توسعه کاربرد تکنولوژی پینچ برای آلودگی هوا

یعقوب روحانی، بهرام دبیر *+
تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی شیمی

محمدحسن پنجه‌شاهی
تهران، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، گروه مهندسی شیمی

چکیده: به تقریب از چهل سال قبل، تحقیق و بررسی پیرامون آلودگی هوا و کنترل و کاهش آلاینده‌های متفاوت آن، به عنوان یک فوریت پزشکی و زیست محیطی مطرح شد و از همان زمان روش‌های زیادی برای مدل‌سازی و کنترل آلودگی هوا مطرح شد. همچنین در دهه هشتاد، تکنولوژی پینچ به عنوان یک ابزار نیرومند در طراحی شبکه مبدل‌های حرارتی به‌کار گرفته شد و در دهه نود از این تکنولوژی برای طراحی شبکه مبدل‌های جرمی استفاده شد و کاربرد وسیعی در زمینه کاهش مصرف آب تازه فرایندها پیدا کرد. در این تحقیق ضمن مقایسه کاربردهای متفاوت این تکنولوژی، یک کاربرد دیگر برای آن معرفی شده که بررسی آلودگی هوا به‌وسیله‌ی این تجزیه است. در این پژوهش ضمن معرفی پینچ هوا، نمودارشبکه و منحنی ترکیبی غلظت رسم شد و نقطه پینچ هوای تازه و مینیمم هوای مورد نیاز برای رعایت حد استاندارد آلودگی برای یک تک منطقه و مجموع مناطق بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی: تکنولوژی پینچ، آلودگی هوا، پینچ هوا، تجزیه پینچ، هدف‌گذاری آلودگی.

KEYWORDS: *Pinch technology, Air pollution, Air pinch, Pinch analysis, Emissions targeting.*

مقدمه

آلودگی هوا امروزه به‌صورت یکی از مشکلات بزرگ زیست محیطی و اقتصادی در سراسر جهان مطرح شده و این مسأله به‌ویژه در شهرهای بزرگ صنعتی، به صورت مشکل حادتری مطرح می‌شود. آلودگی هوا سبب افزایش شدید انواع بیماری‌های تنفسی، پوستی، نقص‌های مادر زادی، ضعف جسمانی و بسیاری امراض دیگر شده، همچنین سبب افزایش بی‌رویه هزینه‌های جاری به‌منظور حذف این آلودگی‌ها می‌شود. به‌طوری که امروزه در این مورد قانون‌هایی در کشورهای متفاوت تدوین شده و سعی شده حد مجاز و بی‌خطر وجود آلاینده‌های متفاوت مانند کربن مونوکسید، هیدروکربن‌های نسوخته، اکسیدهای نیتروژن، ترکیب‌های گوگردی، فلزهای سنگین و ... در هوا را مشخص کرده و راه‌کارهای مناسب برای کنترل آنها را پیشنهاد کنند [۱].

یکی از مسایل مهم، پیش‌بینی پراکندگی و غلظت آلاینده‌ها در مکان‌های گوناگون است. این مسأله از آن جهت که به شناسایی آلاینده‌های گوناگون و مراکز تجمع آنها و در نتیجه شناسایی نقاط حساس و آسیب‌پذیر و همچنین پیش‌بینی اقدامات لازم برای جلوگیری از وقوع چنین موردهایی کمک می‌کند، حایز اهمیت بسیار می‌باشد، به‌طوری که تاکنون تلاش‌هایی در جهت شبیه‌سازی حرکت نفوذ و تجمع آلاینده‌های متفاوت در نقاط و مراکز شهری به‌وسیله‌ی حل معادله‌های هم‌زمان جرم، حرارت و ممنتوم انجام شده است، ولی همـه ایـن مدل‌سازی‌ها به‌صورت تحلیل ریاضی سیستم بوده که انرژی و زمان زیادی را برای پیش‌بینی نقاط بحرانی لازم دارد. بنابراین، با افزایش شدید آلودگی در شهرهای صنعتی بزرگ، ضرورت ارایه راه‌کارهای مناسب برای شبیه‌سازی

*عهده دار مکاتبات
+E-mail:Dr.bdabir@aku.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

و پیش‌بینی وضعیت آلودگی این‌گونه شهرها به همراه پیشنهاد روش‌های مناسب برای رفع آن به شدت احساس می‌شود [۲].

تکنولوژی پینچ، از شبکه مبدل‌های حرارتی در واحدهای صنعتی سرچشمه گرفت ولی هم اکنون در محدوده‌های گسترده‌ای در زمینه‌های اصلی مهندسی شیمی کاربرد دارد. در هر فرایندی که گرمایش و سرمایش قطعه‌های فرایند رخ می‌دهد، قابلیت کاربری این تکنولوژی وجود دارد، بنابراین کاربرد این تکنولوژی در تمامی پروژه‌های صنعتی مربوط به صرفه‌جویی انرژی مانند آهن، فولاد، غذا، نساجی، کاغذ، مقوا، سیمان، نفت و پتروشیمی وجود دارد. ممکن است تأکید اولیه بر صرفه‌جویی انرژی منجر به این سوء تفاهم شده باشد که صرفه‌جویی، قسمت اصلی کاربرد تکنولوژی پینچ است، اما اگر این تکنولوژی با دیدگاه مهندسی آمیخته شود، می‌تواند در طراحی راکتور، طراحی جداکننده‌ها و بهینه‌سازی کل فرایند در هر واحدی تأثیرگذار باشد.

