

مهندس پی سیماقومی

مقدمه

تصویر (۱) شمای ساده شده از محصولات را برای يك پالایشگاه نفت نشان میدهد. این محصولات که مواد اولیه تولید در صنایع بیشماری هستند، بهمان میزانی که از لحاظ اقتصادی با ارزش اند، چنانچه در دفع اصولی ضایعات ناشی از فرآیند آنها اقدام نکرده، از لحاظ زیست محیطی خطرناک میباشند. در این مقاله ضمن بررسی کیفیت و تصفیه فاضلابهای صنعتی پالایشگاهها، بطور اعم، تصفیه فاضلابهای صنعتی در پالایشگاه اصفهان بطور اخص مورد بررسی قرار میگیرد.

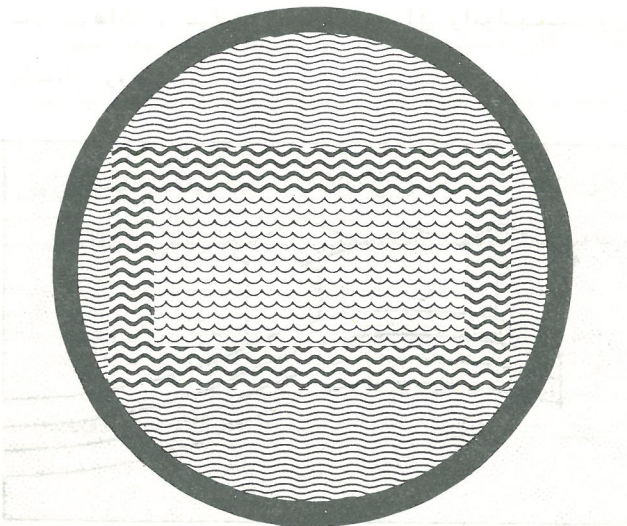
نفت، این ماده گرانبهای معروف به طلای سیاه مخلوطی از ترکیبات آلی و هیدروکربنهاست که از شکل گیری تغییرات مواد مختلف در لایه های زیر زمینی در طی صدها میلیون سال ایجاد میگردد، در حالیکه این فرآیند تبدیل هنوز بطور کامل شناخته نشده، بجز آن میتوان گفت که مشتقات نفت نیم بیشتر مواد اولیه مورد نیاز صنایع گوناگون را تأمین میسازند.

يك پالایشگاه نفت، ترکیبی از واحدهای مختلف به منظور تهیه فرآورده های گوناگون از نفت خام است. ترکیبات آلی طی فرآیندهای جداسازی فیزیکی مانند تقطیر از یکدیگر جدا شده و سپس برای رسیدن به کیفیت و کمیتهای مورد نظر، فرآیندهای پیچیده شیمیائی و فیزیکی بسیاری بر روی محصولات برج تقطیر صورت میگیرد.

الف : واحد ذخیره نفت خام و ذخیره محصولات در ضمن ذخیره سازی، آب و مواد جامد نفت خام و همچنین بمقدار کمتری محصولات، از ته تانکها جمع - آوری میشود که حالت لجن بخود میگیرد. در مورد نفت خام، این لجن شامل ترکیبات مختلف گوگردی و مقدار زیادی جامدات حل شده میباشد. این لجن همچنین شامل مقداری روغن بصورت امولسیون نیز هست. در هر صورت لجن و فاضلاب ناشی از تانکهای ذخیره بطور معمول حاوی مقادیر بالایی روغن، مواد معلق و COD میباشد.

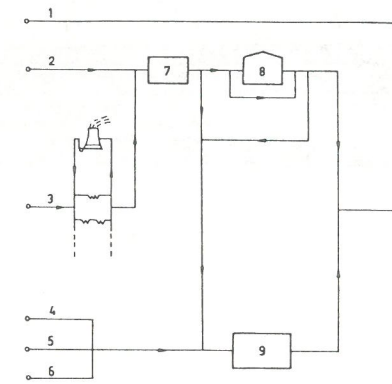
ب : واحد نمک زدایی از نفت خام : فرآیند نمک زدایی از نفت خام در واقع یک مرحله پیش تصفیه است که شامل زدایش نمکهای مختلف حل شده در نفت میباشد. این پیش تصفیه از عواقب وجود نمک در نفت خام مانند خوردگی، سمی کردن کاتالیستها و غیره جلوگیری میکند. فاضلاب ناشی از این فرآیند شامل روغن، آمونیاک، فنل، سولفید، مواد جامد معلق و مواد جامد محلول میباشد.

ج : واحد تقطیر : در ضمن عمل تقطیر فاضلابی ایجاد میگردد که آلوده به سولفید، آمونیاک، کلریدها، مرکاپتان و فنلهاست. در قسمت برج تقطیر در خلاء فاضلاب متشکل از یک امولسیون پایدار روغن در آب که جداسازی و شکستن آن بسیار مشکل است، میباشد.



ج : بلودان بویلر : (۴)
حجم آن کم بوده ولی TDS آن زیاد است .
د : پساب واحدهای تصفیه آب :
از شستشوی فیلترها، احیاء رزینها و غیره مقداری فاضلاب تولید میشود.
ه : فاضلاب ناشی از تجهیزات کنترل آلودگی هوا
و : آب ترش : (۵)
آبهای ترش که آلوده به آمونیاک و هیدروژن سولفور میباشد و از عملیاتی مانند نمک زدائی و سولفور - زدائی از نفت خام و فرآیند کاتالیتیک کراکینگ و بازیافت گاز تولید میشوند .
ز : آبهای آغشته به روغن ناشی از فرآیند پالایش : (۶)
این آبها شامل مجموعه فاضلابهای ناشی از فرآیند، آب ناشی از شستشوی واحدها، آبهای تخلیه شده از کارهای کنترل آزمایشگاهی و یا تخلیه تانکها میباشد و بسته به واحدهای پالایش موجود در هر پالایشگاه متفاوت بوده و بر اساس عملیات پالایش دارای کمیت و کیفیت متفاوت خواهد بود و بطور کلی منابع تولید آن عبارتند از :

۸ - آبهای ناشی از شستشوی تانکهای ذخیره .
۹ - آبهای مصرف شده برای خالص سازی .
تصویر (۲) انواع مختلف آبهای آلوده پالایشگاه و نوع جداسازی آنها را نشان میدهد. [۱]



شکل شماره (۲) انواع آبهای آلوده در یک پالایشگاه نفت

فاضلاب ناشی از فرآیند تولید یک پالایشگاه در یک جمع بندی کلی متشکل است از :

- الف :** آب خنک کننده : (۳)
این آب ، آب خنک کننده ای است که با دیگر فاضلابها در یک پالایشگاه مخلوط میشود.
ب : بلودان برج خنک کننده :
حجم این فاضلاب کم ولی غلظت زیادی از مواد معلق به اضافه مواد شیمیائی که به منظور جلوگیری از خوردگی و تشکیل جلبک در سیستم به آب اضافه میگردد، را داراست این مواد شامل موادی مانند کرم، روی ، کلر و غیره میباشد.

