

## ارزیابی عملکرد سیستم تهویه مکنده موضعی در کنترل گردوغبار اکسید آهن (II) در یک واحد آهن سازی

مهدی جمشیدی راستانی<sup>۱</sup> - فرشید قربانی شهنا<sup>۲\*</sup> - عبدالرحمن بهرامی<sup>۳</sup> - سمیه حسینی<sup>۴</sup>

*fghorbani@umsha.ac.ir*

تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۳۰

### مکیده

**مقدمه:** از جمله علل پایش سیستم‌های تهویه، تبعیت از مقادیر طراحی و رعایت استانداردهای تهویه (VS) پس از نصب و هم‌چنین نگه‌داشتن ادامه کار سیستم تهویه با حداکثر عملکرد را در طول عمرش می‌باشد، لذا این مطالعه با هدف ارزیابی عملکرد سیستم تهویه مکنده موضعی کنترل گردوغبار توسط اندازه‌گیری پارامترهای عملیاتی و مقایسه با استانداردهای تهویه و مقادیر طراحی صورت گرفت.

**روش کار:** پژوهش حاضر یک مطالعه توصیفی-مقطعی می‌باشد که در سه بخش اندازه‌گیری، پایش و بررسی پارامترهای هودها، کانال‌ها و فن سیستم تهویه بر روی وضعیت موجود سیستم، اسناد (طراحی) و استانداردهای توصیه شده صورت گرفت. فشار استاتیک، فشار سرعت، سطح مقطع و دبی بر اساس توصیه‌های منابع علمی مختلف و تهویه صنعتی ACGIH اندازه‌گیری گردید و با مقادیر طراحی و توصیه شده استاندارد با استفاده از نرم افزار SPSS16 مقایسه شد.

**یافته‌ها:** نتایج آزمون آماری t زوجی بین دبی‌ها و سرعت‌های طراحی و وضعیت موجود، در نقاط مختلف تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد، نتایج کاهش بیش از ۵۰٪ در وضعیت موجود نسبت به وضعیت طراحی را نشان می‌دهد و سرعت انتقال طراحی بیش از ۱/۳ برابر مقادیر استاندارد طراحی شده‌است و سرعت انتقال موجود در حدود ۶۵٪ مقدار استاندارد می‌باشد.

**نتیجه گیری:** کاهش و عدم انطباق نتایج اندازه‌گیری‌های پارامترهای عملیاتی (پس از گذشت حداقل دو دهه) با مقادیر استاندارد و طراحی، موید و دلیل کافی برای وجود گرفتگی‌ها، سایش‌ها، نشستی‌ها، عدم بالانس کانال‌های سیستم و ناکارآمدی آن در برخی انشعابات می‌باشد. از آن‌جا که نتایج اندازه‌گیری، مبنایی برای سیستم وجود ندارد (با فرض کار کردن سیستم با حداکثر مقادیر در زمان راه‌اندازی)، یکی از دلایل این تغییرات را می‌توان به عدم وجود برنامه تعمیرات و نگهداری صحیح و مرتب نسبت داد.

### کلمات کلیدی: سیستم تهویه مکنده موضعی، پارامترهای عملیاتی، استاندارد تهویه، گردوغبار

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲- دانشیار، قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۳- استاد، قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۴- کارشناس مهندسی بهداشت حرفه‌ای، شبکه بهداشت عظیم، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران.

### ≡ مقدمه

آلودگی هوا امروزه به‌عنوان یکی از مشکلات بزرگ زیست محیطی و اقتصادی به‌خصوص در شهرهای بزرگ صنعتی می‌باشد که سبب افزایش انواع بیماری‌های تنفسی، پوستی، نقص‌های مادر زادی، ضعف جسمانی و بسیاری امراض دیگر و نیز باعث افزایش بی‌رویه هزینه‌های جاری به منظور حذف این آلودگی‌ها می‌شود (۱-۲). راهکارهای مختلفی به منظور کنترل منابع منتشر کننده آلاینده‌های هوا ارائه شده است (۳). سیستم‌های تهویه مکنده موضعی یکی از رایج‌ترین راهکارهای کنترل آلودگی هوا در صنایع می‌باشد (۴-۵) و بنا به دلایلی این نوع سیستم باید پایش و ارزیابی شود، از جمله این‌که؛ تنها وقتی یک معیار کنترلی موثر می‌باشد که به‌خوبی طراحی شود و به‌طور مناسبی پایش، تعمیرات و نگهداری روی آن صورت گیرد (۴). لذا برای تعیین این‌که آیا سیستم ظرفیت کافی برای افزودن هودها، شاخه‌های اضافی و افزایش میزان تولید را دارا می‌باشد یا خیر، به‌منظور این‌که سیستم از مشخصات، معیارها و استانداردهای طراحی سیستم‌های تهویه (VS) تبعیت می‌کند، برای تعیین این‌که آیا سیستم مطابق مشخصات و محاسبات موجود در مدارک طراحی در حال کار می‌باشد، لذا پس از طراحی، نصب و در طول عمر سیستم تهویه به منظور نگاه‌داشتن و ادامه کار سیستم با حداکثر عملکرد، اندازه‌گیری‌های جریان هوا باید صورت گیرد، چرا که ممیزی و پایش هرگونه نقص سیستم تهویه فقط به وسیله اندازه‌گیری امکان پذیر است (۱۴-۶ و ۴). به منظور برآوردن دلایل پایش (دلایل فوق‌الذکر) راه‌ها و سطوح مختلفی از پایش ارائه شده است که از جمله آنها می‌توان به تست و امتحان سرتاسری سیستم در سه سطح چک کردن

و بازرسی چشمی، اندازه‌گیری و ارزیابی تکنیکی پارامترهای عملکردی و ارزیابی اثربخشی سیستم تهویه اشاره نمود (۱۷-۱۴ و ۶-۵). هدف از آزمایش، امتحان و اندازه‌گیری پارامترهای تکنیکی عملکرد سیستم تهویه، تعیین کارایی، راندمان و شناسایی نقایص فنی سیستم می‌باشد که با کمک اندازه‌گیری و جمع‌آوری داده‌هایی برای همه اجزای سیستم برآورده می‌شود (۱۹-۱۸ و ۶-۵). لذا این مطالعه به منظور ارزیابی عملکرد سیستم تهویه مکنده موضعی کنترل گردوغبار به کمک اندازه‌گیری پارامترهای عملیاتی و مقایسه با استانداردهای تهویه و مقادیر طراحی صورت گرفت.

### ≡ روش کار

مشخصات و منابع آلاینده تحت پوشش سیستم مورد پایش

سیستم تهویه مورد مطالعه دارای شبکه کانال کشی گسترده با ۱۷ هود می‌باشد که بر روی منابع آلودگی نصب گردیده‌اند (شکل ۱). این سیستم کنترل کننده آلاینده دارای مواضعی شامل یک موضع ریزش مواد از نوار نقاله داخل تانک CV-02C17 به TK-MF11 (هود ۱)، دو موضع ریزش مواد از تانک داخل فیدر TK-MF11 به FD-MF15A,B (هود ۷ و ۲) و دو موضع ریزش مواد از فیدر داخل سرند FD-MF15A,B به SC-MF01A,B (هود ۸ و ۳) می‌باشد. هر سرند دارای سه خروجی سایز درشت، سایز ریز و سایز گندله فرآیندی SC-MF01A,B به CV-MF21,23, 24 می‌باشد که هر کدام سه موضع پرتاب مواد را تشکیل می‌دهند (هودهای ۱۰ و ۹، ۵، ۴) و در ادامه نوار سایز ریز موضع ریزش مواد از نوار بر روی نوار CV-MF21 به CV-MF22 (هودهای ۱۲ و ۱۱

