اصول راهبری تصفیه‌خانه‌های آب

« سلسله مقالات آموزشی»

(مقاصد برنامه‌های مدیریت مخازن آب)

قسمت هفدهم

ترجمه : مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب

جانمایی حوض ته‌نشینی

برای این که امکان تعمیرات، نظافت و بازرسی حوض بدون از کار انداختن آن فراهم گردد، در تصفیه‌خانه‌های آب نیاز به در نظر گرفتن حداقل دو تانک ته‌نشینی می‌باشد. یک جانمایی حوض مستطیلی در شکل ۱، نشان داده شده است. توجه کنید که مکانی در مجرای آب ته‌نشین شده ایجاد شده است که اجازه تزریق مواد شیمیایی کمکی برای فیلتر، کلر و دیگر مواد شیمیایی قبل از فیلتراسیون را به آب می‌دهد.

زمان ماند

دو تعریف برای زمان ماند وجود دارد. زمان ماند به مفهوم زمان واقعی مورد نیاز برای عبور میزان کمی آب از یک حوض ته‌نشینی در یک نرخ معینی از جریان می‌باشد. هم‌چنین زمان ماند می‌تواند به زمان تئوریکی (محاسبه شده) مورد نیاز برای عبور میزان کمی از آب از یک حوض در یک نرخ معین جریان اطلاق گردد. زمان ماند می‌تواند به وسیله تقسیم حجم حوض بر جریان ورودی به حوض محاسبه شود.

زمان واقعی عبور، برای مقادیر کم جریان در یک حوض ممکن است به طور قابل توجهی با زمان ماند محاسبه شده تفاوت داشته باشد که علت آن اتصال کوتاه، حجم قابل تعویض موثر (بخشی از حوض که جریان آب از آن عبور می‌کند) و دیگر ملاحظات هیدرولیکی از قبیل طراحی ورودی و خروجی می‌باشد.

اگر یک ماده رنگی در بخش ورودی به حوض ته‌نشینی تزریق شود، هنگام ترک حوض می‌توان مطابق شکل ۲، نمودارهایی رسم نمود. منحنی پهن‌تر نشان دهنده بروز اتصال کوتاه بزرگتر می‌باشد.