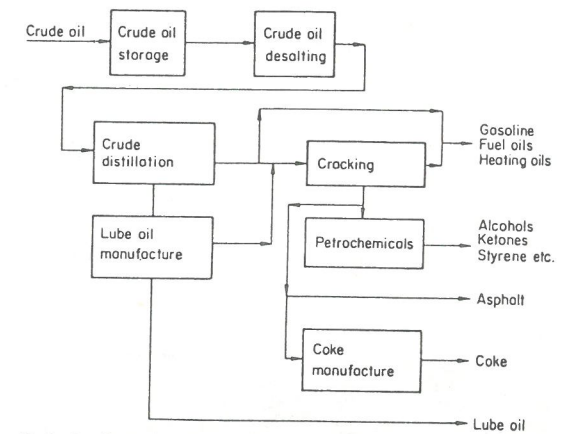


Fig. 1 Petroleum refining product manufacture

مختصری درباره فرآیند تولید در پالایشگاه اصفهان نفت خام جهت تصفیه در پالایشگاه اصفهان توسط یک خط لوله ۲۶ اینچی به مخازن ذخیره وارد میشود و سپس توسط تلمبه های تقویت کننده از این مخازن به واحدهای تقطیر ارسال میگردد. ظرفیت طراحی این پالایشگاه براساس ۲۰۰۰۰۰ بشکه در روز میباشد و هم اکنون تا حدود ۷۵ درصد اضافه بر این ظرفیت تولید دارد.
فلودیاگرام شماره (۱) واحدهای مختلف و محصولات پالایشگاه اصفهان را نشان میدهد.

انواع فاضلاب در پالایشگاه نفت
فاضلاب پالایشگاهها بطور کلی شامل فاضلابهای زیر میباشد.

- ۱ - فاضلابهای بهداشتی .
- ۲ - آب باران .
- ۳ - آبهای خنک کننده یکبار مصرف (۱)
- ۴ - آبهای ناشی از شستشوی واحدها .
- ۵ - آبهای مربوط به تخلیه و بارگیری کشتی های نفتکش (۲)
- ۶ - فاضلاب ناشی از فرآیند تولید .
- ۷ - آبهای ناشی از کنترل آزمایشگاهی .

د : واحد کراکینگ :

عملیات این واحد شامل سه نوع کراکینگ می باشد.

- ترمال کراکینگ :

فاضلاب در این قسمت عمدتاً از کندانس شدن بخارات ایجاد میگردد. این بخار کندانس شده عموماً شامل آمونیاک، فنل و سولفید است که BOD، COD و قلیائیت بالایی دارد.

- کاتالیتیک کراکینگ

این واحد عموماً از بزرگترین منابع تولید فاضلابهای سمی در یک پالایشگاه بزرگ می باشد. آلاینده های عمده در این فاضلاب روغن، سولفید، فنل، آمونیاک و مقادیر کمی از سیانیدهاست.

- هیدروکراکینگ

در این عملیات نیز فاضلاب از کندانس شدن بخارات ترش ایجاد میشود و در عین حال حاوی مقادیر زیادی از سولفیدهاست.

ه : واحد پلیمریزاسیون، آلکیلاسیون، رفرمینگ :

در واحد پلیمریزاسیون، سولفورزدائی انجام میگیرد که در نتیجه آب ترشی ایجاد میگردد که مقادیر زیادی سولفید، مرکاپتان، آمونیاک، مواد جامد معلق و روغن دارا می باشد.

فاضلاب در واحد آلکیلاسیون (با کاتالیزت اسید سولفوریک) آب شستشوی آلوده به سود می باشد. اگر کاتالیزت اسید هیدروفلوریک باشد، معمولاً واحد بازیابی اسید وجود خواهد داشت و بهرحال میبایست از ورود اسید به جریان فاضلاب جلوگیری کرد.

در واحد رفرمینگ فاضلابی با حجم کم و آلوده به مقادیر کمی قلیا، سولفید، آمونیاک، مرکاپتان و روغن وجود دارد.

و : واحد هیدروترپتینگ :

کمیت و کیفیت فاضلاب در این واحد بستگی به نوع فرآیندهائی که انجام میگردد داشته و معمولاً آلاینده ها عبارتند از : آمونیاک و ترکیبات گوگردی و فنل هم در بعضی حالات ممکن است در فاضلاب دیده شود.

ز : واحد تصفیه حلال :

عمده آلاینده ها در این واحد خود حلالها هستند که بسیاری از آنها BOD بالایی ایجاد میکنند. در بهترین حالت حلالها بازیافت و برگشت داده میشوند، اما در عمل همیشه مقداری از حلال از طریق اتصالات یا نشت از پمپها ضایع میگردد.

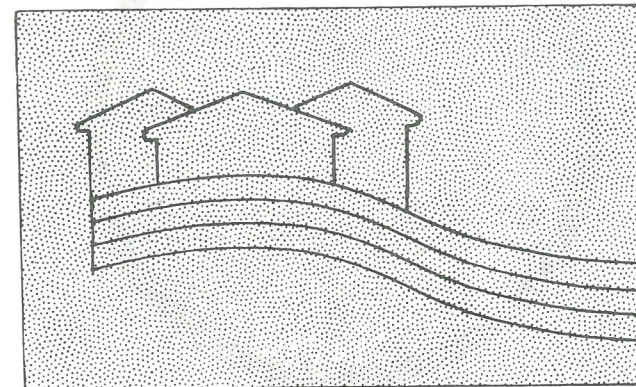
بهرحال روغن و حلال تشکیل دهنده اصلی فاضلاب در این واحدهند.

ح : واحد تولید آسفالت :

در واحد آسفالت سازی، آب جدا شده آلوده به روغن بسیار زیادی است که BOD بالایی دارد و ترش نیز می باشد. (بدلیل سولفور زیاد در باقیمانده برج تقطیر)

ط : واحد ساخت روغن های نرم کننده :

در این عملیات آبی آلوده به اسید و لجنهای اسیدی تولید میشود که حاوی جامدات معلق و حل شده زیاد و نیز سولفات و سولفونات، فورفورال و امولسیون پایدار روغن می باشد



ی : واحد آماده سازی نهایی محصول (۷) :

این عملیات شامل دفع ناخالصی هایی مانند سولفور، آب و ناخالصی های جزئی از گازولین، کروزن، سوخت جت، نفت سفید و دیگر محصولات واسطه ای است که فاضلاب ناشی از آن حاوی سود می باشد این محلول ممکن است دارای مواد فنلیک یا سولفیدیک هم باشد. (براساس ناخالصی موجود در محصول)

ک : واحد بسته بندی (۸) :

فاضلاب در این قسمت عمدتاً ناشی از شستشوی کف مسیر راه آهن یا تانکرهاست که طبیعتاً حاوی مقادیر زیادی روغن بصورت امولسیون می باشد.

م : واحد آب و برق و بخار :

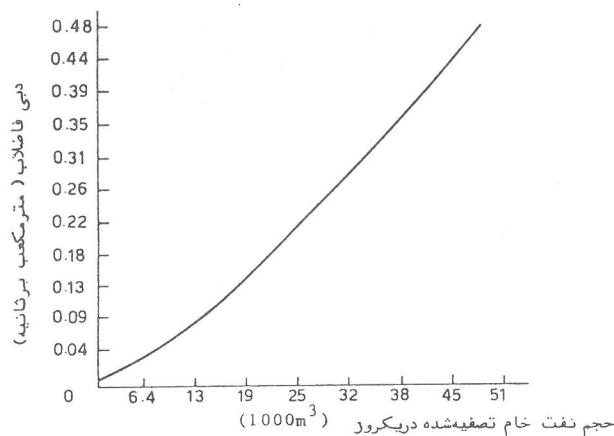
در این واحد آب و برق و بخار مورد نیاز پالایشگاه تأمین میشود. فرآیند تهیه آب صنعتی مطلوب و بلودان بویلرها ضایعات لجنی و پسابی ایجاد میکند که حاوی جامدات محلول و مقداری مواد افزودنی است.

