

# ارائه راهکارهایی برای صرفه جویی در مصرف انرژی

اسماعیل فاتحی فر، سعید پاک نیا، پیمان کشاورز

بخش مهندسی شیمی، نفت و گاز، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز

چکیده: با توجه به افزایش مصرف انرژی، محدود بودن منابع طبیعی، حرکت در راستای طرح توسعه پایدار و حفظ محیط زیست باید تا حد امکان از هدر رفتن و تلف شدن انرژی جلوگیری شود. در این تحقیق کارهایی که لازم است در این زمینه انجام شود، بررسی شده و نمونه‌ای از کارهایی که می‌توان انجام داد به تفصیل ارائه شده است. از جمله کارهای علمی و کاربردی می‌توان به این موارد اشاره کرد:

۱. استفاده از تکنولوژی‌های جدید و مواد اولیه بهتر و سازگار با محیط زیست؛
۲. استفاده بهینه از مواد و بازیابی آنها در صنایع مختلف؛
۳. بهینه‌سازی واحدهای صنعتی و تولیدی؛
۴. بالا نگه داشتن قیمت انرژی؛
۵. یافتن کاربردهای جدیدی برای موادی که به وفور یافت می‌شوند و فعلاً کم مصرف هستند؛
۶. استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر؛
۷. آموزش افراد در زمینه مصرف انرژی از طریق رسانه‌های ارتباط جمعی؛
۸. توسعه فرهنگ عامه به منظور مصرف کمتر و بهتر انرژی.

واژه‌های کلیدی: صرفه جویی، مصرف انرژی، راهکارهای جدید، بهینه‌سازی، بالابردن فرهنگ عامه.

## ۱. مقدمه

کشور پهناور ایران دارای منابع و ذخایر بزرگ انرژی است. در حال حاضر، تعداد ۸۵ میدان نفتی کشف شده در کشور وجود دارد. از نظر ذخایر گازی، ایران دومین مقام را در جهان دارد. ذخایر گازی باقیمانده در ایران در حدود ۲۶۱۶ تریلیون متر مکعب است. منابع دیگر انرژی مثل زغال سنگ و... نیز در کشور وجود دارد [۱]. با توجه به افزایش مصرف انرژی، محدود بودن منابع طبیعی، حرکت در راستای طرح توسعه پایدار و حفظ محیط زیست باید تا حد امکان از هدر رفتن و تلف شدن انرژی جلوگیری شود. برای این منظور لازم است در زمینه استفاده بهینه از منابع انرژی در کشور قدم‌هایی برداشته شود.

واژه بهینه‌سازی ترجمه کلمه Optimization است که در ریاضیات مفهوم خاص خود را دارد؛ در کشور ما نیز این واژه در زمینه‌های مختلف از جمله انرژی به کار برده می‌شود. بهینه‌سازی مصرف انرژی برای یک فرایند می‌تواند به صورت موضعی<sup>۱</sup> یا به صورت جامع<sup>۲</sup> برای یک سیستم که متشکل از چندین فرایند است، انجام شود. بر اساس تئوری بهینه‌سازی، نتیجه بهینه‌سازی برای چندین فرایند به صورت جداگانه لزوماً برابر با نتیجه بهینه‌سازی به صورت جامع نیست و بنابر تعریف، بهینه‌سازی به صورت جامع می‌تواند دربرگیرنده ترکیبی از دو یا چندین فرایند باشد. اعمال بهینه‌سازی به صورت جامع به درک صحیح دینامیک انرژی‌بری تجهیزات هر یک از فرایندها نیاز دارد و به مراتب پیچیده‌تر از به کارگیری روش بهینه‌سازی موضعی است. روش‌های کنترل که بر اساس دینامیک انرژی‌بری و نظارت بر تمام فرایندها کار می‌کنند یا تکنولوژی Pinch که مبتنی بر اصل کاهش مصرف انرژی از طریق ترکیب فرایندها یا Process Integration است، از جمله روش‌های بهینه‌سازی به صورت جامع هستند [۲].

