

موضوع: تحلیل ترموگنومیک استفاده از بویلر های چگالشی در مدارس استان مرکزی

سید علی اشرفی زاده، مالک باولی بهمنی

۱- استادیار دانشگاه آزاد- واحد دزفول ashrafi@iaud.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- دانشگاه آزاد واحد

malekbaboli@yahoo.com

چکیده

با توجه به نیاز روز افزون جوامع بشری به مصرف انواع سوخت و بویژه گاز، مساله بهینه سازی مصرف سوخت امری مهم و غیر قابل اغماض است. در این راستا استفاده از پکیج های چگالشی به عنوان یکی از جدیدترین دستاوردهای دنیای مدرن برای تامین نیازهای گرمایشی ساختمانهای بزرگ و برجها در سالهای اخیر قابل توجه بوده و در حال حاضر در کشورهای پیشرفته سیستمی رایج برای تامین نیازهای گرمایشی از جمله در ساختمانهای مراکز آموزشی می باشد. در این مقاله ضمن مقایسه راندمان پکیج های سنتی و چگالشی، میزان تفاوت سرانه مصرف گاز و همچنین تعیین زمان بازگشت هزینه در استفاده از پکیج های چگالشی در مدارس استان مرکزی در جهت کاهش مصرف گاز و نیز کاهش تولید آلاینده های محیط زیست ناشی از سوختن ناقص و غیر استاندارد مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه حدود ۲۶۸۴ مدرسه ۱ تا ۲۴ کلاسه در سطح استان اراک موجود است و همچنین سال آموزشی در این استان به لحاظ آب و هوایی نیاز چندان به تمرکز روی سیستم های سرمایشی نداشته و تمرکز روی تامین گرمایش مطرح می باشد، استفاده از پکیج های چگالشی با راندمان ۹۶ تا ۱۰۶ درصدی در مقایسه با پکیج های سیستم مرکزی و سنتی با راندمان ۷۵ تا حداکثر ۹۰ درصدی اهمیت صرفه جویی و بهینه سازی مصرف گاز و جلوگیری از افت فشار گاز را در سرمای دی و بهمن که زمان اوج مصرف در استان و کشور است نشان داده و به لحاظ بودجه اندک مراکز آموزشی اهمیت اقتصادی خود را نیز بسیار نمایان میکند. همچنین با سیستم تعبیه شده در این بویلرها کاهش میزان آلودگی هوا بسیار چشم گیر میباشد.

واژه های کلیدی: آلودگی محیط زیست، بویلر چگالشی، بهینه سازی، اتلاف انرژی، بازگشت هزینه.

۱- مقدمه

با رشد و توسعه صنایع وابسته به گاز طبیعی و نیاز روز افزون جامعه به این کالای استراتژیک و اهمیت استفاده از سوخت با آلاینده کمی و همچنین رو به پایان بودن سوخت های فسیلی، بحث صرفه جویی و استفاده بهینه و کاربردی از این انرژی با ارزش دغدغه کارشناسان و صاحب نظران حوزه انرژی می باشد که این منبع انرژی عمده یا در صنعت مصرف شده (کلان) و یا به صورت منبع گرمایشی در منازل مسکونی و ادارات (خرد) مورد استفاده قرار دارد. یکی از مهمترین وسایل گاز سوز تولید گرما در بخش مدارس پکیج های گرمایشی است که مقدار قابل توجهی انرژی از طریق گاز های خروجی از دودکش آنها وارد محیط شده و تلف میشوند. برای جلوگیری از اتلافات در این بخش از سال ۱۹۷۰ میلادی ساخت بویلر های چگالشی آغاز گردید (۴-۵). در پکیج های غیر چگالشی حدود بیست درصد انرژی بصورت گرمای نهان تبخیر آب در محصولات احتراق موجود است (۶). سالانه حدود ۳۰۰۰۰۰ پکیج چگالشی در ایران تولید و حدود ۳۰۰۰۰۰ نیز وارد میگردد. بنابر این در صورت بکار گیری پکیج چگالشی به جای نوع ساده آن میتوان به میزان قابل توجهی در مصرف گاز و همچنین کاهش آلودگی محیط زیست پیشروی داشت. راندمان بخاری های تولیدی در ایران ۶۰ درصد و آبگرمکن ها ۷۰