کمیت و کیفیت آبهای آلوده در پالایشگاه اصفهان

کمیت فاضلاب در هر پالایشگاه بستگی به میزان و نوع نفت خام مورد مصرف دارد، منحنی شماره یک میزان عمومی تولید فاضلاب در پالایشگاهها را نشان میدهد. [۲] مقادیر داده شده در این منحنی یک مقیاس کلی است و در هر پالایشگاه بسته به مشخصات فرآیند و روش عملیات این میزان میتواند متفاوت باشد.

در پالایشگاه اصفهان واحد تصفیه آبهای آلوده برای بازیافت جریانهایی با مقادیر زیر [۲] طراحی شده است :

- ۱ - فاضلابهای بهداشتی ۵۰۰۰۰ گالن در روز
- ۲ - آبهای حاصل از عملیات پالایش ۱۴۰۰ گالن در دقیقه



منحنی شماره (۱) میزان عمومی تولید فاضلاب

۳ - آب باران

(در فواصل زمانی مختلف) ۲۰۰ گالن در دقیقه

۴ - آب حاصل از دستگاه

نمک زدایی ۵۰۰ گالن در دقیقه

۵ - آبهای بدون H₂S

مقادیر مختلف

۶ - آبهای بدون مواد

روغنی ۵۷۹ گالن در دقیقه

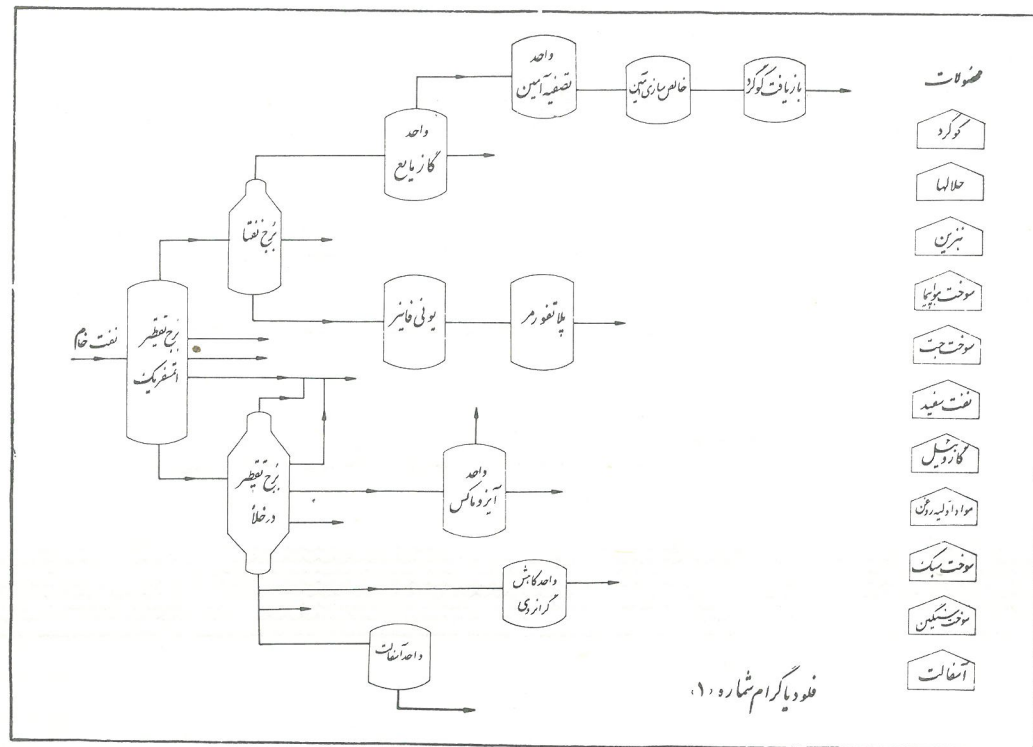
کیفیت فاضلاب نیز بالطبع به نوع نفت خام و فرآیندهایی که در پالایشگاه برای تصفیه نفت بکار میرود، بستگی داشته و بطور کلی از مقادیر داده شده در جدول شماره ۱ و ۲ تبعیت میکند.

در پالایشگاه اصفهان واحد بیولوژیکی سیستم تصفیه روغنی بر اساس BOD₅ ورودی معادل ۱۸۰ میلی گرم در لیتر و COD ورودی برابر با ۲۰۰ میلی گرم در لیتر و هیدروژن سولفور و روغن ورودی بترتیب کمتر از ۱۰ و ۱۵ میلیگرم در لیتر طراحی شده است.

صورت کیفیت نامناسب به استخرهای تبخیری فرستاده میشوند. فاضلابهای بهداشتی نیز پس از انجام عملیات لازم به استخرهای تبخیری فرستاده شده و یادرمواری از سیاب تصفیه شده این فاضلاب در کشاورزی استفاده میشود. آبهای با TDS بالا مانند آبهای حاصل از دیگهای بخار بطرف حوضچه های تبخیر فرستاده میشوند. آب باران از نقاط مختلف پالایشگاه در یک استخر ذخیره جمع آوری شده و پس از تصفیه بعنوان آب ترمیمی به برجهای خنک کننده هدایت میشود.

فلودیاگرام زیر مسیر جریان انواع آبهای آلوده را نشان میدهد.

همانطور که قبلاً گفته شد در این مقاله صرفاً روش تصفیه فاضلابهای صنعتی در پالایشگاه اصفهان مورد بررسی قرار میگیرد.



* چون هدف صرفاً نمایش واحدهای موجود بوده ارتباط بین واحدها و ورودی و خروجی به آنها بطور کامل مشخص نگردیده است.

در پالایشگاهها نفت تکنولوژی کنترل در انتهای خط تولید مبتنی بر روشهای تصفیه بیولوژیکی است. این روشها با پیش تصفیه های مناسب برای رسیدن به یک وضعیت قابل اعتماد همراه میشوند مانند روش روغن زدایی و تنظیم pH و براساس هدف تصفیه از مراحل تکمیلی مختلفی استفاده میگردد.

