مقاله

اثر بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها بر سیستم

عرضه‌وتقاضای‌انرژی‌کشور

مهدی‌شاهرودی

چکیده:

روند افزایش بی رویه مصرف انرژی کشـور طی سال‌های اخیر ضرورت کنترل مصرف از طریق اتخاذ سیاسـت بهینه‌سـازی مصرف انرژی در زیر بخش‌های عمده متقاضی انرژی را ضروری می‌نماید. بررسی مصرف نهایی انرژی کشور در بخش‌های خانگی-تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی، رشد متوسط سالیانه معادل ۵/۵درصد را طی سال‌های ۱۳۷٤ تا ۱۳۸۳ نشان می‌دهد. در این میان، بخش خانگی-تجاری با سهم ٤۳درصد از کل مصرف، بیشترین میزان مصرف انرژی را طی دوره مذکور دارا بوده است و بخش‌های حمل و نقل و صنعت با ۲۹درصد و ۲۲/٦درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. حجم بالای مصرف انرژی در بخش خانگی-تجاری، تغییرات عمده فصلی تقاضای گاز و برق در این بخش و پتانسـیل بالای صرفه جویی انرژی در آن، این بخش را جزء اولویت‌های اجرای پروژه بهینه‌سـازی مصرف انرژی در کشور قرار می‌دهد.

در این مقاله ضمن مرور میزان تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی- تجاری در ماه‌های مختلف سال و مشکلات پیش روی سیستم عرضه گاز ناشی از افزایش حدود ۵ برابری مصرف گاز این بخش در فصل سرد سال نسبت به فصل گرم. پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و اثرات آن بر سیستم عرضه گاز و برق کشور و بهبود شرایط آسایشی بخش خانگی- تجاری مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی فنی و اقتصادی قرار می‌گیرد و راهکارهای اجرائی آن در بلند مدت ارائه می‌گردد. ملاحظه می‌شود که کاهش ظرفیت سازی جهت عرضه و انتقال انرژی (گاز و برق) ناشی از کاهش بار پیک گرمایشی و سرمایشی در ساختمان‌ها، در نتیجه اجرای پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و صرفه‌جویی مالی حاصله می‌تواند بخش عمده‌ای از هزینه سرمایه‌گذاری پروژه را تأمین کند و در صورت تأمین باقیمانده هزینه‌ها توسط مصرف‌کننده (در قبال افزایش شرایط آسایشی و کاهش هزینه‌های انرژی خانوار)، اجرای پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها از نظر اقتصادی توجیه پذیر است.

کلمات کلیدی: ظرفیت‌سازی عرضه و انتقال انرژی، تقاضای انرژی بخش خانگی-تجـاری، ارزیابی فنی و اقتصادی ، بهینه‌سـازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها، کاهش بار پیک گرمایشی و سرمایشی.

مقدمه:

بخش‌های مصرف‌کننده نهایی انرژی شامل خانگی-تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی می باشند که مصرف آنها رشد متوسط سالیانه ۵/۵درصد را طی سال‌های ۱۳۷٤ تا ۱۳۸۳ تجربه کرده است. بخش خانگی-تجاری با میانگین رشد مصرف سالیانه ٦/۷٦درصد و سهم ٤۳درصد از کل مصرف، بزرگترین حجم مصرف انرژی را دارا می‌باشد و بخش حمل و نقل با میانگین رشد سالیانه ۷/۲۱درصد و سهم ۲۹ درصد و بخش صنعت با میانگین رشد سالیانه ۲/۸۵درصد و سهم ۲۲/٦درصد از نظر میزان مصرف انرژی طی دوره مذکور در رتبه‌های بعدی قرار دارند (جدول و نمودار۱).

مزیت‌های گاز طبیعی نسبت به سایر حامل‌ها موجب شده است که این حامل در حال حاضر بیش از ۵۰ درصد مصرف انرژی را به خود اختصاص دهد و با توجه به منابع غنی گاز و برنامه های توسعه میدان مشترک گازی مشترک پارس جنوبی، پیش‌بینی می‌شود که سهم آن در سبد انرژی کشور طی سال‌های آینده افزایش چشم‌گیری داشته باشد. بخش‌های خانگی- تجاری، صنایع، نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها در سال ۱۳۸۳ حدود ٦۵/۷ درصد از تقاضای انرژی بوسیله گاز طبیعی تامین گردیده است. صنایع، نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها دارای مصرف انرژی تقریباً ثابتی در سال هستند، ولی میزان تقاضای زیربخش خانگی-تجاری بصورت فصلی بوده و تغییرات زیادی را طی ماههای سال نشان می‌دهد، لذا در صورت ظرفیت‌سازی عرضه گاز جهت تامین تقاضای این بخش بر اساس حداکثر میزان مصرف، بخش اعظمی از ظرفیت عرضه گاز نصب شده عملاً در تابستان بلااستفاده خواهد ماند که از نظر اقتصادی توجیه پذیر نمی باشد. و چنانچه ظرفیت‌سازی عرضه گاز بر اساس میانگین تقاضای سالیانه صورت می‌پذیرد نتیجه آن کاهش فشار گاز در نواحی انتهایی خطوط لوله سراسری و قطع گاز در سردترین روزهای سال در این مناطق می‌باشد. این امر همچنین در مواردی موجب تغییر سوخت مصرفی نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها از گاز به سوخت مایع شده و با قطع جریان گاز خوراک واحدهای پتروشیمی، تداوم تولید در این واحدها را با مشکل مواجه می‌سازد.

