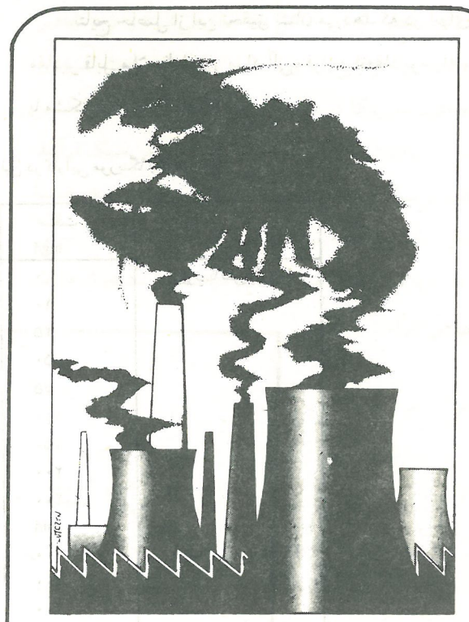


بررسی تأثیر فرایند شناورسازی در بازدهی سیستم تصفیه فاضلاب پالایشگاهها

غازی عیدان*

خلاصه

در تعدادی از پالایشگاههای کشور جهت تصفیه فاضلابهای صنعتی از سیستمهای تصفیه نسبتاً کاملی که شامل جداکننده‌های نفت از آب، حوضچه متعادل سازی، سیستم کنترل pH، فرایند شناورسازی با استفاده از هوای محلول* ، فرایند لجن فعال، مخزن هضم هوازی لجن، فیلترهای تحت فشار و سیستم گندزدایی است استفاده می‌شود.

از آنجایی که عدم کارکرد مناسب هر یک از فرایندهای فوق می‌تواند تأثیر منفی در بازدهی کل سیستم تصفیه داشته باشد و به منظور شناخت اهمیت فرایند شناورسازی، در اندازه پیلوت و برای مدتی حدود ۶ ماه پروژه‌ای به مورد اجرا گذاشته شد که در آن علاوه بر بررسی بازدهی فرایند شناورسازی با استفاده از هوای محلول، تاثیر کارکرد این فرایند بر روی کیفیت لجن فعال و بازدهی این سیستم مورد ارزیابی قرار گرفت.

مقدمه: موارد استفاده شناورسازی با استفاده از هوای محلول

یکی از روشهای مؤثر در حذف مواد معلق و مواد کلوئیدی، استفاده از فرایند شناروسازی توسط هوای محلول است. این روش تصفیه بر مبنای جداسازی ذرات از مایع با استفاده از حبابهای هوا استوار می‌باشد و می‌توان از آن جهت فاضلابهای شهری و صنعتی استفاده نمود.

استفاده از این روش در تصفیه فاضلابهای آلوده به چربی و روغن، محصولات نفتی، رزین‌لاتکس، محصولات آلی سنتزی مخصوصاً وقتی سرعت ته‌نشینی ذرات کمتر از یک متر بر ثانیه است یا هنگامی که مایع حاوی مقدار قابل توجهی گاز است قابل توجیه می‌باشد.

تصفیه توسط فرایند شناورسازی در بازدهی مشابه ۴ الی ۶ بار سریعتر از روش ته‌نشینی متداول است. لذا امروزه این روش بطور گسترده‌ای در تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی از جمله فاضلابهای حاوی مواد نفتی، پالایشگاهها و صنایع پتروشیمی کارخانجات اتومبیل سازی، کاغذ سازی، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی و .... بکار می‌رود.

● کارشناس پژوهشگاه صنعت نفت

نحوه عمل واحد شناورسازی

در واحد شناورسازی با استفاده از هوای محلول، تمام فاضلاب یا مقداری از آن در مخزنی تحت فشار هوا اشباع می‌شود و سپس هنگامی که فشار کاهش داده می‌شود، هوای حل شده به صورت حبابهای ریز، با قطر ۳۰ الی ۱۲۰ میکرون از فاضلاب خارج می‌شود. ذرات نفتی یا مواد معلق آب‌گریز جذب حباب‌ها شده و چون دانسیته توده تولیدی کمتر از آب است از این رو به سطح مایع صعود می‌نماید.