در پالایشگاه اصفهان هدف از تصفیه آبهای آلوده استفاده مجدد از این آبها در برجهای خنک کننده میباشد. بنابر این آبهای آلوده به مواد روغنی حاصل از عملیات پالایش بعلاوه آبهای بدون H_2S توسط سیستم تصفیه روغنی که متشکل از واحدهای پیش تصفیه، واحد تصفیه بیولوژیکی و مراحل تکمیلی است، تصفیه شده و مورد استفاده قرار میگیرند. آبهای حاصل از شستشوی نفت خام نیز در صورت دارا بودن کیفیت مناسب به این سیستم تصفیه هدایت میشوند و در

Table 1 Raw wastewater characterization by subcategory in petroleum refining (concentrations in $mg L^{-1}$) (EPA, 1980)

Characteristics	Topping subcategory		Cracking subcategory		Petrochemical subcategory		Lube subcategory		Integrated subcategory	
	Range	Median	Range	Median	Range	Median	Range	Median	Range	Median
BOD ₅	10-50	23.3	30-600	138	50-800	144	100-700		100-800	114
COD	50-150	107	150-400	383	300-600	418	400-700		300-600	261
TOC	10-50	20	50-500	66.3	100-250	135	100-400		50-500	51.1
TSS	10-40		10-100		50-200		80-300		20-200	
Nitrogen, as ammonia	0.05-20	2.72	0.5-200	28.6	4-300	42.1	1-120		1-250	14.5
Phenolic compounds	0-200	0.80	0-100	6.04	0.5-50	10.0	0.1-25		0.5-50	2.25
Sulphides	0-5	0.240	0-400	1.24	0-200	176	0-40		0-60	1.24
Oil and grease	10-50	25	15-700	52.8	20-250	44.9	40-400		20-500	44.1
Total chromium	0-3	0	0-6	0.109	0-5	0.471	0-2		0-2	0.272

تکنولوژی کنترل و تصفیه

برای کاهش آلودگی روش های متفاوتی وجود دارد از جمله:

- کاهش و یا حذف یک آلاینده مشخص قبل از اینکه فاضلاب در سیستم کلی جمع آوری فاضلاب رقیق گردد که به دو طریق امکان پذیر است:
 - الف: کنترل در واحد: کنترل مناسب و صحیح در واحد عبارتست از مراقبت در کاهش حجم فاضلاب و بار آلودگی، جدا کردن فاضلاب خاص و اصلاح فرآیند برای کاهش حجم فاضلاب حاصل از واحدهایی که نیاز به تصفیه دارد. مناسب بودن هر یک از این روشها احتیاج به مطالعه در محل دارد.
 - ب: تصفیه در واحد: در این روش آلاینده خاصی را در واحد مربوطه تصفیه میکنیم مثل جداسازی فلزات سنگین از بلودان برج خنک کننده در محل جمع آوری و یا گاززدایی از فاضلاب آلوده به هیدروژن سولفور.
- کاهش کلی آلودگی که بوسیله یک سیستم تصفیه در انتهای خط تولید انجام میگردد.

جدول شماره (۲) آلاینده های سمی

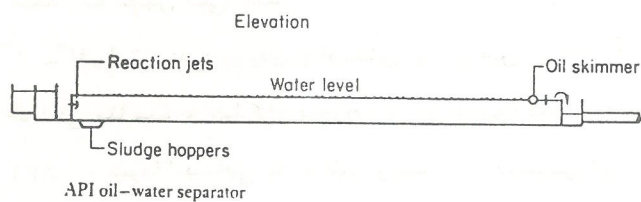
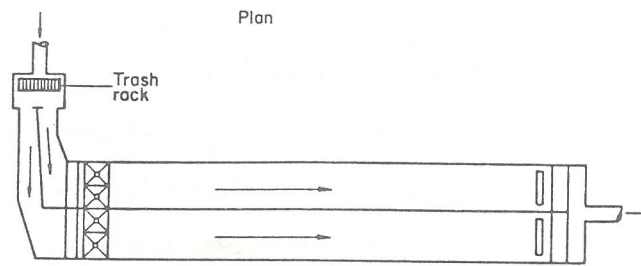
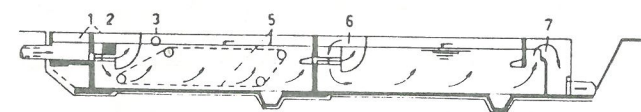
آلاینده موجود در فاضلاب خام فرآیند	غلظت (۱) بر حسب $mg L^{-1}$
آرسنیک	۱۲۰
کرم	۷۰۰
مس	۶۵ (۲)
سیانید	۱۵۰ (۲)
سرب	۱۴۰ (۲)
نیکل	۲۰ (۲)
روی	۲۶۰
بنزن	۴۲۰
اتیل بنزن	۱۲۰
تولون	۱۲۰۰
۴-دی متیل فنل	۸۰
فنل	۱۵۰۰
اسفتن	۲۷۰
فلورانتن	۷
کریسن	۱۵
فنانترن	۱۷۰

(۱): در یک واحد مشخص این غلظتها ممکن است از مقادیر غیر قابل تشخیص تا ده برابر غلظتهای داده شده متغیر باشد.

(۲): این مقادیر تا ۲۵ برابر غلظتهای داده شده متغیرند.

انتهای کانال در کف کانال حرکت نموده و لجنهای ته کانال را به یک حوض سیمانی منتقل کرده و از آنجا توسط پمپ به حوضچه تبخیر لجن فرستاده میشود. روغنهای جمع شده نیز به داخل لوله جمع آوری مواد روغنی میریزد و توسط دو پمپ به یکی از سه مخزن ذخیره مواد سوختی سبک پمپ میشود. آب خروجی از این کانالها در قسمت سرریز انتهای آن در صورتیکه دارای کیفیت مناسب باشد (حداقل مقدار H_2S) به حوضچه متعادل کننده وارد میشود و در صورت نامناسب بودن به حوضچه های تبخیر فرستاده میشود.

عمل جداکننده نوع ثقلی بر اساس اختلاف وزن مخصوص آب و روغن است و به درجه حرارت آب، دانسیته و اندازه قطره های روغن و مقدار و مشخصات مواد معلق موجود در فاضلاب بستگی دارد. این جدا کننده مواد محلول را جدا نمیکند و امولسیون رانیز نمی شکند.



