فصلنامه مهندسی شیمی و کنترل آلاینده ها
https://mshca.science-journals.ir
جلد ۱، شماره ۱، پاییز ۱۴۰۰، ص ۲۴ – ۱۲

بررسی میزان انحراف راکتور حقیقی از راکتور ایده آل

رقیه رنجبری[۱]، ویدا زرگر[۲]، شیدا ارزجانی[۳]، مسعود خواجه نوری [۴]

۱. کارشناسی ارشد شیمی

۲. کارشناسی ارشد شیمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۰

چکیده

دانش الگوی سیال در مقیاس راکتورهای بی هوازی، اهمیت اساسی در پروسه های حیاتی دارد. غلظت مواد جامد به بازدهی وضعیت مخلوط آنها بستگی دارد که ممکن است رفتار ظرفیتی ناشی از عدم تجانس در داخل زیست توده باشد. ویژگی هیدرودینامیکی یک راکتور بی هوازی از یک کارخانه عصاره سولفیت بررسی شد. روش کاربردی براساس زمان اقامت و استفاده از لیتیم به عنوان یک ردیاب بود. مدل های جریان هیدرودینامیکی غیرایده آل مختلف آزمایش شدند و بهترین مدل مناسب، مدل توزیع گاما با by-pass بود. و در آخر این نتیجه حاصل شد که مقیاس کامل بیوراکتورهای حاضر در یک درجه خوب از اختلاط با حدود ۲۲٪ از حجم غیرموثر در حضور مقدار زیاد مواد معدنی بود.

نتیجه:

نتیجه ای که از این مطالعه حاصل می شود منجر به بهبود کارایی بیوراکتورها و کاهش هزینه های در حال اجرا در تغییرات استراتژی گیاهی است.

واژگان کلیدی: انحراف راکنور حقیقی، رفتار هیدرودینامیکی، راکتور تماسی بی هوازی، روش توزیع زمان اقامت

معرفی

پیشرفت های فنی بهبود یافته برای درمان فاضلابهای صنعتی در فرآیندهای بی هوازی رهبری می شود. شناخت رفتار هیدرودینامیکی راکتورهای بی هوازی برای بهینه سازی فرآیندها به صورت اساسی در نظر گرفته شده است. اختلاط های ناقص بهره وری از رفتار فرآیندها و همچنین ثبات درمان پسابها را با خطر مواجه می سازند. مطالعه تجربی نشان می دهند که اختلاط اثر قابل توجهی بر بهره وری از راکتورهای بی هوازی دارد. مشکل دستیابی کامل به اختلاط با اندازه راکتور افزایش می یابد و اختلاط در راکتورهای بزرگ ممکن است به خوبی راکتورهای کوچک صورت نگیرد.

دو مدل ایده آل از اختلاط در یک راکتور وجود دارد. در اولی به طور مداوم تانک همزده می شود (CSTR). رفتار راکتور مثل یک مخلوط همگن با پراکندگی نامحدود است. دومین مدل ایده آل یک راکتور پلاگ است که جریان به طور منظم در طول تانک عبور می کند و پراکندگی ناچیزی دارد. اگر توزیع زمان اقامت نتواند توسط دو مدل ایده آل شرح داده شود، راکتور غیر ایده آل تعریف می شود. انحرافات از این دو مدل ایده آل می تواند ناشی از بازیافت و هدایت جریان، ایجاد نقاط راکد در ظرف و یا ترکیبی از همه اینها باشد. تست های ردیاب ابزارهای باارزشی در تعیین هیدرودینامیک یک سیستم دارند. در یک آزمایش ردیاب یک جرم شناخته شده ای از موادشیمیایی (ردیاب) به جریان ورودی یک راکتور اضافه می شود و غلظت آن در خروجی بررسی می شود. دو روش ورودی پالس و پله ای برای اضافه کردن ردیاب وجود دارد. در روش پله ای، ردیاب شیمیایی در یک سرعت ثابت و غلظت بالا کنترل می شود تا زمانیکه غلظت ردیاب به یک حالت ثابت برسد. در روش پالس یک مقدار بالایی از ردیاب شیمیایی تزریق می شود و غلظت کنترل می شود تا ردیاب در طول سیستم حرکت کند. ردیابهای مختلفی از قبیل نمک های محلول مانند نمک لیتیم، کلرایدها، رنگ ها، ترکیبات رادیواکتیو و میکروارگانیسم ها، در آزمایش های RTD جهت مطالعه بیوراکتورها استفاده می شوند.

مواد و روشها

- **پیکربندی سیستم‌های بی‌هوازی**

سیستم رفتاری بی‌هوازی در شکل یک نشان داده شده است و شامل یک راکتور تماسی بی‌هوازی و یک لایه ی ساکن می باشد که 1185 m^3/day پساب تبخیری را که حاصل یک کارخانه پالپ سولفیت است، در برمیگیرد. راکتور ، یک محفظه‌ی مخلوط کننده‌ی پیوسته (CSTR) با یک گروه فعال از لایه ساکن تصفیه‌شده لخته‌ای شده به منظور کاهش مواد ارگانیکی (آلی) پساب، می باشد.

