شاخص های مصرف انرژی در پالایشگاه ها

چکیده

مقاله ی حاضر با عنوان "بررسی وضعیت پالایشگاه ها از نقطه نظر مصرف انرژی " به منظور بهینه سازی مصرف انرژی در پالایشگاه های کشور تهیه گشته و به بررسی انرژی مصرفی مربوط به آن می پردازد. درمقاله حاضر در ابتدا به بررسی میزان انرژی مصرفی به ازای مقدار مشخصی از نفت خام ورودی یا محصولات خروجی پرداخته شده است. در ادامه با بررسی شاخص انرژی واحدهای فرآیندی پالایشگاه دریافت شد که با محاسبه میزان انرژی مصرفی به ازای مقدار ماده اولیه ورودی به هر واحد پالایشگاه، امکان مقایسه آن با واحد مشابه در پالایشگاه های دیگر جهان، همچنین بررسی وضعیت آن در زمانهای مختلف فراهم می گردد. در نهایت برای مقایسه دقیق پالایشگاههای مختلف دنیا، استفاده از بعضی از شاخصهای جهانی رایج پیشنهاد می شود. از جمله مهمترین این شاخصها که در اکثر کشورهای دنیا، به کار می رود، Solomon Energy Index و Shell Index است.

کلمات کلیدی: پالایشگاه، بهینه سازی انرژی، Solomon Energy Index، Shell Index

۱- مقدمه

نخستین گام در مدیریت انرژی یک پالایشگاه، شناسایی پتانسیل موجود برای صرفه جویی در مصرف انرژی است. با توجه به اینکه روشهای مختلفی جهت بیان شدت مصرف انرژی پالایشگاههای مختلف به کار رفته، در این گزارش، انواع مختف روشها، مزایا و معایب هریک بررسی شده است.

در ابتدای گزارش، شاخص کلی شدت مصرف انرژی پالایشگاه بر مبنای میزان مصرف انرژی به ازای نفت خام ورودی و نیز محصول تولیدی پالایشگاه بررسی می گردد. با توجه به تفاوت پالایشگاهها از نظر واحدهای موجود و اختلاف در مصرف انرژی توسط واحدهای گوناگون و در نتیجه عدم امکان استفاده از شاخص مذکور در مدیریت انرژی، در ادامه لزوم مقایسه شاخص شدت مصرف انرژی واحدهای فرآیندی با وضعیت طراحی و نیز با دیگر واحدهای پالایشی دنیا مطرح می شود. در نهایت نتایج شاخص انرژی بیان شده توسط شرکت Shell ارائه و شاخص انرژی به روش شرکت Showa shell نیز محاسبه شده است.

۱-۱. بررسی میزان انرژی مصرفی به ازای مقدار مشخصی از نفت خام ورودی یا محصولات خروجی[1]

