زیر این موانع مد نظر قرار می‌گیرند:

- ممکن است ساختمان‌ها بلند بوده و فاصله بین آنها کم باشد که در این صورت باعث محبوس شدن UF6 در بین دیوارها خواهد شد.
- انتشار UF6 ممکن است از مخازن و یا لوله‌ها و سایر تجهیزات موجود در داخل ساختمان رخ داده باشد و پس از ورود به هوای مجاور از میان دریچه‌ها و یا دودکش و سقف ساختمان به بیرون نشت کنند.
- انتشار از یک دودکش با ارتفاع کم می‌تواند UF6 را به سمت زمین و

نزدیک ساختمان هدایت نماید و باعث افزایش غلظت در آن منطقه شود.

توجه به دلایل ذکر شده در فوق، کاملاً مشهود است که اثر ساختمان و یا سایر موانع موجود در مسیر انتشار می‌تواند تاثیر به سزایی در الگوی جریان داشته و غلظت را دستخوش تغییر نماید. در این قسمت به بررسی اثرات مختلف خواهیم پرداخت. پاسخ به سؤالات زیر به ما خواهد آموخت که برای حصول غلظت آلاینده در شرایط مختلف و فواصل مورد نظر از چه فرمول‌ها و قوانینی استفاده کنیم:

• موقعیت منبع انتشار آلاینده در کجاست؟ آیا این منبع در خلاف جهت باد به سمت ساختمان است یا خیر؟ آیا منبع بر روی ساختمان قرار گرفته است؟ آیا منبع در مسیر جریان باد به سمت ساختمان قرار دارد؟

• موقعیت دستگاه آشکار کننده‌ی آلاینده کجاست؟ آیا بر روی سطح ساختمان قرار داده شده است؟ آیا در نزدیکی ساختمان و در پشت آن است؟ آیا در مسیر باد و در نزدیکی ساختمان قرار دارد؟

• تغییرات پیش‌بینی شده غلظت آلاینده به خاطر وجود موانع ساختمانی تا چه حدی در فرمول‌های به کار رفته ایجاد خطا می‌نماید؟

• در چه سطحی از پیچیدگی ساختمان، فرمول‌ها نادرست بوده و شرایط و فرض‌های بکار رفته تا چه حد به واقعیت نزدیک است؟

• آیا داده‌های کافی برای استفاده از فرمول‌های لازم وجود دارد؟ در این بخش برای بررسی بیشتر، سه نمونه از موقعیت‌های انتشار را به طور جداگانه مورد مطالعه قرار می‌دهیم. موقعیت‌های در نظر گرفته شده به قرار زیر خواهند بود:

1. حبس و انتشار توده آلاینده در بین ساختمان‌ها و اثرات مربوطه.
2. انتشار توده آلاینده در روی ساختمان و یا از طریق هواکش.
3. انتشار آلاینده از یک دودکش و جریان یافتن آن به سمت پایین.

در هرکدام از موقعیت‌های نام برده شده در فوق، محل قرار گرفتن گیرنده و منبع انتشار به طور جداگانه در شکل‌های مربوطه آورده شده است. موقعیت دستگاه گیرنده از آن جهت اهمیت دارد که بدانیم آیا این دستگاه قادر خواهد بود تا همه انتشار آلاینده را ثبت نماید و یا اینکه از ثبت کل آن عاجز بوده است؟

1-2-1-5 حبس و انتشار توده آلاینده در بین ساختمان‌ها و اثرات مربوطه در این شیوه فرض شده است که آلاینده از یک منبع در بین ساختمان‌های بلند و با فاصله کم از یکدیگر انتشار یافته باشد. جهت

وزش باد نیز در طول فاصله بین دو ساختمان بوده و در جهت عمود بر آنها نیست. ارتفاع ساختمان در این شیوه با HB و فاصله بین دو ساختمان و یا دو دیواری که منبع انتشار آلاینده در بین آن قرار گرفته است با WC نشان داده شده است. در این حالت نتایج آزمایشگاهی به دست آمده توسط Konig در سال 1987 و نیز Marotzke در سال 1988 نشان داد اثر ساختمان تا حدی است که میزان غلظت ماکزیمم تا حدود 3 برابر افزایش پیدا خواهد نمود [5].

