مقایسه مدل حاصل از رگرسیون و مدل کینتیکی اصلاح شده مونود در پیش بینی راندمان حذف فرمالدوئید در بیوفیلتر چکنده

نویسندگان: امین گلی[۱]، امیر رضا طلایی[۲]

۱.کارشناس گروه مهندسی مکانیک، موسسه آموزش عالی جامی، اصفهان
۲. نویسنده مسئول:استادیار گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی جامی، اصفهان
تلفن تماس: ۰۹۳۸۱۴۹۲۷۹۸ Email: atalaei@jami.ac.ir

طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد
سال پانزدهم
شماره: اول
فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۵
شماره مسلسل: ۵۵

تاریخ وصول: ۱۳۹۱/۸/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۹

چکیده

مقدمه: فرمالدوئید یکی از ترکیبات آلاینده سمی، جهش زا و احتمالاً سرطانزا می‌باشد که از صنایع مختلف دنیا به میزان زیاد به هوا تخلیه می‌گردد. هدف اصلی از این مطالعه بررسی پارامترهای کینتیکی یک بیوفیلتر چکنده و در کنار آن ارائه مدلی ساده رگرسیونی می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه با کمک داده‌های حاصل از یک بیوفیلتر صافی چکنده در مقیاس آزمایشگاهی که در حذف بخار فرمالدوئید از هوا مورد استفاده قرار گرفته بود جهت تعیین ضرایب کینتیکی K_m و r_{max} اقدام گردید. همچنین به کمک این داده‌ها یک مدل رگرسیونی ساده نیز محاسبه شد.

یافته‌ها: در نهایت با کمک این معادلات نسبت به پیش بینی راندمان سیستم در غلظت‌های مختلف ورودی به بیوفیلتر اقدام گردید و داده‌های حاصل با اندازه‌گیری‌های واقعی در پایلوت مورد مقایسه قرار گرفت.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این مطالعه مشخص نمود که مدل رگرسیونی از دقت بالایی بر خوردار است لیکن فقط قادر به پیش بینی متوسط راندمان بیوفیلتر در حذف بخار فرمالدوئید بود. ولیکن مدل کینتیکی دارای مقداری خطا در پیش‌بینی‌ها بود لیکن نتایج این مدل اتطباق زیادی با نتایج ورودی داشته و تقریباً فراز و فرودهای دوره راهبری سیستم را پیش‌بینی نمود.