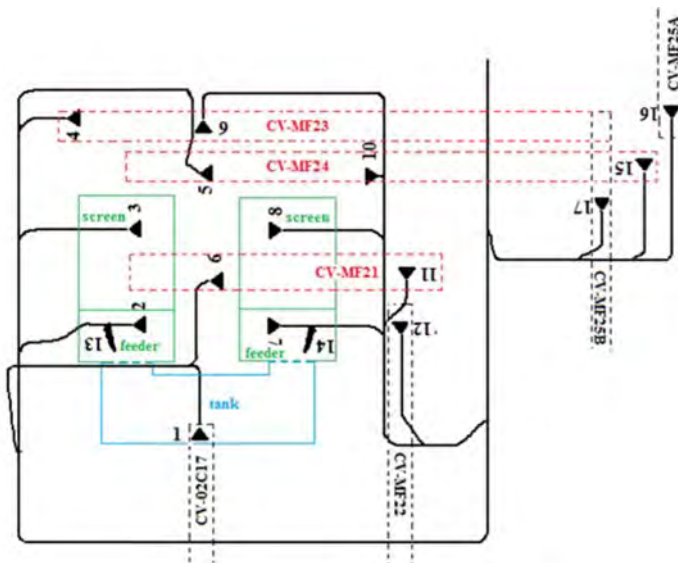
هودهای ۹ و ۴ بر روی نوار نقاله CV-MF23 طراحی شده‌اند، در حالی که در اثر تغییراتی که در فرآیند صورت گرفته و گندله‌های با سایز درشت از فرآیند حذف گردیده‌اند و توسعه‌ای که در تولید وجود داشته است، هود ۴ از نوار CV-MF23 به روی نوار CV-MF24 که مواد و گندله اصلی را جابه‌جا می‌کند انتقال داده شده است و در واقع در محلی بعد از محل ریزش مواد از قسمت طرح و توسعه یعنی CV-MF19 روی نوار CV-MF24 از آن استفاده می‌شود و هود شماره ۹ عملاً در فرآیند بیهوده بکار گرفته شده است (شکل ۱).

برای اطمینان از کارکرد مناسب سیستم تهویه مکنده موضعی، اندازه‌گیری منظم میزان دبی و یا سرعت هوا در نقاط مختلف سیستم و اندازه‌گیری‌های فشار استاتیک هود می‌تواند کمک کننده باشد (۲۰-۱۹، ۱۴). لذا در این مطالعه مطابق با منابع علمی، داده‌های خام از سیستم جمع‌آوری شد. برای تعیین شرایط LEV محاسبات مربوطه صورت گرفته و با مشخصات

۶، و سایز فرآیندی موضع ریزش مواد از نوار در داخل دایورتور CV-MF24 به DV-31A,B را شامل می‌شوند (هود ۱۵) که دایورتور خود نیز دو موضع شوت مواد از دایورتور بر روی هر نوار DV-31A,B به CV-MF25A,B را به وجود می‌آورد (هودهای ۱۶ و ۱۷).

تغییرات و تناقضات مشاهده شده در سیستم با اسناد سیستم مورد پایش

از مجموع ۱۷ انشعاب سیستم، دو انشعاب ۱۳ و ۱۴ در طراحی به صورت کانال بدون هود رها شده و توسط دمپر مسدود گردیده است، لذا در بررسی‌ها فقط ۱۵ انشعاب دارای هود در نظر گرفته شده‌اند و قابل ذکر است که دو انشعاب هودهای ۷ و ۲ بر روی فیدر طراحی شده‌اند، در حالی که در وضعیت موجود به همراه هودهای ۸ و ۳ که بر روی سرندها قرار گرفته‌اند و انتشار آلاینده از روی سرندها را کنترل می‌کنند (این وضعیت از ابتدای نصب بدین صورت بوده است).



شکل ۱. شبکه کانال کشی و موقعیت قرارگیری هودها در فرآیند

ثبت شد. پارامترهای سخت افزاری مورد نیاز و پارامترهای عملیاتی اجزای مختلف سیستم تهویه در نقاط معین مناسب اندازه‌گیری در مستندهای سیستم، بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شده و نتایج آزمایش روی فرم‌های اندازه‌گیری که از منابع مختلف تهیه شده بود، ثبت و با داده‌ها و اطلاعات موجود در اسناد سیستم مقایسه گردید (۲۳-۲۲، ۲۰، ۱۸، ۱۱).

*اندازه‌گیری و پایش پارامترهای اجزای سیستم تهویه مورد بررسی در چند بخش زیر خلاصه گردید:*

*اندازه‌گیری و پایش پارامترهای هود در سیستم تهویه*

ابتدا ابعاد هودها از پلان‌ها، نقشه‌ها و دفترچه مشخصات موجود تعیین و برآورد شدند. در فیلد نیز ابعاد هودها توسط متر اندازه‌گیری گردیدند. سپس برای تعیین سطح مقطع دهانه هودها، به دلیل چهار گوش بودن همه هودهای سیستم مذکور، ابعاد هود به دست آمده از مرحله قبل در هم‌دیگر ضرب و سطح مقطع هر یک محاسبه گردیدند. قابل ذکر است برای افزایش دقت، هودها از لحاظ گرفتگی و انسداد چک شدند و در صورت داشتن گرفتگی، ابعاد موجود ثبت شدند. برای اندازه‌گیری سرعت دهانه هود می‌توان از دستگاه‌های سرعت سنج هوا، لوله‌های دود و آنومتر پره‌ای یا چرخان در دهانه هود استفاده کرد (۱۱ و ۶-۵). اما برای دقت بیشتر، دبی را در کانال شاخه متصل شده به هود تعیین کرده و سپس آنرا به سطح مقطع دهانه باز موجود هر هود تقسیم کردیم. اندازه‌گیری فشار استاتیک هود نسبتاً آسان است. اندازه‌گیری صحیح فشار استاتیک می‌تواند با استفاده از فشار دیواره (یعنی همان اتصال مانومتر به یک سوراخ در دیواره کانال) یا

طراحی شده یا توصیه شده مقایسه شد (۱۴). قابل ذکر است که از طرفی بالانس سیستم (برابری افت فشار) در همه کانال‌هایی که به یک نقطه اتصال برخورد می‌کند برای تضمین کارکرد موثر همه هودها خیلی مهم می‌باشد و در صورتی که نتایج بیش‌تر از ۱۵-۱۰٪ از مشخصات طراحی اختلاف داشته باشند یا زیر شاخص استاندارد باشند، نشان از وجود اشکال در سیستم داشته و نیازمند آنالیز بیش‌تر و اصلاح آنها می‌باشد (۱۸). لذا برای ارزیابی و آزمایش پارامترهای عملیاتی سیستم، روی نقشه‌های مربوط به سیستم که از مرکز اسناد تهیه شده بود و با شرایط موجود سیستم تلفیق شده بودند، محل‌های مورد نیاز برای اندازه‌گیری و نمونه‌برداری با رعایت حتی الامکان اصول تشریح شده در منابع مختلف (۶-۴ برابر قطر کانال‌ها در پایین‌دست و ۳-۲ برابر قطر کانال‌ها در بالادست موانع یا تغییرات جهت‌دار) علامت‌گذاری شدند (۲۱، ۱۹، ۱۲-۱۱). این محل‌ها توسط محققین و یکی از کارکنان واحد بر اساس مشخصات و اطلاعات داده شده سوراخ کاری شدند. سپس تجهیزات آزمایش و ابزار اندازه‌گیری مناسب انتخاب گردیده و به منظور افزایش صحت مقادیر پارامترهای مورد اندازه‌گیری، کالیبراسیون و توانایی کار وسایل آزمایش بررسی و معلوم گردید. برای شروع اندازه‌گیری‌ها اطمینان حاصل گردید که سیستم تهویه مکنده در حال کارکردن باشد و عملیات جاری، وضعیت کاری فرآیند و تجهیزات سیستم هنگام پایش، نماینده عملیاتی باشد که در تولید عادی از سیستم بهره برداری می‌شود. قبل از اندازه‌گیری پارامترهای عملیاتی سیستم، وضعیت عملیاتی و شرایط پیرامونی سیستم تهویه مکنده موضعی مشاهده، بررسی، ارزیابی و