علاوه بر تقسیم‌بندی روش‌های بهینه‌سازی به موضعی و جامع، تقسیم‌بندی دیگری نیز وجود دارد که بر اساس هزینه‌های لازم برای بهینه‌سازی است و عبارت‌اند از: به کارگیری روش‌هایی با هزینه پایین یا بدون هزینه، استفاده از روش‌هایی با هزینه متوسط و روش‌هایی با

۱. Local

۲. Global

هزینه بالا؛ از روش‌های بدون هزینه می‌توان به این موارد اشاره کرد: انتخاب سوخت یا حامل انرژی بهتر، تنظیم ساعات کاری، تنظیم نورپردازی، تنظیم دمای سیستم آبگرم، تنظیم فشار در سیستم‌های هوای فشرده و... [۲].

در این تحقیق به کارگیری عواملی که می‌تواند در زمینه کاهش مصرف انرژی مفید واقع شود در چند گروه دسته‌بندی و در هر مورد مثال‌هایی ذکر شده است که از روش‌های گفته شده استفاده کرده و نتیجه مطلوب را به دست آورده‌اند.

## ۲. پیشنهادهایی برای کاهش مصرف انرژی

### ۲.۱. استفاده از تکنولوژی‌های جدید و مواد اولیه بهتر و سازگار با محیط زیست

یکی از مواردی که باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود، استفاده از تکنولوژی‌های جدید و مواد اولیه با کیفیت بالاست. اکثر واحدهایی که در کشور وجود دارند یا قدیمی‌اند و نشستی‌های زیادی در قسمت‌های مختلف آنها وجود دارد یا راندمان آنها پایین است و بعضی اوقات کیفیت محصولات تولیدی قابل قیاس با مشابه خارجی آن نیست. لذا بهتر است در مورد صنایع موجود در کشور بررسی‌های علمی و دقیق‌تری صورت گیرد تا واحدهایی که انرژی بالایی مصرف می‌کنند شناسایی شوند و در راه تغییر فرایند و انجام دادن کارهای دیگر اقدام شود. از جمله کارهایی که در کشورهای مختلف در این زمینه انجام شده است می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

### ۲.۱.۱. استفاده از MDEA (متیل دی اتانل آمین) در صنایع پالایش گاز و

#### شیرین‌سازی آن

استفاده از این ماده موجب بالا رفتن ظرفیت واحد، کم شدن انرژی مورد نیاز و در نتیجه، کاهش سرمایه‌گذاری می‌شود. این آمین‌ها می‌توانند تا غلظت‌های بالای ۵۰٪ مورد استفاده قرار گیرند، ولی آمین‌های خیلی خورنده مثل MEA و DEA حداکثر تا غلظت‌های به ترتیب ۱۵٪ و ۳۰٪ می‌توانند استفاده شوند. آمین‌های بر پایه MDEA در غلظت‌های بالا فعالیت بیشتری برای حذف گازهای اسیدی دارند. بنابراین، هر گالن از محلول حجم بالایی از گاز را تصفیه خواهد کرد. همچنین، اپراتورها می‌توانند جریان برگشتی را کم کنند و در نتیجه، توان

کمتری برای کار پمپ‌ها لازم است. همچنین، در ریویلر به دلیل اینکه انرژی کمتری برای شکستن پیوند بین آمین و گاز اسیدی لازم است، انرژی کمتر مصرف می‌شود. انتخاب پذیری بالای MDEA باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود و نیز به علت خاصیت خوردندگی کم آن، طول عمر تجهیزات افزایش می‌یابد و هزینه‌های نگهداری نیز کمتر می‌شود. برای مثال، واحدی را در نظر بگیرید که از حلال MDEA برای تصفیه ۶۰ MMscfd گاز طبیعی و حذف سولفید هیدروژن تا کمتر از ۴ ppm استفاده می‌کند. در این حالت ۹ میلیون Btu بر ساعت انرژی مصرف می‌شود. اگر از DEA استفاده شود، برای تصفیه ۴۵ MMscfd مقدار انرژی مصرفی ۱۶ میلیون Btu بر ساعت خواهد بود. مشاهده می‌شود که در استفاده از MDEA ۳۳٪ گاز بیشتر با ۵۶٪ انرژی کمتر تصفیه می‌شود و در صورت تبدیل واحد از DEA به MDEA ظرفیت واحد از ۷۵ به ۹۰ افزایش می‌یابد [۳]. خوشبختانه، در پالایشگاه گاز در عسلویه از این ماده استفاده می‌شود.

