رتبه اول ششمین دوره مسابقه ایده‌های برتر در علوم و مهندسی آب و فاضلاب (محور کیفیت و بازیافت آب و فاضلاب)
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران، سال ۱۴۰۳)

عنوان: سیستم فیلتر الیاف پیوسته پویا با شستشوی معکوس خودکار

نگارنده: مهدیه کلهری
کارشناس ارشد مهندسی عمران- آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه قم

چکیده

مقدمه

صنعت آب و فاضلاب کشور با چالش‌های متعددی ازجمله افزایش جمعیت، کمبود منابع آب، آلودگی منابع آبی و نیاز روزافزون به تصفیه آب و پساب مواجه است. روش‌های سنتی تصفیه آب اغلب با محدودیت‌هایی از قبیل هزینه بالا، نیاز به فضای زیاد، راندمان پایین در حذف برخی آلاینده‌ها و مشکلات مربوط به شستشوی فیلترها روبرو هستند. در این راستا، توسعه فناوری‌های نوین و کارآمد تصفیهٔ آب و پساب، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

ایده ارائه‌شده، پاسخی نوآورانه به چالش‌های موجود در زمینهٔ تصفیه آب و پساب به‌شمار می‌رود. این سیستم با بهره‌گیری از ساختاری پویا (دینامیکی) و استفاده از نوار الیاف رشته‌ای نبافته، قادر است کدورت آب و ذرات معلق را با راندمان بالا و هزینه‌ای مقرون‌به‌صرفه کاهش دهد.

زمینه شکل‌گیری ایده و طرح مسئله:

مشکلات مربوط به فیلترهای سنتی، ازجمله گرفتگی سریع، نیاز به شستشوی دستی و راندمان پایین در شرایط مختلف، انگیزه‌ای برای طراحی این سیستم نوین بوده است. هدف اصلی، ارائه یک سیستم فیلتراسیون کارآمد، خودکار و با قابلیت اطمینان بالا برای تصفیه آب و پساب در مقیاس‌های مختلف (از خانگی تا صنعتی) است.

فرصت‌های ایجادشده برای حل مشکلات و ارتقای وضعیت موجود:

کاهش هزینه‌های تصفیه: استفاده از ساختار ساده و مواد اولیه در دسترس، منجر به کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری سیستم می‌شود.

افزایش راندمان تصفیه: ساختار دینامیکی و قابلیت تنظیم فشردگی الیاف، امکان حذف ذرات معلق با اندازه‌های مختلف را فراهم می‌کند.

شستشوی معکوس خودکار: این ویژگی، نیاز به دخالت دستی را کاهش داده و باعث افزایش طول عمر فیلتر و کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود.

کاهش مصرف آب در شستشو: طراحی بهینه سیستم شستشوی معکوس، میزان آب مصرفی در این فرآیند را به حداقل می‌رساند.

کاربرد در مقیاس‌های مختلف: این سیستم قابلیت استفاده در مقیاس‌های مختلف، از تصفیه آب خانگی تا تصفیه پساب صنعتی را دارد.

سازگاری با شرایط مختلف آب و پساب: قابلیت تنظیم پارامترهای سیستم، امکان استفاده از آن را در شرایط مختلف آب و پساب فراهم می‌کند.

این ایده با ارائه یک راه‌کار نوین و کارآمد در زمینه تصفیه آب و پساب، می‌تواند نقش مهمی در حل چالش‌های صنعت آب و فاضلاب کشور ایفا کند و به ارتقای وضعیت موجود کمک شایانی نماید.

- ایده پیشنهادی

ارائه یک سیستم نوین و کارآمد برای تصفیه آب و پساب با استفاده از «سیستم فیلتر نوار الیاف رشته‌ای پویا با شستشوی معکوس خودکار» (Dynamic Filament Tow Filter System with Automatic Backwash) که با بهره‌گیری از ساختاری پویا

(دینامیکی) و الیاف رشته‌ای نبافته، قادر به حذف مؤثر کدورت، ذرات معلق و سایر آلاینده‌ها با راندمان بالا، هزینه پایین و قابلیت شستشوی معکوس خودکار است. این سیستم با طراحی نوآورانه خود، امکان تصفیه آب و پساب در مقیاس‌های مختلف (خانگی، صنعتی و شهری) و با شرایط کیفی متفاوت را فراهم می‌سازد.

ساختار دینامیکی: منظور از ساختار دینامیکی، استفاده از یک قطعه متحرک در سیستم است که با عبور جریان آب، الیاف فیلتر را فشرده می‌کند و فرآیند فیلتراسیون را به‌صورت پویا انجام می‌دهد. این امر باعث افزایش راندمان و جلوگیری از گرفتگی سریع فیلتر می‌شود.

الیاف رشته‌ای نبافته: استفاده از این نوع الیاف، سطح تماس بالایی را برای جذب آلاینده‌ها فراهم می‌کند و درعین‌حال، هزینه تولید و نگهداری سیستم را کاهش می‌دهد.

