

Petroleum industry– Air pollution control requirements

صنعت نفت – الزامات کنترل آلودگی هوا

ویرایش اول

بهمن ۱۴۰۱

پیش‌گفتار صنعت نفت

استانداردهای نفت ایران (IPS) منعکس‌کننده دیدگاه‌های وزارت نفت ایران است و برای استفاده در تأسیسات تولید نفت و گاز، پالایشگاه‌های نفت، واحدهای شیمیایی و پتروشیمی، تأسیسات انتقال و فراورش گاز، فرآورده‌های نفتی و سایر تأسیسات مشابه تهیه شده است.

استانداردهای نفت، براساس استانداردهای قابل قبول بین‌المللی و داخلی تهیه شده و شامل گزیده‌هایی از استانداردهای مرجع می‌باشد. همچنین براساس تجربیات صنعت نفت کشور و قابلیت تأمین کالا از بازار داخلی و نیز برحسب نیاز، مواردی به طور تکمیلی و یا اصلاحی در این استاندارد لحاظ شده است. مواردی از گزینه‌های فنی که در متن استانداردها آورده نشده است در داده برگ‌ها به صورت شماره‌گذاری شده برای استفاده مناسب کاربران آورده شده است.

استانداردهای نفت، به شکلی کاملاً انعطاف پذیر تدوین شده است تا کاربران بتوانند نیازهای خود را با آن‌ها منطبق نمایند. با این حال ممکن است تمام نیازمندی‌های پروژه‌ها را پوشش ندهند. در این گونه موارد باید الحاقیه‌ای که نیازهای خاص آن‌ها را تأمین می‌نماید تهیه و پیوست شوند. این الحاقیه همراه با استاندارد مربوطه، مشخصات فنی آن پروژه و یا کار خاص را تشکیل خواهند داد.

استانداردهای نفت هر پنج سال یکبار مورد بررسی قرار گرفته و روزآمد می‌گردند. در این بررسی‌ها ممکن است استاندارد حذف و یا الحاقیه‌ای به آن اضافه شود و بنابراین همواره آخرین ویرایش آن‌ها ملاک عمل می‌باشد.

در اجرای قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد ابلاغی ریاست محترم جمهوری، این استاندارد در تاریخ ۱۴۰۱/۱۱/۰۹ با شماره (INSO 23305) توسط سازمان ملی استاندارد ملی اعلام گردید.

از کاربران استاندارد، درخواست می‌شود نقطه نظرها و پیشنهادهای اصلاحی و یا هرگونه الحاقیه‌ای که برای موارد خاص تهیه نموده‌اند، به نشانی زیر ارسال نمایند. نظرات و پیشنهادهای دریافتی در کارگروه‌های فنی مربوطه بررسی و در صورت تصویب در تجدید نظرهای بعدی استاندارد منعکس خواهد شد.

ایران، تهران، خیابان کریمخان زند، خردمند شمالی، کوچه چهاردهم، شماره ۱۷

استانداردها و ضوابط فنی

کدپستی: ۱۵۸۵۸۸۶۸۵۱

تلفن: ۶۰ - ۸۸۸۱۰۴۵۹ و ۶۶۱۵۳۰۵۵

دورنگار: ۸۸۸۱۰۴۶۲

پست الکترونیک: Standards@nioc.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادهای سازمان های دولتی و غیردولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی نامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«صنعت نفت - الزامات کنترل آلودگی هوا»

رئیس:

تسبندی، مصطفی

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست)

دبیر:

رجبی، محمدعلی

(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست - آلودگی هوا)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احسنی، مریم

(کارشناسی ارشد مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست)

احمدیانی، محسن

(کارشناسی ارشد مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست)

اسدی آسیابدری، فریدون

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - بیوتکنولوژی)

اسفندیاری، احسان

(دکتری محیط زیست)

آل احمد، مهدی

(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)

بادنوروز، زهرا

(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست - آلودگی هوا)

تقدیسیان، حسین

(دکتری مهندسی شیمی)

جعفرزاده حقیقی فرد، نعمت‌اله

(دکتری مهندسی بهداشت محیط)

سمت و/یا محل اشتغال:

اداره کل بهداشت، ایمنی و محیط زیست - وزارت نفت

مدیریت بهداشت، ایمنی، محیط زیست - شرکت ملی صنایع

پتروشیمی ایران

اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست - وزارت نفت

شرکت پالایش نفت ستاره خلیج فارس

شرکت پالایش نفت تهران

مجتمع پتروشیمی بوشهر

سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی

شرکت نفت مناطق مرکزی ایران

پژوهشگاه صنعت نفت

عضو هیأت علمی - دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

جهانبازی، حسین

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

دهاقین، علیرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

رحمن، حمیدرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست - آلودگی هوا)

صارمپور، محمدسعید

(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)

عندلیبمقدم، سیدحسین

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست)

قربانی شهناء، فرشید

(دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای)

گلستانی‌فر، حافظ

(کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط)

مستعلی‌نژادیان، میثم

(کارشناسی مهندسی شیمی)

مهراب‌نژاد، حسین

(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست - آلودگی هوا)

مهربان، لیلا

(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)

ندری، حامد

(کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای)

نوروزی، محمدامین

(دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای)

ویراستار:

شیرالی، لیلا

(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)

سمت و/یا محل اشتغال:

سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس

پژوهشگاه صنعت نفت

سازمان حفاظت محیط زیست

شرکت مهندسی و توسعه نفت

شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی

عضو هیأت علمی - دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی همدان

شرکت ملی نفت ایران

شرکت عملیات غیرصنعتی بازارگاد

مجتمع گاز پارس جنوبی شرکت ملی گاز ایران

اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست - وزارت نفت

دانشکده علوم پزشکی شوشتر

شرکت پتروشیمی زاگرس

اداره کل استاندارد استان خوزستان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۵	۴ آلاینده‌ها
۹	۵ حدود مجاز
۹	۶ پایش آلاینده‌های هوا
۱۰	۷ الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا
۱۷	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) روش‌های پیشنهادی کنترل آلاینده‌ها
۳۱	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) نکات مهم در طراحی تجهیزات کنترلی آلاینده‌های هوا
۴۰	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) فهرست آلاینده‌های خطرناک هوا
۴۵	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «صنعت نفت- الزامات کنترل آلودگی هوا» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در سیصد و بیست و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۴۰۱/۱۱/۹ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منابع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

- 1- IPS-G-SF-860: 1997, General standard for air pollution control
- 2- IPS-E-SF-860: 2007 , Engineering standard for air pollution control
- 3- ExxonMobil section XVIII-A: 2000, Page 1 of 27, Air pollution control, Guidelines for selection of air pollution control equipment

مقدمه

اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان، گیاهان و حیوانات شناخته شده است. یکی از عوامل اصلی آلودگی هوا تاسیسات صنعتی است که به دست بشر ساخته می‌شود. تاسیسات صنعت نفت نیز یکی از منابع با پتانسیل انتشار آلاینده‌های هوا بوده که نیاز به کنترل انتشار به منظور دستیابی به کیفیت بهتر هوا دارند. تصمیم‌گیری در مورد طراحی سامانه‌های کنترل آلودگی هوا نیاز به اطلاعاتی در مورد انتشار آلاینده‌ها از منابع، مقایسه این انتشارها باهم، مقایسه غلظت آلودگی هوای ناشی از این انتشارها با استانداردها و همچنین مقایسه هزینه جایگزین‌های احتمالی کنترلی دارد. انتشار آلاینده‌ها به هوا از صنعت نفت عمدتاً شامل محصولات احتراق، مواد آلی فرار، سموم هوا و ذرات معلق است.

در این استاندارد ابتدا برخی الزامات کنترل انتشار آلودگی هوا بیان شده و در ادامه به منظور راهنمایی، توضیحاتی برای برخی روش‌های کنترل پرکاربرد در صنعت نفت ارائه شده است.

صنعت نفت - الزامات کنترل آلودگی هوا

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش شناسایی منابع، روش‌های پیشگیری، کنترل و پایش آلودگی هوا و تشریح الزامات مراحل طراحی، ساخت، راه‌اندازی، بهره‌برداری و برچیدن تاسیسات و تجهیزات صنعت نفت است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ExxonMobil (Design Practices XVIII-B): 2001, Guidelines for Industrial Hygiene.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

انتشار

emission

تخلیه طبیعی یا انسانی ذرات معلق، گاز یا آلودگی به هوا نامیده می‌شود.

۲-۳

انتشار از منابع طبیعی

emission natural sources

انتشار آلاینده‌ها از منابع طبیعی مانند پوشش گیاهی و آتشفشان نامیده می‌شود.

۳-۳

انسان پدید

anthropogenic

به تغییرات محیط‌زیستی ناشی از حضور یا فعالیت انسان‌ها گفته می‌شود.

۴-۳

آلاینده

pollutant

هرگونه ماده جامد، مایع یا گازی نامطلوب در محیط گازی یا مایع نامیده می‌شود.

۵-۳

آلاینده اولیه

primary pollutant

آلاینده‌های هوایی که به همان شکل زمان انتشار در جو وجود دارد، نامیده می‌شود.

۶-۳

آلاینده ثانویه

secondary pollutant

آلاینده‌های هوایی که در اثر واکنش یک یا چند آلاینده اولیه هوا در جو بوجود می‌آیند، نامیده می‌شود.

۷-۳

آلودگی

pollution

ورود یا وجود آلاینده‌ها در محیط مایع یا گازی نامیده می‌شود [۱].

۸-۳

آلودگی هوا

air pollution

انتشار یک یا چند آلاینده اعم از آلاینده‌های جامد، مایع، گاز، پرتوهای یون‌ساز و غیر یون‌ساز، بو و صدا در هوای آزاد، به صورت طبیعی یا انسان‌ساخت، به مقدار و مدتی که کیفیت هوا را به گونه‌ای تغییر دهد که برای سلامت انسان و موجودات زنده، فرایندهای بوم‌شناختی (اکولوژیکی) یا آثار

و ابنیه زیان آور بوده و یا سبب از بین رفتن یا کاهش سطح رفاه عمومی شود. (به زیر بند ۲-۱ مراجعه شود)

۹-۳

پراکنش

dispersion

به پخش آلاینده در محیط اطلاق می شود.

۱۰-۳

تصفیه

treatment

به حذف کامل یا جزئی اجزای ناخواسته از یک محیط گازی اطلاق می شود.

۱۱-۳

رسوب گذاری

sedimentation

فرآیندی که در آن ذرات با یک میدان الکتریکی یا یک گرادیان حرارتی از یک جریان گازی که در آن معلق هستند، جدا می شوند.

۱۲-۳

جداکننده

separator

به دستگاه جداسازی آلاینده از جریان گاز گفته می شود.

۱۳-۳

جداکننده قطره ای

droplet separator

دستگاه جداسازی ذرات مایع از جریان گازی که در آن معلق هستند، نامیده می شود.

۱۴-۳

جذب سطحی

adsorption

جذب آلاینده روی سطح یک بستر جامد نامیده می‌شود.

۱۵-۳

جذب عمقی

absorption

حل شدن یا واکنش دادن آلاینده گازی در محلول جاذب نامیده می‌شود.

۱۶-۳

خاکستر

ash

به بقایای جامد احتراق کامل گفته می‌شود.

۱۷-۳

دود

smoke

آئروسول^۱ قابل مشاهده ناشی از احتراق نامیده می‌شود.

۱۸-۳

دوده

soot

توده‌های ذرات کربنی که در اثر احتراق ناقص تشکیل شده و قبل از انتشار رسوب می‌کنند.

۱۹-۳

ذره

particle

به یک توده گسسته کوچک از مواد جامد یا مایع گفته می‌شود.

۲۰-۳

غلظت

concentration

مقدار یک ماده جامد، مایع یا گازی به عنوان بخشی از یک ماده دیگر مانند هوا که با آن مخلوط شده است.

1- Aerosol

۲۱-۳

ضریب انتشار

emission factor

یک ضریب عددی برای کمی کردن انتشار یک آلاینده به جو بر اساس تولید محصول، مصرف سوخت است.

۲۲-۳

فیلتر

filter

دستگاهی برای جداسازی ذرات جامد یا مایع از جریان گازی که در آن معلق هستند.

۲۳-۳

مه

fog

یک اصطلاح کلی به معلق بودن قطره‌ها در گاز اطلاق می‌شود. در هواشناسی به تعلیق قطره‌های آب و دید کمتر از ۱ km اشاره دارد.

۲۴-۳

گازهای گلخانه‌ای

greenhouse gases

گازهایی که گرما را در جو به دام می‌اندازند. این گازها به عنوان آلاینده نبوده و به صورت طبیعی در جو وجود دارند، اما مقادیر بیشتر آنها در جو باعث گرمایش زمین و اثرات نامطلوب آن می‌شود.

۴ آلاینده‌ها

در این بند برخی از حوزه‌های مهم آلاینده‌گی صنعت نفت ارائه شده است.

۱-۴ آلاینده‌های هوا

آلاینده‌های هوا را می‌توان به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

الف- آلاینده‌ها بر اساس منبع انتشار آن

- منابع طبیعی: مانند فوران‌های آتشفشانی یا غبار محلی (طوفان ماسه)؛
- منابع انسان‌پدید: مانند آلاینده‌های منتشر شده از صنایع یا خودروها.

ب- آلاینده‌ها بر اساس زمان تشکیل آن

- آلاینده اولیه: به‌طور مستقیم از منبع تولید آلودگی منتشر می‌شوند؛
- آلاینده ثانویه: به‌طور مستقیم از منبع آلودگی منتشر نشده و از طریق واکنش‌های بین آلاینده‌های اولیه با گونه‌های شیمیایی یا واکنش بین گونه‌های شیمیایی موجود در جو تشکیل می‌شوند.

پ- آلاینده‌ها بر اساس حالت فیزیکی آن

- آلاینده‌های گازی؛
- آلاینده‌های ذره‌ای (به غیر از آب).

ت- آلاینده‌ها بر اساس محیط پذیرنده آن

- آلاینده‌های هوای آزاد؛
- آلاینده‌های هوای داخلی (مانند رادون (Rn)، نیتروژن دی‌اکسید (NO_2)، آزبست، حشره‌کش‌ها).

ث- آلاینده‌ها بر اساس اثرات آن

- آلاینده‌های معیار: شش آلاینده متداول هوا که عبارت است از: منوکسید کربن (CO)، دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، ذرات معلق (PM_{10})^۱، ازن سطح زمین (O_3)، سرب (Pb)؛
- آلاینده‌های خطرناک هوا: شامل ترکیباتی است که عامل سرطان یا سایر تأثیرات جدی بر سلامتی می‌شود. این گروه شامل ترکیباتی مانند بنزن، استالدهید، آزبست می‌شود (به جدول پ-۱ پیوست پ مراجعه شود)؛
- ترکیبات آلی فرار [2]: هر ترکیبی از کربن به استثنای منوکسید کربن (CO)، دی‌اکسید کربن (CO_2)، اسید کربنیک (H_2CO_3)، کاربیدهای فلزی (مانند کاربید آهن)، کربنات‌ها (مانند کلسیم کربنات (CaCO_3) و آمونیوم کربنات ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) که در واکنش‌های فتوشیمیایی جو شرکت می‌کند.

۴-۲ منابع با پتانسیل انتشار آلاینده‌های هوا در صنعت نفت و آلاینده‌های شاخص

توزیع نسبی انتشارهای احتراق به هوا از پالایشگاه، بدون کنترل انتشار در جدول ۱ نشان داده شده است. در حالی که سطح انتشار و توزیع انتشارهای بین منابع به نوع واحد و سوخت مرتبط است، جدول ۱ توزیع گستره انتشار آلاینده‌های SO_x ، NO_x و ذرات معلق در پالایشگاه را نشان می‌دهد. فناوری‌های کنترل انتشار گازهای خارجی معمولاً می‌توانند هر یک از انتشارهای احتراق را تا ۹۰٪ کاهش دهند.