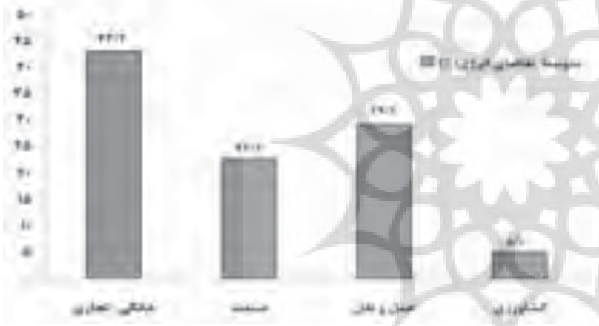
نتیجه تحقیقات و شبیه سازی انجام شده نشان می‌دهد که کاهش حدود ۱۰درصد مصرف گاز در بخش خانگی-تجاری در سال۱۳۸۵ معادل ظرفیت تولید یک فاز پارس جنوبی (۲۵ میلیون مترمکعب درروز) می‌باشد. لذا از آنجا که بر اساس نظر کارشناسان، پتانسیل صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی به میزان سالانه ٤۰ الی ٦۰ درصد در بخش خانگی-تجاری کشور وجود دارد، بهینه‌سازی مصرف انرژی در این بخش از مهمترین راهکارهای پیشگیری از بحران انرژی در فصل سرد سال و جلوگیری از تبعات منفی اقتصادی آن است که اتخاذ تدابیر لازم در خصوص اجرایی شدن آن در بلند مدت از سوی دست اندرکاران انرژی کشور ضرورت دارد.

بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها

الف- شرح مختصر

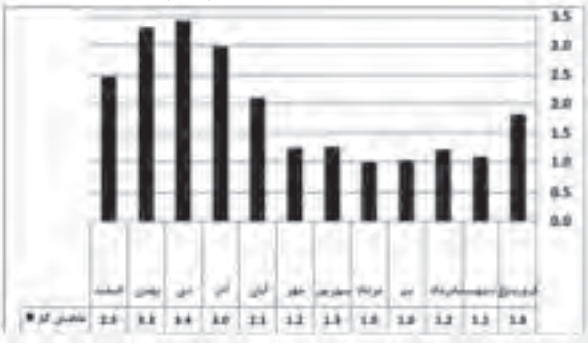
ساختمان، مکانی برای سکونت، کار و سایر فعالیت‌های انسان می‌باشد و کنترل دمای آن در حد مطلوب جهت تأمین شرایط آسایشی و افزایش راندمان فعالیت‌ها ضروری است. محیط اطراف ساختمان‌ها بر اساس شرایط آب و هوایی در فصول مختلف تغییرات دمایی زیادی دارند. بار گرمایشی و سرمایشی جهت کنترل دمای ساختمان مورد نیاز است. بر اساس آمارهای منتشره توسط DOE آمریکا، بار گرمایشی و سرمایشی حدود ٤٤درصد از انرژی مصرفی در ساختمان‌ها در آمریکا را تشکیل می دهد، که با توجه به غیر بهینه بودن مصرف انرژی در ساختمان‌ها در ایران، احتمالاً میزان این پارامتر در مورد کشور ما بسیار بیشترخواهد بود.

نمودار۱-متوسط سهم هریک از بخش‌ها در مصرف نهایی انرژی کشور طی سال های ۱۳۸۳-۱۳۷٤



نمودار۲-متوسط تغییر نسبی تقاضای گاز بخش خانگی کل کشور درماه های مختلف سال(وضعیت موجود)

نمودار۳-متوسط تغییر نسبی تقاضای گاز بخش خانگی کل کشور درماه های مختلف سال(اعمال بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها)



مقاله

جدول۱- مصرف نهایی انرژی کشور طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۷٤

واحد: میلیون بشکه معادل نفت خام

سال	خانگی-تجاری	صنعت	حمل و نقل	کشاورزی	جمع کل
۱۳۷٤	۲۱۳	۹/۱۳۰	۱٤۱ /۹	۳۰ /۹	۵۱٦ /۷
۱۳۷۸	۲۵۱ /۷	۱۳۰ /۱	۱۷۰ /۳	۳۰ /۳	۵۸۲ /٤
۱۳۷۹	۲۷۰ /۹	۱۳۲ /٦	۱۸۳ /٤	۳۰ /۸	٦۱۷ /۷
۱۳۸۳	۳٤۲ /۵	۱٦٤ /۵	۲۳٤	۳۲ /۲	۷۷۳ /۲
میانگین رشد سالانه(درصد)	٦ /۷٦	۲ /۸۵	۷ /۲۱	۰ /٤۷	۵ /۵۲
سهم از کل مصرف(درصد)	٤۳ /۱۵	۲۲ /٦۰	۲۹ /۱٦	۵ /۰۸	۱۰۰

جدول۲- اتلاف و نفوذ گرما از اجزای ساختمان (درصد)

جهت انتقال گرما	فصل گرم(تابستان)	فصل سرد(زمستان)
	از بیرون به داخل(نفوذ گرما)	از داخل به بیرون(اتلاف گرما)
	درصد انتقال انرژی از اجزای ساختمان	
۱ - سقف	۳۵ - ۲۵	۳۵ - ۲۵
۲ - کف	-	۲۰ - ۱۰
۳ - دیوارها	۲۵ - ۱۵	۲۵ - ۱۵
٤ - پنجره‌ها	۳۵ - ۲۵	۲۰ - ۱۰
۵ - جابجایی هوا از منافذ	۱۵ - ۵	۲۵ - ۱۵

