

دمپر خودکار موتورخانه Vent Damper

چکیده :

یکی از مهمترین راههای هدر رفت حرارت و مصرف بی مورد سوخت در تاسیسات حرارتی ساختمان، خروج حجم عظیمی گازهای حاصل از احتراق از دودکش دیگ و پس از خاموشی آن می باشد. نتیجه خروج این توده عظیم گاز، سرد شدن سریعتر جدار داخلی دیگ و افزایش نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی دیگ در واحد زمان می باشد. بدیهی است با افزایش نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی (Circulating Hot Water) ترموستات دیگ نیز زودتر فعال شده و مشعل در نوبت بعدی زودتر فعال می شود.

تحقیقات انجام شده در دهه ۸۰ و ۹۰ میلادی در کشورهای صنعتی پیشرفته، خصوصاً آمریکا حاکی از کاهش ۸ تا ۱۳ درصدی مصرف سوخت در صورت استفاده از دمپره‌های خودکار دیگ می باشد. دمپر وسیله ای الکترومکانیکی است که با خاموش شدن دیگ و فرمان بسته شدن دریچه ای در مقطع دودکش را صادر و پس از بسته شدن این دریچه از خروج گازهای داغ حاصل از احتراق داخل دیگ جلوگیری و موجب صرفه جویی در مصرف سوخت می گردد. با همکاری شرکت منشور سیمین و سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور در سال ۱۳۸۳ فاز تحقیقاتی- مطالعاتی استفاده و کاربرد این دمپرها در کشور ایران آغاز گردید. در این مقاله سعی بر آنست تا با ارائه نتایج تحقیقات صورت گرفته، توجیه فنی و اقتصادی و پتانسیل های صرفه جویی موجود به منظور استفاده از این روش در بخش ساختمان کشور مورد بررسی قرار گیرد.

لغات کلیدی : Circulating Hot water (آب گرم چرخشی)، Vent Damper (دمپر خودکار دودکش)

۱. مقدمه :

در ابتدای دهه ۸۰ میلادی محققین وزارت انرژی آمریکا شروع به تحقیق درباره اصلاح بازدهی مصرف انرژی در ساختمانهای چند خانواری و مجتمع های مسکونی نمودند. هیچگونه تحقیقی در مورد قطعات جانبی که جهت بهبود مصرف سوخت بکار می روند، وجود نداشت. عمده اطلاعات موجود در این مورد در کاتالوگهای سازندگان خلاصه می شد.

در این میان پژوهشگران با بدگمانی شدیدی از طرف صاحبان مجتمع های مسکونی نیز مواجه بودند چرا که آنها در مورد قطعات جانبی که جهت کاهش مصرف سالیانه سوخت به میزان ۲۵٪ بکار می رفت تبلیغات زیادی شنیده بودند ولی دانش فنی کمی در مورد موثر بودن این وسایل جانبی با توجه به قیمت آنها داشتند. علاوه بر این علاقه ای جهت سرمایه گذاری بلند مدت در مورد تهیه و بکارگیری این وسایل نداشتند. در نتیجه گروههای محقق شروع به تحقیق و آزمایش در مورد قطعات جانبی جهت حفظ انرژی و محیط زیست برای **Water Heating Boiler** ها در محدوده ای وسیع نمودند. این عمل باعث کسب اطلاعات علمی قابل استناد برای محققان شد که باعث جلب اعتماد صاحبان مجتمع های مسکونی گردید.

نتیجه به کارگیری **Vent Damper** ها کاهش ۸/۶ درصدی سوخت مصرفی در مدت ۲۷ ماه در دیگ های بخار بود. زمانی که **Vent Damper** ها به سیستمهای گرمایش آبی اضافه شدند بطرز شگفت آوری در مقدار مصرف انرژی صرفه جویی کردند. در حالیکه سایر روشهای بکار رفته، میزان اندکی در مصرف انرژی صرفه جویی می نمودند.

برای رسیدن به بالاترین حد صرفه جویی، **Vent Damper** های با سرعت عمل که دارای دو ویژگی سریع بسته شدن و **tight-fitting** (جفت و جور شدن) بودند و جرقه زندهای اتوماتیک مورد استفاده قرار گرفتند که به طور قابل ملاحظه ای نرخ صرفه جویی را نسبت به زمانیکه دمپرهای گرمایی در آبگرمکنها و یا دمپرهای کند و با راندمان پایین در دیگها بکار می رفتند، افزایش داد.

با توجه به بررسی تجارب کشورهای صنعتی پیشرفته و پتانسیلهای صرفه جویی موجود در کشور، تحقیقات مطالعاتی و اولیه بر روی دمپرهای خودکار موتورخانه از سال ۱۳۸۳ آغاز گردید. یکی از زمینه های مهم اجرای این طرح در کشور، بررسی کارایی و عملکرد این سیستم متناسب با راندمان حرارتی تجهیزاتی است که کماکان با تکنولوژی قدیمی بیش از ۴ دهه پیش ساخته می شوند به نحوی که حداکثر سازگاری و کارایی در بهینه سازی مصرف سوخت را به دنبال داشته باشند.