واژه‌های کلیدی: فرمالدوئید، ضرایب کینتیکی، مدلسازی، بیوفیلتر، تجزیه بیولوژیکی

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

امروزه ترکیبات خطرناک مختلفی از صنایع وارد هوا می‌گردد. برخی از این ترکیبات همچون ترکیبات آلی فرار (VOCs) بعضاً بسیار سمی و خطرناک هستند. فرمالدوئید یکی از این ترکیبات خطرناک است که بر طبق مطالعه‌ای که توسط تانگ (Tang) و همکاران انجام شد، در سال ۲۰۰۶ مقدار ۳۲ میلیون تن فرمالدوئید از صنایع مختلف دنیا به اتمسفر رها شده‌است(۱). باتوجه به اینکه فرمالدوئید توسط محققین مختلف به عنوان ماده‌ای سرطانزا (Carcinogen) و جهش‌زا (Mutagen) معرفی شده‌است(۵-۲). لذا طبیعی است که با توجه به خطرات این آلاینده و همچنین حجم وسیع استفاده و رهاسازی آن در اتمسفر، توسعه سیستم‌هایی جهت حذف این آلاینده در هوا توسط مسئولین زیست‌محیطی کشورهای مختلف جهان و همچنین محققین مختلف در کانون توجه قرارگیرد(۸-۶). سیستم‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی جهت تصفیه گازهای حاوی فرمالدوئید مورد بررسی قرار گرفته‌است(۱۰و۹). اغلب سیستم‌های فیزیکی همچون استفاده از جاذب‌ها و یا سیستم‌های شیمیایی همچون استفاده از واکنش‌های شیمیایی قابل انجام در اسکرابرهای شیمیایی، روش‌هایی گران قیمت بوده و بطور معمول کارایی بسیار بالایی نیز در حذف فرمالدوئید ندارند(۷و۵). کاربرد روش‌های بیولوژیکی می‌تواند علی‌رغم پیچیدگی‌های خود جایگزینی مناسبی برای فرایندهای فیزیکی و شیمیایی باشد. روش‌های بیولوژیکی ارزان قیمت بوده و کارایی بسیار بالایی در این زمینه دارند لیکن این روش‌ها بنا به دلایلی همچون سمیت شدید فرمالدوئید برای میکروارگانیسم‌ها بسیار پیچیده بوده و طراحی و راهبری دقیقی را طلب می‌نماید (۱۱و۴). روش‌های بیولوژیکی به بیوفیلترها مشهور بوده و از میان انواع بیوفیلترهای مورد مطالعه، استفاده از بیوفیلترهای چکنده به عنوان روشی مطلوب برای حذف فرمالدوئید نام برده شده است(۱۱). بسیاری از محققین مختلف برای پیش‌بینی شرایط کاری بیوفیلترهای چکنده مدل‌های مختلفی را ارائه نموده‌اند(۱۴-۱۲). مدلهای معرفی شده توسط محققین مختلف به دو دسته مدل‌های میکروکنتیک و مدل‌های ماکروکنتیک تقسیم‌بندی می‌گردند. در مدل‌های میکروکنتیک سعی شده‌است تمامی پارامترهای موثر در انتقال جرم همچون سطح ویژه بستر مورد استفاده، ضخامت بیوفیلم تشکیل شده، ضریب پخش هوای آلوده ورودی در بیوفیلتر، ضریب ثابت هنری و... مورد بررسی قرار گیرد. این مدل‌ها بعضاً بسیار پیچیده بوده و استفاده از آنها نیازمند توجه به طیف وسیعی از پارامترها و ضرایب مختلف می‌باشد که در بسیاری از اوقات این اطلاعات در اختیار مهندسین طراح نیست. مدل ارائه شده توسط اتونگراف (Ottengraf) و همکارش وندن‌آور (Van den Oever) یکی از پر ارجاع‌ترین مدل‌های میکروکنتیکی می‌باشد(۱۴). مدل‌های ماکروکنتیک از بررسی پارامترهای جزئی خودداری نموده و فقط به پارامترهای بسیار موثر همچون غلظت آلاینده، دبی آلاینده ورودی، مقدار رطوبت و دما می‌پردازند. بررسی تاثیر این گونه پارامترها بر روی راندمان سیستم و ارائه رابطه‌های ریاضی در مدلهای ماکروکنتیک نیازمند مطالعات آزمایشگاهی می‌باشند به همین دلیل مدلهای ارائه شده در این روش را مدل‌های تجربی نیز می‌نامند(۱۵). بطور

Archive of SID

www.SID.ir

معمول در مدل‌های ماکروکنتیک و در غلظت‌های پایین ماده آلاینده ورودی، تغییرات نرخ تجزیه آلاینده ورودی در سیستم بصورت خطی می‌باشد. لیکن با افزایش غلظت ماده آلاینده، نرخ تجزیه آلاینده در سیستم به سمت صفر حرکت می‌کند، لذا تغییرات سیستم از حالت خطی خارج می‌گردد. استراس (Strauss) و همکاران در سال ۲۰۰۰ معادله $\mu = a(1-e^{-bt})$ را برای تعیین مقدار راندمان بیوفیلترها در حذف VOCs ارائه نمودند(۱۶)، که در آن a و b ضرایب ثابت، t زمان ماند آلاینده در بیوفیلتر و نهایتاً μ راندمان سیستم بود. ضرایب ثابت در این معادله از طریق خطی‌سازی با کمک لگاریتم‌گیری از طرفین معادله و نهایتاً فیتینگ (Fitting) داده‌ها بر اساس نتایج انجام آزمایشات در زمان‌های ماند مختلف قابل محاسبه می‌باشد.