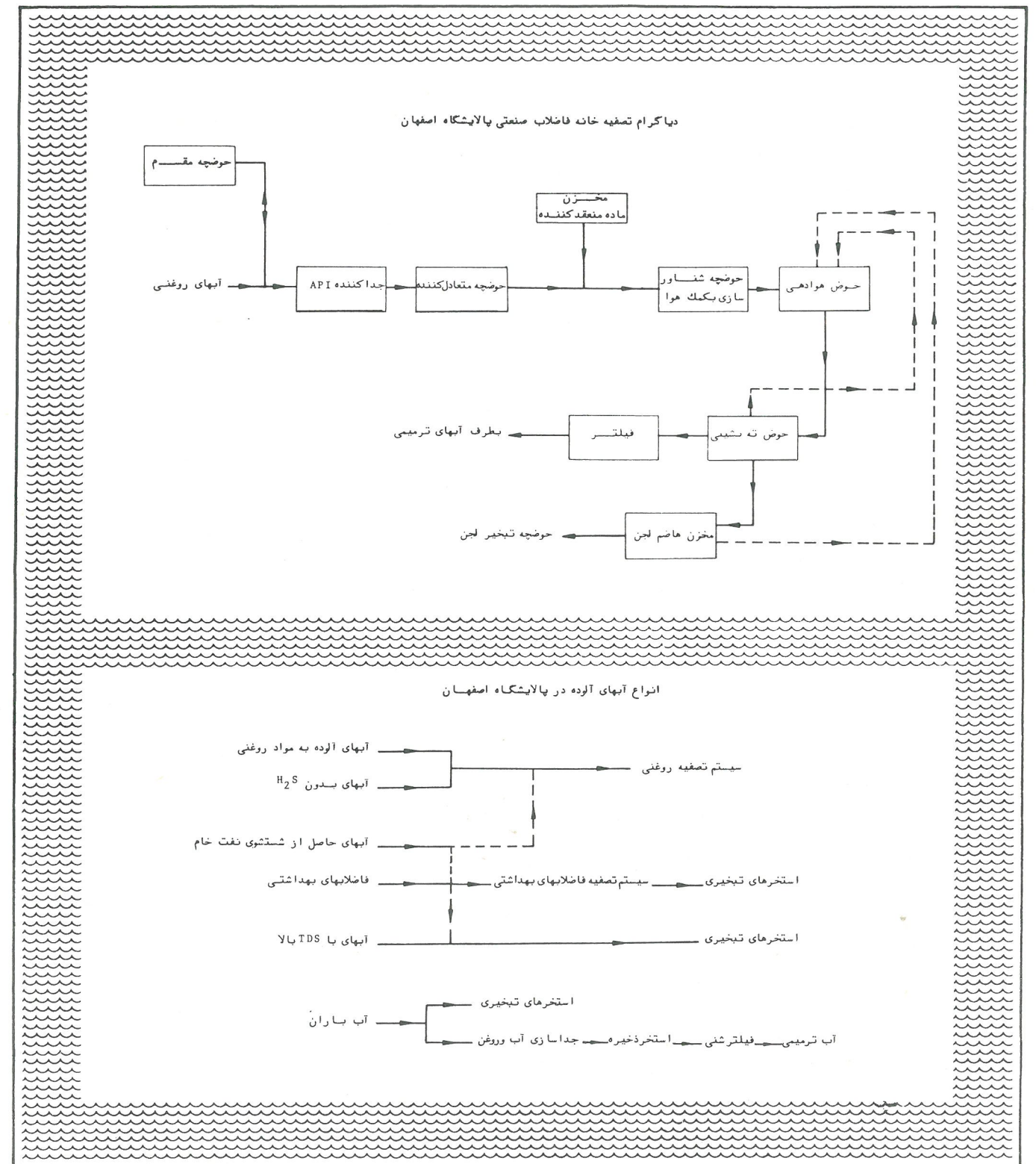
مراحل تصفیه فاضلابهای حاصل از عملیات پالایش در پالایشگاه اصفهان

سیستم تصفیه آبهای آلوده به مواد روغنی متشکل از واحدهای زیر میباشد.

I - جداکننده روغن :

آبهای آلوده به مواد روغنی به اضافه آبهای بدون H_2S و نیز آبهای حاصل از شستشوی نفت خام در صورت مناسب بودن از طریق یک کانال به حوضچه مقسم هدایت شده و پس از عبور از یک آشغالگیر وارد دو جداکننده API^(۹) به ظرفیت ۷۰۰ گالن در دقیقه (مجموعاً ۱۴۰۰ گالن در دقیقه) میگردد. لازم به توضیح است که یک لوله خروجی در صورت اضافه بودن آب حاوی روغن آنرا از حوضچه مقسم به حوضچه های تبخیر لجن میفرستند.

جداکننده API متداولترین نوع جداکننده ثقلی است که اساس آن عبارت است از یک حوضچه مربع مستطیل طویل با زمان ماند کافی برای هر چه بیشتر شناور شدن روغن بر سطح و در نهایت جدا شدن آن. روغن در سطح API توسط پاروهای سیار در دو مجرای روغن که یکی در ابتدا و دیگری در انتهای API میباشد جمع آوری و ذرات کوچک و شن نیز در کف ته نشین میشود. هر یک از کانالها طوری طراحی شده اند که آب بطوریکسان در عرض کانال پخش میشود. این عمل به جداسازی هر چه بهتر لجن و آب و روغن کمک مینماید. هر کانال دارای یک دستگاه پاروی شناور میباشد که بوسیله زنجیری در طول آن به آرامی حرکت میکند و روغنهای سطح کانال را پس از جمع آوری در مخزن مربوطه که در انتهای جداکننده است، می ریزد. چون این پاروها حرکت دورانی دارند پس از رسیدن به



بعلت مقدار زیاد روغن با زیافتی که بوسیله جدا کننده قابل تفکیک است، این واحد بعنوان یکی از واحدهای مکمل واحدهای عملیاتی پالایشگاه محسوب میشود تا یکی از واحدهای سیستم تصفیه فاضلاب.

شکل فوق تصویر یک نمونه از جداکننده API را نشان میدهد. طراحی جداکننده API بر اساس پارامترهای زیر صورت میگیرد.

- ۱- وزن مخصوص فاز روغن.
- ۲- قطر قطره های روغن.
- ۳- درجه حرارت عملیات.
- ۴- دبی جریان ورودی.
- ۵- غلظت روغن.
- ۶- غلظت مواد معلق.

۷- درصدی از آلودگی ورودی که بوسیله وزن قابل جداسازی است.

بهرحال، نقش جداکننده API در سیستم تصفیه فاضلاب پالایشگاه در ارتباط با محدودیتهایش میبایست در نظر گرفته شود برای مثال:

- تنها روغنهایی را جدا میکند که بوسیله وزشاندن جدا میگردند و امولسیونهای پایدار را نمی شکند.
- آلاینده های دیگر را به مقدار جزئی کاهش میدهد.
- باید طوری طراحی شود که امکان ایجاد جریان کوتاه (Short-Circuiting) را به حداقل برساند.
- حضور هر نوع امولسیفایر، سود، دترجنت و غیره جداسازی را کاهش میدهد.

- مواد جامد معلق را چنانچه با روغن تماس پیدا کنند، ته نشین نمی کند.

- افزایش دبی ورودی راندمان را کاهش میدهد.

طراحی مناسب و عملکرد صحیح در مورد جداکننده API، عموماً "پسآبی با غلظت روغن کمتر از 50 mgL^{-1} نتیجه میدهد.

انواع دیگر جداکننده روغن نیز وجود دارد که مشابه جداکننده API عمل میکند مانند جداکننده با صفحات موازی، جمع کننده آرام روغن و غیره.

II - حوضچه متعادل کننده:

این حوضچه جهت اختلاط و یکنواخت کردن آبهای وارده به آن بمدت حداقل ۷/۵ ساعت با حداکثر بار ۲۱۸ متر مکعب در ساعت (۱۴۰۰ GPM) طرح ریزی شده است. شش تیغه سیمانی با ایجاد حرکتی سیفوسی در طول حوضچه عمل یکنواخت سازی را کامل نموده و در نهایت آبی با pH برابر با ۶/۵ تا ۸/۵ را به قسمت شناور سازی میفرستد.