جدول ۱- توزیع نسبی انتشارهای احتراقی به هوا از یک مجتمع پالایشگاهی بدون کنترل خروجی

منبع	NO _x	SO _x	ذرات
گرم‌کن ^۱ و دیگ ^۲	متوسط	متوسط	کم
توربین گاز	متوسط	کم	کم
موتورهای احتراق داخلی ساکن	زیاد	کم	متوسط
سوزاننده فرآیندی (احیاکننده و سوزاننده کک)	متوسط	زیاد	زیاد

1- Heater
2- Boiler

همچنین منابع با پتانسیل انتشار آلاینده‌های هوا از پالایشگاه در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- برخی منابع با پتانسیل انتشار در پالایشگاه

آلاینده	برخی منابع با پتانسیل انتشار
اکسیدهای گوگرد	دیگ‌ها، گرم‌کن‌های فرایندی، واحدهای احیای کاتالیست، واحدهای تصفیه، سوزاننده‌های هیدروژن سولفید (H ₂ S)، عملیات کک‌زدایی ^۱
هیدروکربن‌ها	تجهیزات بارگیری، نقاط نمونه‌برداری، مخازن ذخیره‌سازی، جداکننده‌های پساب، احیای کاتالیست، پمپ، شیر، برج‌های خنک‌کننده، تجهیزات با فشار بالای هیدروکربن‌های فرار، گرم‌کن‌های فرایندی، دیگ‌ها، موتورهای کمپرسور (فشرده‌ساز)
اکسیدهای نیتروژن	گرم‌کن‌های فرایندی، دیگ‌ها، موتورهای کمپرسور، احیای کاتالیست، سوزاننده‌ها
ذرات معلق	احیاکننده‌های کاتالیست، دیگ‌ها، گرم‌کن فرایندی، فرایندهای کک‌زدایی، زباله‌سوز، فرایند دانه‌بندی گوگرد و غیره
آلدهیدها و آمونیاک	احیاکننده‌های کاتالیست
بو	واحدهای تصفیه، زهکشی، تهویه مخازن، واحدهای مدیریت پساب
کربن منوکسید	احیای کاتالیست، کک‌زدایی، موتورهای کمپرسور و زباله سوز
آرسن، فسژن و سیانید	احیای فرایند حذف گوگرد
هیدروژن فلئورید (HF)	آلکیل‌دار کردن هیدروژن فلئورید (HF)
سولفوریک اسید (H ₂ SO ₄)	آلکیل‌دار کردن اسید

1- Decoking

منابع با پتانسیل انتشار آلاینده‌های هوا در صنعت پتروشیمی در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- منابع با پتانسیل انتشار در صنایع پتروشیمی

آلاینده	منابع با پتانسیل انتشار
آلاینده‌های SOx و NOx و سایر گازها	احتراق در دیگ، کوره گرمادهی و کوره کراکینگ ^۱ (نفتا، اتیلن دی‌کلراید (EDC)، ریفرمینگ با بخار آب ^۲)
انتشار هوای خشک حاوی حلال و تکپار ^۳	خشک کردن لاستیک مصنوعی
انتشار هیدروکربن	تبخیر از مخازن ذخیره‌سازی
انتشار هیدروکربن	بازشدن منهول مخازن
گاز غیرمتراکم از برج‌های تقطیر و راکتورها که همراه با هیدروکربن و محصول جانبی است	گاز ونت و خروجی دودکش
آلاینده‌های ذرات معلق، CO، SOx و NOx و سایر گازها	آلاینده‌های احتراق سوخت در سوزاننده‌ها
انتشار هیدروکربن	نشت از پمپ، کمپرسور، فلنج و مخازن ذخیره‌سازی
ذرات معلق	فرایند تولید کود فسفات
ذرات معلق	گرانول‌سازی
NH ₃ , NH ₄ Cl, SiF ₄ , HF	آمونیاک‌سازی
NO ₂ ، گازهای فلوئورید	نیتریک اسید
ذرات معلق	ذخیره و بارگیری فسفات
NH ₃ , NO ₂	راکتور آمونیوم نیترات
هیدروکربن	واحد مایعات گاز طبیعی NGL ^۵
هیدروکربن (HC + VOC) ^۷	برج خنک‌کننده
هیدروکربن (HC + VOC)	سیستم پساب
1- Steam crackers 2- Steam reforming 3- Monomer 4- Curing 5- Natural Gas Liquids 6- Volatile organic compound 7- Hydrocarbon	

۳-۴ گازهای گلخانه‌ای

گازهای گلخانه‌ای آلاینده هوا نبوده اما انتشار آنها منجر به گرمایش زمین و تغییر اقلیم می‌شود. پتانسیل انتشار برخی از گازهای گلخانه‌ای در این زیربند ذکر شده است.

الف- دی‌اکسید کربن: از طریق سوزاندن سوخت‌های فسیلی (مانند: زغال سنگ، گاز طبیعی و نفت)، زباله‌های جامد، درختان و سایر مواد بیولوژیکی و همچنین در نتیجه واکنش‌های شیمیایی خاص (به‌عنوان مثال: تولید آمونیاک از گاز طبیعی) وارد جو می‌شود. در صنعت نفت از سوخت‌های فسیلی استفاده شده و برخی از فرایندها تولیدکننده این گاز هستند؛

ب- متان: در طول تولید، حمل و نقل زغال سنگ، گاز طبیعی و نفت منتشر می‌شود. انتشار متان همچنین ناشی از دامداری‌ها و سایر شیوه‌های کشاورزی، استفاده از زمین و از بین رفتن زباله‌های آلی در محل‌های دفن زباله‌های جامد است؛

پ- نیتروژن اکسید: در طول فعالیت‌های کشاورزی مانند استفاده از زمین و فعالیت‌های صنعتی مانند احتراق سوخت‌های فسیلی و زباله‌های جامد و همچنین در هنگام تصفیه پساب منتشر می‌شود؛

ت- گازهای فلوئوردار: هیدروفلوئوروکربن‌ها، پرفلوئوروکربن‌ها، هگزا فلوراید گوگرد و تری فلوراید نیتروژن گازهای گلخانه‌ای مصنوعی و قدرتمندی هستند که از انواع کاربردها و فرایندهای خانگی، تجاری و صنعتی منتشر می‌شوند. گازهای فلوئوردار معمولاً در مقادیر کمتری نسبت به سایر گازهای گلخانه‌ای منتشر می‌شوند، اما آن‌ها پتانسیل‌های گرمایش جهانی (GWP)^۱ بیشتری دارند.

۵ حدود مجاز

حدود مجاز انتشار و مواجهه با آلاینده‌های هوا باید مطابق دستورالعمل‌های مرجع ذیصلاح تعیین شده باشد، (به مراجع ۱ تا ۴ کتابنامه مراجعه شود).

حدود مجاز مواجهه شغلی به غلظت آلاینده‌های هوا بر دوشیمیایی اشاره داشته و شرایطی را بیان می‌کند که اگر کارکنان به‌طور مداوم و به شکل روزانه در طول مدت زمان سنوات کاری خود با آن مواجهه داشته باشند، تقریباً از تأثیرات زیان‌آور این مواد مصون خواهند ماند.

یادآوری ۱- استاندارد کیفیت هوای آزاد در مرز واحد صنعتی و نواحی مسکونی اطراف آن برگرفته از استاندارد هوای آزاد EPA^۲ توسط مرجع ذیصلاح ابلاغ می‌شود. برابر این روش با کمک پایش محیطی یا مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌ها می‌توان میزان غلظت آلاینده‌های هوا ناشی از انتشار از منابع آلاینده به نواحی اطراف را مشخص کرد.

یادآوری ۲- کلیه کارخانجات و واحدهای صنعتی ملزم به رعایت دستورالعمل‌های مرتبط با گازهای گلخانه‌ای، محاسبه انتشار، گزارش‌دهی و حدود مجاز استانداردهای خروجی مطابق مراجع ۱ تا ۴ کتابنامه، ابلاغی از مراجع ذیصلاح هستند.

۶ پایش آلاینده‌های هوا

پایش آلاینده‌های هوا در دو بخش هوای محیط و خروجی تجهیزات انجام می‌شود. میزان پایش‌شده باید کمتر از حدود مجاز ذکر شده در بند ۵ باشد.

۶-۱ روش‌های مرجع پایش آلاینده‌های هوا

روش‌های مرجع و مورد تایید پایش آلاینده‌های هوا در هر بخش از صنعت نفت بر اساس نوع واحد و تجهیزات فرایندی، مطابق بند ۷ باشد.

1- Global Warming Potential

2- <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

۲-۶ تجهیزات مرجع پایش آلاینده‌های هوای محیط

به‌منظور پایش آلاینده‌های هوای محیط لازم است از تجهیزات مرجع و کالیبره مورد تایید مراجع ذی‌صلاح قانونی استفاده شود. [3].

۳-۶ پایش مرزی بنزن^۱

مالک یا بهره‌بردار یک مجتمع صنعتی (اعم از تولیدی، ذخیره‌سازی یا خدماتی مانند تصفیه‌خانه) که در آن پتانسیل انتشار آلاینده بنزن وجود دارد، لازم است این آلاینده را روی مرز عملیاتی خود پایش نموده و اقدامات لازم را مبنی بر عدم تجاوز غلظت این آلاینده روی مرز از $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ انجام دهد [4].

۷ الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا

مالک یا بهره‌بردار تأسیسات در صنعت نفت باید اطمینان حاصل کند که تمامی تجهیزات و دستگاه‌های کنترلی به‌نحوی طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرند که استانداردهای انتشار آلاینده‌های هوا، استاندارد کیفیت هوای محیط و حدود مواجهه شغلی رعایت شود. در این بند برخی از الزامات برای بخش‌های مختلف صنعت نفت ارائه شده است. همچنین در پیوست الف به‌منظور راهنمایی برخی توضیحات در این زمینه ارائه شده است.

۱-۷ الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از واحدهای تولید نفت و گاز طبیعی

در واحدهای تولید نفت و گاز، برای ونت‌های فرآیندی^۲ و نشت از مخازن و تجهیزات، مالک یا بهره‌بردار باید از الزاماتی که مورد تایید مراجع ذی‌صلاح قانونی است استفاده کند [5]. در این زیربند برخی از الزامات کلی ارائه شده است.

۱-۱-۷ الزامات ونت فرآیندی واحدهای تولید نفت و گاز طبیعی

مالک یا بهره‌بردار باید ونت فرآیندی واحد خود را به فرایند برگردانده یا به یک دستگاه کنترلی هدایت کند تا ۹۵٪ جرمی آلاینده‌های خطرناک هوا (به جدول پ-۱ پیوست پ مراجعه شود) از جریان حذف شود. همچنین انتشار بنزن باید کمتر از 0.9 ton در سال باشد. حد مجاز انتشار مجموع آلاینده‌های بنزن، تولوئن، اتیلن بنزن و زایلن (BTEx)^۲ مطابق با فرمول ۱ محاسبه می‌شود.

$$EL_{BTEx} = 4,66 \times 10^{-4} \times \text{Throughput} \times C_{i,BTex} \times 365 \frac{\text{days}}{\text{year}} \times \frac{1 \text{ton}}{10^6 \text{grams}} \quad (1)$$

1- Fence line monitoring
2- Process Vent

که در آن:

EL_{BTEX} حد مجاز انتشار آلاینده‌های BTEX برحسب تن بر سال؛

$$4,66 \times 10^{-4} \text{ حد مجاز انتشار آلاینده‌های BTEX برحسب } \frac{gramBTEX}{standard \text{ cubic meter} - ppmv} ;$$

$Throughput$ میانگین سالانه میزان توان عملیاتی روزانه گاز طبیعی برحسب استاندارد مترمکعب بر روز؛

$C_{i,BTEX}$ میانگین سالانه غلظت BTEX گاز طبیعی در ورودی واحد برحسب ppmv است.

۷-۱-۲ الزامات کنترل نشت از مخازن و تجهیزات واحدهای تولید نفت و گاز طبیعی

مالک یا بهره‌بردار یک مخزن با پتانسیل نشت باید مخزن را با پوششی مانند سقف شناور یا ثابت پوشش داده و بخارها را به فرایند یا یک دستگاه کنترلی هدایت کند.

در خطوطی که دارای آلاینده‌های خطرناک هوا بیش از ۱۰٪ وزنی هستند، باید عملیات شناسایی و رفع نشت (LDAR)^۱ با حد مجاز ۵۰۰ ppm برای همه تجهیزات از جمله کمپرسور (فشرده ساز)، پمپ، شیر، اتصالات انجام شود.

۷-۲ الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از پالایشگاه نفت

برای کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از پالایشگاه نفت، الزاماتی برای ونت فرایندی، مخازن ذخیره‌سازی، پساب، نشت از تجهیزات و عملیات بارگیری وجود دارد و باید مالک یا بهره‌بردار پالایشگاه نفت از آن استفاده کند [6]. در این زیربند برخی از الزامات کلی ارائه شده است.

۷-۲-۱ الزامات مربوط به ونت فرایندی پالایشگاه نفت

مالک یا بهره‌بردار یک پالایشگاه نفت باید ونت فرایندی را به‌منظور کاهش آلاینده‌های خطرناک به سوزاننده یا یک دستگاه کنترلی هدایت کند. در صورت استفاده از دستگاه کنترلی، آلاینده‌های خطرناک هوا در خروجی دستگاه باید ۹۸٪ وزنی کاهش یافته یا غلظت آنها کمتر از ۲۰ ppmv اصلاح شده با ۳٪ اکسیژن (هر کدام که کمتر است) باشد و جریان به مرکز شعله منتقل شود.

در زمان شروع به کار، توقف^۲ فرایند و تعمیرات، ونت باید به نحوی انجام شود که غلظت بخارها در محیط، کمتر از ۱۰٪ حد پایین انفجار (LEL)^۳ باشد. در صورت عدم وجود تجهیزات سنجش LEL، فشار سیال در تجهیز متصل به ونت باید کمتر از ۳۴ KPa (۵ psig) باشد.

1- Leak Detection And Repair
2- Shutdown
3- Lower Explosive Limit

۲-۲-۷ الزامات مربوط به مخازن ذخیره‌سازی پالایشگاه نفت

برای کنترل انتشار آلاینده‌های خطرناک هوا از مخازن ذخیره‌سازی، مالک یا بهره‌بردار باید موارد زیر را رعایت کند.

– مخزن دارای یک سقف ثابت با یک سامانه تهویه بسته و هدایت جریان تهویه به دستگاه کنترلی باشد؛

– مخزن دارای یک سقف ثابت با یک سقف شناور داخلی (که همیشه روی مایع شناور است) باشد؛

– مخزن دارای یک سقف شناور خارجی با نشت‌بند‌های مناسب که مانع از انتشار آلاینده‌های خطرناک هوا به محیط شود؛

– در صورت وجود یک بازشو روی سقف مخزن، این بازشو غیر از موارد موردنیاز، باید همیشه بسته باشد. همچنین لبه سقف شناور از جداره مخزن فاصله نداشته باشد.

۳-۲-۷ الزامات مربوط به پساب پالایشگاه نفت

از انتشار بخارهای مواد درون حوضچه‌های حاوی پساب به محیط باید جلوگیری شود. برای مثال سطح حوضچه پوشش داده شده و بخارهای تجمع‌شده با یک سامانه تهویه بسته به سوزاننده یا یک دستگاه کنترلی مانند پسماندسوز^۱ هدایت شود.

۴-۲-۷ الزامات مربوط به نشت از تجهیزات پالایشگاه نفت

عملیات شناسایی و رفع نشت (LDAR) با حد مجاز ۱۰۰۰ ppm برای همه تجهیزات از جمله کمپرسور، پمپ شیر، اتصالات و غیره انجام شود. برای کمپرسورهایی که بیش از ۱۰٪ نشت داشتند، عملیات هر فصل تکرار شود و همچنین تکرار عملیات برای شیرهای با نشت بیش از ۴٪ به صورت ماهانه، بین ۳٪ و ۴٪ به صورت فصلی، بین ۲٪ و ۳٪ به صورت هر نیم سال و کمتر از ۲٪ به صورت سالانه ضروری است.

۵-۲-۷ الزامات مربوط به عملیات بارگیری نفت و فراورده های نفتی

بخارهای حاصل از بارگیری نفت و فراورده های نفتی باید به خط برگشت داده شده یا به سوزاننده هدایت شود.