این تکنولوژی می‌تواند در حل مسایل متنوعی مانند بهبود کیفیت مواد زاید، کاهش ضایعه‌ها، افزایش فراورده‌های حاصل، رفع گلوگاه تولید، افزایش بازده و بهبود بخشیدن انعطاف‌پذیری و امنیت فرایندها به‌کار گرفته شود. برخی از این توسعه‌ها به مفاهیم اساسی و ساختاری مربوط می‌شوند و برخی دیگر وسعت عمل و میدان عمل این تکنولوژی را شامل شده‌اند، که با بررسی دقیق متوجه می‌شویم که همه آنها از یک الگوی ساختاری مربوط به تجزیه پینچ یعنی تعیین هدف‌های پیش‌از طراحی، تبدیل مسأله به منبع‌ها و چاله‌ها، رسم منحنی پتانسیل (نیرو محرکه) و منحنی مرکب پیروی می‌کنند [۳].

مفهوم نقطهٔ پینچ

نقطه پینچ در تحلیل شبکه مبدل‌های حرارتی با توجه به منابع انرژی (جریان‌های گرم) و مصرف کننده انرژی (جریان‌های سرد) به‌وسیله‌ی موازنه و رسم منحنی‌های ترکیبی که نشان دهنده‌ی محتوای انرژی جریان‌های گرم و سرد در فاصله‌های دمایی است به‌دست می‌آید.

محور عمودی این منحنی‌ها نشان دهنده دما و محور افقی آنها نشان دهنده محتوای انرژی است. این نمودار دارای دو منحنی است که یکی مربوط به انرژی مازاد موجود و دیگری مربوط به انرژی مورد نیاز جریان‌های سرد برای رسیدن به دمای مورد نظر است. این منحنی مسأله مهم دیگری را نیز نشان می‌دهد که منطبق بر اصل قانون دوم ترمودینامیک است و آن این‌که با افزایش میزان حداقل تفاوت دما بین جریان‌های گرم و سرد، میزان بازیافت انرژی کاهش یافته و در عوض نیاز به تأسیسات حرارتی جانبی افزایش می‌یابد. در بالاتر از نقطه پینچ، فرایند در حالت موازنه انرژی حرارتی با حداقل انرژی مصرفی تأسیسات جانبی گرم می‌باشد و در عین این‌که حرارت از تأسیسات جانبی گرم گرفته می‌شود ولی حرارتی به تأسیسات جانبی سرد منتقل نمی‌شود. بنابراین، ناحیه مصرف کننده حرارت است. در پایین نقطه پینچ، فرایند در حالت موازنه انرژی با حداقل انرژی مصرفی تأسیسات جانبی سرد است [۴]. ولی نقطه پینچ برای آب روی منحنی غلظت آلودگی آب در برابر تجمع جرم آلودگی نشان داده می‌شود که به نام منحنی مرکب غلظت شناخته شده است. از نظر ساختاری این منحنی شبیه منحنی‌های مرکب مربوط به آنتالپی دما در تجزیه پینچ حرارتی است. با رسم منحنی نیاز آب کل روی منحنی غلظت/بارآلودگی مقدار مینیمم آب تازه و آبی که می‌تواند دوباره مورد استفاده قرار بگیرد به سادگی مشخص می‌شود. که این آب مورد نیاز مینیمم هدف نامیده می‌شود و حد غلظت بحرانی فرایند که از هر گونه کاهش هدف جلوگیری می‌کند نقطه پینچ نامیده می‌شود [۵].

یک مقایسه کلی بین پینچ حرارتی و پینچ آب نشان می‌دهد که منحنی‌های مرکب برای حرارت از اطلاعات مربوط به جریان‌ها به‌دست می‌آیند و نشان دهنده‌ی موازنه انرژی و جرم هستند که امکان پیش‌بینی بهینه مصرف تاسیسات جانبی سرد و گرم را قبل از طراحی فراهم می‌کنند و با این‌کار می‌توان نیروی محرکه انتقال حرارت را به‌دست آورد و محل بازیافت گرما یعنی نقطه‌ی پینچ را تعیین کرد و نمودار شبکه جریانها را نیز با استفاده از روش‌های طراحی پینچ (که ادغامی از فن قضاوت و مهندسی است) ایجاد نمود. ولی در پینچ آب محدوده آلودگی برای هر فرایندی باید با استفاده از بارهای آلودگی توسط طراح مشخص شود. مطابق این اطلاعات منحنی نیاز آب کل روی محورهای غلظت/بار آلودگی رسم می‌شود. از روی این نمودار مقدار مینیمم آب تازه و آبی که می‌تواند مورد استفاده مجدد قرار گیرد به سادگی مشخص می‌شود که این آب مورد نیاز، مینیمم هدف نامیده می‌شود [۶].