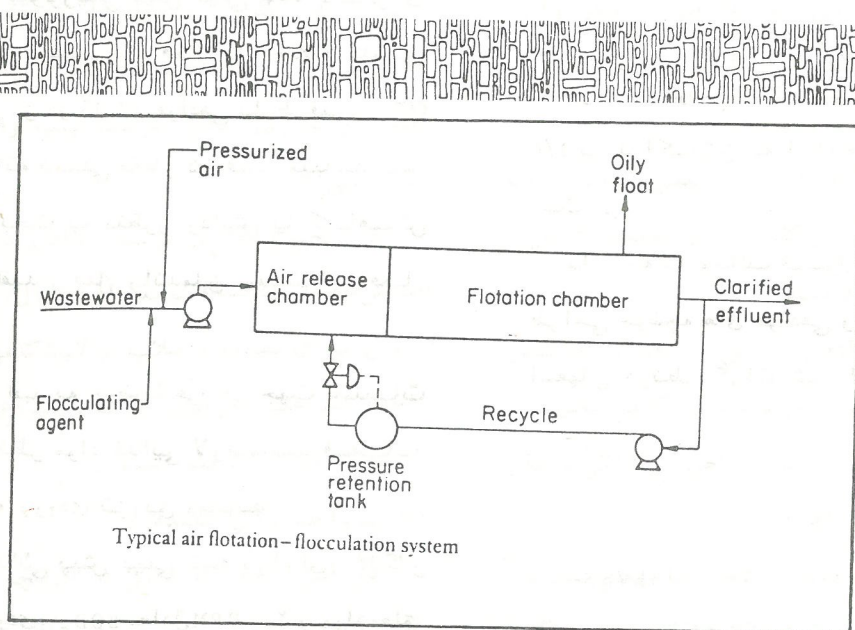
کنترل کردن pH در حوضچه متعادل کننده جهت راندمان عملیات در سیستم فلوتاسیون و اکسیداسیون بیولوژیکی بسیار ضروری است. سیستم کنترل کننده pH جهت pH های بالا و پائین تنظیم شده است که در این سیستم پمپهای اسیدسولفوریک یا سود سوزآور را بر حسب نیاز در سرویس قرار میدهد و مستقیماً به لوله خروجی در انتهای هم آهنگ کننده تزریق می نماید. لازم به ذکر است که زمان ماند در حوضچه متعادل کننده بستگی به کیفیت آب ورودی و خروجی دارد. جنس کف و بدنه این حوضچه از نوعی پلی اتیلن مخصوص پوشیده شده که از هر گونه نشسته و نفوذ به زمین جلوگیری مینماید.

III - شناور سازی با هوای محلول:

آبی که pH آن در حوضچه متعادل کننده تنظیم شده توسط پمپهایی پس از افزودن پلی الکترولیتها نسبت مشخص به آن وارد مخزن فلوکولاسیون شده و پس از زمان ماندی در حدود ۱۵ دقیقه وارد حوضچه فلوتاسیون میگردد.

در این قسمت آب بوسیله هوای فشرده (تحت فشار حداکثر ۶۵ پوند به اینچ مربع) اشباع میشود. این هوای فشرده ایجاد حبابهای بسیار زیادی مینماید که توسط آنها ذرات روغنی و سایر مواد معلق سبک به سطح آب میآیند. این عمل با افزودن مواد شیمیایی کامل میشود مواد شیمیایی باعث میگردند که حبابهای پوشیده از روغن با سرعت بیشتری به سطح برسند.

زمان ماند در حوضچه شناور سازی حدود ۵۰ دقیقه میباشد پس از جداسازی روغن و سایر مواد معلق و سنگین، آب وارد انتهایی ترین قسمت حوضچه شده و سپس به حوضچه های هوادهی فرستاده میشود. شکل زیر یک سیستم شناور سازی بوسیله هوای محلول را نشان میدهد.



پارامترهای طراحی برای این واحد بشرح زیر میباید:

- فشار ۴۸۰ - ۱۷۰ کیلوپاسکال

- نسبت هوا به جامدات ۰/۱ - ۰/۰۱

- زمان ماند ۶۰ - ۲۰ دقیقه

- بار هیدرولیکی سطحی ۲۲۰ - ۲۰ مترمکعب بر متر مربع بر روز

- نسبت برگشتی ۱۲۰ - ۵ درصد

- بار جامدات ۲۴ - ۲/۴ کیلوگرم بر متر مربع بر ساعت

طراحی واحد شناور سازی با هوای محلول در پالایشگاه اصفهان بر اساس مبانی زیر صورت گرفته است:

- مقدار جریان برگشتی آب نسبت به مقدار آب ورودی به واحد شناور سازی قابل تغییر است و در نتیجه هوای محلول نیز باید بهمان میزان تنظیم شود.

- حداکثر سرعت آب برای راندمان مؤثر عملیات

۰/۵ سانتیمتر در ثانیه است.

- حداقل صعود مجاز برای راندمان مؤثر ۱۲ سانتی متر در ثانیه تعیین گردیده است.

- مقدار جریان سرریز با حداکثر مجاز ۱/۳۶ لیتر در ثانیه در هر متر مربع میباشد.

- مقدار هوای مصرفی بین ۱۸/۷ تا ۲۷/۴ لیتر در هر متر مکعب آب در نظر گرفته شده است.

- مقدار حلالیت هوا که برای ۲۷ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده با مقدار درجه حرارت نسبت معکوس داشته و با فشار نسبت مستقیم دارد.

- وجود روغن و تغییرات وسیع آن در کیفیت آب خروجی مؤثر است، لذا باید در کار جداکننده و حوضچه یکنواخت کننده دقت گردد.

- حدود تغییرات pH میبایست بین ۷/۵ تا ۸/۵ کنترل گردد.

IV - واحد اکسیداسیون بیولوژیکی :

سیستم تصفیه بیولوژیکی پیش بینی شده برای پالایشگاه اصفهان سیستم لجن فعال با اختلاط کامل است که متشکل از دو تانک هوادهی با ظرفیت ۴۸۳۰۰۰ گال و دو تانک ته نشینی بظرف ۶۵ فوت میباشد پیش تصفیه های مورد بحث به منظور زدایش یا کاهش مؤثر روغن، سولفید و فنل راندمان سیستم لجن فعال را بالا می برد.

قبل از ورود آب به حوضچه هوادهی جهت عملیات بیولوژیکی مورد نظر مواد غذایی لازم مانند فسفات و نیترات به آب ورودی تزریق میشوند.

مقدار ماده غذایی پیش بینی شده در ازای ۱۴۰۰ گال در دقیقه آب ورودی، BOD₅ معادل ۲۰۰ PPM و مواد معلق برابر ۱۵ PPM در نظر گرفته میشود جهت داشتن ترکیب مورد نظر به نسبت BOD₅/N/P ۱۰۰/۵/۱ باید مقدار ۱۶۸ پوند در روز نیترژن و ۲۴ پوند در روز فسفات استفاده شود.

پارامترهای طراحی برای این سیستم تصفیه عبارتند از :

- بار حجمی ۰/۸۰ - ۰/۴ کیلو گرم BOD₅ در هر متر مکعب در روز

- زمان ماند در حوض هوادهی (بر اساس متوسط جریان روزانه) ۴ - ۸ ساعت

- MLSS ۲۰۰۰ - ۱۵۰۰ میلی گرم بر لیتر

- F/M ۰/۵ - ۰/۲۵ کیلو گرم BOD₅ بر کیلو گرم MLSS در روز

- میزان هوا ۹۴ - ۵۰ متر مکعب بر کیلو گرم BOD₅ تقلیل یافته

- برای ۹۰ درصد کاهش BOD₅ به یک پوند اکسیژن به ازاء هر پوند BOD₅ و برای ۹۵ درصد کاهش BOD₅ ۱/۵ پوند اکسیژن به ازاء هر پوند BOD₅ مورد نیاز است.