#### ۲.۱.۲. استفاده از لامپ‌های گوگردی

این لامپ‌ها در محیط‌های شهری و صنعتی کاربرد خوبی دارند و از لامپ‌های فلورسنت روشنایی و بازده بیشتری دارند. از جمله ایرادهای این محصولات سمی بودن ترکیبات گوگرد در اثر شکستن و آلوده کردن محیط زیست است. بنابراین، آنها در یک محفظه شیشه‌ای محکم تعبیه شده‌اند [۴].

۳.۱.۲. استفاده از شیشه‌های دوجداره، پنجره‌های PVC و عایق‌کردن درز پنجره‌ها  
عامل اتلاف گرما و سرما در منازل در زمستان و تابستان پنجره‌ها هستند که محل تعبیه، تعداد و نوع آن مهم است. در این زمینه مدل‌سازی‌های کامپیوتری و شبیه‌سازی‌هایی انجام شده است. جدیدترین این تحقیقات تکنولوژی DOE-2.1E است که مفیدترین شبیه‌سازی بوده است.

در این زمینه همچنین، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استفاده از میکرو و ویو برای گرم کردن مواد شیمیایی که علاوه بر کاهش مصرف انرژی با محیط زیست نیز سازگار است [۵].

- تولید اتیلن گلیکول و پروپیلن گلیکول به روشی که حداقل انرژی را مصرف می‌کند. با استفاده از این روش ۲۳ تریلیون بی‌تی‌یو انرژی صرفه‌جویی می‌شود [۶].

## ۲.۲. استفاده بهینه از مواد و بازیابی آنها در صنایع مختلف

در بیشتر صنایع کشور به دلیل ناقص انجام شدن واکنش‌ها، قدیمی بودن دستگاه‌ها، تکنولوژی‌های قدیمی و تخصصی نبودن مسئولیت‌ها، مواد با ارزش زیادی در پساب‌های واحدها وارد و دور ریخته می‌شوند. در این زمینه هم می‌توان با انجام دادن تحقیقات لازم اقدام به بازیابی این مواد کرد. از کارهای انجام شده در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

### ۱.۲.۲. بازیابی فلزات با ارزش از کاتالیزورهای مستعمل

سالیانه مقدار زیادی از کاتالیزورهای مورد استفاده در صنایع پالایشگاهی و پتروشیمی‌ها به صورت مستعمل انبار می‌شوند که دارای فلزات باارزشی همچون پلاتین، کبالت، مولیبدن و... هستند. این فلزات قابل بازیابی‌اند و بازیافت آنها از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است و با احداث واحدهی می‌توان این کار را انجام داد. در کشورهای مختلف شرکت‌هایی وجود دارند که به این کار مشغول هستند [۷].

### ۲.۲.۲. بازیابی و استفاده مجدد متانول مصرفی

سالانه حدود ۱۹۸ میلیون کیلوگرم متانول سمی در آمریکا تولید می‌شود. برای مثال، در واحد خالص‌سازی پروکسید هیدروژن FMC توانسته‌اند با استفاده از روش تقطیر بخار تا ۹۰٪ متانول را از پساب بازیابی کنند. استفاده از این روش باعث کاهش تولید پساب‌های حاوی متانول در حدود ۲/۲ میلیون پوند بر سال با کاهش مصرف انرژی در حدود ۱۹/۲ بیلیون Btu بر سال شده است. به علاوه، این سیستم باعث شده است تا شرکت FMC در هزینه عملیاتی سالیانه‌اش ۱/۵ میلیون دلار صرفه‌جویی کند. شواهد نشان می‌دهد که در جاهای دیگر نیز می‌خواهند از این تکنولوژی استفاده کنند [۸].