درصد می باشد که با توجه به اینکه در عمل وسایل گرمایشی در نقطه طراحی کار نمیکنند راندمان متوسط آنها کمتر از ۵۰ درصد می باشد. این در حالیست که راندمان پکیج چگالشی به بیش از ۱۱۲ درصد خواهد رسید. در این مطالعه بحث استفاده بهینه از این انرژی را در مقیاس و چهارچوب مدارس و فضاهای آموزشی که میتواند الگوی مناسبی برای منازل مسکونی نیز باشد مورد بررسی قرار داده ایم. هم کنون حدود ۲۶۸۴ مدرسه آموزشی در سطح استان مرکزی مورد استفاده قرار دارد که بیش از ۸۵ درصد این مدارس به خط تغذیه منبع انرژی گاز طبیعی متصل بوده (۱) که در بحث تامین انرژی گرمایشی تنها سوخت موجود و در دسترس می باشد. استان اراک در فصول پاییز و زمستان افت دمای بالای را تجربه میکند که این شرایط آب و هوایی خود باعث استفاد بیشینه از گاز شده و افت فشار گاز را موجب میشود لذا این منبع انرژی همیشه به صورت نرمال و کارا به سیستم های تولید گرمایش در کلیه نقاط و بصورت یکسان رسانده نمیشود. در این شرایط سیستم های با استانداردهای بالا و با صرفه اقتصادی مورد توجه قرار می گیرند. با وجود محدودیت های همیشگی اعتبارات مالی مراکز آموزشی و مدارس، مصرف غیر استاندارد و استفاده از سیستمهای با اتلاف انرژی بالا و راندمان پایین باعث افزایش هزینه سوخت در مدارس شده و موجب دغدغه خاطر مدیران مدارس و آموزش و پرورش می شود. این در حالی است که عمدتاً این سیستم های گرمایشی هوای مطبوع و یکنواختی را در فضاهای آموزشی ایجاد نمی کنند. در مقابل وضعیت ناهنجار موجود، پکیج های چگالشی که در حال حاضر مدرن ترین سیستم های گرمایشی به لحاظ اتلاف انرژی حداقل و ثبات و پایداری و یکنواختی در تولید گرمای لازم به کمک کنترل کننده های که این سیستم لحاظ شده، بهترین گزینه برای جایگزینی سیستم های سنتی و حل این مشکلات بوده و در مقابل راندمان حداکثری ۸۵ درصدی سیستم های سنتی دیگ چدنی و پکیج غیر چگالشی، با راندمانی با حداقل ۹۶ و حداکثر ۱۰۶ درصدی پاسخی برای دغدغه های موجود اهم از هدر رفتن و افت فشار گاز از جانب اداره گاز و استفاده مطبوع توسط دانش آموزان و همچنین هزینه پایین برای مدیران مدرسه و آموزش و پرورش می باشد.

۲- مبانی نظری

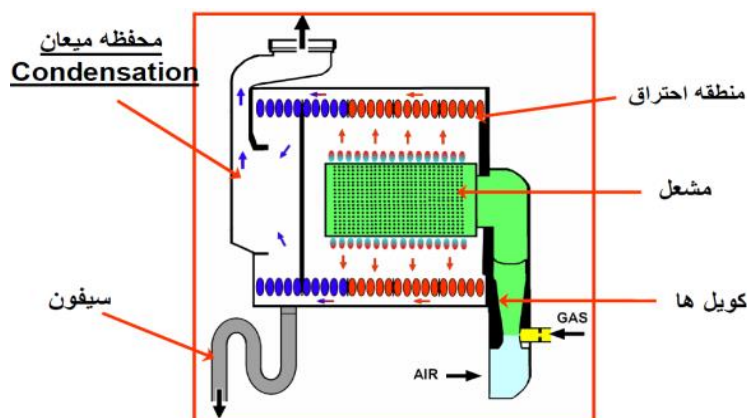
۲-۱- چگالش

در شرایطی که دمای بخار آب کمتر از دمای نقطه شبنم بخار آب موجود در محیط باشد چگالش صورت می گیرد ولی اگر بخواهیم این شرایط را به صورت خود خواسته ایجاد کنیم باید بخار آب را در گذر از یک فضای سرد و ایجاد انتقال حرارت چگالش کنیم و به صورت مایع برگردانیم.

