

بررسی سامانه‌های چربی‌گیر شهر مشهد و ارائه الگوی مناسب و کارآمد

مهدی کمالی^{۱*}، مجید پیروز^۲، ناصر عادل‌پور^۳، مسعود روح‌بخش^۴

۱- مربی شیمی، دانشگاه اصفهان

۲- کارشناس ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه اصفهان

۳- کارشناس مهندسی آب و فاضلاب، مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی اصفهان

۴- کارشناس مهندسی مکانیک، شرکت آب و فاضلاب مشهد

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۲۴

پیام‌نگار: m.kamali@eng.ui.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، با بررسی سامانه‌های چربی‌گیر نصب شده یا در حال اجرا در شهر مشهد نقاط ضعف و قوت آنها مشخص شد. سپس، یک سامانه چربی‌گیر جدید برای رفع مشکلات موجود در سامانه‌های متداول، طراحی و ساخته شد. این چربی‌گیر از جنس فلز گالوانیزه با پوشش داخلی و خارجی دولایه کامپوزیت، به شکل استوانه‌ای با قطر و ارتفاع یک متر و حجم مفید ۸۰۰ لیتر ساخته شده است. به منظور جداسازی آشغال‌ها قبل از ورود به چربی‌گیر، یک آشغال‌گیر مکعبی در ابتدای سامانه با ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ سانتی‌متر نصب شد. این آشغال‌گیر و نیز دو بافل نصب شده در سامانه، قابل جدا شدن از سامانه‌اند که فرایند تخلیه و تمیز کردن سامانه را تسهیل می‌کند. یک پل چربی‌روب به طول ۵۰ سانتی‌متر به صورت خودکار با موتور گیربکس ۱۲ ولت ۳ دور بر دقیقه و در دوره‌های زمانی قابل تنظیم، چربی‌های جمع شده در سامانه را تخلیه می‌کند. زمان ماند ۳۰ دقیقه مبنای طراحی این سامانه قرار گرفت. از جمله مزایای این چربی‌گیر می‌توان به حجم و وزن کم، قابلیت نصب سریع و آسان، بی‌خطر بودن (برق مصرفی ۱۲ ولت ۱ آمپر) و کم هزینه بودن اشاره کرد. غلظت روغن پس از خروجی از سامانه کم‌تر از ۱۰۰ ppm و مطابق با استاندارد تخلیه به شبکه جمع‌آوری فاضلاب است.

کلیدواژه‌ها: چربی و روغن، سامانه چربی‌گیر، انسداد خطوط فاضلاب، شهر مشهد.

۱. مقدمه

رستوران‌ها و سایر مؤسسه‌های تهیه غذا، از جمله مهم‌ترین منابع تولیدکننده روغن و چربی موجود در خطوط فاضلاب

به‌شمار می‌آیند [۱]. تحقیقات نشان داده است که چربی و روغنی که از طریق زه‌کشی مؤسسه‌های تهیه غذا وارد خطوط فاضلاب می‌شوند، اصلی‌ترین منبع تولید روغن و چربی در خطوط فاضلاب شهرهای بزرگ ایران هستند [۲]. این روغن و چربی پس از وارد شدن به خطوط فاضلاب رسوب کرده و آن را مسدود می‌کنند که به مشکلات زیادی از جمله سرریز خطوط فاضلاب منجر می‌شود [۳].

* اصفهان، دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی و مهندسی، مرکز پژوهشی مهندسی فرایند و تهران، دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی محیط زیست، گروه مهندسی محیط زیست

زیادی انجام نشده است. در یکی از این تحقیقات که با استفاده از طراحی‌های مختلف برای چربی‌گیر هیدرومکانیکی انجام شد، بین ۶۹ تا ۹۰ درصد از چربی‌های ورودی حذف شد [۱۲]. در تحقیقی دیگر که با استفاده از جداساز ثقلی انجام شده است، بازده حذف چربی در حدود ۳۰ درصد گزارش شده است [۸]. استفاده از ریزاندامگانها هم می‌تواند به حذف بیش‌تر چربی کمک کند [۱۳]. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد در صورتی که چربی‌گیرها به درستی طراحی شوند، می‌توانند تا حد بسیار زیادی مانع از ورود روغن و چربی به خطوط فاضلاب شهری شوند.

۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا با بازدید از ۱۷ چربی‌گیر نصب‌شده یا در حال اجرا در هتل‌ها، رستوران‌ها و مؤسسه‌های تهیه غذای واقع در نقاط بحرانی شهر مشهد، اطلاعاتی شامل نحوه طراحی و اجراء مدت زمان اجراء، حجم، زمان ماند و جنس سامانه چربی‌گیر و هزینه ساخت هر سامانه جمع‌آوری شد. این نقاط بحرانی با توجه به تاریخچه شبکه فاضلاب از نظر گرفتگی انتخاب شدند. نقاط بحرانی عمدتاً در منطقه یک آب و فاضلاب و به‌ویژه خیابان امام رضا (ع) قرار داشتند. سپس با تحلیل این نتایج و مشخص شدن مشکلات فنی، اجرایی و راهبری آن‌ها، نسبت به طراحی سامانه چربی‌گیر جدید مناسب اقدام شد.

۳. بحث و نتیجه‌گیری

۳-۱ بررسی سامانه‌های چربی‌گیر نصب‌شده یا در حال اجرا

در شهر مشهد

طی بررسی‌های صورت‌گرفته حول ۱۷ سامانه چربی‌گیر ساخته‌شده و یا در حین ساخت، پارامترهای مختلف آنها ارزیابی شد که در ادامه به طور کامل به آنها می‌پردازیم.