شستشوی معکوس خودکار: این ویژگی باعث می‌شود که سیستم به‌صورت خودکار و بدون نیاز به دخالت دستی، پس از مرحله جذب آلاینده‌ها، با معکوس شدن جریان در سیستم و کمک‌گرفتن از فشار هوا (اختلاط آب و هوا) فیلتر را شستشو داده و از تجمع آلاینده‌ها و کاهش راندمان جلوگیری کند. این امر هم‌چنین باعث افزایش طول عمر فیلتر و کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود.

قابلیت کاربرد در مقیاس‌های مختلف: طراحی این سیستم به‌گونه‌ای است که می‌توان آن را در مقیاس‌های مختلف، از تصفیه آب خانگی تا تصفیه پساب صنعتی و شهری، توسعه‌داده و مورداستفاده قرارداده شود. این امر باعث انعطاف‌پذیری بالای سیستم و کاربرد گسترده آن می‌شود.

- روش پیشنهادی

روش پیشنهادی برای پیاده‌سازی و تحقق ایده «سیستم فیلتر نوار الیاف رشته‌ای پویا با شستشوی معکوس خودکار» شامل مراحل زیر است:

طراحی مفهومی و مدل‌سازی: در این مرحله، با استفاده از نرم‌افزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی (مانند SolidWorks یا AutoCAD)، مدل دقیق سیستم شامل محفظه سیلندری، قطعه متحرک، نحوه اتصال الیاف و سیستم ورودی و خروجی آب طراحی می‌شود. هم‌چنین، با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی جریان سیالات (مانند ANSYS Fluent) رفتار جریان آب در داخل سیستم و نحوه فشرده شدن الیاف تحت تأثیر جریان بررسی و بهینه‌سازی می‌شود.

انتخاب مواد و ساخت نمونه اولیه: پس از طراحی مفهومی، مواد مناسب برای ساخت اجزای مختلف سیستم انتخاب می‌شوند. برای محفظه می‌توان از موادی مانند پلیمرهای مقاوم، فولاد ضدزنگ یا PVC استفاده کرد. جنس الیاف Tow (مانند پلی‌استر، پلی‌پروپیلن یا نایلون) با توجه به نوع آب یا پساب موردنظر و اندازه ذرات معلق انتخاب می‌شود. پس از انتخاب مواد، نمونه اولیه سیستم ساخته و آزمایش‌های اولیه روی آن انجام می‌شود.

بهینه‌سازی طراحی و عملکرد: با انجام آزمایش‌های مختلف بر روی نمونه اولیه، پارامترهای مختلف سیستم مانند سرعت جریان آب، میزان فشردگی الیاف، زمان شستشوی معکوس و میزان جریان هوا در شستشو بهینه می‌شوند. هدف از این مرحله، دستیابی به حداکثر راندمان تصفیه و حداقل مصرف آب و انرژی است.

طراحی سیستم کنترل خودکار: برای خودکارسازی فرآیند شستشوی معکوس، یک سیستم کنترل الکترونیکی طراحی می‌شود. این سیستم شامل حس‌گرهای فشار، شیرهای الکترونیکی و یک کنترل‌گر منطقی قابل‌برنامه‌ریزی (PLC) است. حس‌گرهای فشار، افت فشار در خروجی فیلتر را اندازه‌گیری می‌کنند و هنگامی‌که افت فشار از حد مشخصی بیشتر شود، سیستم کنترل، فرآیند شستشوی معکوس را به‌صورت خودکار آغاز می‌کند.

آزمایش‌های میدانی و ارزیابی عملکرد: پس از بهینه‌سازی سیستم در آزمایشگاه، آزمایش‌های میدانی در شرایط واقعی و با استفاده از آب یا پساب واقعی انجام می‌شود. در این مرحله، پارامترهای مختلف مانند کدورت، میزان ذرات معلق، BOD، COD و سایر آلاینده‌ها قبل و بعد از عبور از فیلتر اندازه‌گیری و عملکرد سیستم ارزیابی می‌شود.

پیش‌نیازها و زیرساخت‌های موردنیاز:

تخصص‌های موردنیاز: مهندسی مکانیک (طراحی و ساخت)، مهندسی شیمی (انتخاب مواد و فرآیندهای تصفیه)، مهندسی برق و الکترونیک (طراحی سیستم کنترل خودکار) و مهندسی محیط‌زیست (ارزیابی عملکرد و تأثیرات زیست‌محیطی).

تجهیزات و آزمایشگاه‌ها: آزمایشگاه مکانیک سیالات، آزمایشگاه شیمی، آزمایشگاه الکترونیک، تجهیزات اندازه‌گیری کدورت و سایر پارامترهای کیفی آب، نرم‌افزارهای مدل‌سازی و شبیه‌سازی.