۲-۲- دیگ چگالشی چگونه کار می کند؟

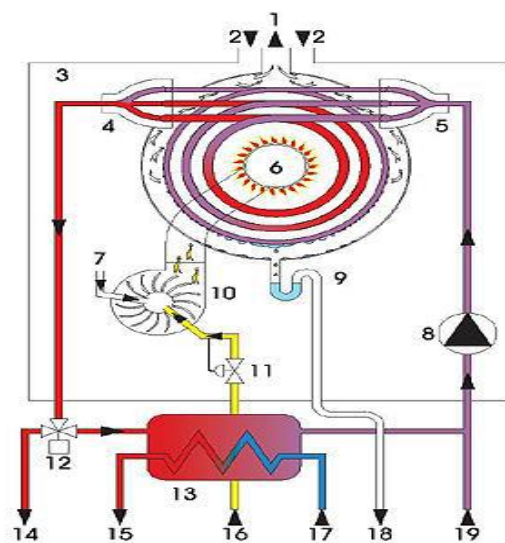
در یک دیگ معمولی، با احتراق سوخت گاز های داغ تولید میشود که با گذشتن از مبدل حرارتی بیشتر این انرژی به آب منتقل شده که باعث بالا رفتن دمای آب می شود. بخار آب یکی از گاز های داغ تولید شده در فرایند احتراق است که نتیجه ترکیب هیدروژن با اکسیژن می باشد. در دیگ های چگالشی (کندانسینگ)، حرارتی که توسط خروج گازهای داغ تلف می شود، جذب شده و بخار آب موجود با از دست دادن گرمای نهان تبخیر به آب مایع (یا به اصطلاح به کندانس) تبدیل می شود و این گرمای نهان نیز به آب داده می شود که این عمل اضافی می تواند بازدهی را تا ۱۰-۱۲٪ بالا ببرد. البته بازدهی فرایند های کندانس متفاوت است و بستگی به دمای آب برگشتی به دیگ دارد اما در شرایط برابر همیشه بازدهی دیگ های

چگالشی اگر بیشتر از دیگ های غیر چگالشی نباشد دست کم با آنها برابر است. کندانس تولید شده کمی اسیدی است بنابراین انتخاب مواد برای قسمت های که در معرض خوردگی هستند باید مناسب باشد. در دماهای بالا معمولاً از آلیاژهای آلومینیوم و استیل ضد زنگ استفاده می شود و فولاد و مس خراب میشوند (۸) ، در قسمت هایی با دمای پایین تر از پلاستیک هایی همچون پلی پروپیل استفاده می شود که باعث تاثیر در قیمت نهایی می شوند. کندانسه تولید شده مطابق شکل ۱ در مبدل چگالش گر باید به فاضلاب تخلیه شود. در حالت کلی برای نصب، این بخش تنها تفاوتی است که بین دیگ های چگالشی و غیرچگالشی وجود دارد.



شکل ۱. شماتیک ساده کندانسینگ

برای اینکه تولید دیگ های چگالشی اقتصادی و قابل مدیریت در نصب باشند، مبدل های داخلی در کوچک ترین سایز های فنی ممکن ساخته می شوند. این امر باعث تولید مبدل هایی با مقاومت بالا در طرف محفظه احتراق شده و از فن برای به حرکت در آوردن محصولات احتراق در مجراهای باریک استفاده می شود که استفاده از فن بخاطر خارج کردن گازهای خروجی الزامی می باشد چون گاز ها معمولاً تا دماهای زیر ۱۰۰ درجه سانتی گراد خنک می شوند و دیگر نیروی شناوری را برای خروج طبیعی از دودکش ندارند (۶).