با استفاده از پروب لوله پیتوت انجام شود (۲۵-۲۴) و (۱۱،۱۹،۲۱). ولی روش ترجیحی استفاده از مانومتر عمودی، مانومتر شیب‌دار به همراه لوله پیتوت می‌باشد که در این مطالعه از این روش استفاده شد (۲۵). محل مناسب برای قرار دادن پروب پیتوت یا شیر فشار در پایین‌دست هود آنجایی است که از آشفتگی‌های جریان هوای ورودی کاسته شده و با قرار دادن وسیله سنجش یا اندازه‌گیری در آن محل نمونه نماینده‌ای حاصل شود که در این راستا منابع مختلف اعداد متفاوتی را متناسب با نوع هود از ۶-۱ برابر قطر کانال، با سوراخ ۱۲ mm بیان کرده‌اند (۲۵-۲۴، ۱۹، ۱۱). که سعی شد تا حد امکان رعایت گردد. برای اندازه‌گیری‌های فشار استاتیک، لوله پیتوت در مرکز کانال قرار داده شد و نهایت دقت به عمل آمد که همانند اندازه‌گیری‌های سرعت، پروب به‌طور صحیحی با جریان هوا در یک خط قرار داده شود (۲۱).

#### اندازه‌گیری و پایش پارامترهای کانال در سیستم تهویه

تعیین ابعاد و طول کانال از طریق پلان و نقش‌های ساخت سیستم و برای تعیین ابعاد وضعیت موجود اندازه‌گیری در فیلد با متر انجام گرفت. تغییرات فشارها با تغییرات دبی و تغییرات مقاومت در برابر جریان مرتبط هستند، لذا برای رفع مشکلات بالقوه، اندازه‌گیری‌های فشار می‌توانند شاخص‌های مناسبی برای اندازه‌گیری پارامترهای عملیاتی سیستم باشند. از آنجا که اندازه‌گیری فشار سرعت در کانال‌ها به‌خصوص کانال‌های حاوی گردوغبار سریع‌تر و مطمئن‌تر از اندازه‌گیری مستقیم سرعت می‌باشد به‌منظور تعیین سرعت کانال از روش غیر مستقیم (با استفاده از تبدیل

فشار سرعت به سرعت) استفاده گردید. از طرفی به‌دلیل این که تغییرات تراکم هوای متحرک جریان در کانال (در اثر تغییرات در کانال) ممکن است جریان یکنواخت نباشد و نتایج متفاوتی را در اندازه‌گیری‌های سرعت و دبی در یک صفحه شبکه‌ای ویلسون براساس توصیه‌های ACGIH در نقاط توصیه شده ۱۰ نقطه و به مدت حداقل (s) ۱۰ در فضاهای مساوی در سرتاسر هر قطر انجام شد. نتایج آزمایش روی فرم حرکت پیمایشی در کانال گرد ثبت گردید و در نهایت تعیین سرعت کانال به روش غیر مستقیم با استفاده از لوله پیتوت به همراه مانومتر فشار و محاسبه فشار سرعت، در ادامه با استفاده از فشار سرعت طبق رابطه  $V = 174 \sqrt{P_v \frac{(t+460)}{K \times d}}$  در هر نقطه سرعت محاسبه گردید. قابل ذکر است بدلیل این‌که غلظت گردوغبار در کانال بالا بود، اجزای مختلف لوله پیتوت شامل سوراخ‌های مربوط به TP, SP روی لوله پیتوت، ناف‌های فشار، پس از اطمینان در خصوص تمیز و سالم بودن مورد استفاده قرار گرفت. پس از هر بار استفاده شدن داخل آنها مجدداً تمیز می‌شدند. از آنجایی که ابزار مناسبی جهت اندازه‌گیری میزان دبی (Q) به‌طور مستقیم وجود ندارد، لذا از متوسط سرعت (به‌دست آمده از تک‌تک اندازه‌گیری‌های) حاصل از روش حرکت پیمایشی متقاطع ضرب در سطح مقطع عبوری جریان  $Q = V \times A$  محاسبه شد. برای این‌که برآورد دبی دقیق باشد، برآورد سرعت متوسط باید دقیق و صحیح انجام شود (۲۵ و ۱۹، ۲۱). برای این‌که اندازه‌گیری فشار استاتیک کانال تحت تاثیر سرعت هوا قرار نگیرد در زاویه عمود بر جهت جریان هوا اندازه‌گیری می‌شود. سوراخ کردن دیواره کانال،

عملیاتی شامل سرعت، فشار و دبی بر اساس موارد ذکر شده در بخش کانال، ارزیابی و پایش گردید. وسایل اندازه‌گیری مورد استفاده در این پژوهش

چکش تست: به منظور بررسی گرفتگی‌های کانال‌ها، لوله پیتوت استاندارد (L شکل) ۰/۵ و ۱/۵ متری ساخت شرکت kimo، پروب سنجش فشار: جهت اندازه‌گیری انواع فشار سرعت، کل و استاتیک، دستگاه (kimo multi function AMI 300): برای اندازه‌گیری سرعت، فشار سرعت، فشار استاتیک، دما، رطوبت در مجاری تهویه، گیج مگنهلک نصب شده روی سیستم: برای اندازه‌گیری و قرائت فشار استاتیک در بخش‌های سیستم تهویه، دماسنج‌های متصل بر یاتاقان‌های فن و موتور: برای اندازه‌گیری دمای یاتاقان‌ها و موتور، دماسنج شیشه‌ای: جهت اندازه‌گیری دمای محیط، دماسنج الکترونیک: به منظور اندازه‌گیری دمای داخل کانال، دستگاه SCHENCK-VIBROTEST 60 ساخت کشور آلمان: جهت اندازه‌گیری ارتعاش‌سنج و سنجش دور فن، صداسنج: اندازه‌گیری صدای تولیدی ناشی از الکتروموتور و فن سیستم. متر اندازه‌گیری: جهت اندازه‌گیری محیط و ابعاد کانال‌ها و هودها. کرنومتر: برای اندازه‌گیری زمان سپری شده، آمپرسنج: اندازه‌گیری شدت جریان عبوری از الکترو موتور فن و ولت متر: به منظور اندازه‌گیری ولتاژ مصرفی توسط الکترو موتور فن.

### ≡ یافته‌ها

#### سرعت انتقال کانال

بر اساس استاندارد برای انتقال این نوع آلاینده در کانال‌ها باید حداقل سرعت انتقال fpm3500 تامین شود، لذا سرعت انتقال در کانال

با اتصال یک سر شیلنگ به مسیر بیرونی لوله پیتوت استاتیک (خروجی جانبی لوله پیتوت) و سر دیگر شیلنگ به مانومتر و قراردادن لوله پیتوت (با سطح مقطع کمتر از ۲۰/۱ سطح مقطع کانال) در مرکز کانال، اندازه‌گیری‌های فشار استاتیک انجام شد و در غالب محل‌ها برای برطرف کردن ظن عدم یکنواختی فشار، از حرکت پیمایشی متقاطع برای اندازه‌گیری فشار استاتیک استفاده شد. برای تعیین مقدار دقیق فشار سرعت و فشار استاتیک تا حد امکان سعی شد پروب پیتوت به‌طور صحیحی با جریان هوا در یک خط قرار گیرند (۱۱-۱۲، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۴). دمای هوا در نقاط مختلف سیستم نیز اندازه‌گیری گردید.