منابع مالی: برای تأمین هزینه‌های طراحی، ساخت نمونه اولیه، آزمایش‌ها و ثبت اختراع.

همکاری‌های صنعتی و دانشگاهی: برای بهره‌گیری از دانش و

تجربه متخصصین و دسترسی به تجهیزات و آزمایشگاه‌های پیشرفته.

- سخن آخر

در پایان، بار دیگر بر اهمیت و ضرورت ارائه راه‌کارهای نوین و کارآمد در صنعت آب و فاضلاب کشور تأکید می‌شود. چالش‌های فزاینده‌ای مانند کمبود منابع آب، آلودگی منابع موجود و نیاز روزافزون به تصفیه آب و پساب، لزوم توجه ویژه به توسعه فناوری‌های نوین در این حوزه را دوچندان کرده است.

«سیستم فیلتر نوار الیاف رشته‌ای پویا با شستشوی معکوس خودکار» نه‌تنها یک ایده نوآورانه، بلکه پاسخی عملی و مؤثر به این چالش‌ها است. این سیستم با بهره‌گیری از ساختار دینامیکی منحصربه‌فرد خود، قادر است مزایای قابل‌توجهی نسبت به روش‌های سنتی فیلتراسیون ارائه دهد:

- **بهبود راندمان تصفیه:** ساختار پویا (دینامیکی) و قابلیت تنظیم فشردگی الیاف، امکان حذف طیف وسیع‌تری از آلاینده‌ها و ذرات معلق را فراهم می‌کند و درنتیجه، کیفیت آب تصفیه‌شده بهبود می‌یابد.
- **کاهش هزینه‌های عملیاتی و نگهداری**: شستشوی معکوس خودکار، نیاز به دخالت انسانی و هزینه‌های مربوط به تعویض و شستشوی دستی فیلترها را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد. هم‌چنین، استفاده از مواد اولیه در دسترس و ساختار ساده سیستم، هزینه‌های اولیه ساخت و راه‌اندازی را نیز کاهش می‌دهد.
- **افزایش طول عمر فیلتر:** شستشوی معکوس خودکار از تجمع آلاینده‌ها بر روی الیاف جلوگیری کرده و درنتیجه، طول عمر فیلتر و بازدهی آن را افزایش می‌دهد.
- **کاهش مصرف آب در شستشو**: طراحی بهینه سیستم شستشوی معکوس، میزان آب موردنیاز برای این فرآیند را به حداقل می‌رساند که در شرایط کم‌آبی کنونی، از اهمیت بالایی برخوردار است.
- **انعطاف‌پذیری و قابلیت توسعه و کاربرد در مقیاس‌های مختلف**: این سیستم به‌گونه‌ای طراحی‌شده است که می‌تواند در مقیاس‌های مختلف، از تصفیه آب خانگی و محلی تا تصفیه پساب‌های صنعتی و شهری، مورد استفاده قرارگیرد. این ویژگی، دامنه کاربرد وسیعی را برای این سیستم فراهم می‌کند.

علاوه‌بر جنبه‌های فنی و اقتصادی، این ایده از جنبه سلامت عمومی نیز حائز اهمیت است. با بهبود کیفیت آب تصفیه‌شده و کاهش آلاینده‌های موجود در آن، می‌توان به حفظ سلامت جامعه و پیشگیری از بیماری‌های ناشی از آب آلوده کمک کرد.

سیستم پیشنهادی با ارائه ترکیبی نوآورانه از ساختار دینامیکی، استفاده از الیاف رشته‌ای و شستشوی معکوس خودکار با ارائه یک راه‌کار نوین، کارآمد، مقرون‌به‌صرفه و سازگار با محیط‌زیست، می‌تواند نقش به‌سزایی در حل چالش‌های موجود در این حوزه داشته باشد. ساخت مدل اولیه، گواهی بر قابلیت اجرایی این ایده است و ما امیدواریم با حمایت و سرمایه‌گذاری مناسب، بتوانیم این سیستم را به مرحله تجاری‌سازی برسانیم و نقشی مؤثر در حفظ منابع آب و بهبود بهداشت عمومی ایفا کنیم.

- مراجع

Altmann, J., Rehfeld, D., Träder, K., Sperlich, A., and Jekel, M., (2016), "Combination of granular activated carbon adsorption and deep-bed filtration as a single advanced wastewater treatment step for organic micropollutant and phosphorus removal", *Water Research*, 92, 131-139.

Harrington, G.W., Xagoraraki, I., Assavasilavasukul, P. and Standridge, J.H., (2003), "Effect of filtration conditions on removal of emerging waterborne pathogens", *Journal of American Water Works Association*, 95, 95-104.

Kiso, Y., Jung, Y.J., Ichinari, T., Park, M., Kitao, T., Nishimura, K. and Min, K.S., (2003), "Wastewater treatment performance of a filtration bio-reactor equipped with a mesh as a filter material", *Water Research*, 34, 4143-4150.