در شکل شماره ۱ شمای ساده‌ای از واحد شناورسازی نشان داده شده است. بمنظور افزایش بازدهی این فرایند لازم است که از مواد شیمیایی کواگولان و فلوکولان استفاده شود. استفاده از مواد شیمیایی مناسب در واحد شناورسازی بسیار مهم است، مخصوصاً اگر مواد روغنی و ذرات به صورت کلوئیدی یا امولسیون در آمده باشند. مواد کواگولانی که بکار می‌رود عبارتند از: آهک، نمکهای آهن و آلومینیوم و پلی‌الکترولیتهای مختلف آلی.

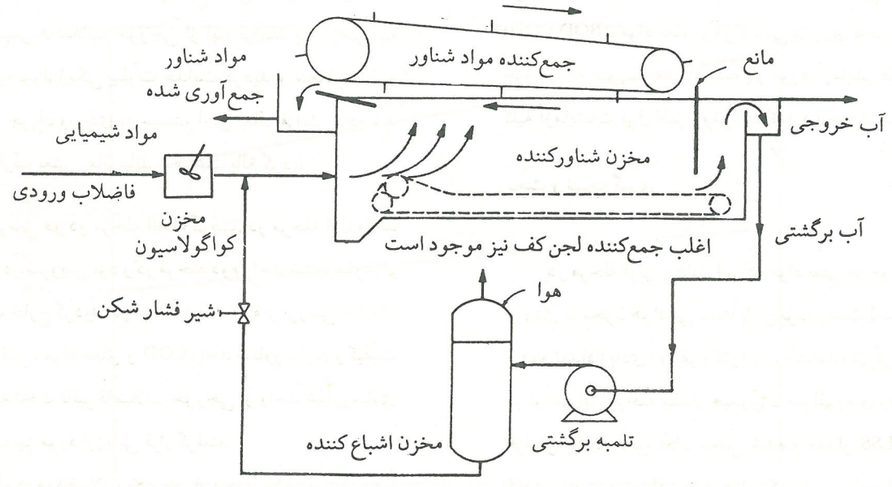
مکانیسم عمل این افزودنیهای شیمیایی بدین صورت است که سطح یا ساختاری ایجاد می‌نمایند تا حبابهای هوا بر سطح آن جذب یا در داخل آن محبوس شوند. مکانیسم دیگر ایجاد تغییر در ویژگیهای سطح مشترک هوا ـ آب ، هوا ـ مواد معلق، یا هر دو می‌باشد.

فشار مخزن معمولاً ۳ تا ۵ اتمسفر، نسبت آب برگشتی حدود ۳۰ الی ۴۰ درصد، میزان سرریز یک تا ۴ گالن در دقیقه در فوت مربع (شامل آب برگشتی نیز می‌باشد) و زمان ماند معمولاً ۲۰ تا ۴۰ دقیقه است.

