

ارزیابی روش های طراحی حوض های ته نشینی سیستم های لجن فعال

امیر تائبی هرندی
استادیار

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

دو روش متداول طراحی حوض های ته نشینی ثانویه سیستم های لجن فعال در تصفیه فاضلاب، روش «سرعت ته نشینی اولیه» (ISV) و روش «فلو جامدات حدی» (LSF)، مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفتند. با استفاده از مدل های ریاضی ارائه شده توسط دیگر محققان در مورد خواص ته نشینی لجن فعال، معادلات ریاضی محاسبه بار هیدرولیکی سطحی، به عنوان مهمترین پارامتر طراحی، برای هر تکنیک توسعه داده شد. ارتباط ریاضی بین دو روش بسط یافت و اثر نسبت لجن برگشتی روی نتایج حاصل از آنها بررسی شد. از این مطالعه نتیجه گرفته شد که تنها سطح پیش بینی شده توسط روش ISV با حداقل سطح پیش بینی شده توسط روش LSF برابر است. پارامتر جدید «ضریب اطمینان» جهت اعمال در روش ISV برای رسیدن به جواب یکسان با روش LSF مطرح و فرمولی جهت محاسبه آن ارائه شد. روش ISV که ضریب اطمینان در آن اعمال شود «روش اصلاح شده ISV» نامیده شد و کاربرد آن در طراحی و بهره برداری حوض های ته نشینی ثانویه سیستم های لجن فعال ارزیابی گردید و با ذکر مثالی مراحل طراحی به نمایش گذارده شد.

Evaluation of the Design Techniques of the Activated Sludge System Clarifiers

Amir Taebi - Harandy

Assistant Professor, Civil Engineering
Department, Isfahan University of Technology

Abstract

Two design techniques of the activated sludge secondary clarifiers, the "initial settling velocity" (ISV) technique and the "limiting solids flux" (LSF) technique have been investigated and a comparison made. The mathematical models for activated sludge settling characteristics developed by the other researchers were used to derive mathematical equations to calculate the over-

flow rate as a major design parameter. A mathematical relationship between the two approaches was developed and the effect of sludge return ratio on the results was also studied. It has been observed that the single clarifier area predicted by the ISV technique, is identical to the minimum area predicted by the LSF technique. A "safety factor" concept was established and used to modify the ISV technique. A formula was derived to calculate the minimum required safety factor. The application of the modified ISV technique in the design and operation of the activated sludge secondary clarifiers was evaluated and with an example the procedure of the design was demonstrated.

۱- مقدمه

حوض ته نشینی ثانویه لجن فعال از واحدهای مهم تصفیه خانه فاضلاب است، زیرا کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه، بستگی مستقیم به عملکرد آن دارد و چنانچه نتواند بخوبی به وظایف خود عمل کند، در واقع کل سیستم تصفیه بدون بازدهی خواهد شد. این حوض دو منظور را بایستی برآورده نماید، یکی عمل «زلزال سازی»^۱ لجن پساب تصفیه خانه» و دیگری عمل «تغلیظ سازی»^۲ لجن فعال برگشتی». لازمه طراحی صحیح این حوض آن است که سطح آن با توجه به دو هدف فوق الذکر به طور جداگانه محاسبه شود و سطح بزرگتر به عنوان کنترل کننده، مبنای طراحی قرار گیرد.

سطح لازم برای یک حوض ته نشینی جهت عمل زلال سازی با توجه به مفهوم «بار هیدرولیکی سطحی»^۳ طراحی می گردد، به گونه ای که بار سطحی حوض بیش از سرعت ته نشینی کوچکترین ذرات مورد نظر برای حذف نگردد [۱ تا ۳]. در مورد حوض ته نشینی لجن فعال، سطح لازم برای زلال سازی به گونه ای طراحی می شود که بار هیدرولیکی سطحی از «سرعت ته نشینی اولیه»^۴ (ISV) لجن فعال بیشتر نشود [۴ و ۵]. سرعت ته نشینی اولیه لجن فعال بستگی به غلظت «جامدات معلق مایع مخلوط»^۵ (MLSS) دارد و مقدارش از «آزمایش ته نشینی ستونی»^۶ به دست می آید. در آزمایش ته نشینی ستونی، موقعیت سطح مشترک لجن و مایع زلال ستونی که از مایع لجن فعال پر شده بر حسب زمان ثبت می شود و سپس نمودار ارتفاع سطح مشترک در مقابل زمان رسم می گردد. از شیب اولیه منحنی رسم شده، مقدار ISV به دست می آید [۵ تا ۷]. این گونه طراحی حوض های ته نشینی لجن فعال به طراحی با «روش سرعت ته نشینی اولیه» (روش ISV) موسوم است.