جدول۳- پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها در نتیجه اعمالروش‌های بهینه سازی مصرف انرژی

ردیف	نحوه اتلاف انرژی	طریقه جلوگیری	صرفه جویی انرژی(درصد)
۱	تبادل حرارت از طریق پوشش ساختمان	افزایش مقاومت حرارتی(عایقکاری و نصب پنجره دو جداره)	٤۰ - ۳۰
۲	جابجایی هوا از طریق منافذ	کاهش سطح منافذ ساختمان	۲۰ - ۱۰
	مجموع		٦۰ - ٤۰

جدول٤- منافع و هزینه‌های پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها

عنوان	واحد	مقدار	مبلغ(میلیارد دلار)
منافع اقتصادی: الف- کاهش ظرفیت عرضه و انتقال گاز	میلیون متر مکعب/ روز	۹٤ /۸	۷ /۵۸
ب- کاهش ظرفیت عرضه و انتقال برق	مگا وات	٤۷۰۰	۱/ ۸۷
ج- کاهش سالانه مصرف گاز	میلیارد متر مکعب	۱۳ /۷۲	۲ /۷٤
د- کاهش سالانه مصرف برق(*)	مگا وات ساعت	-	-
هزینه‌های پروژه: هر- بهینه سازی مصرف انرژی	میلیون خانوار	۱۱ /۷	۱۱-۷/

بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها علاوه بر کاستن از فشار مضاعف بر سیستم عرضه گاز طبیعی کشور از طریق کاهش میزان مصرف گاز طبیعی خانوار در فصل سرد سال، در افزایش شرایط آسایشی از طریق گرمایش مطبوع محل سکونت با مصرف انرژی و هزینه کمتر موثر خواهد بود.

کاهش بار سرمایشی مورد نیاز بخش خانگی- تجاری در فصل تابستان از دیگر اثرات مثبت بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌باشد و از آنجا که نیاز سرمایشی خانوار از طریق شبکه برق سراسری تامین می‌گردد، اجرای این امر علاوه بر افزایش شرایط آسایشی خانوار در فصل گرما در نتیجه سرمایش مطبوع محل سکونت با مصرف انرژی و هزینه کمتر، موجب پیک‌سائی مصرف برق کشور در تابستان شده و از فشار مضاعف بر شبکه عرضه و انتقال سراسری برق در گرم ترین فصل سال خواهد کاست.

بدیهی است بخشی از هزینه سرمایه‌گذاری در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها بایستی توسط مصرف کننده در قبال افزایش رفاه در فصول گرم و سرد و کاهش مصرف انرژی (بار گرمایشی و سرمایشی) تقبل گردد تا بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها از نظر اقتصادی مقبولیت بیشتری داشته باشد.

ب- بیان مسئله

تبادل انرژی میان فضای داخلی و محیط اطراف ساختمان مسأله اصلی است. در تابستان، دمای فضای داخلی ساختمان بایستی سردتر از محیط خارج نگه داشته شود که این موجب جریان یافتن انرژی گرمایی محیط اطراف به سمت داخل ساختمان می‌شود (نفوذ گرما) و تأمین مداوم بار سرمایشی جهت سرد نگه داشتن فضای داخلی در حد استاندارد آسایشی ضرورت دارد. در زمستان، دمای فضای داخلی ساختمان بایستی گرمتر از محیط خارج نگه داشته شود که این نیز جریان یافتن انرژی گرمایی ساختمان به محیط اطراف را در پی خواهد داشت (اتلاف گرما) و تأمین مداوم بار گرمایشی جهت گرم نگه داشتن فضای ساختمان در حد قابل قبول آسایشی لازم است.

در حالت کلی، تبادل حرارت میان قسمت داخلی ساختمان و فضای اطراف توسط دو عامل زیر صورت می‌پذیرد:

۱ -پوشش ساختمان شامل سقف، کف، دیوارها، در و پنجره‌ها

۲ - تبادل هوای گرم و سرد از طریق منافذ ساختمان نظیر منافذ در و پنجره‌ها، باز و بسته شدن در و پنجره‌ها و سایر منافذ نظیر دریچه کولر و .... .

عایق‌کاری پوشش ساختمان نظیر سقف، کف، دیوارها و استفاده از پنجره‌های دو جداره از جمله راهکارهای کاهش اتلاف انرژی ناشی از عامل اول و بستن منافذ ساختمان، استفاده از درزگیرهای در و پنجره و نصب فنر بر روی درهای ورودی به منظور کاهش نفوذ هوا به داخل ساختمان راه کار کاهش اتلاف انرژی ناشی از عامل دوم است. جدول شماره ۲ درصد انتقال گرما میان فضای داخلی و محیط اطراف ساختمان را به تفکیک اجزای آن در فصول گرم و سرد سال نشان می دهد.

ج- معادلات حاکم

ج-۱- پوسته ساختمان: پوسته ساختمان به عنوان حد فاصل و مبادله‌گر حرارت میان فضای داخلی و خارجی ساختمان مطرح می باشد میزان تبادل گرما با استفاده از معادله شماره ۱ محاسبه می شود:

$$Q_1 = U * A * dT$$ معادله(۱)

که در آن A سطح کلی پوسته ساختمان، dT اختلاف دمای فضای داخل و خارج و U ضریب انتقال حرارت کلی ساختمان، وابسته به جنس و نحوه پوشش ساختمان و Q_1 میزان تبادل گرما از پوسته ساختمان ناشی از اختلاف دمای فضای داخل و خارج است. عایقکاری پوسته و نصب پنجره دو جداره موجب کاهش U(ضریب انتقال حرارت کلی) می‌شود که برحسب میزان و جنس عایقکاری می‌توان از این طریق بین ۳۰ الی ۴۰ درصد در مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان صرفه‌جویی نمود.