پس از آنکه هدف و نقطه‌ی پینچ مشخص شد، طراحی آبشاره استفاده مجدد آب با توجه به هدف به دست آمده انجام می‌شود. سپس شبکه جریان به‌دست آمده از این عملیات، از نظر هزینه‌ها، عملی بودن و اجرایی بودن مورد ارزیابی قرار گرفته و موازنه‌ها بین مصرف آب و سایر معیارهای مهندسی برقرار می‌شود. در پینچ آب حد نهایی غلظت ورودی برای فرایند، ماکسیمم مقدار مورد قبول

Archive of SID
www.SID.ir

فرایند و حد غلظت خروجی، حد اشباع آب تعریف می‌شود و در صورت افزایش غلظت آلودگی‌های مضر در آب یک تصفیه جزیی روی آن انجام شده و امکان استفاده مجدد برای آب به‌وجود می‌آید [۷ و ۸]، ولی در پینچ هوا آلودگی تولید شده به‌وسیله‌ی تجهیزات وارد فضای شهری می‌شود و در این فضا با توجه به ضریب نفوذ چرخانه‌ها، سرعت و جهت باد، آلودگی پخش می‌شود و مقداری از آن ته‌نشین شده، مقداری از مرزهای مورد مطالعه خارج و مقداری به‌وسیله‌ی واکنش‌های فوتوشیمیایی حذف یا به مواد دیگر تبدیل می‌شود. این مقدارها در پژوهش‌های مدل‌سازی آلودگی هوا مورد مطالعه قرار گرفته و نتیجه‌های آن باتوجه به شرایط اقلیمی و آب و هوایی منطقه قابل اعمال است [۹] که در این تحقیق مقدارهای قابل حذف به‌وسیله پدیده‌های مذکور کسر و مقدار ارایه شده مقدار تجمع آلودگی در فضای منطقه مورد بررسی است. حد نهایی غلظت آلودگی در پینچ هوا برای هر دسته از تجهیزات تولید کننده آلودگی، حد استاندارد آلودگی مورد قبول برای موجودات زنده تعریف می‌شود و مقدار هوای مورد نیاز برای رعایت حد استاندارد محیط زیستی هوا از انواع آلودگی‌ها که از مؤسسات زیست محیطی استخراج شده محاسبه شده است [۲]. در این تحقیق محاسبه‌ها برای آلوده کننده کربن مونوکسید انجام شده و لازم به توضیح است که برای سایر آلوده کننده‌ها نیز محاسبه‌ها شبیه به هم است.

تعریف نقطه Pinch برای هوا

نقطه پینچ برای هوا روی منحنی غلظت آلودگی هوا در برابر تجمع جرم آلودگی تعریف می‌شود و مقدار آن برای هر آلوده کننده با رسم منحنی مرکب غلظت به‌دست می‌آید. برای تعیین نقطه پینچ برای هر آلوده کننده در هوا جدولی مطابق جدول ۱ با توجه به معلوم بودن مقدار آلودگی که از هر آلوده کننده جذب هوا می‌شود و تعداد آلوده کننده و حد استاندارد آلودگی در هوا تکمیل می‌شود.

این جدول برای تک آلاینده دارای ۵ ستون است و به تعداد دسته‌بندی آلوده‌کننده‌ها سطر دارد. ستون اول شامل نام سیستم آلوده کننده (وسایل نقلیه، منازل، کارخانه‌ها) ستون دوم مشخص کننده‌ی مقدار آلاینده‌ای است که از هر سیستم جذب هوا می‌شود و ستون سوم غلظت هوای مورد نیاز برای هر سیستم را نشان می‌دهد. ستون چهارم مشخص کننده غلظت مجاز (استاندارد) آلودگی برای هوا است.

جدول ۱ـ مشخصات جریان‌های آلوده کننده هوا.

منبع آلوده کننده	جرم ماده آلوده‌کننده (Kg/day)	غلظت اولیه آلودگی درهوا (ppm)	حد غلظت آلودگی (استاندارد) (ppm)	مینیمم مقدار هوای لازم برای جابه‌جایی بارآلودگی (Nm^3/day)
۱	M۱ ×تعداد	CiMax,۱	CoMax,۱	LAF_1
۲	M۲ ×تعداد	CiMax,۲	CoMax,۲	LAF_2
"	"	"	"	
"	"	"	"	"
"	"	"	"	"
n	Mn ×تعداد	CiMax,n	CoMax,n	LAFn

پس از تکمیل این چهار ستون عنصرهای ستون آخر از رابطه‌ی (۱) به‌دست می‌آیند.

$$LAF=\frac{\text{کل جرم آلاینده تولید شده به‌وسیله‌ی منبع آلوده کننده}}{\text{غلظت اولیه آلودگی درهوا ـ حد غلظت آلودگی (استاندارد)}} \quad (۱)$$

LAF مقدار هوای لازم برای جابه‌جا کردن بار آلودگی[۱] به مقدار کل جرم آلودگی تولید شده به‌وسیله‌ی هر منبع آلوده کننده است.

رسم نمودار ترکیبی غلظت

پس از مرتب‌کردن سیستم‌های آلوده‌کننده به نحوی که غلظت‌های ابتدایی آنها به‌صورت صعودی قرار گیرد، خطهای مربوط به هوا در هر فرایند روی یک نمودار که محور عمودی آن مشخص کننده غلظت و محور افقی مشخص کننده مقدار آلاینده جابه‌جا شده است رسم می‌شود. این خطها به صورت جهت‌دار رسم می‌شوند، شیب هر خط که روی چنین نموداری رسم شود با عکس مقدار هوای لازم برای آن سیستم متناسب است.