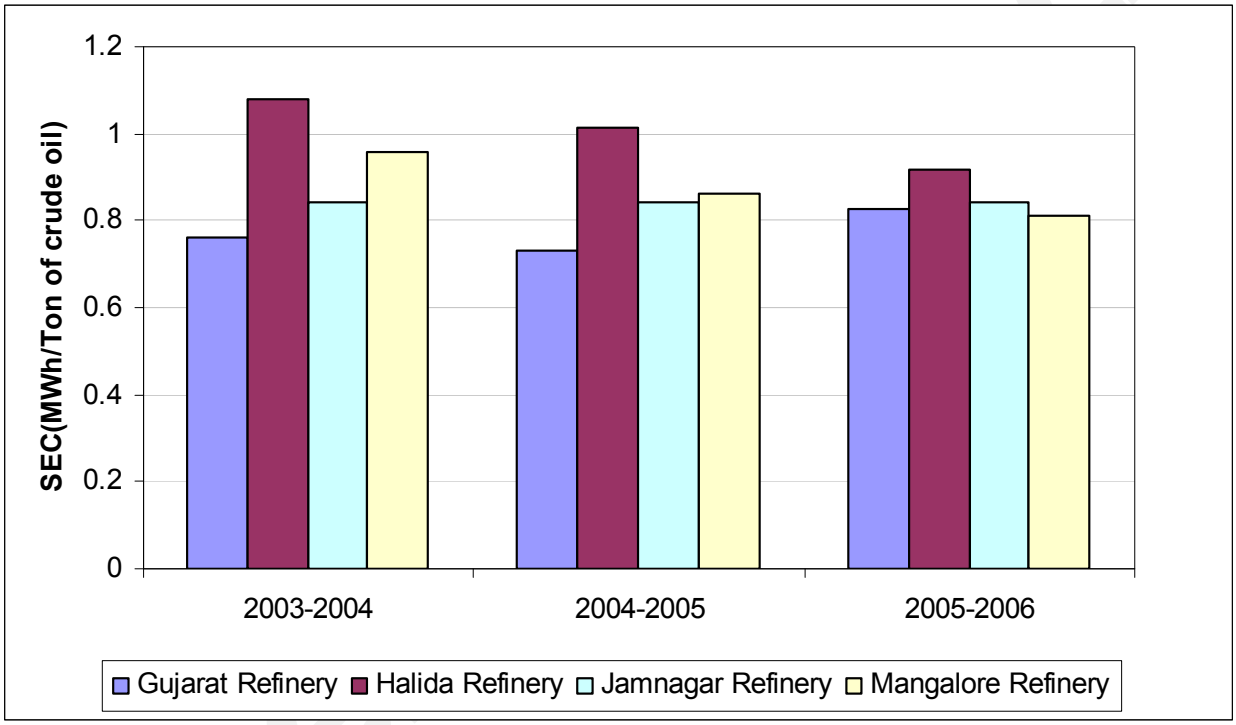
شدت مصرف انرژی در پالایشگاهها را می توان به صورت میزان انرژی مصرفی نسبت به نفت خام ورودی یا محصول خروجی بیان کرد. در پالایشگاه با توجه به اینکه بخار و برق مورد استفاده به عنوان منبع انرژی در داخل

1 . Specific Energy Consumption, SEC

پالایشگاه تولید می گردد، برای محاسبه انرژی مصرفی ، باید انرژی سوخت مصرفی و نیز انرژی حاصل از برق خریداری شده توسط پالایشگاه (جهت پمپاژ آب به پالایشگاه)، در نظر گرفته شود.

محاسبه شاخص انرژی۲، بدون در نظر گرفتن کیفیت و تنوع محصولات، پیچیدگی بخشهای مختلف و دستگاههای موجود، کیفیت نفت خام ورودی، ظرفیت پالایشگاه، منبع سوخت پالایشگاه و ... است، بنابراین استفاده از آن در مدیریت انرژی و تعیین وضعیت پالایشگاه چندان مؤثر نیست[۱]، ولی می توان از آن برای بررسی و مقایسه عملکرد یک پالایشگاه در زمانهای مختلف استفاده کرد.

به طور کلی با توجه به محدودیتهای موجود در مورد شاخص شدت مصرف انرژی، تعداد بسیار کمی از پالایشگاههای دنیا از آن برای بیان شدت مصرف انرژی استفاده کرده اند که از آنجمله می توان به تعدادی از پالایشگاههای کشور هند اشاره کرد. شاخص انرژی مربوط به پالایشگاههای کشور هند در شکل ۱ ملاحظه می گردد.