۲. دمپرهای خودکار موتورخانه (Vent Damper) :

در این بخش نحوه عملکرد، قابلیت های اجرا و کاربرد، انواع Vent Damper ها و مقایسه بین آنها، شرایط نصب و نحوه بررسی صحت عملکرد آنها مورد بررسی قرار می گیرد.

۱-۲- آشنایی با نحوه عملکرد دمپرهای خودکار:

همانطور که اشاره گردید اصول کارکرد دمپرهای خودکار موتورخانه بسیار ساده می باشد. Vent Damper ها بر روی هواکش و درست بعد از کلاهیک اضافه می شوند. در این وسیله و در زمانی که مشعل دیگ خاموش می گردد، صفحه ای بصورت اتوماتیک مسیر دودکش را مسدود می نماید این عمل موجب ممانعت از خروج توده عظیم هوای داغ داخل دیگ و کاهش تلفات حرارتی آن می شود.

این صفحه متحرک تا نوبت بعدی روشن شدن مشعل، مسیر دودکش را مسدود نگه می دارد. با افت دمای آب گرم چرخشی داخل دیگ و فرمان روشنی مشعل، به منظور تخلیه و خروج محصولات احتراق سوخت، مجدداً این صفحه باز می گردد.

در شکل زیر نمای داخلی یک دمپر دودکش دیده می شود:



شکل ۱ : VENT DAMPER

کارایی کوره ها و دیگها معمولاً در یک وضعیت یکنواخت بررسی می شود. درجه کارایی آنها زمانی که برای چند دقیقه در یک دمای از پیش تعیین شده کار می کنند، اندازه گرفته می شود.

تعداد دفعات روشنی و خاموشی مشعل با استفاده از Vent Damper و صرفه جویی حاصله به عوامل مختلفی از جمله دمای هوای خارج ساختمان، بار حرارتی ساختمان وضعیت دودکش موتورخانه، تعداد مشعل های در سرویس، تناسب ظرفیت حرارتی مشعل با قطر دودکش، وضعیت عملکرد پمپ های آب گرم چرخشی و مصرفی، وضعیت مصرف آب گرم بهداشتی، عایق کاری سیستم لوله کشی، عایق کاری بدنه دیگها، درزبندی پره های دیگ، موقعیت استقرار موتورخانه و تبادل حرارتی محیط آن با اطراف بستگی دارد. به عنوان مثال سرد شدن هوا موجب افزایش بار حرارتی ساختمان و کاهش درصد صرفه جویی در مصرف سوخت بدلیل کوتاه تر شدن زمان فاصله خاموشی مشعل دارد.

اگر محفظه احتراق متناسب با مقدار بار خروجی مورد نظر باشد، در مواردیکه محفظه احتراق به وسیله هواکش با فضای بیرون در ارتباط است میانگین تعداد دفعاتی که دستگاه به حالت آماده باش می رود به ۹۰ - ۸۵ درصد می رسد. در این هنگام هوای گرم محفظه احتراق از طریق دودکش به بیرون رانده می شود. حجم هوای گرم متناسب با بلندی دودکش، قطر آن و دمای هوای خارج ساختمان، کاهش می باشد. زمانی که Vent Damper بسته می شود از خروج هوای گرم دودکش جلوگیری می نماید و این عمل به طور واضح کارکرد موثر دستگاه را از طریق کاهش نیاز مدت زمانی که باید به کارکرد یکنواخت دسترسی پیدا کند افزایش می دهد.

میزان صرفه جویی در مصرف انرژی از طریق Vent Damper ها به عوامل مختلفی بستگی دارد. به طور معمول میزان علاقه به کاهش مصرف سوخت در دیگهای بزرگ، قدیمی و نامتناسب بیشتر است چرا که در زمان خاموش بودن دستگاه مقدار بیشتری گرما از دست می دهند.

در برخی از موارد بدلیل عدم تناسب ظرفیت حرارتی مشعل با قطر دودکش به عنوان مثال استفاده از مشعلی کوچک با ظرفیت حرارتی پائین بر روی دیگی با دودکش بزرگ موجب خروج سریع هوای داغ از دودکش شده و در نتیجه فاصله زمانی بین دفعات روشنی مشعل کاهش می یابد. بنابراین یکی از عوامل موثر کارایی دمپر تناسب ظرفیت حرارتی مشعل با قطر دودکش می باشد.

۲-۲- قابلیت اجرا و کاربرد Vent Damper ها :

دمپرهای خودکار موتورخانه بر روی دودکش تمامی دیگها قابل نصب می باشند. مکانیزم عملکرد آنها بستگی به نوع مشعل (دمنده دار- اتمسفریک) خواهد داشت. البته با توجه به کثرت استفاده از مشعلهای دمنده دار تحقیقات مطالعاتی صورت گرفته نیز بر روی نوعی از دمپرها می باشد که هماهنگ با مشعل های دمنده دار عمل می نمایند.

دمپره‌های خودکار در موتورخانه‌های تمامی ساختمانها بدون در نظر گرفتن نوع کاربری ساختمان (مسکونی - غیرمسکونی) قابل استفاده می‌باشند.