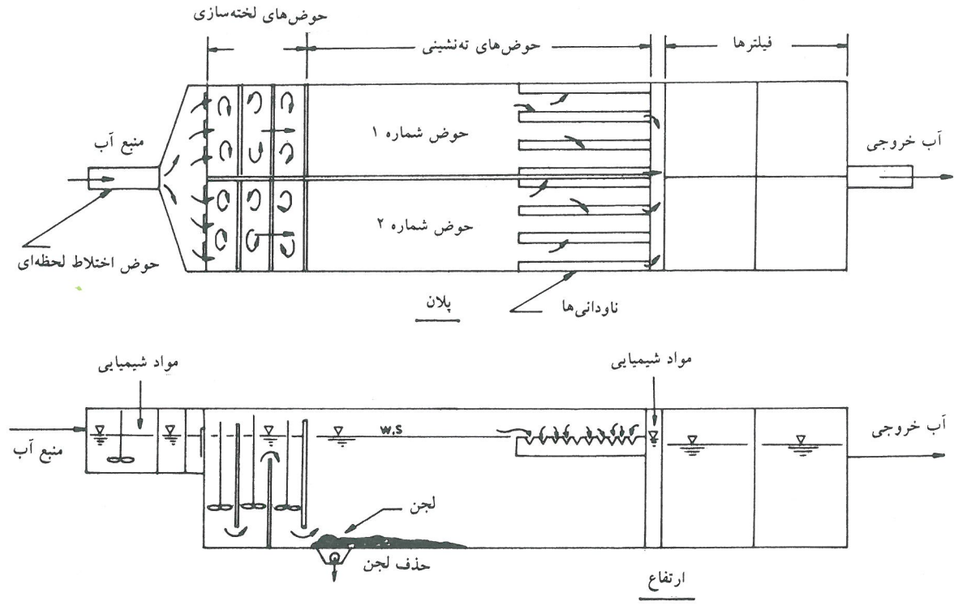
فرمول‌ها

برای محاسبه زمان ماند حوض ته‌نشینی، حجم حوض و میزان جریان بایستی معلوم باشد. حجم حوض می‌تواند از ابعاد حوض محاسبه شود. ابعاد حوض را می‌توان از نقشه‌های ترسیم شده به دست آورد. این نقشه‌ها شامل طول، عرض و عمق حوض‌های ته‌نشینی مستطیلی و در مورد حوض‌های دایره‌ای شامل قطر و عمق هستند. میزان جریان می‌تواند توسط یک جریان سنج یا ثبات جریان به دست آید. برای محاسبه زمان ماند میزان جریان را بر حجم تانک تقسیم کنید.

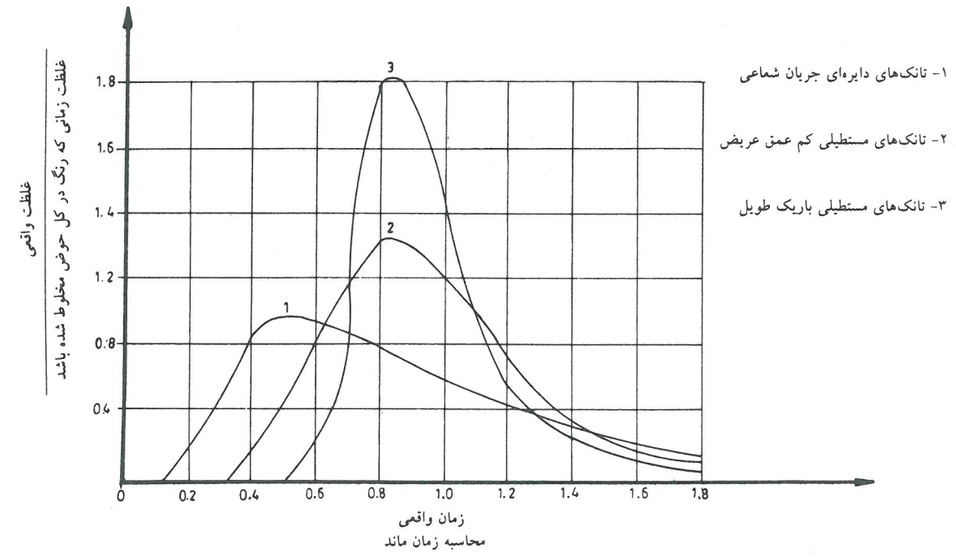
الف) حوض‌های مستطیلی

= حجم حوض بر حسب گالن

(فوت‌مکعب/گالن ۷/۴۸) (ft ، عمق) (ft ، عرض) (ft ، طول)



شکل ۱- حوض ته‌نشینی مستطیلی.



شکل ۲- زمان‌های عبور جریان برای انواع مختلف حوض‌های ته‌نشینی.

ب) حوض‌های دایره‌ای

= حجم حوض بر حسب گالن
(فوت‌مکعب/گالن ۷/۴۸) (ft، عمق) ^{۲}(ft، قطر)(۰/۷۸۵)
برای محاسبه زمان ماند هیدرولیکی :
= زمان ماند بر حسب ساعت

$$\frac{\text{(روز/ ساعت ۲۴) (حجم حوض بر حسب گالن)}}{\text{(روز / گالن) میزان جریان}}$$

در صورتی که اندازه حوض و زمان ماند طراحی برای حوض ته‌نشینی معلوم باشند، میزان جریان حداکثر را می‌توان برای حوض از طریق تغییر آرایش فرمول زمان ماند به دست آورد.

= جریان برحسب گالن در روز

$$\frac{\text{(روز/ ساعت ۲۴) (حجم حوض بر حسب گالن)}}{\text{زمان ماند برحسب ساعت}}$$

مثال ۱

یک تصفیه‌خانه آب، میزان ۱/۵ میلیون گالن آب را در هر روز تصفیه می‌کند. طی یک بازرسی و بررسی بر روی نقشه‌های طراحی تصفیه‌خانه، مشخص می‌گردد که حوض ته‌نشینی مستطیلی دارای ۷۵ فوت طول، ۲۵ فوت عرض و عمق موثر (آب) ۱۲ فوت می‌باشد. زمان ماند تئوریکی و حجم حوض ته‌نشینی مستطیلی را حساب کنید.

