



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال هفتم، شماره‌ی ۲۵
زمستان ۱۳۹۴، صفحات ۶۲-۵۷

استفاده از راکتورهای اکسیداسیون در خصوص تصفیه فاضلاب تولیدی از اقامتگاه گردشگری

امیر باقرزاده

کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد هریس، ایران، هریس
Architect.1986@yahoo.com

فریدون ناهیدی آذر

گروه مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد هریس، ایران، هریس

چکیده

در اقامتگاه گردشگری هر جا که فاضلاب تولید می‌شود اعم از هتل، سرویس‌های بهداشتی و حمام و پساب تولیدی توسط خطوط لوله به راکتور هوایی جهت تصفیه فرستاده می‌شود تا دوباره در چرخه آبی قرار گیرد و مابقی مواد به‌عنوان کود در سایر قسمت‌های اقامتگاه استفاده شود. در این تحقیق با استفاده از یک راکتور Air Lift یک اقامت‌گاه گردشگری به‌صورت مدل شبیه‌سازی شده است. فاز مایع استفاده شده در این راکتور می‌تواند از محلول CMC و آب یا آب و الکل باشد که محلول استفاده شده در این شبیه‌سازی و این مقاله آب خالص است. ولی در حالت کلی برنامه از همگرا کردن معادلات تجربی یک راکتور و استفاده از روابط مختلف انواع Air Lift توسط شبکه‌های عصبی تهیه شده است و برای هر محلول دیگر نیز جواب گو می‌باشد. مقایسه بین مدل اصلی و مدل شبیه‌سازی شده برای انواع نازل‌های تک ورودی، چند ورودی ۱ و چند ورودی ۲ نیز صورت گرفته است. نتایج به‌صورت ضمنی نشان داد تصفیه پساب یک چنین اقامتگاه گردشگری می‌تواند هزینه‌های تولیدی در فضای این اقامت‌گاه را کاهش داده و در مصرف انرژی‌های مختلف اعم از برق مصرفی-آب مصرفی و سایر عوامل صرفه‌جویی شود.

کلید واژه‌ها: راکتور اکسیداسیون- ماندگی گاز-سرعت سطحی گاز-سرعت مایع- توزیع‌کننده هوای اقامتگاه.

مقدمه

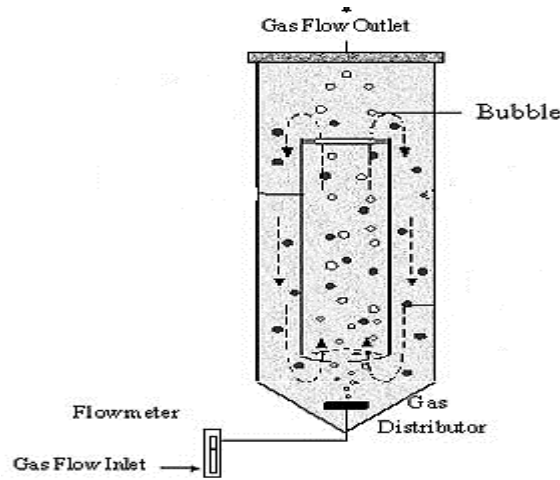
برای نوشیدن آب لازم است حتما آن را از آلودگی‌های موجود در آن پاک نمود. روش‌های زیادی برای تصفیه آب وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از جوشاندن، فیلتر کردن و استفاده از مواد شیمیایی [۱-۲]. البته همه این روش‌ها قادر به از بین بردن میکروارگانیسم‌ها هستند ولی نمی‌توانند مواد شیمیایی سمی را که از طریق کارخانجات و صنایع وارد رودخانه‌ها می‌شوند نابود کنند. البته بسیاری از مواد شیمیایی موجود در آب و ذرات ریز فلزی و کلوئیدی موجود در آب دارای نقطه جوشی بالاتر از نقطه جوش آب هستند و با جوشاندن امکان تصفیه آن‌ها وجود ندارد. روش‌های پیشرفته جداسازی مواد شیمیایی و ذرات فلزی از آب در قسمت‌های دیگر به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت [۳-۴-۵]. سیستمی که در این خصوص به کارگیری می‌شود در مورد ریز جانداران جذب شده یا گیر افتاده در یک زیر لایه جامد و حفظ آن‌ها در داخل یک راکتور یا سیستم تجزیه‌ای می‌باشد. محفظه‌های مورد استفاده برای واکنش قابل کنترل، برای یک چنین سطوح مهاجرتی، به‌عنوان بیوراکتور نسبت داده می‌شوند. بیوراکتورها در هر یک از دو مورد جریان بالا و جریان پایین، که از قانون فرآیندهای پیوسته استفاده می‌کند، می‌توانند به کارگیری شوند. به موازات پیشرفت در بیوتکنولوژی، پیشرفت گسترده‌ای نیز در حوزه بیوراکتورها نظیر بیوراکتورهای با مدار برچی پمپ شده (PTLR)، بیوراکتورهای با حلقه اجباری مایع (LILR)، بیوراکتورهای برچی چندمنظوره (MTB)، بیوراکتورهای ته مایع و بیوراکتورهای ته بسته، وجود دارد [۶]. راکتورهای هوایی حلقوی که با جریان هوا کار می‌کنند در صنایع شیمیایی و بیولوژیکی برای واکنش‌های آرام مانند اکسیداسیون‌ها و کلردار شدن‌ها و تصفیه در هر جا که سلول‌های گیاهی و حشره‌ها وجود داشته باشند مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷]. IALR ها، به