Lee, J. and Song, D., (2021), "Upflow filtration system using fiber-ball filter media for the treatment of nonpoint pollution", *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 43, 146-159.

Lu, S., Liu, J., Li, S. and Biney, E., (2013), "Analysis of up-flow aerated biological activated carbon filter technology in drinking water treatment", *Environmental Technology*, 34, 2345-2351.

Qin, W., Li, W.G., Zhang, D.Y., Huang, X.F., Song, Y., (2016), "Ammonium removal of drinking water at low temperature by activated carbon filter biologically enhanced with heterotrophic nitrifying bacteria", *Environmental Science and Pollution Research*, 23(5), 4650-4659.

Seo, G.T., Moon, B.H., Lee, T.S., Lim T.J., and Kim, I.S., (2003), "Non-woven fabric filter separation activated sludge reactor for domestic wastewater reclamation", *Water Science and Technology*, 47(1), 133-138.

Seo, G.T., Lee, T.S., and Park, Y.M., (2008), "Evaluation of tubular type non-woven fabric filter for solid-liquid separation in activated sludge reactor", *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 30(2), 234-238.

رتبه دوم ششمین دوره مسابقه ایده‌های برتر در علوم و مهندسی آب و فاضلاب (محور کیفیت و بازیافت آب و فاضلاب)
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران، سال ۱۴۰۳)

عنوان: بازیافت مستقیم باتری‌های مستعمل قلیایی منگنز-روی (S-AZMB): توسعه غشای فتوکاتالیستی چند منظوره جدید مبتنی بر کامپوزیت TiO_2@S-AZMB/ZnTi-LDH با خواص ضد رسوب و خود تمیز شوندگی تقویت شده

نگارندگان: مینا دولتشاه[۱] و علی اکبر زینتی‌زاده[۲]

۱- دانشجوی دکترا شیمی کاربردی، گروه شیمی کاربردی، دانشکده شیمی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲- استاد گروه شیمی کاربردی، دانشکده شیمی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

چکیده

- مقدمه

با توجه به افزایش آلودگی‌های ناشی از پساب‌های صنعتی و بحران کمبود منابع آب شیرین، توسعه فناوری‌های نوین و پایدار تصفیه آب به یک چالش حیاتی تبدیل شده است. تخلیه پساب‌های صنعتی بدون تصفیه مناسب اثرات مخربی بر اکوسیستم‌های آبی و سلامت انسان دارد و دستیابی به اهداف توسعه پایدار در مدیریت منابع آبی، کاهش آلودگی و بازیافت مواد زائد را ایجاب می‌کند. از میان فناوری‌های موجود، فرآیندهای غشایی به‌دلیل راندمان بالا، طراحی مدولار و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، به‌عنوان یک گزینه امیدبخش مطرح هستند؛ اما چالش‌هایی نظیر شار عبوری پایین و گرفتگی غشا کاربرد عملی آن‌ها را محدود می‌کند. اصلاح سطح غشاها برای افزایش آب‌دوستی و خواص ضدگرفتگی، به‌ویژه از طریق تلفیق با فناوری فتوکاتالیستی، راه‌کاری مؤثر محسوب می‌شود (Pandey et al., 2021; Dutta et al., 2024). در سال‌های اخیر، تلفیق جداسازی غشایی با فتوکاتالیست‌ها موردتوجه بسیاری از پژوهشگران قرارگرفته است، چرا که ویژگی خودتمیزشوندگی فتوکاتالیستی علاوه‌بر کاهش گرفتگی، عملکرد غشا را در بلندمدت حفظ می‌کند. با این‌حال، هنوز چالش‌های متعددی برای توسعه غشاهای فتوکاتالیستی با فعالیت بالا، آب‌دوستی مطلوب و پایداری مکانیکی مناسب وجود دارد (Alshabib et al., 2024).