= حجم حوض، گالن
(فوت‌مکعب/گالن ۷/۴۷) (۱۲ ft) (۲۵ ft) (۷۵ ft) =
گالن ۱۶۸۳۰۰ =

= زمان ماند بر حسب ساعت

$$\text{ساعت ۲/۷} = \frac{\text{(روز/ساعت ۲۴) (گالن ۱۶۸۳۰۰)}}{\text{روز/گالن ۱۵۰۰۰۰۰}}$$

مثال ۲

در صورتی که زمان ماند تئوریکی در حوض ته‌نشینی مثال ۱ برابر ۲ ساعت باشد، حداکثر جریان بر حسب میلیون گالن در روز چقدر است؟

= جریان، گالن در روز

$$\text{گالن در روز ۲۰۱۹۶۰۰} = \frac{\text{(روز/ساعت ۲۴) (گالن ۱۶۸۳۰۰)}}{\text{۲ ساعت}} =$$

میلیون گالن در روز ۲/۰۲ ≈

مثال ۳

یک تصفیه‌خانه دارای یک زلال‌ساز دایره‌ای است. نقشه‌های ترسیمی طرح تصفیه‌خانه نشان دهنده این است که زلال‌ساز دارای قطر ۶۰ فوت و عمق میانگین آب ۱۲ فوت است. زمانی که جریان ۲ میلیون گالن در روز است، زمان ماند تئوریکی بر حسب ساعت چقدر است؟

= حجم حوض بر حسب گالن
(فوت‌مکعب/گالن ۷/۴۸) (۱۲فوت) ۲(۶۰ft) (۰/۷۸۵)
گالن ۲۵۳۶۶۲ =

$$\text{=زمان ماند بر حسب ساعت} \quad \frac{\text{(روز/ساعت ۲۴) (گالن ۲۵۳۶۶۲)}}{\text{روز / گالن ۲۰۰۰۰۰۰}}$$

ساعت ۳ =

در این بخش، زمان ماند برای یک حوض ته‌نشینی محاسبه گردید. از نقطه نظر عملی، شما می‌توانید در مقایسه با جریان واقعی مشکلاتی را انتظار داشته باشید. هرگاه میزان جریان نزدیک به میزان جریان طراحی و یا بالغ بر آن باشد، احتمالاً مشکلات افزایش پیدا خواهند کرد. شما قصد این را نداشته‌اید که توسط محاسباتی بدانید که تصفیه‌خانه‌تان از نظر هیدرولیکی با بارگذاری بیشتر از حد کار می‌کند.

هم‌چنین زمانی که درجه حرارت آب کاهش می‌یابد، در صورتی که مشکلات اضافه شود، بایستی آمادگی برای کاهش میزان جریان وجود داشته باشد. در آب سردتر، زمان زیادی‌تری برای ته‌نشین شدن ذرات مورد نیاز است. البته با کاهش جریان، با افزایش زمان ماند روبرو خواهید شد. اگر میزان مصرف آب (آب مورد نیاز) اجازه کاهش جریان را به شما ندهد، آزمایش جار را با زمان کوتاه‌تری انجام دهید. مواد شیمیایی را طوری تنظیم کنید که نیاز شما را برای آب سردتر جبران نماید. بسیار نادرست است که یک بهره‌بردار بتواند فرایند ته‌نشینی را کنترل کند. تنظیم مواد شیمیایی و نرخ تزریق مواد شیمیایی روش‌های اصلی هستند که بهره‌برداران می‌توانند توسط آن‌ها فرایند تصفیه آب را کنترل نمایند.

زلال‌سازی تماس- جامدات

توصیف فرایند

زلال‌سازهای تماس- جامدات (شکل‌های ۳ و ٤)، با نام‌های متعددی خوانده می‌شوند، نظیر زلال‌سازهای تماس-جامدات، زلال‌سازهای جریان رو به بالا، واکنش‌گرها و رسوب دهنده‌ها. این نام‌ها ممکن است بجای یکدیگر به کار روند. اگرچه کارخانجات مختلف واژه‌های متفاوتی را برای توصیف چگونگی مکانیسم کار آن‌ها به کار می‌برند، اصول اساسی بهره‌برداری همگی یکسان هستند.