طور کلی در رشد میکروارگانیسم تأثیر بسزایی دارند. در این شبیه‌سازی مقدار ماندگی در راکتور و سرعت گاز و مایع طبق چند رژیم تعریف شده: (۱) رژیم همگن (۲) رژیم ناهمگن (۳) رژیم مابین همگن و ناهمگن به دست می‌آید که البته برای توزیع‌کننده‌های مختلف تعیین نقطه تغییر رژیم از همگن به ناهمگن فرق می‌کند که به همین منظور ما از انواع توزیع‌کننده‌های تک ورودی و چند ورودی استفاده می‌کنیم. این تحقیق به‌نوعی با ترکیب تخصص معماری گردشگری و رشته‌های فنی مهندسی و مخصوصاً رشته مهندسی شیمی و فرایندهای زیست‌محیطی سعی بر آن دارد تا به‌صورت یک مدل پساب یک در اقامتگاه گردشگری را تصفیه کرده و هزینه‌های مصرف انرژی را کاهش دهد. لازم به ذکر است تاکنون چنین تحقیقی با تلفیق چندین فرایند با گرایش‌های مختلف انجام نشده است.

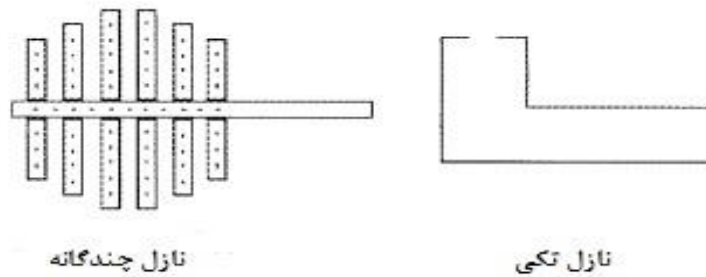
مواد و روش‌ها

۱-۲- معرفی راکتور

در این تحقیق از یک راکتور هوایی شیشه‌ای با حلقه داخلی مطابق شکل استفاده کرده‌ایم که شامل یک قسمت کف، یک رایزر با قطر داخلی ۰/۲۳ متر و با ارتفاع ۳ متر و جداکننده با قطر ۰/۶ که از استیل ساخته شده و یک پایین آورنده با قطر ۰/۲۱ متر و سه توزیع‌کننده و با یک نازل اورفیزی تکی و دو توزیع‌کننده اورفیزی چندگانه می‌باشد که بالارونده و پایین‌رونده هر دو به‌عنوان دو بخش اداره‌کننده ALR ها می‌باشد... سرعت گاز تزریقی بین ۱/۵ تا 12 cm.s^{-1} متنوع می‌باشد [۸]. آب و اتانول برای این راکتور مورد استفاده قرار گرفته است. این محلول می‌تواند به‌عنوان فاز مایع تولید حباب کند و به‌عنوان شبیه‌ساز عملکرد مخلوط‌های ارگانیک به کار رود. این آزمایش در درجه حرارت عمومی و فشار اتمسفر انجام می‌گیرد.



شکل ۱: راکتور هوایی با حلقه درونی [۹]



شکل ۲: انواع نازل [۱۰]

جدول ۱- مشخصات نازلها

قطر روزنه (mm)	تعداد روزنه	
۱۰	۱	نازل اورفیزی تکی
۲	۷۲	نازل اورفیزی چندگانه ۱
۲	۱۲	نازل اورفیزی چندگانه ۲

برنده در مقادیر بالای U_G عملاً با رشد سرعت ازدحام حباب برابر می‌شود.