#### اندازه‌گیری و پایش پارامترهای فن

اندازه‌گیری و پایش پارامترهای فن سیستم تهویه در ۳ بخش صورت گرفت. پارامترهای عملکردی فن شامل تعداد گردش پروانه فن در واحد زمان (چون فن سیستم تهویه با الکتروموتور آن کوپلینگ مستقیم بودند، در نتیجه برای اندازه‌گیری تعداد دور گردش پروانه فن در زمان، با استفاده از دستگاه SCHENCK-VIBROTEST 60 ساخت کشور آلمان ارتعاش و تعداد دور در دقیقه فن اندازه‌گیری شد)، ولتاژ و آمپراژ (ولتاژ مصرفی الکتروموتور از نشان‌گر روی تابلو برق مربوطه و آمپراژ مصرفی الکتروموتور با استفاده از دستگاه HIUKI ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری شد)، دمای الکتروموتور (با استفاده از دماسنج‌هایی که بر روی یاتاقان‌های الکتروموتور و فن مذکور نصب شده، دما قرائت شد) بودند. مشخصات سخت افزاری فن با استفاده از چک لیستی تهیه، ارزیابی و پایش شد. پارامترهای

هودهای مختلف محاسبه و با استاندارد مقایسه گردید که نتایج آن در جدول (۱) ارایه شده است. نتایج میانگین سرعت انتقال در کانال هودهای

جدول ۱. نتایج سرعت انتقال کانال‌های منتهی به هودها در سه وضعیت

وضعیت	حداقل (fpm)	حداکثر (fpm)	میانگین (fpm)	انحراف معیار (fpm)
طراحی	۴۳۴۴	۵۲۹۶	۵۰۸۳٫۵	۴۵۸٫۷۷
وضعیت موجود	۰	۶۳۵۰	۲۲۸۹٫۳	۲۰۵۷٫۴
استاندارد	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۰

جدول ۲. نتایج اندازه‌گیری پارامترهای عملیاتی سیستم در کانال‌ها و هودها

دما	فشار استاتیک موجود wg"	دبی cfm		سطح مقطع ft <sup>2</sup>		قطر m		سرعت متوسط fpm		محل
		طراحی	موجود	طراحی	موجود	طراحی	موجود	طراحی	موجود	
۵۰	۱۲٫۱	۲۲۹۳	۴۵۰	۰٫۵۲۷۸	۰٫۴۵	۰٫۲۵	۰٫۲۳	۴۳۴۴	۵۸۰	انتهای شاخه هود ۱
۲۸	۹٫۳	۲۲۹۳	۲۸۰	۰٫۵۲۷۸	۰٫۱۹	۰٫۲۵	۰٫۱۵	۴۳۴۴	۱۴۵۰	هود ۱
۲۶	۱۱٫۷	۳۴۱۰	۷۰۰	۰٫۷۶	۰٫۳۴	۰٫۳	۰٫۲	۴۴۸۷	۲۱۰۰	انتهای شاخه هود ۲
۳۵	۷٫۶	۳۴۱۰	۵۰۰	۰٫۷۶	۰٫۵۳	۰٫۳	۰٫۲۵	۴۴۸۷	۹۰۰	هود ۲
۰	۰	۳۴۱۰	۰	۰٫۷۶	۰	۰٫۳	۰	۴۴۸۷	۰	هود و شاخه ۳
۴۴	۹٫۱	۱۸۲۲	۲۱۵۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۲۴	۰٫۲	۰٫۲	۵۳۹۶	۶۳۵۰	شاخه و هود ۴
۲۸	۹٫۵	۱۸۲۲	۱۴۰۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۵۳	۰٫۲	۰٫۲۵	۵۳۹۶	۲۶۵۰	انتهای شاخه هود ۵
۳۶	۷٫۸	۱۸۲۲	۴۸۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۱۹	۰٫۲	۰٫۱۵	۵۳۹۶	۲۵۵۰	هود ۵
۲۸	۱۱٫۸	۱۸۲۲	۴۵۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۱۷	۰٫۲	۰٫۱۴	۵۳۹۶	۲۷۰۰	انتهای شاخه هود ۶
۳۰	۷٫۹	۱۸۲۲	۴۰۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۱۷	۰٫۲	۰٫۱۴	۵۳۹۶	۲۴۰۰	هود ۶
	۷٫۱	۳۴۱۰	۳۰۹۰	۰٫۷۶	۰٫۶۱۵	۰٫۳	۰٫۲۷	۴۴۸۷	۵۰۲۰	انتهای شاخه هود ۷
۵۵	۷٫۶	۳۴۱۰	۵۵۸۰	۰٫۷۶	۰٫۷۵	۰٫۳	۰٫۳	۴۴۸۷	۷۴۰۰	انتهای شاخه هود ۸
	۶٫۷	۳۴۱۰	۲۸۴۰	۰٫۷۶	۰٫۶۱۵	۰٫۳	۰٫۲۷	۴۴۸۷	۴۶۲۰	هود ۷
۵۵	۵٫۸	۳۴۱۰	۲۶۵۰	۰٫۷۶	۰٫۷۵	۰٫۳	۰٫۳	۴۴۸۷	۳۵۳۰	هود ۸
۲۶	۸٫۳	۱۸۲۲	۴۶۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۲۷	۰٫۲	۰٫۱۸	۵۳۹۶	۱۶۸۰	انتهای شاخه هود ۹
۲۶	۷٫۵	۱۸۲۲	۳۲۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۱۷	۰٫۲	۰٫۱۴	۵۳۹۶	۱۹۲۰	هود ۹
۲۶	۸٫۲	۱۸۲۲	۲۰۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۱۷	۰٫۲	۰٫۱۴	۵۳۹۶	۱۲۰۰	هود ۱۰
۲۶	۷٫۹	۱۸۲۲	۹۴۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۲۵	۰٫۲	۰٫۱۷	۵۳۹۶	۳۸۰۰	انتهای شاخه هود ۱۱
۲۶	۷٫۷	۱۸۲۲	۴۱۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۲۱	۰٫۲	۰٫۱۶	۵۳۹۶	۱۹۳۰	هود ۱۱
۰	۰	۱۸۲۲	۰	۰٫۳۳۷۸	۰	۰٫۲	۰	۵۳۹۶	۰	هود ۱۲
۲۷	۹٫۷	۱۸۲۲	۵۶۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۲۴۶	۰٫۲	۰٫۱۷	۵۳۹۶	۲۲۷۰	انتهای شاخه هود ۱۵
۲۷	۸٫۱	۱۸۲۲	۵۶۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۲۴۶	۰٫۲	۰٫۱۷	۵۳۹۶	۲۲۷۰	هود ۱۵
۲۶	۱۰٫۱	۱۸۲۲	۳۲۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۱۴۵	۰٫۲	۰٫۱۳	۵۳۹۶	۲۲۰۰	انتهای شاخه هود ۱۶
۲۷	۷٫۸	۱۸۲۲	۲۶۰	۰٫۳۳۷۸	۰٫۱۲	۰٫۲	۰٫۱۲	۵۳۹۶	۲۰۷۰	هود ۱۶
۰	۰	۱۸۲۲	۰	۰٫۳۳۷۸	۰	۰٫۲	۰	۵۳۹۶	۰	هود ۱۷
۲۶		۵۴۶۸	۱۹۱۰	۱٫۰۳۵	۰٫۴۹	۰٫۳۵	۰٫۲۴	۴۱۶۷	۳۸۹۰	خروجی اتصال ۳ هود ۱۵، ۱۶ و ۱۷
۵۵	۸٫۹	۸۹۳۷	۸۳۵۰	۱٫۷۱	۱٫۳۳	۰٫۴۵	۰٫۴	۵۲۲۶	۶۲۸۰	محل تلاقی شاخه‌های ۷ و ۸
۳۵	۱۰٫۱	۳۶۴۵	۳۵۹۰	۰٫۷۶	۰٫۶۴	۰٫۳	۰٫۲۷	۴۷۹۶	۵۶۰۰	محل تلاقی شاخه‌های ۴ و ۵
۲۶	۹٫۱	۳۶۴۵	۹۱۰	۰٫۷۶	۰٫۳۴	۰٫۳	۰٫۲	۴۷۹۶	۲۶۷۰	محل تلاقی شاخه‌های ۹ و ۱۰
۳۰	۱۲٫۹	۱۶۷۰۰	۸۲۵۰	۳٫۵۶۸	۳	۰٫۶۵	۰٫۶	۴۶۸۰	۲۷۰۰	خروجی اصلی شاخه ۳
۳۵	۱۰٫۵	۱۶۲۳۰	۱۹۰۷۰	۳٫۰۴	۲٫۸۳	۰٫۶	۰٫۵۸	۵۳۳۸	۶۷۴۰	خروجی اصلی شاخه ۹
۳۳	۱۴٫۱	۳۸۴۰۰	۳۳۴۶۰	۷٫۶۲	۷٫۶۲	۰٫۹۵	۰٫۹۵	۵۰۲۸	۴۲۶۰	قبل از یالایشگر
۲۳	۰٫۰۷	۳۵۱۸۰	۲۴۸۰۰	۱۳٫۱۹۵	۱۳٫۱۹۵	۱٫۲۵	۱٫۲۵	۲۶۶۰	۱۸۸۰	خروجی دودکش