در راستای بهبود عملکرد غشاهای تصفیه آب، تلفیق فتوکاتالیست‌های نیمه‌هادی با فناوری غشایی موردتوجه قرارگرفته است. دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) به‌دلیل فعالیت فتوکاتالیستی بالا، پایداری شیمیایی و غیرسمی بودن، از جمله مواد پرکاربرد برای اصلاح سطح غشا و کاهش گرفتگی به‌شمار می‌آید؛ اما محدودیت‌هایی مانند جذب نوری محدود (فقط در محدوده UV)، تشکیل توده‌های نانو، چسبندگی ضعیف به سطح غشا و حساسیت به شرایط اسیدی یا بازی، استفاده گسترده از آن را دشوار می‌سازد. به‌منظور غلبه بر این چالش‌ها، ترکیب TiO_2 با هیدروکسیدهای دولایه‌ای (LDH) و بهره‌گیری از منابع بازیافتی، رویکردی مؤثر برای افزایش عملکرد فتوکاتالیستی و پایداری غشاهای اصلاح‌شده ارائه می‌دهد. LDHها، به‌عنوان نانوساختارهای دوبعدی با ظرفیت تبادل آنیونی بالا و ساختار لایه‌ای منحصربه‌فرد، قابلیت بهبود خواص سطحی غشا، گسترش محدوده جذب نوری به ناحیه مرئی، افزایش جداسازی بارهای نوری و کاهش تجمع نانوذرات TiO_2 را فراهم می‌کنند. علاوه‌بر این، حضور گروه‌های هیدروکسیل و افزایش بار سطحی در LDHها به بهبود آب‌دوستی غشا و مقاومت در برابر گرفتگی منجر شده و نهایتاً باعث افزایش شار عبوری، بهبود عملکرد جداسازی و افزایش طول عمر غشا می‌شود (Vatanpour et al., 2024). در سال‌های اخیر، تمرکز بر اقتصاد چرخشی و بازیافت پسماندهای صنعتی، به‌ویژه باتری‌های قلیایی مستعمل (S-AZMB) که حاوی فلزات واسطه‌ای مانند روی و منگنز هستند، افزایش یافته است. استفاده مستقیم از این باتری‌ها، بدون نیاز به تصفیه پرهزینه، می‌تواند علاوه‌بر جلوگیری از آلودگی محیط‌زیستی، منابع فلزی

ارزشمند را برای تولید مواد فتوکاتالیستی فراهم کرده و هزینه‌ها را کاهش دهد. مطالعات نشان می‌دهند که بازیافت فلزات از S-AZMB و استفاده از آن‌ها در فتوکاتالیست‌ها، عملکرد فتوکاتالیستی را با بهبود تفکیک الکترون-حفره و افزایش نرخ انتقال الکترون ارتقا می‌دهد و از این‌رو نقش مهمی در توسعه پایدار و بهره‌وری منابع طبیعی ایفا می‌کند (Rizka et al., 2020).

به‌طور کلی، توسعه غشاهای فتوکاتالیستی بازیافتی و چندمنظوره نه‌تنها می‌تواند مشکلات مربوط به گرفتگی و کاهش راندمان غشاهای پلیمری را برطرف کند، بلکه فرصتی برای همگرایی فناوری‌های نوین، مدیریت پسماندهای صنعتی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار در حوزه تصفیه آب و پساب صنعتی فراهم می‌آورد. این رویکرد می‌تواند به‌عنوان یک مدل پیشرفته برای تصفیه پایدار آب، کاهش اثرات محیط‌زیستی پساب‌های صنعتی و بهبود وضعیت مدیریت منابع آبی مطرح شود.

- ایده پیشنهادی

هدف این پژوهش، توسعه و بهینه‌سازی غشاهای فتوکاتالیستی بر پایه TiO_2@S-AZMB/ZnTi-LDH به‌منظور افزایش مقاومت در برابر گرفتگی، بهبود خاصیت خودتمیزشوندگی، ارتقای شار عبوری و افزایش کارایی حذف آلاینده‌ها از آب و پساب‌های صنعتی است. این تحقیق با بهره‌گیری از فلزات ارزشمند موجود در ضایعات باتری‌های قلیایی مستعمل (S-AZMB) و به‌کارگیری آن در یک کامپوزیت فتوکاتالیستی طرح Z، رویکردی نوآورانه و پایدار در زمینه اصلاح سطح غشاها و بهبود عملکرد فتوکاتالیستی در تصفیه آب ارائه می‌دهد که می‌تواند گامی مؤثر در کاهش هزینه‌های عملیاتی، افزایش بهره‌وری منابع و دستیابی به اهداف توسعه پایدار باشد.

- روش پیشنهادی

در راستای تحقق ایده توسعه غشاهای فتوکاتالیستی مبتنی بر TiO_2@S-AZMB/ZnTi-LDH یک رویکرد جامع و سیستماتیک برای سنتز، اصلاح سطح، شناسایی و ارزیابی عملکرد این غشاها ارائه شده است. فرآیند پیاده‌سازی این ایده در چهار مرحله اصلی انجام خواهد شد:

۱) تهیه کامپوزیت فتوکاتالیستی TiO_2@S-AZMB/ZnTi-LDH: برای به دست آوردن S-AZMB، باتری های قلیایی Zn-Mn مصرف شده جمع آوری می‌شود. سپس پوسته فلزی باتری‌ها به‌صورت مکانیکی برداشته شده سپس پودر نهایی آسیاب شده و خشک می‌شود. برای تهیه کامپوزیت TiO_2@S-AZMB از فرآیند آنیلینگ استفاده می‌شود (Qu et al., 2015). در ادامه، کامپوزیت ZnTi-LDH با یک روش هیدروترمال ساده سنتز می‌شود (Zhao et al., 2020). سپس، یک روش خودآرایی ساده برای سنتز کامپوزیت TiO_2@S-AZMB/ZnTi-LDH استفاده می‌شود.