رژیم III: توزیع کننده چند ورودی ۱، رژیم چرخشی حباب؛ در مقادیر بالای سرعت جریان هوا سرعت مایع ناحیه پایین برنده برای چرخش حبابها از میان بالابرنده کافی می‌باشد [۲].

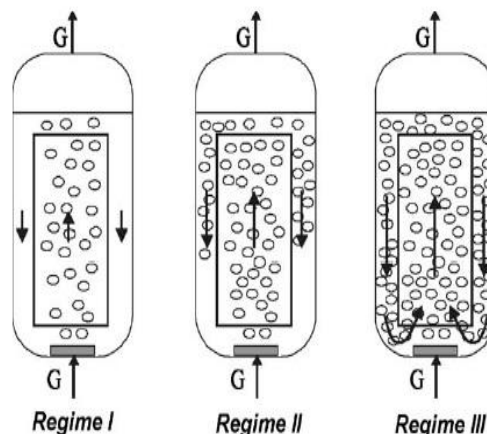
۲-۲- رژیمهای چرخشی

رژیم I: توزیع کننده تک‌ورودی، گاز در ناحیه پایین‌رونده موجود نمی‌باشد؛ این رژیم در کم‌ترین سرعت‌های ظاهری گاز ورودی رخ می‌دهد.

رژیم II: توزیع کننده چند ورودی ۲، لایه‌بندی و انحطاط حبابها در داخل ناحیه پایین برنده؛ سرعت مایع داخل پایین

جدول ۲ - ماندگی گاز برای آب و بوتانول

$\frac{U_G}{\epsilon_G} = 1/29 (U_G + U_L) + 0/19$	نازل اورفیزی چندگانه ۱
$\frac{U_G}{\epsilon_G} = 1/32 (U_G + U_L) + 0/16$	نازل اورفیزی چندگانه ۲
$\frac{U_G}{\epsilon_G} = 1/38 (U_G + U_L) + 0/20$	نازل اورفیزی تکی



شکل ۳: رژیم‌های چرخشی در راکتور هوایی با حلقه درونی [۱۱]

۲-۴- تعریف سرعت‌های سطحی-کلی-ظاهری

سرعت سطحی (U): نسبت جریان حجمی فاز را به سطح مقطع نشان می‌دهد که جریان حجمی از طریق آن عبور می‌کند.

سرعت خطی (V): سرعت موارد فاز را در یک مکان مشخص نشان می‌دهد.

رابطه بین U و V در بالا برنده یا پایین برند

$$V_{LR} = \frac{U_{LR}}{1 - \epsilon_{GR}} \quad (۳)$$

رابطه بین سرعت‌های چرخشی مایع در بالا برنده و پایین برنده

$$A_D U_{LD} = A_R U_{LR} \quad (۴)$$

سرعت کلی (V_{L-CIRC}): یک سرعت خطی متوسط را در مورد از مایع داخل راکتور ارائه می‌دهد.

$$V_{L-CIRC} = (0/3 K_1)^{0/5} \left(\frac{U_{GC}}{M} \right)^{0/35} \quad (۵)$$

که برای یک قسمت از رژیم II نیز برقرار می‌باشد.
در رژیم II:

۲-۳- معادله فشار رایزر

شبه‌سازی هیدرودینامیکی معمولاً بر اساس بالانس بین نیروهای محرک و نیروهای مقاوم است. نیروی محرکه توسط فشار هیدرواستاتیک اعمال می‌شود و هر نیروی مقاوم برابر است با افت فشار در اطراف جریان که از تعادل آن‌ها معادله زیر برای فشار موضعی رایزر ناشی می‌گردد.

$$P^* + \int_z^{H_R} \rho_L g (1 - \epsilon_{GR}) dz + \int_z^{H_R} \frac{2f \rho_L V_L^2}{D} \Phi_L^2 dz \quad (۱)$$

که P* فشار جداکننده می‌باشد.

از رژیم‌های تعریف شده، رژیم مورد نظر ما که در سرعت های بالای گاز رخ می‌دهد از مدل فلاکس انحرافی که معرف رابطه بین ماندگی گاز با سرعت‌های گاز و مایع می‌باشد به رابطه زیر می‌رسیم [۸].

$$\frac{U_G}{\epsilon_G} = C_0 (U_G + U_L) + C_1 \quad (۲)$$

مقادیر C₀ و C₁ را می‌توان از جدول زیر که روابط ماندگی گاز را برحسب نوع نازل مشخص کرده است به دست آورد.