شکل ۲. شماتیک یک پکیج چگالشی

۳-۲- راندمان

مقدار کل گرمای ایجادشده توسط پکیج متناسب با مقدار گاز سوخته شده می باشد.

(کار داده شده به دستگاه/کارانجام داده شده توسط دستگاه) = راندمان

قدرت اسمی(مقدار کل انرژی گاز سوخته شده توسط دستگاه)/قدرت خروجی(حرارت انتقال داده شده به آب) = راندمان

در پکیجهای سنتی درجه حرارت دود بالای 100°C می باشد و آب موجود در دود به حالت بخار بوده و لذا ارزش حرارتی گاز پایین می باشد(۷).

به عنوان مثال در یک پکیج سنتی با سوخت گاز طبیعی و قدرت خروجی $23/8 \text{ k/w}$ یا 20468 cal/hr با مصرف گاز $2/7 \text{ m}^3/\text{h}$

قدرت اسمی حرارت = ارزش حرارتی گاز * مصرف گاز

$$2/7 \times 8125 = 21937/5 \text{ kcal/hr}$$

$$\eta = E_{\text{out}}/E_{\text{in}}$$

$$\eta = 20468 \div 21937/5 = 93/3\%$$

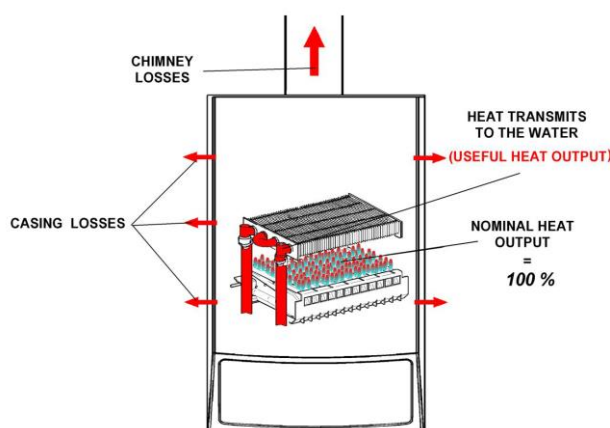
برای نشان دادن تفاوت بین راندمان پکیج های چگالشی و سنتی از محصولات حاصل از احتراق با ارزش حرارتی پایین استفاده می کنیم. همچنین برای یک پکیج چگالشی با قدرت خروجی $21/856 \text{ k/w}$ و مصرف گاز به مقدار $2/54 \text{ m}^3/\text{h}$

همانطور که مشاهده می شود میزان اختلاف بازده برای یک بویلر چگالشی قابل ملاحظه است.

شکل ۳ بخشهای مختلف خروج حرارت را در یک پکیج چگالشی نشان می دهد.

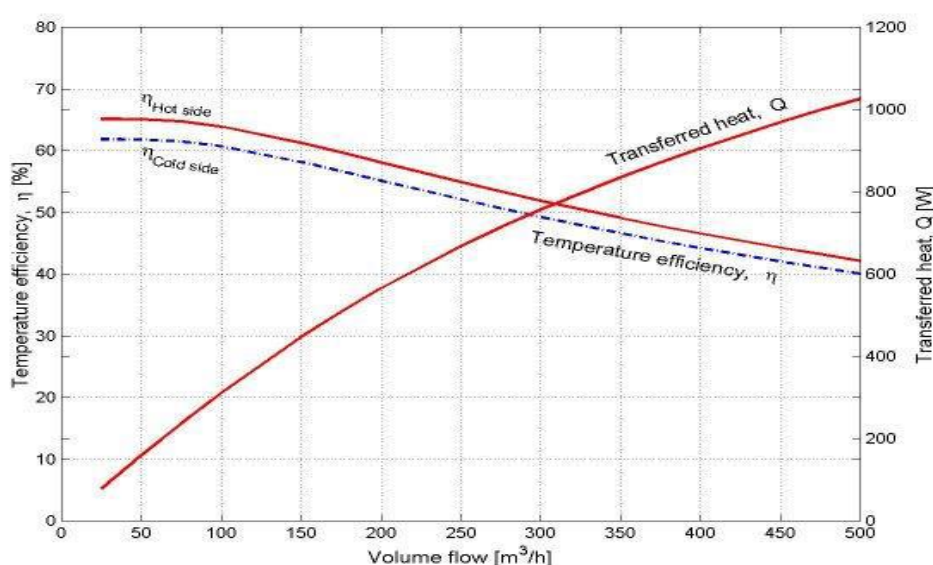
$$\eta = (21,856 \text{ kcal/h} / 20,619 \text{ kcal/h}) \times 100 = 106\%$$