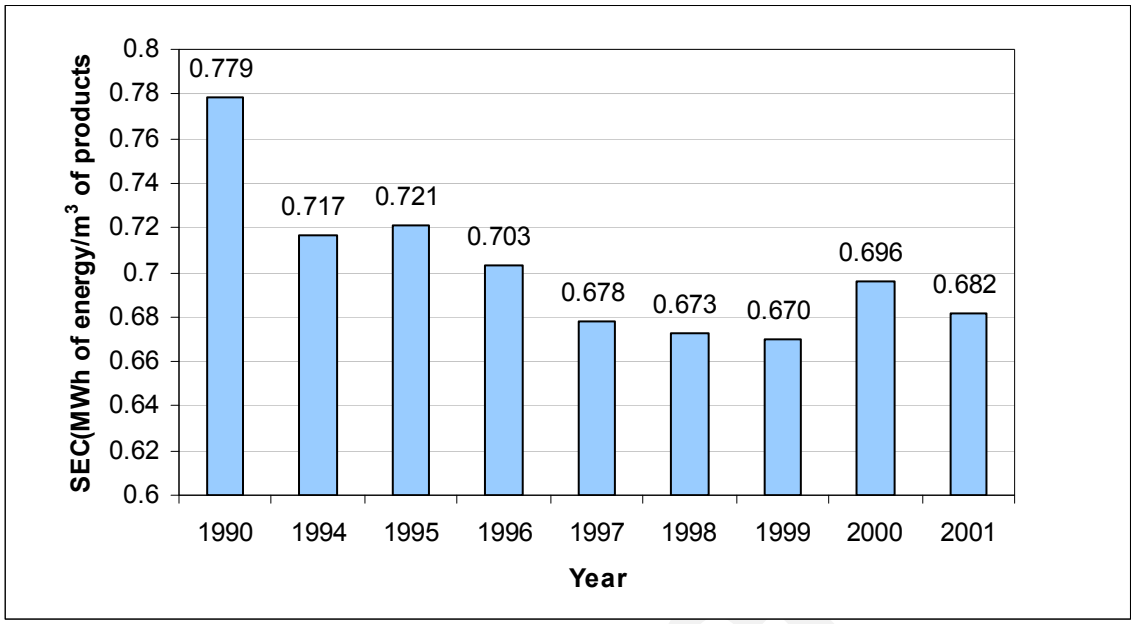
شکل ۱. شدت مصرف انرژی نسبت به نفت خام ورودی در چند مورد از پالایشگاههای هند درسالهای [۲،۳،۴، ۵]

روش دیگر برای مقایسه شدت مصرف انرژی در پالایشگاهها، محاسبه مقدار انرژی مصرفی به ازای محصول خروجی است. در پالایشگاه با دانستن مقدار انرژی مصرفی به ازای نفت خام ورودی و نیز مقدار محصول تولیدی به ازای نفت خام ورودی می توان مقدار انرژی مصرفی به ازای محصول تولیدی را محاسبه کرد.

$$SEC_P = SEC_C \times \frac{ton\ of\ input\ crude\ oil}{m^3\ of\ products} = 0.701 \frac{Mwh\ of\ input\ energy}{m^3\ of\ product}$$

۲ Energy Index .

نمودار میانگین شدت مصرف انرژی نسبت به محصول تولیدی برای پالایشگاههای کشور کانادا نیز در سال های مختلف موجود است که در شکل ۲ نشان داده شده است. [۶].



شکل ۲. متوسط شدت مصرف انرژی نسبت به محصول تولیدی در پالایشگاههای کانادا در سالهای مختلف

به طور کلی هنگام مقایسه کل انرژی مصرفی در پالایشگاه، وضعیت واحدهای موجود در پالایشگاه در نظر گرفته نمی شود. واحدهای مختلفی در پالایشگاههای متفاوت وجود دارد و از آنجا که شدت مصرف انرژی در واحدهای اصلی مختلف موجود در یک پالایشگاه، تفاوت دارد، بهتر است بخشهای مختلف پالایشگاههای مختلف به طور جداگانه مقایسه گردد تا عملکرد هر واحد در مقایسه با واحد مشابه در دنیا مشخص شود.