واحدهای تماس- جامدات برای اولین بار در شرق میانه به عنوان روشی برای حل مشکلات سبک کردن آب به کار برده شدند و مقادیر زیادی لجن تولید می‌نمودند.

بعضی از کارخانجات مایلند که به لجن، دوغاب اطلاق نمایند، اما بیشتر بهره‌برداران تصفیه‌خانه‌های آب مواد ته‌نشین شده‌ی حاصل از انعقاد و سبک کردن آب را به طور ساده لجن می‌نامند.

در گذشته در زمینه توسعه فرآیند سختی‌گیری، مشاهده می‌شد که واحدهای تماس- جامدات را به منظور حذف کدورت از آب آشامیدنی مورد استفاده قرار می‌دادند. تعداد زیادی از زلال‌سازهای جریان رو به بالا، در تصفیه‌خانه‌های آب یافت شده‌اند، که از این روش به عنوان وسیله‌ای برای حذف کدورت به صورت یک فرآیند تک واحدی فشرده استفاده می‌کنند. با این وجود مکانیسم داخلی، شامل واحد سه فرایندی آشکار است که بر طبق زنجیره فرآیند انعقاد- لخته‌سازی- ته‌نشین عمل می‌کند.

مزیت عمده واحد تماس- جامدات برای تصفیه آب، سادگی بهره‌برداری آن است؛ به طوری که سالیان زیادی است که به نحوی بسیار رضایت‌بخش مورد استفاده قرار گرفته است. که علت آن هم بازگردش مجدد لجن ته‌نشین شده به فرایندهای انعقاد و لخته‌سازی و استفاده از توده جرمی می‌باشد. سال‌ها قبل، تعدادی از بهره‌برداران دریافتند برگشت بخشی از لجنی که قبلاً ته‌نشین شده است، یک کمک منعقد کننده عالی برای فرآیند لخته‌سازی به حساب می‌آید.

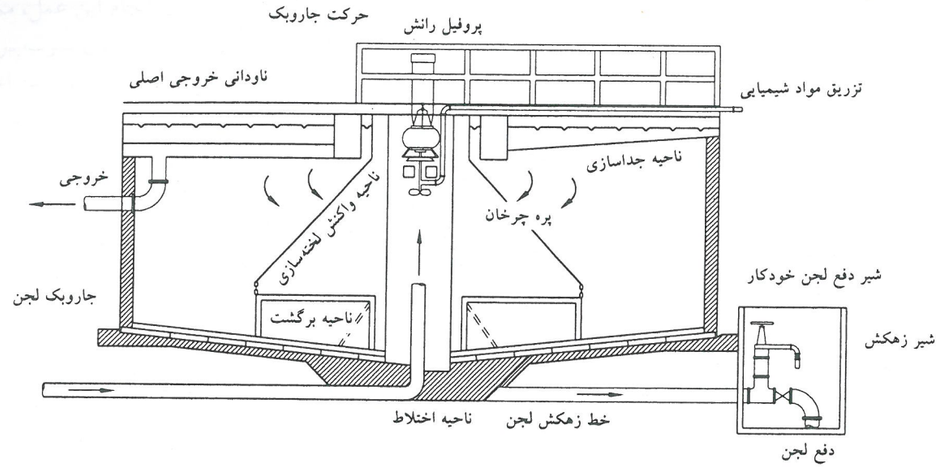
استفاده از واحدهای تماس-جامدات برای حذف کدورت، با وجود مزایای برجسته متعدد، معایبی نیز دارد؛ اما از دید کلی، مزایای آن ممکن است بر معایب غلبه نمایند.