شکل ۳. شماتیک اتلافات و بازدهی پکیج چگالشی



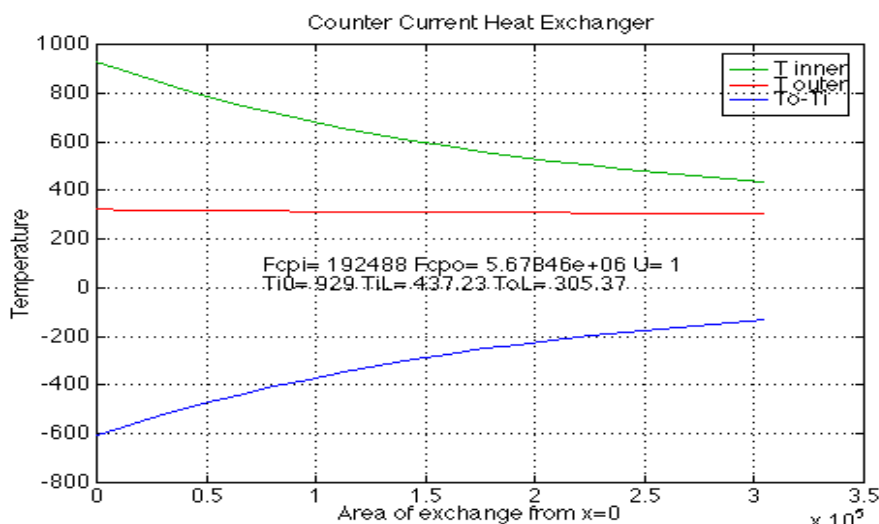
نمودار ۱ میزان تغییرات راندمان پکیج چگالشی را بر اساس تغییرات دبی سیال ورودی نشان می دهد (۱). بر اساس این نمودار با افزایش حجم سیال ورودی به پکیج، راندمان سیستم در مقایسه با گرمای گرفته شده کاهش می یابد. بنابراین برای تعیین بازدهی مناسب باید میزان دبی سیال ورودی به سیستم کنترل شود.

نمودار ۱. تغییرات راندمان بر اساس تغییرات دبی ورودی



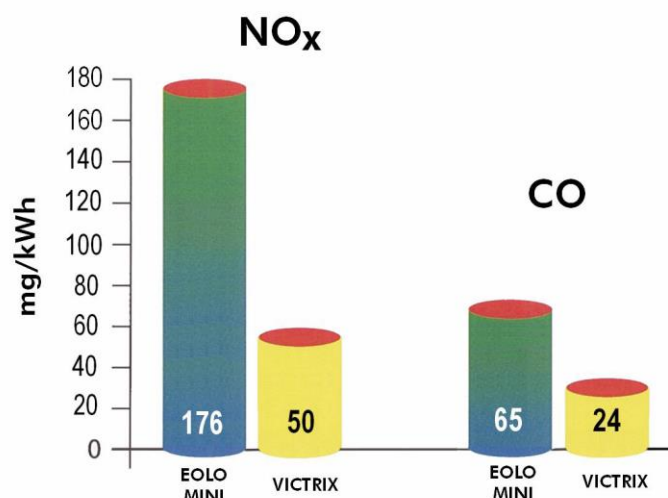
۵

نمودار ۲ اثر تغییرات سطح مبدل روی اختلاف دمای ایجا شده در سیال ورودی و خروجی را نشان میدهد (۲). مطابق این نمودار با افزایش سطح مبدل حرارتی بکار رفته در یک پکیج چگالشی، میزان تبادل حرارت بین سیال سرد و گرم افزایش می یابد. لذا دمای محصولات حاصل از احتراق به میزان مطلوبی کاهش یافته و به دنبال آن افزایش بازده را خواهیم داشت.