۲-۳- انواع Vent Damper :

دمپره‌های خودکار موتورخانه به لحاظ روش عملکرد به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند :

۱. دمپره‌های الکترومکانیکی - (Electro -Mechanical Vent Damper)

۲. دمپره‌های گرمایی (Thermo - Mechanical Vent Damper)

دمپره‌های الکترومکانیکی با برق مشعل در ارتباطند و این تجهیزات در هنگام روشن شدن مشعل شروع به باز شدن می‌کنند. بعد از یک تاخیر کوتاه ۳۰-۱۵ ثانیه‌ای برای اطمینان از باز بودن دودکش، شیرهای خروجی گاز و دستگاه احتراق فعال می‌شوند. برعکس زمانی که تقاضای تولید حرارت از بین رفته باشد و مشعل خاموش شده باشد و شیرهای خروجی گاز بسته شده باشند Vent Damper بسته می‌شود. دمپره‌های گرمایی ها در هنگامیکه درجه حرارت محفظه زیاد شود باز می‌شوند و بعد از اینکه درجه حرارت به اندازه کافی کم شد بسته می‌شوند.

۲-۴- مقایسه بین انواع Vent Damper ها:

۱- دمپره‌های گرمایی

قیمت و هزینه نصب این دمپرها ارزان است و برای کار کردن به یک منبع خارجی نیرو نیاز ندارند. وقتی مشعل یا کوره روشن می‌شود، هوای گرم باعث باز شدن این دمپره‌های آلیاژی می‌شود. این نوع دمپرها کارایی کمی دارند در نتیجه استفاده از دمپره‌های گرمایی تنها در سیستمهای گرمایش آبی که نیازی به منبع خارجی نیرو ندارند توصیه می‌گردد.

۲- دمپره‌های الکترومکانیکی :

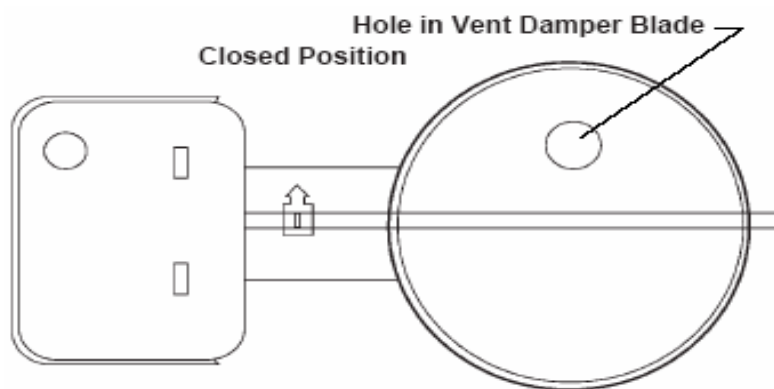
کیت‌های این نوع از دمپرها برای نصب در سیستمهایی که از احتراق الکترونیکی استفاده می‌کنند در دسترس می‌باشد. شیر گازهای دو حالتی جدید و دستگاه کنترل، همراه با این کیتها ارائه می‌شوند. این قطعات گرانتر از دمپره‌های گرمایی هستند ولی در عوض میزان صرفه‌جویی انرژی در آنها بیشتر است. نصب این گونه از دمپرها در مکانهای وسیع که نیاز به تولید گرمای بیشتری دارند توصیه می‌شود.

۲-۵- مکان نصب دمپره‌های خودکار :

دمپره‌های خودکار باید پس از دودکش دیگ نصب شود. چنانچه Vent Damper بطور نامناسب نصب شود وضعیت خطرناکی بوجود می‌آید. به طور مثال ممکن است باعث انفجار و یا ایجاد مسمومیت ناشی از تولید منو اکسید کربن شود. همچنین می‌بایست در یک مکان قابل دسترس و روئیت نصب گردد. این تجهیزات باید بعد از کلاهک دودکش نصب گردد. تا بستن دودکش امکان‌پذیر باشد. نصب دمپرها نباید باعث تغییر ساختار و وضعیت دودکش شود.

در دودکشهای عمودی می‌توان Vent Damper را با استفاده از یک راه‌انداز (Actuator) در هر مکانی از دودکش نصب نمود. در دودکشهای افقی نباید راه‌انداز درست در بالا و یا زیر لوله هواکش نصب شود بلکه راه‌انداز دمپر باید در اطراف هواکش نصب گردد.

دمپر برای یک سیستم با پیلوت دائم (مشعل اتمسفریک) نیز نصب می‌شود. چنانچه Vent Damper برای یک سیستم با پیلوت متناوب و یا یک دیگ مجهز به سیستم احتراق مستقیم نصب شود، میزان ذخیره انرژی می‌تواند از طریق بستن روزنه در تیغه Vent Damper افزایش یابد و اگر از یک سیستم با پیلوت دائم استفاده شود نباید روزنه صفحه متحرک آن بسته شود زیرا این امر باعث ایجاد خطر می‌شود.