جدول ۳. مقایسه پارامترهای طراحی و موجود موتور

پارامتر	طراحی	موجود	پارامتر	طراحی	موجود
ولتاژ (V)	۶۶۰۰	۶۵۸۰	توان خروجی (KW)	۲۲۰	
آمپراژ (A)	۲۶٫۷	۱۹	آمپراژ هر پایه (A)		$L_3=19, L_2=19, L_1=19$
توان موتور (W)	$26.7 * 6600 = 176220$	$19 * 6580 = 125200$	ارتعاش (m/s)		$X=0.3, Y=0.36, Z=0.2$
تعداد چرخش در زمان (rpm)	۱۴۶۰	۱۴۸۵			

جدول ۴. مقایسه پارامترهای طراحی و موجود فن

پارامتر	طراحی	موجود	پارامتر	طراحی	موجود
ظرفیت (دبی) ( $m^3/h$ )	۶۵۳۰۰	۵۵۱۸۰	توان خروجی موتور (KW)	۲۲۰	
فشار استاتیک ورودی فن فشار استاتیک خروجی فن فشار استاتیک کل فن (mm H <sub>2</sub> O)	۷۰۰	۸۰۰	تعداد گردش در زمان (rpm)	۱۴۸۰	۱۴۸۵
	۳۰	۲۰	دمای گاز (°C)	۳۹	۳۰
	۷۳۰	۸۰۲	توان هواکش (KW)	۱۶۴٫۷۶	۱۶۰٫۸۵
نوع فن: centrifugal, single suction turbo, clockwise (backward)		نوع انتقال نیرو: SF-single side, flexible coupling			

تفاوت معنی‌داری دیده می‌شود  $P\text{-value}=0/00$ . نتایج مقایسه پارامترهای طراحی و موجود موتور فن در جدول (۳) و مقایسه پارامترهای طراحی و موجود فن در جدول (۴) آورده شده است.

### بحث

#### پارامترهای عملیاتی اجزای سیستم

نتایج آزمون آماری  $t$  زوجی بین سرعت طراحی با سرعت موجود سیستم و دبی طراحی با دبی موجود سیستم در نقاط مختلف نشان می‌دهد که بین آن‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج بیان می‌کند که مقدار سرعت انتقال طراحی بیش از دو برابر سرعت انتقال در وضعیت موجود (یعنی کاهش بیش از ۵۰٪ وضعیت موجود نسبت به وضعیت) و سرعت انتقال طراحی بیش از ۱/۳ برابر مقادیر استاندارد طراحی شده است و سرعت انتقال موجود در حدود ۶۵٪ مقدار استاندارد می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد علت این تغییرات عدم وجود برنامه تعمیرات و نگهداری صحیح و مرتب می‌باشد که در برخی نقاط منجر به

قرار گرفته بر روی منابع آلاینده در سه وضعیت موجود، طراحی و استاندارد، در همه موارد تفاوت معنی‌داری وجود دارد، بدین صورت که طراحی با استاندارد  $P\text{-value}<0/001$ ، وضعیت موجود با استاندارد  $P\text{-value} = 0/039$  و بین وضعیت موجود با طراحی  $P\text{-value}<0/001$  مشاهده گردید.

پارامترهای عملیاتی سیستم در کانال‌ها و هودها پارامترهای عملیاتی سیستم در کانال‌ها و هودها اندازه‌گیری شد و نتایج در جدول (۲) ارائه گردید. نتایج آزمون‌های آماری  $t$  زوجی نشان می‌دهد که بین میانگین سرعت طراحی با سرعت موجود سیستم در نقاط مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد  $P\text{-value}<0/001$ . نتایج آزمون‌های آماری  $t$  زوجی بیان می‌کند که بین سطح مقطع طراحی با سطح مقطع موجود سیستم در نقاط مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد  $P\text{-value}<0/001$ . نتایج آزمون‌های آماری  $t$  زوجی نشان می‌دهد که بین دبی طراحی با دبی موجود سیستم در نقاط مختلف



حداکثر توان اسمی موتور فن KW220 می‌باشد. طراح برای کار با موتور، آمپراژ اسمی ۲۶/۷ آمپر و ولتاژ اسمی ۶۶۰۰ ولت را تعریف نموده است تا به توان مصرفی اسمی KW176 برسد. ولی از آنجا که موتور در حال حاضر با آمپراژ ۱۹ آمپر و ولتاژ ۶۵۸۰ ولت در حال کار می‌باشد با توان مصرفی واقعی KW125 کار می‌کنند که در حدود ۲۹٪ نسبت به توان مصرفی اسمی کاهش داشته است. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد از آنجا که موتور چهار قطبی می‌باشد تعداد دور گردش روتور موتور در زمان (۱۴۶۰ rpm) تغییر نداشته است.

در مطالعه‌ای که Dunn و همکارانش با عنوان ارزیابی سیستم تهویه برای کنترل فیبرهای سرامیکی نسوز در طول عمل سنباده زنی توسط صفحه انجام دادند نتیجه‌گیری کردند که طراحی مناسب و نگهداری از سیستم دو عاملی هستند که اثر بخشی سیستم را تامین می‌کنند، لذا فشار استاتیک و دبی سیستم باید اندازه‌گیری شود و با مقادیر توصیه شده و طراحی مقایسه گردد. آن‌ها اظهار داشتند که الیاف و گردوغبار رسوب کرده در کانال نشان دهنده سرعت انتقال ناکافی سیستم می‌باشند، بنابراین محیط کار و کانال‌ها باید برای رسوب الیاف و گردوغبار چک شوند و جهت تمیز نگه داشتن آن‌ها باید اقدامات لازم اتخاذ شود (۲۵). نتایج اندازه‌گیری‌های سرعت و دبی در این مطالعه و عدم انطباق آن با مقادیر استاندارد و طراحی، موید و دلیل کافی برای گرفتگی‌ها و عدم بالانس سیستم می‌باشد که با مطالعه Dunn و همکاران نیز توافق دارد.