ج-۲- جابجایی هوا از منافذ: اختلاف دمای هوای داخل و خارج ساختمان باعث جابجایی هوای گرم به ناحیه سرد و جایگزینی آن با هوای سرد از طریق منافذ ساختمان می‌شود. اگرچه جریان هوا در ساختمان موجب سالم‌سازی هوای تنفسی می شود، ولی میزان بیش از حد آن عملاً موجب اتلاف انرژی و افزایش بار سرمایشی و گرمایشی در فصول گرم و سرد سال می‌گردد.

میزان جابجایی هوا از منافذ با معادله شماره ۲ محاسبه می‌شود:

معادله(۲) $I=Al*B(v,c,dT)$

که در آن Al سطح کل منافذ ساختمان و B ضریبی وابسته به سرعت باد(v)، اختلاف دمای فضای داخل و خارج (dT) و ضریب ثابت c و I میزان جابجایی هوا از منافذ ساختمان است. لذا اتلاف انرژی از این طریق با معادله شماره ۳ محاسبه می‌شود:

معادله(۳) $Q_2=I*r*Cp*dT$

که در آن Cp و r ظرفیت گرمایی ویژه و چگالی متوسط هوا و Q_2 اتلاف انرژی ساختمان از طریق جابجایی هوا از منافذ آن است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که با کاهش سطح منافذ ساختمان‌ها تا حد استاندارد از طریق درزگیری در و پنجره‌ها، نصب فنر بر روی درهای ورودی و مسدود نمودن سایر منافذ، صرفه‌جویی انرژی حاصله ناشی از کاهش بار سرمایشی و گرمایشی بین ۱۰ الی ۲۰ درصد خواهد بود.

ج-۳- کل صرفه‌جویی در نتیجه اعمال روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی: بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها شامل صرفه‌جویی انرژی ناشی از عایقکاری پوسته ساختمان و نصب پنجره دو جداره(Q_1) و صرفه‌جویی انرژی ناشی از کاهش سطح منافذ ساختمان‌ها و جلوگیری از جابجایی هوای آن با فضای اطراف (Q_2) است. لذا کل صرفه‌جویی انرژی در نتیجه اعمال روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها از معادله شماره ٤ محاسبه می‌گردد:

معادله(٤) $Q=Q_1+Q_2$

که در آن Q کل صرفه‌جویی انرژی در نتیجه اعمال روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها است که براساس مناطق مختلف آب و هوایی متفاوت بوده و میزان آن می‌تواند بین ٤٠ الی ٦٠ درصد باشد و جدول شماره۳ پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها در نتیجه اعمال روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی را نشان می‌دهد.

د- ارزیابی فنی و اقتصادی بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها:

د-۱: شرح مختصر: ضمانت اجرایی هر پروژه اقتصادی بودن آن است که با توجه به قیمت ناچیز حامل‌های انرژی در مقایسه با سایر کشورها ، اجرای پروژه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ایران از نظر مصرف‌کننده نهایی کاملاً غیر اقتصادی بوده و آنها هیچ گونه تمایلی به بهینه سازی مصرف انرژی جهت کاهش مصرف خود ندارند. لذا علی رغم وجود متخصصان کارآشنا در این زمینه و مشکلاتی که در نقاط پیک مصرف در نتیجه مصرف بی رویه و غیر بهینه انرژی بر سیستم انرژی کشور تحمیل می شود، اجرای پروژه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی عملاً راکد است.

چنانچه ظرفیت‌سازی عرضه گاز بر اساس میانگین تقاضای سالیانه صورت می‌پذیرد نتیجه آن کاهش فشار گاز در نواحی انتهایی خطوط لوله سراسری و قطع گاز در سردترین روزهای سال در این مناطق می‌باشد

افزایش تقاضای گاز در بخش خانگی-تجاری در استان‌های مختلف کشورحدود ۵ الی ۷ برابر تقاضای فصل تابستان طی سال‌های اخیر بوده‌است

راه حل‌های ارائه شده در زمینه ایجاد انگیزه جهت کاهش مصرف انرژی عبارتند از:

الف- واقعی نمودن قیمت حامل‌های انرژی

ب- اعمال قوانین سخت گیرانه در خصوص بهینه و استاندارد سازی مصرف انرژی ، که با وجود انجام اقدامات انجام شده در این زمینه به دلیل غیر اقتصادی بودن از نظر مصرف کنندگان نهایی تا کنون اجرائی نشده و عملاً نتوانسته است بر روند صعودی و مهارنشدنی مصرف انرژی کشور غلبه نماید.

افزایش تقاضای گاز در بخش خانگی-تجاری در استان‌های مختلف کشور تا حدود ۵ الی ۷ برابر تقاضای فصل تابستان طی سال‌های اخیر گزارش شده است. نمودار شماره۲ میانگین تغییر نسبی تقاضای بخش خانگی-تجاری کل کشور در ماه‌های مختلف سال را نشان می‌دهد که در آن حداکثر مقدار افزایش تقاضای پیک این بخش (در دیماه) معادل۵/۷ برابر بار پایه سالیانه(در مردادماه) می‌باشد.

بار پیک مصرف برق نیز در تابستان بروز می‌کند که تقاضای بار سرمایشی در فصل گرم سال از جمله مهمترین دلایل آن می‌باشد.

