

بررسی تجربی بهبود راندمان حوضچه‌های چربی گیر API پالایشگاه‌ها با روغن‌روب دیسکی

سید علیرضا مصطفوی*

استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه اراک، اراک، ایران

مهدی صوفی

کارشناس واحد تحقیق و توسعه، شرکت نفت پارس، اراک، ایران

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، بررسی و مطالعه تأثیر استفاده از روغن‌روب‌های دیسکی در حوضچه‌های تصفیه آب پالایشگاهی است که نحوه عملکرد و میزان کارایی این نوع روغن‌روب‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. باتوجه به نبود اطلاعات کافی جهت نصب و راه اندازی این تجهیز در حوضچه‌های API، در ابتدا می بایست مدل آزمایشگاهی آن ساخته شود. یک نمونه آزمایشگاهی در پالایشگاه نفت پارس ساخته شده و به منظور شبیه‌سازی تجهیز و افزایش راندمان آن، آزمایش‌های مختلفی نظیر جنس دیسک‌های بکار برده شده، تغییرات دمایی روغن، دور مفید چرخش دیسک‌ها و فاصله دیسک‌ها با مانع پشتی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج استخراج شده بیانگر این است که دیسک آلومینیومی با دور پائین ۱۲ دور بر دقیقه بیشترین راندمان را خواهد داشت و هر چه فاصله دیسک‌ها تا لبه انتهایی حوضچه کمتر باشد سکون بیشتری حاصل شده و راندمان افزایش خواهد یافت. در نهایت استفاده از روغن‌روب دیسکی در حوضچه‌ها پیشنهاد می‌شود که تحقیقات بیشتری برای طراحی و ساخت نمونه صنعتی مورد نیاز است.

واژه‌های کلیدی: حوضچه API، روغن‌روب‌های دیسکی، افزایش بازدهی، جنس دیسک، دور دیسک‌ها.

Experimental study of Efficiency Improvement of API Oil-water Separator Using Disk Oil Skimmer

S. A. Mostafavi
M. Soufi

Department of Mechanical Engineering, Arak University, Arak, Iran
Member of R&D, Pars oil refinery, Arak, Iran

Abstract

The aim of this research is to investigate the effect of using disk oil skimmer in the water treatment units of refineries and to evaluate the performance and efficiency of these types of oil removers. Due to the lack of sufficient information on the design and construction of this equipment, an experimental prototype needed to be manufactured. Such a prototype has been constructed in Pars oil refinery to simulate and investigate the efficiency of oil disk skimmer. It was subjected to different tests in order to study parameters such as disk material, oil temperature, optimum disk rotation and the distance of disk from rear barrier. The results indicate that aluminum disk with 12 rpm has higher efficiency and the more distance from rear barrier, the higher efficiency yields. Finally the use of disk oil skimmer is strongly recommended; although more research is needed for the design and fabrication of industrial-scale

Keywords: Oil water separator, Disk oil skimmer, Efficiency improvement, Disk material, Disk rotation.

برای دفع مناسب و اصولی فاضلاب‌های صنعتی، لازم است که شیوه‌ها و فنون مختلف کاهش آلودگی و حذف عوامل مضر شناخته شود تا در هر برنامه کنترل آلودگی به طور مؤثر نسبت به انتخاب و طراحی سیستم‌ها اقدام گردد. یکی از عوامل آلاینده فاضلاب‌ها، روغن، گریس، چربی و به طور کلی مواد مختلف شناور می باشد. این مواد و ترکیبات با توجه به مشکلاتی که می‌توانند به محیط زیست تحمیل نمایند، حذف آنها از فاضلاب‌های صنعتی لازم و ضروری است. این امر به ویژه از این نظر قابل توجه است که گاهی مواد شناور و روغنی، قابل استفاده مجدد بوده و به همین جهت جداسازی آنها غیر از کاهش آلودگی، دارای محرک اقتصادی نیز می باشد [۶،۵،۴].

یکی از پرکاربردترین قسمت‌هایی که در واحدهای تصفیه آب پالایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، وجود سیستمی تحت عنوان حوضچه‌های جداکننده^۱ روغن از آب می باشد [۸،۷]. از جمله وظایف این گونه سیستم‌ها، همانگونه که از نامشان نیز پیداست، جدا نمودن روغن از آب است. از شیوه‌های مؤثر برای حذف ذرات معلق روغن و چربی‌ها در حوضچه‌های API، استفاده از روش شناورسازی^۲ می باشد [۱۰،۹]. با

۱- مقدمه

با گسترش روزافزون صنایع، مسائل و مشکلات جدیدی بوجود می‌آید که می‌بایست به نحو صحیح حل شوند. صنایع نفت بویژه پالایش، نقش عمده‌ای در آلودگی‌های مصنوعی جهان دارند. افزایش حجم نفت تصفیه شده و ساخت پالایشگاه‌های بزرگ و کوچک در کنار شهرها و مناطق پر جمعیت به خاطر صرفه جویی در هزینه‌های حمل و نقل، سبب افزایش میزان آلودگی از ناحیه این فعالیت‌ها شده است. منابع آلوده کننده آب، هوا و زمین در پالایشگاه‌ها از نظر کمی و کیفی یکسان نبوده و بنا به ظرفیت دستگاه‌ها، نوع نفت خام، تنوع واحدهای پالایش، سیستم‌های کنترل واحدها، چگونگی تعمیرات دستگاه‌ها و وسایل مکانیکی آنها و سرانجام شیوه مدیریت و کیفیت آموزش کارکنان هر پالایشگاه متفاوتند. تولید پساب صنعتی، خود یکی از مهمترین مسائل چالش برانگیز برای محیط زیست محسوب می‌گردد که می بایست به درستی حل شود. لذا سازمان‌ها و شرکت‌های حامی محیط زیست، با تدوین قوانین خاص، در صدد جلوگیری از ورود این آلودگی‌ها به محیط زیست هستند. در صورتیکه آلودگی‌های صنعتی به طور مناسب کنترل و رفع نشوند می توانند خسارات جبران ناپذیری به بار آورند [۳،۲،۱].

^۱ API Oil-Water Separator

^۲ Flootation

توجه به ماهیت چربی‌ها، اینگونه مواد همواره بر روی سطح آب شناور می‌مانند. بنابراین شناورسازی یکی از متداول‌ترین روش‌های حذف چربی‌ها و معلق کردن آنها بر روی آب موجود در حوضچه‌های API بشمار می‌آید [۱۲، ۱۱]. این شیوه برای جداسازی ذراتی که سبک بوده و چگالی نزدیک به آب دارند، مورد توجه قرار می‌گیرد و کاربردهای وسیعی در صنایع نفت، پتروشیمی و همچنین صنایع تولید گوشت و مواد غذایی دارد. چربی‌ها جزء ترکیبات آلی پایدار هستند و به سادگی توسط باکتری‌ها تجزیه نمی‌شوند. لذا یکی از عواملی که حتی در مراحل بعدی تصفیه بیولوژیکی نیز ایجاد مشکل می‌نمایند، چربی و مواد نفتی هستند که حتماً باید آن را حذف نمود [۱۴، ۱۳]. در حال حاضر، در اغلب واحدهای پالایشگاهی، از مکانیزم ساده‌ای متشکل از لوله‌ای با قطعاتی محیطی برش خورده، مطابق شکل ۱ استفاده می‌شود و روغنی که به واسطه چگالی کمتر، روی سطح آب قرار دارد با تغییر زاویه این لوله، از طریق قطعاتی برش خورده به داخل لوله هدایت شده [۱۶، ۱۵] و در ادامه، با استقرار بلند مدت در مخازن ماند، آب و روغن در چند مرحله از یکدیگر جدا می‌شوند. این فرآیند ضمن طولانی بودن، به فضای نسبتاً وسیعی جهت انباشت آب و روغن نیاز دارد که چندان مناسب به نظر نمی‌رسد و غالباً نواقصی بر روی اینگونه سیستم‌های API مشاهده می‌شود که عبارتند از:



شکل ۱- شمای کلی از روغن روب مورد استفاده در حوضچه‌های API پالایشگاه

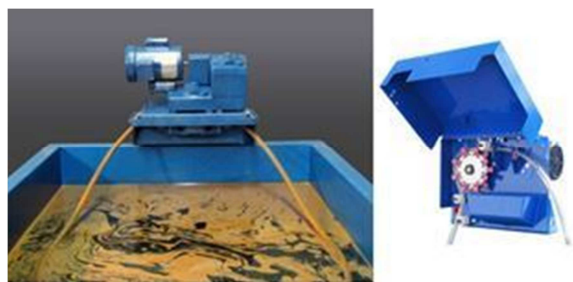
- (الف) عدم تنظیم زاویه روغن‌روب و نیاز به نیروی انسانی
 - (ب) ورود حجم زیاد آب به همراه روغن در چاله روغن‌روبی
 - (ج) افزایش حجم روغن و چربی‌های شناور بر روی سطح آب و لزوم بکارگیری مواد منعقد کننده بیشتر
 - (د) تخلیه دستی مواد چربی و روغن به تانک مرجع
- بنابراین تلاش برای استفاده از سیستم‌های نوین با تغییر در مکانیزم روغن‌روبی مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از روغن‌روب‌های دیسکی، می‌تواند ضمن کاهش فضای مورد نیاز، میزان کارایی سیستم جداسازی را افزایش داده و بدین ترتیب گام بلندی در جهت حفظ محیط زیست و کاهش هزینه‌های جداسازی باشد. در این راستا انواع متعددی از سیستم‌های جداکننده پیشنهاد شده است:

۲- جداگر فرچه‌ای

این گونه جداکننده‌ها با توجه به فرجه مدوری که دارند، با قرارگیری بر روی لکه‌های نفتی، شروع به چرخیدن نموده و مقادیر بسیار زیادی روغن را به خود جذب می‌کنند و در نهایت فرچه‌های آغشته به روغن و چربی، توسط تیغه‌ای که در پشت فرچه‌ها نصب شده است، تمیز می‌گردند و روغن‌های جمع‌آوری شده توسط پمپ به محیط بیرون انتقال می‌یابد.

۳- جداگر لوله‌ای

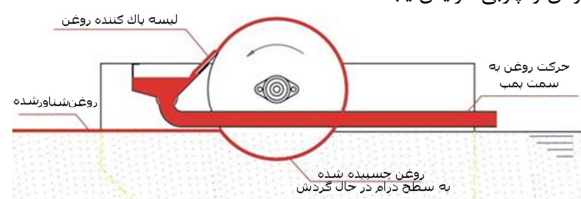
در این نوع جداکننده از یک شیلنگ پیوسته استفاده می‌شود که طول شلنگ بسته به مساحت ناحیه مورد نیاز جهت جداسازی روغن از آب، متغیر می‌باشد. پس از قرارگیری این نوع شلنگ بر روی سطح آب، الکتروموتور شروع به چرخاندن شلنگ نموده و با این عمل، ذرات روغن به شلنگ چسبیده و در بخشی از دستگاه، روغن چسبیده شده به سطوح شلنگ از روی آن جدا شده و این کار جهت جمع‌آوری روغن و چربی روی سطح آب به صورت پیوسته مطابق شکل ۲ ادامه خواهد داشت.



شکل ۲- جداکننده لوله‌ای

۴- جداگر استوانه‌ای

جمع‌آوری روغن در این نوع جداکننده توسط یک استوانه مدور مانند شکل ۳ صورت می‌گیرد. مکانیزم عملکرد این نوع سیستم‌ها مشابه جداکننده نوع فرچه‌ای می‌باشد. بروج و همکارانش در یک کار تحقیقاتی به مطالعه پارامترهای مختلف موثر بر راندمان این نوع جداکننده‌ها پرداخته‌اند [۱۷]. آنها در کار خود به این نتیجه رسیدند که برای روغن با لزجت پائین، استوانه لاستیکی از انواع آلومینیومی و پلی‌اتیلنی راندمان بیشتری خواهد داشت. راندمان جداسازی حداکثر در سیستم طراحی شده آنها در سرعت ۴۰ دور بر دقیقه اتفاق می‌افتد. جهت بالا بردن راندمان این نوع جداکننده‌ها، مطابق شکل ۴ می‌توان سطح استوانه را شیاردار نمود که این امر سبب می‌شود که سطح مفید جهت جمع‌آوری روغن و چربی افزایش یابد.



شکل ۳- جداکننده استوانه‌ای

² Brush Skimmer

³ Tube Skimmer

⁴ Drum Skimmer

¹ Slotted-Pipe

۲- جداگر دیسکی

این نوع جداکننده با توجه به ساختار دیسکی خود مطابق شکل ۶، نفوذ زیادی در لکه‌های روغنی داشته و بنابراین قادرند لکه‌های روغنی بیشتری را به خود جذب نمایند.

همانطور که در بالا توضیح داده شد، روشهای بسیار متنوعی به منظور حذف روغن از آب در حوضچه های API وجود دارد و صرفا یک انتخاب جهت بکارگیری آنها وجود نداشته و می‌توان با بهره‌گیری از هر کدام این روشها، راندمان حوضچه‌ها را افزایش داد.

تسوکالیز در سال ۱۹۹۴ تکنولوژی تصفیه مکانیکی سیالات را به عنوان یک روش کارآمد معرفی نمود [۱۸]. در این تکنولوژی با استفاده از چربیگیرهای مختلف استوانه‌ای شکل، برس مانند، کمربندی و دیسکی، خاصیت چسبندگی سطح باعث حذف روغن از سطح آب می‌شود. کراکن نیز مطالعات متعددی در زمینه فهم مکانیزم و توسعه عملکرد هیدرودینامیکی چربی‌گیرها انجام داده است. کراکن از روغنهای با لزجت پائین و ضخامت فیلم حدود ۲۰ تا ۲۵ میلیمتر برای بررسی شرایط جداکننده‌ها پرداخته است [۱۹]. لورنز در تحقیق خود به این نتیجه رسید که هنگامی که ذرات معلق در مخلوط وجود نداشته باشد عملکرد جداکننده از لزجت روغن محلول متأثر نبوده در حالی که وجود ذرات معلق، لزجت سیال بر روی عملکرد تجهیز مؤثر خواهد بود [۲۰]. بروج نیز در یک کار جامع جهت افزایش راندمان جداکننده استوانه‌ای شیاردار به بررسی جزئیات هندسه جداکننده شامل زاویه و تعداد دندانه‌های درام پرداخته است. نتایج آنها حاکی از آن است که با تغییرات هندسه می‌توان راندمان را تا سه برابر بالا برد [۱۷].