پساب اصلاح شده سپس از میان یک لایه‌ی ساکن عبور می کند ، تا جرم زنده (جرم واقعی) قبل از ورود به تانک واکنش به سیستم اصلاح برگردد. در سیستم جدایش جرم واقعی، هر دو قسمت میکروارگانیسم فعال و مواد جامد درون ریز هضم شده جدا می شوند، این امر باعث ارتقا کیفیت تجزیه‌ی بیولوژیکی می شود. فرایندهای بی‌هوازی نیاز به مخلوط موثر،جرم پایدار و پساب موثر و کاهش گاز دارند. راکتور بی‌هوازی‌یک تانک استوانه ای با ارتفاع ۱۶نتر و قطر۲۱ متر و حجم کلی$550m^3$ است. لجن‌های(لایه ساکن تصفیه‌شده) دوباره چرخیده شده از عمق سیستم جدایش جرم، دوباره برای حفظ ترکیب تغلیظ شده مطلوب میکروارگانیسم‌های درون راکتور، وارد راکتور می شوند. لایه ساکن تصفیه‌شده درونی و بازیافت شده برای مخلوط شدن بهتر به ته راکتور فرستاده می شوند و پساب با شناور شدن در قسمت بالایی راکتور خارج می شود. پارامترهای رفتاری سیستم بی‌هوازی در جدول ۱ توصیف شده‌اند.

جدول۱. خلاصه ای از پارامترهای اصلی عملیاتی برای راکتور بی‌هوازی

پارامتر	مقدار متوسط ± خطای مجاز
حجم کلی راکتور(m3)	۵۵۰۰
متوسط جریان هیدرولیکی (m3. day−1)	۱۱۸۵±۶
HRT طراحی شده (day)	۴٫۶
COD متوسط در ورودی(mg L−1)	۱۰۵۹۰±۷۱۰
COD متوسط در خروجی(mg L−1)	۳۹۰±۴۵
دمای متوسط (°C)	۳۷٫۴±۰٫۵
حجم توصفیه ثانویه (m3)	۳۰۰
شدت لجن گردشی	۱٫۵:۱

پساب هم‌چگال تبخیری در سیستم ب هوازی که اغلب همراه با اسید استیک است، اصلاح می شود. این امر یعنی نیاز به یک مرحله ی خنثی سازی قبل از رفتار بیولوژیکی.

مشخصات اصلی در جدول ۲ آماده شده است. مواد استفاده شده در مرحله ی خنثی سازی، رفتاری همانند مواد آهکی از خود نشان می دهند که ممکن است با تاثیر بر سیستم‌های رفتاری بر شکل گیری مقادیر بالای رسوب مواد معدنی داخل راکتور ذخالت کنند. در این حالت محدوده ی انتقال جرم به قدری که ممکن است کاهش یابد. راکتورهای هیدرودینامیکی وابسته به عاملی برای تبدیل بهینه و بهبود بازده هستند.

جدول۲. کارکترهای تبخیرکننده‌ی تغلیظی منتشرکننده‌ی ردیابی در سیستم بی‌هوازی

پارامتر	مقدار متوسط ± انحراف مجاز
PH	2.4
(g L−1) TS	0.027
(g L−1) Ash	0.005
(g L−1) COD	14.4 ± 0.5
(g L−1) sCOD	13.8 ± 0.9
(g L−1) Acetic acid	11.33 ± 0.06
(g L−1) Furfural	1.600 ± 0.028
(g L−1)Methanol	1.088 ± 0.041
(g L−1) Ethanol	0.017 ± 0.001
(g L−1) SO2	0.390 ± 0.04
(g L−1) SO4	0.189±0.10

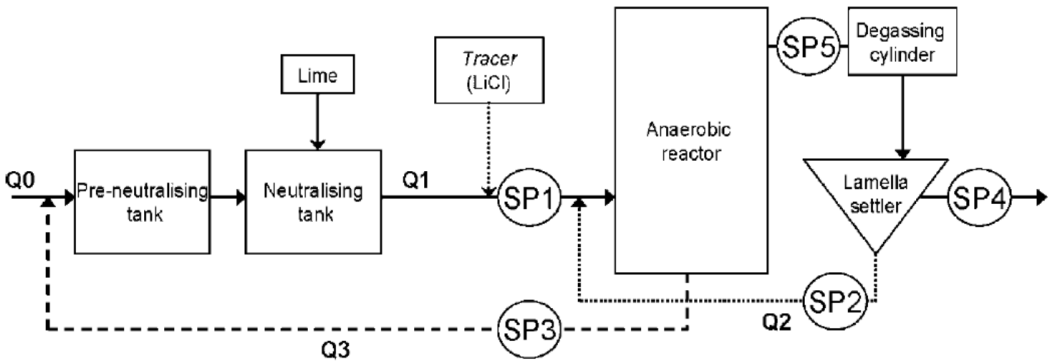
- **مطالعه ردیاب**

یک دستور همگانی به ویژه در سنجش همه جانبه راکتورها اینست که روش پاسخ محرک پالس در مقایسه با محرک پله ای استفاده می شود. شیوه استفاده پاسخ محرک در این مطالعه یک پالس یا تزریق تابع دیراک از ردیاب در زمان t=0 در راکتور بی‌هوازی تزریق می شود، سپس غلظت ردیاب c(t) در چندین نقطه اندازه گیری می شود. (شکل۱) توزیع زمان خروج برای یک پالس درونی که توزیع زمان اقامت در جریان E(t) را نشان داده است. در ردیاب از لیتیم کلراید استفاده شده است، چراکه با فعالیت زیست توده