با توجه به مطالب فوق مابانی زیر جهت طراحی حوضچه های هوادهی واحد با زیافت پالایشگاه اصفهان در نظر گرفته شده است :

- F/M ۰/۲۵ تا ۰/۳۰ پوند برای هر پوند در روز MLVSS

- MLVSS ۱۸۰۰ PPM

- مقدار اکسیژن ۲ - ۱/۵ پوند اکسیژن برای هر پوند BOD₅

- مقدار لجن برگشتی ۱۰۰ درصد

این سیستم، BOD₅ را تا حدود ۹۵ درصد کاهش میدهد.

عوامل مؤثر در راندمان واحد تصفیه بیولوژیکی پالایشگاه عبارتند از :

- با تغییراتی در مقدار جریان لجن برگشتی نسبت $\frac{MLSS}{MLVSS}$ را میتوان کنترل کرد.

- اکسیژن یا هوای لازم از روی مقدار کاهش BOD₅ در حوضچه و نیز اکسیژن محلول باقیمانده در آب خروجی محاسبه میشود.

- اکسیداسیون بیولوژیکی با کم شدن درجه حرارت کاهش می یابد هر چه میزان جداسازی آب و روغن کاهش یابد احتمال کم شدن و یا از بین رفتن باکتریها افزایش خواهد یافت.

- بالا رفتن درجه حرارت از ۴۱ درجه سانتیگراد نوعی از میکروارگانیزم ها را فعال مینماید (واحد شناور سازی طوری طراحی شده که آب خروجی از آن در حالت کار مداوم و معمولی حداکثر درجه حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد را دارا باشد).

- حدود تغییرات pH حداکثر ۹ تعیین گردیده است در pH کمتر از ۴ میکروارگانیزمهای مختلف دیگری شروع به فعالیت خواهند نمود.

- بازدهی حوضچه هوادهی بستگی به مقدار لجن برگشتی دارد و اگر مقدار مواد غذایی کافی تأمین گردد میتوان با تغییر میزان لجن برگشتی بازدهی آنرا تا دو برابر افزایش داد.

- هیدروژن سولفور باعث کاهش ناگهانی اکسیژن محلول میشود و اگر این مقدار کاهش از ۱۰ میلیگرم در لیتر بیشتر شود روی عملیات اکسیداسیون بیولوژیکی باکتریهای هوازی اثر خواهد گذاشت و چنانچه این کاهش به ۵۰ میلیگرم در لیتر برسد باعث متوقف شدن کامل عملیات بیولوژیکی خواهد شد.

- آلودگی زیاد آب به فنل میتواند باعث مرگ میکروارگانیزمها گردد که در این رابطه با انجام آزمایشات محدوده مجاز این آلودگی مشخص میشود.

- در پساب واحد روغن سازی موادی از قبیل متیل اتیل کتون و تولوئن و فورفورال وجود دارد که مقدار آنها در عملیات اکسیداسیون بسیار حائز اهمیت میباشد برای مثال وجود ۱۵۰ میلیگرم در لیتر متیل اتیل کتون در حوضچه هوادهی باعث غیر فعال شدن لجن میگردد و نیز ۲/۷ تا ۱۰ میلیگرم در لیتر فورفورال روی کار لجن فعال اثر منفی دارد.

در هر حوضچه هوادهی از سه دمنده بقدرت ۳۰ اسب بخار استفاده میشود و هر دمنده قادر به تأمین ۲۰۰ پوند اکسیژن در روز میباشد. مدت زمانیکه آب در هر یک از حوضچه ها میماند، با فرض اینکه آب برگشتی نداشته باشیم ۱۱/۵ ساعت بوده و آب پس از سرریز شدن بوسیله پمپ وارد تانک ته نشینی میشود.

در مجموع بعلت سرعت زیاد و درجه تصفیه بالای ممکن بوسیله سیستم لجن فعال، کاربرد این روش برای تصفیه فاضلاب پالایشگاهها طی سالهای اخیر بسرعت افزایش یافته و انواع مختلف آن مورد استفاده قرار گرفته است.

۷ - واحد زلال کننده :

در این واحد که شامل دو حوضچه ته نشینی است لجن از قسمت ته و نیز مواد سبک و کف از سطح جمع آوری میشود. آبهای زلال شده سپس وارد تانک ذخیره میگرددند و از آنجا وسیله دستور گرفتن از سیستمهای ابزار دقیق جهت فیلتر شدن به فیلتر شنی فرستاده میشوند.

بخشی از لجنهایی که توسط لجن روبها جمع آوری شده توسط پمپهای برگشتی لجن به حوضچه های هوادهی فرستاده میشود. لازم بیادآوری است که میزان لجن برگشتی به حوضچه هوادهی ۱۰۰ درصد پیش بینی شده است و قطر تانکهای ته نشینی ۶۵ فوت میباشد.

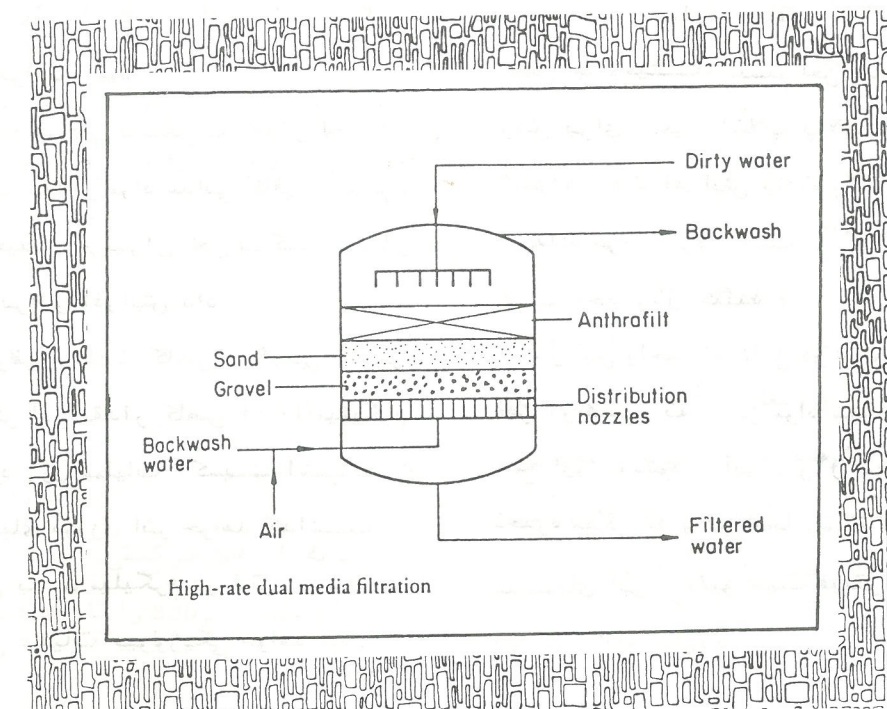
VI - واحد فیلترها: (۱۰)

چهار فیلترشنی وجود دارد که ظرفیت هر یک ۲۵۰ گالن در دقیقه میباشد و غلظت مواد معلق آب را تا ۵ میلیگرم در لیتر و با کمتر تقلیل میدهند. آب فیلترشده خروجی از واحد با زیافت آبهای روغنی با آب خروجی از فیلتر مخصوص آب باران بهم پیوسته و به واحد آب ترمیمی برجهای خنک کننده فرستاده میشود.