۳-۱-۱ زمان ماند

یکی از ایرادهای عمده که می‌توان به اکثر چربی‌گیرهای نصب‌شده در شهر مشهد وارد کرد، زمان ماند بسیار طولانی، از حداقل ۱ ساعت تا حداکثر ۲۴ ساعت است. زمان ماند طولانی منجر به افزایش حجم سامانه می‌شود و در اجراء و نصب، به دشواریهای برمی‌خورد. در صورتی که زمان ماند برای چربی‌گیر در بهترین

یکی از بهترین روش‌های پیش‌گیری از ورود روغن و چربی به خطوط فاضلاب، نصب دستگاه‌های چربی‌گیر در مؤسسه‌های تهیه غذاست که می‌تواند تا حد زیادی از ورود روغن و چربی به شبکه جمع‌آوری فاضلاب جلوگیری کند [۴].

چربی‌گیر در مکانی نصب می‌شود که پسماند مایع، حاوی چربی باشد. جریان ورودی به این‌گونه سامانه‌ها باید مملو از چربی باشد، مانند فاضلاب رستوران‌ها، آشپزخانه هتل‌ها و تریای کارخانه‌ها. مناطق مسکونی به‌ندرت چربی را در مقادیر بالا تولید می‌کنند و بنابراین به چربی‌گیر نیازی ندارند [۵].

چربی‌گیرها بر دو نوع‌اند. نوع اول چربی‌گیر هیدرومکانیکی است که به آن تله چربی هم گفته می‌شود. این تجهیزات به‌صورت پیش‌ساخته به فروش می‌رسند و اغلب درون آشپزخانه و در یک نقطه مرکزی مجاور تجهیزات تولیدکننده چربی نصب می‌شوند. ابعاد این وسیله‌ها نسبتاً کوچک است و از جریان هیدرولیک، تیغه‌های داخلی، همراه‌بری هوا و اختلاف بین وزن مخصوص آب و روغن-چربی-گریس برای جداسازی و نگه‌داری چربی از جریان فاضلاب خروجی بهره می‌گیرند [۶ و ۷].

نوع دوم، جداساز ثقلی است. این دستگاه با طراحی مهندسی یا در محل با استفاده از بتن، ساخته می‌شود. این تجهیزات نوعاً به‌دلیل ابعاد بزرگشان در بیرون از محل قرار می‌گیرند و فاضلاب را از همه تجهیزات تولیدکننده چربی در محل، تحویل می‌گیرد. این دستگاه اصولاً از جریان ثقلی و زمان ماند به‌عنوان ابزار اولیه برای جداسازی چربی از فاضلاب، پیش از ورود به سامانه جمع‌آوری فاضلاب شهری، بهره می‌گیرد [۸ و ۹].

استانداردهای مختلفی برای طراحی این سامانه‌ها تدوین شده است که از آن جمله می‌توان به استانداردهای PDI G101 [۹]، ASME A112.14.3 [۱۰] و ASME A112.14.4 [۱۱] اشاره کرد. متأسفانه، عدم توجه به این استانداردها و نیز برقراری شرایط محیطی که قرار است چربی‌گیر در آنجا نصب شود، به هنگام طراحی سامانه‌های چربی‌گیر موجب شده است عملکرد آنها چندان مطلوب نباشد. در این تحقیق با بررسی تعدادی از چربی‌گیرهای موجود در شهر مشهد، مشکلات آنها مشخص شد. سپس یک چربی‌گیر جدید طراحی و ساخته شد که می‌تواند این مشکلات را مرتفع کند. در زمینه بررسی عملکرد انواع مختلف چربی‌گیر، تحقیقات علمی

به صورت اصولی و استاندارد انجام نشده بود. سبدها آشغال‌گیر باید مطابق شکل (۱)، به راحتی قابل حمل و تخلیه، دارای دستگیره و محل نصب باشد.

جدول ۱. مدت زمان اجرای چربی‌گیرهای بتنی نصب‌شده و چربی‌گیرهای کامپوزیتی پیش‌ساخته در شهر مشهد.

مدت زمان اجرا	نوع چربی‌گیر	محل
۲-۳ هفته	بتنی	هتل شیرزاد
۲ هفته	آجری	هتل آپارتمان اعلا
۲ هفته	آجری	حسینیه امام حسن مجتبی (ع)
۱۰ تا ۱۲ روز	آجری	هتل متین
۲ هفته	آجری	حسینیه سیدالشهداء
۱ ماه	بتنی	کترینگ رضایی
۱ ماه	آجری	هتل تهران
۱ ماه	بتنی	کبابی سید
۲ هفته	بتنی	رستوران ملکوتی
۲ هفته	آجر	رستوران پاسارگاد
۴ روز	بتنی	هتل فیروزه
۲ هفته	بتنی	هتل آپارتمان خواجه نصیر
۷ روز	پلی اتیلن	هتل کیانا
۷ روز	کامپوزیت	مجمع غدیریه
۵ روز	کامپوزیت	رستوران رضایی
۷ روز	کامپوزیت	آشپزخانه
۳ روز	کامپوزیت	رستوران امام رضا (ع)

شرایط ۲۰ تا ۳۰ دقیقه در نظر گرفته می‌شود. البته باید گفت که شرکت‌های سازنده پکیج‌های چربی‌گیر، زمان‌های ماند متفاوت و مجزایی را برای خود تعریف کرده‌اند [۱۴].