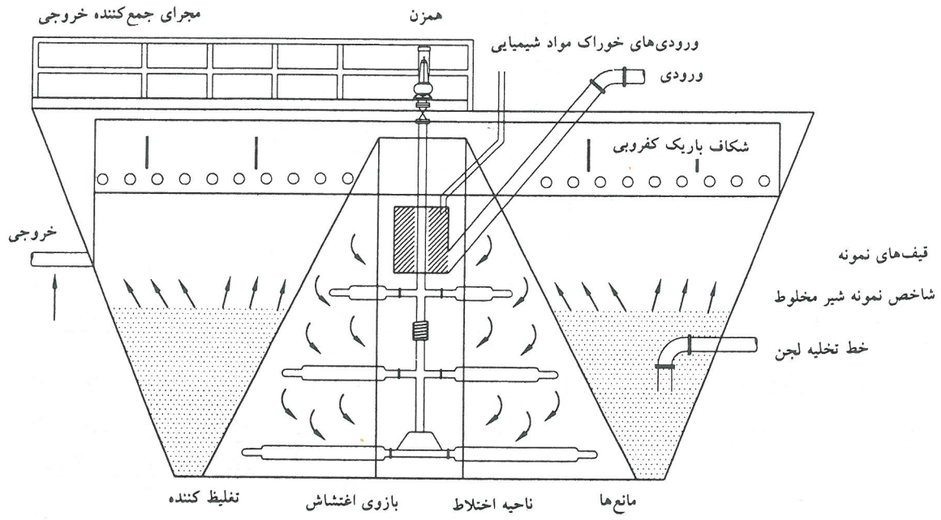
به طور ساده شما دارای واحدی هستید که می‌تواند شدیداً هزینه‌های مربوط به ساخت و بهره‌برداری را از طریق حذف حوضچه‌های اختلاط- انعقاد - لخته‌سازی و ته‌نشینی کاهش دهد. باید آگاهی و درک و فهم کافی از این فرایندها داشت و همه‌ی این فرایندهایی را که در یک حوض کوچک یا زلال‌ساز در یک زمان واحد اتفاق می‌افتد را در ذهن مجسم کرد. در این جا بهره‌برداران تصفیه‌خانه آب، زمانی که اولین برخورد را با زلال‌ساز جریان رو به بالا پیدا می‌کنند، دچار مشکل می‌شوند. بهره‌برداران اغلب درگیر این مسئله هستند که چگونه همه‌ی این فرآیندها در یک زمان اتفاق می‌افتد.

بهره‌برداران ممکن است دلسرد شده و مشکل را به مهندسی که تصفیه‌خانه را طراحی نموده است، نسبت دهند و تعجب کنند که چرا یک فرآیند ساده، در موقع عمل این قدر پیچیده می‌شود. درک فرایند به طور وسیعی توانایی بهره‌بردار را برای غلبه بر مشکلاتی که وجود دارد و یا می‌تواند به وجود آید، می‌افزاید. یک مزیت شگرف در استفاده از واحدهای تماس- جامدات، توانایی آن‌ها در جمع‌آوری دوغاب (پتوی لجن) است که می‌تواند در دوره‌هایی که شدت مشکلات بو و مزه زیاد است، مورد استفاده قرار گیرد.