سطح لازم برای یک حوض ته نشینی جهت عمل زلال سازی با توجه به مفهوم «بار هیدرولیکی سطحی»^۳ طراحی می گردد، به گونه ای که بار سطحی حوض بیش از سرعت ته نشینی کوچکترین ذرات مورد نظر برای حذف نگردد [۱ تا ۳]. در مورد حوض ته نشینی لجن فعال، سطح لازم برای زلال سازی به گونه ای طراحی می شود که بار هیدرولیکی سطحی از «سرعت ته نشینی اولیه»^۴ (ISV) لجن فعال بیشتر نشود [۴ و ۵]. سرعت ته نشینی اولیه لجن فعال بستگی به غلظت «جامدات معلق مایع مخلوط»^۵ (MLSS) دارد و مقدارش از «آزمایش ته نشینی ستونی»^۶ به دست می آید. در آزمایش ته نشینی ستونی، موقعیت سطح مشترک لجن و مایع زلال ستونی که از مایع لجن فعال پر شده بر حسب زمان ثبت می شود و سپس نمودار ارتفاع سطح مشترک در مقابل زمان رسم می گردد. از شیب اولیه منحنی رسم شده، مقدار ISV به دست می آید [۵ تا ۷]. این گونه طراحی حوض های ته نشینی لجن فعال به طراحی با «روش سرعت ته نشینی اولیه» (روش ISV) موسوم است. سطح لازم برای تغلیظ سازی معمولاً به کمک «تحلیل فلو جامدات»^۷ که بر پایه تحلیل جریان جرمی جامدات در

روش ISV به دلیل سهولت و تسریع در جواب، مورد استفاده زیاد مهندسان طراح قرار می گیرد، اما دک [۱۳] دریافت که کاربرد روش ISV در طراحی حوض های ته نشینی لجن فعال ممکن است منجر به طراحی ضعیف و عملکرد نادرست آنها گردد. هدف این مطالعه، اولاً: بررسی و تفحص در زمینه نقاط مشترک و اختلاف روش های ISV و LSF در طراحی حوض های ته نشینی لجن فعال و ثانیاً: اصلاح روش ISV جهت رسیدن به جواب مشترک با روش LSF می باشد.

۲- معادلات حاکم بر روش های ISV و LSF [۸ تا ۱۵]

در یک حوض ته نشینی با جریان پیوسته، «فلو جامدات کل»^{۱۴} (SF_T) از مجموع فلو جامدات مربوط به ته نشینی ثقیلی (SF_H) و فلو جامدات مربوط به تخلیه لجن از قعر حوض ته نشینی (SF_B) تشکیل شده است. بنابراین این می توان نوشت:

$$SF_i = SF_g + SF_u \quad (1)$$

در هر نقطه از حوض ته نشینی لجن فعال، فلو جامدات مربوط به ته نشینی ثقلی به صورت زیر قابل بیان است:

$$SF_g = X_i V_i \quad (2)$$

که در آن X_i غلظت جامدات معلق در نقطه مورد نظر و V_i سرعت ته نشینی ثقلی جامدات (و یا ISV) در آن غلظت است.

فلو جامدات مربوط به تخلیه لجن از قعر حوض ته نشینی را در آن نقطه می توان به صورت زیر نوشت:

$$SF_u = X_i V_u \quad (2)$$

که در آن V_u سرعت تخلیه لجن از قعر حوض است. با قرار دادن معادلات (2) و (3) در معادله (1) می توان نوشت:

$$SF_i = X_i V_i + X_i V_u \quad (4)$$

چنانچه از «دفع لجن اضافی»^{۱۵} سیستم لجن فعال صرف نظر شود، V_u را می توان به صورت معادله زیر نوشت:

$$V_u = \frac{Q_u}{A} = \frac{rQ}{A} \quad (5)$$

که در آن Q_u دبی تخلیه لجن از قعر حوض، A سطح حوض، $r = Q_u/Q$ نسبت لجن برگشتی و Q دبی ورودی سیستم (دبی وارده به حوض ته نشینی منهای دبی لجن برگشتی) است. محققان سعی نموده اند تا رابطه ای بین سرعت ته نشینی اولیه و غلظت مواد معلق لجن بیابند. در این مورد فرمول ارائه شده توسط گی و یانگ [۱۲] چنین است:

$$V_i = a X_i^n \quad (6)$$

که در آن a و n ثوابتی هستند که بستگی به خصوصیات ته نشینی لجن دارند. برای یافتن a و n هر لجن خاص، چندین آزمایش ته نشینی ستونی با غلظت های مختلف X_i انجام می گیرد و V_i مربوط به هر غلظت تعیین می شود.