نمودار۲- متوسط تغییر نسبی تقاضای گاز بخش خانگی کل کشور

مقاله

در ماه‌های مختلف سال(وضعیت موجود)

لذا بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها با کاستن از تقاضای برق و گاز در نقاط پیک سالیانه، علاوه بر صرفه جویی در مصرف انرژی موجب کاهش سرمایه‌گذاری برای ظرفیت‌سازی عرضه در ادامه ارزیابی فنی- اقتصادی پروژه بر این اساس انجام می‌شود.

د-۲ محاسبات کاهش ظرفیت عرضه و انتقال گاز : محاسبه کاهش ظرفیت عرضه و انتقال گاز در نتیجه اعمال بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها از معادله شماره ۵ بدست می‌آید:

معادله(۵) $dC = Dp * Rec$

که در آن Dp تقاضای پیک گاز بخش خانگی-تجاری در فصل سرد، Rec درصد صرفه جویی انرژی در نتیجه اعمال بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و dC کاهش ظرفیت عرضه و انتقال گاز ناشی از اجرای پروژه بهینه‌سازی می‌باشد. Dp خود از حاصل ضرب متوسط تقاضای پیک گاز خانوار اختصاصی به گرمایش ساختمان در تعداد مصرف‌کنندگان گاز بخش خانگی بوسیله معادله شماره۶ محاسبه می شود.

معادله(۶)

$$D_p = N * D_{ave}$$

که در آن D_{ave} متوسط تقاضای پیک گاز خانوار و N تعداد مصرف کنندگان گاز بخش خانگی است.

د-۳ محاسبات کاهش سالانه مصرف گاز: کاهش سالانه مصرف گاز کل کشور با معادله شماره۷ محاسبه می‌شود:

معادله(۷) $dDy = \Sigma D(i) * Rec$

که در آن D(i) تقاضای گاز ماه سرد iام اختصاص یافته به گرمایش ساختمان و dDy کاهش تقاضای سالانه گاز کل کشور ناشی از اجرای پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌باشد.

د-۴ نتیجه اعمال روش‌های بهینه سازی مصرف انرژی: بر اساس معادلات فوق و نتیجه شبیه‌سازی انجام شده، با فرض اعمال اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی در زمان احداث ساختمان‌های محل سکونت خانوارهای گازرسانی شده کشور تا پایان سال ۱۳۸۴با احتساب ۱۱/۷ میلیون خانوار تحت پوشش سیستم گازرسانی تا ابتدای سال ۱۳۸۵و با در نظر گرفتن ۴۰درصد کاهش بار گرمایشی (حداقل) در نقاط پیک تقاضا از سال۱۳۸۵ تا پایان دوره بهره‌برداری از ساختمان، میزان کاهش تقاضای پیک گاز در بخش خانگی-تجاری در دی‌ماه حدود ۹۴/۸ میلیون متر مکعب در روز و صرفه‌جویی سالانه گاز حدود ۱۳/۷۲ میلیارد متر مکعب خواهد بود.

اثر اعمال روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی (مورد اشاره در قسمت الف و فرموله شده توسط معادلات بخش‌های د-۲ و د-۳ فوق) بر کاهش میزان تقاضای انرژی ماه‌های سرد سال و ایجاد تعادل در سیستم عرضه گاز کشور (از طریق کاهش فاصله میان تقاضای پیک و پایه) در نمودار شماره۳ نشان داده شده است، که شامل کاهش پیک تقاضای سالیانه گاز کل کشور از ۵/۷ برابر در وضعیت موجود به ۳/۴۳ برابر تقاضای پایه سالیانه در حالت بهینه شبیه‌سازی شده می‌باشد.

بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها همچنین می‌تواند سبب کاهش مقدار پیک بار سرمایشی مورد نیاز ساختمان در فصل گرم سال گردد که کاهش مصرف بار الکتریکی مورد نیاز را در پی خواهد داشت. لذا با احتساب بار الکتریکی مورد نیاز خانوار جهت سرمایش معادل ۱۰۰۰ وات و ۴۰درصد کاهش آن در نقطه پیک در نتیجه اعمال روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها، کاهش تقاضای پیک برق خانوارهای گازرسانی شده مذکور حدود ۴۷۰۰ مگاوات خواهد بود که به معنی کاهش ظرفیت‌سازی عرضه و انتقال برق اختصاصی به بخش خانگی به همین میزان می‌باشد.

نتیجه تحقیقات و شبیه سازی انجام شده نشان می‌دهد که کاهش حدود ۱۰درصد مصرف گاز در بخش خانگی-تجاری در سال۱۳۸۵ معادل ظرفیت تولید یک فاز پارس جنوبی (۲۵ میلیون مترمکعب درروز) می‌باشد

صرفه‌جویی قابل توجه در مصرف سالیانه برق زیر بخش خانگی ناشی از کاهش بار سرمایشی مورد نیاز و صرفه‌جویی مالی مربوطه از دیگر اثرات مثبت اعمال روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها است که به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات دقیق در این خصوص در این مبحث از آن صرف نظر شده است.

د-۵ ارزیابی منافع و هزینه‌های اقتصادی اعمال روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی: با احتساب هزینه ظرفیت‌سازی انتقال گاز معادل ۸۰ هزار دلار بر میلیون مترمکعب در روز، هزینه ظرفیت‌سازی عرضه و انتقال برق معادل ۴۰۰ دلار بر کیلووات، قیمت گاز شیرین معادل۰/۲دلار بر متر مکعب و هزینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای مسکونی در دست احداث معادل۱۰۰۰دلار برخانوار به قیمت پایه سال۱۳۸۵، ارزیابی منافع و هزینه‌های اقتصادی پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها در جدول۴ آمده است.

