چگونه فاضلاب تصفیه می‌شود ؟

فرایند ته‌نشینی (۲)

از سلسله آموزشهای راهبرهای تصفیه‌خانه فاضلاب

قسمت هفتم

ایوب ترکیان*

حوضچه‌های ته‌نشینی ثانویه

حوضچه‌های ته‌نشینی (کلاریفایر) ثانویه معمولا پس از فرایند تصفیه بیولوژیکی مثل لجن فعال و صافی چکنده قرار می‌گیرند.

در بعضی از تصفیه‌خانه‌ها به جای فرایند بیولوژیکی از فرایند شیمیایی استفاده می‌گردد ولی روش بیولوژیکی برای تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری رایجتر است.

۱ـ کلاریفایرهای صافی چکنده

از حوضچه ته‌نشینی ثانویه بعد از صافی چکنده برای ته‌نشینی لایه‌های بیولوژیکی کنده شده از بستر صافی استفاده به عمل می‌آید. این مواد حاصل فعالیت بیولوژیکی در داخل فیلتر بوده و با توجه به بالا بودن BOD آنها در صورت عدم ته‌نشینی، کیفیت پساب کاهش می‌یابد. شرح مفصلی از صافیهای چکنده در آینده آورده خواهد شد.

کلاریفایرهای صافی چکنده می‌توانند دایره‌ای یا مستطیلی بوده و مکانیسم لجنروب آنها مشابه حوضچه‌های ته‌نشینی اولیه می‌باشد. زمان‌ماند این حوضچه‌ها تقریباً مشابه حوضچه‌های اولیه بوده ولی بارگذاری سطحی و میزان بار سرریز آنها به‌علت ماهیت لجنهای ثانویه (دانسیته پایین) کمتر است. ارقام زیر برای کلاریفایرهای ثانویه فیلترهای بیولوژیکی صادق است.

زمان‌ماند	۲ـ۳ ساعت
بارگذاری سطحی	$۳۶-۵۳ m^3/d/m^2$
میزان بار سرریز	طول سرریز $۶۷-۲۰۰ m^3/m$

مقدار جامدات ته‌نشین شده در کلاریفایرهای صافی چکنده به‌علت نوسانات عوامل مختلف متغیر است. به‌طور کلی مقدار لجن تولیدی ۴۰ـ۳۰ درصد بیشتر از ته‌نشینی اولیه بوده و بدین طریق کل لجن پمپ شده به هاضمها به همین مقدار افزایش می‌یابد. این ارقام نشانگر تولید جامدات قابل ته‌نشینی از مواد کلوییدی و کوچکتر موجود در فاضلاب به‌وسیله صافی چکنده است.

*- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف

ماهیت و جلوه ظاهری لجن تولیدی در حوضچه‌های ثانویه معمولاً با لجن حوضچه‌های ته‌نشینی اولیه کاملا متفاوت است. این لجن معمولاً بسیار تیره‌تر است ولی نباید خاکستری یا سیاه باشد. در صورت توقف طولانی در ته‌نشینی ثانویه، لجن سیاه می‌شود. در صورت وقوع این حالت، سرعت یا مدت پمپ کردن لجن بایستی زیاد شده یا دفعات آن افزایش یابد. پمپهای مورد استفاده در انتقال لجن ثانویه مشابه حوضچه اولیه بوده و می‌توانند پیستونی یا سانتریفیوژ باشند.

اندازه ذرات لجن می‌تواند بسیار متفاوت ولی با سرعت ته نشینی مناسب باشد. لجن ممکن است اسفنجی به‌نظر برسد و معمولاً درصورت پمپ شدن با فواصل زمانی منظم ایجاد بو نمی‌کند. دفع لجن جمع‌آوری شده در کلاریفایرهای ثانویه بستگی به طراحی تصفیه‌خانه و ویژگیهای لجن دارد. در بعضی مواقع دفع به همراه لجن اولیه صورت می‌گیرد و در مواقع دیگر می‌تواند مستقیماً به هاضمها انتقال داده شود.

۲ـکلاریفایرهای لجن فعال

حوضچه‌های ته‌نشینی ثانویه لجن فعال برای ته‌نشینی حجم زیادی از لجن طراحی می‌شوند. طراحی این حوضچه‌ها به علت دانسیته پایین لجن ورودی محافظه‌کارانه‌تر است. دامنه نرخ بارگذاری این حوضچه‌ها که در سیستم لجن فعال پس از استخرهوادهی قرار می‌گیرند به‌صورت زیراست:

زمان‌ماند	۳ـ۲ ساعت
بارگذاری سطحی	۱۳-۵۳ $m^3/d.m^2$
بار سرریز	طول سرریز m^3/m ۶۷-۲۰۰
بارگذاری جامدات	۱۳۳-۱۶۷ $kg/d.m^2$

اکثر حوضچه‌های ته‌نشینی ثانویه مورد استفاده در سیستم لجن فعال مجهز به مکانیسمهای جمع‌آوری سریع لجن هستند، زیرا برگشت دادن سریع لجن به استخر هوادهی از اهمیت خاصی برخوردار است. حجم لجن این حوضچه‌ها در مقایسه با صافی چکنده بیشتر است.

