

۱) عنوان نیاز نوآورانه و فناورانه

کاهش زمان هضم بی‌هوازی و افزایش راندمان تولید متان از فاضلاب متغیر کارخانه اسید سیتریک از طریق بهینه‌سازی کنسرسیوم میکروبی تخصصی..

---

۲) واحد یا بخش مربوطه

کارخانه اسید سیتریک کشت و صنعت جوین.

---

۳) شرح دقیق مشکل

کارخانه اسید سیتریک جوین به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده این محصول در کشور، روزانه حجم قابل توجهی فاضلاب با بار آلودگی آلی بالا تولید می‌کند. این فاضلاب در سامانه هضم بی‌هوازی به بیوگاز، آب قابل استفاده در کشاورزی و کود آلی تبدیل می‌شود. با این حال زمان لازم برای شروع و پایداری تولید گاز حدود ۲۰ روز است که نسبت به برخی منابع آلی دیگر از جمله کود مرغی با حدود ۵ روز زمان، نسبتاً طولانی محسوب می‌شود. علاوه بر این، ترکیب شیمیایی فاضلاب خروجی کارخانه ثابت نیست و به دلیل تغییرات در فرآیندهای تولید، ترکیبات مختلفی مانند جریان‌های اسیدی، کاتیونی، ویناس و آهک در زمان‌های مختلف وارد سیستم می‌شوند. این تغییرپذیری موجب ایجاد شوک برای جمعیت میکروارگانیسم‌های راکتور و کاهش پایداری تولید متان و راندمان تصفیه می‌شود.

۴) محل وقوع مشکل در فرآیند

این مشکل در مرحله ورود فاضلاب به سامانه هضم بی‌هوازی و در عملکرد راکتورهای تولید بیوگاز بروز می‌کند و اثر آن در کیفیت گاز تولیدی و همچنین در کیفیت پساب خروجی مشاهده می‌شود.

---

۵) تحلیل اولیه علت (از نگاه بهره‌بردار)

از نگاه بهره‌برداران، علت اصلی مشکل عدم تطابق کامل جمعیت میکروبی موجود با ترکیب متغیر فاضلاب و نوسانات شدید در بار آلی و ترکیبات شیمیایی است که باعث کاهش کارایی متانوژن‌ها و افزایش زمان هضم می‌شود.

---

۶) زمان یا شرایط بروز مشکل

مشکل عمدتاً زمانی بروز می‌کند که ترکیب فاضلاب ورودی به دلیل تغییر در ستون‌های تولیدی کارخانه تغییر کرده و نسبت ترکیبات اسیدی، کاتیونی، ویناس یا آهک به‌طور ناگهانی افزایش یا کاهش پیدا می‌کند.

---

۷) اثرات مشکل بر کسب‌وکار

کاهش راندمان تولید گاز متان، افزایش زمان ماند در راکتور، نوسان در کیفیت پساب خروجی و افزایش هزینه‌های بهره‌برداری از جمله اثرات مستقیم این مشکل بر عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی مجموعه است.

---

۸) میزان شدت یا اهمیت مشکل

با توجه به حجم بالای فاضلاب تولیدی و اهمیت تولید انرژی و مدیریت زیست‌محیطی در کارخانه، این مشکل از اهمیت بالا برخوردار است.

---

۹) فوریت حل مشکل

بهبود این فرآیند از نظر بهره‌وری انرژی و کاهش هزینه‌های تصفیه از اولویت‌های مهم واحد صنعتی محسوب می‌شود.

---

۱۰) وضعیت فعلی مدیریت مشکل

در حال حاضر فرآیند هضم بی‌هوازی با استفاده از جمعیت میکروبی موجود انجام می‌شود و بخشی از فاضلاب به بیوگاز، آب کشاورزی و کود آلی تبدیل می‌گردد، اما پایداری عملکرد سیستم در برابر تغییرات ترکیب فاضلاب محدود است.

---

۱۱) اقدامات امتحان شده

تنظیمات عملیاتی در شرایط راکتور، کنترل pH و بارگذاری آلی و مدیریت جریان‌های ورودی از جمله اقداماتی است که برای بهبود عملکرد سامانه انجام شده است.