### ۳.۲.۲. مصرف بهینه مواد اولیه در صنایع کاغذسازی

معمولاً برای ساخت یک تن کاغذ حدود ۲ تا ۳/۵ تن درخت یا چوب مرغوب لازم است. صنایع کاغذسازی در جهان پنجمین مصرف‌کننده صنعتی انرژی هستند. آب نقش مهمی در صنایع کاغذسازی دارد و مصرف آن در این صنعت بسیار بالاست که خود باعث آلودگی آب و هوا می‌شود. به همین دلیل، تولیدکنندگان کاغذ در فکر راهی برای کاستن از انرژی مورد استفاده و آلودگی کمتر هستند.

### ۳.۲. بهینه‌سازی و مدل‌کردن واحدهای صنعتی و افزودن تجهیزات اضافی

در این زمینه می‌توان با انجام دادن تغییراتی در واحد یا اضافه کردن تجهیزاتی یا انجام دادن کارهایی مثل شبیه‌سازی، مدل‌سازی و کنترل واحدها در مصرف کمتر انرژی، کیفیت بالای محصولات و حداقل کردن هزینه‌ها قدم برداشت. در اغلب واحدهای شیمیایی که واکنش‌های شیمیایی صورت می‌گیرد، برای استفاده بهتر از انرژی باید سعی شود که واکنش‌ها تا حد امکان در جهت کامل شدن پیش بروند و از دیگر پارامترها هم مدیریت انرژی است که با مشاهدات و کنترل‌های خود می‌تواند فرایندهای پیچیده صنعتی را در جهت بهینه‌شدن پیش ببرد [مثل انتخاب سیستم، پارامترهای فرایند که باید نشان داده شوند، تجهیزات اندازه‌گیری که باید استفاده شوند و...]. پارامترهای دیگری مثل برنامه کمک‌های مالی دولت از دیگر راهکارهای بهینه‌سازی انرژی است. یک اصل کلی برای بهتر شدن کنترل فرایندها این است که کیفیت باید بهتر شود. در ۳۰ سال گذشته به دلیل تمهیداتی که در زمینه محیط زیست و همچنین، بازدهی انرژی صورت گرفته، تقریباً مصرف انرژی نصف شده است. در ادامه به چند مورد از کارهای انجام شده در این زمینه اشاره می‌شود.

### ۱.۳.۲. بهینه‌سازی مصرف انرژی در برج‌های تقطیر

در صنعت نفت برج تقطیر یا واحد تقطیر یکی از کلیدی‌ترین واحدهای مصرف‌کننده انرژی است که به وسیله شبیه‌سازی‌ها و مدل‌های کامپیوتری می‌توان مصرف انرژی را در این بخش به حالت بهینه در آورد. امروزه، کاهش مصرف انرژی در عملیات تقطیر در کاهش قیمت تمام شده محصولات بیشتر مؤثر است [۹]. با توجه به روش‌های مختلف موجود می‌توان کلیه

فعالیت‌ها را در این زمینه به سه گروه تقسیم‌بندی کرد.

الف. روش‌هایی که سرمایه مورد نیاز آنها کم است، مثل جریان برگشتی به برج، محل ورودی خوراک، بهبود در تعمیرات و روش‌های تعمیراتی و فشار داخل برج [فشار عامل مهمی است که با توجه به دمای آب خنک‌کننده در دسترس برای میعان بخارهای بالاسری انتخاب می‌شود. عملیات تقطیر در فشارهای پایین مطلوبتر است، پس در فصل زمستان و فصل بارانی به علت کاهش دمای محیط و افت دمای برج آب خنک‌کننده می‌توان فشار برج را کاهش داد].  
ب. روش‌هایی با سرمایه‌گذاری متوسط: مثل استفاده از روش‌های بازیافت اتلاف حرارتی، عایق‌کاری، جابه‌جایی سینی‌ها با تجهیزات مؤثر مشابه [آکنده‌هایی با کارایی بیشتر، با ارتفاع معادل کمتر و افت فشار کمتر].

ج. روش‌هایی با سرمایه‌گذاری بالا که این روش‌ها منجر به بازیافت انرژی زیادتری نسبت به دو مرحله قبل می‌شوند که از آن جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد: بهینه‌سازی یا تعویض سیستم کنترل و ابزار دقیق، میعان دو مرحله‌ای در بخش بالاسری [در این روش مرحله اول به منظور حصول به میعان کافی برای جریان برگردان انجام می‌گیرد و مرحله دوم برای خنک کردن و استحصال محصول کافی مورد استفاده واقع می‌شود].