مکانیسم برداشت لجن در این سیستم با سیستمهای حوضچه اولیه متفاوت است. در این سیستم لجن به‌طور پیوسته توسط سیستمهای هیدرواستاتیک به‌وسیله پمپهای باظرفیت زیاد به استخر هوادهی پمپ می‌شود. این پمپها معمولاً از نوع سانتریفیوژ با دور متغیر هستند. در شکل ۱ دو مکانیسم جمع‌آوری لجن نشان داده شده است.

شکل ۱ ـ مکانیسم برداشت لجن حوضچه ته‌نشینی ثانویه

دبی لوله‌ای را که توسط آن لجن برداشت می‌شود می‌توان برای کنترل فرایند لجن فعال تنظیم کرد. علت تعبیه وسیله تنظیم دبی این است که تفاوت دانسیته لجن باعث ایجاد الگوی ته‌نشینی متفاوت در حوضچه می‌شود. برای مثال لجن فعال با SVI برابر ۱۰۰، الگوی بستر لجن زنگوله‌ای ایجاد می‌کند. در این حالت اکثر جامدات نزدیک محل ورودی حوضچه ته‌نشین شده و به این طریق اکثر لجن بایستی از مرکزیا ربع درونی سطح کف حوضچه برداشت شود (شکل ۲).

اگر SVIلجن فعال به حد ۵۰۰ افزایش پیداکند، منحنی ته‌نشینی جامدات شکل کاسه‌ای به خود می‌گیرد (شکل ۲). در این حالت لجن در قسمت بیرونی کلاریفایر تجمع کرده و به میزان برگشت لجن بیشتری نیاز است. صرفنظر از الگوی ته‌نشینی، راهبر باید دبی لجن برگشتی را طوری تنظیم کند که لجن از هر محلی از حوضچه که ته‌نشین می‌شود برداشت شود. این امر را می‌توان با کاهش دبی برداشت لجن از نقاطی که ته‌نشینی زیادی صورت نمی‌گیرد و افزایش دبی در نقاط با ته‌نشینی زیاد انجام داد.

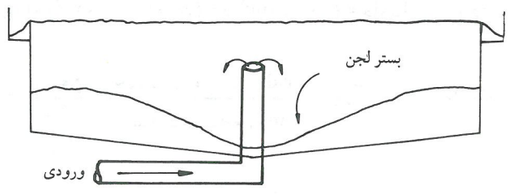
در شرایط عادی، دبی لجن برگشتی ۵۰ـ۱۰ درصد دبی فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه می‌باشد. در مواقعی که کار کرد فرایند لجن فعال در حالت عادی نیست ممکن است میزان لجن برگشتی در جهت حفظ جامدات لجن فعال کافی در داخل سیستم تنظیم شود. در این شرایط بایستی مراقب بود که دبی لجن برگشتی بیش از حد زیاد نشود. در حالت بالا بودن دبی لجن برگشتی، تلاطم حاصله در حوضچه ته‌نشینی می‌تواند به بستر لجن سرایت کرده و آرامش مورد نیاز از بین برود که باعث تنزل کیفیت پساب خروجی خواهد شد.

دفع لجن زائد از سیستم نیاز به فرایند جداسازی مایع ـ جامد مناسبی غیر از حوضچه ته‌نشینی اولیه دارد. در بسیاری از تصفیه‌خانه‌ها، لجن زائد در واحد تغلیظ یا شناور سازی جداگانه‌ای پردازش می‌شود تا غلظت جامدات لجن قبل از انتقال به هاضمها یا واحدهای آبگیری به ۴/۵ـ۳ درصد برسد. لجن زائد پمپ شده به حوضچه ته‌نشینی اولیه در تصفیه‌خانه‌های بزرگ معمولاً باعث ایجاد مشکل تجمع جامدات می‌شود. این تجمع شامل ایجاد چرخه افزایش میزان لجن زائد پمپ شده به حوضچه اولیه که تولید لجن خام بیشتر را نتیجه می‌دهد می‌شود. وقتی که حجم اضافه‌تری از لجن خام به هاضمها انتقال می‌یابد،جامدات بیشتری همراه با لایه آبکی از هاضمها به قسمت اول تصفیه‌خانه برگشت داده می‌شود. این جامدات حجم بیشتری از لجن فعال تولید کرده و این چرخه تکرار می‌شود. این تجمع جامدات در نهایت باعث تنزل کیفیت پساب می‌گردد.