شکل ۲- Vent Damper در حالت بسته

۲-۶- بررسی عملکرد Vent Damper :

برای عملکرد مطمئن و موثر، Vent Damper نحوه عمل آن باید بصورت سالیانه مورد بررسی قرار گیرد. به طریق زیر به نحوه عملکرد Vent Damper رسیدگی می‌گردد:

۱) زمانی که دیگ خاموش است، صفحه متحرک دمپر می بایست در موقعیت بسته بودن قرار گرفته باشد. (بسته باشد)

۲) با تغییر کنترلر و ترموستات و روشن شدن مشعل صفحه متحرک دمپر می بایست در موقعیت باز بودن باشد. (باز باشد)

۳) با تغییر کنترلر و ترموستات و خاموشی مشعل صفحه متحرک آن می بایست مجدداً در موقعیت بسته بودن قرار گیرد.

Vent Damper باید حداقل یکبار در طول سال توسط یک فرد ماهر و با تجربه که دارای تخصص فنی لازم است مورد سرکشی و بررسی قرار گیرد.

۳. انجام مطالعات بر روی موتورخانه های ایران :

در این بخش تحقیقات انجام شده به منظور اجرای طرح پایلوت و شناسایی پتانسیل های صرفه جویی ارزیابی توجیه اقتصادی کاربرد دمپرهای موتورخانه مورد بررسی قرار می گیرد.

در پروژه مطالعاتی که با همکاری سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور انجام گردید، موتورخانه ۳۰ ساختمان با کاربریهای گوناگون مسکونی-تجاری-اداری جهت انتخاب ۴ موتورخانه برای اجرای فاز پایلوت مورد بررسی قرار گرفت. موتورخانه های مورد بررسی شامل:

۸ واحد مسکونی

۱۰ واحد اداری

۶ واحد آموزشی شامل ۲ دانشگاه و ۴ مدرسه

۱ واحد درمانگاه

۱ واحد بیمارستان

۲ واحد بانک

۱ اداره موزه

۱ واحد فروشگاه

مورد بررسی قرار گرفت و اطلاعات عمومی و اختصاصی موتورخانه ها برداشت گردید. در رابطه با مشخصات عمومی موتورخانه ها تعداد دیگ، تعداد پمپ سیرکولاسیون آب گرم مصرفی و آب گرم چرخشی، وضعیت کارکرد پمپها، نوع وسایل گرمایشی ساختمان، وضعیت سالهای گذشته تجهیزات موتورخانه، صحت عملکرد ترموستاتهای دیگ و در رابطه با مشخصات اختصاصی موتورخانه نوع مشعل قطر خروجی دودکش دیگ و فضای آزاد جهت نصب **Vent Damper** ارزیابی شده است.

۴. بررسی تنوع دیگ های موجود در کشور :

در بیش از ۸۰٪ موارد مورد مطالعه از دیگهای چدنی استفاده شده است. طبق اطلاعات کاتالوگها و بروشورهای سازندگان معتبردیگ قطر خروجی دودکش دیگ در سایزهای ۱۸۰-۲۲۰-۲۵۰-۳۰۰-۳۵۰-۴۰۰-۴۵۰-۵۰۰-۵۵۰ میلیمتر می باشد. پرفروش ترین دیگهای موجود با قطر دودکش ۱۸۰ الی ۲۵۰ میلیمتر می باشند. موتورخانه های بررسی شده ۲ مورد (۶/۵٪) دارای دیگهایی با دودکش چهارگوش و ۲۸ مورد (۹۳/۵٪) دارای دیگ با مقطع گرد دودکش می باشند. بیشترین فراوانی قطر دودکش مربوط به قطرهای ۱۸۰ الی ۲۵۰ میلی متر با ۲۵ مورد (۸۳٪) می باشد. دیگهای با دودکش مقطع چهارگوش به دلیل ساختار برای نصب Vent Damper مناسب نمی باشد. همچنین با همکاری تعدادی از مسئولین واحدهای مورد بررسی داشته قبض های گاز مصرفی ساختمان جهت بررسی آماری در اختیار قرار گرفت.

۵. ممیزی انرژی از مصرف گاز ساختمانهای مورد مطالعه :

با بررسی و تحلیل قبض های گاز، الگوی اولیه سرانه مصرف سوخت درموتورخانه هر واحد برحسب تابعی از متراژ و بنای مفید ساختمان بدست آمد. خلاصه تحلیل اطلاعات قبض های موجود گاز در جدول زیر آمده است.