اگر منبع انتشار آلاینده در بین ساختمانها و یا در جهت خلاف باد قرار بگیرد و باشد و نیز با در نظر گرفتن $H/HB < 1$ ، آن-گاه حداکثر میزان معادل مقدار زیر خواهد بود:

. . . (5-12)

در این باره باید عنوان نمود که مقدار برابر با پخش همگن عرضی سراسر توده بوده و فقط برای کناره‌ها به کار می‌رود.

(5-3) - انتشار آلاینده در فضای محبوس بین ساختمانها . . .

اگر مقدار نسبت $H/HB > 1$ باشد، لذا تنها قسمت کوچکی از توده UF6 توسط فضای بین دیوارها محدود می‌شود و قسمت بالای آن در پراکندگی آزاد بوده و مانند حالتی است که موانع موجود نبوده‌اند. در این وضعیت فرمول ذیل مورد استفاده قرار خواهد گرفت:

. . . (5-13)

هرگاه که توده UF6 به بالای ساختمان رسید و یا هنگامی که از فضای محصور بین آنها عبور نمود، در این هنگام مربوط به فضای آزاد بدون وجود موانع محاسبه خواهد گردید.

2-2-1-5-1-2 تعیین غلظت آلاینده روی ساختمان ناشی از انتشار از درون منافذ و دریچه‌ها اگر آلاینده به طور ناگهانی در یک ساختمان به محیط اطراف نشت کند، در نهایت از طریق دودکشها و یا منافذ روی سقف به بیرون ساختمان انتشار می‌یابد. توده آلاینده که در داخل ساختمان نشت کرده، تا وقتی که بخواهد از ساختمان خارج گردد و وارد فضای آزاد شود، با توجه به طبیعت واکنش پذیر بودن و یا عدم واکنش پذیری آن، ممکن است بسیار رقیق شده و در طول مسیر خود با مواد مختلف واکنش دهد. ذرات بزرگتر رادیواکتیو نیز در بیشتر مواقع در فیلترهای موجود ته نشین شده و یا اصلاً به محیط بیرون ساختمان منتشر نمی‌شوند.

بسیاری از مطالعات انجام گرفته در تونل باد در مورد غلظت بدون بعد، ناشی از پخش در موقعیت‌های مختلف روی ساختمان می‌باشند و حاصل این مطالعات فرمول ذیل خواهند بود:

. . . (5-14)

در این فرمول A بیانگر سطح ساختمانی است که انتشار در روی آن صورت می‌گیرد. منبع انتشار و گیرنده غلظت هر دو روی ساختمان و یا روی سطح هم‌جوار قرار گرفته‌اند. بیشینه‌ی غلظت‌ها روی ساختمان در فاصله r از منبع انتشار توسط فرمول‌های ذیل محاسبه خواهند شد:

• در شرایطی که $r/A^{1/2} < 1.73$ بوده و منبع انتشار و گیرنده هر دو روی ساختمان و در فاصله بیش از دو سوم ساختمان قرار گرفته باشند:

. . . (5-15)

• در شرایطی که $r/A^{1/2} < 1.73$ بوده و منبع انتشار و گیرنده هر دو روی ساختمان و در فاصله کمتر از یک سوم ساختمان قرار دارند:

. . . (5-16)

در این معادلات، uH نشانگر سرعت باد در ارتفاع ساختمان و در جهت خلاف مسیر باد از ساختمان بوده و A نمایش دهنده سطح ساختمان است که حاصل ضرب HBWB می‌باشد. اگر فاصله r (کوتاهترین فاصله بین منبع انتشار و گیرنده غلظت) کاهش یابد، نباید انتظار داشت که غلظت هم‌چنان افزایش پیدا کند، زیرا حداکثر غلظت می‌تواند معادل منبع انتشار بوده و آن‌هم به شرطی که گیرنده همه برخورد مولکول‌ها را یادداشت نموده باشد:

. . . (5-17)

($C_{max} = Q / \text{volume flux from vent}$) توجه داشته باشید که اگر یک جریان هوای مهم از دریچه خارج شود در نتیجه ممکن است توده را به بالا و یا به یک طرف منحرف نماید که در این صورت استفاده از فرمول‌های اخیر کمی محتاطانه خواهد بود.

شکل (4-5) - شمایی از یک شیوه انتشار از طریق دریچه‌های روی ساختمان . . .