اما از میان آنها، جداکننده دیسکی چون فضای کمتری را نیاز داشته و از لحاظ عملکردی و تعمیراتی نیز هزینه‌های کمتری نیاز دارد، نسبت به دیگر انواع برتری دارد. حال در ادامه به مطالعه و ساخت یک نمونه جداکننده دیسکی پرداخته شده است. همه کارهای انجام شده در این زمینه همگی بر پایه تجربه بوده، پایه و اساس مطالعاتی دقیقی نداشته و گاهی برای کاربردهای محدود و بیشتر در پالایشگاههای نفت توسعه یافته است. بنابراین به دلیل ترکیب مختلف روغن‌ها و خواص کاملاً متفاوت پساب در پالایشگاههای مختلف، ظرفیتهای مختلف حوضچه‌ها، شرایط آب و هوایی متفاوتی که تجهیز در آنجا نصب شده و احتمال تغییر ویسکوزیته روغن در فصول مختلف وجود دارد و از همه مهمتر کاربردهای مختلفی که این تجهیز در جداسازی روغن از آب در هر صنعتی از جمله کارخانجات فولاد و صنایع غذایی که متفاوت از پالایشگاهها هستند، مطالعه تجربی دقیق این فرآیند در یک نمونه آزمایشگاهی که طرحواره از آن در شکل ۷ آورده شده، صورت گرفته است.



شکل ۴- جداکننده استوانه‌ای شیاردار

۱- جداگر تسمه‌ای

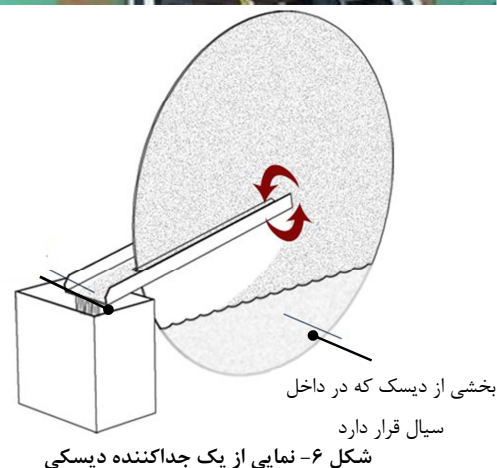
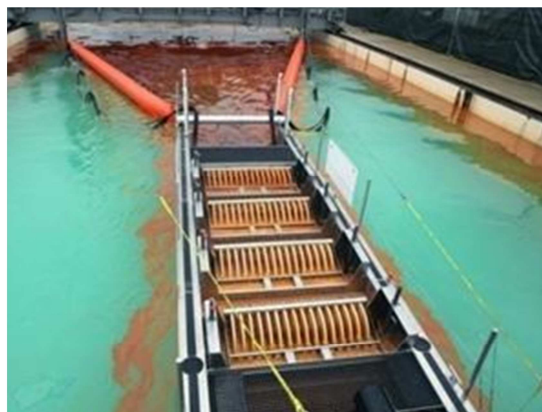
همانگونه که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، در این نوع از جداکننده‌ها بخشی از تسمه در زیر آب و بخش دیگر بر روی سطح آب قرار گرفته و توسط الکتروموتوری، این تسمه به چرخش درمی‌آید. جنس تسمه در برخی موارد از نوعی الیاف پارچه مثل نمد و یا لاستیک است که با توجه به خاصیت جذب روغن توسط این الیاف، مقادیری روغن به خود جذب نموده و در قسمتی دیگر از این سیستم، توسط نوعی تیغه مخصوص، از تسمه جدا می‌شود. از این سیستم‌ها عموماً به منظور استخراج چربی و روغنهای موجود در حوضچه و استخرهای عمیق استفاده می‌شود.



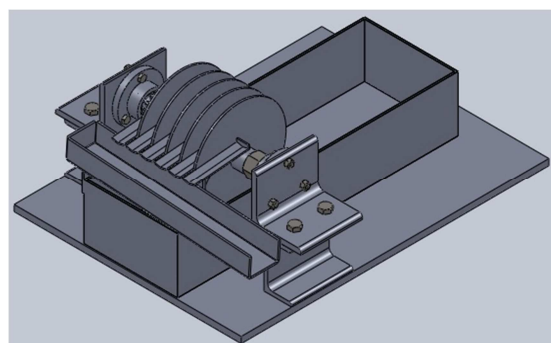
شکل ۵- جداکننده تسمه‌ای

² Disk oil Skimmer

¹ Belt oil skimmer



از آنجایی که تلاش برای رسیدن به بهترین شرایط و افزایش میزان جداسازی اولین گام در توسعه این نوع جداکننده است. لذا در ادامه به مطالعه عوامل موثر بر راندمان جداسازی از جمله سرعت دوران دیسکها، جنس دیسک، تغییرات دما، جهت دوران و جنس روغن در یک نمونه آزمایشگاهی پرداخته شده و نتایج ارائه می گردد.



۲- روش آزمایش و تجهیزات

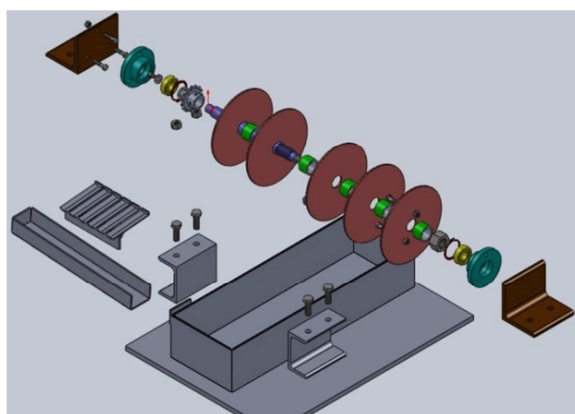
اساس کارکرد جداکننده دیسکی بر پایه خاصیت چسبندگی روغن استوار است که مطابق شکل ۸، از دیسکی دوار و تیغه‌های مورب تشکیل شده است. به واسطه‌ی لزجت و چسبندگی روغن، هنگامی که دیسک از داخل مخلوط آب و روغن عبور می‌کند، ذرات روغن به آن می‌چسبند و در ادامه، توسط تیغه‌ها از روی دیسک جدا و به مخزن دیگری هدایت می‌شوند.

به طور کلی نصب تجهیز روغن روب دیسکی بر روی حوضچه‌های API، از جمله فرآیندهایی است که جهت طراحی نیاز ضروری به کارهای آزمایشگاهی و کار با واحدهای نیمه صنعتی^۱ دارد. در ابتدا باید پارامترهای مختلف طراحی فرآیند شناخته شده، راندمان و شرایط عملیاتی سیستم مشخص گردیده و سپس از آن در طراحی سیستم واقعی^۲ استفاده شود.