مطالعات مشابهی نیز توسط دوپلاسیس و همکارانش در سال ۲۰۰۳ به انجام رسید و آنها نیز موفق به ارائه مدلی تجربی بر پایه تکمیل معادلات قبلی شدند (۱۷). در تمام مطالعات ماکروکنتیک کارایی بیوفیلترها به غلظت آلاینده ورودی مورد نظر بستگی دارد که این مورد نیز خود وابسته به نرخ آلودگی ورودی به بیوفیلتر می‌باشد. لازم به ذکر است که نرخ ورود آلاینده به بیوفیلتر نیز خود به دبی هوای آلوده ورودی وابسته است(۱۵).

هدف اصلی از این مطالعه بررسی پارامترهای کینتیکی یک بیوفیلتر چکنده و در کنار آن ارائه مدل ساده رگرسیونی می‌باشد. همچنین مقایسه نتایج حاصل از پیش‌بینی‌های معادله بیوکنیک و مدل رگرسیونی نیز از دیگر اهداف این مطالعه محسوب می‌گردد. برای انجام این مطالعه پایلوت بیوفیلتر چکنده برای مدت زمانی ۶۱ روز مورد بررسی و آزمایشات لازم قرار قرار گرفت و با کمک نتایج حاصل پارامترهای بیوسینتیک با کمک معادله اصلاح شده مونود و همچنین مدل رگرسیونی ساده محاسبه گردید. در نهایت دقت این دو مدل در پیش بینی راندمان سیستم در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

در این مطالعه با ساخت یک پایلوت بیوفیلتر که مشخصات دقیق آن در مطالعه قبلی توسط گلی و همکارانش ارائه شده است (۱۱) در سه دبی هوای آلوده به بخار فرمالدوئید برابر با ۹۰، ۲۹۱ و نهایتاً ۱۵۱۲ لیتر بر ساعت مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعات قبل مشخص شد که راندمان بیوفیلتر به زمان ماند هیدرولیکی و pH محیط به شدت وابسته است. لذا با توجه به نتایج حاصل در این مطالعه در طی ۶۱ روز سه بارگذاری مختلف بر روی سیستم انجام پذیرفت. با توجه به اینکه در مطالعه قبلی توسط گلی و همکاران مشخص شد که pH برابر ۷ منجر به ایجاد بالاترین راندمان در بیوفیلتر می‌گردد، در تمام باگذاری‌های مختلف pH محیط بر روی ۷ تنظیم گردید. هر بارگذاری تا رسیدن بیوفیلتر به شرایط پایدار ادامه می‌یافت. شرایط پایدار در این مطالعه به صورت عدم تغییر محسوس راندمان سیستم برای مدت زمان حداقل ۵ روز تعریف گردید. در طی هر بارگذاری پارامترهای زمان ماند، مقدار آلاینده ورودی و مقدار آلاینده خروجی در راکتور مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. با کمک این داده ها یک مدل ساده حاصل از رگرسیون خطی و یک مدل حاصل از معادله اصلاح شده مونود مورد بررسی قرار گرفت.

Archive of SID
www.SID.ir

محاسبه مدل رگرسیون :برای ارائه یک مدل ساده با کمک روش رگرسیون، راندمان سیستم بطور روزانه مشخص می‌گردید. پس از پایان هر مرحله متوسط راندمان در طی بارگذاری محاسبه می‌گردید. لذا پس از پایان مطالعات سه راندمان مختلف در سه بارگذاری متفاوت حاصل شد. با انجام عمل رگرسیون خطی ما بین این داده ها مدلی ساده حاصل گردید. برای قابل کاربرد شدن این معادله ساده در طراحی بیوفیلترها و یا پیش‌بینی حالات یک بیوفیلتر در شرایط مختلف این معادله با معادلات ساده دیگر ترکیب شد.