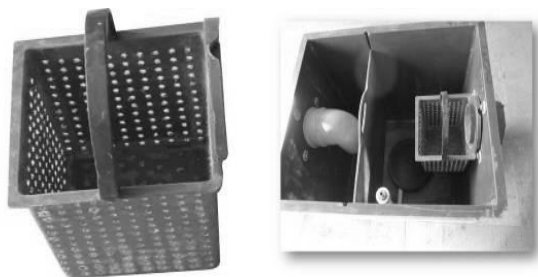
۳-۱-۲ جنس ساخت

همانگونه که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، مواد مختلفی از جمله بتن مسلح، آجر، فلز با پوشش کامپوزیت، پلی اتیلن و کامپوزیت در ساخت سامانه‌های چربی‌گیر به کار رفته بود. اجرای سامانه‌های بتنی و آجری با صرف مدت زمان طولانی، قالب‌بندی و نیز برای جلوگیری از نشتی، به پوششی عایق از قبیل کاشی نیاز دارد. فلز با پوشش اپوکسی اجرای آسان، ولی دوام کمی دارد و با گذشت زمان به دلیل از بین رفتن پوشش اپوکسی آن، فلز دستخوش خوردگی و در نهایت نشتی می‌شود. ولی کامپوزیت و پلی اتیلن برای استفاده در این سامانه‌ها به دلیل نصب بسیار آسان، وزن سبک و پیش‌ساخته بودن انتخاب مناسب‌تری‌اند. البته، پلی اتیلن در مقابل حرارت مقاومت کمی دارد و ممکن است بر اثر ورود فاضلاب با دمای بالا (آب جوش) تغییر شکل دهد [۱۵]. بنابراین، بهترین گزینه پیشنهادی می‌تواند کامپوزیت باشد که در عین وزن سبک، دارای مقاومت بسیار زیاد فیزیکی و شیمیایی، و در برابر حرارت و فرسایش نیز بسیار با دوام است، به طوری که بعضی شرکت‌ها، این سامانه‌ها را از لحاظ مقاومت تا ۵۰ سال گارانتی می‌کنند.

علیرغم مزایایی که برای چربی‌گیرهای کامپوزیتی ذکر شد، یکی از مشکلات آنها درب ناهمسطح است، به طوری که بر روی این پکیج‌ها یک درب ثابت سوار می‌شود و پس از نصب در زمین، عموماً این درب، در سطح پایین‌تر از سطح زمین قرار می‌گیرد و به یک درب مجزا برای هم سطح‌سازی نیاز پیدا می‌شود.

۳-۱-۳ آشغال‌گیر

انجام فرایند آشغال‌گیری در ورودی پکیج با استفاده از سبدها آشغال‌گیر موجب پیشگیری از ورود حجم انبوهی از مواد غذایی دانه‌ای و آشغال به داخل سامانه می‌شود که متأسفانه این امر در هیچ‌کدام از پکیج‌های بتنی، آجری و فلزی رعایت نشده بود. در حالی که با یک سبدها آشغال‌گیر دستی در ابتدای ورودی پکیج می‌توان حجم زیادی از آشغال‌ها را جدا کرد. هر چند پکیج‌های کامپوزیتی پیش‌ساخته دارای سبدها آشغال‌گیر بودند، ولی این کار



شکل ۱. آشغال‌گیر سبدها مورد استفاده در چربی‌گیر.

۳-۱-۴ تیغه‌ها

این خود یک معضل در جمع‌آوری چربی است. از این رو پیشنهاد می‌شود دربی سبک‌وزن به صورت یکپارچه، مجزا و همسطح زمین، مطابق شکل (۳)، نصب شود. همچنین، باید بتواند کل سطح چربی‌گیر را پوشش دهد تا تخلیه چربی به راحتی صورت پذیرد.



شکل ۲. درب‌های غیر استاندارد نصب‌شده در برخی از چربی‌گیرهای شهر مشهد.

علیرغم استفاده از تیغه در تمامی چربی‌گیرهای مشاهده‌شده در شهر مشهد، که یکی از شرط‌های لازم چربی‌گیر برای شناورسازی چربی است، عدم امکان جدا کردن تیغه‌ها، فرایند شست‌وشو و تخلیه چربی‌گیر را با مشکل مواجه کرده بود. در چربی‌گیرهای مشاهده‌شده بین یک تا سه تیغه به کار رفته بود. هر چند با افزایش تعداد تیغه‌ها، بازده جداسازی چربی بیشتر می‌شود، اما باید این موضوع را نیز در نظر گرفت که افزایش تعداد تیغه‌ها موجب افزایش حجم چربی‌گیر، در نتیجه دشوارتر شدن ساخت و نصب آن می‌شود. از این رو پیشنهاد می‌شود دو تیغه به کار رود که یکی از تیغه‌ها تا عمق کف پایین‌نرود و تیغه بعدی تا عمق کف پایین‌برود که این عمل منجر به جداسدن واحد رسوب‌گیر و جمع‌آوری بسیاری از مواد قابل ته‌نشینی در قسمت اول می‌شود.

۳-۱-۵ درب

۳-۱-۶ نحوه تخلیه چربی

در چربی‌گیرهای بتنی - آجری به علت عدم دسترسی به کل سطح چربی جمع‌آوری‌شده ناشی از وزن زیاد و طراحی نامناسب در چربی‌گیرها، تخلیه دستی چربی امکان‌پذیر نبود و اکثراً این عمل را با ماشین مکش به صورت دوره‌ای انجام می‌دادند. با این کار، کل فاضلاب درون چربی‌گیر تخلیه می‌شود و عموماً این چربی‌های جمع‌آوری‌شده با ماشین مکش، به صورت غیرمجاز مجدداً به شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری تخلیه و باعث گرفتگی و پس‌زدگی می‌شود. ولی چنانچه چربی‌گیر به صورتی طراحی شود که بتوان به صورت دستی چربی را تخلیه و به صورت زباله شهری جمع‌آوری کرد، بسیار مناسب‌تر است و چنین مشکلاتی نیز پیش نخواهد آمد.