نتایج آزمایش های ته نشینی ستونی روی دستگاه مختصات $\log(V_i)$ در مقابل $\log(X_i)$ منعکس و مناسب ترین خط به آنها برانزیده می شود. از شیب خط و مختصات تلاقی آن با محور $\log(V_i)$ مقادیر a و n به دست می آیند.

معادله (6) برای لجن فعالی که غلظت جامدات معلق آن کم باشد، معتبر نیست ولی در محدوده غلظت های معمول در تصفیه خانه های فاضلاب مناسب است. میلر و میلر^{۱۶} [۱۶] مقادیر نوعی a^{17} و n را برای لجن فعال با اکسیژن دهی^{۱۸} به ترتیب $5/18 \times 10^{-6}$ و $2/37$ و برای «لجن فعال با هوادهی»^{۱۹} به ترتیب $3/54 \times 10^{-8}$ و $3/04$ پیشنهاد نموده اند. با قرار دادن روابط (5) و (6) در معادله (4)، معادله زیر به دست می آید:

$$SF_i = a X_i^{(1+n)} + \frac{rQ}{A} X_i \quad (7)$$

فلو جامدات حدی (SF_L) و «غلظت حدی MLSS»^{۲۰} مرتبط با آن (X_L) از روابط زیر به دست می آید:

$$\frac{d(SF_i)}{d(X_i)} = 0 \quad \text{و} \quad \frac{d^2(SF_i)}{d(X_i)^2} > 0$$

بنابراین با مشتق گیری از معادله (7) و معادل صفر قرار دادن آن، مقدار غلظت حدی MLSS به دست می آید:

$$X_L = \left[\frac{a(n-1)}{r} \frac{A}{Q} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (8)$$

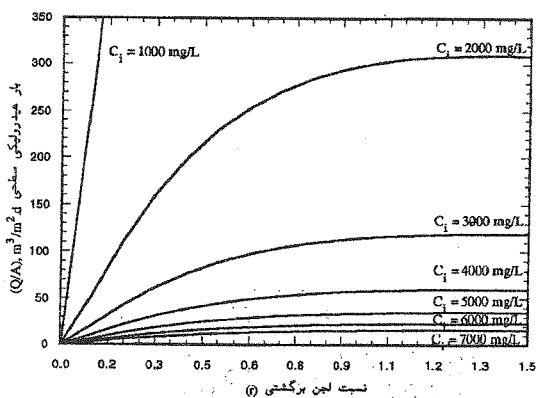
با قرار دادن رابطه (8) در رابطه (7)، مقدار فلو جامدات حدی برابر است با:

$$SF_L = \left[a(n-1) \right]^{\frac{1}{n}} \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(\frac{rQ}{A} \right)^{\frac{n-1}{n}} \quad (9)$$

مهمترین محدودیت کاربرد فرمول (9) در آنست که n بایستی بزرگتر از ۱ باشد. گرچه n برای اکثر MLSS ها بزرگتر از ۱ است، اما لجن هائی نیز وجود دارند که n آنها کوچکتر از ۱ است و معادله (9) در مورد آنها کاربرد ندارد. جهت اثبات آن که X_L در معادله (8) بیان کننده مقدار غلظت حدی MLSS مرتبط با فلو جامدات حدی است که می تواند وارد حوض ته نشینی شود، مشتق دوم رابطه (7) بایستی بازاء X_L مثبت شود.

$$\frac{d^2(SF_i)}{d(X_i)^2} = \frac{an(n-1)}{X_i^{(1+n)}} \quad (10)$$

فعال نوعی با اکسیژن دهی ($n=2/37, a=5/18 \times 10^{-6}$) در محدوده های قابل قبول r و Q/A رسم شده است. محدوده های قابل قبول r و Q/A ، محدوده های عملی و قابل بهره برداری از تصفیه خانه های فاضلاب است [۱۷ تا ۱۹]. ملاحظه می شود که بار سطحی حوض تابعی است از نسبت لجن برگشتی (r) و با افزایش r ، مقدارش افزایش می یابد. لذا در صورت ثابت بودن Q ، سطح حوض با افزایش r کاهش می یابد. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که روش LSF یک جواب پیشنهاد نمی کند، بلکه محدوده ای از سطوح را ارائه می کند که بستگی به r دارند.