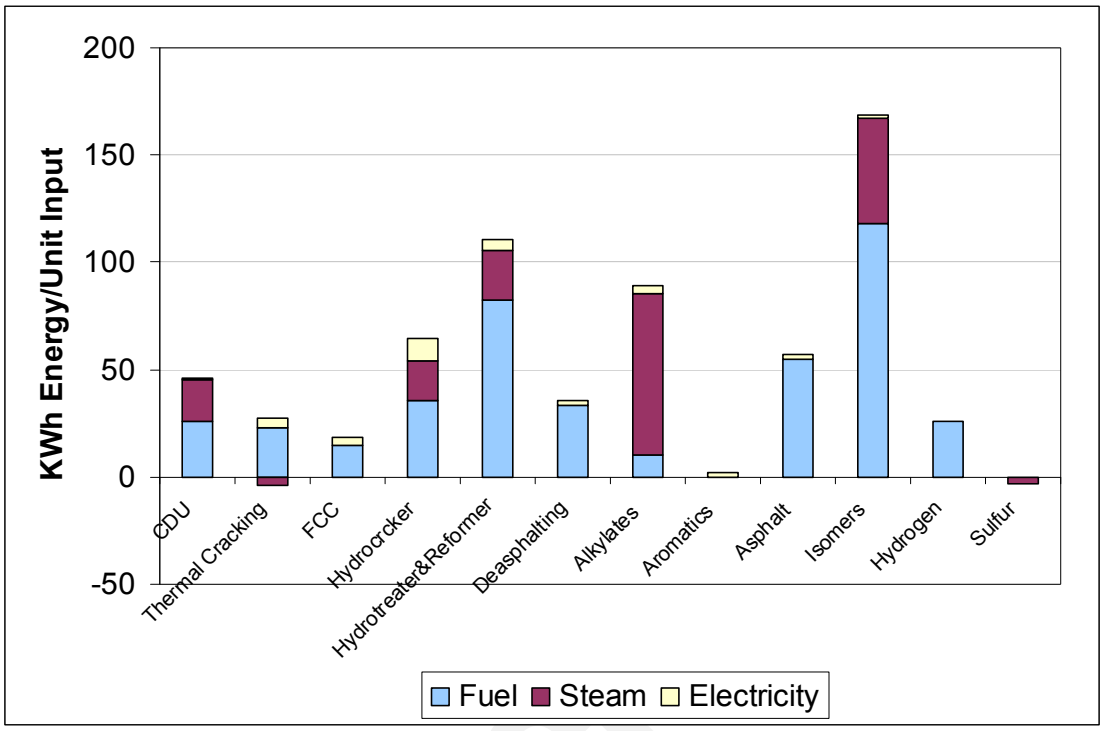
۲- بررسی شاخص انرژی واحدهای فرآیندی پالایشگاه

با محاسبه میزان انرژی مصرفی به ازای مقدار ماده اولیه ورودی به هر واحد پالایشگاه، امکان مقایسه آن با واحد مشابه در پالایشگاه های دیگر جهان، همچنین بررسی وضعیت آن در زمانهای مختلف فراهم می گردد.

برای محاسبه شاخص مصرف انرژی در هر واحد، انرژی ورودی از طریق سوخت، بخار و برق مصرفی در نظر گرفته می شود. انرژی سوخت ورودی با داشتن دبی سوختهای مختلف مصرفی و ارزش حرارتی هریک قابل محاسبه است. انرژی بخار نیز با مشخص بودن دبی، دما و فشار بخار ورودی به هر بخش یا خروجی از آن به دست می آید. (اگر دمای بخار ورودی به بخشهای مختلف پالایشگاه مشخص نباشد، می توان از انتالپی بخارهای تولیدی در پالایشگاه استفاده کرد).

جهت امکان مقایسه با دیگر پالایشگاههای جهان، مقدار متوسط مصرف انرژی به ازای خوراک ورودی در واحدهای مختلف پالایشگاههای ایالت کالیفرنیا در شکل ۳ ملاحظه می گردد [۷]. در این نمودارها، میزان انرژی

مصرفی به ازای هر بشکه خوراک ورودی در واحدهای مختلف ترسیم گردیده است. فقط در مورد واحد های سولفور و هیدروژن، میزان انرژی مصرفی به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی محاسبه شده است.



شکل ۳. متوسط شدت مصرف انرژی به ازای خوراک ورودی به واحدهای پالایشی در پالایشگاههای ایالت کالیفرنیا در سال ۲۰۰۱

با توجه به استفاده از انرژی بخار برای تولید برق و استفاده از انرژی سوخت برای تولید بخار، می توان کل انرژی ورودی به واحد را بر مبنای انرژی سوخت محاسبه کرد. بنابراین با دانستن مقادیر انرژی مصرفی به واسطه منابع گوناگون و ضریب تبدیل انرژی بخار و برق به معادل سوخت[۳] ، می توان مقدار انرژی اولیه [۴] را محاسبه کرد. انرژی اولیه معادل با هر کیلو وات ساعت انرژی برق یا بخار، معمولاً با در نظر گرفتن ضریب تبدیل ۷۷٪ برای تبدیل سوخت به بخار و ضریب تبدیل ۳۲٪ برای تبدیل سوخت به برق[۵]، محاسبه می گردد (۱ کیلووات ساعت انرژی سوخت ≈ ۰/۷۷ کیلووات ساعت انرژی بخار ≈ ۰/۳۲ کیلو وات ساعت انرژی برق).