۳-۱-۷ نحوه اجرا

از بین تمامی چربی‌گیرهای بررسی‌شده در شهر مشهد، جز دو مورد، بقیه در شرایطی اجرا شدند که رستوران یا هتل هنوز به بهره‌برداری نرسیده بود و یا در فرایند ساخت و تعمیرات قرار داشت. در حالی که در صورت نیاز به اجرای چربی‌گیر بتنی یا آجری برای رستوران در حال بهره‌برداری، انجام این کار بسیار دشوار است، زیرا نیاز به تخریب، حفاری، قالب‌بندی و مسائل دیگر دارد که منجر به تعطیلی چندین روزه رستوران می‌شود. در این حالت، اجرای چنین سامانه‌ای

درب‌های چربی‌گیرهای بتنی، آجری و فلزی مشاهده‌شده در شهر مشهد، کلاً از نوع چدنی در پیچه‌های بازدید فاضلاب با وزن تقریبی ۹۰ کیلوگرم و قطر ۶۰ سانتی‌متر بودند که کل سطح چربی‌گیر را نمی‌پوشاندند. در حالی که درب مناسب باید تمام سطح چربی‌گیر را بپوشاند و به آسانی قابل باز و بسته کردن باشد. وزن زیاد درب‌های چدنی موجب شده بود مشترکین تمایل چندانی به بازکردن آن و تخلیه چربی به صورت دستی نداشته باشند. تنها روش تخلیه چربی این نوع چربی‌گیرها، تخلیه به کمک ماشین مکش است که کل فاضلاب موجود در چربی‌گیر را به طور کامل جمع‌آوری می‌کند و ممکن است به صورت غیرقانونی چربی‌های جمع‌آوری‌شده توسط ماشین مکش در جایی دیگر به شبکه جمع‌آوری فاضلاب تخلیه و باعث گرفتگی و پس‌زدگی شبکه شود. نمونه‌ای از این درب‌ها را در شکل (۲) مشاهده می‌کنید. مطابق شکل (۲)، بسیاری از مشترکین پس از نصب چربی‌گیر به منظور عدم تخلیه چربی، درب‌های چدنی را در زیر سنگ کف دفن کرده‌اند و هیچ‌گاه اقدام به تخلیه چربی نمی‌کنند. این کار در نهایت پس از گذشت زمان به دلیل پر شدن چربی‌گیر، تمامی چربی را وارد شبکه جمع‌آوری فاضلاب می‌کند. با وجود این‌که در نمونه‌های کامپوزیتی مشاهده‌شده که دره‌ایی با وزن بسیار کم در مقایسه با درب‌های چدنی استفاده شده بود، اما حتی در این مدل‌ها نیز این در کل سطح پکیج را پوشش نمی‌داد.

۳-۱-۱۰ مدت زمان اجرا

براساس اطلاعات درج شده در جدول (۱)، زمان نصب چربی‌گیرهای پیش‌ساخته بین ۳ تا ۷ روز و مدت اجرا برای چربی‌گیرهای آجری و بتنی از ۲ هفته تا ۱ ماه است. یعنی، در بهترین شرایط ممکن، بیش از ۲ هفته برای اجرای یک سامانه چربی‌گیر بتنی یا آجری نیاز به تعطیلی رستوران است و این خود معضلی در اجرای چنین چربی‌گیرها برای رستوران‌های در حال بهره‌برداری است.

نیز از جدول (۱) می‌توان دریافت که مدت زمان اجرای پکیج‌های کامپوزیتی پیش‌ساخته کوتاه‌تر از ۷ روز بوده که در این موارد تنها برای حفاری و حمل خاک به زمان نیاز است و رستوران در حال بهره‌برداری می‌تواند بدون نیاز به تعطیل کردن، در حین کار چنین سامانه چربی‌گیری را اجرا کند.

۳-۱-۱۱ هزینه اجرا

هزینه تمام شده برای اجرا، یکی از مهم‌ترین عوامل هنگام انتخاب چربی‌گیر است. براساس اطلاعات جمع‌آوری شده (جدول (۲)) شرکت‌های مشاور شهر مشهد، مبلغ ۱۵ میلیون ریال برای هزینه طراحی و مشاوره و مبلغ ۵۰ تا ۷۰ میلیون ریال نیز هزینه اجرا، تهیه و نصب چنین سامانه‌هایی از صاحبان رستوران‌ها و هتل‌ها دریافت می‌کنند. این در حالی است که هزینه تمام‌شده یک سامانه چربی‌گیر پیشنهادی تیم تحقیقاتی با در نظر گرفتن رفع ایرادهای سامانه‌های قبلی نصب‌شده در شهر مشهد، کم‌تر از مبالغ ذکرشده در جدول (۲) است.

از دید صاحب رستوران به هیچ وجه قابل قبول نیست و به گفته آنها به تحمل ضرر و زیان مالی زیادی می‌انجامد. بنابراین، با توجه به این‌که در حال حاضر مشکل اصلی میزان چربی است که رستوران‌های فعال در شهر مشهد وارد شبکه جمع‌آوری فاضلاب می‌کنند، از این رو، اجرای چربی‌گیرهای بتنی، آجری و مانند آنها، گزینه‌ای ناممکن و نامناسب است. پس، گزینه مناسب و قابل اجرا تنها پکیج‌های پیش‌ساخته است که بتوان پس از حفاری در مدت چندین ساعت نصب و بهره‌برداری کرد که این امر رضایت صاحبان رستوران‌ها را نیز فراهم می‌آورد.