معادلات اخیر اغلب برای تخمین غلظت حداکثر توده در روی سطح

ساختمان و هنگام انتشار به کار گرفته میشوند و در مورد تعیین غلظت در جهات عرضی، عمودی و در غیر از امتداد مسیر جریان کاربردی ندارند. همانند فرمول‌های قبل با در نظر گرفتن محدودیت $r/A1/2 < 1.73$ ، برای تعیین غلظت نزدیک ساختمان نیز فرمول زیر پیشنهاد شده است:

. . . (5-18)

3-2-1-5- تعیین غلظت آلاینده نزدیک ساختمان ناشی از انتشار یک منبع روی ساختمان برای این شیوه انتشار از آلاینده، فرض میشود که منبع آلودگی در روی یک ساختمان قرار داشته و میخواهیم غلظت آلاینده را در فاصلهای حدود 2 تا 5 برابر اندازه ساختمان محاسبه نماییم. در این حالت غلظت در جهت باد و در مسافت یاد شده به صورت یکنواخت در نظر گرفته میشود. Wilson و Britter در سال 1982 فرمول زیر را برای تعیین غلظت در این شرایط پیشنهاد نمودند:

. . . (5-19)

هنگامی که: سطح بکار رفته در معادله اخیر برای ساختمان‌هایی که به صورت یک مانع در برابر جریان باد قرار گرفته‌اند، مساوی حاصلضرب W در H و برای آن‌هایی که به طور عرضی در مسیر جریان قرار دارند؛ خواهد بود. در شکل (5-5) شمایی از این حالت به نمایش گذاشته شده است.

شکل (5-5) - شمایی از انتشار آلاینده روی ساختمان و موقعیت بوجود .

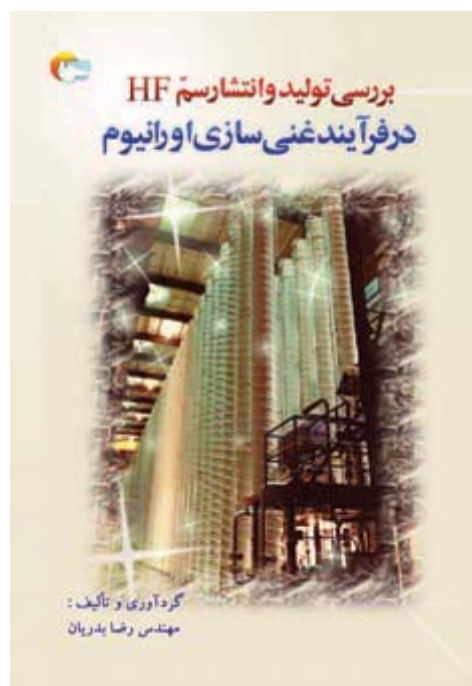
. .

4-2-1-5- سایر اثرات ساختمان سه اثر نام برده شده در قسمت‌های قبل، دارای فرمول‌های تجربی ساده شده‌ای هستند که باید با احتیاط بکار برده شوند. سایر اثرات ساختمان همچون وجود نرده و دیگر موانع موجود در مسیر جریان باد و به طبع آن در مسیر جریان توده، که باعث ایجاد تلاطم و اغتشاش شده و در نتیجه رقیق سازی گاز را تحت تاثیر قرار می‌دهند، در این مبحث مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. تاثیر ارتفاع ساختمان و دودکش هم یکی از اثراتی است که باید در مطالعات بعدی و توسط تونل باد در نظر گرفته شود.

برای دریافت اطلاعات کامل به کتاب (مدیریت بحران در حوادث هسته ای) مراجعه فرمائید

بررسی تولید و انتشار گاز سمی (HF)

کتاب «بررسی تولید و انتشار سم HF در فرآیند غنی سازی اورانیوم» با گردآوری و تألیف مهندس رضا بدریان از سوی انتشارات مرسل منتشر شده است .



یکی از مشکلات کارخانه فرآوری و غنی سازی اورانیوم ، انتشار فلوئورید هیدروژن (HF) در اتمسفر است که برای کارگران و سایر مردم خطرناک محسوب می گردد .

می توان به جرات عنوان نمود که خطر ناشی از انتشار HF در محیط و فضای اطراف دستگاه ها ، بسیار بیشتر از خطرات ناشی از تشعشعات مواد رادیواکتیو در آن محل می باشد .

حداکثر غلظت مجاز گاز HF در محیط اطراف 3_2 ppm تشخیص داده شده است در حالیکه برای سیانور 10 ppm است .

این مسئله خود گواه این مدعاست که:

اهمیت تولید و انتشار گاز HF در محیط بسیار زیاد می باشد و خطرات ناشی از وجود آن در هوای مورد استنشام، قابل جبران و یا اغماض نیست