و مطالعات قبلی نشان داده شده که لیتیم قابلیت جذب توسط زیرانگل‌ها را ندارد. یکی از اشخاصی که که در این زمینه پژوهش‌هایی انجام داده است، آندرسون و همکاران او هستند. آنها لجن بی‌هوازی را در تماس با غلظت‌های متفاوتی از لیتیم کلراید قرار داده و مشاهده کردند که آزمایش‌های ورودی ضربه که فعالیت زنجیره متانهای مخصوص را تنها با ۵٪ غلظت لیتیم در یک غلظت 250mg/L انجام می دهند، دجار کاهش اثر می شوند. لذا مقدار بیشینه ی مجاز از ردیاب را در ترکیبات این حد دانسته اند.

در مطالعه حاضر 100kg لیتیم کلراید 98% در 660L از آب، با نسبت بیشینه که در فوق بیان شد وارد راکتور می شود. ردیاب شیمیایی در یک محفظه ی ابتدایی به حجم $1m^3$ ، بعد از مرحله خنثی سازی وارد می شود و سپس به درون راکتور بی‌هوازی فرستاده می شود و در زمانی کمتر از ۵ دقیقه وارد راکتور می شود. با این روش در حقیقت ورودی ضربه ای دیراک ایجاد می شود و با انالیز نتایج نمونه گیری نقطه SP1 صحت آن تائید می شود. راکتور در طی ۱۳ روز مورد مطالعه قرار می گیرد، این زمان چیزی حدود ۳بار زمان اقامت هیدرولیکی طراحی شده می باشد.

قبل از انجام و مطالعه این روند ، چندین اثر در مورد از کارانداختن همه‌ی جریانات چرخشی در طول ارزیابی‌ها بررسی شده‌است. در نتیجه ی این بررسی‌ها ، این نتیجه بدست آمده است که از کار انداختن هرکدام از دو جریان باعث فقدان موثر و یا خالص‌سازی جرم و اسیدی کردن راکتور می شود. در نتیجه در طول ارزیابی و مطالعه ، هر دو جریان عامل چرخش باید نگهداری و حفظ شوند و آنالیز منحنی RTD این واقعیت را توسط ۵ نقطه‌ای که برای تصیربرداری غلظت ردیاب در نظر گرفته شده است، در شکل ۱ نشان می دهد. این نمونه‌ها در بازه‌های ۳ ساعته، جمعا به تعداد ۲۲۵ مورد جمع‌آوری شده‌اند. هر نونه برای جدایش جامد از مایع فیلتر شده و سپس اندازه‌گیری ترکیب تغلیظ شده لیتیم توسط اسپکتروسکوپی نشری اتمی (AES) با استفاده از اسپکترومتر GBC 904 AA انجام شده است. (توسط تجهیزات علمی PTY LTD ، استرالیا)



شکل ۱ نمودی از دیاگرام رفتار یک سیستم بی‌هوازی به همراه مکان نقاط نمونه گیری: SP1 محل ورودی به راکتور بی‌هوازی، SP2 مسیر لجن گردشی راکتور بی‌هوازی، SP3 مسیر خروج مایع الکلی به سمت محل پیش-خنثی ساز، SP4 محل خروجی لایه غیرفعال، SP5 خروجی راکتور به سمت مرحله‌ی گازگیری. جریان‌ها Q0 جریان ورودی به واحد راکتور بی‌هوازی، Q1 جریان منتشرکننده ی ردیاب (تغلیظ شده توسط تبخیر در خنثی ساز)، Q2 جریان لجن گردشی به سمت راکتور ، Q3 جریان خروجی مایع الکلی به سمت محل پیش-خنثی ساز.

- **مدل ها (نمونه ها)**

راکتورهای بی هوازی تمام عیار هیدرودینامیکی باید بامدل غیر ایده ال شرح داده شوند. بطوری که آزمایش تولید منفی با تست ردیاب از منحنی توزیع قبلی مدلهای جریان ایده ال منفرد خواهد شد.