شکل (۱) بار هیدرولیکی سطحی در مقابل نسبت لجن برگشتی برای لجن فعال با اکسیژن دهی و خواص نه نشینی نوعی ($n=2/37, a=5/18 \times 10^{-6}$)

چنانچه در رابطه (۶) به جای سرعت ته نشینی اولیه، بار هیدرولیکی سطحی قرار داده شود، معادله زیر جهت محاسبه حداقل سطح حوض ته نشینی با روش ISV به دست می آید.

$$\frac{Q}{A} = a X_i^n \quad (16)$$

معادله (۱۶) برعکس تکنیک LSF، فقط یک جواب می دهد که به r بستگی ندارد و برای یافتن آن فقط نیاز به دانستن ISV می باشد.

این تحقیق نشان داد که معادله (۱۶) (روش ISV) در واقع توصیف کننده حداقل سطح (حداکثر Q/A) است که می توان توسط فرمول (۱۵) (روش LSF) برای هر لجن خاص به دست آورد. به بیان دیگر تنها سطح پیش بینی شده توسط روش ISV، همان حداقل سطحی است که بوسیله روش LSF پیش بینی می شود. بازاء هر مقدار r ،

تا زمانی که $n > 1$ ، مقدار رابطه (۱۰) مثبت است. با به کار بردن «موازنه جرمی^{۲۱}» برای کل سیستم رابطه زیر را می توان برای غلظت لجن برگشتی وقتی که «فلو جامدات ورودی^{۲۲}» (SF_a) به آن برابر فلو جامدات حدی باشد، نوشت. (از غلظت جامدات معلق در پساب خروجی حوض ته نشینی صرف نظر شده است).

$$r Q X_{ii} = A S F_L \quad (11)$$

که در آن X_{ii} غلظت جامدات معلق لجن برگشتی است. با قرار دادن رابطه (۹) در رابطه (۱۱) معادله زیر به دست می آید:

$$X_{ii} = \frac{[a(n-1)]^{\frac{1}{n}} \left(\frac{n}{n-1}\right)}{\left(\frac{rQ}{A}\right)^{\frac{1}{n}}} \quad (12)$$

با نوشتن موازنه جرمی در اطراف حوض ته نشینی، رابطه زیر بین X_{ii} و X_i برقرار است:

$$X_i = X_{ii} \frac{r}{1+r} \quad (13)$$

فلو جامدات ورودی به هر حوض ته نشینی از رابطه زیر به دست می آید. به منظور جلوگیری از تجمع جامدات در حوض، SF_a نپایستی بیشتر از فلو جامدات حدی باشد.

$$S F_a = (1+r) X_i \frac{Q}{A} \quad (14)$$

۳- مقایسه روش های ISV و LSF

همان گونه که ذکر شد چنانچه یک حوض ته نشینی لجن فعال بخواهد به وظیفه اش درست عمل بکند، نپایستی فلو جامدات ورودی به آن بیشتر از فلو جامدات حدی باشد. برای این منظور طرف راست معادله های (۹) و (۱۴) را مساوی هم قرار داده و به صورت تابعی از بار هیدرولیکی سطحی (Q/A) مرتب نموده، رابطه زیر حاصل می شود.

$$\frac{Q}{A} = a n^n (n-1)^{1-n} r^{n-1} (1+r)^{-n} X_i^n \quad (15)$$

معادله (۱۵) را می توان برای هر لجن فعال خاصی رسم نمود. پارامترهای این معادله در شکل (۱) برای لجن

به غیر از آن که متعلق به حداقل سطح است، روش LSF، سطح بزرگتری را نسبت به سطح پیش بینی شده توسط روش ISV پیشنهاد می کند. جهت اثبات مطلب فوق، معادله (۱۵) به فرم زیر مرتب می گردد:

$$\frac{Q}{A} = B_1 (1+r)^{-n} r^{n-1} \quad (17)$$

که در آن $B_1 = a n^n (n-1)^{1-n} X_i^n$ است. بازاء کلیه مقادیر B_1 ، X_i ثابت و بزرگتر از صفر است. برای یافتن حداکثر مقدار Q/A نسبت به r ، دو شرط زیر بایستی برقرار گردند:

$$\frac{d(Q/A)}{dr} = 0 \quad \text{و} \quad \frac{d^2(Q/A)}{dr^2} < 0$$

مشق معادله (۱۷) به صورت زیر است:

$$\frac{d(Q/A)}{dr} = B_1 [(n-1) r^{n-2} (1+r)^{-n} - n r^{n-1} (1+r)^{-n-1}] \quad (18)$$