مبالغ ۷/۵۸ و ۱/۸۷ میلیارد دلار در جدول۴ فوق، صرفه‌جویی حاصل از کاهش سرمایه‌گذاری جهت احداث ظرفیت عرضه و انتقال گاز و برق در نتیجه اجرای پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی به قیمت سال پایه ۱۳۸۵ می‌باشد. لذا هزینه سرمایه‌گذاری خالص پروژه معادل ۲/۳۴ میلیارد دلار بوده و با توجه به نحوه تأمین آن، بررسی اقتصادی بر اساس دو گزینه زیر انجام می‌شود:

گزینه۱- سرمایه‌گذاری۱۰۰درصد پروژه توسط دولت: در این گزینه سرمایه‌گذاری خالص ۲/۳۴ میلیارد دلاری پروژه به قیمت سال پایه

(سال ۱۳۸۵) توسط دولت تأمین می‌شود و با در نظر گرفتن درآمد ناشی از کاهش سالیانه مصرف گاز معادل ۲/۷٤ میلیارد دلار در نتیجه اجرای پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی (گزینه ج- جدول٤)، بازگشت سرمایه پروژه کمتر از یک‌سال خواهد بود. همچنین با فرض افزایش قیمت نفت‌خام متناسب با نرخ تنزیل سالیانه و در نظر گرفتن ۳۰ سال بهره‌برداری از پروژه، کل صرفه‌جویی ناشی از کاهش سالانه مصرف گاز در دوره بهره‌برداری معادل ۸۲/۳ میلیارد دلار به قیمت پایه سال ۱۳۸۵و ارزش خالص فعلی(NPV) آن معادل ۷۹/۹۵ میلیارد دلار خواهد بود.

گزینه۲- سهیم شدن مصرف کننده در سرمایه‌گذاری پروژه: اجرای پروژه سبب افزایش شرایط آسایشی خانوار در فصول گرم و سرد سال در نتیجه سرمایش و گرمایش مطلوب و کاهش هزینه‌های مصرف انرژی (برق و گاز) آنها خواهد شد. لذا در صورتی که سرمایه‌گذاری خالص۲/۳٤ میلیارد دلاری پروژه توسط مصرف‌کنندگان خانگی تأمین گردد (معادل۲۰درصد هزینه اجرای پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها (گزینه ه - جدول٤)- سهم هر خانوار معادل۲۰۰دلار)، تأمین مالی پروژه بدون احتساب درآمد ناشی از کاهش سالانه مصرف گاز صورت خواهد پذیرفت و با اعمال فرضیات گزینه۱، کل صرفه‌جویی ناشی از کاهش سالانه مصرف گاز طی ۳۰ سال دوره بهره‌برداری معادل ۸۲/۳ میلیارد دلار به قیمت پایه سال ۱۳۸۵ (پیوست-۳) و ارزش خالص فعلی(NPV) پروژه نیز به همین میزان خواهد بود.

د-۵-۱ عمده ترین منافع اقتصادی ناشی از اجرای پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها:

۱ - صرفه جویی مالی ناشی از کاهش سالانه مصرف گاز معادل ۱۳/۷۲ میلیارد متر مکعب با احتساب قیمت گاز شیرین معادل ۰/۲ دلار بر متر مکعب، طی ۳۰ سال دوره بهره‌برداری برابر ۸۲/۳ میلیارد دلاربه قیمت پایه سال ۱۳۸۵

۲ - صرفه‌جویی مالی ناشی از کاهش سالانه مصرف برق در ساختمان‌ها و کل مبلغ حاصله طی ۳۰ سال دوره بهره‌برداری که به دلیل نبود اطلاعات دقیق در محاسبات منظور نگردیده است، ولیکن بایستی به عنوان یکی از عوامل مثبت در افزایش جذابیت اقتصادی پروژه منظور شود.

۳ - ایجاد ثبات در سیستم عرضه انرژی کشور از طریق کاهش فاصله میان بار پایه و پیک سالیانه و بهبود شرایط آسایشی جامعه که در تأمین گاز مطمئن واحدهای صنعتی و نیروگاه‌ها در طول سال و افزایش جذابیت اقتصادی پروژه اثر قابل توجهی دارد.

٤ - بخش خانگی و تجاری در رتبه نخست انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن قرار دارد به نحوی که در سال ۱۳۸۳حدود ۳۰/۱درصد انتشار این گاز(۱۰۷ میلیون تن) در کشور توسط بخش خانگی

و تجاری انجام پذیرفته است و لذا بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها در راستای کاهش آثار زیست‌محیطی جهانی انتشار گاز دی اکسید کربن نیز موثر خواهد بود و از این طریق ممکن است بتوان از اعتبارات بین‌المللی نیز استفاده نمود.

۵ – با توجه به بومی بودن فن آوری بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها، حجم بالای فعالیت‌های اجرائی و گسترش آن در سطح کشور، میزان اشتغال‌زائی در نتیجه اجرای پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها قابل توجه خواهد بود.