۳-۷ الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از تاسیسات توزیع بنزین و فراورده های نفتی

انتشار بخارات بنزین و سایر فراورده های نفتی از عملیات تخلیه و بارگیری و مخازن ذخیره‌سازی در زمینه آلودگی هوا حائز اهمیت است و لازم است مالک یا بهره‌بردار به‌منظور کنترل انتشار از الزامات مرتبط استفاده کند [7]. در این زیربند برخی از الزامات بیان شده است.

1- Incinerator

بازوهای بارگیری باید دارای سامانه جمع‌آوری بخارها باشد، به نحوی که انتشار بخارها از ۱۰ mg به ازای هر لیتر بنزین بیشتر نشود. بارگیری باید به نحوی انجام شود که فشار بخارها درون مخزن تانکرها کمتر از مقدار مجاز اعلام شده توسط سازنده باشد.

مالک یا بهره‌بردار مخازن بنزین و جایگاه توزیع سوخت، باید علاوه بر اجرای سازوکار سامانه کاهش، هدایت، انتقال و بازیافت بخارهای بنزین (کهاب)، حداقل به صورت ماهانه از تجهیزات بازرسی کرده و در صورت مشاهده نشت، عملیات تعمیر و برطرف کردن آن را انجام دهد. همچنین در این محل‌ها باید ریزش بنزین به حداقل رسیده و در صورت ریزش در سریع‌ترین زمان عملیاتی تمیز شده و ظروف باز نگهداری بنزین با واشر نشت بندی حفاظت شود.

۴-۷ الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از تجهیزات انتقال و ذخیره‌سازی گاز طبیعی

در فرایند انتقال و ذخیره‌سازی گاز طبیعی، الزاماتی که در مدارک معتبر و مورد تایید مراجع ذی‌صلاح قانونی برای کنترل انتشار از ونت و نشت از مخازن و تجهیزات ارائه می‌شود باید توسط مالک یا بهره‌بردار رعایت شود [8].

۱-۴-۷ الزامات مربوط به ونت در فرایند انتقال و ذخیره‌سازی گاز طبیعی

مالک یا بهره‌بردار باید ونت فرایندی واحد خود را به فرایند برگردانده یا به یک دستگاه کنترلی هدایت کند. همچنین انتشار بنزن باید کمتر از ۰/۹ ton در سال باشد. حد مجاز انتشار مجموع آلاینده‌های BTEX مطابق با فرمول ۲ محاسبه می‌شود.

$$EL_{BTEX} = 5,44 \times 10^{-4} \times Throughput \times C_{i,BTEX} \times 365 \frac{days}{year} \times \frac{1ton}{10^6 grams} \quad (۲)$$

EL_{BTEX} حد مجاز انتشار آلاینده‌های BTEX بر حسب تن بر سال؛

$5,44 \times 10^{-4}$ حد مجاز انتشار آلاینده‌های BTEX بر حسب $\frac{gramBTEX}{standard cubic meter - ppmv}$ ؛

$Throughput$ میانگین سالانه میزان توان عملیاتی روزانه گاز طبیعی بر حسب استاندارد مترمکعب بر روز؛

$C_{i,BTEX}$ میانگین سالانه غلظت BTEX گاز طبیعی در ورودی واحد بر حسب $ppmv$

۲-۴-۷ الزامات مربوط به بازرسی از تجهیزات کنترلی فرایند انتقال و ذخیره‌سازی گاز طبیعی

مالک یا بهره‌بردار باید بازرسی از تجهیزات کنترلی را مطابق با دستورالعمل و برنامه زمانی سازنده و حداقل هر نیم سال یک بار انجام دهد. همچنین برای تجهیزات سامانه ونت بسته، مانند مفاصل، درزها و سایر

اتصالات، یک بازرسی اولیه نشت انجام داده و پس از آن به صورت سالانه بازرسی چشمی برای شکستگی، سوراخ، فاصله^۱ بین لوله‌ها انجام شود [8].

۷-۵ الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا در مجتمع‌های پتروشیمی

در واحدهای پتروشیمی انتشار آلاینده‌های خطرناک هوا مسأله اصلی در زمینه آلودگی هوا بوده که برای کنترل آن الزاماتی ارائه می‌شود. الزامات کلی برای تجهیزات مختلف در ابتدای این بند آورده شده است. مهمترین الزام هر واحد پتروشیمی که آلاینده‌های خطرناک هوا (به جدول ب-۱ پیوست ب مراجعه شود) در آن وجود دارد، اجرای پروژه نشت‌یابی و تعمیر (LDAR) است. برای برخی فرایندها به دلیل اهمیت بیشتر، زیربندهای مجزایی در نظر گرفته شده است.

۷-۵-۱ کنترل انتشار آلاینده‌های خطرناک هوا از ونت فرایندی در صنعت پتروشیمی

در صورت وجود یک ونت فرایندی در واحدی که حاوی آلاینده‌های خطرناک هوا باشد، لازم است جریان ونت به یک دستگاه کنترلی منتقل شود. دستگاه کنترلی موردنظر برای تخریب آلاینده‌های خطرناک هوا می‌تواند سوزاننده، دیگ (بویلر)، گرم‌کن (هیتر) باشد. غلظت مجموع ترکیب‌های آلاینده‌های خطرناک هوا در جریان نهایی ونت تخلیه‌شده به محیط نباید بیش از ۲۰ ppmv باشد. در صورت وجود ترکیب‌های هالوژن‌دار، قبل از انتقال به دستگاه کنترلی، باید از یک گازشوی^۲ تر استفاده شود [9].

۷-۵-۲ کنترل انتشار آلاینده‌های خطرناک هوا از عملیات بارگیری در صنعت پتروشیمی

بارگیری مواد حاوی ترکیب‌های آلاینده‌های خطرناک هوا باید در یک سیستم بسته انجام شده و هوای محیط با کمک یک سامانه تهویه بسته به دستگاه کنترلی منتقل شود. نازل بارگیری باید درون مایع غوطه‌ور بوده و از پاشیدن مایع درون تانکر یا مخزن اجتناب شود [10].

۷-۵-۳ کنترل انتشار آلاینده‌های خطرناک هوا از مخازن ذخیره‌سازی در صنعت پتروشیمی

جهت کنترل انتشار آلاینده‌های خطرناک هوا از مخازن ذخیره‌سازی می‌توان از موارد زیر استفاده کرد [11].

– مخزن دارای یک سقف ثابت با یک سامانه تهویه بسته و هدایت جریان تهویه به دستگاه کنترلی باشد؛

– مخزن دارای یک سقف ثابت با یک سقف شناور داخلی (که همیشه روی مایع شناور است) باشد؛

– مخزن دارای یک سقف شناور خارجی با نشت‌بندهای مناسب باشد که مانع از انتشار آلاینده‌های خطرناک هوا به محیط شود.

1- Gap

2- Scrubber

۷-۵-۴ کنترل انتشار آلاینده‌های خطرناک هوا از عملیات تصفیه پساب در صنعت پتروشیمی

در تمامی تصفیه‌خانه‌های پسابی که احتمال آلودگی پساب آن‌ها با آلاینده‌های خطرناک هوا وجود دارد نیاز به پوشاندن سطح حوضچه‌های قبل از تصفیه زیستی (بیولوژیکی) با استفاده از یک پوشش ثابت یا سازه‌های هوای فشرده^۱ و استفاده از یک سامانه تهویه بسته که بخارها را به دستگاه کنترلی هدایت نماید، است. بخارهای جمع‌آوری شده باید به یک دستگاه کنترلی (مانند اکسیدکننده، زباله‌سوز، دیگ، گرم‌کن، سوزاننده، گازشوی) هدایت شود. امکان پوشش‌دهی سطح برخی حوضچه‌ها (با تلاطم کم) با پوشش شناور انعطاف‌پذیر نیز وجود دارد [12].

۷-۵-۵ کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از کارخانه تولید پلی‌وینیل کلراید (PVC)^۲ و بسپار^۳

الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از این واحدها، در مدارک معتبر و مورد تایید ارائه شده است، به مرجع [13] کتابنامه مراجعه شود.

۷-۵-۶ کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از فرایند تولید پلیمر و رزین

الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از این واحدها، در مدارک معتبر و مورد تایید ذکر شده است، به مرجع [14] کتابنامه مراجعه شود.

۷-۵-۷ کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از فرایند تولید فسفریک اسید

به‌منظور کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از فرایند تولید فسفریک اسید در واحدهای پتروشیمی، به مدارک معتبر و مورد تایید مراجعه شود، به مرجع [15] کتابنامه مراجعه شود.

۷-۵-۸ کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از فرایند تولید کود شیمیایی فسفات

به‌منظور کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از فرایند تولید کود شیمیایی فسفات در واحدهای پتروشیمی، به مدارک معتبر و مورد تایید مراجعه شود، به مرجع [16] کتابنامه مراجعه شود.

۷-۵-۹ کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از فرایند تولید اتیلن

به‌منظور کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از فرایند تولید اتیلن در واحدهای پتروشیمی، به مدارک معتبر و مورد تایید مراجعه شود، به مرجع [17] کتابنامه مراجعه شود.

1- Air-supported structure
2- Polyvinyl chloride
3- Copolymer

۶-۷ الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از عملیات بارگیری مخازن دریایی

نشت آلاینده‌های خطرناک هوا در عملیات بارگیری مخازن دریایی نیاز به کنترل داشته که لازم است مالک یا بهره‌بردار از مدارک معتبر و مورد تایید استفاده کند، به مرجع [18] کتابنامه مراجعه شود.

مخازن مستقر در ساحل و مخازن کشتی باید مجهز به سامانه جمع‌آوری بخار بوده که از ونت بخارها به محیط جلوگیری شود. بخارهای جمع‌آوری شده باید به مخزن اولیه برگشت داده شده یا به یک دستگاه کنترلی برای کاهش آلاینده‌های هوا تا ۹۵٪ وزنی، هدایت شود.

۷-۷ الزامات کنترل انتشار آلاینده‌های هوا از واحدهای کراکینگ و تبدیل کاتالیست و بازیابی گوگرد

نشت آلاینده‌های خطرناک هوا در این واحدها نیاز به کنترل داشته که لازم است مالک یا بهره‌بردار از مدارک معتبر و مورد تایید برای این منظور استفاده کند، به مرجع [19] کتابنامه مراجعه شود. همچنین در واحد بازیابی گوگرد (فرایند کلاوس^۱ یا سایر روش‌ها) به منظور کاهش افزایش بازدهی جذب گوگرد و کاهش تولید آلاینده دی اکسید گوگرد، لازم است قبل از پسماندسوز یا اکسیدکننده از روش‌هایی مانند سوپرکلاوس، AGE^۲ و TGTU^۳ استفاده شود.

1- Claus process

2- Acid Gas Enrichment

3- Tail Gas Treatment Unit

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

روش های پیشنهادی کنترل آلاینده ها

روند انتخاب روش های کنترلی آلودگی هوا در جدول الف-۱ ارائه شده است. همه این مراحل، مورد نیاز برای همه پروژه ها نبوده و تنها می توان از موارد مناسب استفاده کرد. اولین گام مشخص کردن نیازمندی به تجهیزات کنترلی است. این مسأله از مقایسه انتشار منبع با حدود مجاز انتشار مشخص می شود. برای پروژه های جدید، مهم است تا از رعایت شدن حدود استاندارد در آینده بعد از احداث منبع، اطمینان حاصل گردد. علاوه بر بررسی رعایت شدن استاندارد محیط زیستی، لازم است رعایت حدود مجاز مواجهه کارکنان با عوامل زیان آور نیز بررسی شود.

برای مقایسه حدود انتشار با مقادیر مجاز، تهیه سیاهه انتشار لازم است. در سیاهه انتشار فهرست منابع انتشار به صورت مجزا به همراه نرخ انتشار مشخص می شود. در برخی موارد تخمین انتشار و در برخی موارد اندازه گیری برای این کار لازم است.

در مرحله بعد سیاهه انتشار در مدل سازی پراکنش آلاینده ها برای پیش بینی غلظت سطح زمین در واحد مورد بررسی و نواحی اطراف استفاده می شود. برای غلظت محیطی آلاینده ها نیز مقادیر استاندارد (استاندارد هوای آزاد) موجود بوده که با نتایج پیش بینی مدل سازی مقایسه می شود. در صورت بیشتر بودن غلظت پیش بینی شده نسبت به حدود استاندارد، استفاده از دستگاه کنترلی لازم است. در آخرین گام انتخاب سیستم کنترلی از بین گزینه ها بر اساس مسایل فنی و هزینه است.

جدول الف-۱- روند انتخاب روش کنترل آلودگی هوا

گام اول	شناسایی ضوابط فعلی و آتی که برای نرخ انتشار، غلظت یا تجهیز کنترلی برقرار است که شامل همه ضوابطی می شود که ممکن است روی عملیات تاثیر داشته باشد.
گام دوم	تعیین منابع و تخمین نرخ انتشار آلاینده از هر منبع با روش های محاسباتی یا اندازه گیری برای همه منابع موجود، که شامل منابع جدید یا در طرح های آتی و حتی منابع خارج از واحد عملیاتی می شود.
گام سوم	برای هر آلاینده غلظت محیطی در محل واحد عملیاتی و نواحی اطراف پیش بینی شده و با مقادیر مجاز استاندارد مقایسه شود. پس از آن نواحی متاثر از انتشار آلودگی هوا محل مشخص شود.
گام چهارم	از مقایسه انتشارهای برآورد شده و غلظت های محیطی پیش بینی شده با حدود مجاز، میزان کاهش انتشار مورد نیاز تعیین می شود.
گام پنجم	تعیین پتانسیل گزینه های کنترلی برای کاهش انتشار هر آلاینده همراه با ارزیابی فنی و اقتصادی

الف-۱ اکسیدهای نیتروژن و روش کنترل

اکسیدهای نیتروژن به سه دسته نیتریک اکسید (NO)، نیتروژن دی اکسید (NO₂) و نیتروز اکسید (N₂O) تقسیم می شود. اغلب اکسیدهای نیتروژن منتشر شده در پالایشگاه های نفت و واحدهای پتروشیمی دو دسته اول است. عمده منبع انتشار این آلاینده منابع احتراقی است. غلظت کنترل نشده اکسیدهای نیتروژن منتشره از منابع احتراقی پالایشگاه و پتروشیمی در حدود ۱۰۰ ppm تا ۵۰۰ ppm (۳٪ اکسیژن) است. مقادیر بیشتر از ۳۰۰۰ ppm نیز در برخی منابع مانند موتورهای دیزل موجود است.

گزینه های متعددی برای کنترل انتشار NO_x از طریق تغییرات قبل از احتراق (پیش احتراق)، در فرایند احتراق (درجا) یا بعد از احتراق (پس از احتراق) ارائه می دهند.

آلاینده NO_x با سه سازوکار تشکیل می شود:

۱- اکسایش^۱ نیتروژن مولکولی در هوای احتراق (NO_x حرارتی)؛

۲- اکسایش نیتروژن شیمیایی در سوخت (NO_x سوخت)؛

۳- واکنش های نیتروژن مولکولی با مواد هیدروکربنی تحت شرایط احتراق غنی (NO_x سریع).

بر این اساس، فنون (تکنولوژی های) کنترل NO_x بسته به تغییرات در فرایند احتراق، باید حداقل درجه حرارت شعله، غلظت اکسیژن و میزان نیتروژن سوخت را در نظر بگیرند. تشکیل NO_x نیز به شدت تحت تأثیر ویژگی های فیزیکی واحدهایی است که واکنش احتراق در آنها رخ می دهد (به عنوان مثال، نوع سوخت گاز، مایع یا جامد و کاربردهای خاص فرایند دیگ، گرم کن، توربین گاز نیز در تعیین قابلیت و اثربخشی یک روش کنترل انتشار NO_x نقش دارند).

همانطور که در این بند ذکر شد، هر کدام از منابع انتشار دارای شدت انتشار NO_x خاص خود و سازگاری با نیازهای کنترل مشخصی هستند. به عنوان مثال، موتورهای احتراق داخلی و توربین های گازی غالباً برای هر واحد سوخت سوزانده شده انتشار NO_x بیشتری نسبت به سایر منابع دارند. کنترل برخی منابع آسان تر و کم هزینه تر از منابع دیگر است.