مدل های سیستم های بی هوازی برای استفاده در مدل های هیدرولیک غیر ایده ال زیر استفاده می شود.
تانک ها در سری CSTR با مدار کوتاه،CSTR با ناحیه مرده، CSTR با ناحیه مرده و مدار کوتاه وتوزیع گاما با گذرگاه فرعی.
شکل ۳ پارامترهای مختلفی که در یکی از مدل های مطالعه شده هیدرولیک غیر ایده ال نشان داده شده را معرفی می کند، که E(θ) غلظت خروجی ردیاب θ زمان اقامت را نشان می دهد. این معادله برای تانک های در مدل سری نوشته شدند و برای یک عدد غیر صحیح با معرفی توزیع گاما $\Gamma(n)$ که n تعداد تانک ها را نشان می دهد. برای مدل ترکیب شده با مدار کوتاه و یا ناحیه مرده معادله هایی که برای پارامترهای bوشته شد (حجم بخشی از مخلوط کامل) و d (بخشی از ورود جریان ناحیه مخلوط شده) پارامترهای نصب شده بخشی از نواحی مرده را نشان می دهد (Lb) و بخشی از مدار کوتاه (1-b) مدل توزیع گاما با لوله فرعی (گذرگاه فرعی) در ساختمان اصلاح توزیع گاما بنیادی است. این شامل بخشی مخلوط (برش-Γ) در سری با یک بخش جریان plug که β بخشی از جریان ورودی (برش Γ)
این مدل مقدار گسترش سیال mixing راروی جریان مستقیم (p) که رفتار تانک در CSTR رانشان می دهد. راس توزیع Γ به تدریج از سمت چپ به راست حرکت می کند. λ از زمان تاخیر سیستم خودداری می کند و یک افزایش در اهمیت تاکید بر اثر جریان play وجود دارد. یکی از پارامترهای tm (زمان اقامت آزمایش) مستقیماً از داده های آزمایشی است و جهت چپ پارامتر تعدیل پذیر نیست. بنابراین ارزش استفاده برای این پارامتر از RTD آزمایش نتیجه می شود. Table 3

- **نتایج و بحث ها:**

منحنی RTD (توزیع زمان اقامت)
یک پالس تزریق شده، نقطه نمونه برداری وقتی که به راکتور وارد می شود(sp1) تنها برای اثبات محرک استفاده شد. نتایج آزمایش برای غلظت های لیتیم در نمونه گردآوری شد و در سرتاسر آزمایش در چهار نقطه نمونه نمودار شکل ۲ نشان داده شد.
(راکتور بی هوازی و لایه ساکن) این شکل از منحنی در شکل ۲ صریحاً نشان می دهد که مقدار اصلی از ردیاب در راکتور ۲ روز اول از آزمایش RTD شستشو داده شده است، در حالی که ردیابی که حالت سکون دارد تنها به صورت آرام در راکتور حرکت می کند.
در شکل a-۲ غلظت های ردیاب در sp6 و sp5 دیده می شود به ترتیب عمق و بالای راکتور بسیار شبیه هستند که رفتار هیدرولیک راکتور را نشان می دهند که شبیه به یک CSTR است. در شکل 2(b) برای sp2 و sp4 اثبات شده که غلظت لیتیم در بحث (از عمق ساکن) در اولین بخش از آزمایش غلظت در خروجی که مقداری لیتیم باید به داخل لجن در عمق ظرف جذب شود. این وضعیت تنها وقتی که غلظت های لیتیم بیشتر از ۱۰۰gr است رخ می دهد. در هر حال نسبت به همه آزمایش ها زیست توده به صورت زیاد در سیستم حرکت نمی کند و با ما جرمی که اثبات کند لیتیم در ابتدا جذب شده نابود شده است. چنانکه لیتیم تقریباً به طور کامل در انتهای آزمایش بازیافت می شود.
در شکل ۲ مشاهده می شود که غلظت لیتیم در شروع آزمایش برای همه نقاط نمونه ارزش بالاتر از غلظت max پیش بینی شده (2/9mgl-1) دارد که برای صعود آن حجم موثر از راکتور ممکن است کمتر از 5500m3 (حجم کل) باشد. به علاوه عملکرد راکتور بصورت تمام و کمال از مقادیر بالای مواد معدنی چند جزیی موردنیاز لایه ساکن برای تصفیه غالباً نشان داده می شود.
در نتیجه یک حجمی از راکتور بی تاثیر برای مقدار زیادی از حیات تعلق مواد معدنی جامد در راکتور در طول مطالعه ردیاب وجود دارد، که برای ۸۰gr جامد معلق کل L^{-1}(TSS) بطور متوسط تا۹۰٪ مواد معدنی به نوع عامل بی اثر در رفتار plote استفاده می شود. زمان اقامت متوسط موثر (τ_m) از منحنی آزمایش RTD برای هر دو (sp4 , sp5) استفاده می شود.
معادله ۱ و ۲ و مقایسه با زمان اقامت هیدرولیک همه اینها در شکل ۴ نشان داده می شود.

$$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^\infty C(t)dt} \qquad \tau_m = \int_0^\infty tEccldt$$

چنانچه پیش بینی شده اثر زمان اقامت متوسط کمتر ازارزش حدود ۲۲٪ در sp5 خروجی راکتور است این آمار برای حجم mixed در راکتور حدود ۷۸٪ از حجم کل است. نمونه مناسب که برای حجم های مختلف موثر راکتور موجود دارد از ۷۰ تا ۱۰۰٪ از جم کل است. بهترین اندازه وقتی که حجم موثر راکتور به ۷۸٪ از حجم کل برسد خواهد بود. بنابراین نتایج نمونه ها این واقعیت را نشان می دهند.