۳-۱-۸ حجم چربی‌گیر

مدت زمان ماند در نظر گرفته شده برای چربی‌گیرهای مشاهده شده در شهر مشهد بین ۱ تا ۲۴ ساعت بود که زمانی طولانی محسوب می‌شود. افزایش زمان ماند به افزایش حجم سامانه می‌انجامد و خود یک معضل دیگر ایجاد می‌کند. البته با افزایش حجم، کارایی واحد افزایش می‌یابد ولی به موازات آن موجب مشکلاتی از قبیل اجرای زمان‌بر، و عدم قابلیت اجرا برای اکثر رستوران‌ها می‌شود. از سوی دیگر، فضای بسیاری از رستوران‌ها دارای محدودیت است و نمی‌توان فضای وسیعی را برای نصب چربی‌گیر آنها در نظر گرفت. بنابراین، برای اجرایی و عملی بودن نصب چربی‌گیرها در رستوران‌های در حال بهره‌برداری، باید چربی‌گیری با حجم مناسب همراه با نصب سریع و آسان انتخاب شود.

جدول ۲. هزینه اجرای چربی‌گیرهای بتنی نصب‌شده

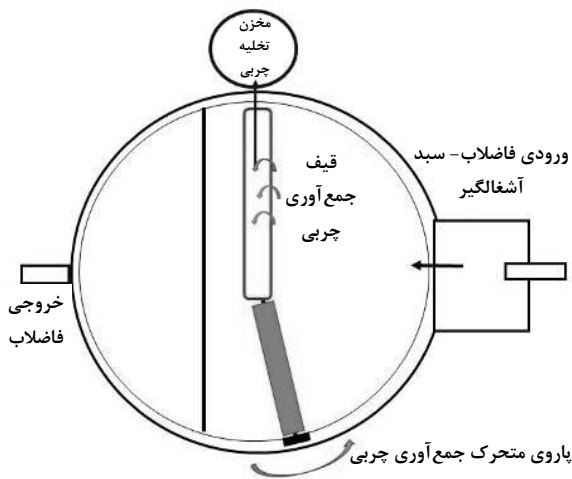
در شهر مشهد.

نوع چربی‌گیر	حجم (متر مکعب)	هزینه اجرا (میلیون تومان)	هزینه طراحی و مشاور (میلیون تومان)
بتن مسلح	۶/۳	۹	---
بتن مسلح	۳/۱۵	۶	۱/۵
بتن مسلح	۶	۵/۵	۱/۵
بتن مسلح	۱۱	۵/۵	۲
بتن مسلح	۹	---	۱/۵
بتن مسلح	۱۷	۵/۵	۱/۵

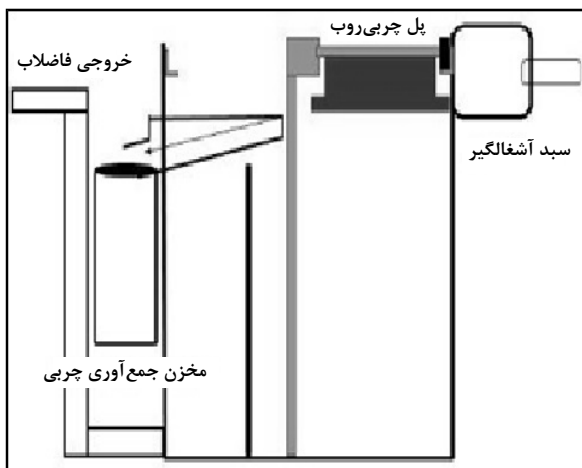
۳-۱-۹ حجم سرانه چربی‌گیر

براساس مشاهدات، شرکت‌های مشاور مستقر در شهر مشهد بدون انجام آزمون‌های میدانی مشخص، طراحی را براساس تعداد پرس غذا و حجم سرانه چربی‌گیر با حجم سرانه‌ای بین ۳ تا ۲۶ لیتر آب به ازای هر پرس غذا را مبنای طراحی خود قرار داده‌اند. این در حالی است که بررسی‌های میدانی و محاسبات تیم تحقیقاتی با میانگین‌گیری از میزان مصرف آب و تعداد پرس غذای آماده شده در هر وعده غذا در چند رستوران بزرگ و متوسط در شهر مشهد، به ازای هر پرس غذا مصرف آب را بین ۵ تا ۱۰ لیتر برآورد کرد و طراحی سامانه براین اساس در نظر گرفته شد.

بالای مصرفی است. در کنار این سامانه یک مخزن جمع آوری و تخلیه چربی کار می‌گذارند. بهترین گزینه برای جنس جدار چربی‌گیرها کامپوزیت است، ولی تنها ایرادی که این ماده دارد هزینه زیاد آن است. از این رو، در طراحی پیشنهادی از فلز و کامپوزیت به صورت تلفیقی استفاده شده است که هم مزایای کامپوزیت را دارد و در عین حال، هزینه‌ها را بسیار کاهش می‌دهد. چربی‌گیر پیشنهادی از یک سازه فلزی (گالوانیزه) با ضخامت ۲ میلی‌متر استفاده می‌کند و بر روی جدار داخلی و خارجی آن از دو لایه کامپوزیت با رزین وینیل‌استر پوشش داده می‌شود که کاملاً عایق‌بندی و مقاوم می‌شود.



شکل ۳. طرحواره چربی‌گیر ساخته‌شده - نمای قائم.



شکل ۴. طرحواره چربی‌گیر ساخته‌شده - نمای نیم‌رخ.