الف-۱-۱ کنترل NO_x برای گرم کن ها و دیگ ها

در صنعت نفت گرم کن ها و دیگ های زیادی وجود دارد که بخش قابل توجهی از انتشار NO_x به این تجهیزات مربوط است. تغییرات پیش از احتراق، به انتخاب سوخت بستگی دارد تا دمای شعله یا غلظت نیتروژن سوخت را محدود کرده و در نتیجه سرعت اکسیداسیون نیتروژن را کاهش دهد.

تغییرات احتراق درجا، بر اساس کاهش دما یا غلظت اکسیژن در شعله است که در نتیجه سرعت واکنش برای تشکیل NO_x کاهش می یابد. برخی از تغییرات، مانند تزریق بخار یا بازچرخش گاز دودکش (FGR)^۲،

1- Oxidation
2- Flue Gas Recirculation

به طور مستقیم برای واحدهای موجود قابل اجرا است. سایر روش‌ها، مانند سوختن NOx کم (LNB)^۱، نیاز به تعویض تجهیزات موجود دارند. LNB ها در طراحی مشعل، مرحله‌بندی ترکیب هوا و سوخت را انجام داده و فنون FGR در کنترل سرعت واکنش NOx موثر است.

روش‌های پس از احتراق معمولاً از آمونیاک (NH₃) یا اوره برای ارتقاء واکنش تشکیل نیتروژن (N₂) بین گونه‌های NH و NOx استفاده می‌کنند. هر دو فناوری کاتالیزوری و غیرکاتالیزوری برای حذف NOx انتخابی توسعه داده شده است. روش غیرکاتالیزوری (کاهش غیرکاتالیزوری انتخابی (SNCR)^۲) معمولاً در دمای گازهای دودکش بین ۸۷۱ °C و ۱۲۰۴ °C اعمال می‌شود. با استفاده از مواد اضافی مانند H₂، دامنه را می‌توان تا ۷۰۴ °C افزایش داد. روش کاتالیزوری (کاهش کاتالیزوری انتخابی (SCR)^۳) را می‌توان در دمای گازهای دودکش بین ۱۷۶ °C و ۵۹۳ °C اعمال کرد. با این حال، در دماهای کمتر از ۲۸۸ °C این فرایند به اتصال میعانات و ذرات حساس است.

جدول الف-۲ گزینه‌های کنترل NOx را برای گرم‌کن و دیگ ارائه می‌دهد. مقرون به صرفه‌ترین گزینه کنترلی هر واحد بستگی به ترکیب سوخت، نرخ اشتعال، نوع تجهیزات، دمای کوره و مشعل دارد. مشعل‌های LNB، روش‌های SNCR و SCR سه گزینه‌ای هستند که اغلب مورد توجه قرار می‌گیرند. LNBها بیشترین کاربرد را تاکنون داشته‌اند. سایر گزینه‌ها از نظر کاربردی یا کاهش NOx محدود هستند و مقرون به صرفه نیستند. برخی از آنها به طور موقت برای حل شرایط کوتاه مدت انتشار NOx بالا (به‌عنوان مثال: کاهش پیش گرمایش هوا) استفاده می‌شوند.

جدول الف-۲- روش کاهش انتشار NOx برای دیگ و گرم‌کن

گزینه پیش از احتراق	- کاهش H ₂ در سوخت - کاهش نیتروژن در سوخت
تغییرات احتراق در محل	- کاهش پیش گرمایش هوا - کاهش هوای اضافی - کاهش استفاده، اگر بیش از ظرفیت طراحی استفاده می‌شود - نصب سامانه بازچرخش گاز دودکش (FGR) - نصب سامانه تزریق بخار - نصب مشعل LNB
پاکسازی پس از احتراق	- نصب سامانه کاهش غیرکاتالیزوری انتخابی (SNCR) - نصب سامانه کاهش کاتالیزوری انتخابی (SCR)

1- Low NOx Burner

2- Selective Non-Catalytic Reduction

3- Selective Catalytic Reduction

الف-۱-۲ کنترل NOx برای توربین گازی

توربین گازی که برای تولید برق یا نیروی محرکه در تاسیسات استفاده می‌شود، مورد خاصی از منبع احتراق عمومی است. بنابراین، فنون کاهش NOx مشابه آنهایی است که برای گرم‌کن و دیگ استفاده می‌شود.

تزریق بخار یا آب که برای کاهش دمای شعله استفاده می‌شود، ساده‌ترین فناوری برای کاهش NOx است. سوزاننده‌های کم NOx (دستگاه‌های احتراق هوای مرحله‌ای، در اصل مشابه LNB برای گرم‌کن و دیگ) در حال حاضر در توربین‌های گازی جدید گنجانده شده‌اند. روش کاهش انتخابی کاتالیزوری (SCR)، با استفاده از NH_3 به‌عنوان کاهنده، اغلب در ترکیب با تزریق بخار، برای دستیابی به انتشار تا ۹ ppmv (اصلاح‌شده به میزان ۱۵٪ O_2) استفاده شده است.

مشابه گرم‌کن و دیگ، انتشار گازهای NOx توربین گاز در هنگام سوزاندن گازهای پالایشگاهی با مقدار H_2 بالا افزایش می‌یابد. استفاده از سوخت حاوی هیدروژن کمتر، دمای شعله و در نتیجه سطح انتشار NOx را کاهش می‌دهد. جدول الف-۳ گزینه‌های کاهش NOx را از توربین‌های گازی خلاصه می‌کند.

جدول الف-۳- روش کاهش انتشار NOx برای توربین گاز

گزینه پیش از احتراق	کاهش H_2 در سوخت
تغییرات احتراق در محل	- افزایش قدرت تولید بخار - نصب سامانه تزریق بخار یا آب - نصب سوزاننده LNB
پاکسازی پس از احتراق	نصب سامانه کاهش کاتالیزوری انتخابی (SCR)
ترکیب سامانه‌های کنترلی	نصب سامانه تزریق بخار و SCR

الف-۱-۳ کنترل NOx برای سوزاننده فرایندی

احیاکننده‌های فرایند شکستن مولکول‌ها در کاتالیست سیال (FCC)^۱ و مشعل کک، احتراق‌هایی هستند که در آنها کک ته‌نشین‌شده بر روی یک بستر ذره‌ای (کاتالیزور یا کک دانه) با هوا یا اکسیژن تماس می‌گیرد تا کاتالیزور را دوباره احیا کند یا حرارت تولید کند. NOx حرارتی این فرایند به‌طور کلی سهم عمده‌ای در انتشار NOx ندارد زیرا دمای احتراق به میزان قابل توجهی سردتر از دمای احتراق دیگ یا گرم‌کن است. با این حال، میزان نیتروژن در کک می‌تواند انتشار قابل توجهی از NOx سوخت را ایجاد کند. در صورت نیاز به کاهش انتشار NOx، نیتروژن‌زدایی خوراک واحد یا گزینه‌های پاکسازی پس از احتراق، یعنی SNCR و SCR نیز در دسترس هستند. گزینه‌های پس از احتراق در احیای FCC استفاده شده، اما در مشعل‌های کک کاربرد ندارد.

الف-۲ ترکیب‌های گوگردی و روش کنترل

ترکیبات گوگرد از آلاینده‌های هوا بوده که به دو دسته اکسیدهای گوگرد و سولفید هیدروژن تقسیم می‌شود که اساس آن عنصر گوگرد بوده و با بوی نامطبوع همراه هست.

الف-۲-۱ کنترل انتشارهای SOx از تجهیزات احتراقی

تشکیل اکسید گوگرد (SOx) تنها با محتوای گوگرد خوراک تعیین می‌شود. بنابراین گزینه‌های کاهش SOx به حذف گوگرد از سوخت قبل از احتراق یا تصفیه گاز دودکش پس از احتراق محدود می‌شود.

الف-۲-۲ کنترل انتشارهای SOx از دیگ و گرم‌کن

استفاده از سوخت‌های حاوی گوگرد کم اولین انتخاب برای کاهش انتشار SOx از منابع احتراق است. سامانه‌های گوگردزدایی پس از احتراق (FGDS)^۱ برای دیگ‌های بزرگ و سوزاننده فرایندی استفاده می‌شود (جدول الف-۴).

تنوع گسترده‌ای از گزینه‌های FGDS وجود دارد و انتخاب اغلب به نوع انتشار ثانویه قابل قبول بستگی دارد. برخی از FGDS که به سامانه‌های دور ریختنی یا یکبار مصرف معروف هستند، ضایعاتی مایع یا جامد تولید می‌کنند که باید مدیریت شود. سایر سامانه‌های FGDS «قابل بازسازی» هستند، یعنی محتوای گوگرد جریان گازها را به شکل قابل استفاده بازیابی می‌کنند و از مواد شیمیایی پاک‌کننده استفاده مجدد می‌کنند و در نتیجه مقدار پسماندهای ثانویه دفع را کاهش می‌دهند.

جدول الف-۴- کنترل‌های انتشار SOx از گرم‌کن و دیگ

گزینه قبل از احتراق	استفاده از سوخت کم گوگرد
پاکسازی پس از احتراق	استفاده از سامانه‌های گوگردزدایی پس از احتراق (FGDS)

الف-۲-۳ کنترل انتشار SOx از سوزاننده فرایندی

کنترل خوراک گوگرد اگرچه برای کاهش انتشار SOx از احیاکننده‌های FCC و مشعل‌های کک موثر است، اما یک گزینه گران‌قیمت محسوب می‌شود. گزینه‌های دیگر شامل هیدروسولفوریزاسیون (HDS)^۲ خوراک و استفاده از نفت خام با گوگرد کمتر است که هیدروسولفوریزاسیون خوراک صرفاً به دلایل محیط‌زیستی توجیه نمی‌شود.

یک واحد FCC، از یک مخزن راکتور و یک مخزن احیاکننده که می‌تواند در شرایط اکسیدکننده کار کند، تشکیل می‌شود. این واحد یک مرحله مجزا برای عملکرد یک فرایند گوگردزدایی جریان گاز احیاکننده ارائه می‌دهد. اکسید فلزی که SO₃ را در شرایط احیاکننده جمع می‌کند، با کاتالیزور چرخش می‌کند و سولفات

1- Flue Gas Desulfurization System

2- Hydrodesulfurization

فلزی را تشکیل می‌دهد که پس از چرخش مجدد به راکتور FCC به سولفید فلز تبدیل می‌شود. استریپر^۱ بخار، سولفید فلز را برای تشکیل هیدروژن سولفید کاهش داده و اکسید فلز را احیا می‌کند. H_2S که به‌طور معمول در راکتور FCCU تشکیل می‌شود به واحد بازیابی گوگرد می‌رود تا به‌عنوان عنصر گوگرد جذب شود. برای تکرار چرخه، اکسید فلز به تولیدکننده بازگردانده می‌شود.

استفاده از FGDS و به‌طور خاص، گازشوی گاز مرطوب (WGS)^۲ گزینه‌هایی برای پاکسازی پس از احتراق از انتشار گازهای احیاکننده کراکینگ کاتالیزوری یا مشعل کک هستند. روش‌های کنترل اکسیدهای گوگرد به صورت خلاصه در جدول الف-۵ درج شده است.

جدول الف-۵- روش‌های کنترل خروجی SO_x از احیاکننده‌های FCCU

گزینه پیش از احتراق	استفاده از کنترل گوگرد خوراک
تغییرات احتراق در محل	استفاده از کاتالیست
پاکسازی پس از احتراق	استفاده از جداکننده گوگرد جریان گاز استفاده از WGS

الف-۳ کنترل انتشار ذرات معلق از تجهیزات احتراقی

تشکیل ذرات، بسیار به سوخت مورد استفاده بستگی دارد. سوخت‌های گازی و تقطیر شده اساساً هیچ ذره‌ای تولید نمی‌کنند و فناوری کنترل عموماً برای این سوخت‌ها مورد نیاز نیست. احتراق روغن‌های سوختی سنگین، گازوئیل، قیرهای کراکر بخار^۳ و سوخت‌های جامد، از جمله کک‌های نفتی، ذرات قابل توجهی منتشر کرده که نیاز به کنترل دارد.

اندازه ذرات و ویژگی‌های فیزیکی از ویژگی‌های مهم موثر بر کنترل انتشار ذرات هستند. کارایی جمع‌آوری تجهیزات کنترل معمولاً با کاهش اندازه ذرات کاهش می‌یابد. عملکرد رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی (ESP)^۴ به مقاومت ذرات بستگی دارد. ذرات مرطوب یا متراکم ممکن است سوراخ‌های فیلترهای کیسه را مسدود کنند.

اندازه تجهیزات حذف ذرات معلق به میزان دبی جریان گاز که باید تمیز شود، بستگی دارد. این مساله اندازه فیزیکی تجهیزات کنترل را تعیین می‌کند و می‌تواند هزینه بسیار بالایی برای هر تن ذرات حذف شده از جریان گاز ایجاد کند.

رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی (ESP) کاربردی‌ترین وسیله کنترلی برای کاهش بار ذرات ناشی از احتراق‌هایی است که با روغن‌های باقی‌مانده یا قیرهای کراکر همراه هستند. ESPها ذرات بزرگتر از $0.5 \mu m$ را حذف

1- Stripper
2- Wet Gas Scrubber
3- Steam crackers
4- Electrostatic Precipitator

می‌کنند. سیکلون‌ها یا جمع‌کننده‌های مکانیکی برای حذف بارهای زیاد ذرات بزرگتر (به‌طور کلی ذرات بزرگتر از $5\text{ }\mu\text{m}$ قطر) موثرترین وسیله کنترلی هستند. فیلترهای پارچه‌ای به‌طور کلی برای حذف ذرات ریز (کمتر از $1\text{ }\mu\text{m}$) موثرتر از سایر فناوری‌ها هستند. با این حال، فیلترهای پارچه‌ای مستعد مسدود شدن به‌وسیله روغن هستند و برای جریان گاز حاصل از سوخت‌های مایع استفاده نمی‌شوند. اگر علاوه بر ذرات، SOx نیز باید حذف شود، دستگاه‌های گازشوی ونتوری مناسب هستند. بنابراین WGS یک دستگاه کنترل ایده‌آل برای انتشار گازهای احیاکننده FCCU است.

جدول الف-۶ کنترل‌های پیش از احتراق و پس از احتراق برای انتشار ذرات را نشان می‌دهد. مزایا و معایب تجهیزات کنترل در جدول الف-۷ آورده شده است.