با صفر قرار دادن در سمت چپ رابطه (۱۸)، معادله زیر حاصل می شود:

$$r = n - 1 \quad (19)$$

مشق دوم معادله (۱۷)، معادله زیر است:

$$\frac{d^2(Q/A)}{dr^2} = B_1 B_2 (2r^2 + 4r - 4nr + n^2 - 3n + 2) \quad (20)$$

که در آن $B_2 = r^{-n-3} (1+r)^{-n-2}$ و همواره بزرگتر از صفر است. با قرار دادن معادله (۱۹) در معادله (۲۰)، رابطه زیر به دست می آید:

$$\frac{d^2(Q/A)}{dr^2} = B_1 B_2 n (1-n) \quad (21)$$

همان گونه که قبلاً ذکر شد، شرط استفاده از فرمول (۶) در روش LSF آن است که $n > 1$ باشد. لذا طرف راست معادله (۲۱) همواره منفی است. بنابراین، Q/A در فرمول (۱۵)، بازاء $r = n - 1$ حداکثر خواهد بود. به بیان دیگر، حداقل سطح حوض ته نشینی وقتی است که $r = n - 1$ باشد. با جایگزین نمودن $r = n - 1$ در معادله (۱۵) نتیجه می شود که:

$$\frac{Q}{A} = a n^n (n-1)^{1-n} n^n (n-1)^{n-1} X_i^n = a X_i^n$$

که کاملاً مشابه معادله (۱۶) (روش ISV) است.

۴-اصلاح روش ISV

طراحی با روش ISV، سطح لازم برای هر حوض ته نشینی لجن فعال و هر لجن خاص را سریعاً معلوم می سازد. اما همان گونه که مشاهده شد، جواب برای حالتی معتبر است که نسبت لجن برگشتی (r) برابر با $n-1$ باشد. این محدودیت در استفاده از روش ISV می توان با اعمال یک «ضریب اطمینان»^{۲۲} مناسب برطرف نمود. حداقل ضریب اطمینانی که بایستی در فرمول طراحی با روش ISV (معادله ۱۶) اعمال نمود تا جوابی همانند جواب روش LSF (معادله ۱۵) بدهد، را می توان از فرمول زیر به دست آورد:

$$SF_m = \frac{A}{A_{min}} \quad (22)$$

که در آن SF_m حداقل ضریب اطمینان لازم برای اعمال در روش ISV، A سطح حوض پیش بینی شده با روش LSF وقتی $r = n - 1$ ، و A_{min} سطح حوض وقتی که $r = n - 1$ است. با تجدید آرایش فرمول (۱۵) رابطه زیر نتیجه می شود:

$$(23)$$

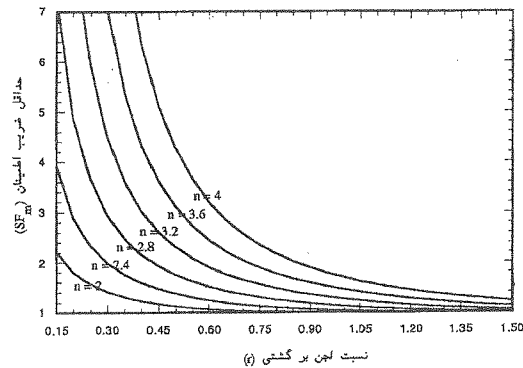
$A = Q a^{-1} (n-1)^{-(1+n)} n^{-n} r^{(1-n)} (1+r)^n X_i^n$
حداقل سطح حوض ته نشینی (A_{min})، با قرار دادن $r = n - 1$ در فرمول (۲۳) به دست می آید.

$$(24)$$

$A_{min} = Q a^{-1} X_i^n$
با قرار دادن معادلات (۲۳) و (۲۴) در معادله (۲۲)، معادله زیر حاصل می شود:

$$(25)$$

$SF_m = (n)^{-n} (n-1)^{(n-1)} r^{(1-n)} (1+r)^n$
از ملاحظه فرمول (۲۵) می توان استنتاج نمود که SF_m فقط تابعی از n و r است. جهت ممانعت از محاسبات خسته کننده تکراری، پارامترهای موجود در فرمول (۲۵) در محدوده های بهره برداری از تصفیه خانه های فاضلاب روی شکل (۲) رسم شده است. در این مطالعه، روش ISV که در آن ضریب اطمینان اعمال شود، «روش اصلاح شده ISV» نامیده می شود.