### ۲.۳.۲. اضافه کردن تجهیزاتی برای بازیابی انرژی

در بیشتر صنایع می‌توان با افزودن تجهیزاتی انرژی قابل توجهی را بازیابی کرد که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

### ۱.۲.۳.۲. استفاده از توربواسکراپرها در خروجی دودکش‌های صنعتی

این دستگاه به طور همزمان ذرات ریز را می‌گیرد، گاز  $SO_2$  را جذب می‌کند و حرارت گازهای خروجی را بازیابی می‌کند. این سیستم شامل فیلتری است که در حین عمل احتراق که گازها به همراه دود در حال خارج شدن از دودکش هستند،  $SO_2$  را جذب می‌کند و گرمای آن را نیز از طریق سنسورهای گیرنده حساس گرما به قسمت‌های دیگر دستگاه که نیاز به انرژی گرمایی دارند، می‌رساند [۱۰].

### ۲.۲.۳.۲. استفاده از تکنولوژی HBT<sup>۱</sup> برای مبدل‌های لوله - پوسته

در مبدل‌های لوله - پوسته در قسمت‌های مختلف خواه ناخواه مقداری انرژی گرمایی به هدر می‌رود. تحقیقات نشان داده است که هرچه ضخامت لوله‌ها بیشتر و درصد مکش هم بیشتر شود، گرمای بیشتری در این واحدها به هدر می‌رود. پس باید هم در طراحی و هم استحکام و دوام این قسمت‌ها برای بهینه‌سازی انرژی دقت بالایی منظور شود. یکی دیگر از موارد، رسوب ناخالصی‌ها درون لوله‌هاست که این خود سرعت انتقال گرما را کاهش می‌دهد و ما مجبور هستیم انرژی بیشتری مصرف کنیم و بازدهی کمتری داشته باشیم. در این موارد، هم اتلاف توان بیشتری داریم و هم زمان برای واکنش شیمیایی و عملیات زیادتر از حد معمول صرف می‌شود. در تکنولوژی HBT توپ‌های آسفنجی در درون لوله‌های کندانسور نصب می‌شود تا ناخالصی‌های سیال در حال گردش را بگیرد و حکم یک فیلتر را دارد و از ته‌نشین شدن و رسوب این مواد در بدنه داخلی لوله جلوگیری می‌کند و بنابراین، ریت حرارتی خوبی داریم و از هدر رفتن انرژی جلوگیری می‌شود. این مواد به راحتی قابل جداسازی هستند و نصب و برداشتن آنها هم کار سختی نیست. از مزایای این تکنولوژی می‌توان به این موارد اشاره کرد: درصد بیشتر تبدیل انرژی، بازده بیشتر تجهیزات عمل‌کننده، جلوگیری از خوردگی لوله‌های کندانسور و امکان ساختن کندانسورهایی با لوله‌هایی طولی‌تر در جریان‌های شیمیایی.

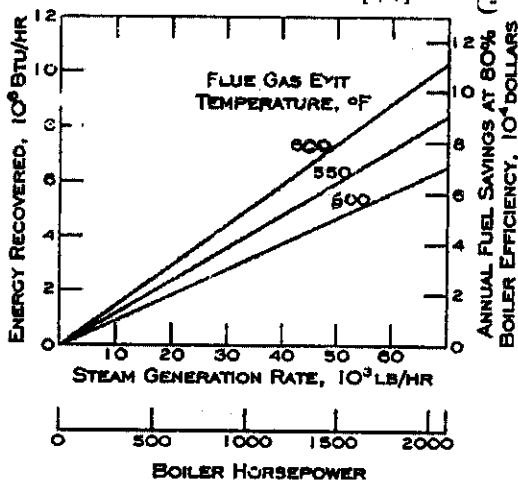
در ضمن، این سیستم با کنترل PLC-GSM کار می‌کند، در حین عملیات هیچ دستگاهی از کار نمی‌افتد، به هیچ پمپی نیاز نیست و کمبود آب برای فرایند حس نمی‌شود [۱۱].