۱- ضریب تبدیل سوخت به بخار به صورت نسبت انرژی بخار تولیدی به انرژی سوخت مورد استفاده برای تولید آن تعریف می گردد. بعلاوه ضریب تبدیل سوخت به برق نیز، مقدار انرژی برق تولیدی به ازای انرژی سوخت مورد استفاده جهت تولید برق است.

4-Primary Energy Consumption

۳ - با توجه به مقادیری که در مرجع ۷ برای محاسبه انرژی اولیه مصرفی در پالایشگاههای آمریکا و کالیفرنیا استفاده شده است.

۳- بررسی وضعیت پالایشگاه با استفاده از شاخصهای معتبر جهانی

برای مقایسه دقیق پالایشگاههای مختلف دنیا، استفاده از بعضی از شاخصهای جهانی رایج است. از جمله مهمترین این شاخصها که در اکثر کشورهای دنیا، به کار می رود، Solomon Energy Index و Shell Index است.

۳-۱. استفاده از روش Solomon Energy Index

موسسه Solomon با در نظر گرفتن مواردی از جمله ترکیب درصد ، دما و فشار خوراک، فشار و دمای عملیاتی هر بخش، محصولات، نوع فرآیند و تکنولوژی مرتبط با آن و نوع سوخت مصرفی، مقدار استاندارد انرژی مصرفی به ازای تن نفت خام ورودی به پالایشگاه را محاسبه می کند و سپس از تقسیم شدت مصرف انرژی به ازای تن ورودی نفت خام به مقدار استاندارد ، شاخص Solomon به دست می آید[۸] .

حسن استفاده از شاخص مورد نظر، امکان مقایسه دقیق عملکرد یک پالایشگاه با پالایشگاههای دیگر است. در موارد مختلف، پالایشگاهها شدت مصرف انرژی خود را بر حسب این شاخص بیان کرده اند، از جمله پالایشگاه Jamnagar، که با شاخص انرژی Solomon برابر با ۶۲/۳ در سال ۲۰۰۴، بین پالایشگاههای مورد بررسی با ایندکس موجود، کمترین شدت مصرف انرژی را داشته است[۵] .

جهت بیان شدت انرژی مصرفی پالایشگاه بر حسب شاخص موجود باید مشخصات درخواستی از طرف شرکت Solomon، به این شرکت داده شود تا شرکت مزبور اقدام به بیان این شاخص کند و اطلاعاتی که بتوان بر اساس آن، شاخص مورد نظر را بدون کمک شرکت مذکور محاسبه کرد، موجود نیست.

۳-۲.استفاده از روش Showa shell

شدت مصرف انرژی در واحدهای مختلف پالایشگاهها متفاوت است لذا مقایسه شدت مصرف انرژی پالایشگاهها با واحدهای فرآیندی متفاوت بدون در نظر گرفتن این مسأله دور از واقعیت است. در راستای فراهم کردن امکان مقایسه واقعی شدت مصرف انرژی در پالایشگاهها، شرکت ژاپنی Showa shell برای هر یک از بخشهای پالایشگاه یک فاکتور پیچیدگی بر مبنای شدت مصرف انرژی در آن واحد تعریف کرده و بر اساس واحدهای موجود در پالایشگاه مورد نظر و میزان خوراک ورودی به واحد، فاکتور پیچیدگی کل پالایشگاه محاسبه می گردد. [۹] .