در مقاله حاضر، چگونگی عملکرد این نوع از روغن روب‌ها مورد توجه قرار گرفته است. بدین منظور یک نمونه مدل آزمایشگاهی، مطابق شکل ۹، طراحی و تغییر سرعت دورانی دیسک‌ها، تغییر جنس دیسک‌ها، بررسی اثر دما، جهت دوران و لزجت متفاوت روغن‌ها مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

تجهیز مورد نظر از قطعات مختلفی تشکیل شده است که بخش‌های اصلی آن عبارتند از:

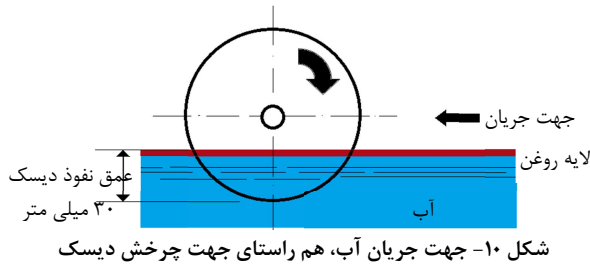
- موتور تکفاز با قابلیت تغییر دور: از آنجایی که تعیین دور بهینه تجهیز مدنظر است، دور موتور باید قابل تغییر باشد و بدین منظور از یک موتور استفاده شده است.
- مجموعه چرخ زنجیر: حداقل دور کاری موتور استفاده شده ۱۲ rpm می باشد. با توجه به اینکه از روغن روب‌های دیسکی در دوره‌های کاری کم استفاده می شود، لازم است تا سرعت دورانی دیسک‌ها کمتر از حداقل دور کاری موتور باشد. بدین منظور از مجموعه چرخ زنجیر با نسبت تبدیل ۲/۶۷ : ۱ به منظور کاهش دور و افزایش گشتاور، استفاده شده است.



شکل ۸- اجزای مختلف سیستم جداکننده دیسکی

¹ Pilot Plant

² Scale up



شکل ۱۰- جهت جریان آب، هم راستای جهت چرخش دیسک

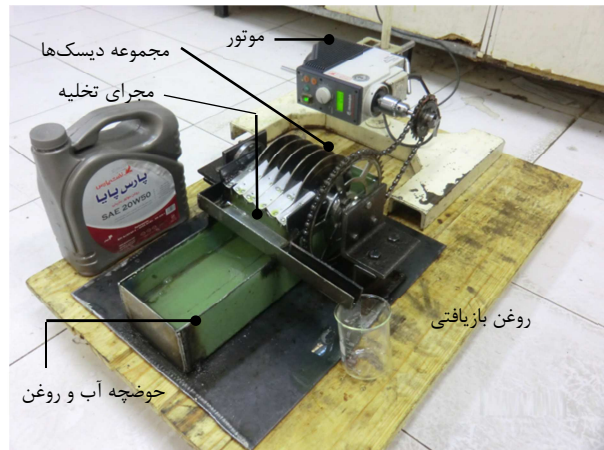
در طی آزمایشات و به جهت طراحی تجهیز روغن‌روب دیسکی با راندمانی مناسب به بررسی اثر جنس دیسک‌ها (تفلونی، فولادی و آلومینیومی)، دور مفید چرخش دیسک‌ها، جهت چرخش دیسک‌ها و فاصله دیسک‌ها با مانع پشتی پرداخته می‌شود. روغنی که در حوضچه‌های تصفیه جمع‌آوری می‌شود عموماً متفاوت بوده و لذا همواره با لزجتهای متفاوتی از روغن سروکار داریم از این رو روغن با لزجتهای مختلف مطابق با جدول ۱ مورد آزمایش قرار می‌گیرد. از آنجا که دمای محیط و بالتبع دمای روغن موجود در حوضچه در طول سال تغییر می‌کند، در آزمایشات روغن‌ها ابتدا در یک هیتر گرم شده و سپس در حوضچه تخلیه می‌شوند تا اثر دمای روغن در جداسازی نیز مورد بررسی قرارگیرد.

۳- نتایج

در این قسمت به ارائه و بررسی نتایج حاصل از آزمایشات پرداخته می‌شود.

۳-۱- جنس دیسک‌ها

برای بررسی اثر جنس دیسک‌ها از سه دیسک آلومینیومی، فولادی و تفلونی استفاده می‌شود. همانگونه که در نمودار شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که دیسک‌های آلومینیومی دارای جذب روغن و چربی بیشتری نسبت به سایر دیسک‌ها می‌باشد که در این شکل تنها نتایج مربوط به سرعت ۱۲RPM گزارش شده است. تفلون یک مارک تجاری است که برای نوعی پلاستیک موسوم به پلی تترا فلئور اتیلن (PTFE) انتخاب شده است. راز سطح صیقلی تفلون را باید در گستردگی اتم‌های فلئور در مولکول تفلون دانست. اتم‌های فلئور تقریباً همه مواد را از خود دفع کرده و از چسبندگی آنها به تفلون جلوگیری می‌کنند. تفلون کمترین ضریب اصطکاک را در بین کل مواد دارد و به همین دلیل نیز در ساخت ظروف نجسب و نیز نوار آب بندی به کار می‌رود. در زیر میکروسکوپ، سطح تفلون در مقایسه با سطح آلومینیوم دارای سطح صیقلی و بدون خلل و فرج بوده که این مسئله باعث می‌شود که دیسک‌های تفلونی روغن کمتری را به خود جذب نمایند. درواقع هرچه زبری سطح دیسک بیشتر باشد، بواسطه‌ی خلل و فرج میکروسکوپی موجود، روغن بیشتری به سطح دیسک خواهد چسبید.



شکل ۹- مدل آزمایشگاهی ساخته شده از روغن روب دیسکی

- دیسک‌های دوار: همانگونه که در شکل ۹ نشان داده شده است، این مجموعه که وظیفه استخراج و جداسازی روغن از آب را به عهده دارد از یک شفت مرکزی و تعداد ۳ حلقه دیسک با قطر خارجی ۱۵۰ mm تشکیل شده است. با چرخش دیسک‌ها و عبور از داخل سیال، روغن و آب به دیسک‌ها چسبیده و در ادامه توسط ورقه‌های تفلونی که نقش لیسه یا جاروب کن^۱ را دارند، از جداره‌های دیسک، جاروب شده و به داخل مجرای تخلیه هدایت می‌شوند. جنس دیسک‌ها از مواد تفلون، فولاد و آلومینیوم در نظر گرفته شده است.

- حوضچه روغن و آب: به منظور شبیه سازی حوضچه‌ی API از مخزنی با حجم تقریبی ۵ لیتر استفاده شده است. لذا برای انجام آزمایش‌های متفاوت، حجم مشخصی از آب و روغن به داخل این مخزن تزریق می‌گردد که چگونگی جریان سیال در نتیجه دوران دیسک‌ها در داخل مخزن قابل مشاهده و بررسی خواهد بود.

جهت تعیین دقیق اثر پارامترهای مدنظر، شرایط پایه برای انجام آزمایشات به صورت زیر انتخاب می‌شود:

مدت زمان: ۱۵ دقیقه

حجم آب: ۴ لیتر

حجم روغن: ۲۰۰ سی سی

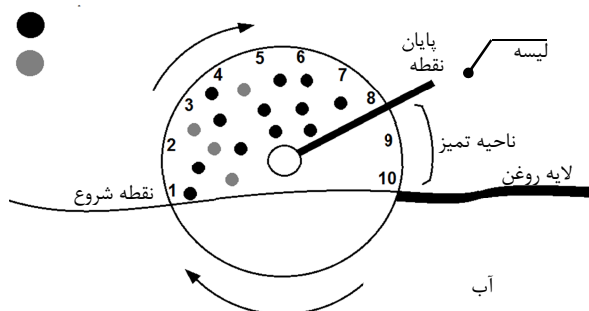
دمای محیط: ۲۴ درجه سلسیوس

سرعت دوران در هر آزمایش: ۱۲rpm

در ابتدا ۴ لیتر آب را در حوضچه تجهیز ریخته و ۲۰۰ cc روغن SAE 20 را به آن اضافه می‌کنیم و سپس دیسک‌های تفلونی با ۱۲rpm و به مدت ۱۵ دقیقه، شروع به چرخش می‌کنند. پس اتمام زمان آزمایش و به منظور اندازه‌گیری میزان روغن و آب، سیال خروجی از مجرای تخلیه در یک استوانه مدرج ریخته می‌شود. همچنین زمانی را می‌بایست صرف سکون محلول نمود تا روغن و آب به خوبی از هم جدا شوند و بتوان مقدار روغن را به خوبی اندازه گرفت. جهت دوران مطابق شکل ۱۰ دیسک در راستای جهت جریان آب بوده و میزان عمق نفوذ دیسک‌ها در حوضچه آب و روغن، ۳۰ میلی‌متر می‌باشد.