---

۱۲) داده‌ها یا شواهد موجود

داده‌های بهره‌برداری شامل اندازه‌گیری‌های BOD و COD فاضلاب ورودی و خروجی، اطلاعات مربوط به زمان ماند هیدرولیکی، میزان تولید بیوگاز و درصد متان در گاز تولیدی در اختیار مجموعه قرار دارد.

---

۱۳) محدودیت‌های روش فعلی

روش فعلی در برابر تغییرات سریع ترکیب فاضلاب انعطاف‌پذیری محدودی دارد و جمعیت میکروبی موجود توان پوشش کامل طیف تغییرات ترکیبات آلی و معدنی فاضلاب را ندارد.

---

۱۴) محدودیت‌ها

راهکار پیشنهادی باید با زیرساخت‌های موجود کارخانه سازگار باشد، امکان اجرا در مقیاس صنعتی داشته باشد و هزینه سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری آن قابل توجیه باشد.

---

۱۵) مزیت مورد انتظار

کاهش زمان هضم بی‌هوازی، افزایش تولید متان با درصد بالا، کاهش BOD و COD خروجی، افزایش پایداری عملکرد سامانه و ارتقای بهره‌وری اقتصادی و زیست‌محیطی مجموعه.

---

۱۶) امکان بازدید میدانی

امکان بازدید میدانی از واحد تولید اسید سیتریک، سامانه تصفیه فاضلاب و واحد تولید بیوگاز برای تیم‌های پژوهشی و فناور با هماهنگی قبلی وجود دارد.

---

۱۷) پیشنهاد و ایده اجرایی

طراحی و توسعه کنسرسیوم میکروبی تخصصی مقاوم به نوسانات ترکیب فاضلاب، بهینه‌سازی شرایط عملیاتی راکتورهای بی‌هوازی و بررسی روش‌های پیش‌تیمار یا یکنواخت‌سازی خوراک ورودی به منظور افزایش پایداری فرآیند.

---

۱۸) توضیحات تکمیلی

در این سامانه از کل فاضلاب ورودی، بخشی به بیوگاز تبدیل می‌شود و بخش قابل توجهی پس از تصفیه به مصرف کشاورزی می‌رسد. همچنین بخشی از مواد آلی به کود آلی مایع منتقل می‌شود که از طریق خطوط لوله به مزارع تزریق می‌شود و بخش جامد پس از خشک‌سازی به‌عنوان کود آلی بسته‌بندی و عرضه می‌گردد.

---

۱۹) محورهای پیشنهادی تحقیقاتی

- شناسایی و غربالگری میکروارگانیسم‌های متانوژن مقاوم به نوسانات اسیدی، کاتیونی و ترکیبات خاص فاضلاب اسید سیتریک
- طراحی و توسعه کنسرسیوم‌های میکروبی چندگانه با پایداری بالا در برابر تغییرات شدید BOD و COD
- بهینه‌سازی شرایط عملیاتی راکتورهای هضم بی‌هوازی (pH، بارگذاری آلی، زمان ماند هیدرولیکی، دما) برای افزایش سرعت تولید متان
- بررسی روش‌های پیش‌تیمار زیستی، آنزیمی یا فیزیکی فاضلاب به منظور یکنواخت‌سازی خوراک ورودی به راکتور
- توسعه سامانه‌های پایش هوشمند برای کنترل لحظه‌ای تغییرات ترکیب فاضلاب و جلوگیری از شوک میکروبی
- بررسی افزودنی‌های زیستی یا مواد تقویت‌کننده رشد میکروبی برای افزایش فعالیت متانوژن‌ها
- طراحی و ارزیابی راکتورهای بی‌هوازی پیشرفته مناسب فاضلاب صنایع تخمیری (مانند UASB، CSTR یا سیستم‌های هیبریدی)
- بهینه‌سازی فرآیند بازیابی همزمان انرژی، آب کشاورزی و کود آلی از فاضلاب کارخانه
- ارزیابی اقتصادی و زیست‌محیطی سامانه‌های پیشرفته تولید بیوگاز در مقیاس صنعتی در صنایع اسید سیتریک.