۲) ساخت غشاهای اصلاح شده سطحی: غشای اولترافیلتراسیون بکر از طریق روش تغییر فاز ساخته می‌شود. سطح غشاهای پوشش داده شده توسط یک لامپ UV با استفاده از روش UV-grafting اصلاح خواهند شد.

۳) شناسایی کامپوزیت فتوکاتالیستی و غشاهای فتوکاتالیستی: برای شناسایی فتوکاتالیست، از تکنیک‌هایXRD، FE-SEM به همراه نقشه‌برداری EDX، FT-IR، تکنیک جذب-واجذبی N_2، UV-vis DRS، نمودارهای موت-شاتکی و طیف فوتولومینسانس (PL) و پتانسیل زتا استفاده می‌شود. برای ارزیابی غشاهای فوتوکاتالیستی، از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) و اندازه‌گیری زاویه تماس ایستا استفاده می‌شود.

۴) ارزیابی عملکرد غشاهای فتوکاتالیستی: برای ارزیابی عملکرد غشاهای فتوکاتالیستی، از یک سیستم فیلتراسیون انتها بسته با بدنه پلکسی استفاده می‌شود. در این سیستم، گاز نیتروژن به عنوان نیروی محرکه و اختلاط مداوم جهت کاهش اثرات پلاریزاسیون به کار می‌رود. شار آب خالص از طریق توزین نمونه‌های تراوا در بازه‌های زمانی مشخص محاسبه می‌شود. مقاومت غشا در برابر گرفتگی از طریق تست فیلتراسیون سه مرحله‌ای ارزیابی می‌شود. خواص فوتوکاتالیستی غشاها نیز با تخریب نوری آلاینده‌های رنگی (یک رنگ کاتیونی و یک رنگ آنیونی) تحت تابش نور در ناحیه مرئی بررسی می‌شود. همچنین، آزمایش‌های طولانی‌مدت تحت شرایط نور مرئی مداوم و تاریک به منظور ارزیابی پایداری و قابلیت استفاده مجدد غشاها انجام می‌شود.

- سخن آخر

ایده پیشنهادی بر توسعه غشاهای فتوکاتالیستی مبتنی بر TiO_2@S-AZMB/ZnTi-LDH متمرکز است که با استفاده از ضایعات باتری‌های قلیایی مستعمل (S-AZMB)، راه‌کاری نوآورانه و پایدار برای بهبود تصفیه آب و پساب‌های صنعتی ارائه می‌دهد. ترکیب TiO_2 با هیدروکسیدهای دولایه‌ای و عناصر بازیافتی، باعث افزایش کارایی فتوکاتالیستی، گسترش طیف جذبی به نور مرئی، بهبود آبدوستی و ارتقای مقاومت در برابر گرفتگی می‌شود. این رویکرد علاوه‌بر کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بهره‌وری، به مدیریت پسماندهای صنعتی و کاهش آلاینده‌های محیط‌زیستی کمک می‌کند. ویژگی‌های خودتمیزشوندگی و مقاومت بالا، طول عمر غشا را افزایش داده و

نیاز به تعمیر و نگهداری را کاهش می‌دهد. این طرح با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و منابع بازیافتی، مدلی کارآمد و پایدار برای حل چالش‌های صنعت آب و فاضلاب ارائه می‌دهد.

- مراجع

Alshabib, M., Baig, U., and Dastageer, M.A., (2024), "Super-hydrophilic and underwater super-oleophobic membranes with photocatalytic self-cleaning properties for highly efficient oil-water separation: A review", *Desalination*, 591(August), 118019, https://doi.org/10.1016/j.desal.2024.118019.

Dutta, S., Adhikary, S., Bhattacharya, S., and Roy, D., (2024), "Contamination of textile dyes in aquatic environment: Adverse impacts on aquatic ecosystem and human health, and its management using bioremediation", *Journal of Environmental Management*, 353(January), 120103, https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120103.

Pandey A.K., Kumar, R.R., Laghari, I.A., Samykano, M., Kothari, R., Abusorrah, A.M., Sharma, K. and Tyagi, V.V., (2021), "Utilization of solar energy for wastewater treatment: Challenges and progressive research trends", *Journal of Environmental Management*, 297(May), 113300, https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113300.

Rizka, P., Takei, T., and Kumada, N., (2020), "Novel ZnTi/C_3N_4/AgLDH heterojunction composite for efficient photocatalytic phenol degradation", *Journal of Solid State Chemistry*, 294(November), 121858, https://doi.org/10.1016/j.jssc.2020.121858.

Qu, J., Feng, Y., Zhang, Q., Cong, Q., Luo, C., and Yuan, X., (2015), "A new insight of recycling of spent Zn–Mn alkaline batteries: Synthesis of Zn x Mn 1 À x O nanoparticles and solar light driven photocatalytic degradation of bisphenol A using them", *Journal of Alloys and Compounds*, 622, 703-707, https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.10.166.