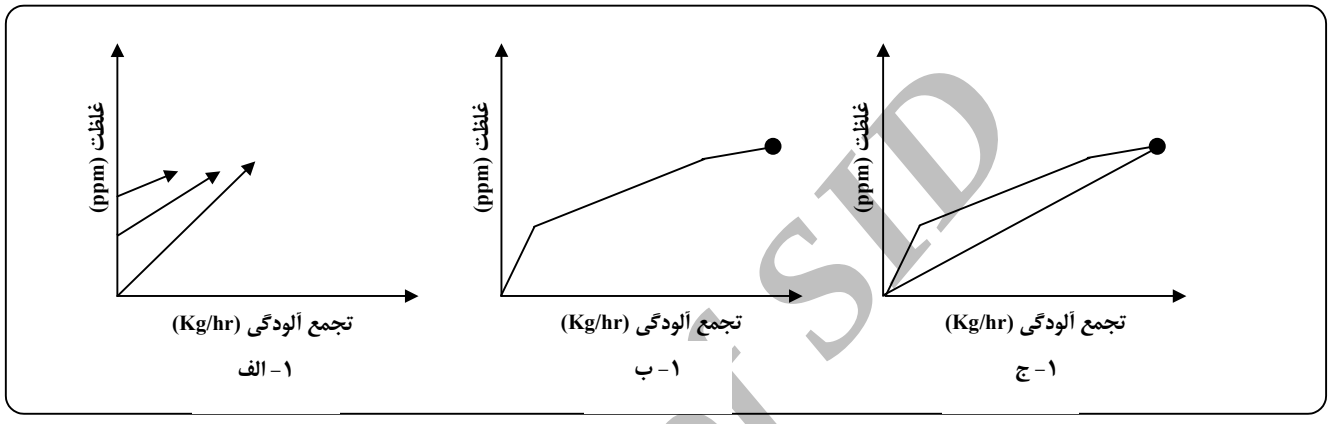
براساس خطهای رسم شده می‌توان نمودار سیستم را حداکثر به۲n-۱ ناحیه تقسیم کرد که این تقسیم به صورت افقی صورت می‌گیرد. به این ترتیب که از هر ابتدا و یا انتها یک خط به موازات محور افقی رسم می‌شود. چنان‌که انتها و ابتدای سیستم‌ها بر هم منطبق شوند تعداد ایـن مرزها کم می‌شود. سپس کل فراینـدهای

(۱) Limiting air flow

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲ـ مشخصات جریان‌های آلوده کننده هوا برای ناحیه‌ی ۱.

آلوده‌کننده	مقدار تولید آلودگی (kg/day)	غلظت ورودی برای آلوده‌کننده‌ها	غلظت خروجی	تعداد	مقدار کل آلودگی تولید شده	دبی هوا (kg/day)
منازل	۳/۶	۰	۱۰	۸۰۰۰	۲۸۸۰۰	$۲/۸۸\times۱۰^{۹}$
وسایل نقلیه	۱۰/۸	۱/۵	۱۰	۱۰۰۰۰	۱۰۸۰۰۰	$۱۲/۷۱\times۱۰^{۹}$
کارخانه	۲۶/۴۰	۷	۱۰	۲	۵۲۸۰	$۱/۷۶\times۱۰^{۹}$
					۱۴۲۰۸۰	$۱۷/۳۵\times۱۰^{۹}$



شکل ۱ـ رسم نمودار ترکیبی غلظت.

موجود در یک مرز ادغام شده و حد منحنی غلظت به‌دست می‌آید. شکل‌های ۱- الف و ۱- ب مراحل رسم نمودار ترکیبی غلظت را نشان می‌دهند.

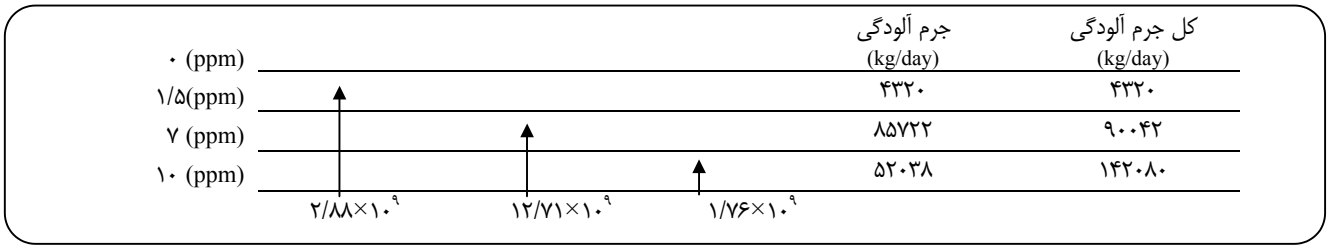
رسم خط هوای تازه و تعیین نقطه پینچ

پس از رسم منحنی ترکیبی غلظت هر خطی که از نقطه متعلق به هوای تازه ورودی به سیستم آغاز شود و به‌طور کامل زیر منحنی ترکیبی غلظت قرار گیرد، می‌تواند پاسخگوی هوای مورد نیاز تجهیزات باشد. اما به‌منظور تعیین مینیمم هوا، خطی با حداکثر شیب چنان رسم می‌شود که بر منحنی در یک یا چند نقطه مماس شود، این نقطه‌های تماس را پینچ می‌خوانند و شیب این خط مشخص کننده حداقل مقدار هوای لازم برای مجموعه تجهیزات و دستگاه‌های آلوده کننده است (شکل ۱- ج).