جدول الف-۶- کنترل‌های مربوط به انتشار ذرات

گزینه پیش از احتراق	استفاده از سوخت تمیزتر (با ذرات کمتر) مانند گاز طبیعی یا پالایشی
پاکسازی پس از احتراق	استفاده از سیکلون (جمع‌کننده مکانیکی - محدود به ذرات درشت) استفاده از رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی (ESP) استفاده از گازشوی ونتوری استفاده از فیلتر پارچه‌ای

جدول الف-۷- مزایا و معایب تجهیزات کنترلی برای انتشار ذرات

تجهیز کنترلی	مزایا	معایب
سیکلون	- هزینه ساخت پایین؛ - نیاز به محل اجرای کوچک؛ - حداقل نیاز به نگهداری و تعمیر؛ - جمع‌آوری و دفع به صورت خشک؛ - حداقل خوردگی و زنگ‌زدگی؛ - افت فشار کم، معمولاً 50 mm wg تا 150 mm wg؛ - محدودیت‌های فشار و دما فقط مربوط به مصالح ساختمانی است.	- جمع‌آوری ذرات تر مشکل است؛ - بازدهی پایین برای حذف ذرات ریز؛ - تجمع ذرات معلق ممکن است خطر انفجار داشته باشد.
رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی (ESP)	- هزینه عملیاتی پایین؛ - حداقل هزینه نگهداری؛ - جمع‌آوری و دفع به صورت خشک؛ - افت فشار کم، معمولاً 13 mm wg؛ - بازدهی حذف بالا برای ذرات درشت و ریز؛	- هزینه بالای سرمایه‌گذاری؛ - نیاز به فضای اجرای بزرگ؛ - بازدهی حذف پایین برای ذرات با مقاومت بسیار بالا/پایین؛ - تجمع ذرات معلق ممکن است خطر انفجار داشته باشد؛

تجهیز کنترلی	مزایا	معایب
	- عملیات تحت فشارهای بالا MPa ۱/۰۳ (تا ۱۵۰ psi یا شرایط خلأ و دمای بالا °C ۷۰۰).	- تجمع ذرات ممکن است عملکرد واحد را کاهش دهد؛ - حساس به نوسانات در شرایط جریان گاز؛ - احتیاط‌های ایمنی ویژه در مورد تجهیزات ولتاژ بالا مورد نیاز است؛ - تصفیه پساب برای ESPهای تر مورد نیاز است.
گازشوی تر (WGS)	- هزینه سرمایه‌گذاری پایین؛ - نیاز به فضای اجرای کوچک؛ - حذف ذرات و گازها؛ - سازگار با جریان با دما یا رطوبت بالا.	- نیاز به توان بالا (جریان گاز با فشار بالا می‌تواند هزینه‌های توان را کاهش دهد)؛ - جمع‌آوری و دفع به صورت تر؛ - نیاز به تصفیه پساب؛ - خوردگی و زنگ‌زدگی؛ - افت فشار بالا؛ - تجمع ذرات معلق در سطح مرطوب/خشک ممکن است یک مشکل باشد؛ - کدورت دود خروجی.
فیلتر پارچه‌ای	- جمع‌آوری و دفع به صورت خشک؛ - حداقل خوردگی و زنگ‌زدگی؛ - بازدهی بالای حذف ذرات - درشت و ریز (زیر میکرون)؛ - فیلترهای فیبری یا دانه‌ای انتخاب شده، حذف دوده‌های زیرمیکرونی و آلاینده‌های گازی را با بازدهی بالا تسهیل می‌کند؛ - بازده و افت فشار نسبتاً تحت تأثیر نوسانات زیاد بارهای ذرات ورودی برای فیلترهایی که مدام تمیز می‌شود، قرار ندارد.	- هزینه فیلتر بالا برای دمای بیش از °C ۲۸۸؛ - هزینه نگهداری بالا؛ - ممکن است نیاز به تعمیر و شستشوی پارچه باشد؛ - افت فشار متوسط، معمولاً ۱۰۰ mm تا ۲۵۰ mm wg؛ - تجمع ذرات معلق ممکن است خطر انفجار داشته باشد.

الف-۴ هیدروکربن‌ها، ترکیبات آلی فرار و روش کنترل

از آنجا که پالایشگاه‌ها و پتروشیمی‌ها مقادیر زیادی از ترکیب‌های آلی فرار (VOC) را در بردارند، برخی از انتشارهای این ترکیب‌ها در طول عملیات عادی ایجاد می‌شوند. بزرگترین منبع VOC معمولاً نشت از تجهیزات است (مثل: شیر، فلنج، اتصالات، پمپ، کمپرسور و خطوط لوله).

بسیاری از هیدروکربن‌ها، ترکیبات آلی فرار (VOCs) هستند و با NOx در تشکیل ازن نقش دارند. علاوه بر این، نگرانی در مورد خطر قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی در کوتاه‌مدت و بلندمدت باعث تمرکز بر

انتشار مواد شیمیایی «سمّی» شده است. در این بند منابع این انتشارها و روش‌های کنترلی قابل اجرا شرح داده می‌شود.

در جدول الف-۸ منابع اصلی انتشار هیدروکربن به هوا از واحدهای فرایندی نشان داده شده است. درصد نسبی بسته به فرایندهای خاص مورد استفاده و نوع کنترل‌های انتشار نصب شده متفاوت است. تقریباً در همه موارد، نشت از تجهیزات بزرگترین منبع انتشار هیدروکربن‌ها و سموم هوا هستند. در مکان‌هایی با امکانات بارگیری با حجم زیاد مانند اسکله‌ها یا محل‌های بارگیری محصولات، انتشار ناشی از بارگیری نیز ممکن است زیاد باشد. در واحدهایی که دارای انتشار بارگیری زیاد و کنترل نشده هستند، سهم بارگیری حتی ممکن است بیش از سهم نشت از تجهیزات باشد. انتشار آلاینده از مخازن و تصفیه پساب معمولاً کمتر از نشت و بارگیری است.

کاربردی‌ترین و اقتصادی‌ترین سامانه کنترل منبع انتشار به میزان کنترل‌های موجود و سطح انتشار هدف بستگی دارد. همچنین هزینه‌های هر طرح می‌تواند بسیار متفاوت باشد. جدول الف-۹ گزینه‌هایی را برای کنترل انتشار گازهای هیدروکربنی و سموم هوا بیان می‌کند.

جدول الف-۸- منابع عمده انتشار هیدروکربن به هوا از واحدهای فرایندی

منبع	درصد انتشار
نشت از تجهیزات	۵۰ تا ۶۰
بارگیری	۲۰ تا ۳۰
تصفیه پساب	۱۰ تا ۱۵
مخازن ذخیره‌سازی	۱۰ تا ۱۵
ونت فرایندی	بر اساس فرایند واحد

جدول الف-۹- گزینه‌های کنترل برای هیدروکربن و سموم هوا

روش کنترلی	منبع انتشار
- برنامه بازرسی نشت و تعمیر (LDAR)^۱؛ - نصب نشت‌بند جدید در شیرها؛ - افزایش تعداد نشت‌بند پمپ‌ها به چند نشت‌بند^۲؛ - تعمیر شیر «برخط»^۳؛ - هدایت جریان شیرهای اطمینان به سوزاننده.	نشت مواد فرّار
- نصب سامانه تعادل بخارها؛ - نصب سامانه بازیافت/تخریب بخارها؛ - نصب سقف شناور داخلی.	انتشار از مخازن با سقف ثابت
- بررسی شرایط نشت‌بند موجود و تعمیر آن در صورت لزوم؛ - کنترل انتشار از اتصالات سقف؛	انتشار از مخازن با سقف شناور خارجی

منبع انتشار	روش کنترلی
	- نصب پوشش برای شکاف پایه‌های نگهدارنده؛ - نصب نشت بند^۴ ثانویه؛ - جایگزینی با مخزن سقف شناور داخلی؛ - نصب سامانه بازیافت/تخریب بخارها.
انتشار از مخازن با سقف شناور داخلی	- بررسی شرایط نشت بند موجود و تعمیر آن در صورت لزوم؛ - کنترل انتشار از اتصالات سقف؛ - نصب نشت بند ثانویه؛ - نصب سامانه بازیافت/تخریب بخارها.
انتشار از تصفیه پساب	- کاهش حجم پساب و غلظت مواد آلی؛ - بهینه‌سازی عملکرد استریپر؛ - نصب سامانه توقف انتشار پساب؛ - کاهش نواحی تماس آب و هوا (با پوشاندن، محصور کردن با نیتروژن و غیره)؛ - جایگزین کردن جداکننده API^۵ با CPI^۶ پوشانده شده.
انتشار از بارگیری	- استفاده از بارگیری غوطه‌ور به جای بارگیری ریزی؛ - استفاده از سامانه تعادل بخار هنگام بارگیری؛ - نصب سامانه بازیافت/تخریب بخارها.
1- Leak Detection and Repair 2- Multi seal 3- On line 4- Rim seal 5- American Petroleum Institute 6- Corrugated Plate Interceptor	

الف-۴-۱ کنترل نشت مواد فرّار

انتشارهای فرّار، که به‌عنوان «نشت تجهیزات» نیز شناخته می‌شوند عبارت است از: نشت از شیرها، فلنچ‌ها، مهر و موم‌های پمپ و کمپرسور، شیرهای اطمینان فشاری و دیگر اجزای لوله‌کشی که در هر واحد فرایندی قرار دارند. اگرچه این نشت‌ها گاهی با چشم تشخیص داده می‌شوند، اما اغلب با تجهیزات تشخیص حساس گاز در مجاورت نقطه نشت شناسایی می‌شوند. وقتی مهندسان محیط‌زیست به میزان انتشار گازهای فرّار اشاره می‌کنند، معمولاً از مقادیر ppm اندازه‌گیری شده با این ابزارها استفاده می‌شود.

اگرچه نشت مواد فرّار از یک تجهیز در بیشتر موارد بسیار کم است، اما تعداد بسیار زیادی از تجهیزات در سراسر یک واحد فرایندی وجود دارد. به‌همین دلیل است که نشت از تجهیزات معمولاً بزرگترین منبع انتشار هیدروکربن‌ها و سموم هوا هستند. تقریباً نیمی از انتشار مواد فرّار ناشی از شیرها است. فلنچ‌ها و اتصالات بزرگترین منابع بعدی هستند.

مقرون به صرفه‌ترین اقدام کنترل برای کاهش انتشار گازهای فرار، شروع برنامه بازرسی و نگهداری (I&M)^۱ (همچنین به‌عنوان تشخیص و تعمیر نشت (LDAR) یا پایش و نگهداری (M&M)^۲) است. برای واحدهایی که هیچ‌گونه کنترل فعلی ندارند، ایجاد برنامه سالانه I&M ممکن است در مواردی میزان نشت را بیش از مقادیر دیده شده در برنامه کاهش دهد.

در یک برنامه I&M از یک ابزار تشخیص گاز حساس برای نمونه‌برداری از هر یک از تجهیزات به صورت جداگانه برای تعیین غلظت هیدروکربن‌ها در مجاورت نقطه احتمالی نشت استفاده می‌شود (به‌عنوان مثال: پوشش روی شیرها یا نشت‌بند روی پمپ‌ها). اگر دستگاه غلظت هیدروکربن‌ها را بیشتر از سطح «نشت» از پیش تعیین‌شده تشخیص دهد، نیاز به تعمیر تجهیزات است. تعریف معمولی از سطح «نشت» بستگی به ضوابط محلی دارد، اما غلظت ۱۰۰۰۰ ppm سطح نشتی است که به‌طور گسترده پذیرفته شده است. در برخی از سایت‌های نفتی دنیا، تعریف «نشت» تا ۱۰۰ ppm تعیین می‌شود. فنون جدیدی در حال توسعه است تا تلاش‌های LDAR بر روی چند تجهیز که بیشترین نشتی را دارند متمرکز شود. این عمل «تشخیص و تعمیر نشت هوشمند»^۳ نامیده شده است.

تعمیرات شیرآلات شامل سفت کردن غلاف پوشش برای فشرده‌سازی بیشتر پوشش است (غلاف پوشش نباید آنقدر سفت شود که مانع حرکت میله شیر شود). اگر این تلاش موفقیت‌آمیز نبود، پس از آنکه شیر از سرویس خارج شد، پوشش آن با یک پوشش «کم انتشار» جایگزین شود. در مواردی که میله شیر خوردگی داشته باشد یا مشکلات مکانیکی دیگری وجود داشته باشد، در تعمیر بعدی نیاز به تعویض سوپاپ است. انتشار از پمپ با استفاده از طرح چند نشت‌بند با مانع سیال کاهش یابد یا اساساً با استفاده از طرح «کند»^۴ یا درایو مغناطیسی حذف شود.

الف-۴-۲ کنترل انتشار از مخازن

انتشار گازها از مخازن ذخیره‌سازی نتیجه پر و خالی شدن، تغییرات دما و فشار و عبور جریان هوا از اطراف مخزن است. میزان انتشارها بستگی به ساختار مخزن، مواد ذخیره‌شده و هواشناسی محلی دارد. مهمترین مخازن ذخیره‌سازی مایعات نفتی قابل استفاده شامل سقف ثابت؛ سقف شناور خارجی؛ و سقف شناور داخلی است.

مخازن سقف ثابت از یک پوسته استوانه‌ای تشکیل شده و با یک سقف ثابت پوشانده شده است. یک حجم گاز در بالای مایع ذخیره شده در مخزن سقف ثابت وجود دارد. سازوکار اصلی انتشار گازهای مخزن سقف ثابت از بخارهای اشباع هیدروکربوری است که با افزودن مایع خارج می‌شوند. سازوکار انتشار دیگر، هرچند که معمولاً کوچکتر است، ناشی از تغییرات دما و فشار بوده که باعث تغییر حجم در فضای بخار مخزن

1- Inspection and Maintenance
2- Monitoring and Maintenance
3- Smart LDAR
4- Canned

می‌شود. در طی این تغییرات، هوا ممکن است به داخل مخزن جاری شده، از هیدروکربن‌ها اشباع‌شده و سپس خارج شود.

کنترل‌های انتشار برای مخازن سقف ثابت شامل تعادل بخار، تبدیل به مخزن سقف شناور داخلی و نصب سامانه بازیابی یا تخریب بخار است. تعادل بخار شامل انتقال بخار است که در هنگام پُرشدن مخزن به منبع ورودی مایع منتقل می‌شود. نصب سقف شناور، مخزن سقف ثابت را به سقف شناور داخلی تبدیل می‌کند. جمع‌آوری بخارها برای بازیابی یا تخریب موثرترین (هر چند معمولاً پرهزینه‌ترین) روش کنترل برای مخازن سقف ثابت است.

مخازن سقف شناور شامل پوسته استوانه‌ای با سقفی است که در بالای مایع شناور است و با تغییر سطح مایع در مخزن بالا و پایین می‌رود.

در مخزن سقف شناور داخلی، یک سقف ثابت در بالای مخزن نیز وجود دارد. سازوکار اصلی انتشار از طریق تبخیر از بازشوهای سقف شناور (اتصالات سقف) و فاصله بین نشت بند و دیواره مخزن است. سازوکار دیگر، هر چند معمولاً کوچکتر است، تبخیر مایع است که از روکش دیواره و پایه‌های مخزن، هنگام پایین آمدن سقف منتشر می‌شود.

اولین گام در کنترل انتشار از مخازن سقف شناور، بازرسی وضعیت نشت‌بندی حلقه اولیه برای فضای زیاد بین نشت‌بند و دیواره مخزن و تعمیر یا تعویض آن در صورت نیاز است. سایر کنترل‌های انتشار شامل نصب نشت‌بند حلقه ثانویه، جایگزینی یک بخاربند به جای نشت‌بند مایع و کنترل تلفات ناشی از اتصالات سقف است. مخازن سقف شناور داخلی را می‌توان جایگزین مخازن سقف شناور خارجی کرد تا میزان انتشار گازهای ناشی از وزش باد کاهش یابد. کنترل‌های نصب سقف شامل افزودن واشر برای بازشوهای پایه نگهدارنده، دریچه‌های اندازه‌گیری، بازشوهای دسترسی و همچنین پیچ و مهره دریچه‌ها است. اگر از بازشوی شکاف‌دار پایه نگهدارنده استفاده می‌شود، نصب یک روکش در اطراف پایه می‌تواند انتشار گازهای مخزن را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. بازشوی پایه نگهدارنده شکاف‌دار «کنترل‌نشده» منبع انتشار نسبتاً بزرگی است.

الف-۴-۳ کنترل انتشار از بارگیری

انتشار گازهای خروجی از بارگیری کشتی‌ها، لنج‌ها، تانکرهای ریلی و کامیونی در اثر جابجایی حجم بخار به دلیل افزودن حجم مایع اتفاق می‌افتد که از برخی جهات شبیه به انتشار گازهای ناشی از پُر شدن مخزن سقف ثابت است. مقدار و ترکیب بخار جابجا شده بستگی به مواد قبلی موجود، هرگونه تمیز کردن قبل از بارگیری، بارگیری مواد جدید، روش بارگیری و استفاده از هرگونه دستگاه جمع‌آوری یا کنترل بخار دارد. بخارهایی که در حین بارگیری جابجا می‌شوند از دو جزء تشکیل شده است در ابتدا، آنها عمدتاً بخارهایی هستند که در اثر تبخیر محصول قبلی ایجاد می‌شوند (مگر اینکه ظرف نگهدارنده یا محفظه پس از تخلیه تمیز شود). بعداً در فرایند بارگیری، انتشارها عمدتاً بخارهایی هستند که در حین بارگیری مایع جدید ایجاد می‌شوند.

کنترل قابل توجه انتشار در عملیات بارگیری ناشی از کاهش میزان تلاطم ایجادشده هنگام ورود مایع است. این کار را می‌توان با استفاده از بارگذاری پایین یا غوطه‌ور به جای بارگذاری ریزشی انجام داد. با بارگذاری ریزشی، مایع در بالای ظرف وارد می‌شود و تلاطم قابل توجه و جذب احتمالی قطره‌های مایع در بخار جابجاشده وجود دارد. استفاده از بارگیری غوطه‌ور، تلاطم را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد و تولید بخار را کاهش می‌دهد.