¹ Wiper

باشد. نقطه خروج دیسک از مخلوط آب و روغن شماره ۱ و نقطه ۸ نیز نقطه پایانی و محل نصب لیسه می‌باشد.



شکل ۱۳- شکل طرحواره چرخش دیسک

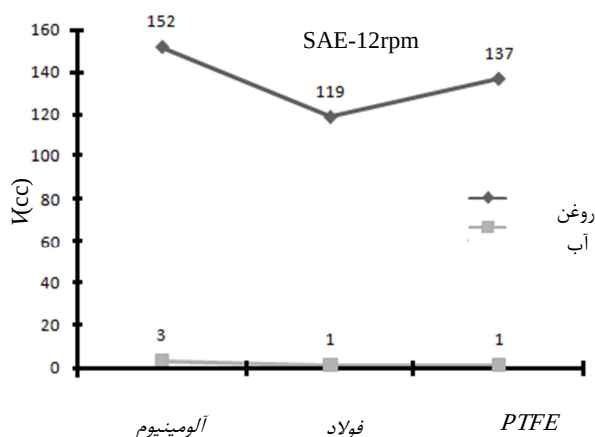
در واقع در نقطه ۸، تمامی روغن‌های موجود بر روی سطح دیسک توسط لیسه پاک شده و از تجهیز بعنوان خروجی خارج می‌شوند و عملاً نقطه ۹ و ۱۰، ناحیه تمیز و عاری از هرگونه روغن و آب می‌باشد. حال با چرخش دیسک‌ها با سرعت ۱۲ RPM، ذرات روغن و آب به دیسک چسبیده و لذا به علت خاصیت چسبندگی زیاد روغن نسبت به آب، قطرات آب تنها قادرند تا مرحله ۵ به دیسک بچسبند و با توجه به وجود نیروی جاذبه و همچنین نیروی چسبندگی کم آب نسبت به روغن، قطرات آب از روی دیسک سر خورده و مجدداً به داخل حوضچه آب تجهیز سقوط کرده و نمی‌توانند تا مرحله نهایی یعنی نقطه ۸ حرکت کنند. حال هرچه سرعت چرخش دیسک‌ها بیشتر شود، فرصت سقوط و سر خوردن قطرات آب، از روی دیسک‌ها گرفته می‌شود و قطرات آب قادرند تا مرحله ۸ به سطح دیسک‌ها بچسبند.

۳-۳- دمای روغن

خاصیت مقاومت تغییر در لزجت ناشی از تغییر دما، با شاخص لزجت^۲ بیان می‌شود. به طوریکه هرچه این شاخص روغن بالاتر باشد، در مقابل گرما و یا سرما تغییر شکل کمتری در لزجت از خود نشان می‌دهد. روغن‌های روان‌کننده مانند هر مایع دیگری در اثر گرما، رقیق و در اثر سرما غلیظ می‌گردند ولی این تغییرات رقت و غلظت برای تمامی روغن‌ها یکسان نمی‌باشند. لذا چنین مسئله‌ای تأثیر بسزایی بر روی کاهش و یا افزایش رانندگی چربی‌گیری تجهیز روغن‌روب دیسکی دارد. نتایج آزمایش‌های صورت گرفته توسط این تجهیز نشان می‌دهد که هر چه دمای روغن افزایش یابد، میزان چربی‌گیری نیز افزایش یافته و همچنین با کاهش دما، میزان رانندگی چربی‌گیری تجهیز مذکور به واسطه افزایش گرانی روغن کاهش می‌یابد. در نمودار شکل ۱۴، نتایج آزمایش در دو دمای ۷۰ و ۱۰ درجه سلسیوس بالای صفر با روغن برای استاک و با دور ۱۲ RPM نشان داده می‌شود. شایان ذکر است که در بین روغن‌هایی که در تست‌های عملکرد رانندگی تجهیز روغن‌روب دیسکی بکاربرده شده است، روغن برای استاک از لحاظ میزان گرانی، در سطح بالاتری نسبت به سایر روغن‌ها قرار دارد.

جدول ۱- لزجت روغن‌های مورد استفاده در آزمایش

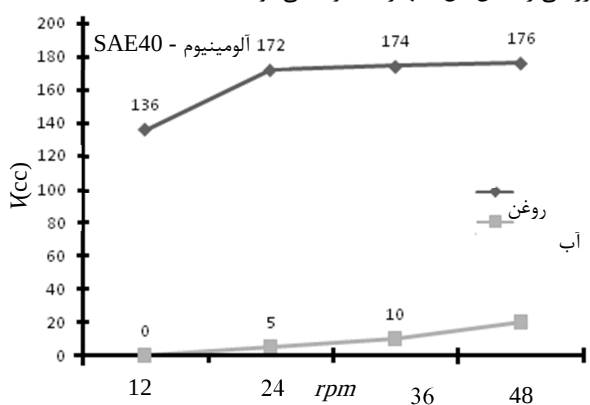
نوع روغن	لزجت در ۴۰ °C	لزجت در ۱۰۰ °C
SAE 20	۶۳/۹۳	۸/۲
SAE 40	۱۳۷/۸۳	۱۲/۷۸
برایت استاک ^۱	۴۶۱/۴۵	۲۹/۳



شکل ۱۱- رانندگی دیسک‌های آلومینیومی، فولادی و تفلونی

۳-۲- دور مفید چرخش دیسک‌ها

یکی از مهمترین علل انجام آزمایش‌های مختلف با دورهای متفاوت 48RPM, 36RPM, 24RPM, 12RPM، دستیابی به دور بهینه به منظور استخراج روغن بیشتر و آب کمتر می‌باشد. تأثیر افزایش دور گردش دیسک‌ها بر روی رانندگی تجهیز در نمودار شکل ۱۲ به خوبی بیان شده است. در تمامی نتایج آزمایش‌های صورت گرفته مطابق با نمودار شکل ۱۲، با افزایش دور چرخش دیسک‌ها، علاوه بر استخراج بیشتر روغن و مواد چرب، آب بیشتری نیز استخراج می‌شود. همانگونه که اشاره شد، حضور آب در روغن خروجی نیز یک پارامتر منفی در ارزیابی رانندگی این تجهیز محسوب می‌شود.