جدول شماره ۱ : اطلاعات تحلیلی قبوض گاز چند ساختمان نمونه با کاربری های متفاوت

ردیف	نام واحد	نوع کاربری	مترائز بنای مفید (m ³)	نوع سوخت مصرفی	میزان مصرف سالانه گاز طبیعی m ³ /year	هزینه سوخت سالانه (ریال)
۱	وزارت دفاع اداره هوا و فضا	اداری	۷۰۰۰	گازوئیل	۳۵۰/۰۰۰ لیترگازوئیل	۷۰/۰۰۰/۰۰۰
۲	دبستان یادبود	آموزشی	۴۹۰	گاز طبیعی	۱۸۸۸۹ مترمکعب گاز	۲/۲۶۶/۶۸۰
۳	آقای طوسی	مسکونی	۹۷۰	گاز طبیعی	۴۰۹۳۲ مترمکعب گاز	۴/۹۱۱/۸۴۰
۴	آقای رشیدی	مسکونی	۱۲۸۰	گاز طبیعی	۴۲۶۱۶ مترمکعب گاز	۵/۱۱۳/۹۲۰
۵	آقای محمودی	مسکونی	۷۵۰	گاز طبیعی	۳۴۶۰۷ مترمکعب گاز	۴/۱۵۲/۸۴۰
۶	آقای وزیری	مسکونی	۱۲۰۰	گاز طبیعی	۴۸۵۸۸ مترمکعب گاز	۵/۸۳۰/۵۶۰
۷	آقای نصرتی	مسکونی	۴۰۰	گاز طبیعی	۱۴۹۱۷ مترمکعب گاز	۱/۷۹۰/۰۴۰
۸	آقای رضانی	مسکونی	۱۲۰۰	گاز طبیعی	۴۳۰۶۹ مترمکعب گاز	۵/۱۷۱/۵۲۰
۹	دبیرستان مبصری	آموزشی	۸۵۰	گاز طبیعی	۳۱۵۴۲ مترمکعب گاز	۳/۷۸۵/۰۴۰

۳/۵۲۳/۰۸۰	۲۹۳۵۹ مترمکعب گاز	گاز طبیعی	۱۲۵۰	موزه	موزه حیات وحش سازمان حفاظت محیط زیست	۱۰
۳/۷۸۸/۷۶۰	۳۱۵۷۳ مترمکعب گاز	گاز طبیعی	۸۰۰	درمانی	درمانگاه شریعتی	۱۱

* قیمت هر مترمکعب گاز طبیعی ۱۲۰ ریال (قیمت عرضه یارانه ای) به ازاء هر متر مکعب محاسبه شده است.
 * قیمت هر لیتر گازوئیل به قیمت عرضه یارانه ای ۲۰۰ ریال به ازاء هر لیتر محاسبه شده است.
 با تحلیل اطلاعات قبوض گاز این ساختمانها مصرف سرانه سوخت هر مترمربع مساحت بنای مفید ساختمان در جدول زیر با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول ۲: برآورد سرانه مصرف هر متر مربع مساحت بنای ساختمان

ردیف	نوع کاربری	مساحت مفید ساختمان (m^2)	سرانه مصرف $m^3/m^2 \cdot year$	متوسط $m^3/m^2 \cdot year$
۱	مسکونی	$350-500 m^2$	۵۰-۶۳	۵۵
۲	مسکونی	$500-750 m^2$	۳۲-۵۰	۴۶
۳	مسکونی	۱۲۰۰	۳۳-۴۰	۳۶
۴	اداری- تجاری	>500 مساحت بنا ۷۰۰۰	۱۷-۳۳	۲۵

طبق بررسیهای صورت گرفته و مطالعه بر روی تجارب کشورهای صنعتی پیشرفته درصد صرفه جوئی متوسط با استفاده از Vent Damper در حدود ۱۰٪ می باشد در کشور ما بدلیل استفاده از تجهیزات با راندمان پائین و غیر استاندارد بودن برخی از طراحی های انجام شده پیش بینی می شود میزان صرفه جوئی در مصرف سوخت با استفاده از Vent Damper در حدود ۹٪ باشد که البته این میزان در فعالیت های عملی و ممیزی انرژی بخش مربوطه بطور دقیق اندازه گیری میگردد.

۶. نتایج بررسی و تحلیل آماری درصدهای صرفه جویی در مصرف سوخت با استفاده از دمپر خودکار موتورخانه :

با توجه به تغییرات درجه حرارت محیط و امکان استفاده ساکنین محل های نصب دمپر از آب گرم مصرفی که موجب مخدوش شدن نرخ کاهش دمای آب گرم و زمان روشنی مشعل و در نتیجه نرخ صرفه جویی در مصرف سوخت می گردد، پس از بررسی شرایط نمونه برداری های حرارتی مشخص گردید بهترین ساعت مربوط به تحلیل صحیح اطلاعات بین ساعت ۱۲ شب تا ۶ صبح می باشد.

بعد از این مرحله می بایست بر روی نمونه هایی که در دمای مشابه محیط خارج ساختمان و در دو حالت با استفاده از دمپر و بدون استفاده از دمپر اندازه گیری شده است تحلیل آماری انجام گیرد. با توجه به تغییرات درجه حرارت محیط خارج ساختمان در طول دوره نمونه برداری، تعدادی از نمونه برداری ها تکرار گردید ولی در حالت کلی با توجه به مشکل فوق و تغییرات مجدد دمای خارج ساختمان، تعداد نمونه گیری های زیادی برای تحلیل بدست نیامد. البته با مقایسه اطلاعات برداشت شده، عملکرد تقریباً مشابه ای نتیجه گیری می گردد و نتایج زیر بدست می آید :

پس از نصب دمپر نرخ افت دمای آب گرم چرخشی کاهش می یابد که البته در موارد مشاهده شده این نرخها با یکدیگر تفاوت دارند ولی در همه موارد این نرخ کاهش دما پس از نصب دمپر کاهش می یابد. با توجه به افزایش زمان خاموشی مشعل که در نتیجه افت کمتر دمای آب گرم چرخشی می باشد، زمان کارکرد مشعل در حدود ۹٪ کمتر می شود و چون این زمان با مصرف سوخت رابطه مستقیم دارد، بنابراین درصد صرفه جویی در مصرف سوخت نیز به همین میزان می باشد، البته در موارد مورد بررسی ارقام صرفه جویی با هم برابر نبوده و حدود درصد فوق می باشد که دلایل آن در ذیل آمده است.