مطالعه Guffey و همکاران بر روی سیستم تهویه با هدف مقایسه عملکرد اولیه مشاهده شده با

سایش و نشستی از اجزای مختلف سیستم شده و در برخی نقاط که اجزای سیستم در تعمیرات و نگهداری از هم جدا شده‌اند، به درستی فلنج‌ها آب بندی و نشستی‌گیری نشده‌اند. نتیجه بررسی‌ها و اندازه‌گیری پارامترهای دبی سرعت و فشار سیستم نشان می‌دهد تنها هود شماره ۴ دبی و سرعت طراحی را تامین می‌کنند و هودهای ۷ و ۸ با کاهش دبی حدود ۲۰٪ نسبت به طراحی دارای بهترین کارایی می‌باشند و از سوی دیگر هودهای ۳، ۱۲ و ۱۷ به‌طور کامل مسدود شده و فاقد هرگونه مکشی می‌باشند. بررسی‌ها نشان داد که دلایل اصلی دبی مناسب در سه شاخه ۴، ۷، ۸، باز کردن و تمیز کاری اخیر آنها می‌باشد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که هود شماره ۸ به علت تمیز کاری در عملیات نگهداری سرعت انتقال و دبی لازم خود را به‌دست آورده است. از آنجایی که تمیز کردن اجزای کانال‌کشی سیستم به‌طور منظم و با فواصل زمانی کم انجام نمی‌شود تمیز کردن یک انشعاب به‌طور کامل باعث کاهش فشار استاتیک آن انشعاب و به هم خوردن بالانس سیستم و افزایش دبی و سرعت در یک انشعاب می‌شود که این مساله خود منجر به خوردگی و سایش کانال‌کشی در ناحیه تمیز کاری شده می‌شود، لذا باید برای اجزای سیستم نشان‌گرهای فشار و دبی نصب شود و به‌طور سالیانه پارامترهای عملیاتی سیستم پایش شوند که بر اساس آن برنامه نگهداری منظم و با فواصل زمانی کم متناسب با غلظت آلاینده تحت کنترل سیستم در نظر گرفته شود تا این‌که سیستم همیشه در حالت تعادل بوده و دچار فرسایش و ساییدگی موضعی در اثر نگهداری نامناسب نگردد.

#### پارامترهای عملیاتی فن

نتیجه بررسی‌های موتور فن نشان می‌دهد که

داده‌های طراحی و عدم انطباق نتایج اندازه‌گیری پارامترهای سیستم با داده‌های طراحی مشابهت دارد نتایج مطالعه حاضر نیز نشان می‌دهد که انحراف از داده‌های طراحی منجر به عدم کارایی سیستم می‌گردد و این درحالی است که در مطالعه فوق اندازه‌گیری و پایش سیستم در فاصله زمانی کوتاهی پس از نصب صورت گرفته درحالی‌که در مطالعه حاضر این عمل پس از سال‌ها صورت گرفته است ولی هر دو به نوع طراحی سیستم و رعایت استانداردها و اصول طراحی توجه دارند.

در مطالعه‌ای که مرتضوی و همکاران انجام دادند، در روند مطالعه‌شان پس از طراحی و اجراء مقادیر استاندارد اعمال شده در طراحی را با مقادیر واقعی پارامترهای عملیاتی پس از اندازه‌گیری مقایسه کردند و اظهار داشتند که با هم توافق دارند (۶) و این در حالی است که در مطالعه حاضر این وضعیت به دلایل ذکر شده اعم از بالا بودن عمر سیستم، عدم نگهداری مناسب، نبود مقادیر اندازه‌گیری پس از اجرای سیستم به‌عنوان اطلاعات خط مبنا و..... فراهم نشده بود.

در مطالعه‌ای که نور حلیم و همکاران انجام دادند، بیان داشتند که عملکرد دبی سیستم LEV کاملاً مشابه به آخرین پایش بود. در مدیریت سیستم توصیه می‌شود که مواردی همچون تعمیر و نگهداری و سرویس برنامه‌ریزی شده باید برای حفظ عملکرد سیستم و تشخیص نشانه‌های اولیه زوال و خرابی سیستم اجرا شود (۱۴). از آنجا که برای این سیستم برنامه پایش و تعمیر و نگهداری مناسبی وجود نداشته و از طرفی عمر زیادی از آن می‌گذرد کارایی خود را از دست داده است و نتایج این مطالعه تایید کننده اهمیت این مسئله می‌باشد. در مطالعه‌ای که توسط Kenneth D. Casey

سطوح مورد انتظار برای سیستم تهویه سه کارگاه و برای تشخیص تغییرات در عملکرد سیستم در یک دوره یک ساله انجام شد. از آنجا که آن‌ها بر نحوه اجرا و نصب سیستم تأثیری محدود داشتند، سیستم‌های نصب شده از مشخصات اعمال شده در محاسبات فشار در جنبه‌های مهم شامل افزودن شاخه‌های کانال، استفاده از کانال‌های قابل انعطاف، انتخاب فن و نحوه ساخت هودها انحراف داشتند. پس از نصب سه سیستم، اندازه‌گیری‌های تهویه برای تعیین این‌که آیا سیستم‌ها با مشخصات طراحی مطابقت می‌کنند، انجام شد و تماس‌های کارگران برای تعیین اثربخشی آن انجام گردید. نتایج نشان دادند انحرافات از طراحی و نقص در نگهداری به‌طور مخربی روی عملکرد سیستم تأثیر می‌گذارند. توزیع جریان هوا در اجزای سیستم از ابتدای مطالعه تا انتهای آن هرگز با مشخصات طراحی سیستم مطابقت نداشتند. از نتایج اندازه‌گیری‌های جریان هوای در ماه اول نصب مشخص شد که اندازه‌گیری‌ها با دبی‌های طراحی پیش بینی شده برای سیستم‌ها مطابقت نداشتند که آن را به تفاوت بین طراحی و نصب سیستم نسبت دادند. در فاصله زمانی بیش از یک سال از کار سیستم، تغییر پذیری دبی هود به‌علت تمیز کردن ناکافی مواد چسبنده سیستم که به سرعت در شاخه‌های کانال رسوب می‌کردند خیلی بالا بود. حتی وقتی جریان هوای کل سیستم بیش از مقدار مورد نیاز بود، توزیع ضعیف جریان‌های هوا میان شاخه‌های کانال‌ها به‌طور مکرر جریان‌های هوای منحصر به فرد پایینی را در هودها ایجاد می‌کرد که خیلی دور از سطوح طراحی مشخص شده برای سیستم بود (۲۶). کلیات مطالعه فوق با مطالعه حاضر در خصوص ارزیابی انحرافات از

و همکاریانش بر روی فن سالن‌های نگه‌داری دام و طیور، در یک اندازه‌گیری میدانی تهویه ساختمانی انجام دادند، دبی و فشار استاتیک فن‌های مورد مطالعه با فن مشابه از کارخانه مقایسه شدند و مقادیر دبی ۲۷/۹-۱۱٪ کاهش یافته بود. سن این فن‌ها تقریباً ۴ ساله بود و به تازگی در برنامه پایش و نگه‌داری سالیانه تمیز شده بودند. در این مطالعه همه فن‌ها دبی کم‌تری در فشار استاتیک داده شده توسط کارخانه سازنده را ارایه می‌دادند و عنوان داشتند که عملکرد فن به علت انباشته شدن گردوغبار، پوسیدگی و پارگی تسمه و از بین رفتن کرکره‌ها و شبکه‌های فن کاهش می‌یابد (۲۷). نتایج مطالع حاضر نشان می‌دهد که پارامترهای طراحی فن در مواردی همچون فشار استاتیک کل فن، فشار استاتیک ورودی و دبی دارای تغییراتی در محدوده بین ۱۵٪-۱۰٪ می‌باشد که براساس توصیه منابع قابل قبول می‌باشد (۲۲ و ۱۸) و در مواردی همچون دور گردش فن در زمان و توان هوا بدون تغییر بوده است و با همان شرایط توصیه شده در حال کار می‌باشد. قابل ذکر است که مقادیر دبی ارایه شده در قبل از ونچوری اندازه‌گیری شده‌اند و از آنجا که در دیواره ونچوری نشستی و مکش هوا وجود دارد مسلماً مقدار دبی تامینی توسط فن بیش از مقدار اندازه‌گیری شده می‌باشد. همان‌طور که ارزیابی و بازرسی چشمی هواکش و مقادیر پارامترهای فنی هواکش نیز نشان می‌داد به دلیل آن که فن از ابتدا دارای برنامه تعمیرات و نگه‌داری منظمی بوده است، فن دارای عملکرد خوبی می‌باشد و بدون نقص به کار خود ادامه می‌دهد.