سایر کنترل‌های انتشار برای عملیات بارگیری شامل تعادل بخار و نصب دستگاه‌های بازیابی یا تخریب بخار است. روش تعادل بخار تنها زمانی مناسب است که منبع مایع در نهایت بتواند بخار برگشتی را جمع‌آوری یا دفع کند. دستگاه‌های بازیابی بخار شامل چگالش، جذب سطحی و جذب عمقی است. دستگاه‌های تخریب بخار شامل سوزاننده، مشعل، زباله‌سوز و صافی زیستی^۱ است.

الف-۴-۴ کنترل انتشار از تصفیه پساب

سامانه جمع‌آوری و تصفیه پساب شامل زهکشی، منهول، مجرای پساب، جعبه‌های اتصال، جداکننده‌های اولیه روغن/آب، واحدهای شناور هوا و واحدهای تصفیه بیولوژیکی است. انتشارهای ناشی از تبخیر از یک پساب حاوی مواد آلی است که در این تجهیزات جریان می‌یابد یا تصفیه می‌شود. مواد آلی از طریق تماس مستقیم یا غیرمستقیم وارد آب می‌شوند. منابع تماس مستقیم شامل فرایندهایی است که از آب برای شستشو (به عنوان مثال آب شیرین کن) استفاده می‌کند. منابع غیرمستقیم شامل نشتی از مبدل‌های حرارتی، چگالنده‌ها و نشت پمپ‌ها است.

مقرون به صرفه‌ترین روش برای کاهش انتشارات آلی از پساب، به حداقل رساندن مقدار هیدروکربن‌های وارد شده به سامانه است. استفاده از زهکشی و لجن‌گیر به عنوان سامانه‌های معمول جمع‌آوری مواد آلی باید به حداقل برسد. یکی دیگر از گزینه‌های جلوگیری از آلودگی، بهبود عملکرد استریپر بخار است تا غلظت آلی وارد شده به سامانه کاهش یابد. در هنگام خاموشی واحد، برای آماده شدن برای راه‌اندازی مجدد، تمام مایع باید جمع‌آوری شده و اجازه داده نشود که به سامانه پساب تخلیه شود.

پس از ورود جریان به سامانه پساب، اکثر فرصت‌های کنترل انتشار بر کاهش تماس آب با هوای محیط متمرکز می‌شود. می‌توان با پوشاندن واحد تصفیه و بازیابی گازهای منتشر شده از جداکننده به شیوه ایمن، انتشار را کاهش داد.

الف-۵ بهبود کیفیت هوای داخل با کنترل ورود آلاینده‌های خطرناک هوا از عملیات‌های صنعتی به محیط داخل ساختمان‌ها

با توجه به مجاورت برخی از صنایع نفت با همدیگر، عدم امکان کنترل انتشار و نشتی آلاینده‌های هوا در منبع، متحرک بودن برخی از منابع آلودگی، انتشار آلاینده‌ها در مواقع بروز حوادث، امکان برگشت آلاینده‌های خروجی از دودکش سامانه‌های تهویه صنعتی و منابع مولد آلاینده‌ها به داخل ساختمان‌ها، وجود

1- Biofilter

برخی از منابع و فعالیتهای آلودگی‌زا در داخل ساختمان و تلفیق سامانه تهویه این واحدها با سایر واحدهای مستقر در یک ساختمان، توجه به کنترل کیفیت هوای ورودی به داخل ساختمان‌ها به منظور حفظ سلامت شاغلین مستقر در داخل ساختمان‌ها از طریق سامانه‌های تهویه مطبوع، امری اجتناب‌ناپذیر است.

از آنجایی که انتظار می‌رود کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها و اردوگاه‌های مستقر در واحدهای صنعتی یا مجاور آنها مطلوب‌تر از هوای بیرون و محوطه باشد، ضرورت دارد طراحی و تنظیم دبی سامانه‌های تهویه این ساختمان‌ها به گونه‌ای باشد که نسبت به هوای بیرون ساختمان فشار مثبت باشد تا از ورود و نشت آلاینده‌ها از طریق در، پنجره و منافذ به داخل ساختمان پیشگیری شود. در ساختمان‌های مجاور برخی فرایندها و واحدهای مولد آلودگی همچون حوضچه‌های تصفیه پساب، اقدامات دیگری همچون تعبیه دو در پشت سرهم در ورودی ساختمان و استفاده از پرده هوا در بالای در ساختمان‌ها نیز لازم است. در ضمن ضرورت دارد در داخل ساختمان‌های دارای واحدهای با فعالیتهای مولد آلودگی (مثل آزمایشگاه)، فشار هوای داخل این واحدها نسبت به سایر قسمت‌ها منفی باشد تا از نشت آلودگی به داخل هوای سایر واحدهای آن ساختمان جلوگیری شود.

استفاده از فیلترهای غبارگیر مناسب و همچنین جاذب‌ها یا سایر تصفیه‌کننده‌های هوای مناسب آلاینده‌های گازی در سامانه‌های HVAC^۱ ساختمان‌ها، نگهداری، سرویس و تعویض به موقع آنها، تأمین دبی هوای کل و سهم هوای تازه^۲ از دبی کل دمشی^۳ به داخل واحدهای مختلف ساختمان نیز باید مورد توجه قرار گیرد. (به زیر بند ۲-۴ مراجعه شود)

1- Heating, Ventilation, and Air Conditioning
2- Fresh air
3- Supply air

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

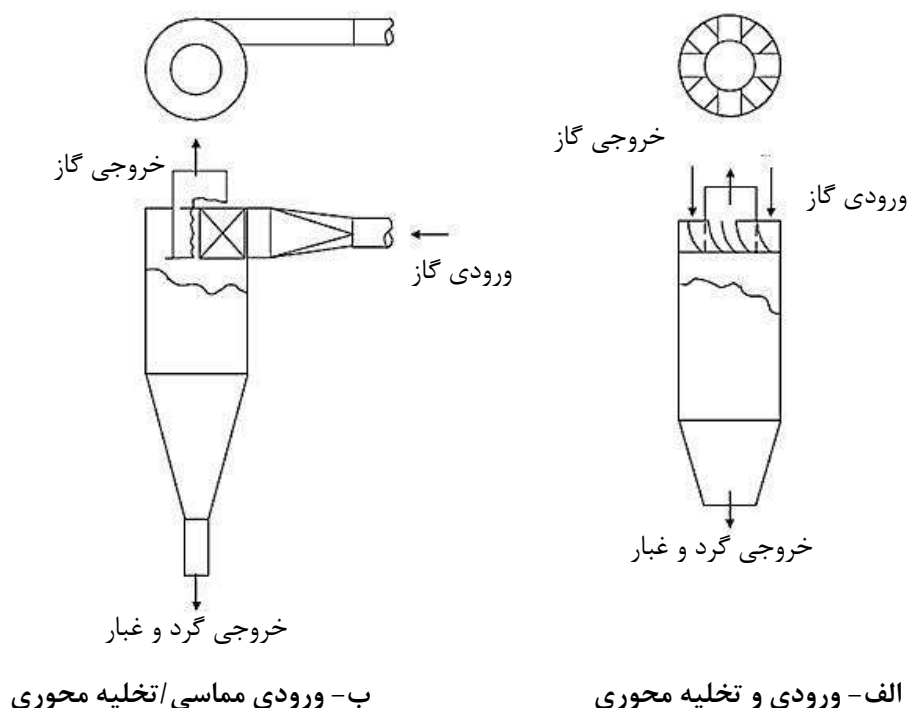
نکات مهم در طراحی تجهیزات کنترلی آلاینده‌های هوا

در این قسمت برخی موارد جهت معرفی و راهنمایی در تعیین انتخاب تجهیزات کنترلی ارائه شده است.

ب-۱ سیکلون

سیکلون یک دستگاه ساکن است که ذرات را با نیروی گریز از مرکز حذف می‌کند. نیروهای گریز از مرکز تولیدشده تمایل دارند ذرات معلق را به دیواره سیکلون هدایت کنند که ذرات در آنجا جمع شده و به وسیله نیروهای گرانشی به سمت پایین سیکلون هدایت می‌شوند. از آنجایی که نیروهای گریز از مرکز به وسیله جنبه‌های عملی (از جمله افت فشار، فرسایش) محدود می‌شوند، راندمان جمع‌آوری کلی سیکلون‌ها محدود است.

بنابراین، سیکلون‌ها در کاربردهای محیط‌زیستی عموماً برای کاهش بار ذرات معلق استفاده شده و گاز پس از سیکلون به دستگاه‌هایی که بازده جمع‌آوری بالاتری روی ذرات ریز دارند، هدایت می‌شود. انواع سیکلون بر اساس طراحی ورودی گاز (مماسی، اسکروال یا محوری) و طراحی تخلیه گرد و غبار (محوری یا محیطی) طبقه‌بندی می‌شوند. دو نوع متداول سیکلون وجود داشته که در شکل ب-۱ نشان داده شده است.



شکل ب-۱- سیکلون‌های رایج

سیکلون‌هایی که دارای ورودی‌های مماسی یا اسکرول و تخلیه گرد و غبار محوری هستند، عموماً سیکلون‌های معمولی یا به‌طور ساده سیکلون نامیده می‌شوند که معمولاً قطرهای بزرگی دارند (۶۱ cm). سیکلون‌هایی که ورودی‌های محوری از طریق پره‌های گرد و غبار محوری دارند قطر تخلیه معمولاً ۳۰ cm است. مزایا و معایب سیکلون در جدول ب-۱ ارائه شده است.

جدول ب-۱- مزایا و معایب سیکلون‌ها

مزایا	معایب
- فشردگی، سیکلون‌ها ظرفیت بالایی به نسبت اندازه دارند؛ - هزینه‌های سرمایه‌گذاری و نگهداری کم؛ - انعطاف‌پذیری طراحی، سیکلون‌ها می‌توانند در، دما، فشار و بار گرد و غبار بالا کار کنند که فقط با ملاحظات مواد محدود می‌شود؛ - قابلیت اطمینان مکانیکی، به‌طور معمول.	- بازدهی پایین در جمع‌آوری ذرات ریز؛ - نیاز به استفاده از دستگاه‌های کنترلی بعدی؛ - عملکرد سیکلون را نمی‌توان تغییر داد مگر با تغییر در فرایندهای بالادستی یا با اصلاح مکانیکی

از سیکلون یا مجموعه‌ای از سیکلون در پالایشگاه گاز، تصفیه گاز خروجی زباله‌سوز، جداسازی محصول سامانه انتقال پنوماتیک، گرم‌کن‌های کک یا ذغالی و سایر گازهای خروجی حاوی ذرات درشت استفاده می‌شود. در ادامه متغیرهای کلیدی در سیکلون ارائه شده است:

الف- سرعت ورودی: افزایش سرعت ورودی باعث افزایش راندمان تا حداکثر مقدار می‌شود. افزایش بیشتر سرعت باعث کاهش بازده به دلیل افزایش اغتشاش می‌شود. بنابراین، نقطه طراحی بهینه برای یک سیکلون درست زیر نقطه حداکثر بازدهی است که معمولاً به‌وسیله فرسایش محدود می‌شود؛

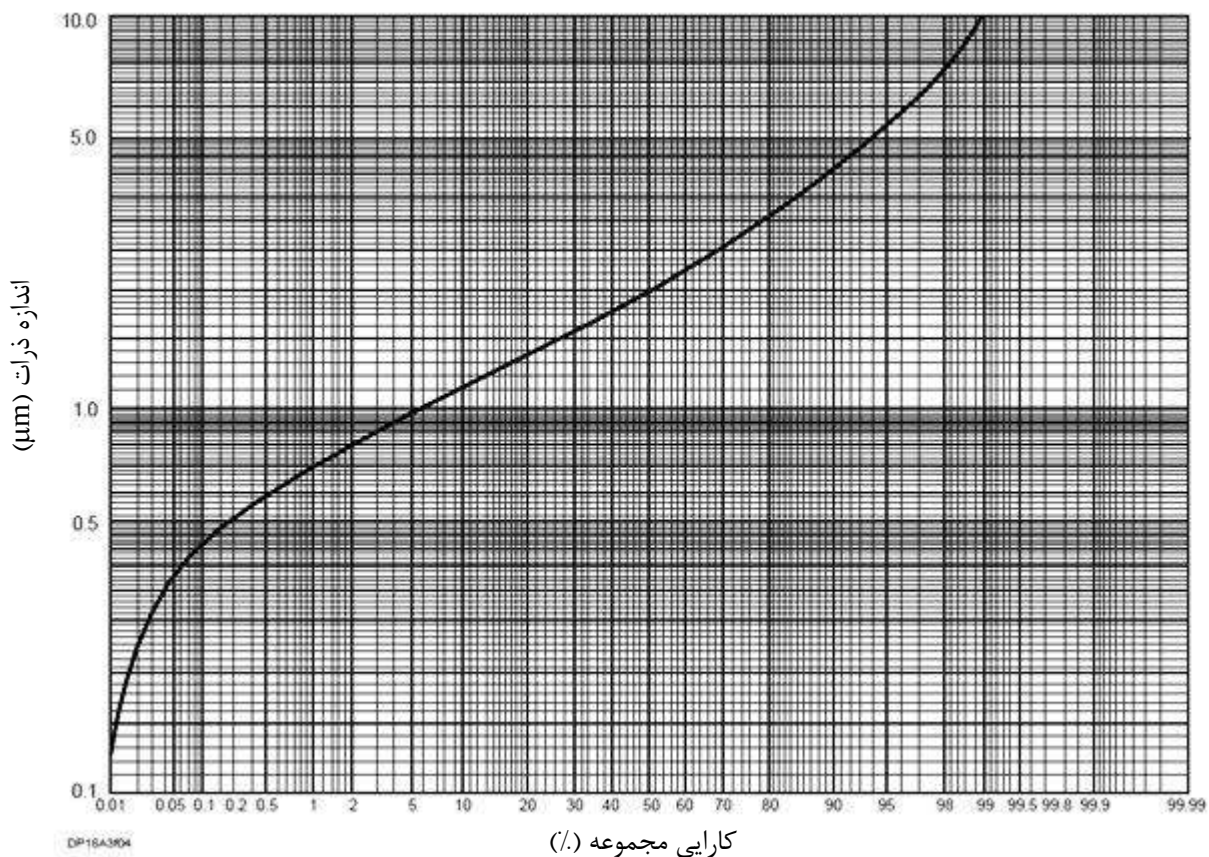
ب- مشخصات ذرات: ذرات بزرگتر با کارایی بیشتری نسبت به ذرات کوچکتر جمع‌آوری می‌شوند، زیرا این ذرات دارای نیروهای جداسازی بیشتری هستند. قطر ذره بحرانی، قطر ذره‌ای است که با بازده ۵۰٪ در یک سیکلون معین جمع‌آوری می‌شود. بازده جمع‌آوری با افزایش چگالی ذرات افزایش می‌یابد. این به این دلیل است که نیروی گریز از مرکز، جامدات را از سیالات با اختلاف چگالی آنها جدا می‌کند؛

پ- مشخصات گاز: افزایش چگالی باعث افزایش افت فشار می‌شود که معمولاً تأثیر ناچیزی بر کارایی دارد. افزایش گرانروی گاز بازده جمع‌آوری را کاهش می‌دهد زیرا باعث افزایش کشش روی ذرات می‌شود که مانع از ته‌نشین شدن آن می‌شود؛

ت- بار ذرات: افزایش بار ذرات به ته‌نشین شدن جامدات کمک می‌کند که کارایی را افزایش می‌دهد. تجربه نشان می‌دهد که افزایش بار ذرات باعث کاهش افت فشار داخلی و افزایش افت فشار ورودی می‌شود؛

ث- سرو صدا: یکی از مشکلات سیکلون ایجاد سرو صدا هست که در طراحی باید راه کنترلی برای این مسأله تعبیه شود.

به منظور راهنمایی جهت طراحی سیکلون، منحنی بازدهی و قطر ذرات در شکل ب-۲ نشان داده شده است.