### ۳.۲.۳.۲. بازیابی حرارت از گازهای حاصل از دودکش‌ها

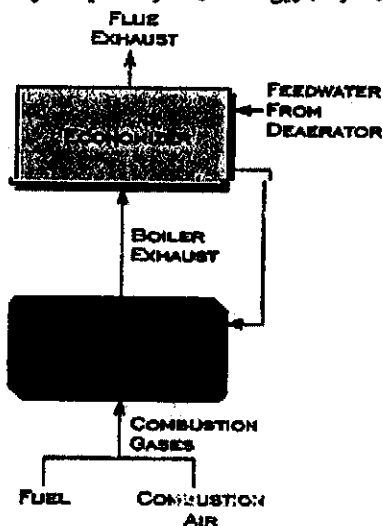
برای این منظور، یک روش استفاده از مبدل‌های حرارتی است. این مبدل‌ها مستقیماً در داخل دودکش بویلر قرار داده می‌شوند و از انرژی حرارتی گازهای حاصل از احتراق برای گرم کردن آب ورودی بویلر استفاده می‌کنند و دمای آن را از ۱۸۰ درجه فارنهایت به ۲۹۸ درجه می‌رسانند و دوباره وارد ریبویلر می‌کنند. شکل ۱ انرژی بازیابی شده و صرفه‌جویی در



مصرف سالیانه سوخت را نشان می‌دهد. شکل ۲ شمای کلی بویلر دارای قسمت بازیابی حرارت از گازهای دودکش را نشان می‌دهد. مبدل حرارتی در این حالت Economizer گفته می‌شود. برای نصب اینها لوله کشی، شیرها و تجهیزات کنترلی لازم است. Economizer یک مبدل حرارتی گاز به مایع است [۱۲].



شکل ۱ انرژی بازیابی شده و صرفه‌جویی شده در مصرف سالیانه سوخت بر حسب بخار تولیدی



شکل ۲ شمای کلی بویلر دارای قسمت بازیابی حرارت از گازهای دودکش

#### ۴.۲. بالانگه‌داشتن قیمت انرژی

اگر انرژی‌ای که افراد و صنایع مختلف استفاده می‌کنند قیمت بالایی داشته باشد، در مصرف آن دقت خواهد شد. برای این منظور می‌توان بنزین را که مصرف زیادی در کشور دارد و تقریباً به اندازه کشور چین [که چندین برابر کشور ما جمعیت دارد] مصرف می‌شود به دو قیمت فروخت [تا حد معقولی با قیمت مناسب و بعد از آن با قیمت گرانتر] یا برای وسایل نقلیه عمومی با قیمت ارزانتر در مقایسه با وسایل نقلیه شخصی، تا مردم تشویق شوند از وسایل نقلیه عمومی استفاده کنند. البته، این هم مستلزم این است که ناوگان حمل و نقل شهری و جاده‌ای منظم کار کنند. در مصرف آب، برق و گاز منازل نیز می‌توان برای مصارف مختلف قیمت‌های مختلفی در نظر گرفت و افرادی که انرژی کمی مصرف می‌کنند تشویق شوند و واحدها و افرادی که از حد معقول خیلی بیشتر مصرف می‌کنند، جریمه شوند.

#### ۵.۲. یافتن کاربردهای جدید برای موادی که فعلاً کاربرد خاصی ندارند

در کشور ما مواد اولیه زیادی وجود دارند که فعلاً برای آنها کاربرد خاصی وجود ندارد که می‌توان در این زمینه کارهایی انجام داد یا موادی که به صورت ناخواسته در کارخانه‌های مختلف تولید می‌شوند، می‌توان برای آنها کاربردی پیدا کرد. برای مثال، میزان تولید گوگرد در کشور ما در حال حاضر بیش از یک میلیون تن در سال است که حدود یک میلیون تن در سال مربوط به پالایشگاه‌های نفت می‌باشد. همچنین، در پالایشگاه‌های گاز مثل بیدبلند، خانگیران و کنگان و در مجتمع‌های پتروشیمی مثل پتروشیمی رازی نیز گوگرد تولید می‌شود. گوگرد کاربردهای زیادی دارد که به‌طور خلاصه می‌توان به این موارد اشاره کرد: گوگرد در تهیه اسید سولفوریک، کاغذسازی، دی‌سولفید کربن، ولکانیزاسیون لاستیک، شوینده‌ها، رنگ و مواد شیمیایی، دارو‌ها، مواد منفجره، حشره کش‌ها، بهبود کیفیت خاک، قارچ‌کش‌ها، کودهای شیمیایی، فیلم‌های فتوگرافی، درزگیر سیمان، به‌عنوان اتصال‌دهنده و بسط‌دهنده آسفالت در آسفالت کردن جاده‌ها، بتن، کف، اولوم و... کاربرد دارد [۱۳]. با توجه به کاربردهای گوگرد و حجم زیاد تولیدی و ارزان بودن قیمت آن لازم است در استفاده از این ماده گام‌هایی برداشته شود.