در شکل (۳)، یک نمونه از سامانه چربی‌گیر ساخته‌شده را مشاهده می‌کنید. چربی‌گیر نصب‌شده شامل ۲ تیغه قابل برداشتن است که در هنگام تمیزکردن می‌توان تیغه‌ها را خارج کرد و پس از تمیزکردن، مجدداً در محل خود قرار داد که در شکل (۳) می‌توان شیوه تمیزکردن آنها را مشاهده کرد.



شکل ۳. نمونه سامانه چربی‌گیر اجراشده در یک رستوران توسط تیم تحقیقاتی.

۳-۱-۱۲ نتیجه‌گیری از مشاهدات و بازدیدها

بنابر بررسی‌های انجام‌شده، تقریباً تمامی چربی‌گیرها قبل از بهره‌برداری رستوران یا هتل در حین ساخت محل، اجرا شده‌اند. از این رو، چنانچه با این حجم‌های غیراصولی رستوران‌ها و هتل‌ها ملزم به نصب چنین واحدهایی شوند، اکثر آنها با مشکلات محدودیت فضا روبرو هستند و کاری است ناممکن. از این رو، نمی‌توان نمونه‌های سنتی (بتنی، آجری و فلزی) را اجرا کرد و تنها راهکار آن پکیج‌های پیش‌ساخته است.

با توجه به برآوردهای صورت‌گرفته براساس آب مصرفی و تعداد پرس‌های سرو شده در هر ماه، می‌توان مشخص کرد که به ازای هر پرس غذا در ایران بین ۵ تا ۱۰ لیتر آب مصرف می‌شود و طراحی سامانه را براین اساس و زمان ماند ۳۰ دقیقه با توجه به حذف ذرات روغن ۲۰ تا ۳۰ میکرون در این زمان ماند انجام داد.

۳-۲ ساختار چربی‌گیر پیشنهادی

طرحواره چربی‌گیر ساخته‌شده را می‌توان در شکل‌های (۴) و (۵) مشاهده کرد. دلیل طراحی استوانه‌ای چربی‌گیر جلوگیری از حجم

باشند، از این رو از یک ابر زمان سنج^۱ دیجیتال استفاده شده که قابلیت برنامه‌ریزی دارد و می‌توان در بازه‌های زمانی مختلف به پل دستور چرخش و جمع‌آوری چربی دهد. مثلاً، هر ۳ یا ۸ ساعت با دور پل چربی‌روب حرکت کند. نیروی محرکه پل را موتور گیربکسی که بر سر انتهایی پل قرار دارد، تأمین و به یک چرخ پلاستیکی منتقل می‌کند که این چرخ بر روی یک لبه کامپوزیتی که در واقع همان محیط استوانه است به چرخش در می‌آید و پل را به جلو حرکت می‌دهد و چربی‌های روی سطح را به ناوه پلاستیکی که در شعاع سامانه قرار دارد هدایت می‌کند. در پایان، ناوه چربی را به مخزن تخلیه چربی که خارج سامانه در کنار آن واقع شده تخلیه می‌کند. یکی دیگر از مشکلات چربی‌گیرهای شهر مشهد در غیرهمسطح سامانه‌ها بود که نیاز به یک در دیگر برای همسطح‌سازی داشت، ولی در این طرح چربی‌گیر پیشنهادی در سامانه کاملاً مجزاست و همسطح با زمین نصب می‌شود.

مزایای این چربی‌گیر جدید عبارتند از:

- عدم نیاز به تخلیه دستی. تخلیه خودکار به صورت روزانه با قابلیت تغییر زمان تخلیه صورت می‌گیرد؛
- عدم نیاز به حجم زیاد به علت جمع‌آوری چربی در طول روز در چندین بازه زمانی؛
- کاملاً خودکار و بدون دخالت بهره‌بردار است؛
- تخلیه چربی به مخزن جمع‌آوری چربی و یا به درون پلاستیک زباله؛
- دارا بودن واحد آشغال‌گیر سبکی قابل برداشت؛
- نصب و اجرای آسان و سریع؛
- عدم نیاز به تعطیلی رستوران به منظور نصب و اجرا؛
- در همسطح زمین و پوشش‌دهنده کل سطح فاضلاب؛
- جدار داخلی کامپوزیت (ضد اسید و دارای مقاومت حرارتی و فیزیکی بالا)؛
- وزن سبک و قابل حمل؛
- قابلیت جابجاشدن برای محل‌های استیجاری؛
- قابلیت برنامه‌ریزی به منظور تواتر تخلیه چربی به صورت زمان‌های قابل تنظیم (روزانه، ساعتی و دقیقه‌ای)؛
- مجزابدون واحد رسوب‌گیر توسط تیغه جداکننده؛
- قابل برداشت‌بودن تیغه چربی‌گیر؛