نمودار ۲. اثر تغییرات سطح مبدل روی اختلاف دمای ایجا شده در سیال ورودی و خروجی

میزان آلاینده های خروجی از سیستمهای گرمایشی امری غیر قابل اغماض و بسیار حائز اهمیت میباشد. نمودار ۳ مقایسه دو سیستم سنتی و پکیج های چگالشی را نشان می دهد (۳). بر اساس این نمودار میزان آلاینده های CO و NO_x خروجی از پکیج های چگالشی نسبت به پکیج های سنتی به مقدار قابل توجهی کمتر می باشند.



نمودار ۳. مقایسه ایجاد آلاینده گی

۳- مزایای تکنولوژی کاندنسینگ (چگالشی)

- از جمله مزایایی که برای پکیج های چگالشی نامبرد می توان به موارد زیر اشاره کرد:
- کاهش آلودگی محیط زیست به علت کاهش گازهای حاصل از فرایند احتراق
- مصرف انرژی مینیمم و در نتیجه بیشترین بازده ممکن (۱)
- قابلیت مدولاسیون و گرمایش مناطق حرارتی مختلف

۳-۱- توجیح ترمو اکونومیکی

از تاریخ ۱۳۸۹/۰۹/۲۸ در راستای هدفمند شدن یارانه ها تعرفه های گاز در هر استان و شهر متناسب با آب و هوای آن مکان محاسبه می گردد. در این راه استان های کشور به ۴ اقلیم آب و هوایی تقسیم بندی شده است که شهر اراک در اقلیم ۲ قرار دارد. مصرف میانگین گاز طبیعی در یک مدرسه ۳ کلاسه در هر ماه ۴۶۰ متر مکعب می باشد. بهای گاز مصرفی در سال ۱۳۹۳ مطابق جدول شماره ۱ محاسبه می شود. با توجه به قیمت گاز معادل ۹۳۵ ریال و مصرف میانگین ۴۶۰ متر مکعب در هر ماه هزینه کل معادل $460 \times 935 = 430100$ ریال برای پکیج های سنتی خواهیم داشت. حال اگر از سیستم های چگالشی استفاده کنیم و اختلاف راندمان ۱۱ درصدی را در مقدار فوق لحاظ کنیم صرفه جویی در حدود ۵۱ متر مکعب و مبلغی معادل $51 \times 935 = 47685$ ریال در فصل خواهیم داشت که می توان معادل ۱۴۳۰۵۵ هزار ریال در یک فصل صرف جویی مالی نمود و باتوجه به اختلاف قیمت ۳۰۰ هزار تومانی سیستم سنتی و چگالشی مورد استفاده در مدارس ۳ کلاسه علاوه بر مزیت های صرفه جویی در مصرف گاز که خدمتی ملی و انتقال سرمایه به آیندگان است در راستای جلوگیری از ورود گازهای آلاینده به محیط زیست که اقدامی بالارزش جهانی و بشری است و نیز کیفیت گرمایشی در ایجاد هوای مطبوع که موضوع اصلی می باشد، در طول حدود چهار سال اختلاف هزینه پرداختی از محل صرفه جویی بازگردانده میشود.