در ساختمانهای مختلف محل نصب دمپر، بازه های دمایی موجود مورد تحلیل قرار گرفته است در ساختمان اول با توجه به اطلاعات موجود، بررسی در ۲ بازه دمایی (دمای هوای بیرون ساختمان) انجام گرفته است

۱-۱-۶- بازه دمایی اول، بازه دمایی اول : دمای بیرون ساختمان ۵/۳ تا ۶/۳ درجه سانتیگراد

در این بازه دمایی در زمان نصب دمپر میانگین نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی در زمان نصب دمپر ۱/۲۶ درجه سانتیگراد در دقیقه و میانگین نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی در زمان عدم نصب دمپر ۱/۵۶ درجه سانتیگراد در دقیقه بود. در زمان نصب دمپر ۲۶ مشاهده و در زمان عدم نصب آن ۳۲ مشاهده انجام شده است.

این تفاوت میانگین از نظر آماری بوسیله آزمون t در جدول پایین مشاهده می شود.

	آزمون برابری واریانس		آزمون برابری میانگین t						
	F	p-value	t	درجه آزادی	p-value دو طرفه	اختلاف میانگینها	Std. Error Difference	فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلافها	
								Lower	Upper
با فرض برابری واریانسها			-2.007	56	.050	-.3025	.1507	-.6045	-5.5661E-04
با فرض عدم برابری واریانسها	37.674	.000	-2.208	34.713	.034	-.3025	.1370	-.5808	-2.4310E-02

و بوسیله آزمون جمعی رتبه ای ویلکاکسن با $p\text{-value} = 0.015$ تایید می شود.
 در این بازه دمایی میانگین دمای آب چرخشی در زمانهای خاموش بودن مشعل در زمانهای مورد بررسی بالا هنگام نصب دمپر ۶۳/۷ و در زمان عدم نصب دمپر ۵۸/۸۶ درجه سانتیگراد است. این تفاوت نیز بوسیله آزمونهای آماری

	آزمون برابری واریانس		آزمون برابری میانگین t						
	F	p-value	t	درجه آزادی	p-value دو طرفه	اختلاف میانگینها	Std. Error Difference	فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلافها	
								Lower	Upper
با فرض برابری واریانسها			7.615	56	.000	4.8438	.6361	3.5696	6.1179
با فرض عدم برابری واریانسها	87.395	.000	8.410	33.270	.000	4.8438	.5759	3.6724	6.0151

و نیز آزمون جمعی رتبه ای ویلکاکسن با $p\text{-value} = 0.0$ تایید می شود.

۲-۱-۶- ساختمان اول، بازه دمایی دوم: دمای خارج ساختمان ۶/۵ تا ۷/۵ درجه سانتیگراد
 در این بازه دمایی در زمان نصب دمپر میانگین نرخ کاهش دمای آب گرم پرخشی در زمان نصب دمپر ۱/۰۵ درجه سانتیگراد در دقیقه و میانگین نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی در زمان عدم نصب دمپر ۱/۴۷ درجه

سانتیگراد در دقیقه بود. در زمان نصب دمپر ۹ مشاهده و در زمان عدم نصب آن ۱۹ مشاهده انجام شده است. این تفاوت میانگین از نظر آماری بوسیله آزمون t در جدول پایین مشاهده می شود.

	آزمون برابری واریانس		آزمون برابری میانگین t						
	F	p-value	t	درجه آزادی	p-value دو طرفه	اختلاف میانگینها	Std. Error Difference	فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلافها	
								Lower	Upper
با فرض برابری واریانسها	5.875	.023	-1.403	26	.172	-.4208	.2999	-1.0372	.1957
با فرض عدم برابری واریانسها			-1.734	25.563	.095	-.4208	.2426	-.9199	7.833E-02

و بوسیله آزمون جمعی رتبه ای ویلکاکسن با $p\text{-value} = 0.1535$ تایید نمی شود. در این بازه دمایی میانگین دمای آب چرخشی در زمانهای خاموش بودن مشعل در زمانهای مورد بررسی بالا هنگام نصب دمپر ۶۲/۹۶ و در زمان عدم نصب دمپر ۸۵/۲۵ درجه سانتیگراد است. این تفاوت بوسیله آزمونهای آماری t

	آزمون برابری واریانس		آزمون برابری میانگین t						
	F	p-value	t	درجه آزادی	p-value دو طرفه	اختلاف میانگینها	Std. Error Difference	فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلافها	
								Lower	Upper
با فرض برابری واریانسها	24.258	.000	3.996	26	.000	4.7029	1.1768	2.2840	7.1218
با فرض عدم برابری واریانسها			5.665	21.093	.000	4.7029	.8302	2.9769	6.4290

و نیز آزمون جمعی رتبه ای ویلکاکسن با $p\text{-value} = 0.0002$ تایید می شود.