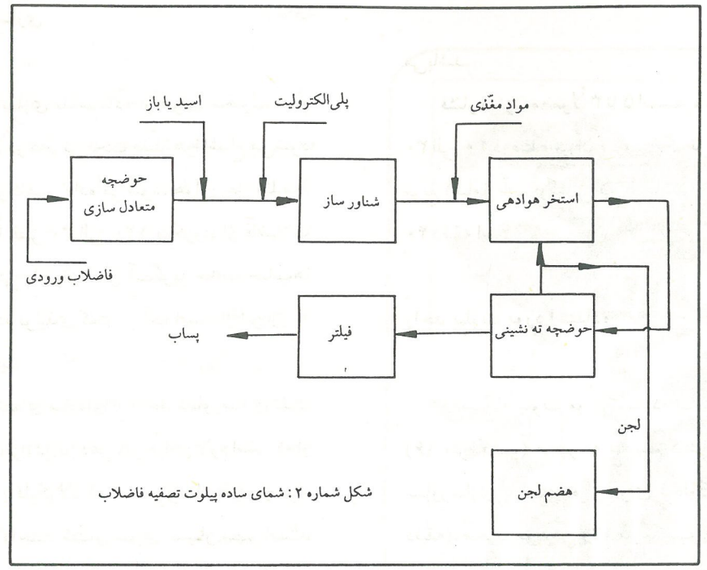
واحد پیلوت مورد استفاده

دستگاه پیلوت مورد استفاده شامل مخزن یکنواخت کننده (۱۶ مترمکعب) مجهز به سیستم کنترل اتوماتیک pH، واحد شناورسازی با استفاده از هوای محلول (باظرفیت ۶۰ لیتر در دقیقه)، مخزن هوادهی (۱۲ مترمکعب)، مخزن ته‌نشینی نهایی (۵ مترمکعب)، مخزن گوارش هوازی لجن (۸/۵ مترمکعب) و صافی شنی می‌باشد.

لازم به تذکر است که جهت تامین اکسیژن مورد نیاز و اختلاط کامل لجن فعال از هوای فشرده و دیفیوزر استفاده می‌شود. برای تنظیم درجه حرارت مخزن هوادهی و مخزن گوارش لجن لوله مارپیچ بخار آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل شماره ۲ شمای ساده پیلوت تصفیه فاضلاب نشان داده شده است.



شکل شماره ۱: شمای ساده واحد شناورکننده



شکل شماره ۲ : شمای ساده پیلوت تصفیه فاضلاب

مواد و روشها

در شروع بررسی، ابتدا مقداری لجن فعال سیستم تصفیه فاضلاب یکی از پالایشگاهها به مخزن هوادهی منتقل گردید. فاضلاب خروجی از جداکننده‌های نفت از آب پالایشگاه به مخزن یکنواخت کننده پمپ گردید. فاضلاب خروجی از مخزن یکنواخت کننده بعد از تنظیم pH و کنترل کیفیت آن به واحد شناورسازی جهت حذف حداکثر مواد نفتی و مواد معلق تلمبه می‌گردید. سپس فاضلاب خروجی از این فرایند به آرامی به سیستم تصفیه بیولوژیکی پیلوت هدایت گردید و متعاقب آن به تدریج مقدار جریان ورودی به سیستم لجن فعال افزایش داده شد تا به حد متعارف یعنی زمان ماند ۸ ساعت بالغ گردید.

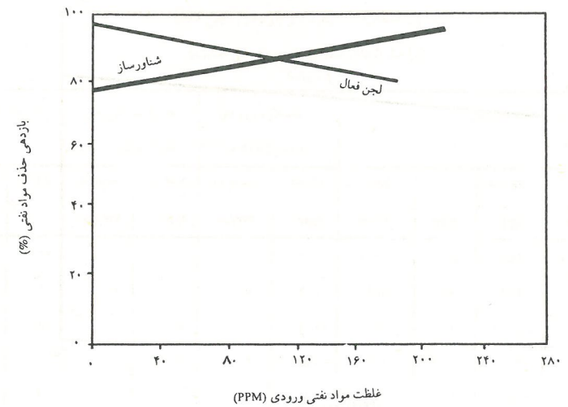
این بررسی در دو مرحله انجام گرفت. در مرحله اول واحد شناورسازی در سرویس بود و در مرحله دوم واحد شناورسازی از مدار عملیات خارج گردید. در مرحله اول علاوه بر بررسی راندمان حذف مواد نفتی، مواد معلق و COD واحد شناورسازی و کیفیت لجن فعالی که تحت تاثیر فاضلاب خروجی از واحد شناورسازی قرار می‌گرفت نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

در مرحله دوم، فاضلاب خروجی از مخزن یکنواخت‌کننده با همان مقدار جریان مستقیماً به مخزن هوادهی تلمبه می‌گردید. در این مرحله از بررسی نیز کیفیت لجن فعال و بازدهی سیستم مورد ارزیابی قرار گرفت.

در طول بررسی پارامترهای مختلف عملیاتی از قبیل مواد جامد معلق (MLSS)، مواد جامد معلق فرار (MLVSS)، شاخص حجمی لجن (SVI)، pH، اکسیژن محلول (DO)، درجه حرارت و مشاهدات میکروسکوپی روی لجن فعال به صورت روزانه انجام می‌گرفت. آزمایشات اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و بیوشیمیایی (BOD,COD)، مواد معلق و مواد نفتی بر روی فاضلاب ورودی و خروجی به صورت هفته‌ای سه بار مورد آزمایش قرار می‌گرفت. کلیه آزمایشات فوق طبق روش استاندارد انجام گرفت.