محاسبه پارامترهای کینتیکی: در اولین گام از آنالیز داده‌های حاصل از آزمایشات مدلی مناسب باید توسعه می‌یافت. برای توسعه این مدل مراحل زیر دنبال گردید. در این مطالعه مقدار ظرفیت حذف (r) در بیوفیلتر به کمک معادله شماره ۱ تعیین گردید.

$$r = ((C_{in}-C_{out})Q)/V \quad (1)$$

در معادله فوق Q دبی جریان ورودی به بیوفیلتر بر حسب m^3h^{-1} ، غلظت بر حسب gm^{-3} و نهایتاً حجم راکتور بر حسب متر مکعب می‌باشد. همچنین بر اساس معادله مونود ظرفیت حذف را می‌توان به صورت معادله شماره ۲ نیز بیان نمود (۱۱).

$$r = (r_{max}\times C_g)/(K_m+C_g) \quad (2)$$

که در معادله فوق C_g غلظت متوسط ماده آلاینده بر حسب gm^{-3} می‌باشد، r_{max} بیشینه سرعت واکنش تجزیه زیستی در واحد حجم صافی بر حسب $gm^{-3}h^{-1}$ و در نهایت K_m ثابت اشباع در فاز گاز بر حسب gm^{-3} است. می‌توان با ترکیب معادلات ۱ و ۲ و مساوی قرار دادن هر یک با دیگری به معادله جدیدی (معادله ۳) برای محاسبه پارامترهای کینتیکی دست یافت.

$$((C_{in}-C_{out})Q)/V = (r_{max}\times C_g)/(K_m+C_g) \quad (3)$$

با خطی سازی و نهایتاً ساده سازی معادله ۳ می‌توان به معادله ۴ رسید:

$$V/((C_{in}-C_{out})Q)=(K_m/r_{max})\times(1/C_g)+(1/r_{max}) \quad (4)$$

در معادله فوق C_g متوسط لگاریتمی غلظت در بیوفیلتر است. برای یافت راهی به منظور محاسبه متوسط لگاریتمی غلظت می‌توان از محاسبات زیر استفاده نمود. در اولین قدم معادله ۱ را بر حسب حجم حل می‌نماییم که منجر به محاسبه معادله ۵ می‌گردد.

$$V= ((C_{in}-C_{out})Q)/r \quad (5)$$

همچنین بر طبق پژوهشهای انجام شده مقدار r و همچنین حجم راکتور را می‌توان به صورت معادلات ۶ و ۷ نیز تعریف کرد (۸).

$$r=(K_1\times C_g)/(1+K_2\times C_g) \quad (6)$$

$$V=((\ln(C_{in}/C_{out})+K_2(Cin-C_{out})Q)/K_1 \quad (7)$$

با مساوی قرار دادن معادلات ۵ و ۷ به معادله ۸ خواهیم رسید:

$$(C_{in}-C_{out})Q/r=((\ln(C_{in}/C_{out})+K_2(Cin-C_{out})Q)/K_1 \quad (8)$$

با جایگزینی معادله ۶ با فاکتور r در معادله ۸ به معادله ۹ دست خواهیم یافت.

$$((C_{in}-C_{out})Q/(K_1\times C_g))/(K_1\times C_g)/(1+K_2\times C_g)=$$

$$((\ln(C_{in}/C_{out})+K_2(Cin-C_{out})Q)/K_1 \quad (9)$$

بسط معادله ۹، ساده سازی آن و سرانجام حل آن برای C_g منجر به

Archive of SID

www.SID.ir

معرفی معادله زیر به عنوان متوسط لگاریتمی غلظت در بیوراکتور خواهد شد که با معادله ۱۰ نمایش داده شده است.

$$C_g = (C_{in}-C_{out})/\ln(C_{in}/C_{out}) \quad (10)$$

با کمک معادله ۱۰ می‌توان نسبت به محاسبه متوسط لگاریتمی غلظت و جایگزینی آن در معادله ۴ جهت محاسبه پارامترهای سینتیکی اقدام نمود. برای مشخص نمودن ضرایب کنتیکی در این مطالعه با کمک رسم پارامترهای $V/((C_{in}-C_{out})Q)$ در برابر $1/C_g$ در معادله ۴ مقادیر r_{max} و K_m را مشخص گردید (۱۸).

در این مطالعه برای سنجش غلظت فرمالدوئید ورودی از یک دستگاه سنجش فرمالدوئید ساخت شرکت اینتراسکن (Interscan) مدل ۴۱۶۰ استفاده گردید که سنجش سریع و مستقیم فرمالدوئید در هوا را امکان‌پذیر می‌نمود.