شکل ب-۲- منحنی بازدهی و قطر ذرات در تعیین بازدهی سیکلون

ب-۲ رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی

رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی را می‌توان در گسترده‌ترین مفهوم به عنوان تجهیز تعریف کرد که از نیروهای الکتریکی برای جدا کردن ذرات معلق استفاده می‌کند. جداسازی ذرات از گاز با نیروی الکتریکی به سه مرحله اساسی نیاز دارد:

- شارژ ذرات معلق در جریان گاز؛
- جمع‌آوری ذرات باردار در میدان الکتریکی؛
- حذف ذرات جمع‌آوری‌شده در یک ظرف خارجی.

شارژ با اعمال یک ولتاژ برق مستقیم (DC)^۱ بالا به یک سامانه الکتروود انجام می‌شود. وجود یک الکتروود زمین‌شده در نزدیکی الکتروود باردار باعث تشکیل تاج و یک میدان الکتریکی یک‌طرفه می‌شود. ذراتی که بین دو الکتروود حرکت می‌کنند از میدان الکتریکی بار دریافت می‌کنند و به وسیله میدان به الکتروود جمع‌کننده هدایت می‌شوند. ذرات روی الکتروود یا صفحه‌های جمع‌آوری می‌مانند تا زمانی که با یک ضربه مکانیکی که

1- Direct Current

به آن راپینگ^۱ می‌گویند، جابجا شوند. سپس آنها به‌وسیله گرانش به یک سامانه جمع‌آوری، معمولاً یک کیف سقوط می‌کنند.

ب-۳ گازشوی (اسکراپر)

گازشوی‌ها به دلیل توانایی آنها در حذف همزمان آلاینده‌های گازی و ذرات، کاربرد گسترده‌ای در کاربردهای کنترل آلودگی هوا پیدا کرده‌اند. علاوه بر این، آنها بازده جمع‌آوری بالایی در کاربردهایی دارند که در آن فیلترهای پارچه‌ای، رسوب‌دهنده‌های الکترواستاتیکی و سیکلون‌ها نمی‌توانند به‌طور مؤثر مورد استفاده قرار گیرند (مانند جمع‌آوری ذرات «چسبنده»، قابل اشتعال یا خورنده). گازشو ذرات را با شستن آن از جریان گاز دودکش با یک مایع حذف می‌کند. به‌طور همزمان، گازهای آلاینده با جذب در مایع و در کاربردهای خاص با واکنش بعدی با محلول بافر موجود در مایع حذف می‌شوند. طیف گسترده‌ای از پیکربندی‌ها و روش‌شناسی‌ها برای عملیات گازشویی وجود دارد. با این حال، صرف‌نظر از طراحی خاص، جداسازی آلاینده‌ها از گاز به‌وسیله گازشو نیازمند سه مرحله اساسی است:

- جداسازی آلاینده‌های گازی از جریان گاز با رسوب یا جذب روی سطح جمع‌کننده؛

- نگهداری مواد زائد درون پساب در یک محفظه مشخص؛

- جداسازی آلاینده از ماده جمع‌آوری‌کننده و پس از آن بازیابی مایع و دفع آلودگی‌ها.

جداسازی آلاینده‌های گازی از جریان گاز با تماس گاز با مایع جمع‌کننده انجام می‌شود. آلاینده‌ها ممکن است به‌وسیله خود مایع جذب شوند یا به‌طور معمول، ممکن است ابتدا روی یک ساختار گازشو (مانند صفحه برخورد^۲) گرفته شده و سپس به‌وسیله مایع شسته شوند. صرف‌نظر از سطح مورد استفاده، نتیجه نهایی جذب ذرات و گازهای اسیدی در مایع است. سازوکار اصلی جمع‌آوری ذرات در یک سامانه گازشو مربوط به تفاوت سرعت نسبی بین ذرات و سطح جمع‌آوری است. بنابراین، تماس شدیدتر گاز و مایع منجر به بازدهی جمع‌آوری بالاتر می‌شود. هم مایع شستشو و هم جریان گاز «تمیز شده» وارد یک ظرف جداسازی می‌شوند، جایی که مایع آلوده از جریان گاز جدا می‌شود. این فرایند معمولاً در یک ظرف جداگانه انجام می‌شود، جایی که قطره‌ها به‌طور طبیعی (از طریق گرانش) یا از طریق نیروهای گریز از مرکز جمع‌آوری می‌شوند. پس از جدا شدن از مایع حاوی آلاینده، گاز تمیز شده را می‌توان به اتمسفر تخلیه کرد.

جامدات باید از مایع پاک‌کننده خارج شده و به روشی مناسب از بین بروند. به‌طور مشابه، گونه‌های شیمیایی نامطلوب، مانند گازهای اسیدی جذب‌شده باید کاهش یافته یا خنثی شوند. برای جلوگیری از تجمع مواد جامد در سامانه شستشو، جریان پساب به تصفیه‌خانه فرستاده می‌شود. برخی مزایا و معایب گازشو در جدول ب-۲ ارائه شده است.

1- Rapping

2- Impingement plate

جدول ب-۲- مزایا و معایب گازشوی

مزایا	معایب
- بازدهی جمع‌آوری نسبتاً بالا (٪ ۹۰ تا ٪ ۹۹+) - بسته به توزیع اندازه ذرات؛ - فضای نسبتاً کوچک مورد نیاز؛ - قابلیت جمع‌آوری همزمان گازها و ذرات؛ - توانایی مدیریت جریان‌های گاز با دمای بالا و رطوبت بالا؛ - قابلیت حذف ذرات «چسبنده»، قابل اشتعال و/یا خورنده؛ - توانایی دستیابی به بازدهی جمع‌آوری بالای ذرات ریز (منجر به افت فشار می‌شود)؛ - معمولاً هزینه سرمایه کمتری نسبت به فیلترهای پارچه‌ای یا رسوب‌دهنده‌های الکترواستاتیکی دارد.	- ممکن است مشکل دفع پساب ایجاد کند؛ - خروجی به صورت مرطوب جمع‌آوری می‌شود؛ - مشکلات خوردگی می‌تواند شدیدتر از سامانه‌های خشک باشد؛ - کدورت بخار و جریان پُرشار^۱ خروجی؛ - افت فشار قابل توجه؛ - تجمع جامدات در رابط مرطوب- خشک ممکن است مشکل‌ساز باشد.
1- Plume	

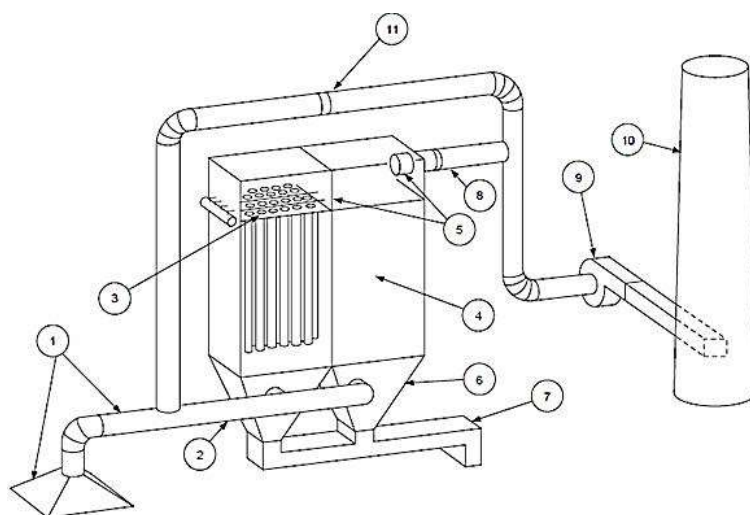
در صورتی که جریان گاز حاوی مواد هالوژنی باشد، حتماً نیاز به تصفیه با گازشوی است.

ب-۴ فیلترهای پارچه‌ای

فیلترهای پارچه‌ای ذرات را از جریان گاز با عبور دادن از یک پارچه متخلخل حذف می‌کنند. وقتی پارچه جدید است، گرد و غبار یک کیک متخلخل روی سطح پارچه ایجاد می‌کند. این کیک است که پس از آن عملاً فیلتراسیون را انجام می‌دهد. اگر ذرات ریز باشند یا بار آنها کم باشد، کیسه‌ها گاهی اوقات با مواد مناسب برای تسریع مرحله تشکیل کیک پوشش داده می‌شوند.

تا زمانی که ذرات در داخل و روی سطح فیلتر انباشته نشوند، فیلتراسیون موثر شروع نمی‌شود. ذرات با گذشت زمان جمع می‌شود و در برخی موارد، محیط فیلتر باید تا حدی تمیز شود تا بخشی، اما نه همه، کیک گرد و غبار حذف شود. پس از آن، محیط فیلتر، با مقداری گرد و غبار باقیمانده روی آن، به سرویس بازگردانده می‌شود. این بازسازی سطح تمیزکننده ویژگی است که فیلترهای پارچه‌ای را از اکثر فیلترهای دیگر متمایز می‌کند.

انتخاب پارامترهای طراحی برای عملکرد بهینه سامانه فیلتر پارچه بسیار مهم است. اگر کیک گرد و غبار به اندازه کافی پاک نشود، افت فشار در سراسر سامانه به مقدار غیرقابل قبولی بالا خواهد رفت. این مسأله ممکن است منجر به هزینه عملیاتی بالا و پارگی کیسه شود. اگر کیک بیش از حد برداشته شود، در هنگام ایجاد کیک تازه، نشت بیش از حد ذرات رخ می‌دهد. نمونه‌ای از یک فیلتر پارچه‌ای در شکل ب-۳ نشان داده شده است.



راهنما:

۱	داکت ورودی	۷	حذف کننده ذرات
۲	توزیع گاز	۸	داکت خروجی
۳	صفحه تیوب	۹	فن
۴	محفظه	۱۰	دودکش
۵	اجزای تمیزکننده	۱۱	مسیر جایگزین
۶	قیف		

شکل ب-۳- نمونه‌ای از سامانه فیلتر پارچه‌ای

مزایا و معایب فیلترهای پارچه‌ای در جدول ب-۳ ارائه شده است.

جدول ب-۳- مزایا و معایب فیلترهای پارچه‌ای

مزایا	معایب
- بازدهی جمع‌آوری بالا (۹۵٪ تا ۹۹٪)؛ - حذف ذرات زیر میکرون؛ - مواد جمع‌آوری شده به صورت خشک برای پردازش یا دفع بعدی، بازیابی می‌شود؛ - بدون جریان دفع زباله‌های مایع.	- جریان گاز باید بالاتر از نقطه شبنم باشد تا از تراکم جلوگیری شود و دمای گاز برای استفاده از مواد پارچه‌ای کمتر از حدود 288°C باشد (دماهای بالاتر به-طور بالقوه با الیاف نسوز و فلزی قابل دستیابی هستند)؛ - هزینه نگهداری نسبتاً بالا، به‌ویژه برای کیسه‌های جایگزین؛ - فضای مورد نیاز بزرگ است؛ - ذرات چسبیده (مانند مواد رطوبت‌سنجی، تراکم رطوبت، اجزای چسب قیرانی) ممکن است باعث مسدود شدن کیسه‌ها شود؛ - پارگی کیسه می‌تواند باعث انتشار بیش از حد شود.

ب-۵ مشعل‌ها (فلر)

ب-۵-۱ نکات مهم در طراحی مشعل به‌عنوان یک دستگاه کنترلی مطابق با موارد زیر است:

۱- مالک یا بهره‌بردار که از سوزاننده برای انطباق‌پذیری با ضوابط این بخش استفاده می‌کند، باید این دستگاه کنترلی را پایش کرده تا مطمئن شود که آن‌ها مطابق با طراحی به کار گرفته و نگهداری می‌شود؛

۲- مشعل‌ها عموماً به‌صورت کمک بخار، کمک هوا یا بدون کمک هستند

۳- مشعل‌ها باید در همه زمان‌هایی که ممکن است جریان ونت برقرار شود، فعال باشند؛

۴- مشعل‌ها باید بدون انتشار دود قابل مشاهده طراحی و عملیاتی شوند، مگر برای دوره‌هایی که مجموعاً نباید از ۵ min در ۲ ساعت متوالی بیشتر شود؛

۵- مشعل‌ها باید با شعله همیشه روشن مورد استفاده قرار گیرد. روشن بودن پیلوت با ترموکوپل یا هر وسیله ارزیابی دیگری که شعله را تشخیص دهد، انجام می‌شود.

همچنین رعایت شرایط عملکردی زیر برای مشعل الزامی است.

الف- سوزاننده‌های مورد استفاده باید قطر خروجی ۳ اینچ یا بیشتر، بدون کمک، با مولفه هیدروژن ۸٪ حجمی یا بیشتر داشته باشند و با سرعت خروجی کمتر از ۳۷٫۲ m/s و V_{max} مطابق با فرمول ب-۱ طراحی و استفاده شوند.

$$V_{max} = (X_{H_2} - K_1) \times K_2 \quad (\text{ب-۱})$$

که در آن:

V_{max} بیشینه سرعت مجاز بر حسب متر بر ثانیه؛

K_1 ضریب ثابت ۶، درصد حجمی هیدروژن؛

K_2 ثابت، ۳٫۹ m/s به درصد حجم هیدروژن؛

X_{H_2} درصد حجمی هیدروژن

ب- سوزاننده‌ها تنها در صورتی مورد استفاده قرار گیرد که ارزش حرارتی خالص گازهای احتراقی برای حالت کمک بخار یا کمک هوا، ۱۱٫۲ MJ بر استاندارد مترمکعب یا بیشتر و برای حالت بدون کمک ۷٫۴۵ MJ بر استاندارد مترمکعب باشد. ارزش حرارتی خالص گازهای احتراقی سوزاننده مطابق با فرمول ب-۲ محاسبه می‌شود.

$$H_T = K \sum_{i=1}^n C_i H_i \quad (\text{ب-۲})$$

که در آن:

H_T ارزش حرارتی خالص نمونه بر حسب مگاژول بر استاندارد متر مکعب، که در آن آنتالپی خالص بر مول گاز بر اساس احتراق در 25°C و 760 mm جیوه بوده اما دمای استاندارد برای تعیین حجم یک مول 20°C است؛

K ضریب ثابت که به صورت زیر است:

$$1,740 \times 10^{-7} \left(\frac{1}{\text{ppmv}} \right) \left(\frac{g - \text{mole}}{\text{scm}} \right) \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kcal}} \right)$$

که دمای استاندارد برای گرم مول / استاندارد متر مکعب، 20°C است؛

C_i غلظت ترکیب نمونه i بر حسب ppmv بر حسب تر؛

H_i گرمای خالص احتراق ترکیب نمونه i بر حسب kcal/g-mol در دمای 25°C و فشار 760 mm جیوه.

n تعداد ترکیب نمونه.

ب-۵-۲ محاسبات لازم برای سوزاننده

الف- سوزاننده‌های کمک بخار و بدون کمک باید با سرعت خروجی کمتر از $18/3\text{ m/s}$ طراحی و به کار گرفته شود. سرعت واقعی خروجی سوزاننده باید از تقسیم دبی حجمی گاز احتراقی (با واحد انتشار استاندارد دما و فشار) بر سطح مقطع نوک سوزاننده محاسبه شود؛

ب- استفاده از سوزاننده‌های کمک بخار و بدون کمک که سرعت خروجی آن بزرگتر مساوی $18/3\text{ m/s}$ و کمتر از 122 m/s بوده، مجاز است اگر که ارزش حرارتی خالص گاز احتراقی بزرگتر از $37/3\text{ MJ}$ بر استاندارد مترمکعب باشد.

پ- استفاده از سوزاننده‌های کمک بخار و بدون کمک با سرعت خروجی طراحی کمتر از $V_{\max}$ و کمتر از 122 m/s ، مجاز است. بیشترین سرعت مجاز، $V_{\max}$ برای سوزاننده‌های مورد استفاده از این فرمول ب-۳ محاسبه می‌شود:

$$\log(V_{\max}) = (H_T + 28,8) / 31,7 \quad (\text{ب-۳})$$

که در آن:

$V_{\max}$ بیشینه سرعت مجاز بر حسب متر بر ثانیه؛

H_T ارزش حرارتی خالص.

سوزاننده‌های کمک هوا باید با سرعت خروجی کمتر از $V_{\max}$ طراحی و عملیاتی شود. بیشینه سرعت مجاز از فرمول ب-۴ محاسبه می‌شود:

$$V_{\max} = 8,71 + 0,708(H_T) \quad \text{ب-۴)}$$

که در آن:

$V_{\max}$ بیشینه سرعت مجاز برحسب متر بر ثانیه؛

H_T ارزش حرارتی خالص.