۶-۲- ساختمان دوم، بازه دمایی: دمای هوای خارج ساختمان ۷/۵ تا ۸/۸ درجه سانتیگراد

در ساختمان دوم این بازه دمایی در زمان نصب دمپر میانگین نرخ کاهش دمای آب گرم پرخشی در زمان نصب دمپر ۱/۰۵ درجه سانتیگراد در دقیقه و میانگین نرخ کاهش دمای آب گرم پرخشی در زمان عدم نصب دمپر ۰/۶۴ درجه سانتیگراد در دقیقه بود. در زمان نصب دمپر ۹ مشاهده و در زمان عدم نصب آن ۳۵ انجام شده است.

این تفاوت میانگین از نظر آماری بوسیله آزمون t در جدول پایین مشاهده می شود.

	آزمون برابری واریانس		آزمون برابری میانگین t						
	F	p-value	t	درجه آزادی	p-value دو طرفه	اختلاف میانگینها	Std. Error Difference	فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلافها	
								Lower	Upper
با فرض برابری واریانسها			3.339	42	.002	.4100	.1228	.1622	.6578
با فرض عدم برابری واریانسها	1.871	.179	3.876	15.573	.001	.4100	.1058	.1853	.6348

و بوسیله آزمون جمعی رتبه ای ویلکاکسن با $p\text{-value} = 0.0036$ تایید می شود.

در این بازه دمایی میانگین دمای آب پرخشی در زمانهای خاموش بودن مشعل در زمانهای مورد بررسی بالا هنگام نصب دمپر ۶۲/۵۷ و در زمان عدم نصب دمپر ۵۷/۴۷ درجه سانتیگراد است. این تفاوت بوسیله آزمونهای آماری t و نیز آزمون جمعی رتبه ای ویلکاکسن با $p\text{-value} = 0.0004$ تایید می شود.

آزمون برابری واریانس	آزمون برابری میانگین t								
	F	p- vaue	t	درجه آزادی	p- valu دو طر فه	اختلاف میانگینها	Std. Error Difference	فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلافها	
								Lower	Upper
با فرض برابری واریانسها	.024	.878	4.789	42	.000	5.0952	1.0639	2.9483	7.2422
با فرض عدم برابری واریانسها			4.414	11.345	.001	5.0952	1.1543	2.5640	7.6265

۱-۳-۶- ساختمان سوم: بازه دمایی اول: دمای هوای خارج ساختمان ۵/۴ تا ۷/۴ درجه سانتیگراد
در ساختمان سوم بازه دمایی در میانگین نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی، میانگین زمان خاموشی پمپ و
میانگین دمای آب چرخشی در زمان خاموشی پمپ در جداول زیر مقایسه شده اند

	وضعیت	تعداد مشاهدات	میانگین
آب گرم چرخشی	عدم نصب دمپر	20	55.62014423076920
	نصب دمپر	16	55.46709592490840
نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی	عدم نصب دمپر	20	.5741829832252
	نصب دمپر	16	.5190834884499
زمان خاموشی	عدم نصب دمپر	20	601.60
	نصب دمپر	16	634.00

		آزمون برابری واریانس		آزمون برابری میانگین t						
		F	p-value	t	درجه آزادی	p-value دوطرفه	اختلاف میانگینها	Std. Error Difference	فاصله اطمینان ۹۰٪ اختلافها	
									Lower	Upper
آب گرم چرخشی	با فرض برابری واریانسها	1.508	.228	.213	34	.832	.153048 305860 79	.717302 055647 67	- 1.30468 485825 133	1.61078 146997 292
	با فرض عدم برابری واریانسها			.228	29.97 2	.822	.153048 305860 79	.672611 478889 84	- 1.22066 088182 385	1.52675 749354 544
نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی	با فرض برابری واریانسها	2.037	.163	.907	34	.371	5.50994 947753 0E-02	6.07823 806693 1E-02	- 6.84251 646031 57E-02	.178624 154153 8
	با فرض عدم برابری واریانسها			1.011	20.11 4	.324	5.50994 947753 0E-02	5.44942 304855 9E-02	- 5.85322 655651 63E-02	.168731 255115 8
زمان خاموشی	با فرض برابری واریانسها	4.298	.046	-.736	34	.467	-32.40	44.04	-121.89	57.09
	با فرض عدم برابری واریانسها			-.762	33.74 9	.451	-32.40	42.52	-118.83	54.03

آزمون جمعی رتبه ای ویلکاکسن	p-valu
آب گرم چرخشی	0.5993
نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی	0.861
زمان خاموشی	0.7602

۲-۳-۶- ساختمان سوم، بازه دمایی دوم : ۷/۵ تا ۹/۵ درجه سانتیگراد

در این بازه دمایی در میانگین نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی، میانگین زمان خاموشی پمپ و میانگین دمای آب چرخشی در زمان خاموشی پمپ در جداول زیر مقایسه شده اند

	وضعیت	تعداد مشاهدات	میانگین
آب گرم چرخشی	عدم نصب دمپر	56	52.96076763018730
	نصب دمپر	45	53.21899461839270
نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی	عدم نصب دمپر	56	.43461581740867
	نصب دمپر	45	.39258534958220
زمان خاموشی	عدم نصب دمپر	56	662.20
	نصب دمپر	45	690.64