بحث و نتیجه‌گیری

مدل رگرسیونی: مطالعه قبلی توسط گلی و همکارانش مشخص نمود که از نظر آماری کارایی صافی بیولوژیکی مورد مطالعه در این تحقیق به زمان ماند و pH محیط وابسته بوده است (۱۱). با توجه به این موضوع که بهترین راندمان صافی مورد مطالعه در pH برابر با ۷ بدست آمده است و بطور حتم اپراتورهای آینده نیز برای داشتن بهترین کارایی صافی را در pH خنثی راهبری خواهند نمود، لذا با استفاده از نتایج آزمایشات در pH برابر با ۷ نسبت به محاسبه معادله ۱۱ به کمک رگرسیون خطی اقدام گردید. لازم به ذکر است که این معادله با توجه به متوسط راندمان سیستم در طول هر بارگذاری محاسبه شده و حاصل ۶۱ آزمایشی است که در سه بارگذاری مختلف بطور روزانه بر روی صافی انجام پذیرفته است. نتایج رگرسون انجام شده در نمودار شکل ۱ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشخص است ضریب همبستگی در این معادله برابر با ۰/۸۶ می‌باشد.

در معادله ۱ پارامتر F راندمان حذف بخار فرمالدئید بر حسب درصد و t زمان ماند هیدرولیکی صافی بر حسب ثانیه می‌باشد.

$$F= 065t + 96.2 \quad (11)$$

در این مطالعه برای تعیین راندمان صافی از معادله ۱۲ استفاده می‌گردید. در این معادله C_{out} مقدار فرمالدوئید خروجی از سیستم بر حسب میلی گرم بر لیتر و در نهایت C_{in} غلظت فرمالدوئید ورودی به سیستم بر حسب میلی گرم بر لیتر می‌باشد. همچنین برای محاسبه زمان ماند نیز از معادله ۱۳ استفاده می‌شد. که در این معادله نیز V حجم صافی بر حسب لیتر، Q دبی هوای آلوده ورودی به صافی بر حسب لیتر بر ساعت و نهایتاً t زمان ماند هیدرولیکی بر حسب ثانیه می‌باشد. با جایگزینی معادلات ۱۲ با فاکتور F و همچنین با جایگزینی معادله ۱۳ با فاکتور t در معادله ۱۱ و نهایتاً ساده سازی آن می‌توان به معادله ۱۴ دست یافت.

$$F = (C_{in}-C_{out})/C_{in} \quad (12)$$

$$t = V/Q \quad (13)$$

$$V=(Q[100\times(C_{in}-C_{out})-96.2])/0.065C_{in} \quad (14)$$

با کمک معادله ۱۴ می‌توان با در دست داشتن غلظت فرمالدوئید ورودی و همچنین غلظت مورد نظر در خروجی بیوفیلتر و نهایتاً با تعیین دبی هوای آلوده به فرمالدوئید حجم صافی را در مقیاس

Archive of SID

www.SID.ir

صنعتی مشخش نمود. لازم به ذکر است که این معادله تنها در شرایطی دارای جوابهای صحیح و دقیق است که (۱) از بستر مورد استفاده در این مطالعه استفاده شده باشد، زیرا بسترهای مختلف دارای تخلل‌های مختلف و همچنین سطح ویژه گوناگون بوده لذا مقدار بیومس رشد کرده بر روی بسترهای می‌تواند متفاوت باشد. (۱۱) هوای آلوده ورودی فقط محتوی بخار فرمالدوئید باشد. نرخ تجزیه بیولوژیکی بیوفیلتر در مواجه با ترکیبات مختلف با قابلیت تجزیه بیولوژیکی گوناگون مسلماً متفاوت است.

نهایتاً (۳) غلظت فرمالدوئید در محدوده مورد انجام این مطالعه باشد. برای اثبات قدرت برون یابی این مدل ساده و همچنین دقت آن در برون یابی نیاز به انجام آزمایشات بیشتر در آینده می‌باشد.