برای کاربرد تکنولوژی پینچ در بررسی آلودگی هوا، منطقه‌ای با مشخصات ابعادی ۹×۹ کیلومتر مربع و تقسیم آن به ۹ ناحیه با ابعاد ۳×۳ کیلومترمربع با تعداد آلوده کننده‌های متفاوت در هر ناحیه در نظر گرفته می‌شود و تجمع تجهیزات آلوده کننده که شامل وسایل نقلیه، منازل و واحدهای صنعتی هستند، در هر ناحیه متفاوت در نظر گرفته می‌شود و برای هر ناحیه با توجه به تعداد و نوع تجهیزات آلوده‌کننده جدول ۱ برای آلاینده کربن مونوکسید تکمیل می‌شود. محاسبه‌های تکنولوژی پینچ ابتدا برای هر ناحیه به صورت جداگانه انجام شده و سپس مجموع نواحی مورد بررسی قرار گرفته‌اند که محاسبه‌های ناحیه اول و همچنین محاسبه‌های انجام شده برای مجموع نواحی ذکر شده است. به عنوان نمونه اطلاعات بالا برای ناحیه ۱ به صورت جدول ۲ تکمیل و ارایه شده است [۲].

در این جدول غلظت حدی خروجی غلظت استاندارد قابل قبول برای سازمان محیط زیست در نظر گرفته شده است و برای غلظت ورودی فرض می‌شود که در شروع مطالعه هوا از آلودگی مورد بررسی عاری بوده و پس از وارد شدن کل آلودگی تولید شده به‌وسیله‌ی منبع آلوده کننده اول غلظت آلودگی هوا به مقدار آلودگی وارد شده به فضا از منبع اول افزایش می‌یابد و این مقدار به عنوان غلظت اولیه برای منبع تولید آلودگی دوم درنظر گرفته می‌شود. به این ترتیب افزایش آلودگی ناشی از تجمع آلودگی تولید شده از منبع نخست و دوم به عنوان غلظت اولیه آلودگی در هوا برای منبع تولید آلودگی سوم منظور می‌شود. در صورت وجود

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲ـ نمودار آبشاره.

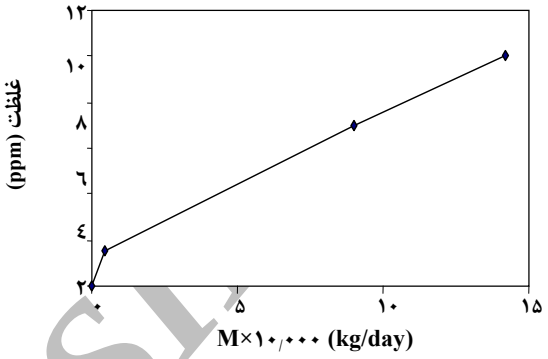
سایر منابع آلوده کننده بدین ترتیب عمل می‌شود و چنانچه در شروع بررسی، هوای ناحیه مورد مطالعه دارای آلودگی باشد به مقدارهای بالا اضافه می‌شود. ستون مقدار تولید آلودگی میانگین آلودگی تولید شده به‌وسیله تجهیزات منبع آلوده کننده است [۲]. ستون دبی هوا با استفاده از رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌شود که مینیمم مقدار هوای مورد نیاز برای رعایت حد استاندارد است. با استفاده از جدول ۲ نمودار آبشاره به صورت شکل ۲ قابل رسم است که این نمودار با توجه به مینیمم هوا و غلظت‌های اولیه برای هر منبع تولید آلاینده رسم می‌شود.

با توجه به محاسبات انجام شده و رسم نمودار آبشاره منحنی ترکیبی غلظت رسم می‌شود (شکل ۳). سپس خط‌های هوای تازه را آنقدر حرکت داده تا این منحنی را در یک نقطه قطع کند، نام این محل نقطه پینچ هوای تازه است (شکل ۴).

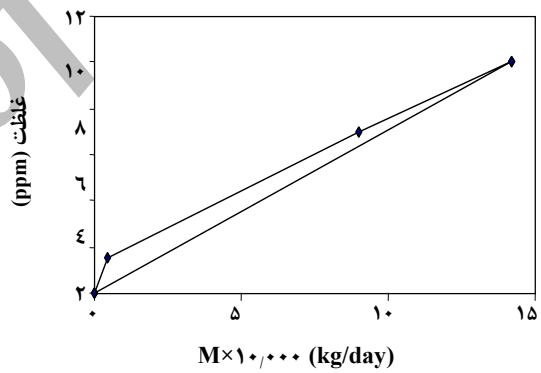
با تعیین نقطه پینچ در غلظت۱۰ppm دبی جرمی مینیمم هوای لازم از رابطه‌ی عکس شیب منحنی ترکیبی غلظت به مقدار kg/day $۱/۴۲\times۱۰^{۱۰}$ تعیین می‌شود و سپس نمودار شبکه به‌صورت شکل ۵ رسم می‌شود.