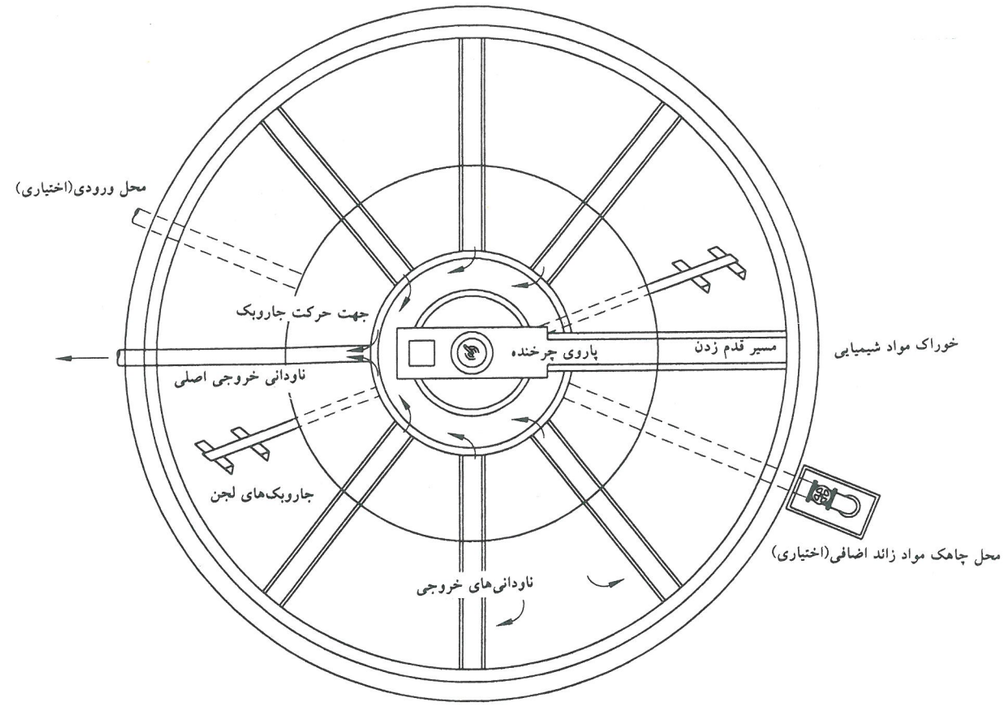
از طریق کنترل مناسب دوغاب، می‌توان میزان وسیعی از کربن فعال را در دوغاب پخش نمود و از خصوصیات جاذب[1] آن سود برد. به طور مشابه زمانی که به علت افزایش فعالیت‌های جلبکی انعقاد دچار اشکال می‌شود، می‌توان از خاصیت جمع‌آوری کنندگی دوغاب برای حمل از تصفیه‌خانه در دوره‌های طاقت‌فرسای روز و در مواقعی که مواد شیمیایی به خاطر تغییرات ایجاد شده در pH، قلیاییت کربنات و یا اکسیژن محلول کارآیی خود را از دست داده‌اند، بهره برد. در تصفیه‌خانه‌های متداول، بهره‌بردار قادر به پاسخگویی به این گونه اختلال در فرایند انعقاد به طریقی که در روش تماس- جامدات می‌باشد،

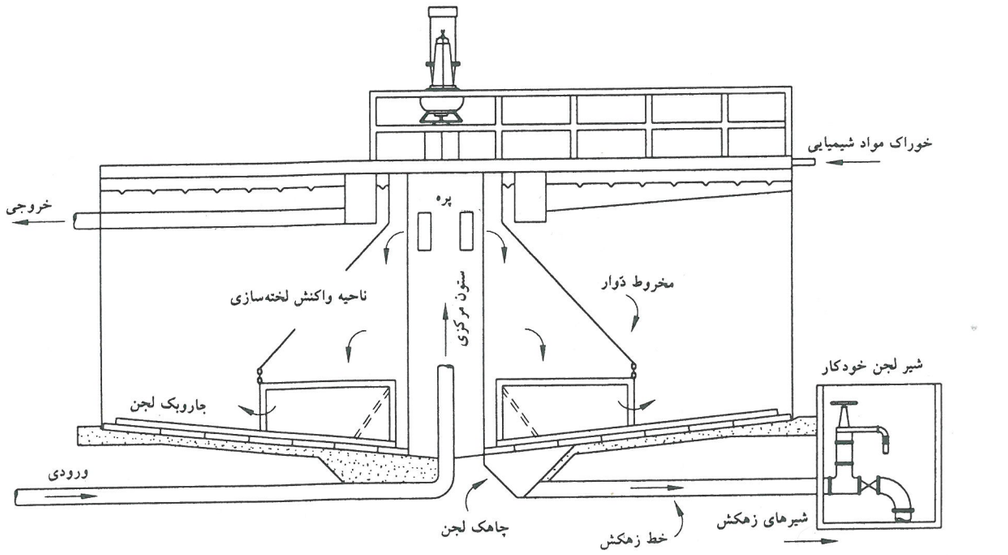
1- Adsorption- جذب سطحی- گرفتن گاز، مایع یا محلول روی سطح یا ناحیه حد فاصل مواد دیگر





شکل ۳- زلال‌سازهای تماس- جامدات.