مقادیر ε_D - ε_R که نیروی محرکه راکتورهای ایرلیفت می باشد برای مقادیر پایین تر U_{GL} به هم می باشد و در دامنه مقادیر بالاتر مربوط به سرعت جریان گاز ورودی سرعت چرخش فقط از طریق اصطکاک در مخزن اداره می شود.

۲-۶- رابطه ماندگی کلی گاز در برابر سرعت سطحی گاز Chisti دو رابطه منتشر کرده که به صورت جداگانه هم رژیم جریان حباب را در بالارونده (رژیم II در شرایط پایین برنده) و هم رژیم به هم آمیخته شده جریان را در بالارونده توضیح می دهد (رژیم III در پایین رونده) [۱۳].

$$1/488 U_{GC}^{K_1} K_1 = 0/892 \pm 0/075 \quad (13)$$

$$0/371 U_{GC}^{K_2} K_2 = 0/430 \pm 0/015 \quad (14)$$

۲-۷- افت فشار پایین آورنده از دست دادن فشار از پایین برنده به تزریق کننده گاز می تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$\Delta P_{FD} = K \rho_L \Phi_L^2 \quad (15)$$

و زمانی که K ضریب از دست دادن بر اساس میزان جریان مایع باشد، فشار در کف رایزر و زیر تزریق کننده نتیجه می دهد [۸].

$$P_{dist} = \rho_L g H_R (1 - \varepsilon_{GD}) - K \rho_L \Phi_L^2 - \frac{1}{2} \rho_L \square_{L, dist}^2 \quad (16)$$

۲-۸- بالانس انرژی در تزریق کننده ارتباط بین فشار $P(1)$ در کف رایزر بالای تزریق کننده و فشار P_{dist} به وجود آمده از طریق بالانس انرژی در تزریق کننده $\alpha = 0/967$ [۱۷].

$$P_{dist} - P(1) = \frac{1}{2} \rho_L \left[\left(\frac{U_L(t)}{1 - \varepsilon_{GR}(t)} \right)^2 - \square_{L, dist}^2 \right] \quad (17)$$

$$V_{LD} = V_{SB} \quad (6)$$

در رژیم III:

$$V_{L-CIRC}^3 + K_2 V_{L-CIRC}^2 - K_1 V_{GC} = 0 \quad (7)$$

$$K_1 = \frac{4g He}{K_F} \quad (8)$$

$$K_2 = \frac{2[M + (1 - M)\alpha]}{1 - \alpha} V_{SB} \quad (9)$$

که در اینجا H_e ارتفاع موثر ستون، α نسبت توقف گاز در ناحیه بالابرنده و پایین برنده، m نسبت سطح مقطع بالابرنده و ستون می باشد [۲] و K_F نیز ضریب اصطکاک کلی بوده که هم تحت تأثیر هندسه راکتور و هم وجود رژیم های چرخشی می باشد و به صورت تجربی توسط مدل Heijnen محاسبه گردیده که مقدار آن برای رژیم و راکتور مورد نظر ما مطابق زیر است [۱۲].

$$K_F = 3/66$$

۲-۵- ماندگی گاز

ماندگی گاز به عنوان فضای خالی گاز در توزیع گاز-مایع تعریف می شود و در IALRها به صورت زیر تعریف می گردد [۱۶].

$$\varepsilon_R = 1 - \frac{\Delta P}{\rho_L g \Delta h} \quad (10)$$

$$\varepsilon_D = \alpha \varepsilon_R - \beta \quad (11)$$

$$\varepsilon_G = \frac{\varepsilon_R A_R + \varepsilon_D A_D}{A_R + A_D} \quad (12)$$

ثوابت α و β نیز برای رژیم مورد نظر ما در مدل محاسبه گردیده [۱۲].