در مطالعه‌ای که Nor Halim Hasan و همکاران با عنوان مقایسه داده‌ای روی تهویه

مکنده موضعی فیوم‌ها: امتحان و تست با رعایت مقررات USECHH 2000، در سال ۲۰۱۲ انجام دادند، اندازه‌گیری‌های دبی، ارزیابی چشمی و دیگر تست‌ها را تایید کردند که عملکرد کلی سیستم تهویه مکنده موضعی رضایت‌بخش می‌باشد. نمایش جریان هوا (دبی) سیستم تهویه در مقایسه با سال قبل از آن، به کلی پایین‌تر بود اما هنوز بالاتر از مقادیر استاندارد ACGIH می‌باشد که پیشنهاد شده سیستم به‌طور مرتب سرویس، تعمیر و نگه‌داری شود. در این مطالعه با انجام برنامه مدیریت سیستم وضعیت بهبود یافت ولی باز هم در اثر گذشت زمان، کارایی آن اندکی کاهش پیدا کرد (۲۸). نتایج مطالعه حاضر برخلاف مطالعه Nor Halim Hasan و همکاران نشان می‌دهد که نتایج اندازه‌گیری‌های پارامترهای عملیاتی از جمله دبی و سرعت، منطبق بر مقادیر طراحی نیست و از مقادیر استاندارد ACGIH نیز پایین‌تر می‌باشد و از آنجا که برای این سیستم اندازه‌گیری مبنا وجود ندارد و برنامه مدیریت تغییر برای بهبود سیستم وجود نداشته و از طرفی طول عمر زیادی از عمر سیستم تهویه مورد پایش می‌گذرد، وجود عدم انطباق مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر طراحی و استاندارد دور از انتظار نمی‌باشد.

در مطالعه‌ای که Said و همکاران با عنوان بازرسی و اندازه‌گیری خط مبنا سیستم تهویه مکنده موضعی (LEV) در اتاقک‌های اسپری در کارخانه تولیدی در سال ۲۰۱۳ انجام دادند، بر اساس قوانین برای سیستم مورد بررسی، پایش مبنا انجام نشد، نتایج اندازه‌گیری‌های جریان، بازرسی چشمی و دیگر تست‌ها نشان می‌دهد که عملکرد کلی سیستم رضایت‌بخش بود ولی برای تضمین سرعت‌های انتقال بر اساس استاندارد باید

عدم کانال‌های سیستم و ناکارآمدی آن در برخی انشعابات (نابالانسی پارامترهای عملیاتی) می‌باشد. یکی از دلایل این تغییرات را می‌توان به عدم وجود برنامه تعمیرات و نگهداری صحیح و مرتب نسبت داد (تمیز کردن اجزای کانال‌کشی سیستم به‌طور منظم و با فواصل زمانی کم انجام نمی‌شود. تمیز کردن یک انشعاب به‌طور کامل باعث کاهش فشار استاتیک آن انشعاب و به هم خوردن بالانس سیستم و افزایش دبی و سرعت در یک انشعاب می‌شود که این مساله خود منجر به خوردگی و سایش کانال‌کشی در ناحیه تمیزکاری شده می‌شود). وجود نتایج اندازه‌گیری‌های مبنا پس از اجرای سیستم تهویه و شروع کار سیستم تهویه، کمک زیادی به تعیین وضعیت سیستم، قضاوت در مورد نقایص سیستم، پیگیری وضعیت سیستم از نظر نوع طراحی سیستم، رعایت استانداردها و اصول طراحی در سال‌های آینده می‌کند، لذا پیشنهاد می‌شود حتماً این امر در حین تحویل هر سیستمی صورت گیرد.

### تشریح و قدردانی

از کلیه دوستان و کارکنان صنعت مورد مطالعه که در اجرای این مطالعه همکاری صمیمانه داشتند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

### REFERENCES

- 1- Boubel RW, Vallero D, Fox DL, Turner B, Stern AC. Fundamentals of air pollution. Elsevier; 2013 Oct 22.
- 2- Nadadur SS, Hollingsworth JW. Air Pollution and Health Effects. Springer London; 2015 May 6.

اصلاحاتی صورت گیرد. آن‌ها نتیجه‌گیری و توصیه کردند که برای تضمین بازده و اثر بخشی سیستم تهویه مکنده موضعی لازم است مطمئن شویم که سیستم‌های تهویه به‌طور مناسبی طراحی شده‌اند به‌علاوه تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه و بازرسی چشمی از نظر اهمیت با طراحی معادل هستند که هر دو تضمین می‌کنند سیستم‌های تهویه مکنده موضعی بر اساس مشخصات طراحی کار می‌کنند (۲۹).

### نتیجه گیری

نتایج آزمون آماری  $t$  زوجی بین سرعت طراحی با سرعت موجود سیستم و دبی طراحی با دبی موجود سیستم در نقاط مختلف نشان می‌دهد که بین آنها تفاوت معنی‌داری وجود دارد و مقدار سرعت انتقال طراحی بیش از ۵۰٪ در وضعیت موجود کاهش داشته است. اندازه‌گیری مبنایی در زمان تحویل سیستم صورت نگرفته (با فرض کار کردن سیستم با حداکثر مقادیر در زمان راه اندازی)، عدم انطباق نتایج اندازه‌گیری‌های پارامترهای عملیاتی (پس از گذشت حداقل دو دهه) با مقادیر استاندارد و طراحی، موید و دلیل کافی برای وجود گرفتگی‌ها، سایش‌ها، نشتی‌ها و

- 3- Schnelle Jr KB, Dunn RF, Ternes ME. Air pollution control technology handbook. CRC press; 2015 Oct 2.
- 4- Hasan NH, Said MR, Leman AM. Local Exhaust Ventilation and Application: A Review. International Journal of Engineering & Technology. 2012 Aug 1:39-43.