این سامانه بسیار سبک است که این امر، نصب و جابه‌جایی آن را آسان می‌کند سامانه پارویی تعبیه شده در بالای سامانه کار جمع‌آوری خودکار چربی را انجام می‌دهد. این پاروی پلاستیکی با سرعت ملایم در شعاع سامانه چربی‌گیر به گردش درمی‌آید، چربی‌های روی سطح فاضلاب از سطح به جلو هدایت و به ناوه شیداری تخلیه می‌کند. در نهایت چربی‌ها به مخزن تخلیه چربی منتقل می‌شوند. یکی از مشکلات اکثر سامانه‌های چربی‌گیر نصب شده در شهر مشهد فقدان سبد آشغال‌گیر مناسب در خود سامانه چربی‌گیر بود که در طرح چربی‌گیر پیشنهادی یک سبد آشغال‌گیر کامپوزیتی مکعبی شکل با سوراخ‌های ۵ میلی‌متری در قسمت ورودی فاضلاب به سامانه، طراحی شده که به راحتی قابل برداشتن و تخلیه است. همچنین، به جهت چرخش پل چربی‌روب در شعاع سامانه، سبد آشغال‌گیر در خارج از قسمت استوانه‌ای تعبیه شده است تا در چرخش پل مشکلی ایجاد نکند و لوله خروجی از قسمت پایین سامانه به خارج متصل شده و به قسمت بالا آمده تا با پارو در تماس نباشد. در این سامانه، برای جلوگیری از ایجاد جریان کنار گذر و افزایش بازده، از یک تیغه استفاده شد که در قطر سامانه واقع شده و به کف سامانه اتصال دارد، ولی تا سطح فاضلاب بالا نیامده که با پل در تماس نباشد. تیغه نصب‌شده، سامانه را به دو قسمت مجزا تقسیم می‌کند که در قسمت اول رسوب‌های زیادی گرفته و جمع‌آوری می‌شوند. نیروی محرکه پارو را یک موتور گیربکس تأمین می‌کند که برای جلوگیری از خطرات برق‌گرفتگی و مشکلات مربوط، از نوعی موتور گیربکس خاص با مصرف برق ۱۲ ولت با توان بالا استفاده شده که در عین داشتن توان بالا، به منظور حرکت پل، از برق ۱۲ ولت استفاده می‌کند و هیچ خطر برق‌گرفتگی را برای افراد حاضر در محل ندارد. در واقع، برق ۲۲۰ ولت شهری قبل از ورود به سامانه، از طریق یک ترانسفورماتور کاهنده به برق ۱۲ ولت تبدیل و سپس وارد سامانه می‌شود. سرعت چرخش پل چربی‌روب ۳ دور بر دقیقه است و یک دور چرخش کامل در شعاع چربی‌گیر را در ۲۰ ثانیه طی می‌کند که سرعت ملایم و مناسبی است. چنانچه سرعت پل زیاد باشد، به ایجاد تلاطم و شکستن لخته‌های چربی منجر می‌شود. با توجه به اینکه نیاز به چرخش پل به صورت مداوم و پی‌در پی نیست، و به فرصت نیاز می‌شود تا چربی و روغن تشکیل لخته دهند و به راحتی قابل تخلیه

1. Super Timer

جدول ۳. مشخصات فنی چربی‌گیر پیشنهادهای تیم تحقیقاتی.

شکل	قطر	ارتفاع	حجم	سبد آشغال‌گیر
استوانه‌ای	۱ متر	۱ متر	۸۰۰ لیتر	مکعب مربع ۲۰×۲۰×۲۰ سانتی‌متر
طول پل چربی‌روب	گشتاور موتور گیربکس		نیرو محرکه	
۵۰ سانتی‌متر (شعاع سامانه)	۵۰ Kg/cm		موتور گیربکس ۱۲ ولت ۳ دور بر دقیقه	
برق مصرفی	تجهیزات الکتریکی			
۱۲ ولت با ۱ آمپر	آبژ تایمر دیجیتال و ترانس برق کاهنده ۲۲۰ به ۱۲ ولت با ۲ آمپر			
ابعاد محل تعبیه شدن سبد آشغال‌گیر	جنس جدار			
۳۰×۳۰×۴۰ سانتی‌متر	لایه داخلی فلز گالوانیزه با پوشش داخلی و خارجی دو لایه کامپوزیت			
زمان ماند	غلظت روغن خروجی سامانه	دوره تخلیه		
۳۰ دقیقه	کم‌تر از ۱۰۰ ppm	بسته به میزان پخت حداکثر روزی یک بار		

چربی‌گیر جدید به‌منظور غلبه بر مشکلات سامانه‌های موجود اقدام شد. از مهم‌ترین مشکلات چربی‌گیرهای موجود می‌توان به زمان ماند نامناسب، مدت زمان اجرای نسبتاً طولانی و هزینه زیاد اشاره کرد. چربی‌گیر جدید علاوه بر هزینه کم‌تر، حجم (۸۰۰ لیتر) و وزن کم‌تری دارد. به آسانی و در کم‌ترین زمان ممکن نصب می‌شود و به‌صورت خودکار چربی‌ها را جمع‌آوری و در ظرف مخصوص تخلیه می‌کند. به‌دلیل طول مدت کوتاه برای نصب می‌توان در زمانی که مؤسسه در حال کار است، نسبت به نصب آن اقدام کرد که این امر موجب استقبال صاحبان مؤسسه‌ها خواهد شد.

۵. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از شرکت آب و فاضلاب مشهد به‌خاطر حمایت مالی از این تحقیق و فراهم آوردن امکانات لازم در قالب طرح پژوهشی شماره ۹۳۲۴۲۲۷ با معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه اصفهان، به‌ویژه جناب آقای مهندس جلیل جلیلیان مدیر محترم نظارت بر بهره‌برداری شبکه فاضلاب آبفا مشهد و ناظر پروژه و سرکار خانم مهندس ثمانه توکلی در دفتر تحقیقات آن شرکت و

– هزینه مناسب و دلخواه برای اجرایی شدن طرح در شهر مشهد؛
– مصرف جریان برق ۱۲ ولت برای جلوگیری از خطرات برق‌گرفتگی و مصرف برق بسیار کم؛
– عایق‌بندی تمامی واحدهای نیروی محرکه در برابر خوردگی و فرسایش؛
– سرعت حرکت بسیار ملایم پل چربی‌روب به‌منظور جلوگیری از ایجاد تلاطم؛
– کاهش بسیار چشم‌گیر زمان ماند و حجم پکیج به‌علت جمع‌آوری مداوم چربی در هر روز؛
– سبد چربی‌گیر به‌صورت مکعب مستطیل از جنس کامپوزیت ضد اسید و حرارت با سوراخ‌هایی به قطر ۵ میلی‌متر و به‌راحتی قابل برداشت و تخلیه است؛
– قرارگیری مخزن پلی‌اتیلن جمع‌آوری چربی در کنار سامانه و امکان قرار دادن پلاستیک زباله درون مخزن برای تخلیه و جمع‌آوری چربی‌ها به‌صورت خودکار به داخل پلاستیک.