شکل ٤- نمایش برش و پلان یک زلال‌ساز تماس جامدات.

نیست. هر موقع که احساس شود که فعالیت‌های جلبکی مشکل‌ساز شده‌اند (به راحتی با pH و اکسیژن کنترل می‌شود)، می‌توان در زمان‌های مناسب روز میزان دوغاب را اضافه نموده و زمانی که فرآیند انعقاد عملکرد خوبی ندارد، آن را حذف نمود. در صورتی که این کار با مهارت انجام شود، با این عمل می‌توان پساب حاصل از واحد تماس- جامدات را در حد معین نگهداشت.

نکته‌ای که اغلب در واحدهای تماس-جامدات مایه‌ی نگرانی و سرزنش است، ناپایداری آن‌ها در طول تغییرات سریع است. سه فاکتور بایستی در این خصوص در نظر گرفته شود :

١- آهنگ جریان (دبی) و میزان تغییر آن.

٢- لخته‌سازی شدید در سطح کدورت.

٣- تغییرات سریع درجه حرارت.

واحد تماس-جامدات بیشترین ناپایداری را در طول تغییرات سریع دبی دارد.

بهره‌بردار بایستی دبی‌ای را که طراحی واحد براساس آن انجام می‌گیرد. تعیین نموده و به خاطر داشته باشد.

دبی طراحی، ممکن است به یک نرخ سرریزی[1] تبدیل شود که ممکن است تحت عنوان نرخ بالا آمدن، برحسب اینچ در دقیقه یا فوت در دقیقه بیان شود.

برای هر نرخ بالا آمدن، یک مقدار دوغاب که بایستی در واحد باقی بماند وجود خواهد داشت که باعث بالا آمدن عمق دوغاب بدون افزایش حجم یا چگالی‌اش خواهد شد. بر عکس، کاهش در دبی سطح دوغاب را بدون تغییر در حجمش کاهش خواهد داد. در آزمایش‌های ساده، تغییر نرخ جریان می‌تواند به طور آزمایشی برای نمایش این پدیده انجام شود و به طور واضح خطاهای بهره‌برداری را نشان داده و یا در طول تغییرات واقعی مشکل را پیشگویی کند. سطح دوغاب‌ها را می‌توان از طریق نوارهای نمونه‌برداری که در اعماق مختلف بر روی دیواره رآکتور تماس جامدات نصب شده‌اند تعیین کرد.

نوارهای نمونه‌برداری بایستی در دیوار فرو رفته و تا ناحیه دوغاب امتداد پیدا کند. برای انجام این عمل، ممکن است مجبور شوید زائده‌هایی به لوله‌های نمونه‌برداری وصل کنید. با این حال با اندازه‌گیری و مشاهده این اعماق، می‌توانید بازگردش لجن را به منظور تطبیق با این تغییرات تنظیم نموده و یا کنترل شدیدتری روی نرخ تغییر جریان داشته باشید.

البته این کار در یک سیستم جریان ثقلی، زمانی که مصرف آب متوسط است، ساده بوده و تغییرات در دبی می‌تواند به کندی انجام گردد. با این وجود در سیستم‌های تحت فشار، تغییرات سریع در مصرف، یا قراردادن پمپ‌هایی در مسیر جریان به هنگام استفاده در ظرفیت کامل، می‌تواند فوراً به سادگی یک زلال‌ساز، جریان رو به بالا را واژگون کند. با مشاهده نوارهای نمونه‌برداری، می‌توانید از بحرانی که در حال اتفاق افتادن است آگاه شوید و ناگزیر به پاسخ دادن شوید. شما خواهید دید که لجن به سرعت در ناحیه ته‌نشینی تا نزدیک سرریزهای خروجی بالا آمده و منجر به گرفتگی فیلترها می‌گردد که با از کار افتادن کامل تمامی فرایندهای تصفیه‌خانه همراه است.