درجدول محاسبه شاخص مصرف انرژی به روش Showa shell ، فاکتور پیچیدگی هریک از واحدهای پالایشگاه، مشخص شده است. علاوه بر فاکتور پیچیدگی، برای هر واحد تبدیل واحدی[۶] در نظر گرفته شده است که در اکثر موارد برابر با همان فاکتور پیچیدگی است. در مورد واحدهایی مانند واحد هیدروژن که به جای خوراک ورودی، محصول تولیدی در محاسبه فاکتور پیچیدگی کل پالایشگاه منظور می گردد، مقدار خاصی در ستون تبدیل

۶-Unit Conversion

واحد مشخص شده است. فاکتور پیچیدگی کل پالایشگاه با در نظر گرفتن فاکتور پیچیدگی (یا تبدیل واحد) هر بخش و مقدار خوراک ورودی (یا محصول خروجی) به دست می آید.

$$Production = \sum \left[unit \;\; conversion \times Feed \;\; (or\ product\ if\ mentioned) \right]$$

$$CF = \frac{production}{CDU \;\; throughput}$$

در رابطه موجود، CDU throughput، کل نفت خام ورودی به واحد تقطیر را شامل می شود. نکات مثبت در نظر گرفتن فاکتور پیچیدگی در محاسبه شاخص انرژی این است که اثر تعداد و نوع واحدهای فرآیندی در یک پالایشگاه و میزان اهمیت هریک از نظر بزرگی، در تعیین شدت مصرف انرژی در نظر گرفته می شود. در واقع یک نرمال سازی برای پالایشگاه های مختلف با واحدهای فرآیندی متفاوت صورت می گیرد تا امکان مقایسه شدت مصرف انرژی آنها به صورت واقع بینانه فراهم گردد. بیان شدت مصرف انرژی به صورت میزان انرژی مصرفی به ازای نفت خام ورودی، معادل با در نظر گرفتن فاکتور پیچیدگی برای کل پالایشگاه است. نادیده گرفتن اثر فاکتور پیچیدگی در محاسبه شاخص انرژی باعث تساوی شاخص انرژی در دو پالایشگاه با واحدهای فرآیندی متفاوت، ولی ظرفیت و انرژی مصرفی مشابه می شود، در حالیکه یکسان بودن مصرف انرژی در این دو پالایشگاه بیانگر بهینه بودن مصرف انرژی پالایشگاهی با واحدهای پیچیده تر نسبت به پالایشگاه دیگر می باشد. به عبارت دیگر پالایشگاهی با واحدهای نسبتاً پیچیده که هدف آن تولید محصولات سبکتر باشد، انرژی بیشتری نسبت به پالایشگاه با ظرفیت مشابه که محصولات نسبتاً سنگینتری دارد، نیاز دارد. محاسبه فاکتور پیچیدگی باعث می شود اهمیت پیچیدگی واحدهای فرآیندی در مقایسه مصرف انرژی در نظر گرفته شده و شاخص انرژی مستقل از پیچیدگی واحدهای فرآیندی محاسبه گردد.

شاخص انرژی با در نظر گرفتن فاکتور پیچیدگی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$EI = \frac{Total\ Energy\ Consumption\ (KL\ crude\ oil/year)}{CF \times CDU\ Throughput\ (1000\ KL/year)}$$

لازم به ذکر است که در رابطه مذکور، کل انرژی مصرفی پالایشگاه به صورت مقدار معادل نفت خام بیان می گردد.