این نمودار با توجه به مقدار مینیمم هوای لازم برای رعایت حد استاندارد آلودگی برای ناحیه مورد بررسی در فاصله غلظت‌های نمودار آبشاره و مقادیر آلودگی رسم شده است که ریزش آلودگی به هوای منطقه مقدار آلودگی هوا را افزایش می دهد که اگر هوای منطقه مورد مطالعه از حد مینیمم هوای مورد نیاز بیشتر باشد غلظت آلودگی از مقدار حد نهایی استاندارد کمتر خواهد بود ولی اگر هوای منطقه از مینیمم مقدار هوای تازه محاسبه شده از تکنولوژی پینچ کمتر باشد، غلظت آلودگی از حد استاندارد افزایش یافته، بنابراین، با به‌کارگیری یکی از روش‌های ذیل می‌توان هوای تازه به منطقه تزریق کرد:

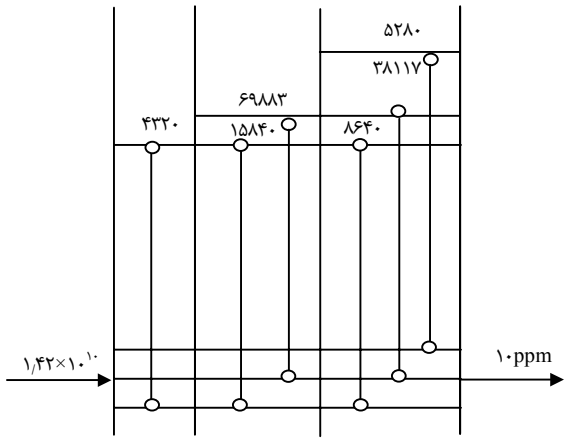
۱- تصفیه جزیی هوای منطقه
۲- سیستم تصفیه دود در اگزوز منابع تولید کننده آلودگی
۳- ایجاد فضای سبز در آن ناحیه
۴- تعویض مسیر اتوبان‌ها به نواحی مجاور با آلودگی کمتر



شکل ۳ـ منحنی ترکیبی غلظت.



شکل ٤ـ نقطهٔ پینچ.



شکل ۵ ـ نمودار شبکه.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳ـ نتیجه‌های حاصل از رسم نمودارهای آبشاره و منحنی‌های ترکیبی غلظت برای هر ناحیه.

دبی هوا (kg/day)	غلظت حدی نهایی (ppm)	غلظت اولیه (ppm)	مقدار کل آلودگی (kg/day)	نواحی
$۱/۴۲\times۱۰^{۱۰}$	۱۰	۰	۱۴۲۰۰۰	۱
$۱/۲۷\times۱۰^{۱۰}$	۱۰	۰/۵	۱۲۰۰۰۰	۲
$۱/۵۴\times۱۰^{۱۰}$	۱۰	۱/۲	۱۳۵۰۰۰	۳
$۱/۹۶\times۱۰^{۱۰}$	۱۰	۲	۱۵۵۰۰۰	۴
$۲/۳۶\times۱۰^{۱۰}$	۱۰	۲/۸	۱۷۰۰۰۰	۵
$۲/۱۵\times۱۰^{۱۰}$	۱۰	۳/۵	۱۴۰۰۰۰	۶
$۱/۷۶\times۱۰^{۱۰}$	۱۰	۴/۳	۱۰۰۰۰۰	۷
$۱/۶\times۱۰^{۱۰}$	۱۰	۵	۸۰۰۰۰	۸
$۴/۴۵\times۱۰^{۱۰}$	۱۰	۵/۵	۲۰۰۰۰۰	۹
$۱۸/۴۹\times۱۰^{۱۰}$			۱۲۴۲۰۰۰	

تعیین نقطهٔ پینچ و مینیمم هوای تازه برای کل منطقه

برای هرکدام از نواحی ۹ گانه منحنی‌های آبشاره و منحنی‌های ترکیبی غلظت رسم شد و مقدارهای تولید کل آلاینده، مینیمم هوای تازه همچنین تأثیر آلودگی هر ناحیه بر افزایش غلظت کل منطقه محاسبه شد که نتیجه‌ها در جدول ۳ آورده شده است. در این بخش غلظت اولیه هر ناحیه به‌صورت رابطه‌ی (۲) محاسبه می‌شود.

$$\text{غلظت اولیه هر ناحیه} = \frac{\text{مقدار آلودگی تولد شده در نواحی قبل}}{\text{هوای کل منطقه}} \quad (۲)$$

با توجه به نتیجه‌های جدول ۳ نمودار آبشاره برای کل منطقه به صورت شکل ۶ قابل رسم است که نشان دهنده مقدار تولید آلودگی در غلظت‌های متفاوت است. حال اگر منحنی ترکیبی غلظت را برای کل منطقه رسم کنیم نقطه‌ی پینچ منطقه ۱۰ppmو مقدار مینیمم هوای تازه برای جابه‌جایی آلودگی kg/day $۱۰^{۱۰}\times$ ۱۲/۴۲ به‌دست خواهد آمد (شکل‌های ۷ و ۸).