ب-۶ گودال سوخت

گودال سوخت توانایی پذیرش مایعات یا گازهای قابل اشتعال یا مخلوط آنها را دارند. گودال سوخت در واقع یک زمین کم عمق یا استخرمانند بتنی است که به وسیله دیواری احاطه شده و مسیر عبور مایع یا بخار از میان دیوار بوده و شمعک و جرقه زن تعبیه شده است. به صورت کلی استفاده از این روش به دلیل انتشار آلاینده های هوا توصیه نشده و بهتر است سیال موجود باز یابی یا تصفیه شود. استفاده از این روش تنها در شرایط اضطراری مجاز بوده و هر چند جریان طراحی پایه برای تخلیه اضطراری کافی باشد، به عنوان یک روش محافظه کارانه تر توصیه می شود که برای سوزاندن مداوم، سطح محاسبه شده گودال دو برابر در نظر گرفته شود. همچنین برای تعیین اندازه گودال سوخت و فاصله گذاری گودال ها به استاندارد مربوطه [20] مراجعه شود.

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

فهرست آلاینده‌های خطرناک هوا

فهرست آلاینده‌های خطرناک هوا در صنعت نفت، در جدول پ-۱ ارائه شده است.

جدول پ-۱- فهرست برخی آلاینده‌های خطرناک هوا در صنعت نفت

شماره	نام ماده	نام شیمیایی انگلیسی	^a CAS Number
۱	آسنافتن	Acenaphthene	83329
۲	استالدهیدها	Acetaldehyde	75070
۳	استامید	Acetamide	60355
۴	استونیتریل	Acetonitrile	750508
۵	استوفنون	Acetophenone	98862
۶	آکرولین	Acrolein	107028
۷	آکریل آمید	Acrylamide	79061
۸	آکرلیک اسید	Acrylic acid	79107
۹	آکریلو نیتریل	Acrylonitrile	107131
۱۰	جوهر روناس	Alizarin	72480
۱۱	آلیل کلرید	Allyl chloride	107051
۱۲	آنیلین	Aniline	62533
۱۳	ا-آنسیدین	o-Anisidine	90040
۱۴	آنتراسن	Anthracene	120127
۱۵	آنتراکوئینون	Anthraquinone	84651
۱۶	بنزن	Benzene	71432
۱۷	بنزوتری کلرید	Benzotrichloride	98077
۱۸	بنزیل کلرید	Benzyl chloride	100447
۱۹	بی فنیل	Biphenyl	92524
۲۰	بیس (کلرومتیل) اتر	Bis(chloromethyl)ether	542881
۲۱	بروموform	Bromoform	75252
۲۲	برومونفتالن	Bromonaphthalene	27497514
۲۳	۱ و ۳ بوتادین	1,3-Butadiene	106990
۲۴	کربن دی سولفید	Carbon disulfide	75150
۲۵	کربن تتراکلرید	Carbon tetrachloride	56235

جدول پ-۱- فهرست برخی آلاینده‌های خطرناک هوا در صنعت نفت - ادامه

شماره	نام ماده	نام شیمیایی انگلیسی	^a CAS Number
۲۶	کلرواستیک اسید	Chloroacetic acid	79118
۲۷	۲-کلرواستوفنون	2-Chloroacetophenone	532274
۲۸	کلروبنزن	Chlorobenzene	108907
۲۹	کلروفرم	Chloroform	67663
۳۰	کلروپرن	Chloroprene	126998
۳۱	کلرونفتالن	Chloronaphthalene	25586430
۳۲	کریزین	Chrysene	218019
۳۳	کرسول/کرسیلیک اسید	Cresols/Cresylic acid	1319773
۳۴	اُ-کرسول	o-Cresol	95487
۳۵	ام-کرسول	m-Cresol	108394
۳۶	پی-کرسول	p-Cresol	106445
۳۷	کومن	Cumene	98828
۳۸	۱ و ۴ دی کلروبنزن	1,4-Dichlorobenzene(p)	106467
۳۹	۳ و ۳ دی کلرو بنزیدین	3,3-Dichlorobenzidine	91941
۴۰	دی کلرو اتیل اتر	Dichloroethyl ether	111444
۴۱	۱ و ۳ دی کلرو پروپین	1,3-Dichloropropene	542756
۴۲	دی اتانول آمین	Diethanolamine	111422
۴۳	ان و ان دی متیل آنیلین	N,N-Dimethylaniline	121697
۴۴	دی اتیل سولفات	Diethyl sulfate	64675
۴۵	۳ و ۳ دی متیل بنزیدین	3,3'-Dimethyl benzidine	119937
۴۶	دی متیل فرم آمید	Dimethyl formamide	68122
۴۷	دی متیل فتالات	Dimethyl phthalate	131113
۴۸	دی متیل هیدرازین نامتقارن	(-1,1) Dimethylhydrazine	58147
۴۹	دی متیل سولفات	Dimethyl sulfate	77781
۵۰	۲ و ۴ دی نیترو فنل	2,4-Dinitrophenol	51285
۵۱	۲ و ۴ دی نیترو تولوئن	2,4-Dinitrotoluene	121142
۵۲	۱ و ۴ دی اکسان	1,4-Dioxane (1,4-Diethyleneoxide)	123911
۵۳	۱ و ۲ دی فنیل هیدرازین	1,2-Diphenylhydrazine	122667
۵۴	اپیکلرو هیدرین	Epichlorohydrin	106898
۵۵	اتیل آکریلات	Ethyl acrylate	140885
۵۶	اتیل بنزن	Ethyl benzene	100414
۵۷	اتیل کلرید (کلرواتان)	Ethyl chloride (Chloroethane)	75003

جدول پ-۱- فهرست برخی آلاینده‌های خطرناک هوا در صنعت نفت - ادامه

شماره	نام ماده	نام شیمیایی انگلیسی	^a CAS Number
۵۸	اتیلن دی برمید (دی‌برمواتان)	Ethylene dibromide (Dibromoethane)	106934
۵۹	اتیلن دی کلراید (۱و۲-دی‌کلرواتان)	Ethylene dichloride (1,2-Dichloroethane)	107062
۶۰	اتیلن گلیکول	Ethylene glycol	107211
۶۱	اتیلن اکسید	Ethylene oxide	75218
۶۲	اتیلیدین دی کلرید (۱و۱- دی‌کلرواتان)	Ethylidene dichloride (1,1-Dichloroethane)	75343
۶۳	فلوئورانترین	Fluoranthene	206440
۶۴	فرمالدهید	Formaldehyde	50000
۶۵	اترهای گلیکول	Glycol ethers	-
۶۶	هگزاکلروبنزن	Hexachlorobenzene	118741
۶۷	هگزاکلروپتادین	Hexachlorobutadiene	87683
۶۸	هگزاکلرواتان	Hexachloroethane	67721
۶۹	هگزان	Hexane	110543
۷۰	هیدروکینون	Hydroquinone	123319
۷۱	ایزوفورون	Isophorone	78591
۷۲	مالئیک آنیدرید	Maleic anhydride	108316
۷۳	متانول	Methanol	67561
۷۴	متیل برومید (برومو متان)	Methyl bromide (Bromomethane)	74839
۷۵	متیل کلرید (کلرو متان)	Methyl chloride (Chloromethane)	74873
۷۶	متیل کلروفرم (۱و۱و۱- تری‌کلرواتان)	Methyl chloroform (1,1,1-Trichloroethane)	71556
۷۷	متیل هیدرازین	Methyl hydrazine	60344
۷۸	متیل ایزوبوتیل کتون	Methyl isobutyl ketone (Hexone)	108101
۷۹	متیل ایزوسیانات	Methyl isocyanate	624839
۸۰	متیل متاکریلات	Methyl methacrylate	80626
۸۱	متیل ترت بوتیل اتر	Methyl tert butyl ether	1634044
۸۲	متیلن کلرید (دی‌کلرومتان)	Methylene chloride (Dichloromethane)	75092
۸۳	متیلن دی فنیل دی ایزوسیانات	Methylene diphenyl diisocyanate (MDI)	101688
۸۴	۴و۴ متیلن دی آنیلین	4,4'-Methylenedianiline	101779
۸۵	نفتالین	Naphthalene	91203
۸۶	اسید نفتالین سولفونیک (آلفا)	Naphthalene sulfonic acid (α)	85472

جدول پ-۱- فهرست برخی آلاینده‌های خطرناک هوا در صنعت نفت - ادامه

شماره	نام ماده	نام شیمیایی انگلیسی	^a CAS Number
۸۷	اسید نفتالین سولفونیک (بتا)	Naphthalene sulfonic acid (β)	120183
۸۸	نفتول (آلفا)	Naphthol (α)	90153
۸۹	نفتول (بتا)	Naphthol (β)	135193
۹۰	اسید نفتالین-۱-سولفونیک	(-1) Naphtholsulfonic acid	567180
۹۱	اسید نفتال آمین سولفونیک (۴و۱)	(-4,1) acid Naphthylamine sulfonic	84866
۹۲	اسید نفتال آمین سولفونیک (۲و۱)	(-1,2) acid Naphthylamine sulfonic	81163
۹۳	نفتیل آمین (۱)	(-1) Naphthylamine	134327
۹۴	نفتیل آمین (۲)	(-2) Naphthylamine	91598
۹۵	نیترونتالین	(-1) Nitronaphthalene	86577
۹۶	نیتروبنزن	Nitrobenzene	98953
۹۷	فنانترن	Phenanthrene	85018
۹۸	۴-نیتروفنول	4-Nitrophenol	100027
۹۹	۲-نیترو پروپان	2-Nitropropane	79469
۱۰۰	فنول	Phenol	108952
۱۰۱	پی فیلین دی آمین	p-Phenylenediamine	106503
۱۰۲	فسژن	Phosgene	75445
۱۰۳	فتالیک انیدرید	Phthalic anhydride	85449
۱۰۴	بتا پروپیولاکتون	beta-Propiolactone	57578
۱۰۵	پروپیونالدئید	Propionaldehyde	123386
۱۰۶	پروپیلن دی کلراید	Propylene dichloride (1,2-Dichloropropane)	78875
۱۰۷	پروپیلن اکسید	Propylene oxide	75569
۱۰۸	پیرن	Pyrene	129000
۱۰۹	کینون (کوئینون)	Quinone	106514
۱۱۰	استایرن	Styrene	100425
۱۱۱	۱و۲و۳و۴ تتراکلرو اتان	1,1,2,2-Tetrachloroethane	79345
۱۱۲	تترالین	Tetrahydronaphthalene	119642
۱۱۳	تتراکلرو اتیلن	Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)	127184
۱۱۴	تولوئن	Toluene	108883
۱۱۵	۴و۲ تولوئن دی آمین	2,4-Toluene diamine	95807
۱۱۶	۴و۲ تولوئن دی ایزوسیانات	2,4-Toluene diisocyanate	584849
۱۱۷	۱-تولوئیدین	o-Toluidine	95534
۱۱۸	۱و۲و۴ تری کلرو بنزن	1,2,4-Trichlorobenzene	120821

جدول پ-۱- فهرست برخی آلاینده‌های خطرناک هوا در صنعت نفت - ادامه

شماره	نام ماده	نام شیمیایی انگلیسی	^a CAS Number
۱۱۹	۱ و ۲ تری کلرو اتان	1,1,2-Trichloroethane	79005
۱۲۰	تری کلرو اتیلن	Trichloroethylene	79016
۱۲۱	۲ و ۴ و ۵ تری کلرو فنول	2,4,5-Trichlorophenol	95954
۱۲۲	تری اتیل آمین	Triethylamine	121448
۱۲۳	۲ و ۴ و ۲ تری متیل پنتان	2,2,4-Trimethylpentane	540841
۱۲۴	وینیل استات	Vinyl acetate	108054
۱۲۵	وینیل کلرید	Vinyl chloride	75014
۱۲۶	وینیلیدن کلرید (۱ و ۱ دی کلرواتن)	Vinylidene chloride (1,1-Dichloroethylene)	75354
۱۲۷	زایلن‌ها	Xylenes (isomers and mixture)	1330207
۱۲۸	ا-زایلن	o-Xylenes	95476
۱۲۹	ام-زایلن	m-Xylenes	108383
۱۳۰	پی-زایلن	p-Xylenes	106423
^a شماره شناسایی یکتا برای ترکیبات شیمیایی، پلیمرها، زنجیره‌های زیستی، مخلوط‌ها و آلیاژها است. این عدد یک شماره یا کد است که حداکثر از ۱۰ رقم تشکیل شده است. عدد وسط از سمت راست یک عدد دو رقمی است که به آن رقم کنترل‌یژه ^۱ می‌گویند. این کد برای شناسایی ماده در سیاهه‌های انتشار و مدل‌های پراکنش آلاینده‌ها استفاده می‌شود.			
1- Check digit			

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۳۰۴، سال ۱۴۰۱، صنعت نفت-الزامات عمومی محیط زیست
- [۲] قانون ملی هوای پاک، مصوب ۱۳۹۶/۰۵/۱۱ مجلس شورای اسلامی و ابلاغ دولت با شماره ۶۱۵۹۹ مورخ ۱۳۹۶/۵/۲۳
- [۳] مصوبه شماره ۹۵۰۵/ت/۴۹۰۶۵ درخصوص تعیین حد مجاز استانداردهای خروجی از کارخانجات و کارگاههای صنعتی-هیات وزیران به استناد تبصره ۳ ماده ۱۲ قانون هوای پاک
- [۴] مصوبه هیات وزیران به شماره ۱۰۴۵۰۲/ت/۴۲۷۴۱ مورخ ۸۸/۵/۲۴ درخصوص استاندارد هوای پاک
- [5] LII 40 CFR Subpart G, Electronic code of federal regulations (CFR), Title 40: Protection of environment- Part 63: National emission standards for hazardous air pollutants for source categories, Subpart G: National emission standards for organic hazardous air pollutant from the synthetic organic chemical manufacturing industry for process vents, storage vessels, transfer operations, and wastewater
- [6] LII 40 CFR § 51.100 Definitions, Electronic code of federal regulations (e-CFR)- Title 40 - Protection of Environment- Chapter I- Enviromental protection agency- Subchapter C- Part 51: Requirements for preparation, adoption, and submittal of implementation plans- Subpart F- Procedural Requirements- § 51.100 Definitions
- [7] Air monitoring methods- Criteria pollutants (<https://www.epa.gov/amtic/air-monitoring-methods-criteria-pollutants>)
- [8] EPA's Fenceline Monitoring Program, 2018, www.afpm.org
- [9] LII 40 CFR Subpart HH, National emission standards for hazardous air pollutants from oil and natural gas production facilities
- [10] LII 40 CFR Subpart CC, National emission standards for hazardous air pollutants from petroleum refineries
- [11] LII 40 CFR Subpart R, National emission standards for gasoline distribution facilities
- [12] LII 40 CFR Subpart HHH, National emission standards for hazardous air pollutants from natural gas transmission and storage facilities
- [13] LII 40 CFR § 63.113, Process vent provisions - Reference control technology
- [14] LII 40 CFR § 63.126, Transfer operations provisions - Reference control technology
- [15] LII 40 CFR § 63.119, Storage vessel provisions - Reference control technology
- [16] LII 40 CFR § 63.132, Process wastewater provisions - General
- [17] LII 40 CFR Subpart J, National emission standards for hazardous air pollutants for polyvinyl chloride and copolymers production
- [18] LII 40 CFR Subpart U, National emission standards for hazardous air pollutant emissions: Group I polymers and resins
- [19] LII 40 CFR Subpart AA, National emission standards for hazardous air pollutants from phosphoric acid manufacturing plants

- [20] LII 40 CFR Subpart BB, National emission standards for hazardous air pollutants from phosphate fertilizers production plants
- [21] LII 40 CFR Subpart XX, National emission standards for ethylene manufacturing process units: Heat exchange systems and waste operations
- [22] LII 40 CFR Subpart Y, National emission standards for marine tank vessel loading operations
- [23] LII 40 CFR Subpart UUU - National emission standards for hazardous air pollutants for petroleum refineries: catalytic cracking units, catalytic reforming units, and sulfur recovery units
- [24] IPS-E-PR-460(1), Engineering standard for process design of flare and blowdown systems