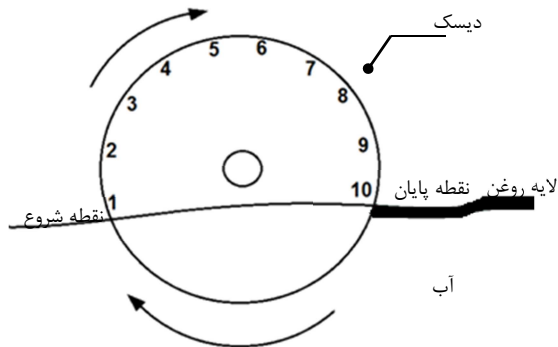


شکل ۱۲- افزایش دور چرخش دیسک‌های آلومینیومی

در شکل ۱۳ به خوبی دلیل حضور آب بیشتر در خروجی توضیح داده شده است. فرض کنید که دیسک مورد نظر، جهت نصب در تجهیز روغن‌روب دیسکی مدرج بوده و جهت چرخش دیسک نیز ساعتگرد

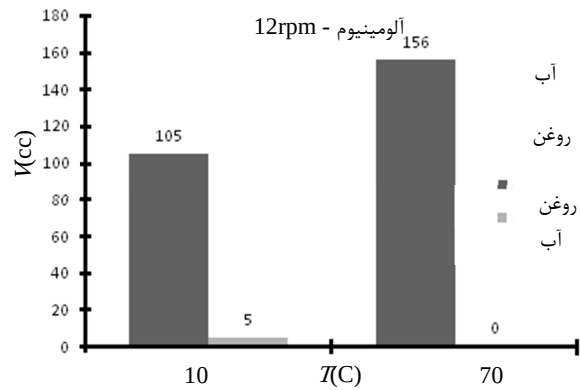
^۲ V.I. (Viscosity Index)

^۱ Bright Stock



شکل ۱۶- دو نقطه جاذبه و دافعه دیسک در حین چرخش در مخلوط آب و روغن

ب) دافعه: همچنین در آن طرف دیسک، بخشی که در حال خارج شدن از سطح آب و روغن می‌باشد (نقطه شماره ۱ در شکل ۱۶)، نیروی دافعه‌ای ایجاد می‌کند که دیسک مذکور بر خلاف نقطه ۱۰، سعی بر راندن و دفع نمودن تمامی سیالات اطراف خود را دارد. بنابراین باید گفت که جهت چرخش دیسک‌ها بستگی زیادی به جهت حرکت جریان آب دارد. زمانیکه چرخش دیسک‌ها مانند شکل ۱۷ هم راستای جریان آب و روغن باشند، نیروی بوجود آمده در چرخش دیسک‌ها، سیال روغن و آب را می‌شکافند و اولین نقطه برخورد دیسک بر روی سطح حوضچه، از روغن شروع و سپس به آب ختم می‌شود و این امر باعث ایجاد شکاف بر روی سطح آب و روغن حوضچه شده و مقادیر قابل توجهی روغن و چربی به سطح دیسک‌ها می‌چسبند. لذا به طور کلی باید گفت که سیال اطراف دیسک در این حالت نیروی جاذبه‌ای را پدید می‌آورد. حال در نقطه B در شکل ۱۸، دیسک در حال خارج شدن از حوضچه می‌باشد که در این حالت نیروی چرخشی رو به بیرون دیسک، باعث دفع نمودن آب و روغن اطراف خود شده و با توجه به اینکه در نقطه B، چرخش دیسک رو به بیرون است، بخشی از آب تا اندازه مشخصی به بالا آمده و باعث ایجاد نوعی مرز بین دیسک و روغن می‌شود که این مسئله دقیقاً عکس حالت A می‌باشد. لذا باید به این نکته اشاره نمود که در دیسک‌های دوار، عمل روغن‌گیری مفید، از نقطه A آغاز می‌شوند و در صورتیکه جریان آب و چرخش دیسک‌ها، هم‌راستای هم نباشند، قاعداً با چربی‌گیری کمتری نسبت به هم‌راستایی دیسک‌ها با جریان آب مواجه خواهیم بود که در شکل ۱۹ این موضوع به خوبی بیان شده است.



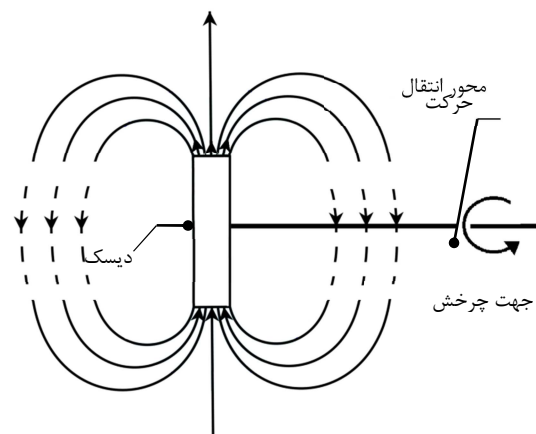
شکل ۱۴- تأثیر افزایش دما بر روی افزایش راندمان روغن روب دیسکی

نتایج این آزمایش به خوبی نشان می‌دهد که با افزایش دما، راندمان تجهیز مذکور افزایش یافته که این امر بیشتر متأثر از کاهش گرانیروی روغن می‌باشد. لذا در نصب این تجهیز در حوضچه‌های API می‌بایستی به این نکته توجه کرد که در صورت نصب روغن‌روب دیسکی در یک منطقه سردسیر، باید با تعبیه کویل بخار در زیر دیسک‌های تجهیز مذکور، از افزایش لزجت روغن بواسطه کاهش دمای محیط جلوگیری نمود، چرا که با افزایش لزجت روغن، از راندمان چربی‌گیری تجهیز کاسته خواهد شد. این موضوع در توسعه بعدی تجهیز مدنظر قرار گرفته شده است.

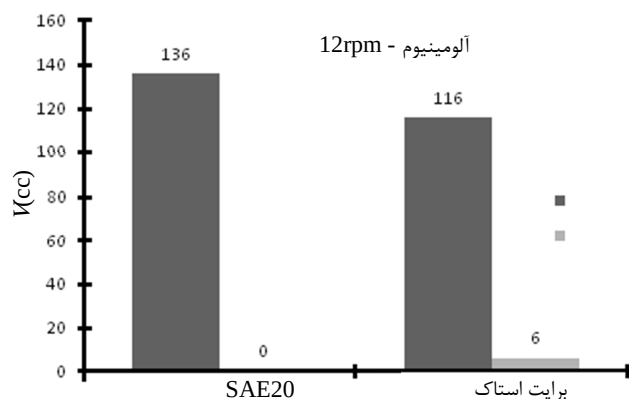
۳-۴- جهت چرخش دیسک‌ها

زمانی که یک دیسک مطابق شکل ۱۵ در آب شروع به چرخیدن می‌کند، میدان جریان را در حول خود بر روی سطح حوضچه ایجاد کرده که این میدان جریان دقیقاً مشابه میدان جریان در آهنربای مغناطیسی است. لذا دو حالت جاذبه و دافعه در دو نقطه از دیسک بوجود می‌آید.

الف) جاذبه: بخشی از دیسک که وارد آب می‌شود (نقطه شماره ۱۰ در شکل ۱۶)، اصولاً سطح آب و روغن را شکافته و نیروی جاذبه‌ای را در آن نقطه بوجود می‌آورد و باعث می‌شود تمامی سیال موجود در آن ناحیه را به داخل آب بکشاند.