بحث و نتیجه‌گیری

در مرحله اول به علت این که مواد نفتی موجود در فاضلاب ورودی به مخزن هوادهی نسبتاً پایین بود، کیفیت لجن بسیار خوب بوده و تعداد زیادی روتیفر و کارشزیم مشاهده می‌گردید ولی چون در اواخر این مرحله مقدار هیدروژن سولفوره ورودی به سیستم افزایش یافت، لجن فعال مختل شده و مقدار MLSS به سرعت کاهش یافت و تعداد روتیفرها و کارشزیم نقصان و بالعکس پارامیسیوم افزایش یافت.

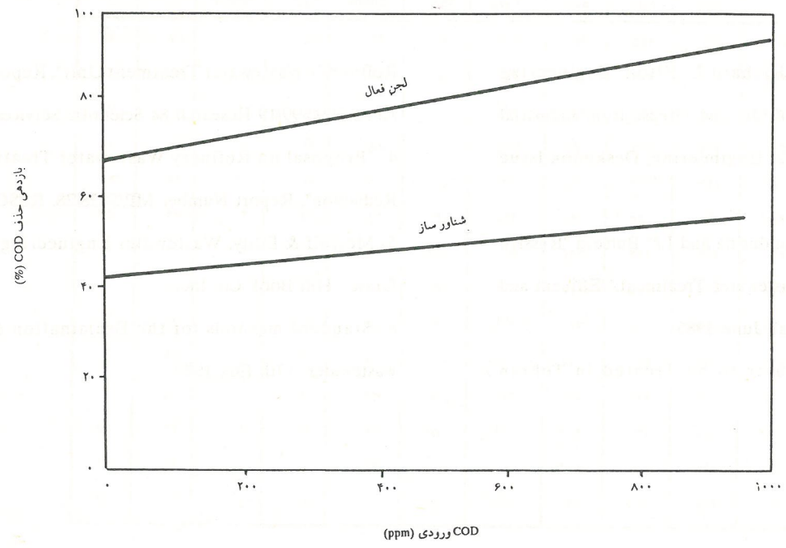


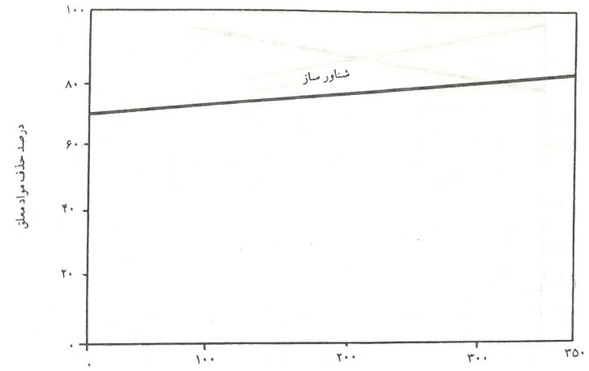
شکل ۳: میزان بازدهی حذف مواد نفتی توسط فرآیند لجن فعال و فرآیند شناورسازی

به علت این که فاضلاب ورودی به مخزن هوادهی از کیفیت خوبی برخوردار است، مقدار مواد نفتی و پساب نهایی از سیستم پایین بوده و در حد قابل استفاده در برج خنک کننده است (جدول ۱). در مرحله دوم که واحد شناورسازی از مدار عملیات خارج است و فاضلاب مستقیماً از مخزن یکنواخت کننده به مخزن هوادهی هدایت می‌گردید پدیده تورم لجن مشاهده گردید. میکرواورگانیسم‌های مشاهده شده در این مرحله نیز شبیه مرحله اول می‌باشد و بازدهی حذف BOD نیز نسبتاً رضایت بخش است.