- 5- Hasan NH, Said MR, Leman AM.. "Local Exhaust Ventilation: PAST, PRESENT, and FUTURE." (2012): 4-13.
- 6- Farshid Ghorbani Shahna\*, Abdulrahman Bahrami, Farhad Farasati. Application of Local Exhaust Ventilation System and Integrated Collectors for Control of Air Pollutants in Mining Company. *Industrial Health*, 2012, 50: 450-57.
- 7- Abdulrahman BAHRAMI, Farshid GHORBANI, Hossien MAHJUB, Farideh GOLBABEI and Mohsan ALIABADI. Application of Traditional Cyclone with Spray Scrubber to Remove Airborne silica Particles Emitted from Stone-crushing Factories. *Industrial Health*, 2009, 47(4): 436-42.
- 8- Garkaz AH, Ghorbani Shahna F, Assari MJ. The designing and assessment of a local exhaust ventilation system coupled with hybrid collectors for air pollution control of an alloy steel company. *Iran Occupational Health*. 2015 May 15;12(1):38-46.
- 9- Farshid Ghorbani shahna, Mohsen Moradi, Abdulrahman Bahrami , Mansour Reza zadeh azari. Design, Implementation & Assessment of Local Exhaust Ventilation System and dust collectors for crushing unit. *Journal of occupational Hygiene Engineering*, 2015, 2(2): 32-42.
- 10- Hazard Control Canadian Centre for Occupational Health & Safety, Hazard Control & industrial ventilation. 2006. Available from: URL: <http://www.ccohs.ca/oshanswers/prevention/ventilation.html>
- 11- Occupational Safety & Health Administration. Ventilation Investigation. 2016. Available from: URL: [https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iii/otm\\_iii\\_3.html/](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_3.html/)
- 12- Jackson RS. Monitoring Local Exhaust Ventilation Systems. *Annals of Occupational Hygiene*. 1976 Dec 1;19(3-4):309-12.
- 13- Burgess WA, Ellenbecker MJ, Treitman RD. Ventilation for control of the work environment. John Wiley & Sons; 2004 Jul 12.
- 14- Hasan NH, Said MR, Leman AM, Mokhtar AM. The Performance Test on Local Exhaust Ventilation (LEV) System to Prevent Chlorine Gas Leakage in Water Treatment Plant. *International Journal of Environmental Science and Development*. 2013 Aug 1;4(4):425.
- 15- Nor MR. Effectiveness of Local Exhaust Ventilation Systems in Reducing Personal Exposure. *Journal of Applied Sciences*. 2014 Jul 1;14(13):1365.
- 16- Jamshidi Rastani M, Ghorbani Shahna F, Bahrami A, Hosseini S. Evaluation of local exhaust ventilation efficiency to control emissions of fe<sub>2</sub>o<sub>3</sub> dust in ambient air of the oxide screen unit in steel industry. *Journal of Knowledge & Health* 2015;9(4):68-75.
- 17- Mahdi JR, Abdolrahman B, Shiva MA, Nahid R, Somayeh H. Efficiency Assessment of Local Exhaust Ventilation Hoods System for Control of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dust in the process of Oxide Screen Unit at iron making in steel industry. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*. 2014 Dec 15;1(3):9-18.
- 18- Department of occupational safety and

- health ministry of human resources, guide lines on occupational safety and health for design, inspection, testing and examination of local exhaust ventilation system. Malaysia: Doosahmohr;2008. Available from: URL: [http://www.dosh.gov.my/images/dmdocuments/glx/ve\\_gl\\_lev](http://www.dosh.gov.my/images/dmdocuments/glx/ve_gl_lev).
- 19- The occupation safety & health division, ministry of manpower, guidelines on design, operation and maintenance of local exhaust ventilation systems. Singapore: Ministry of Manpower;2003. Available from: URL: [http://www.mom.gov.sg/Documents/safetyhealth/factsheets-circulars/Local Exhaust Ventilation](http://www.mom.gov.sg/Documents/safetyhealth/factsheets-circulars/Local%20Exhaust%20Ventilation)
- 20- Inspection and testing of engineering control equipment (hygiene tech ii) 2008 [updated 2008 cited]. Available from URL: <http://kmatrixsolution.page.tl/>.
- 21- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Monitoring and testing of ventilation systems industrial ventilation: a manual of recommended practice. 24th ed. Cincinnati:Ohio ACGIH;2001
- 22- Ventilation Inspection And Records For Health Care And Residential Facilities. Professional and Specialized Services, Ministry of Labour; 1995. Available from: URL: <http://www.osach.ca/products/teleconf/VentilationInspectionEng.pdf>
- 23- Brookhaven National Laboratory. Safety & health services division - industrial hygiene group, local exhaust ventilation system evaluations standard operating procedure; 2010. Available from: URL: [http://www.bnl.gov/esh/shsd/sop/pdf/IH\\_SOPS/IH62400](http://www.bnl.gov/esh/shsd/sop/pdf/IH_SOPS/IH62400).
- 24- Health and Safety Executive (HSE). Maintenance, examination and testing of local exhaust ventilation, 2004. Available from: URL: [https://public.rgfl.org/HS/Design and Technology/Maintenance, examination and testing of local exhaust ventilation](https://public.rgfl.org/HS/Design%20and%20Technology/Maintenance,%20examination%20and%20testing%20of%20local%20exhaust%20ventilation).
- 25- Dunn KH, Shulman SA, Cecala AB, Venturin DE. Evaluation of a local exhaust ventilation system for controlling refractory ceramic fibers during disc sanding. Journal of occupational and environmental hygiene. 2004 Oct;1(10):D107.
- 26- Guffey SE, Simcox N, Booth Sr DW, Hibbard R, Stebbins A. Hard metal exposures. Part 1: Observed performance of three local exhaust ventilation systems. Applied occupational and environmental hygiene. 2000 Jan 1;15(4):331-41.
- 27- Gates RS, Casey KD, Xin H, Wheeler EF, Simmons JD. Fan Assessment Numeration System (FANS) Design and Calibration Specifications. Transactions of the ASAE. 2004;47(5):1709.
- 28- Hasan NH, Said MR, Leman AM, Pagukuman D, Norerama B, Othman J. Data Comparison on Fumes Local Exhaust Ventilation: Examination and Testing Compliance to USECHH Regulation 2000. (2012).
- 29- Said MR, Hasan NH, Leman AM, Rahman MA. Baseline Inspection and Measurement of Local Exhaust Ventilation (LEV) Systems at Spray Booth in Manufacturing Plant. Journal of Selcuk University Natural and Applied Science. 2013 Nov 10:637-47.

## Evaluation of local exhaust ventilation system performance for control of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dust at an iron making unit

*Mahdi Jamshidi Rastani*<sup>1</sup>, *Farshid Ghorbani Shahna*<sup>2\*</sup>, *Abdolrahman Bahrami*<sup>3</sup>,  
*Somayeh Hosseini*<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor of Occupational Health, Research Center for Health Sciences, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran

<sup>3</sup> Professor of Occupational Health, School of Public Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran

<sup>4</sup> B.Sc of Occupational Health, Health Network of Azima, Shahroud University of Medical Sciences Shahroud, Iran

### Abstract

**Introduction:** Adherence to the design values and ventilation standards (VS) after installing and also maintaining continuous work of ventilation system with maximum performance throughout its life are amongst the reasons of ventilation systems monitoring. Therefore, the aim of this study was to evaluate performance of local exhaust ventilation system for control of dust by measuring the operating parameters and also to compare it with ventilation standards (VS) and design values.

**Material and Method:** The present research is a descriptive and cross-sectional study, conducted in three sections of measuring, monitoring and evaluating the operating parameters on hoods, channels and fan of ventilation system based on the current status of the system, documentation (design), and recommended standards (VS). Static pressure, velocity pressure, surface area, and flow rate were measured based on the recommendations of various sources and ACGIH industrial ventilation manual, and the data were compared with the design and recommended values, using the SPSS software version 16.

**Result:** The results of paired sample t-test between flow rate and velocities of design and current status, showed significant differences in various parts. Accordingly, the results revealed a reduction of more than 50% in the design duct velocity compared to the current duct velocity, while design duct velocity is 1.3 more than the standard duct velocity of current status, and current duct velocity is about 65% of standard duct velocity.

**Conclusion:** The reduction and nonconformity of the results of measurements of operating parameters (after a minimum of two decades) with design and standard values are corroborant and sufficient reason for obstructions, abrasions, leaks, imbalance of system ducts and their inefficiency in some branches. Since there is no base line measurements for system (supposing that the system worked with maximum amounts of setup time), one of the reasons for these changes can be attributed to lack of schedule for regular and appropriate maintenance.

**Key words:** *Dust, Local Exhaust Ventilation System, Operating Parameters, Ventilation Standards*

\* Corresponding Author Email: [fghorbani@umsha.ac.ir](mailto:fghorbani@umsha.ac.ir)