نتیجه‌ها و بحث

شباهت موجود بین فرایندهای انتقال جرم و حرارت از مدت‌ها پیش شناخته شده است. از جمله انتقال حرارت بین یک جریان گرم و سرد مشابه انتقال جرم از یک جریان غلیظ به یک جریان رقیق است، اما نمی‌توان نحوه طراحی شبکه مبدل‌های جرمی را به‌صورت مستقیم از طراحی شبکه مبدل‌های حرارتی به‌دست آورد. چرا که تفاوت‌های اساسی بین این دو پدیده وجود دارد. برای مثال، در صورت تفاوت دما بین دو جریان، مستقل از نوع جریان‌ها، انتقال حرارت صورت می‌گیرد. درصورتی که در انتقال جرم چنین نیست و تغییر ماهیت هر کدام از سیال‌ها معرف موقعیت تعادل جدیدی بین دو جریان خواهد بود.

تفاوت دیگر در تعداد عواملی است که در این دو پدیده منتقل می‌شوند، اما مقایسه این دو پدیده با انتشار آلاینده‌ها در هوا نیز بحث متفاوتی است، زیرا توزیع آلودگی در هوا به ضریب نفوذ مولکولی و ضریب نفوذ چرخانه‌ها بستگی داشته و پدیده انتقال جرم، دو طرفه با مول‌های برابر است. بنابراین، در صورت محدود بودن فضا می‌توان توزیع غلظت را یکسان فرض کرد و حد نهایی آلودگی را با توجه به محدودیت‌های زیست محیطی تعریف کرد. بررسی‌های فنی و کاربردی نشان می‌دهد که مفاهیم تکنولوژی پینچ در هر سه سیستم قابل مقایسه بوده و با مقایسه مفاهیم کلی در این تحقیق پینچ هوا تعریف شد (جدول ۴) و استفاده از این تجزیه در یک منطقه به ابعاد ۹×۹ کیلومتر مربع نشان داد که نقطه پینچ برای هوا و مقدار مینیمم هوای مورد نیاز برای جابه‌جایی آلودگی تولید شده و رعایت استاندارد به‌وسیله‌ی این تجزیه قابل محاسبه است. با استفاده از این روش و بدون نیاز به مدل‌سازی ریاضی می‌توان نحوه توزیع نقاط بحرانی راتشخیص داد و با تغییر در ترافیک شهری یا تصفیه‌های جزیی آلودگی، مقدار آن را در حد استاندارد کنترل کرد.

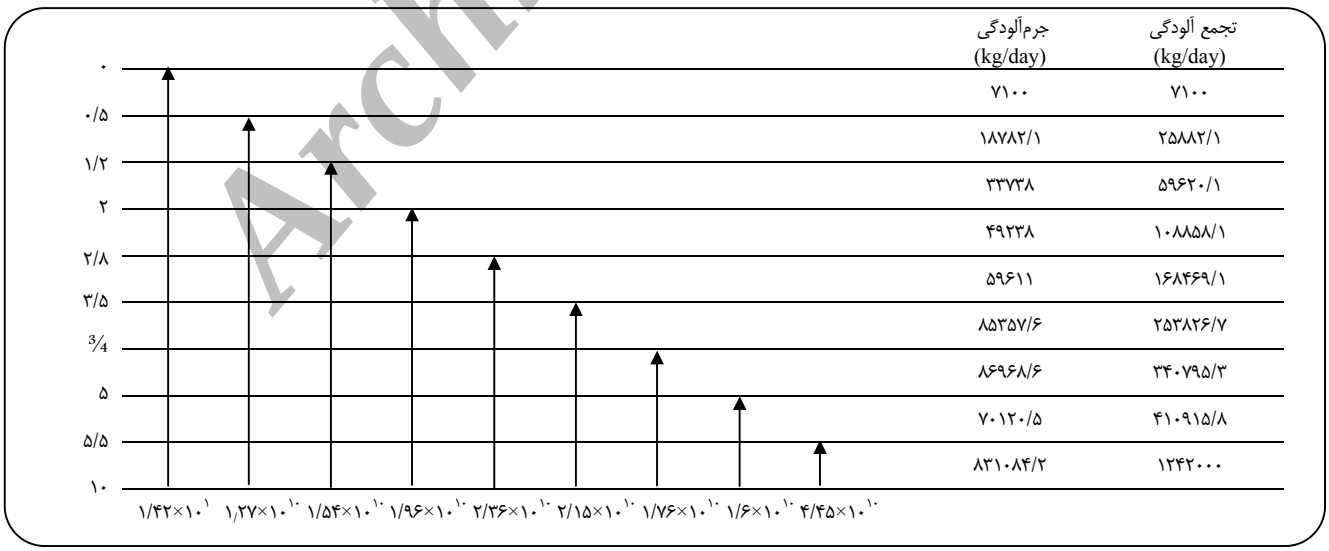
لازم به توضیح است که برای سایر آلاینده‌ها نظیر ترکیب‌های گوگردی، اکسیدهای نیتروژن، فلزهای سنگین، هیدروکربنهای نسوخته و ...، محاسبه‌ها شبیه کربن مونوکسید صورت می‌گیرد و مقدار مینیمم هوای لازم برای کل آلاینده‌ها ماکسیمم مقدار آنها خواهد بود.