شکل (۲) نسبت لجن برگشتی در مقابل ضریب اطمینان
بازاء مقادیر مختلف n

۶- به دست آوردن نسبت لجن برگشتی (r) از روی شکل (۲) با توجه به n به دست آمده در مرحله ۱ و ضریب اطمینان انتخاب شده در مرحله ۲.

۷- محاسبه غلظت لجن برگشتی (X_u) با بکار بردن فرمول ۱۳
۸- اگر Q/A طرح محاسبه شده در مرحله ۵ و یا r به دست آمده در مرحله ۶ و یا X_u محاسبه شده در مرحله ۷ قابل قبول نبودند، مراحل فوق الذکر با انتخاب ضریب اطمینان یا X_u جدید تکرار می شود تا نتیجه مطلوب حاصل گردد.

گزینه های دیگر می تواند شامل انتخاب پارامترهای r , Q/A , A (یا X_u) و یا پارامترهای Q , X_u و r و سپس محاسبه دیگر پارامترها باشند.

۵- کاربرد روش اصلاح شده ISV

همانگونه که ذکر شد، روش ISV به دلیل سهولت و سرعت در استفاده مورد توجه بیشتر مهندسان طراح می باشد. در ذیل کاربرد روش اصلاح شده ISV در طراحی حوضهای ته نشینی سیستم های لجن فعال و در بهره برداری از تصفیه خانه های فاضلاب بیان می گردد.

کاربرد در طراحی: با ذکر مثالی کاربرد روش اصلاح شده ISV در طراحی حوض های ته نشینی سیستم های لجن فعال نشان داده می شود. در این مثال، ابتدا روش ISV به کار می رود و سپس از نتایج این تحقیق برای اصلاح طرح استفاده می شود. طراحی با انتخاب اولیه بعضی از پارامترها شروع و با محاسبه دیگر پارامترها ادامه می یابد. به عنوان مثال، وقتی که اطمینان (SF_m) از پیش انتخاب شوند، طراحی را می توان طی مراحل زیر انجام داد.

- ۱- انجام آزمایش های ته نشینی ستونی و رسم V_i در مقابل C_i و نهایتاً تعیین a و n از روی خط رسم شده
- ۲- انتخاب غلظت MLSS طرح (X_d)، دبی تصفیه خانه (Q) و ضریب اطمینان (SF).
- ۳- محاسبه سطح حوض ته نشینی با استفاده از روش ISV (فرمول ۱۶) و غلظت MLSS طرح (X_d) انتخاب شده در مرحله ۲ و a و n به دست آمده در مرحله ۱.
- ۴- اصلاح سطح محاسبه شده با به کار بردن فرمول ۲۲ و سطح محاسبه شده در مرحله ۳ و ضریب اطمینان انتخاب شده در مرحله ۲.
- ۵- محاسبه بار هیدرولیکی سطحی (Q/A) با استفاده از سطح محاسبه شده در مرحله ۴ و Q انتخاب شده در مرحله ۲.

مثال طراحی: با استفاده از روش ذکر شده، برای تصفیه خانه ای با دبی ۴۰۰۰۰ متر مکعب در روز جهت سرویس دهی به شهری با جمعیت ۲۰۰۰۰۰ نفر و با حداکثر مصرف سرانه ۲۰۰ لیتر در روز، حوض ته نشینی ثانویه طراحی می گردد. فرض آن است که تصفیه خانه حاوی لجن فعال نوعی با اکسیژن دهی و با $a=5/18 \times 10^{-6}$ و $n=2/37$ است. طراحی در محدوده غلظت های MLSS بین ۲۰۰۰ تا ۷۰۰۰ میلیگرم در لیتر انجام می گیرد. جهت مقایسه، سطح حوض با استفاده از روش اصلاح شده ISV و روش LSF جداگانه محاسبه می شود. جدول (۱) خلاصه محاسبات را نشان می دهد. اختلاف جزئی بین دو سطح محاسبه شده مربوط به خطای ناشی از گرد کردن^{۲۴} است.

کاربرد در بهره برداری از تصفیه خانه فاضلاب: این تحقیق نشان داد که با دانستن فقط سرعت ته نشینی اولیه هر غلظتی از MLSS و با استفاده از روش ISV بازاء هر دبی خاص، می توان حداقل سطح لازم برای حوض ته نشینی ثانویه را طراحی نمود. در مورد تصفیه خانه های احداث شده که سطح حوض ته نشینی ثانویه آنها مشخص است، می توان حداکثر دبی که می تواند وارد حوض شود تا فلو جامدات ورودی بیشتر از فلو جامدات حدی نشود را به دست آورد. بهره بردار^{۲۵} از تصفیه خانه بایستی روزانه به وسیله یک آزمایش ته نشینی ستونی، ISV را یافته و سپس حداکثر ظرفیت هیدرولیکی حوض های ته نشینی را تعیین نماید و اصلاحات هیدرولیکی لازم را جهت جبران هرگونه تغییر احتمالی در خواص ته نشینی لجن فعال به عمل آورد.