$$\beta = -0/0068$$

یافته‌ها و بحث

با استفاده از نتایج به دست آمده از مدل اعم از ماندگی گاز-افت فشار-سرعت سطحی-بالانس انرژی در تصحیح کننده در اقامتگاه گردشگری هر جا که فاضلاب تولید می‌شود اعم از هتل، سرویس‌های بهداشتی و حمام و... پساب تولیدی توسط خطوط لوله به راکتور هوایی جهت تصفیه فرستاده می‌شود تا دوباره در چرخه آبی قرار گیرد و مابقی مواد به‌عنوان کود در سایر قسمت‌های اقامتگاه استفاده شود؛ و این عامل سبب صرفه‌جویی در آب و حفاظت از محیط‌زیست می‌شود. نیروی محرکه در راکتورهای Air Lift تزریق گاز می‌باشد که سبب گردش مایع می‌شود بنابراین درک پارامترهای هیدرودینامیکی کنترل‌کننده فاز توزیع گاز و در نتیجه فیلد سرعت مایع مهم می‌باشد...از بررسی‌های به دست آمده می‌توان به این نتایج رسید که برای بهبود عملکرد راکتورهای هوایی بهتر است که از جریان‌های با میزان ورودی بالا استفاده کنیم به طوری که هر چه تعداد روزنه‌های توزیع‌کننده ما بیشتر و بالطبع شدت هوای ورودی بیشتر باشد ماندگی در راکتور افزایش می‌یابد که مطلوب است. استفاده از محلول آب و بوتانول به جای آب خالص و تلفیق روابط مربوط به این محلول و استفاده از آن‌ها در شبیه‌سازی مشاهده گردید که ماندگی گاز در استفاده از این محلول بیشتر از حالت آب خالص است که این به نوعی بهبود عملکرد راکتور تلقی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق با تلفیق رشته‌های مختلف فنی مهندسی برای مدل‌سازی یک اقامتگاه گردشگری نتایج قابل قبولی حاصل شد که نتیجه آن استفاده از راکتور Air lift برای تصفیه پساب اقامت‌گاه مذکور می‌باشد. نتایج مدل نشان داد این

نوع راکتورها به لحاظ کاهش در هزینه بهترین نوع راکتور می‌باشند که پیشنهاد می‌گردد در بسیاری از اقامتگاه‌ها استفاده گردد.

منابع

- [1] Lettinga, G., Van Velsen, S., Wj Hobma, W., Zeeuw, D., Klapwijk, A., "Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment." *Biotechnology and bioengineering* 22, no. 4 (1980): 699-734.
- [2] Stucki, S., R. Kötzt, Carcer, B., Suter, W., "Electrochemical waste water treatment using high overvoltage anodes Part II: Anode performance and applications." *Journal of Applied Electrochemistry* 21, no. 2 (1991): 99-104.
- [3] Liu, H., Ramanathan R., Bruce, E., "Production of electricity during wastewater treatment using a single chamber microbial fuel cell." *Environmental science & technology* 38, no. 7 (2004): 2281-2285.
- [4] Tchobanoglous, G., Franklin L., "Wastewater engineering." *Management* 7 (1991): 1-4.
- [5] Puma, G., Li, A., Bono, D., Joseph G., "Preparation of titanium dioxide photocatalyst loaded onto activated carbon support using chemical vapor deposition: A review paper." *Journal of hazardous Materials* 157, no. 2 (2008): 209-219.
- [6] Mousav, A., "The new methods for purifying the industrial effluents by submerged biofilm reactors." *Journal of Environmental Protection* 2, no. 07 (2011): 996.
- [7] Merchuk, J.C., (1994), "BIOREACTORS", *AICHJ40*, 1105-1117
- [8] Camarasa, E., (2001), "Development of a complete model for an air-lift reactor", *ces* 56,493-502
- [9] Siegel, M. H., Merchuk, J. C., Schugerl, K., "Air-lift reactor analysis: Interrelationships between riser, downcomer, and gas-liquid separator behavior, including gas recirculation effects." *AICHE Journal* 32, no. 10 (1986): 1585-1596.
- [10] Balle, T. J., Flygare, W. H., "Fabry-Perot cavity pulsed Fourier transform microwave spectrometer with a pulsed nozzle particle source." *Review of Scientific Instruments* 52, no. 1 (1981): 33-45.
- [11] Gallie, D., *Employment regimes and the quality of work*. Oxford University Press, 2009.
- [12] Heijnen, J. J., (1997), "A simple hydrodynamic model for the air-lift reactor operating in the gas recirculation regime", *ces* 52,2527-2540.
- [13] Chisti, Y., (1989), "Airlift Bioreactors", Elsevier, London
- [14] Nogueiras, Rubén, Paul Pfluger, Sulay Tovar, Myrtha Arnold, Sharon Mitchell, Amanda Morris, Diego Perez-Tilve et al. "Effects of obestatin on energy balance and growth hormone secretion in rodents." *Endocrinology* 148, no. 1 (2007): 21-26.