تاریخ دریافت: ۸۲/۱۲/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۵/۱۰

Archive of SID
www.SID.ir

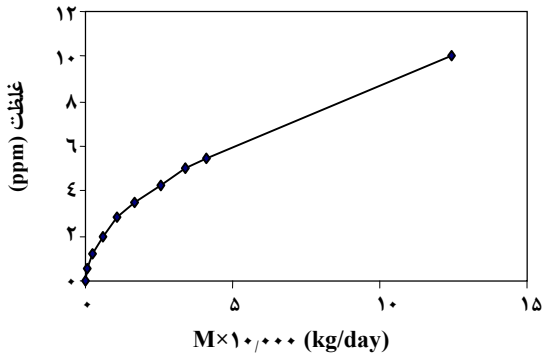
جدول ٤ـ مقایسه پینچ حرارتی و پینچ آب و تعیین پارامترهای پینچ هوا.

پینچ هوا	پینچ آب	پینچ حرارتی	موارد مقایسه
منابع آلاینده هوا	جریان‌های آلاینده فرایند	جریان‌های گرم فرایند	محیط انتقال دهنده
هوای شهر	جریان آب ناخالص یا اشباع نشده	جریان‌های سرد فرایند	محیط انتقال گیرنده
آلودگی (ppm)، $-SO_X-NO_X-CO_X$ سرب، ذرات معلق و ...	آلودگی (ppm)، سختی، pH و ...	حرارت (kw)	منتقل شونده
تخمین میزان حداقل ظرفیت هوای تازه یا تخمین میزان حداقل آلودگی برای رعایت استانداردها	تخمین میزان حداقل آب تازه برای فرایند برای رعایت غلظت حدی زیست محیطی	تخمین میزان حداقل گرمایش و سرمایش مورد نیاز	منطق هدف‌گذاری
تغییر در فاکتورهای تولید آلودگی	تغییرهای فرایندی	تغییرهای فرایندی	روش‌های کاهش میزان هدف‌ها
ـ منحنی مرکب غلظت آلودگی هوا ـ حد استاندارد آلودگی هوا	ـ منحنی مرکب غلظت ـ پروفیل حدی آب	ـ منحنی‌های مرکب ـ تجزیه عددی مسأله	روش هدف‌گذاری
پینچ هوای تازه	پینچ آب تازه پینچ آب احیاء شده	پینچ فرایندی پینچ سرویس جانبی	نقطه پینچ
تصفیه جزیی	استفاده مجدد از آب تصفیه جزیی و استفاده مجدد تصفیه جزیی و برگشت آب	ـ منحنی نیرو محرکه ـ تجزیه مسأله باقی مانده ـ تجزیه تقاطع پینچ	ابزار طراحی برای رسیدن به اهداف بهینه
تقابل سرمایه‌گذاری و سلامتی	تقابل مصرف آب و سرمایه‌گذاری	تقابل مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری	منطق بهینه‌سازی اقتصادی
ـ طراحی سیستم حمل و نقل ـ طراحی سیستم‌های تصفیه جزیی هوا	ـ طراحی شبکه‌های مصرف آب ـ طراحی سیستم‌های تصفیه پساب توزیع یافته	روش طراحی پینچ	روش طراحی

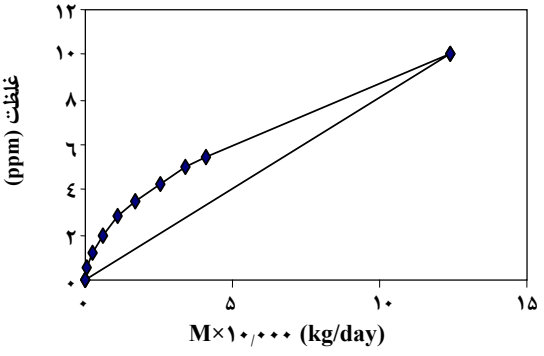


شکل ٦ـ منحنی آبشاره برای کل منطقه.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۷ـ منحنی ترکیبی غلظت برای کل منطقه.



شکل ۸ ـ تعیین نقطه پینچ برای کل منطقه.

مراجع

[1] Zannetti, P., Environmental Modeling, Computational Mechanics, Pub. & Elsevier Applied Science, **1**, p.108 (1993).

[2] Heidari Nasab, A., PhD Thesis, Department of Chemical Engineering, Amirkabir University of Technology , Tehran (2003).

[3] Linnhoff, B., Pinch Analysis-A State of the Art Overview, *Trans IChemE*, **71** (Part A), p. 503 (1993).

[4] Linnhoff, B., Lenz, W., Thermal Integration and Process Optimization, *Chem. Eng. Tech,* **59**, p. 851 (1987).

[5] El-Halwagi, M. M. and Vasilios, M., Automatic Synthesis of Mass Exchange Networks with Single Component Targets, *Chem. Eng. Science*, **45**, p. 2813 (1990)

[6] El-Halwagi, M. M. and Vasilios, M., Simultaneous Synthesis of Mass- Exchange and Integration Networks, *AIChE Journal*, **36** (8), p. 1209 (1990).

[7] El-Halwagi, M. M. and Vasilios, M., Synthesis of Mass – Exchange Networks, *AIChE journal,* **35**, p. 1233 (1989).

[8] Wang, Y.P., Smith, R., Wastewater Minimization, *Chem. Eng. Science*, **49** (7), p. 981 (1994).

[9] Parkinson, G., Briefs, EPA finds Mexican and U.S. Environmental Regulations are 'on par', *Chem. Eng.*, p.44 (1994).

Archive of SID

www.SID.ir