سطح حوض به روش اصلاح شده ISV ^۳								
غلظت MLSS ^۱ (mg/L)	ضریب اطمینان ^۱	دبی ^۱ (m ^۳ /d)	سطح حوض به روش ^۲ ISV ^۲ (m ^۲)	سطح حوض به روش ^۳ اصلاح شده ISV ^۳ (m ^۲)	بار هیدرولیکی ^۳ سطحی ^۳ (m ^۳ /m ^۲ d)	نسبت لجن ^۵ برگشتی ^۵	غلظت لجن ^۶ برگشتی ^۶ (mg/L)	سطح حوض به روش LSF ^۷ (m ^۲)
۲۱۰۰۰	۲	۴۰۱۰۰۰	۱۲۹	۲۵۸	۱۵۵/۰	۰/۲۹	۸۱۹۰۰	۲۵۶
۳۱۰۰۰	۲	۴۰۱۰۰۰	۲۳۷	۶۷۴	۵۹/۷	۰/۲۹	۱۳۱۳۰۰	۶۷۰
۴۱۰۰۰	۲	۴۰۱۰۰۰	۶۶۷	۱۱۳۳۵	۳۰/۲	۰/۲۹	۱۷۱۸۰۰	۱۱۳۲۶
۵۱۰۰۰	۲	۴۰۱۰۰۰	۱۱۳۳	۲۱۲۲۶	۱۷/۷	۰/۲۹	۲۲۱۲۰۰	۲۱۲۲۹
۶۱۰۰۰	۲	۴۰۱۰۰۰	۱۱۷۴۴	۳۱۴۹۰	۱۱/۵	۰/۲۹	۲۶۱۷۰۰	۳۱۴۶۷
۷۱۰۰۰	۲	۴۰۱۰۰۰	۲۱۵۱۴	۵۱۰۲۸	۸/۰	۲۹	۳۱۱۰۰	۴۱۹۹۴

۱- از پیش انتخاب شده

۱- از پیش انتخاب شده

۲- با استفاده از فرمول ۱۶

۲- با استفاده از فرمول ۱۶

۳- با استفاده از فرمول ۱۵

۳- با استفاده از فرمول ۲۲

۴- از تقسیم دبی به سطح حوض محاسبه شده با روش اصلاح شده ISV

۶- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از:

۱- برای هر لجن خاص و بازاء هر دبی خاص، روش LSF، سطوحی را برای حوض ته نشینی ثانویه پیش بینی می کند که آن سطوح به نسبت لجن برگشتی (r) بستگی دارند. حداقل سطح پیش بینی شده وقتی است که $r = n-1$ باشد.

۱- برای هر لجن خاص و بازاء هر دبی خاص، روش LSF، سطوحی را برای حوض ته نشینی ثانویه پیش بینی می کند که آن سطوح به نسبت لجن برگشتی (r) بستگی دارند. حداقل سطح پیش بینی شده وقتی است که $r = n-1$ باشد.

۲- روش اصلاح شده ISV، که در این تحقیق توسعه یافت، ابزار مفیدی خواهد بود در دست بهره بردار تصفیه خانه تا بتواند در هر لحظه و تنها با یک آزمایش ته نشینی ستونی (تعیین ISV)، حداکثر بار هیدرولیکی حوض های ته نشینی را تعیین کند و از انباشته شدن جامدات معلق در حوض ها جلوگیری به عمل آورد.

۲- برای هر لجن خاص و بازاء هر دبی خاص، تنها سطح پیش بینی شده توسط روش ISV منحصر به فرد بوده و برابر با حداقل سطح پیش بینی شده توسط روش LSF است.

۳- «ضریب اطمینان» تعریف شده در این تحقیق جهت اعمال در روش ISV برای رسیدن به جواب مشترک با روش LSF، تابعی است از r و فرمول محاسبه آن بسط داده شد. منحنی ارائه شده در این مقاله نیز ضریب اطمینان لازم را بدون نیاز به محاسبات پیش بینی می کند.