Vatanpour, V., Camadan, I., Kara, N., Mehrabani, S.A.N., Feizpoor, S., Habibi-Yangjeh, A. and Koyuncu, I.
, (2024), "TiO_2/AgBr nanocomposite as a novel hydrophilic and photocatalytic modifier in the fabrication of polyethersulfone membrane for wastewater treatment", *Separation and Purification Technology*, 349(January), 127905, https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.127905.

Zhao Z., Shen, B., Hu, Z., Zhang, J., He, C., Yao, Y., Guo, S.Q. and Dong, F., (2020), "Recycling of spent alkaline Zn-Mn batteries directly: Combination with TiO_2 to construct a novel Z-scheme photocatalytic system", *Journal of Hazardous Materials*, 400(March), 123236, https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123236.

رتبه سوم ششمین دوره مسابقه ایده‌های برتر در علوم و مهندسی آب و فاضلاب (محور کیفیت و بازیافت آب و فاضلاب)
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران، سال ۱۴۰۳)

عنوان: ارائه روشی نوین جلوگیری از نفوذ روغن صنعتی مورد استفاده در پمپ‌های شافت و غلافی

نگارندگان: سید احسان طباطبائی و محسن عمادی
کارشناس ارشد مهندسی آب و فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان

چکیده

- مقدمه

تأمین آب شرب سالم و بهداشتی برای مشترکین یکی از وظایف اصلی و مهم شرکت‌های آب و فاضلاب است. با توجه به افزایش حداکثر مصرف آب و استفاده از چاه‌های مردمی و شهرداری‌ها برای تأمین منابع آب شهرو روستاها، اطمینان از سلامت و کیفیت آب امری بسیار مهم و حیاتی است. با توجه به این‌که این چاه‌ها اکثراً برای پمپاژ آب از نوع شافت و غلافی استفاده می‌نمایند و برای روان‌کاری در بخش فوقانی پمپ این چاه‌ها از روغن صنعتی استفاده می‌شود، این روغن عمدتاً وارد جریان آب شده و کیفیت آب را پائین می‌آورد.

- ایده پیشنهادی

با توجه اهمیت کمک به رفع تنش آبی با توجه به بحران آب به‌کمک استفاده از چاه‌های مردمی و شهرداری در زمان شرایط بحرانی و مشکل ورود روغن صنعتی به آب در این چاه‌ها که اغلب شافت و غلافی است ایده "استفاده از مکانیک سیل برای جلوگیری از نفوذ روغن صنعتی مورد استفاده در پمپ‌های شافت و غلافی" پیشنهاد شده است.

- روش پیشنهادی

به‌منظور حذف روغن مذکور در پمپ‌هایی که از روش شافت و غلاف استفاده می‌کنند چندین روش پیشنهاد شد. با توجه به اجرائی بودن پروژه نیاز بر آن بود که روش‌های پیشنهادی هم از نقطه‌نظر اجرائی و هم از نقطه‌نظر مالی قابل اجرا باشند. لذا پس از بررسی‌های لازم و مقایسه معایب و محاسن روش‌ها، یکی از روش‌هایی که ازنظر اجرائی و اقتصادی به‌صرفه‌تر بود، انتخاب و عملی شد و انواع روش‌های پیشنهادی که بررسی شد عبارتند از:

۱- چربی‌گیری (حذف روغن) به‌روش اسمُز معکوس: در این روش با توجه به این‌که از فیلترها و دستگاه‌های گران‌قیمت استفاده می‌شود دارای هزینه انجام کار زیادی است.

۲- استفاده از روغن گیاهی به‌جای روغن صنعتی: این روش نیاز به بررسی و آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی در آزمایشگاه و بررسی مقاومت‌های حرارتی در حین اجرا دارد.

۳- جایگزین نمودن پمپ‌های شافت و غلافی با الکتروپمپ‌های شناور: در این‌روش هزینه پمپ شناور و هم‌چنین کابل مناسب (با توجه به این‌که مالکیت چاه متعلق به غیر است) اصلا به‌صرفه نیست.

۴- استفاده از یک عدد واسطه که در آن از فیبرو فنر (Mechanical Seal) و دو عدد بوشن برنجی استفاده شده و در بین پمپ و اولین لوله مکش بعد از پمپ نصب می‌شود.

پس از بررسی روش‌های فوق، کم هزینه‌ترین روش که روش استفاده از فیبر و فنر است انتخاب شد. در این‌روش لوله‌های آب‌ده و شافت و غلاف موجود در چاه بالا آورده شد. پس از تعویض لوله‌های خراب و تعویض واشرهای لاستیکی روی بوشن‌های برنجی و لاستیک‌های نگه‌دارنده غلاف در بین لوله مکش و با استفاده از یک عدد واسطه حدود ۱۵ سانتی‌متری که در وسط آن یک عدد مکانیکال سیل (فیبرو فنر) و دو عدد بوشن برنجی نصب شده بود، مابین طبقه آخر پمپ و اولین لوله آب‌ده نصب شد.