نکته قابل تذکر این است که غلظت کل کربن آلی آب خروجی صافیها که برای استفاده مجدد در برجهای خنک کننده پالایشگاه مورد استفاده قرار

میگیرد، با عبور از دستگاه آنالیز مربوطه کنترل میشود.

بطور کلی این فیلترها در انواع مختلف از قبیل فیلترشنی، فیلترهای مختلط (با بستردو یا چندگانه) و غیره ساخته میشوند طرز کار در همه آنها یکسان و لسی راندمان حذف ذرات آنها متفاوت است. گاهی برای افزایش راندمان کار فیلتر از مواد شیمیایی مانند نمکهای آلومینیم و آهن و پلیمرها استفاده میشود. شکل زیر تصویبریک فیلتر را نشان میدهد.



طراحی فیلترها بر اساس پارامترهای زیر صورت میگیرد:

- سرعت فیلتراسیون ۰/۲۲ - ۰/۸۲ متر مکعب بر مترمربع بر دقیقه
- عمق فیلتر (نسبت عمق بسترن به آنتراسیت بصورت ۴:۱) ۱/۲ - ۰/۶ متر
- سرعت شستشوی معکوس ۱ - ۰/۶ مترمکعب بر مترمربع بر دقیقه
- طول زمان سرویس فیلتر ۴۸ - ۸ ساعت
- افت فشار نهائی ۴/۶ - ۱/۸ متر

VII - واحد هاضم لجن هوازی

در یک پالایشگاه ضایعات به شکل جامد در واحدهای مختلف ایجاد میگردد. این جامدات قسمتی از بار آلودگی تولیدشده در این صنعت را تشکیل میدهند و عبارتند از: جامدات، روغن جدا شده توسط جداکننده، ضایعات باقیمانده از شستشوی کف تانکها، بستر مستعمل فیلترها و لجن ناشی از تصفیه آب و فاضلاب. این جامدات با سه روش زیر که میتوانند بطور جداگانه یا توأم عمل شوند، قابل دفعند:

- کنترل و سعی در کاهش حجم این ضایعات.
- تصفیه
- دفع

در پالایشگاه اصفهان لجن فعالی که بمنظور دفع از سیستم خارج میگردد دارای ۶۰۰۰ میلیگرم در لیتر املاح جامد معلق میباشد.

در تصفیه خانه های فاضلاب شهرهای بزرگ سیستمهای هضم لجن بیشتر بصورت بیهوازی بوده در حالیکه در واحدهای کوچک و بخصوص در واحدهای صنعتی انجام عملیات هضم بصورت هوازی محاسن بیشتری نسبت به هضم بیهوازی دارد که در مقام

مقایسه بشرح زیر میباشد:

- ۱ - کاهش دادن مواد جامد سبک تقریباً با سیستم بیهوازی یکسان است.
- ۲ - پائین آوردن BOD₅ محلول.
- ۳ - فرآورده نهائی محصولی است بی بو و دارای مواد زنده بیولوژیکی که به آسانی در خاتمه عمل می توان آنرا دفع کرد.
- ۴ - اشکالات کمتر در قسمت عملیاتی.
- ۵ - هزینه کمتر.

زمان باقی ماندن لجن در سیستم تقریباً ۱۲ تا ۱۶ روز است و معمولاً pH در سرعت عملیات تأثیر زیادی ندارد.

مخزن هضم کننده لجن دارای یک دمنده هواست که جهت هوادهی به باکتریهای زنده مورد استفاده قرار میگیرد. لجن موجود در این مخزن باید بطور متناوب جابجا شود، برای جابجائی از دو روش زیر استفاده میشود.

الف: در طریقه اول هر ۱۵ روز یکبار پس از اینکه ارتفاع لجن در تانک به ۳ تا ۴ فوت رسید سرریز آن توسط پمپ به حوضچه تبخیر لجن فرستاده میشود. در این فاصله ۱۵ روز میتوان مقداری از لجنها ته نشین شده در مخزن را تخلیه کرد که از آن به عنوان بارور کردن زمین های کشاورزی استفاده میشود.

ب: طریقه دوم بدین صورت است که روزانه مقدار ۵۰۰۰ گالن از این لجنها را به زمینهای کشاورزی حمل نموده و به صورت لجن مایع در این زمینها استفاده می نمایند.

با در نظر گرفتن اینکه لجن مدت زمان طولانی در مخزن می ماند در اثر فعل و انفعالات pH از ۵/۵ کمتر خواهد شد.

استانداردهای تخلیه

استانداردهای تخلیه عموماً به معیارهای مربوط به کنترل آلودگی آبها که در کشورهای مختلف متفاوت است، مربوط میشوند. در مورد پالایشگاهها مشخصات پساب تصفیه شده از نقطه نظر آلودگیهای بیولوژیکی و ... بطور متوسط بشرح زیر میباشد:

۵ - ۱۵	mgL ⁻¹	BOD ₅ -
۲۰ - ۸۰	mgL ⁻¹	COD -
۰/۱ - ۰/۱	mgL ⁻¹	-کل کربن آلی
۵ - ۲۰	mgL ⁻¹	-کل مواد جامد معلق
۱ - ۵	mgL ⁻¹	- آمونیاک
< ۰/۱	mgL ⁻¹	- سولفید
۱ - ۵	mgL ⁻¹	- روغن و چربی

در پالایشگاه اصفهان BOD₅ و COD پساب خروجی از حوضچه هوادهی بترتیب ۲۰ و ۴۰ میلیگرم در لیتر میباشد که بادر نظر گرفتن مراحل تکمیلی تصفیه در محدوده فوق الذکر قرار میگیرد.

غلظت فلزات سنگین در پساب تصفیه شده معمولاً

بصورت زیر است :

۱۰	μg L ⁻¹	- آرسنیک
۱۱۵	μg L ⁻¹	- کرم
۲۵	μg L ⁻¹	- مس
۴۰	μg L ⁻¹	- سیانید
۱۵	μg L ⁻¹	- سرب
۵	μg L ⁻¹	- نیکل
۲۰۰	μg L ⁻¹	- روی

آلاینده سمی دیگری که در پساب تصفیه شده ممکن است وجود داشته باشد، بنزن است. وجود و غلظت این ترکیبات در یک واحد مشخص متغیر است و بستگی به مشخصات واحد دارد. در پساب پالایشگاه

اصفهان بدلیل مشخصات فرآیند و بر اساس گزارشات آزمایشگاه مسئول، بنزن و فلزات سنگین مشاهده نگردیده است.

- 1- Once-through non-contact cooling water.
- 2- Ballast water.
- 3- NON-segregated cooling water.
- 4- Boiler blow down.
- 5- Sour water.
- 6- Oily process water.
- 7- product finishing.
- 8- Blending and packaging.
- 9- American petroleum Institute separator.
- 10-Deep bed filters.

[۲] Petroleum and organic chemicals Industries

by: D-Barnes

CF-Forster

SE-Hrudey

[۱] Wastewater technology

by: W.Fresenius and W.Schneider

B.Böhnke and K.Pöpping haus

[۲] واحد بازیافت آبهای آلوده

انتشارات اداره آموزش پالایشگاه اصفهان

با تشکر از همکاری کارکنان بخش مهندسی آب و برق و بخار - اداره مهندسی پالایش - پالایشگاه اصفهان که ما را در جمع آوری اطلاعات مربوط به مقاله یاری نمودند.