همچنین، مقایسه چربی‌گیر ساخته شده توسط گروه تحقیقاتی با سایر نمونه‌های مشابه نشان داد که هزینه و حجم این چربی‌گیر از نمونه‌های موجود کم‌تر است. همچنین، براساس تحقیقات این گروه هیچ نمونه چربی‌گیر خودکار ساخت ایران در کشور موجود نیست. با توجه به خودکار بودن چربی‌گیر ساخته شده توسط این گروه تحقیقاتی که یک مزیت عمده به‌شمار می‌رود، استفاده از چربی‌گیر به سهولت انجام می‌گردد.

مشخصات فنی چربی‌گیر در جدول (۳) درج شده است.

۴. نتیجه‌گیری کلی

امروزه، تجمع رسوب‌های روغن و چربی در خطوط فاضلاب شهرهای بزرگ به یک معضل جدی تبدیل شده است. از آنجا که مؤسسه‌های تهیه غذا از جمله مهم‌ترین منابع تولیدکننده روغن و چربی‌اند، کنترل فاضلاب خروجی از آنها ضروری به‌نظر می‌رسد. یکی از مناسب‌ترین روش‌های جلوگیری از ورود روغن و چربی از مؤسسه‌های تهیه غذا به درون خطوط فاضلاب، استفاده از چربی‌گیرهاست. اما عدم توجه به استانداردهای لازم در این زمینه موجب کاهش کارایی و همچنین کاهش اقبال عمومی به این‌گونه تجهیزات شده است. در این تحقیق پس از بررسی ۱۷ واحد از چربی‌گیرهای موجود در شهر مشهد، نسبت به طراحی و ساخت یک

- [6] Davis, A. P., "The Production and Fate of Fats, Oils and Grease from Small Dairy-Based Food Service Establishments", University of Maryland, (2011).
- [7] Piotr, K. M., "Grease Trap Purification by Sonication with Ozone, Argon and Other Gas Bubbles", Saga University, (2012).
- [8] Livingston, M., "Characterization of Restaurant Gravity Grease Interceptors and the Impact of bioaugmentation on performance", (2006).
- [9] Ducoste, J. J., Keener, K. M., Groninger, J. W., Holt, L. M., "Assessment of Grease Interceptor Performance", Water Environment Research Foundation: Alexandria, Virginia, (2008).
- [10] The Plumbing and Drainage Institute, "Testing and Rating Procedure for Hydro Mechanical Grease Interceptors with Appendix of Installation and Maintenance (PDI-G101)", (2010).
- [11] The American Society of Mechanical Engineers, "Grease Removal Devices (A112.14.4)", (2001).
- [12] Aziz, T. N., Holt, L. M., Keener, K. M., Groninger, J. W., Ducoste, J. J., "Performance of grease abatement devices for removal of fat, oil, and grease", Journal of Environmental Engineering, 137 (1), 84-92, (2010).
- [13] Tang, H. L., Xie, Y. F., Chen, Y. C., "Use of Bio-Amp, a commercial bio-additive for the treatment of grease trap wastewater containing fat, oil, and grease", Bioresource technology, 124, 52-58, (2012).
- [14] Wang, L. K., Hung, Y. T., Lo, H. H., Yapijakis, C., "Waste treatment in the process industries", CRC Press, (2005).
- [15] Peacock, A., "Handbook of polyethylene: structures: properties, and applications", CRC Press, (2000).
- همچنین از کارشناسان صاحب نظر شرکت‌های آب و فاضلاب مشهد، اصفهان و شیراز نیز برای مشاوره و راهنمایی‌های مناسب، سپاسگزاری می‌کنند.

مراجع

- [1] Husain, I. A. F., Alkhatib, M. F., Jammi, M. S., Mirghani, M. E. S., Zainudin, Z. B. Hoda, A., "Problems, Control, and Treatment of Fat, Oil, and Grease (FOG): A Review", Journal of oleo science, 63 (8), 747-752, (2014).
- [2] Kamali, M., Pirooz, M., Jalilian, J., Asadollahi, M. A., "Physical and Chemical Characterization of the fat and oil deposits in Mashhad city sewer lines and proposing solutions to this problem", Water and Wastewater Journal, In Press, (2015). (Persian)
- [3] He, X., de los Reyes, F. L. 3rd, Leming, M. L., Dean, L. O., Lappi, S. E., Ducoste, J. J., "Mechanisms of fat, oil and grease (FOG) deposit formation in sewer lines", Water research, 47 (13), 4451-4459, (2013).
- [4] Kamali, M., Pirooz, M., Asadollahi, M. A., Tavakoli, S., Amin, M. M., "Municipal sewer lines blockage due to fat, oil and grease depositions, confronting and prevention methods", Health System Research Journal, Accepted, (2015). (Persian)
- [5] American society of plumbing engineers, "Grease Interceptors", 1-13, (2013) (Available in: https://www.aspe.org/sites/default/files/webfm/ContinuingEd/PSD_CEU_199May13.pdf).