این بررسی نشان می‌دهد، گرچه فرایند لجن فعال قادر است خود را نسبت به شرایط جدید یعنی افزایش مواد نفتی عادت دهد و می‌تواند مواد نفتی را تجزیه نماید ولی مقدار زیادی از مواد نفتی در توده لجن حبس می‌شود و چون سرعت تجزیه این مواد نسبتاً کم است، مواد نفتی در مخزن ته‌نشین نهایی از لجن خارج شده به سطح صعود کرده و همراه فاضلاب از سیستم خارج می‌شوند. مواد نفتی حبس شده در توده لجن در مطالعات میکروسکوپی نیز بخوبی قابل مشاهده هستند. شکل ۳ مؤید این مطلب است و نشان می‌دهد که با افزایش مواد نفتی ورودی به لجن فعال، مواد نفتی فاضلاب خروجی نیز افزایش یافته است. شکل ۴ نیز نشان می‌دهد

شکل شماره ۴ : بازدهی حذف COD توسط فرایند شناورسازی و فرایند لجن فعال





شکل شماره ۵: میزان بازدهی حذف مواد معلق توسط سیستم شناورسازی

که با افزایش مواد نفتی راندمان حذف این مواد نزول کرده است و حتی از بازدهی فرایند شناورسازی نیز کمتر شده است. زیرا همانطورکه شکل فوق الذکر نشان می‌دهد در واحد شناورسازی با افزایش مواد نفتی ورودی، بازدهی حذف نیز افزایش می‌یابد.

با حذف فرایند شناورسازی در بسیاری از موارد، غلظت مواد نفتی در فاضلاب خروجی در حدی است که قابل استفاده در برج خنک کننده نخواهد بود (حداکثر غلظت مجاز مواد نفتی آب ورودی به برج خنک کننده یک میلی گرم در لیتر است). این مطالعه همچنین نشان می‌دهد، غلظت مواد نفتی خروجی در بیشتر موارد کمتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر است و بازدهی آن بیش از ۸۰ درصد می‌باشد (شکل ۳) ولی حذف COD در اغلب موارد کمتر از ۵۰ درصد می‌باشد (شکل ۴). ضمناً همانطورکه شکل شماره ۵ نشان می‌دهد، راندمان حذف مواد معلق در فرایند شناورسازی بسیار خوب است و در اغلب موارد بیش از ۷۰ درصد می‌باشد.

* Dissolved Air Flotation, DAF

References

1- Davis L. Ford and Richard L. Elton. Engineering Science Inc. "Removal of Oil and Grease from Industrial Wastewaters." Chemical Engineering, Deskbook Issue October 17,1977.

2- N Myasnikov. LV; Gandurina and LN Butseva "Russian Use of Flotation for Wastewater Treatment." Effluent and Water Treatment Journal, June 1985.

3- "Study of Wastewater to be Treated in Tehran Refinery's Wastewater Treatment Unit". Report Number APA/ 3090/99/19 Research 8c Scientific Services Center.

4- "Proposal on Refinery Wastewater Treatment Cost Reduction". Report Number MP/5828/28. RSSC.

5- Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering. 1972, Mc Graw - Hill Book Co. Inc.

6- Standard methods for the Examination & water & wastewater, 17th Ed., 1989.

جدول شماره ۱: کیفیت و بازدهی لجن فعال

(واحد شناورسازی در سرویس است)