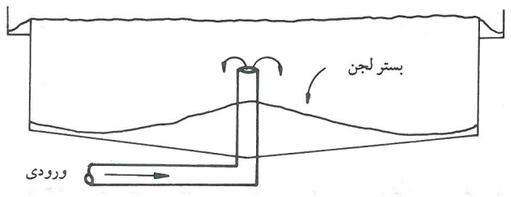
در بین انواع مختلف کلاریفایرهایی که راهبر تصفیه‌خانه باید تنظیم نماید کلاریفایر ثانویه لجن فعال حساستر بوده و به توجه بیشتری نیاز دارد. برای تسهیل راهبری کلاریفایر تعیین پارامترهای زیر توصیه می‌گردد :

(۱) سطح بستر لجن در کلاریفایر

(۲) غلظت جامدات معلق در پساب کلاریفایر



لجن فعال ته‌نشین شده در کناره بیرونی کلاریفایر (الگوی کاسه‌ای)



لجن فعال ته‌نشین شده در نزدیک مرکز کلاریفایر (الگوی زنگوله‌ای)

شکل ۲ : لجن فعال ته‌نشین شده در الگوی کاسه‌ای و الگوی زنگوله‌ای

(۳) کنترل و تنظیم دبی لجن برگشتی
(۴) میزان کدورت در پساب کلاریفایر
(۵) غلظت اکسیژن در پساب کلاریفایر
(۶) pH کلاریفایر

آنالیزهای آزمایشگاهی برای تعیین موارد فوق و ارزیابی صحت دستگاهها ضرورت دارد. آزمایشهای دیگری که باید برروی نمونه پساب خروجی انجام گیرد شامل اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) و اندازه‌گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی (NH_3-N) می‌باشد.

سؤالات

۱ـ کلاریفایر دایره‌ای با قطر ۲۴ متر و عمق ۳ متر مقدار $16000 m^3/d$ فاضلاب با غلظت جامدات $190 mg/L$ را تصفیه می‌کند. موارد زیر را محاسبه نمایید.

الف ـ زمان‌ماند برحسب ساعت ب ـ میزان جریان سرریز، $m^3/d.m$ ج ـ بارگذاری سطحی، $m^3/d.m^2$

۲ـ کلاریفایر دایره‌ای با قطر ۲۴ متر و عمق ۳ متر جریانی با دبی $16000 m^3/d$ فاضلاب ورودی بعلاوه $4800 m^3/d$ لجن برگشتی را تصفیه می‌کند. غلظت جامدات ورودی به حوضچه $2700 mg/L$ می‌باشد. بارگذاری جامدات را برحسب $kg/d.m^2$ محاسبه نمایید.

۳ـ علت نیاز به حوضچه‌های ته‌نشینی ثانویه در تصفیه‌خانه فاضلاب چیست؟

۴ـ لجن ته‌نشین شده در کلاریفایر ثانویه به کجا منتقل می‌شود؟

جوابها

۱ـ

$$\text{حجم حوضچه، } m^3 = \frac{\pi}{4} \times (\text{قطر، m})^2 \times (\text{عمق، m}) = (0/785)(24m)^2 \times 3m = 1356 m^3$$

الف ـ زمان‌ماند

$$\text{زمان ماند، ساعت} = \frac{\text{تعداد ساعات در یک روز} \times \text{حجم حوضچه}}{\text{دبی، } m^3/d} = \frac{1356 m^3 \times 24 h/d}{16000 m^3/d} = 2h$$

ب ـ میزان بار سرریز

$$\frac{\text{دبی، } m^3/d}{\text{طول سرریز، m}} = \frac{16000 m^3/d}{3/14 \times 24m} = 212 m^3/d.m$$

ج ـ بارگذاری سطحی

$$\text{مساحت سطح، } m^2 = \frac{\pi}{4} \times (\text{قطر، m})^2 = (0/785)(24m)^2 = 452 m^2$$

$$\text{بارگذاری سطحی، } m^3/d.m^2 = \frac{\text{دبی، } m^3/d}{\text{مساحت سطح، } m^2} = \frac{16000 m^3/d}{452 m^2} = 35 m^3/d.m^2$$

توجه : غلظت جامدات $190 mg/L$ برای حل این مسئله مورد نیاز نبود. سعی کنید از اطلاعات مرتبط استفاده نموده و اطلاعات غیر مفید را فراموش کنید.

۲ـ

$$\text{جامدات ورودی} = (16000 m^3/d + 4800 m^3/d) \times 2700 mg/L \times 10^{-3} = 56160 kg/d$$

$$\text{بارگذاری جامدات} = \frac{\text{جامدات ورودی، kg/d}}{\text{مساحت سطح، } m^2} = \frac{56160}{452} = 124 kg/d.m^2$$

توجه : مساحت سطح در سؤال شماره ۱ محاسبه شده بود.

۳ـ در کلاریفایرهای ثانویه جامدات تولیدی در فرایندهای بیولوژیکی حذف می‌شوند.

۴ـ لجن ته‌نشین شده در کلاریفایرهای ثانویه را می‌توان به حوضچه ته‌نشینی اولیه منتقل کرد تا همراه با جامدات دیگر ته‌نشین شود، می‌توان آن را به استخر هوادهی فرستاد تا مجدداً در سیستم جریان پیدا کند و یا می‌توان مستقیماً آن را به واحدهای پردازش لجن پمپ کرد.