۶ – از آنجا که پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها یک پروژه زیست‌محیطی تلقی می‌شود، لذا مقایسه آن با سایر پروژه‌های زیست‌محیطی نظیر جمع‌آوری گازهای همراه نفت جزیره خارگ در حالت گزینه۲ (که ۲۰درصد هزینه‌های آن توسط مصرف‌کنندگان تأمین گردد)، نشان دهنده عدم پرداخت هزینه خالص سرمایه‌گذاری جهت صرفه‌جویی مصرف گاز این پروژه توسط دولت، در مقایسه با ۱/۱ سنت بر متر مکعب هزینه صرفه‌جویی در طرح کارخانه NGL خارگ می باشد(سطر آخر در جدول۵)

در جدول فوق، کل گازهای همراه نفت استحصال شده در نتیجه اجرای طرح جمع آوری گازهای همراه نفت خارگ طی ۳۰ سال دوره بهره برداری معادل ۱٤٤ میلیارد متر مکعب است که با احتساب سرمایه‌گذاری خالص شرکت ملی نفت ایران معادل ۱/٦ میلیارد دلار هزینه سرمایه‌گذاری جلوگیری از سوزاندن گازهای همراه نفت معادل ۱/۱ سنت بر متر مکعب (به قیمت پایه سال ۱۳۸۵) طی ۳۰ سال دوره بهره‌برداری از پروژه خواهدبود. این در حالی است که پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها به دلیل عدم پرداخت هزینه خالص از سوی دولت هزینه سرمایه‌گذاری بر مترمکعب صرفه‌جویی گاز طی ۳۰ سال دوره بهره‌برداری صفر خواهد بود.

اهداف اجرایی دو پروژه مذکور به قرار زیر است:

۱ – طرح جمع آوری گازهای همراه نفت خارگ: جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست، صادرات مایعات گازی و تأمین خوراک پتروشیمی خارگ.

۲ – بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها: جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست، تأمین شرایط آسایشی خانوار، کاهش پیک تقاضای انرژی (برق و گاز) بخش خانگی–تجاری و جلوگیری از بحران انرژی ناشی از آن.

به عبارت دیگر طرح جمع آوری گازهای همراه نفت تنها از لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی حائز اهمیت است و برای اجرای آن بیش از ۱/٦ میلیارد دلار سرمایه گذاری اولیه توسط شرکت ملی نفت ایران بایستی انجام پذیرد. حال آنکه اجرای پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها علاوه بر دارا بودن مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی، تأمین آسایش عمومی و ایجاد ثبات در سیستم انرژی کشور، بدون هیچ‌گونه سرمایه‌گذاری اولیه توسط دولت را در پی خواهد داشت.

تجربه موفق کشورهای صنعتی جهان در مورد سرمایه‌گذاری در سمت تقاضا در جهت کاهش مصارف انرژی به جای افزایش ظرفیت عرضه طی چند دهه گذشته و برخورداری از منافع اقتصادی و زیست‌محیطی آن، دلیلی دیگر بر اهمیت فعالیت‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌باشد. از آنجا که ۱ دلار سرمایه‌گذاری در کاهش مصرف انرژی، کاهش در هزینه‌های سرمایه‌گذاری سمت عرضه بین ۲ تا ۱۰ دلار را در پی دارد، جذابیت این اقدامات موجب گردیده که با تمامی پیچیدگی‌های سرمایه‌گذاری در زمینه کاهش تقاضا، بر اساس گزارش "چشم‌انداز جهانی انرژی در سال ۲۰۰٦" به در خواست گروه هشت ، اجرای آن در برنامه بلندمدت کشورها (به خصوص کشورهای غیر OECD که از پتانسیل صرفه‌جویی انرژی بالاتری در سمت تقاضا برخوردار می‌باشند). با مشارکت عرضه‌کنندگان انرژی مد نظر قرار گیرد. در این راستا پیش‌بینی شده است که تا سال ۲۰۳۰ میلادی حدود دو سوم کاهش آلایندگی جهان از طریق اقدامات سمت تقاضا (بهینه‌سازی مصرف انرژی) و یک سوم باقیمانده توسط اقدامات سمت عرضه(بهینه سازی تولید) صورت پذیرد.

به دلیل حجم بالای فعالیت‌ها، پراکندگی پروژه در سطح کشور و هزینه سرمایه‌گذاری حدود ۱۱/۷میلیارد دلاری، اجرای آن نیاز به سازوکار قوی و مدیریت جامع در بلندمدت خواهد داشت

قانون بهینه‌سازی مصرف انرژی در حال حاضر لازم الاجرا است. ولی به دلیل تحمیل هزینه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی بر مصرف‌کنندگان نهایی و قیمت ناچیزسوخت، عمومیت نیافته است

در پایان خاطر نشان می سازد که به دلیل پراکندگی پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و به دلیل تعدد مصرف‌کنندگان انرژی بخش خانگی– تجاری در سطح کشور، اجرای آن دشوار به نظر می‌رسد، ولی باید دانست که با وجود متخصصین زبده در این زمینه، حجم بالای کار آفرینی ناشی از اجرای پروژه در سطح کشور، ایجاد جذابیت در قوانین از طریق مشارکت بخش عرضه در سرمایه گذاری اولیه فرهنگ‌سازی و ایجاد عزم ملی در کلیه اقشار جامعه، اجرای آن امکان پذیر خواهد بود.

ه–جمع بندی و نتیجه گیری

با توجه به منافع اقتصادی پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها اجرای آن کاملاً اقتصادی به نظر می‌رسد. لیکن به دلیل حجم بالای فعالیت‌ها، پراکندگی پروژه در سطح کشور و

هزینه سرمایه‌گذاری حدود ۱۱/۷میلیارد دلاری آن، اجرای آن نیاز به سازوکار قوی و مدیریت جامع در بلندمدت خواهد داشت. تصویب قوانین و آئین‌نامه‌های اجرائی مربوطه و تعیین اولویت‌ها بر حسب پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی در مناطق مختلف آب و هوایی کشور و تعریف ساختار سازمانی منسجم و کارآمد اجرای پروژه جهت عملیاتی شدن و تکمیل آن نیز ضروری به نظر می‌رسد.