## ۶.۲. استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

در این زمینه کارهای زیادی می‌توان انجام داد که لازم‌هاش این است که مشخصات جغرافیایی مناطق مختلف از نظر مقدار تابش خورشید، بادهای منطقه و... به‌خوبی تعیین و بر اساس آنها تصمیمات لازم اتخاذ شود. در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

استفاده از انرژی خورشیدی مثل سلول خورشیدی، انرژی باد مثل توربین‌های بادی و مزارع بادی [که در این مزارع هزاران آسیاب بادی قرار دارد و پره‌های آنها در برابر باد به چرخش در می‌آیند. از چرخش هزاران پره انرژی زیادی تولید می‌شود و مورد استفاده قرار می‌گیرد]، انرژی آب مثل نیروگاه‌های برق آبی، انرژی هسته‌ای، انرژی هیدروژنی، انرژی پتانسیل گیاهی، انرژی گرمایی زمین [اخیراً در منطقه مشکین‌شهر اردبیل از این انرژی استفاده می‌شود]، بیومس و بیوگاز (محصولات و ضایعات کشاورزی، فاضلاب کشاورزی، ضایعات جامد، فاضلاب‌ها و فضولات دامی) [۱].

## ۷.۲. بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها

در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- پوشش ساختمان‌ها: پوشش ساختمان شامل تمام قسمت‌هایی است که درون ساختمان را از محیط بیرون جدا می‌کند و شامل پنجره‌ها، دیوارها، فونداسیون، مصالح زیرین، سقف، بام و عایق‌کاری است که در این زمینه می‌توان به استفاده از شیشه‌های دوجداره، پنجره‌های PVC، استفاده از درزگیرها و... اشاره کرد.

- سرمایش و گرمایش فضای ساختمان: سرمایش و گرمایش فضای ساختمان بهره‌ور از نظر انرژی در ساختمان‌ها با استفاده از کنترل‌های اتوماتیک، تهویه، سیستم‌های لوله‌کشی بهبودیافته و فناوری‌های پیشرفته حاصل می‌شود.

- گرمایش آب در فضای ساختمان: گرمایش بهره‌ور از نظر انرژی آب به همراه وسایل بهره‌وری (مصرف) آب باعث صرفه‌جویی در مصرف آب، انرژی و پول می‌شود.

- روشنایی ساختمان: با استفاده از لامپ‌های گوگردی، لامپ‌های روشنایی فلورسنت فشرده و سایر فناوری‌های روشنایی کارآمد و بهره‌ور در انرژی و پول صرفه‌جویی می‌شود.

- لوازم خانگی: گزینه‌های بهره‌ور انرژی برای ماشین‌های لباسشویی و خشک‌کن‌ها،

یخچال‌ها، فریزرها، ماشین‌های ظرفشویی، اجاق‌ها و فرهای خوراکی‌پزی و بخاری‌ها بسیار سودمند خواهد بود [۱].

۸.۲. بهینه‌سازی مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش حمل و نقل  
با توجه به اینکه بخش حمل و نقل یکی از عمده‌ترین مصرف‌کننده‌های فرآورده‌های نفتی است، نحوه مصارف این فرآورده‌ها و توسعه و شناخت روش‌های استفاده بهتر از آنها جایگاه ویژه‌ای یافته و دقت نظر کارشناسان را بیشتر به خود جلب کرده است.  
بخش حمل و نقل کشور علاوه بر مصرف سوخت، قسمت عمده‌ای از مصرف روغن موتور را نیز به خود اختصاص داده که رقم قابل توجهی در حدود نصف مصرف کل است. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که با رشد بی‌رویه مصرف و استفاده غیرمنطقی از آن در آینده‌ای نزدیک تمام تولید داخلی را در بر می‌گیرد و کمبود آن باید از خارج وارد شود. علاوه بر آن، مصرف روزافزون این فرآورده باعث صدمات و لطمات جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی و آلودگی می‌شود [۱۴].