- **نتایج نمونه های RTD**

بدین ترتیب برای رسیدن به نمونه مناسب و موثر کلی برای مقایسه،غلظت خروجی ردیاب C(t) اندازه گیری شده در زمان t نسبت به غلظت پیش بینی شده C_0.غلظت های خروجی بی اندازه E(t)=C(t)/C. برای نگهداری درθ(t/τ)،خطای تولیدی اندازه گرفته شده در منحنی غلظت –زمان است .این آنالیز برای sp5 (خروج از راکتور)و sp4 (خروج از قسمت ساکن) زیرا این نقاط نشان داده شده رفتار هیدرولیکی راکتور و سیستم رفتاری هیدرولیکی راکتور و سیستم رفتاری بی هوازی نسبت نقاط نمونه،اثر دو تقابل فعلی خروجی در سیستم بی هوازی (تقابل لجن با راکتور، Q_2 وتقابل مخلوط عصاره با تانک بی اثر، Q_3) در رفتار هیدرولیکی سیستم زیست شناسی (بیولوژیکی) مورد مطالعه قرار گرفته است.

به علاوه متوسط جریان ورودی محصول میعان تبخیرکننده برون ریز(Q_1=۱۱۸۵)،متوسط ارزش نشان داده شده در طول دوره امتحان ردیاب برای جریان متقابل از عصاره مخلوط راکتور به تانک (Q_3= 85m^3/day) و جریان لجن از قسمت ساکن به راکتور(Q=1765m^3/day) مطالعه شده است.بنابراین پارامترهای زمان (θ) محاسبه شده در دو سیستم مختلف مطالعه شده است.برای سیستم اول راکتور تنها نتایج اندازه گیری شده غلظت خروجی در sp5 را برای مطالعه اثر جریان تقابل لجن (Q_2) روی رفتار راکتور هیدرودینامیکی را مطالعه کرده است.برای دومین سیستم نتایج غلظت اندازه گیری شده در SP4 که برای مطالعه اثر عصاره مخلوط متقابل در تانک بی اثر استفاده شده است (Q_3) و رفتار هیدرودینامیکی برای سیستم دو معادله (۷و۸) وبرای زمانهای نگهداری هیدرولیکی تئوری محاسبه شده τ_5و τ_6 .

$\tau_1=V_{Reactor}/Q_1$
$\tau_2=V_{Reactor}/Q_1+Q_2$
$\tau_3=V_{Reactor}/Q_1-Q_3$
$\tau_4=V_{Reactor}/Q_1+Q_2-Q_3$
$\tau_5=V_{Reactor}+V_{Settler}/Q_1$
$\tau_6=V_{Reactor}+V_{Settler}/Q_1-Q_3$

نتایج آزمایشی برای تست ردیاب چندین نمونه هیدرولیکی غیر ایده ال کالیبره شده نشان داده شده است. روشهایی برای مقایسه منحنی های مختلف RTD از جمع داده ها و شبیه سازی های آزمایشی مختلف استفاده شده وبرای هر مدل ارزش پارامترها به خوبی مجموع خطاها(SSE) برای سیستم خروجی در(SP4,SP5) در جدول ۶,۵ نشان داده شده است.شکل۳و۴ کیفیت بین دیتا آزمایشی و محاسبه شده برای مدل توزیع گاما برای هر دو خروجی نشان می دهد و برای همه شامل می شود.