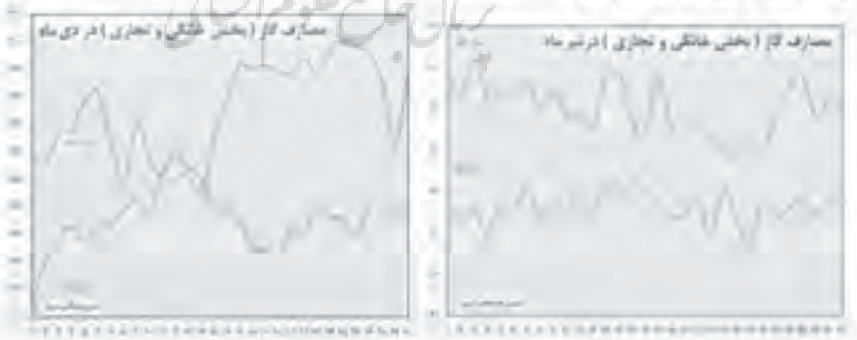
لازم به ذکر است که مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان به عنوان قانون بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها در حال حاضر لازم الاجرا است. ولی به دلیل اینکه در این قانون کلیه هزینه‌های اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها به عهده مصرف‌کنندگان نهایی گذاشته شده است، اجرای این اقدامات با توجه به قیمت ناچیز سوخت از دیدگاه آنها غیر اقتصادی بوده و تا کنون عمومیت نیافته است که به نظر می‌رسد روش مشارکتی تأمین مالی پیشنهادی در این مقاله بتواند بر جذابیت اقتصادی اجرای آن از دیدگاه مصرف‌کنندگان نهایی انرژی بیافزاید.

در این مقاله با در نظر گرفتن دو طرف درگیر در بحث سیستم انرژی (گاز و برق) کشور یعنی عرضه‌کننده و متقاضی، و تخمین میزان و نوع منافع اقتصادی اجرای پروژه بر آنها، ارزیابی اولیه پروژه انجام پذیرفت. ولی باید دانست که جزئیات اجرای آن در مناطق مختلف آب و هوایی و بر حسب نوع و تعداد مصرف‌کنندگان و پراکندگی آنها متفاوت خواهد بود که نیاز به کار کارشناسی و ارزیابی دقیق فنی- اقتصادی جهت تعیین اولویت‌ها و روش‌های اجرا و اقتصادی بودن آن در مناطق مختلف کشور خواهد داشت.

با توجه به پراکندگی مسئولیت‌ها و وظایف وابسته به اقدامات کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها در ارگان‌های مختلف، لازم است که به منظور اجرائی نمودن پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و بهره‌مندی از اثرات مفید آن هیأتی متشکل از وزارت نفت، وزارت نیرو، وزارت مسکن و شهرسازی و وزارت کشور و با محوریت وزارت نفت ضمن تعریف پروژه و تعیین قوانین و ساختار اجرائی آن، در تدوین برنامه بلندمدت اجرای طرح اهتمام ورزند.

گاز طبیعی، مشکل اوج مصرف و ضرورت ذخیره سازی

مشکل تامین گاز در شرایط اوج مصرف گاز طبیعی در کشور، در زمستان سال جاری با توجه به سرمای شدید آن، بیش از هر زمان دیگر خود را آشکار نمود. برای توجه بیشتر خوانندگان محترم به این مشکل نمودار مصرف گاز در دو ماه تیر (حداقل مصرف) و دی (حداکثر مصرف) سال جاری را ذیلا درج نموده ایم. همانگونه که ملاحظه میشود: در حالیکه میزان مصرف خانگی و تجاری در تیر ماه از حدود ۱۰۰ میلیون متر مکعب در روز تجاوز ننموده است مصرف همین بخش در دی ماه به حدود ۴۰۰ میلیون متر مکعب در روز افزایش یافته است. میزان کل مصرف بخش های مختلف نیز در روز پایانی تیر ماه ۲۹۳ میلیون متر مکعب بوده است در حالی که در روز پایانی دی ماه متجاوز از ۴۳۰ میلیون متر مکعب بوده است البته این در حالی است که در دی ماه اغلب مصارف غیر از خانگی و تجاری و حتی گاز خانگی و تجاری در بعضی از مناطق کشور قطع بوده است. در حالیکه در میانگین مصرف خانوار در تیر ماه ۷ متر مکعب در روز بوده این میزان در دی ماه ۳۰ متر مکعب در روز بوده است. معنای این اطلاعات این است که بکارگیری سیاست های اوج سائی و نیز ایجاد ذخائر زیر زمینی در نزدیکی نقاط مصرف یک ضرورت است که باید مورد توجه قرار گیرد.



در حال حاضر در سطح جهان حدود ۶۴۲ مورد تاسیسات ذخیره سازی گاز در لایه های زیر زمینی به ظرفیت حدود ۳۲۰ میلیارد متر مکعب وجود دارد که ۱۱۰ میلیارد متر مکعب آن مربوط به آمریکا و ۹۰ میلیارد متر مکعب آن مربوط به روسیه است. کشور های اوکراین با (۳۲ م م م)، آلمان (۲۰ م م م)، ایتالیا (۱۷/۳ م م م)، کانادا (۱۳ م م م) و فرانسه (۱۱/۶ م م م) نیز در مراتب بعدی قرار دارند در حالیکه مصارف کشورهای اخیر کمتر از ایران است.