۴- تحلیل و نتیجه گیری

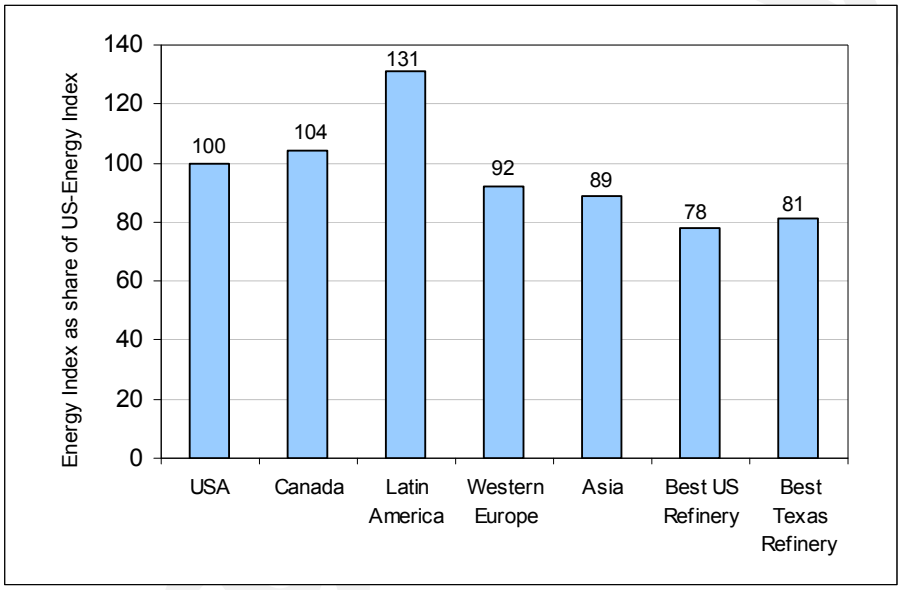
مقایسه پالایشگاههای مختلف از طریق بیان شاخص مصرف انرژی بر پایه میزان مصرف انرژی به ازای نفت خام ورودی یا محصول خروجی با توجه به نادیده گرفتن عوامل مؤثر بر شدت مصرف انرژی، چندان منطقی نیست، در حالیکه استفاده از نتایج حاصل از آن در تحلیل وضعیت پالایشگاه در شرایط مختلف مفید است.

روش دیگر برای مقایسه وضعیت پالایشگاه ها از نقطه نظر مصرف انرژی، مقایسه شدت مصرف انرژی در واحدهای فرآیندی است. با توجه به اینکه هنگام مقایسه واحدهای فرآیندی، انرژی الکتریکی و بخار هم بعنوان حامل

انرژی ورودی به هر واحد در نظر گرفته می شود، انرژی اولیه مطرح و مقایسه واحدهای فرآیندی بر اساس آن صورت می گیرد.

استفاده از شاخصهای معتبر جهانی، بهترین روش برای مقایسه وضعیت پالایشگاهها از نقطه نظر مصرف انرژی است.روش دیگری که می توان برای ارزیابی میزان مصرف انرژی در پالایشگاه به کار برد، استفاده از شاخص انرژی تعیین شده توسط Showa shell است.

جهت سهولت ارزیابی مقایسه های صورت گرفته، وضعیت پالایشگاههای مناطق مختلف دنیا در شکل ۴ مشخص شده است، به این صورت که اگر میانگین شدت انرژی مصرفی در پالایشگاههای آمریکا برابر با ۱۰۰ در نظر گرفته شود، وضعیت سایر پالایشگاهها در نمودار ملاحظه می گردد [۱۰].



شکل ۴. مقایسه شدت مصرف انرژی در پالایشگاههای مختف دنیا

مراجع

1. " DTI EU Emissions Trading Scheme Phase II, Review of New Entrants' Benchmarks"; August 2006 www.dti.gov.uk

2. " Indian Oil Corporation Ltd Haldia Refinery";www.bee-india.nic.in

3. " Mangalore Refinery & Petrochemicals Limited, Mangalore";www.bee-india.nic.in

4. " Indian Oil Corporation Limited Gujarat Refinery";www.bee-india.nic.inadodara.pdf

5. " Reliance Industries Ltd, Refinery Div, Jamnagar"; www.bee-india.nic.in

6. John Nyboer, Nic Rivers of CIEEDAC; " Energy Consumption Benchmark Guide Conventional Petroleum Refining in Canada"; December 2002 www.oee.nrcan.gc.ca

7. Ernest Orlando Lawerence; Berkeley National Laboratory; " Profile of the Petroleum Refining Industry in California"; March 2004

8. Solomon Associates www.solomononline.com

۹. فایل مربوط به تعیین ایندکس انرژی پالایشگاههای ژاپن توسط شرکت ژاپنی Showashell

10. George Stutzmann, Darryl Seillier, Eric Petela; " 21st Century Energy Efficiency" ; January 2005; www.aspentech.com