شکل ۱۵- نمای بالای چرخش دیسک در مخلوط آب و روغن حوضچه و میدان آن

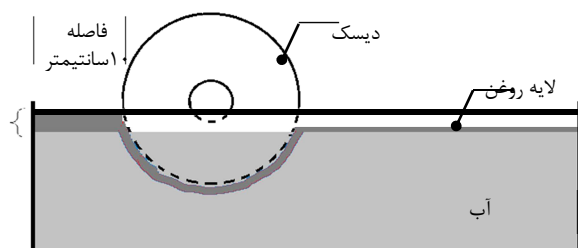


شکل ۲۰- اثر تغییرات لزجت بر روی رانندگی روغن روب دیسکی

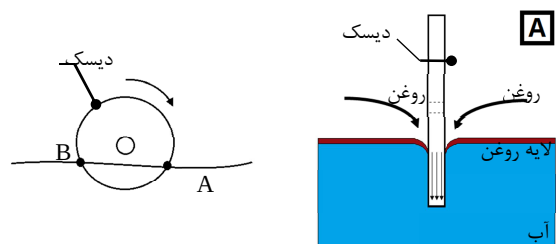
نتایج فوق نشان می‌دهد که با افزایش لزجت روغن، میزان جذب آن توسط دیسک‌ها کاهش و میزان آب استخراجی نیز افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که بیشتر بودن لزجت روغن برای استاک از روغن SAE20 عامل این تغییر است.

۳-۶- فاصله دیسک‌ها با مانع پشتی

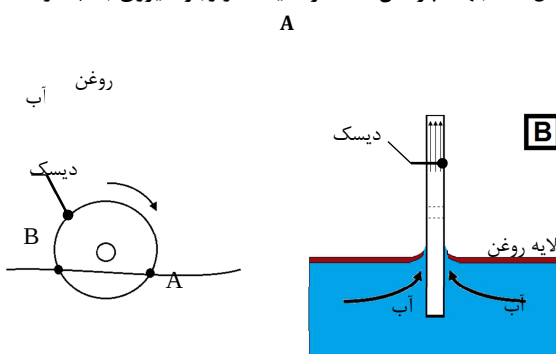
در طراحی مدل آزمایشگاهی تجهیز روغن روب دیسکی، فضایی ۱۰ سانتیمتری در پشت دیسک‌ها در نظر گرفته شده است تا بتوان با نزدیک کردن دیسک‌ها به دیواره پشتی حوضچه، تغییرات بوجود آمده در نتایج مربوط به استخراج روغن و آب را بررسی نمود. همانگونه که در شکل ۲۱ مشاهده می‌شود، در حال حاضر وجود این فاصله هر چند کوچک باعث انباشت مقداری روغن در فضای خالی پشت دیسک‌ها و دیواره حوضچه می‌شود که این مسئله در کاهش رانندگی حوضچه API بی تأثیر نیست. حال در ادامه می‌توان با نصب مانع فضای بین دیسک‌ها و دیواره تجهیز را کاهش داد. در شکل ۲۲ وجود مانع و کاهش فاصله دیسک‌ها با دیواره حوضچه مشاهده می‌شود. لذا به منظور بررسی دو حالت با مانع و بدون مانع، آزمایش‌هایی در این راستا انجام شده است. در این آزمایش‌ها نیز همچون سایر آزمایش‌های پیشین، مقدار ۴ لیتر آب به همراه ۲۰۰ سی سی روغن SAE 40 و صرف ۱۵ دقیقه زمان با دیسک‌های فولادی به عنوان شاخص در نظر گرفته شده که نتایج مربوطه در شکل ۲۳ قابل مشاهده و بررسی می‌باشد.



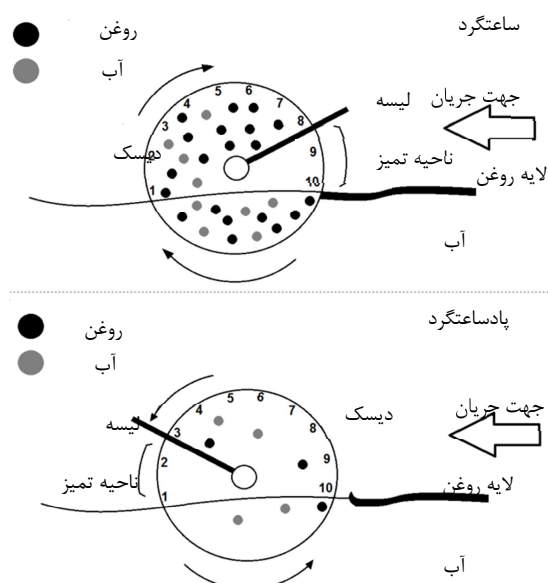
شکل ۲۱- فاصله دیسک‌ها و فضای دیواره تجهیز



شکل ۱۷- جهت چرخش ساعتگرد دیسک و وجود نیروی جاذبه در نقطه



شکل ۱۸- جهت چرخش ساعتگرد دیسک و وجود نیروی دافعه در نقطه



شکل ۱۹- نمای چرخش ساعتگرد و پادساعتگرد دیسک

۳-۵- لزجت روغن

همانگونه که اشاره شد، سه نوع روغن با لزجت‌های متفاوت در آزمایش‌های صورت گرفته، بکار برده شده است که لزجت هریک از آنها با دیگری کاملاً متفاوت می‌باشد. بررسی نتایج آزمایش‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که هرچقدر لزجت روغن افزایش یابد، میزان جذب روغن توسط دیسک‌ها نیز کاهش یافته و همچنین میزان آب استخراجی نیز افزایش می‌یابد. لذا به منظور درک روشن از مسئله، می‌توان این موضوع را با مقایسه نتایج آزمایش‌های صورت گرفته برای دیسک آلومینیومی در سرعت کمینه یعنی 12RPM در شکل ۲۰ با هم مقایسه نمود.

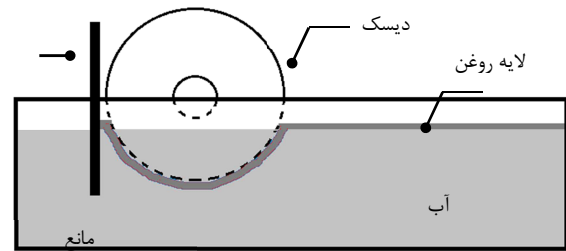
متحرک بر روی حوضچه ی API موجود در واحد پساب صنعتی پالایشگاه نفت پارس، تجهیز می‌بایست در آنجا مستقر گردد که ضمن برخورد نکردن با پارویی متحرک حوضچه و عدم ایجاد اختلال در کارکرد آن، فضای کمتری را نیز اشغال نماید. لذا با بررسی تمامی مشخصات سیستمهای موجود، روغن‌روب دیسکی فضای کمتری را اشغال نموده و هیچگونه برخوردی با پارویی متحرک نیز ندارد. گرچه ظاهراً تجهیز روغن‌روب دیسکی از اجزاء پیچیده‌ای ساخته نشده است اما افزایش راندمان این تجهیز که همان چربی‌گیری زیاد و آب کم می‌باشد، به پارامترهای مختلفی بستگی دارد و از دیدگاه سیالاتی نیز حائز اهمیت است. این پارامترها شامل لزجت روغن، دمای روغن، جهت چرخش دیسکها، میزان دور، جنس دیسک، عمق نفوذ دیسکها در سیال، فاصله دیسکها تا فضای پشتی می‌باشد. با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در این خصوص و نیاز به کسب نتایج مورد نیاز، تمامی پارامترهای مذکور بر روی نمونه آزمایشگاهی تست شده و نتایج با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج حاکی از این است که با افزایش سرعت چرخش دیسکها راندمان چربی‌گیری کاهش یافته و آب بیشتری در مخلوط روغن وجود دارد و هنگامی که از دیسکهای آلومینیومی استفاده شود و فاصله دیسکها با دیواره پشتی کاهش یابد میزان راندمان جداسازی بیشتر خواهد شد. لزجت روغن که خود تابعی از دماست در میزان جداسازی تأثیر داشته و با افزایش آن میزان جداسازی کاهش خواهد یافت. در ادامه تحقیق آزمایشهای بیشتر به منظور تعیین اثر این پارامترها در بازه‌های بیشتری از لزجت و دما جهت ارائه راهکارهای عملی برای حل مشکلات ایجاد شده و دستیابی به دانش فنی طراحی در شرایط واقعی صورت خواهد گرفت.