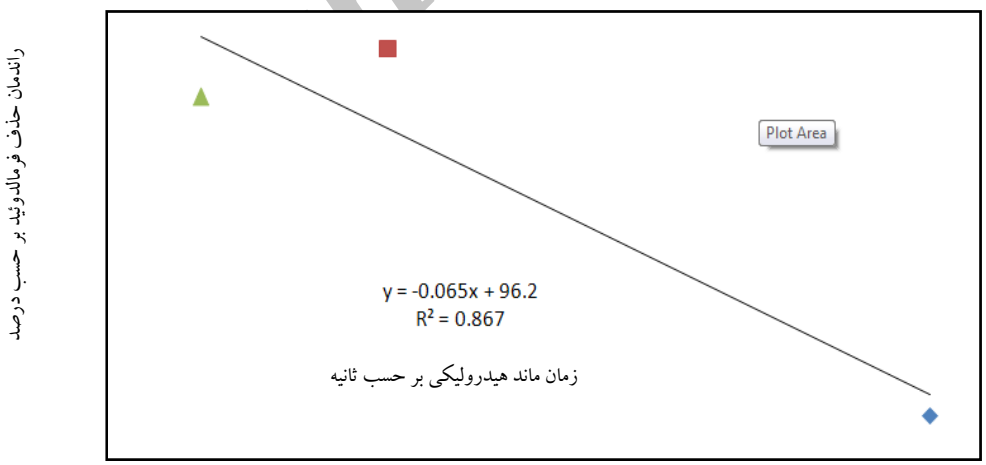
محاسبه پارامترهای کینتیکی: در این مطالعه از معادله ۴ برای مشخص نمودن پارامترهای کینتیکی استفاده شد. در معادله ۴ با رسم $V/((C_{in}-C_{out})Q)$ در برابر $1/C_g$ می‌توان مقادیر r_{max} و K_m را مشخص نمود. بدین منظور این پارامترها طبق جدول ۱ محاسبه شدند.

سپس با کمک مقادیر فوق نسبت به انجام یک رگرسیون خطی مابین ستون‌های $V/((C_{in}-C_{out})Q)$ و $1/C_g$ و محاسبه معادله مربوطه اقدام گردید. نمودار نمایش داده شده در ۱ نشانگر رگرسیون انجام شده در این مطالعه می‌باشد. معادله ۱۵ حاصل رگرسیون مربوطه بود که در آن عرض از مبداء برابر با $1/r_{max}$ و ضریب ثابت x برابر بود با K_m/r_{max} که به راحتی امکان محاسبه پارامترهای کینتیکی مورد نظر را خواهد داد.

(15)

$$y = 0.0005x-0.0001$$

نتایج این جدول نشان دهنده این موضوع است که r_{max} بیوفیلتر برابر با ۱۰۰۰۰- $gm^{-3}h^{-1}$ و K_m برابر با ۵ gm^{-3} می‌باشد. دلیل منفی بودن r_{max} افزایش نسبی راندمان در برابر افزایش غلظت فرمالدوئید بوده است.

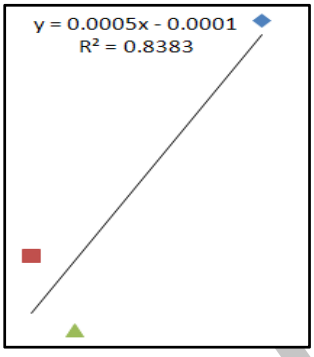


شکل ۱: بررسی وابستگی راندمان صافی به زمان ماند

www.SID.ir

جدول ۱: نتایج محاسبه پارامترهای کینتیکی

1/Cln	$(V/Q)/(C_{gi}-C_{g0})$	متوسط لگاریتمی غلظت (Cln)	غلظت فرمادوئید خروجی	غلظت فرمالدوئید ورودی	دبی ورودی به راکتور	حجم پایلوت
۰/۴۸۷	$۹/۰۳۷۸ \times ۱۰^{-۵}$	۱۹۱/۱۲	۵۷/۸۲	۴۵۰	۰/۰۹	۰/۰۰۳۱۹
۰/۳۲۴	$۲/۵۵۲۸ \times ۱۰^{-۵}$	۱۳۹/۲۱	۲۰/۵۹	۴۵۰	۰/۲۹۱	۰/۰۰۳۱۹
۰/۳۵۵	$۲/۹۸۷۶ \times ۱۰^{-۶}$	۱۵۰/۳۵	۲۷	۴۵۰	۱/۵۱۲	۰/۰۰۳۱۹