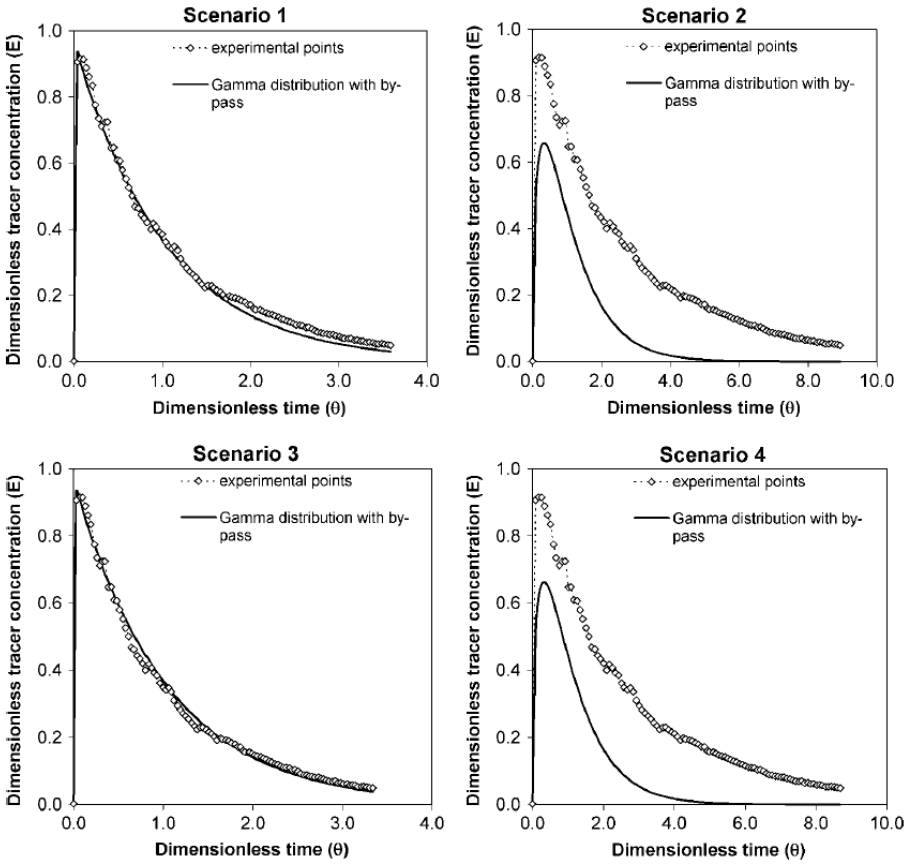


Figure 3. Graphical representation of the experimental data and the curves obtained with the Gamma distribution model with by-pass at the exit of tl reactor (SP5).

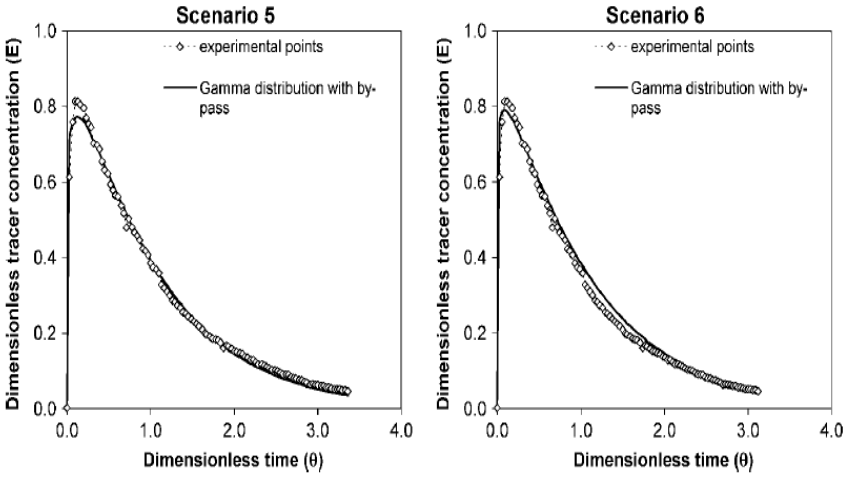


Figure 4. Graphical representation of the experimental data and the curves obtained with the Gamma distribution model with by-pass at the exit of the lamella settler (SP4).

گزارش کار:

در این پروژه مدل های پراکندگی و مخازن پشت سرهم جهت تعیین میزان انحراف بیوراکتور از حالت ایده آل مورد بررسی قرار گرفت. در این پروژه ما از دو طریق محاسبات را انجام دادیم که در ادامه نحوه کار توضیح داده می شود.

روش اول:

در ابتدا Δt را بین هر دو t محاسبه کردیم و سپس با استفاده از داده ها مقدار Q را بدست آوردیم.

$$Q_1=\sum C_i\Delta t_i=15/50$$

$$Q_2=\sum C_i\Delta t_i=13/63$$

سپس مقادیر E_i را محاسبه کردیم:

$$E=C_i / Q$$

مقادیر t_c و t_E را حساب کردیم و چون راکتور ما بی هوازی بود (ظرف بسته)، مقادیر t_c و t_E با هم برابر و یکسان می شوند.

$$t_{c1}= (\sum t_i.C_i.\Delta t_i)/ (\sum C_i.\Delta t_i) = 4/1$$

$$= (\sum t_i.C_i.\Delta t_i)/ (\sum C_i.\Delta t_i \backslash tc)=3/79$$

$$t_{E1}=\sum t_i.E_i.\Delta t_i=4.1$$

$$t_{E2}=\sum t_i.E_i.\Delta t_i = 3/79$$

بعد از آن مقادیر δ^2 را محاسبه کردیم:

$$\delta^2_{۱} =\sum t_i^2.\ \Delta t_i.\ E_i.\ -t^2 =۱۱/۱۰$$

$$\delta^2_{۲} =\sum t_i^2.\ \Delta t_i.\ E_i.\ -t^2 =۸/۸۲$$

برای محاسبه پارامتر مخازن پشت سرهم (N) داریم:

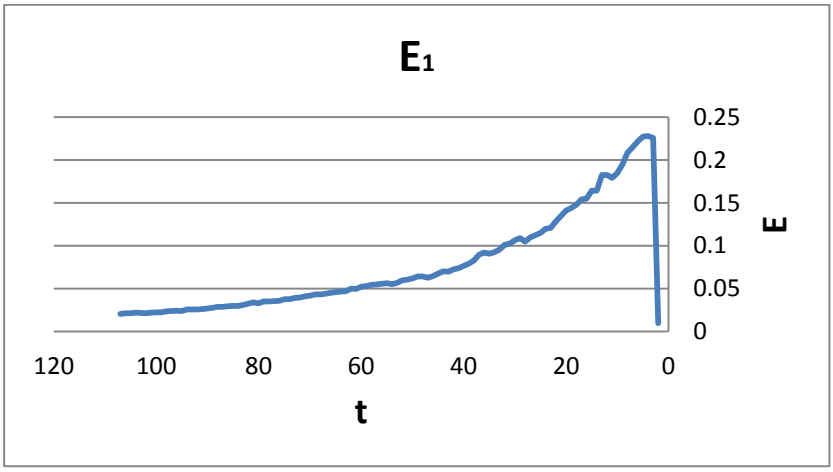
$$\delta^2_{۱} / t^2=0/66 \quad , \quad N= 1/ \delta^2_{\theta 1} =1/51$$