عامل بعدی که می‌تواند زلال‌سازهای تماس- جامدات را دچار ایراد کند، تغییرات شدید در کدورت است. این پدیده زمانی که اتفاق می‌افتد، مشکل‌آفرین است. پاسخگویی بهره‌بردار به تغییرات کدورت بدون تغییرات اصلاحی است. شما باید زمانی را که کدورت ممکن است به ناحیه واکنش برسد پیش‌بینی کنید و با به کار بردن میزان مناسب مواد شیمیایی بر تغییرات کدورت غلبه کنید. و قبل از آن مقدار و میزان موادشیمیایی را افزایش داده و بنابراین یک واحد به شکل حالت اصلاحی داشته باشید، به طوری که کدورت را به توان به طور رضایت‌بخش برطرف نمود. نکته عملی مهم دیگر درجه حرارت است. تغییرات درجه حرارت باعث ایجاد تغییرات در چگالی آب می‌شود و بر روی سرعت ته‌نشینی ذره تأثیر می‌گذارد.

گرم شدن ساده توسط خورشید بر روی دیواره تانک یا بر روی ذرات لخته‌ساز در داخل محفظه، باعث می‌گردد که مقدار معینی از لخته به خارج انتقال یابد.

بهره‌بردار بی‌تجربه، ممکن است به خاطر مشکل حمل لخته، به طور بالقوه سیستم را با واکنش زیاد بهره‌برداری

---

[2]- Overflow Rate، نرخ سرریزی، راهنمایی که برای طراحی تانک‌های ته‌نشینی و زلال‌سازها در تصفیه‌خانه به وسیله بهره‌برداران برای تعیین این که آیا تانک‌ها و زلال‌سازها از نظر هیدرولیکی اضافه بار دارند یا کم بارند، استفاده می‌شود. هم‌چنین به آن بارگذاری سطحی نیز اطلاق می‌گردد.

کند. با توجه به وضعیت خورشید، جریان‌های همرفتی تغییر می‌نماید و جایی که در حال حاضر ابری از ذرات لخته‌ساز ظاهر شده‌اند، ناپدید شده و در محل دیگری تشکیل می‌شود.

در صورتی که هدف شما از ته‌نشینی کدورت برآورده می‌شود، نیازی به کنترل این پدیده نیست. موقعی که بخش اصلی پتوی لجن در ناحیه ته‌نشینی قرار می‌گیرد، چند ابر کوچک ذرات منعقد کننده (که مانند ابر در حال موج زدن است)، واقعاً اهمیت و اثر قابل توجهی برای بهره‌برداری و یا کیفیت آب تولید شده ندارد. با این حال، در یک آب تقریباً سرد باید افزایش مقادیر مواد شیمیایی از طریق استفاده از پلی‌مرها، سیلیس فعال و کربنات کلسیم یا دیگر افزودنی‌های وزین کننده که به ته‌نشینی و انعقاد کمک می‌کند، در نظر گرفته شود. تغییر درجه حرارت و دبی‌ها ممکن است کنترل واژگونی فرآیند را غیر ممکن سازد. دوغاب به طرف سرریزها بالا می‌آید و از روی فیلترها به خارج هدایت می‌شود.

وقتی این اتفاق می‌افتد، باید دبی جریان را کاهش دهید. در صورت امکان، مواد وزین کننده، باید قبل از تغییر دادن دبی در هوای سرد مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از مواد وزین کننده ممکن است در دوغاب مشکلاتی ایجاد کند که ناشی از تغییر در میزان لجن‌های برگشتی می‌باشد. با این وجود، نرخ برگشت دوغاب بالا، ممکن است هم‌چنین باعث شود تا دوغاب به صافی‌ها هدایت شود. در طول دوره ایجاد تغییر در درجه حرارت (آب سرد)، بایستی مراقب تغییر در دبی باشید.

سؤالات

۱- زمان ماند را برای یک حوض ته‌نشینی چگونه محاسبه می‌کنید.

۲- مزایای واحدهای تماس-جامدات را در مقایسه با واحدهای انعقاد-لخته‌سازی-ته‌نشینی بنویسید.

۳- چگونه می‌توان سطح دوغاب یا پتوی لجن را در واحدهای تماس-جامدات تعیین نمود؟

٤- زمانی که یک تغییر سریع در کدورت رخ می‌دهد چه باید کرد؟