		آزمون برابری		آزمون برابری میانگین t								
		واریانس		F	p-value	t	درجه آزادی	p-value دو طرفه	اختلاف میانگینها	Std. Error Difference	فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلافها	
											Lower	Upper
آب گرم چرخشی	با فرض برابری واریانسها	.038	.846	-	99	.589	-	.2582269 8820542	.476122426 86096	-	1.20295 717861 320	.686503 2022023 5
	با فرض عدم برابری واریانسها			-	95. 872	.587	-	.2582269 8820542	.473989899 48951	-	1.19910 557133 402	.682651 5949231 8
نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی	با فرض برابری واریانسها	1.005	.319	1.0	99	.297	4.203046 7826466E-02	4.00893697 25650E-02	-	3.75155 391615 673E-02	.121576 4748145 0	
	با فرض عدم برابری واریانسها			1.0	76. 11 644	.315	4.203046 7826466E-02	4.15823384 63392E-02	-	4.07766 759067 406E-02	.124837 6115596 7	
زمان خاموشی	با فرض برابری واریانسها	1.285	.260	-	99	.486	-28.45	40.67	-109.14	52.24		
	با فرض عدم برابری واریانسها			-	49. 575	.527	-28.45	44.69	-118.23	61.33		

آزمون جمعی رتبه ای ویلکاکسن	p-valu
آب گرم چرخشی	0.3218
نرخ کاهش دمای آب گرم چرخشی	0.0239
زمان خاموشی	0.4203

۷. تحلیل اقتصادی استفاده از Vent Damper :

به منظور بررسی میزان صرفه جوئی در مصرف سوخت و کاهش هزینه های آن چند نمونه از موارد بررسی شده در جدول شماره ۳ ارزیابی می شوند.

جدول ۳ : تحلیل اقتصادی استفاده از Vent Damper

ردیف	نام واحد	نوع کاربری ساختمان	مساحت مفید ساختمان (m ²)	مصرف سالانه سوخت m ³ /year	هزینه سالانه سوخت (ریال)	تعداد دیگ	درصد صرفه جوئی شده در سال (ریال)	هزینه صرفه جوئی شده در سال (ریال)
۱	آقای رشیدی	مسکونی	۱۲۸۰	۴۲۶۱۶	۵/۱۱۳/۹۲۰	۲	٪۹	۴۶۰/۲۵۲
۲	آقای رضانی	مسکونی	۱۲۰۰	۴۳۰۶۹	۵/۱۶۸/۲۸۰	۱	٪۹	۴۶۵/۱۴۵
۳	موزه حیات وحش	اداری	۱۲۰	۲۹۳۵۹	۳/۵۲۳/۰۸۰	۲	٪۹	۳۱۷/۰۷۷
۴	دبستان یادبود	آموزشی	۴۹۰	۱۸۸۸۹	۲/۲۶۶/۶۸۰	۱	٪۹	۲۰۴/۰۰۰

با مقایسه هزینه سوخت صرفه جوئی شده و تعداد دیگهای هر واحد که به همان تعداد نیز Vent Damper مورد نیاز است به نظر می رسد با تولیدانبوه این وسیله دوره بازگشت سرمایه بین یک تا دوسال باشد. توجه: تحلیل دوره بازگشت سرمایه بصورت تخمینی می باشد زیرا هنوز زمان فعالیت طراحی و ساخت Vent Damper آغاز نشده است و عملاً اطلاعات دقیقی از هزینه های ساخت وجود ندارد.

۸. پتانسیلهای موجود استفاده از دمپر خودکار در موتورخانه های کشور :

تجارب مثبت سایر کشورها در رابطه با استفاده از دمپره‌های خودکار موتورخانه زمینه های موجود استفاده از این روش بهینه سازی مصرف انرژی با توجه به تعداد بالای ساختمانهای مجهز به تاسیسات حرارت مرکزی و متوسط چندین برابری مصرف انرژی در بخش ساختمان به نسبت سایر کشورهای صنعتی موجب گردید تا فاز مطالعاتی- تحقیقاتی استفاده از Vent Damper در سال ۱۳۸۳ توسط سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور اجرا گردد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج مفید استفاده از دمپر خودکار دودکش در کشورهای صنعتی پیشرفته و کاهش قابل ملاحظه در مصرف سوخت ساختمانها که موجب اجباری شدن استفاده از آن در کشورهایی نظیر آمریکا گردیده است، انجام تحقیقات و طراحی، تولید انبوه و نصب دمپره‌های خودکار خانگی در کشور، اثرات قابل ملاحظه ای در کاهش مصرف سوخت، استهلاک تجهیزات هزینه های سوخت ساختمانها خواهد داشت و پیشنهاد می گردد پس از طی مراحل کامل ساخت داخل، استفاده از این روش بهینه سازی در بخش تاسیسات حرارتی ساختمان با توجه به ارزان بودن قیمت تجهیزات و دوره بازگشت کوتاه سرمایه (۱ تا ۲ سال) اجباری گردد.

منابع

پروژه تحقیقاتی شرکت منشور سیمین با سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور
گروه تحقیقات و توسعه شرکت پیشران انرژی