۸.۲. آموزش افراد در زمینه استفاده بهینه از منابع انرژی از طریق رسانه‌های ارتباط جمعی و فرهنگ‌سازی در این زمینه  
در این زمینه باید در سطوح مختلف کارهایی انجام شود که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:  
- آموزش برای کودکان در منازل و کتب درسی: کودکان باید با مفهوم انرژی و عواقب نبود و کمبود آن آشنا شوند. در این زمینه می‌توان با گنجاندن مطالب مفید در کتب درسی، آگهی‌های تبلیغاتی در تلویزیون، معابر عمومی و... آگاهی‌های لازم را به افراد داد.  
همچنین، می‌توان با بالابردن فرهنگ عمومی در زمینه کاهش مصرف انرژی قدم‌هایی برداشت، چرا که با رعایت بعضی کارهای ابتدایی می‌توان میزان قابل توجهی در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد که از آن جمله می‌توان به خاموش کردن وسایل برقی غیرضروری و استفاده حداقل در زمان‌هایی که بیشترین مصرف انرژی وجود دارد و... اشاره کرد.

### ۳. نتیجه‌گیری

با توجه به موارد اشاره شده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که با داشتن مدیریت صحیح در امر تولید، توزیع و مصرف انرژی می‌توان تا حد زیادی در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. با توجه به امکانات موجود در کشور می‌توان در زمینه بهینه‌سازی واحدهای تولیدی، استفاده بهتر از مواد و بازیابی آنها، جایگزین کردن تکنولوژی‌های جدید و مهمتر از همه بالا بردن فرهنگ عمومی در مورد استفاده بهینه قدم‌هایی را برداشت، چرا که مردم عادی تا احساس خطر و زیان نکنند به انجام دادن کاری راغب نخواهند بود.

### مراجع

1. <http://www.iceo.org>.
۲. محمدی ارده‌الی، مرتضی، "مفاهیم بهینه‌سازی مصرف انرژی"، مجله اقتصاد انرژی، آبان ۱۳۸۱.
3. <http://www.amines.com>.
4. <http://www.lbl.gov/science-Articles/Research-Review/Annual-Reports/1994>
5. <http://www.spacedaily.com/news/materials-O20.html>
6. [http://www.oil.deo.gov/chemicals/portfolio\\_glycol.html](http://www.oil.deo.gov/chemicals/portfolio_glycol.html)
۷. سلطان‌محمدزاده، جعفرصادق و اسماعیل فاتحی فر، "بازیابی فلزات با ارزش از کاتالیزورهای مستعمل پالایشگاهی"، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران، ۱۳۸۰.
8. <http://es.epa.gov/techinfo/facts/nu-energy.html>.
۹. شهری، صمد، "روش‌های بازیافت انرژی در فرایند تقطیر"، مجله مهندسی شیمی ایران، آبان ۱۳۸۱.
10. <http://www.ospreycorporation.com/OSP-HEAT-REC.htm>
11. <http://www.hbl.com.sg/auxil2/FlyerofHBMH-150303.pdf>
12. <http://www.cipeo-apogee.net/ees/hstfg.asp>
۱۳. مولا، داریوش، اسماعیل فاتحی فر و مجید بنی‌آدم، "کاربردهای جدید گوگرد"، سمینار ملی تولید و مصرف گوگرد در کشور، مشهد، ۱۳۸۲.

۵۰ ارائه راهکارهایی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی

۱۴. سرپاک، مسعود و مرتضی محمدی اردهالی، "بررسی روش‌های بهینه‌سازی مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش حمل و نقل"، مجله اقتصاد انرژی، شماره ۵۳-۵۲، ۱۳۸۲.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۳/۲۰)