نتایج آزمایش مخزن هوادهی					فاضلاب ورودی به مخزن هوادهی		فاضلاب خروجی مخزن ته‌نشینی نهایی		راندمان حذف	
pH	DO mg/l	MLSS mg/l	SVI ml/g	F/M day^{-1}	BOD mg/l	Oil ppm vol/vol	BOD5 mg/l	Oil ppm vol/vol	BOD_5	Oil
۷/۴	–	۱۰۵۴	۱۱۴	۰/۴۷	۱۰۰	–	۱۳	۰	۸۷	۱۰۰
۷/۴	–	۹۴۴	۱۲۷	۰/۵۵	۲۰۰	۷	۲۰	۰	۹۰	۱۰۰
۷/۶	–	۱۰۰۸	۱۰۹	۰/۵۷	۲۰۰	۳	۳۷	۰	۸۲	۱۰۰
۷/۶	۳/۰	۱۱۲۴	۱۰۷	۰/۳۸	۱۵۰	۴	۱۵	۰	۹۰	۱۰۰
۷/۶	۵/۰	۱۱۶۴	۱۰۳	۰/۱۳	۵۰	۴	۵	۰	۹۰	۱۰۰
۷/۸	۴/۵	۱۱۸۲	۸۵	۰/۲۷	۱۲۰	۰	۲۰	۰	۸۳	–
۷/۷	۴/۵	۱۰۸۰	۷۹	۰/۳۶	۱۲۰	۹	۲۰	۱	۸۳	۸۹
۷/۰	۴/۵	۸۳۳	۸۴	۰/۳۴	۱۴۰	۰	۲۰	–	۸۶	–
۷/۸	۴/۵	۸۱۹	۷۷	۰/۴۸	۹۰	۵۰	۲۰	۱۳	۷۸	۷۴
۷/۸	۵/۰	۶۱۴	۹۰	۰/۱۹	۷۰	–	۳۰	–	۵۷	–
۸	۵/۰	۵۰۹	۹۸	۰/۳۷	۱۲۵	۱۴	۲۵	۲/۰	۸۰	۸۶
۷/۶	۵/۳	۴۰۳	۱۰۴	۰/۳۱	۹۰	۱۷	۱۰	۱۶	۸۹	۹۴

جدول شماره ۲: کیفیت و بازدهی لجن فعال

(واحد شناورسازی خارج از سرویس است)

نتایج آزمایش مخزن هوادهی					فاضلاب ورودی به مخزن هوادهی		فاضلاب خروجی مخزن ته‌نشینی نهایی		راندمان حذف	
PH	DO mg/l	MLSS mg/l	SVI ml/g	F/M day^{-1}	BOD mg/l	Oil ppm vol/vol	BOD5 mg/l	oil ppm vol/vol	BOD_5	oil
۷/۷	۴/۵	۵۴۶	۹۹	۰/۱۹	۸۵	۴۴	۲۵	۶	۷۱	۸۶
۷/۶	۴/۰	۴۰۷	۱۴۳	۰/۲	۷۰	۴۴	۱۰	۷	۸۶	۸۴
۷/۳	۴/۳	۴۹۲	۸۳	۰/۲۴	۱۰۰	۱۲۴	۱۴	۲۸	۸۶	۷۷
۷/۴	۳/۲	۳۲۴	۱۵۳	۰/۳۷	۱۰۰	۸۸	۱۵	۱۸	۸۵	۸۰
۷/۷	۳/۸	۳۴۶	۱۴۰	۰/۳۶	۱۰۰	۸۰	۱۸	۱۰	۸۲	۸۸
۷/۲	۲/۶	۵۵۰	۱۹۰	۰/۲	۹۰	۸۴	۳۰	۴	۶۷	۹۵
۷/۴	۳/۱	۳۶۲	۱۶۳	۰/۵	۱۵۰	۶۰	۱۵	۴	۹۰	۹۳
۷/۴	۳/۰	۵۷۴	۱۴۴	۰/۳۱	۱۵۰	۸۰	۱۵	۰	۹۰	۱۰۰
۷/۴	۳/۱	۵۸۰	۱۲۳	۰/۱۹	۹۰	۷۶	۱۲	۰	۸۷	۱۰۰
۶/۸	۲/۶	۷۴۵	۱۳۱	۰/۲۰	۱۳۰	۶۰	۱۱	۰	۹۱	۱۰۰
۷/۰	۳/۱	۷۴۸	۱۳۰	۰/۱۳	۸۰	۷۶	۱۰	۴	۸۸	۹۶
۷/۷	۲/۶	۱۱۳۰	۱۰۲	۰/۱۶	۱۵۰	۶۴	۱۲	۴	۹۲	۹۴
۷/۵	۲/۶	۱۰۲۱	۱۴۵	۰/۱۹	۱۶۰	۶۴	۱۰	۵	۹۴	۹۲
۷/۵	۲/۵	۹۲۴	۱۳۸	۰/۱۹	۱۵۰	۴۰	۱۷	۴	۸۹	۹۰