شکل ۲: نتایج رگرسیون خطی در سه بارگذاری مختلف

مقایسه مدل رگرسیونی و مدل کینتیکی در پیش بینی عملکرد بیوفیلتر: در این بخش از مطالعه، معادلات ۴ (مدل کنتیکی) و ۱۴ (مدل رگرسیونی) به ترتیب به منظور تعیین راندمان بیوفیلتر حل گردید. این معادلات به صورت معادلات ۱۶ و ۱۷ مورد استفاده قرار گرفت.

$$C_{out}=V/(Q((K_m/r_{max})/C_g)+(1/r_{max}))+C_{in} \quad (16)$$

$$C_{out}=(C_{in}(0.065t+96.2)+100\times C_{in})/100 \quad (17)$$

داده‌های حاصل از آزمایشات مختلف در این معادلات قرار گرفته و نتایج حاصل از پیش بینی‌های این معادلات با نتایج واقعی اندازه گیری شده مقایسه گردید. لازم به ذکر است که این داده ها در سه باگذاری مختلف به سیستم اعمال گردید. برای تغییر بارگذاری زمان ماند هیدرولیکی بیوفیلتر با افزایش دبی تغییر می‌نمود. محدوده تغییرات زمان ماند هیدرولیکی عبارت بودند از ۰۹، ۲۹۱ و ۱۵۱۲ لیتر بر ساعت. نتایج حاصل از این آزمایشات در ۳ نمایش داده شده است. همانطور که در این شکل مشخص است درصد واقعی حذف فرمالدوئید توسط بیوفیلتر دارای فراز و فرودهای فراوان است. لیکن درصد محاسبه شده توسط مدل رگرسیونی فقط متوسط حذف فرمالدوئید را پیش بینی کرده و قادر به پیش بینی فراز و فرودهای احتمالی نیست، با این حال دقت پیش بینی‌های این مدل بسیار خوب بود. مطابق شکل ۳ پاسخ‌های حاصل از معادله ۴ حدود ۱۰ درصد کمتر از مقدار واقعی بوده لیکن این مدل بطور محسوسی قادر به پیش بینی فراز و فرودهای متعدد موجود در بیوفیلتر بوده است که این مسئله یک امتیاز بزرگ برای استفاده از این معادله محسوب می‌گردد.

Archive of SID
www.SID.ir

References

1- Tang X, Bai Y, Duong A, Smith MT, Li L, Zhang L. Formaldehyde in China: Production, consumption, exposure levels, and health effects. Environ In. 2009; 35(8): 1210-24.

2- Talaiekhozani AR, Bagheri M, Goli A, Talaei MR. an Overview on Principle of Odor Control Methods in Wastewater Collection and Treatment Systems, Journal of Environmental Management 2016:170: 186e206.

3- Prado Oscar J, Veiga, María C, Kennes, Christian. Biofiltration of waste gases containing a mixture of formaldehyde and methanol. Applied Microbio Biotech 2004; 65 (2): 235-42.

4- Fulazzaky MA, Talaiekhozani AR, Abd Majid MZ, Ponraj M, Goli A. Biofiltration process as an ideal approach to remove pollutants from polluted air, Taylor & Francis. 2014; 52: 3600–615.

5- Ghanbarnejad P, Goli A, Bayat B, Barzkar H, Talaiekhozani AR, Bagheri M, Alaee S, Evaluation of Formaldehyde Adsorption by Human Hair and SheepWool in Industrial Wastewater with High Concentration, Enviro. Treat. Tech. 2014; 2(1): 12-17.

6- Goli A, Talaiekhozani AR, Talaiekhozani MR, Evaluation of Air Contaminated with Ethanol Treatment Using Bio-trickling Filtration, Iranian Journal of chemical engineering, 02/2015; 13(76):41-50.