۵- تقدیر و تشکر

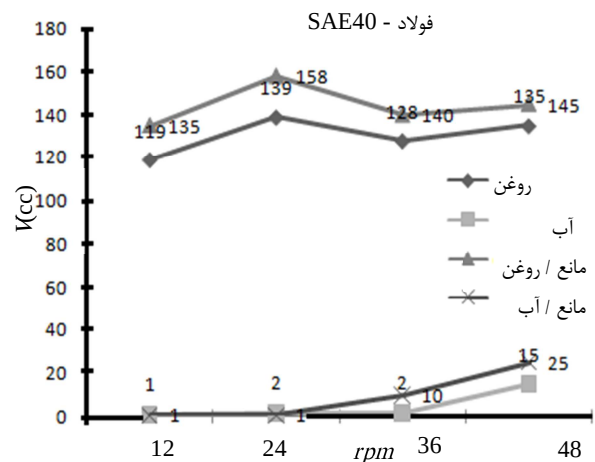
نگارندگان شایسته می‌دانند که از حمایت‌های شرکت نفت پارس در انجام این تحقیق، قدردانی بعمل آورند.

۶- مراجع

- [1] Semenarshad A., Help for Industrial water treatment, pp. 11-33, jahade daneshgahi. (In Persian) 1985.
- [2] Schulze R., Oil spill response performance of skimmers, ASTM Manual series, pp. 28-33, 1998.
- [3] Ghasemi M., Design principles and application of dissolved air flotation, Educational Seminar, pp. 2-11, 1988. (In Persian).
- [4] Nemerow N., Industrial water pollution, pp. 15-21, Addison-Wesley Publishing, 1978.
- [5] Panjeshahi M. H., Applications of Energy and Water Process Integration Methodologies in Oil Refineries and Petrochemical Complexes, Handbook of Process Integration, Minimisation of Energy and Water Use, Waste and Emissions, A volume in Woodhead Publishing Series in Energy, pp. 633-704, 2013.
- [6] Liu D., Lipt'ak B., Wastewater Treatment, Lewis Publishers, 2000.
- [7] Panjeshahi M.H., Applications of Energy and Water Process Integration Methodologies in Oil Refineries and Petrochemical Complexes, Handbook of Process Integration (PI) Minimisation of Energy and Water Use, Waste and Emissions, A volume in Woodhead Publishing Series in Energy, pp. 633-704, 2013.
- [8] Zhang F., Ahn Y., Logan B., Treating refinery wastewaters in microbial fuel cells using separator electrode assembly or spaced electrode configurations, Bioresource Technology, Vol. 152, pp. 46-52, 2014.



شکل ۲۲- کاهش فاصله دیسکها و فضای دیواره تجهیز



شکل ۲۳- بررسی کاهش و افزایش فضای پشت دیسکها

نمودار شکل ۲۳ به خوبی نشان می‌دهد در صورتی که دیسکها از دیواره پشتی خود فاصله بگیرند و به بیان دیگر، فضایی بین دیسک و دیواره وجود داشته باشد، در چرخش دیسکها، روغن به فضای پشتی خود منتقل شده و از راندمان روغن‌گیری دیسکها کاسته شود. در واقع با کاهش فاصله در پشت دیسکها هم می‌توان از انباشت روغن جلوگیری نمود و هم یک ناحیه سکونی از سیال در پشت دیسکها تشکیل شده که افزایش راندمان روغن‌گیری دیسکها را منجر خواهد شد. بنابراین جهت نصب روغن‌روب دیسکی در حوضچه‌های API، عملاً می‌بایست فاصله قرارگیری دیسکها تا دیواره حوضچه ی API کم باشد.

۴- نتیجه گیری

از جمله مشکلاتی که باعث کاهش راندمان حوضچه‌های API می‌گردد، عدم تنظیم زاویه استوانه چاکدار یا همان روغن‌روب جهت تخلیه کامل روغن و چربی از روی سطح آب می‌باشد. به طوریکه این امر باعث می‌گردد که تمامی روغن و چربی‌های روی سطح آب حوضچه به صورت کامل استخراج نگردد. می‌توان با الگوگیری از سیستم‌هایی که در جهت جداسازی لکه های نفتی از روی سطح دریا وجود دارد، راندمان این‌گونه حوضچه‌ها را افزایش داده و در جهت حفظ محیط زیست و همچنین کاهش هدررفت آب، گام اساسی برداشت.

باتوجه به اینکه سیستم‌های جداکننده مواد نفتی، روغن و به طور کلی مواد چرب از آب، بسیار گوناگون هستند بنابراین در هر سیستم پساب پالایشگاهی باید با در نظر گرفتن تمامی شرایط از جمله فضای موجود و میزان پساب گزینه مناسب را برگزید. با توجه به وجود پارویی

- [9] American petroleum institute, Manual on disposal of refinery wastes volume on liquid wastes, 1969.
- [10] Santos C. E., Fonseca A., Kumar E., Bhatnagar A., Vilar V. P., Botelho C., Boaventura R., Performance evaluation of the main units of a refinery wastewater treatment plant – A case study, Journal of Environmental Chemical Engineering, Vol. 3, pp. 2095–2103, 2015.
- [11] Eddy M., Asano T., Wastewater engineering treatment disposal Reuse, Mc Graw Hill, pp. ۲۲۰-230, 2007.
- [12] Mayers P.E., Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, Volume 2, Mc Graw-Hill, ASCE, 2010.
- [13] Jaworski A.J., Meng G., On-line measurement of separation dynamics in primary gas/oil/water separators: Challenges and technical solutions—A review, Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 68(1), pp. 47–59, 2009.
- [14] Hosseinian M., Application Methods of Wastewater Treatment, pp. 16-33, Entesharat Mahtab, 1983. (In Persian)
- [15] pushkarev V.V., yuzhaninov A.G., Treatment of oil-containing wastewater, pp. ۱۲۱-۱۲۵, Allerton press, New York, 1983.
- [16] Roberts Alley E., Water quality control handbook, pp. 50-55, Mc Graw.Hill, 2007.
- [17] Broje V., Keller A., Improved mechanical oil spill recovery using an optimized geometry for the skimmer surface, Environmental science and technology, Vol. 40 (24) pp. 7914-7918, 2006.
- [18] Tscocalis E.T., Kpwenhoven W., Perkis A.N., A survey of classical and new response methods for marine oil spill cleanup, Marine Technology, Vol.3 1, pp. 79-93, 1994.
- [19] McCracken W.E., Schwartz S.H., Performance testing of spill control devices on floatable hazardous materials. EPA-600, Vol.2 pp.-77-222, 1977.
- [20] Lorenzo T., Therrien R., Johannessen B.O., Study of viscosity and emulsion effects on skimmer performance, Eighteenth AMOP Technical Seminar Proceedings, Edmonton, Alberta, Canada, pp.705-729, 1995.