جدول ۱: راهنمای محاسبه گاز بهای مصرفی

تعرفه گاز طبیعی در سال ۱۳۹۳ در بخشهای صنعتی، عمومی و سایر

نوع مصرف	گازبها، در ۷ ماهه گرم سال به ازای هر متر مکعب (ریال)	گازبها، در ۵ ماهه سرد سال به ازای هر متر مکعب (ریال)
نیروگاه		
صنعتی	پتروشیمی	۲۶۵۰
	فولاد	۱۳۲۰
	کشاورزی و دامپروری	۱۱۵۰
	سایر صنایع	۱۰۰۰
عمومی	تجاری عادی	۱۳۰۰
	تجاری عمومی (دولتی)	۲۶۰۰
	نانوایی و گرمابه	۹۱۰
سایر	آموزشی	۸۰۵
	ورزشی	۸۰۵
	مذهبی	۸۰۵
	خیریه	۸۰۵

علاوه بر نرخهای فوق، براساس بند (ح) تبصره ۲ ماده واحده قانون بودجه سال ۱۳۹۳ مبلغ ۱۳۰ ریال به ازای هر مترمکعب گاز طبیعی دریافت می گردد.

مجموع هزینه صرفه جویی انرژی را که در نتیجه استفاده از سیستم گرمایش پکیج چگالشی حاصل می شود توسط رابطه زیر بیان می کنیم.

$$C_f = E_w C_E PWF$$

(C_E) هزینه گاز مصرفی، (E_w) مجموع اتلاف انرژی برای یک سیستم گرم کننده و (PWF) ضریبی است که اثر افزایش میزان قیمت انرژی را در طول مدتی مشخص در نظر می گیرد. با توجه به نرخ افزایش قیمت گاز مقدار (PWF) توسط رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$PWE = \frac{1}{IR} \left[1 - \frac{1}{(1 + IR)^N} \right] \quad (8)$$

که (IR) درصد افزایش قیمت سالانه گاز می باشد. از تفاضل میزان صرفه جویی در مصرف گاز به وسیله سیستم پکیج چگالشی و ما به التفاوت قیمت سیستم های چگالشی با سیستم های سنتی می توان میزان صرفه جویی در هزینه کلی پرداخت قبوض گاز در مدت زمان ۴ سال عمر مفید از سیستم پکیج چگالشی به دست آورد.

۴. نتیجه گیری

در مطالعه ترمو اکونومیک انجام شده جهت استفاده از بویلر های چگالشی در مدارس استان مرکزی با در نظر داشتن این استان در اقلیم ۲ باتوجه به اختلاف قیمت ۳۰۰ هزار تومانی سیستم سنتی و چگالشی در مدارس ۳ کلاس، علاوه بر مزیت صرفه جویی در مصرف گاز که خدمتی ملی و انتقال سرمایه به آیندگان است، در ایجاد هوای مطبوع، راندمان بالا و همچنین با کاهش دادن گازهای خروجی و چگالش آنها و پایین آوردن دمای این گازها در راستای جلوگیری از ورود گازهای آلاینده به محیط زیست که اقدامی باارزش جهانی و بشری است بسیار مفید واقع شده است. نتایج حاکی از آن است که بر اساس بازدهی بالای این سیستم در طول حدود چهار سال اختلاف هزینه پرداختی از محل صرفه جویی بازگردانده میشود.

۵. منابع

- ۱- واحد نظارت و طراحی تاسیسات مکانیکی نوسازی مدارس استان مرکزی
- ۲- واحد شناسنامه نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس استان مرکزی
- ۳- www.Minagar.Ir شرکت طراحی و ساخت میناگر ایران
- ۴- Field AA. Reclaiming latent heat in flue gases. Heating, Piping Air Condition ۱۹۷۴; ۴۶(۱۱): ۸۵-۷.
- ۵- Shook JR. Recover heat from flue gas. Chem Eng Progr ۱۹۹۱; ۸۷(۶): ۴۹-۵۴.
- ۶- Sonntag, Borgnakke, V. Wylen. Fundamentals of Thermodynamics, ۵th Edition.

۷- McNair HP, Shiret AR. Factors that influence the annual efficiency of domestic wet central heating systems. Gas Eng Mgmt ۱۹۸۵;۲۵(۳):۹۰-۳
۸-<http://www.wolf-heiztechnik.ir/>