7- Abaspoor Z, Goli A, Talaiekhozani AR, Bayat B, Ghanbarnejad P, Bagheri M, Alaee S, Ziaee G, Evaluation of Nitrate Removal from Wastewater Using Electrochemical Method, Enviro. Treat. Tech. 2014; 2(1): 18-21.

8- Goli A, Ghanbarnejad P, Bayat B, Abaspoor Z, Norozzade Z, Frotan M, Talaiekhozani AR, Evaluation of wastewater treatment contaminated with formaldehyde by using activated carbon prepared from cypress leaf, Enviro. Treat. Tech. 2014; 2(1): 23-27.

9- Goli A, Shabani M, Talaie AR, Comparison of Biological and Bio-electrochemical Methods to Treat Wastewater Contaminated with Formaldehyde, Journal of Toloo-e-behdasht. 2014; 12(4): 163-74.

10- Goli A, Talaiekhozani AR, talaie MR, Identification of Prodominant Microorganisms of Biotrickling Filters to Treat Polluted Air with Formaldehyde and Ethanol, Journal of Toloo-e-behdasht, 2016; 14(6): 163-70.

11- Fulazzaky MA, Talaiekhozani AR, Abd Majid MZ, Ponraj M, Goli A. Evaluation of Gaseous Retention Time Effects on the Bio-trickling Filter Performance to Treat Waste Gases Contaminated with Formaldehyde, RSC Advances. 2013; 3(38): 17462 – 17468.

12- Ergas SJ, Ca´rdenas-Gonza´ les B. Biofiltration: past, present and future directions. Biocycle 2004; 4(6): 35-9.

Archive of SID

www.SID.ir

13- Devinny JS, Deshusses MA, Webster TS. Biofiltration for Air Pollution Control. CRC Publishers Inc. Boca Raton, FL, USA. 1999.

14- Ottengraf SPP. Exhaust gas purification. In: Rehm, HJ. Reed G. (Eds.), Biotechnology, vol. 15- VCH Verlagsgesellschaft. Weinheim 1986; 425-52.

16- Streese J, Schlegelmilch M, Heining K, Stegmann R. A macrokinetic model for dimensioning of biofilters for VOC and odour treatment. Waste Management 2005; 25: 965-74.

17- Du Plessis CA, Strauss JM, Sebapalo EMT, Riedel KHJ. Empirical model for methane oxidation using a composted pine bark biofilter. Fuel 2003; 82(11): 1359-65.

18- Talaiekhozani A, Jafaarzadeh N, Talaie MR, Beheshti M. The Determination of Bio-kinetic Coefficients of Crude Oil Biodegradation Using Pseudomonas Aeruginosa Bacteria, Iran. J Health Environ 2010; 3(2): 111-22. [Persian]

Archive of SID

www.SID.ir

Comparison of Regression Model and Modified Monod kinetic Model to Predict the Removal of Formaldehyde in Trickling Biofilter

Goli A (BS) [1], Talaiekhozani AR (Ph.D) [2]

1. BSc, Department of Mechanical Eng, Jami Institute of Technology, Esfahan, Iran.
2. Corresponding Author: PhD, Assitant professor, Department of Civil Eng, Jami Institute of Technology, Esfahan, Iran.

Abstract

Introduction: Formaldehyde is a toxic, mutagen and probably carcinogen compound that can be released to air by world different industries. The present study aimed to investigate the kinetic parameters of a trickling bio-filter as well as to present a simple regression model.

Methods: The data of previous studies on formaldehyde vapor removal by bio-trickling filter in a laboratory scale was used to determine r_{max} and K_m. Moreover, the data were applied to develop a simple regression model.

Results: Formaldehyde removal efficiency in different input concentrations was predicted by both regression and kinetic models. All results were compared with actual data in the pilot study.

Conclusion: The results of the present study revealed that although regression model has a high precision, it only could predict the mean of bio-filter efficiency in formaldehyde removal. Kinetic model demonstrated some extent of error in predicting, though it has a good alignment with the actual data, and thus, the results of this model can approximately predict ups and downs of system navigation.

Keyword: Biodegradation; Bio-filter; Formaldehyde; Kinetic coefficient; Modelin

Archive of SID

www.SID.ir