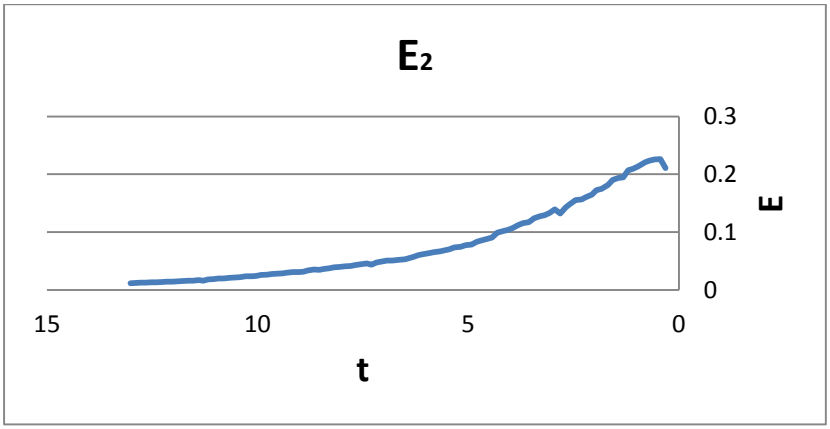
$$\delta^2_{\theta 2}= \delta^2_{۱} / t^2 = 0/61 \quad , \quad N=1/\delta^2_{\theta 2}=1/63$$

چون ظرف بسته است و پراکندگی زیاد است، با حدس و خطا داریم:

$$\delta^2_{\theta 1}= 2 D/uL – 2(D/uL)^2 (1- e^{-Lu/D}) \longrightarrow (D/uL)_1=0.7$$

و ۰٫۶ = (D/uL_2)

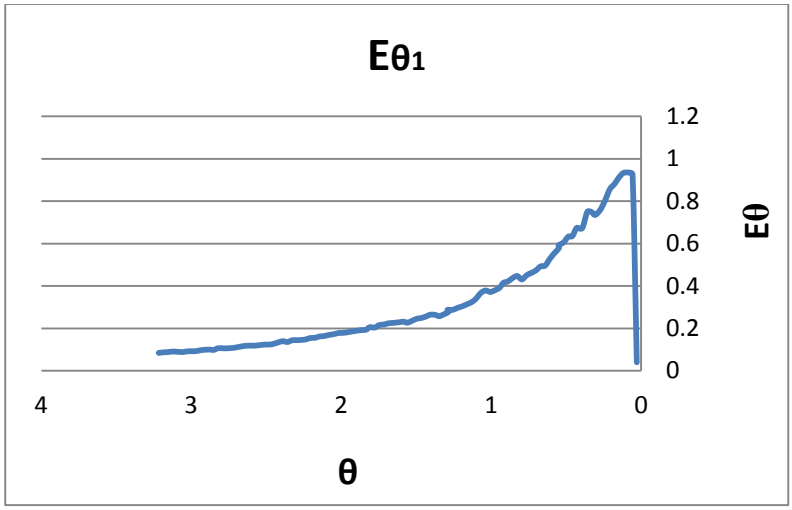


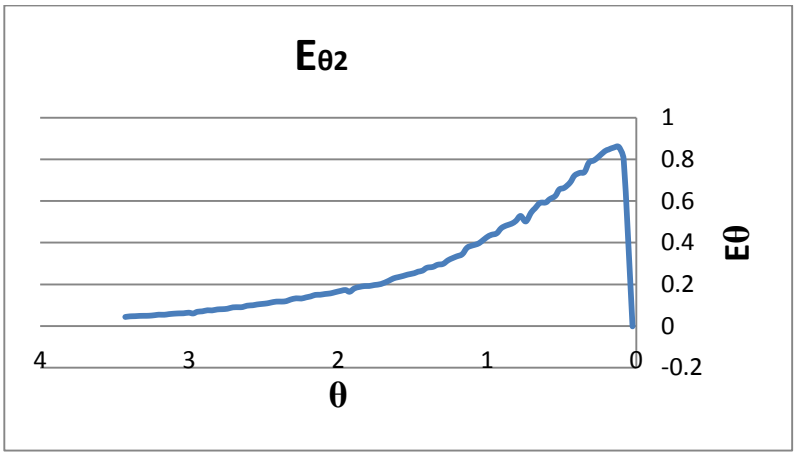


همچنین به ترتیب مقادیر θ_1 و θ_2 و $E_{\theta 1}$ و $E_{\theta 2}$ را محاسبه می کنیم:

$\theta_1=t_i/t_{E1}$

$E_{\theta 1}=t_{E1}.E$



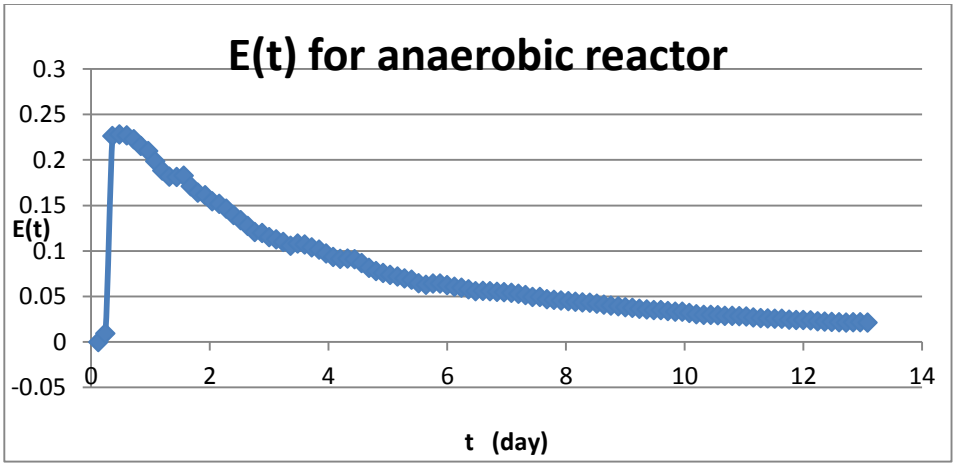


روش دوم:

در ادامه مقادیر محاسبات انجام شده برای هر دو قسمت راکتور بی هوازی و لایه ساکن تصفیه‌شده آمده است. تمامی محاسبات توسط داده های گرفته شده توسط نرم‌افزار Get Data Graph Digitizer انجام شده است. روند این محاسبات نیز همانند محاسبات قبلی است ، با این تفاوت که در این قسمت بازه‌های زمانی یکسان شده است (۰,۱۲ روز) و غلظت‌های میانی توسط میانیابی خطی بین مقادیر موجود بدست آمده استو

نتایج محاسبات عبارتند از :

۱. **برای راکتور بی‌هوازی؛**



Tc=4.113021

TE= 4.113021

با توجه به یکسان بودن این زمانها می توان دید که فرض ظروف بسته برای سیستم صادق است.

$\delta_1^2 = 11.10813$

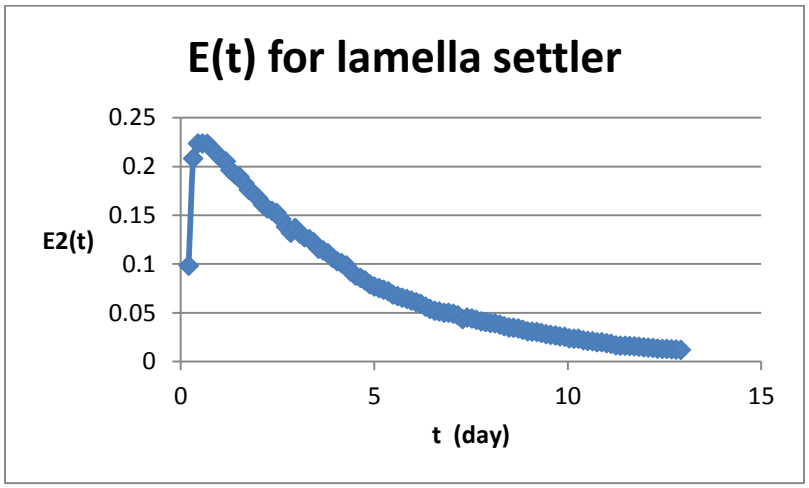
$\delta_{\theta 1}^2 = 0.656639$

D/uL=0.32832

N=1.522906

به همین طریق برای سیستم دوم داریم:

۱. **لایه ساکن تصفیه‌شده :**



Tc=3.75909

TE= 3.75909

با توجه به یکسان بودن این زمانها می توان دید که فرض ظروف بسته برای سیستم صادق است.

$\delta_2^2 = 8.8915$

$\delta_{\theta 2}^2 = 0.62923$

D/uL=0.314615

N=1.589243

محاسبات برای راکتور ایده آل.

در این فرایند جز لیتیم جزئی است که در طی واکنش توسط زیست توده‌ها مصرف نمی شود و تنها به همین دلیل هم به عنوان ردیاب استفاده می شود. لذا حتی با داشتن سرعت واکنش نمی شد برای این ماده (که در واکنش دخیل نمی باشد.) محاسبات را انجام داد.

اما اگر این واکنش را واکنشی ایده آل از درجه دوم با ثابت سرعت 0.01L/day.mg فرض کنیم، از داده های راکتور می دانیم :

$$c_{in-Li-1} = 3.5\frac{mg}{L}$$

$$-r_{Li} = 0.01{c_{Li}}^2$$

$$\rightarrow c_{out} = \left((.01 \times 13.08) + \left(\frac{1}{3.5}\right)\right)^{-1} \rightarrow \ x_{Li} = 0.3140$$