۴- برای هر لجن فعال خاص و بازاء هر نسبت لجن برگشتی خاص، روش اصلاح شده ISV و روش LSF

پانویس

1. Clarification
2. Thickening
3. Overflow rate
4. Initial settling velocity

5. Mixed liquor suspended solids
6. Column settling test
7. Solids flux analysis
8. Coe and Clevenger
9. Yoshioka et al.
10. Hassett
11. Dick and Young
12. Limiting solids flux
13. Gay and Young
14. Total solids flux
15. Solids waste

16. Miller and Miller
17. Typical
18. Oxygen activated sludge
19. Air activated sludge
20. MLSS limiting concentration
21. Mass balance
22. Applied solids flux
23. Safety factor
24. Round off error
25. Operator

مراجع

- [1] Camp, T.R., "A Study of the Rational Design of Settling Tanks", Sewage Works Journal, Vol. 8, No. 5, pp. 742-758, 1936.
- [2] Camp, T. R., "Sedimentation and the Design of Settling Tanks", Transactions, American Society of Civil Engineers, Paper No. 2285, Vol. 111, pp. 895-936, 1946.
- [3] Hazen, A., "On Sedimentation", Transactions, American Society of Civil Engineers, Paper No. 980, Vol. 53, pp. 45-71, 1904.
- [4] Dick, R. I., "Role of Activated Sludge Final Settling Tanks", Journal of the Sanitary Engineering Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 96, No. SA2, pp. 423-436, 1970.
- [5] Eckenfelder, Jr., W.W., Industrial Water pollution Control, 2nd Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, N. Y., 1989.
- [6] Canale, R. P. and J. A. Borchardt, "Sedimentation", in: W. J. Weber, Jr. (Ed.) Physicochemical Processes for Water Quality Control, Wiley-Interscience, New York, N.Y., pp. 111-138, 1972.
- [7] Eckenfelder, Jr., W. W. and N. Melbinger, "Settling and Compaction Characteristics of Biological Sludges", Sewage and Industrial Wastes, Vol. 29, No. 10, pp. 1114-1122, 1957.
- [8] Coe, H. S. and G. H. Clevenger, "Methods for Determining the Capacities of Slime Settling Tank", transactions, American Institute of Mining Engineers, Vol. 55, pp. 356-384, 1916.
- [9] Yoshioka, N., Y. Hotta, S. Tanaka, S. Naito, and S. Tsugami, "Continuous Thickening of Homogeneous Flocculated Slurries", Chemical Engineering (Tokyo), Vol. 21, pp. 66-74, 1957.
- [10] Hassett, N. J., "Concentrations in a Continuous Thickener", Industrial Chemist, Vol. 40, pp. 29-33, 1964.
- [11] Dick, R. I. and K. W. Young, "Analysis of Thickening Performance of Final Settling Tanks", Proceedings of the 27th Industrial Waste Conference, Purdue University, West Lafayette, Ind., pp. 32-54, 1972.
- [12] Gay, D. W. and K. W. Young, "Solid-Liquid Separation and Clarifier Design", in: J. R. McWhirter (Ed.) The Use of High-Purity Oxygen in the Activated Sludge Process, Volume 1, CRC Press, Inc., pp. 195-225, 1978.
- [13] Dick, R. I., "Folklore in the Design of Final Settling Tanks", Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 48, No. 4, pp. 633-644, 1976.
- [14] Dick, R. I., "Thickening", in: E.F. Gloyna and W. W. Eckenfelder, Jr. (Eds.) Water Quality Im-

provement by Physical and Chemical Processes, University of Texas Press, Austin, Texas, pp. 358-369, 1970.

[15] Vesilind, P. A., Treatment and Disposal of Wastewater Sludge, 2nd Edition, Ann Arbor Science Publishers, Inc., Ann Arbor, Michigan, 1974.

[16] Miller, M. A. and G. Q. Miller, "Activated Sludge Settling in High Purity Oxygen Systems-A Full Scale Operating data Correlation", Proceedings of the 51st Annual conference of water Pollution Control federation (WPCF), Anaheim, CA, 1978.

[17] Great Lakes-Upper Mississippi River Board of State Sanitary Engineers, Recommended Standards for Sewage Works, Health Education Service, Inc., Albany, N. Y, 1978.

[18] Metcalf & Eddy, Inc., Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse, 3rd Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, N.Y, 1991.

[19] Hsu M. and T. Wilson, "Activated Sludge Treatment of Municipal Wastewater-U.S.A. Practice", in: W. W. Eckenfelder and P. Grau (Eds.) Activated Sludge Process design and Control: Theory and Practice, Volume 1, pp. 37-68, 1992.