- سخن آخر

پس از انجام روش فوق از نشت روغن بر روی سطح آب جلوگیری به‌عمل‌آمده و نتایج کیفی ناشی از آزمودن آب نشان از موفقیت

این ایده می‌دهد. از سویی هزینه انجام این روش ۵ تا حداکثر ۱۰ درصد روش استفاده از الکتروپمپ شناور است که با توجه به شرایط اقتصادی، موقت‌بودن به‌کارگیری این‌گونه چاه‌ها و مالکیت غیر این چاه‌ها بسیار از منظر اقتصادی با اهمیت است.

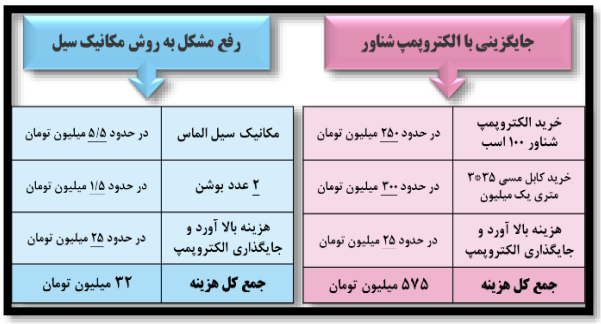
بررسی کیفی و آزمایشگاهی

یکی از موارد بسیار با اهمیت در حذف روغن صنعتی در این‌روش این است که با توجه به مخلوط‌شدن ترکیبات عالی (روغن خروجی) با کلر، موجب ایجاد هالومتان‌ها در آب می‌شود که علاوه‌بر ایجاد سرطان با نقایص مادرزادی، مشکلات تولید مثلی و آسیب به کلیه‌ها، کبد و سیستم عصبی مرتبط است.

After implementing the Mechanical Seal method				Before implementing the Mechanical Seal method			
مقدار	واحد	عنوان آزمایش		مقدار	واحد	عنوان آزمایش	
۰/۹	NTU	کدورت	Turbidity	۱/۱۶	NTU	کدورت	Turbidity
۷/۷۳	-	اسیدی یا بازی	PH	۷/۸۱	-	اسیدی یا بازی	PH
۷۸۶	mg/lit	کل جامدات محلول	TDS	۹۸۷	mg/lit	کل جامدات محلول	TDS
۱۳۷۹	µS/cm	هدایت الکتریکی	EC	۱۴۹۴	µS/cm	هدایت الکتریکی	EC
Negative	MPN / 100 ml	کلی فرم گوارشی	MPN	Negative	MPN / 100 ml	کلی فرم گوارشی	MPN

بررسی اقتصادی

شایان ذکر است برای بررسی، به‌صورت نمونه یک چاه با عمق ۱۵۰ متر با لوله ۶ اینچ درنظر گرفته‌شده و در محاسبات سعی شد بهترین کیفیت لوازم موجود در بازار قیمت گرفته شود. با توجه به شرایط اقتصادی تمامی هزینه‌ها حدودی محاسبه شد که در نتیجه کاهش بیش ۹۰ درصدی هزینه‌ها مشهود است.



به‌صورت خلاصه می‌توان از موارد زیر به‌عنوان دستاوردهای اجرایی این ایده یادکرد:

۱- به‌واسطه حذف روغن صنعتی از آب خروجی از چاه ارتقای قابل‌توجه کیفیت آب شرب و بهداشت عمومی و درنتیجه، رضایتمندی مشترکین؛

۲- کاهش حدود ۹۰ درصدی هزینه تبدیل الکتروپمپ‌های شافت و غلاف به الکتروپمپ‌های شناور؛

۳- عدم تغییر دبی آب خروجی چاه که موجب رضایتمندی مالکین چاه‌ها و ارتقای سطح همکاری ایشان با شرکت می‌شود؛

۴- عدم نیاز به تعویض شافت و غلاف و لوله‌های آب‌ده سالم موجود و درنتیجه کاهش هزینه مجدد در انجام طرح؛

۵- با توجه به تعدد چاه‌های مردمی و شهرداری در سطح شهر نسبت به چاه‌های در اختیار شرکت با اجرای این طرح کمک شایان‌توجهی در بحران‌ها به تقویت شبکه توزیع شهر می‌شود؛

۶- با توجه به آب‌بندی خروجی روغن موجب جلوگیری از کم کردن روغن و در نتیجه کاهش نیاز به اضافه نمودن روغن به دینام می‌شود.

- مراجع

London: HMSO, (1995), *Admiralty manual of seamanship*, Great Britain, Ministry of Defence (Navy).

Garr, M., Jones, P.E., Dee, R.L. Sanks, (2008), *Pumping station design*, 3rd Edition, https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-513-5.X5001-X

http://mirabkesht.com/index.php

blog.abyaran.com/choosing-water-pump-part2

http://rooinkala.ir/tag