

بررسی سوخت‌های مورد استفاده در پالایشگاه

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۱. بررسی سوخت‌های مورد استفاده در پالایشگاه.....	۴
۲-۱. انواع سوخت‌های تولیدی در پالایشگاه ممیزی شده.....	۷
۱-۲-۱. سوخت‌های مایع.....	۷
۲-۲-۱. سوخت‌های گازی.....	۸
۱-۲-۲-۱. بخش تقطیر.....	۸
۲-۲-۲-۱. بخش ایزوماکس.....	۸
۳-۲-۲-۱. بخش تبدیل کاتالیستی.....	۹
۴-۲-۲-۱. بخش گاز- مایع.....	۹
۵-۲-۲-۱. بخش کاهش گرانش.....	۹
۳-۱. انواع مصرف کننده های سوخت در پالایشگاه ممیزی شده.....	۱۰
۴-۱. مصرف کننده های عمده سوخت در پالایشگاه ممیزی شده.....	۱۰
۵-۱. پیشنهادات کلی در ارتباط با مصرف کنندگان سوخت در پالایشگاه.....	۱۳
۱-۵-۱. بهبود وضعیت سیستم‌های اندازه گیری.....	۱۳
۲-۵-۱. بررسی فرصت‌های بازیافت انرژی.....	۱۷
۱-۲-۵-۱. استفاده از سیستم‌های بازیافت حرارت.....	۱۸
۲-۲-۵-۱. کنترل میزان هوای اضافی.....	۱۹
۳-۲-۵-۱. تنظیم میزان مکش در کوره.....	۱۹
۳-۵-۱. کنترل و مونیتورینگ.....	۲۰
۱-۳-۵-۱. کاهش تلفات از طریق منافذ.....	۲۰
۲-۳-۵-۱. اصلاح نحوه توزیع حرارت.....	۲۱
۲-۳-۵-۱. حداقل کردن تلفات حرارتی دیواره ها.....	۲۲
۶-۱. تحلیل و نتیجه گیری.....	۲۲

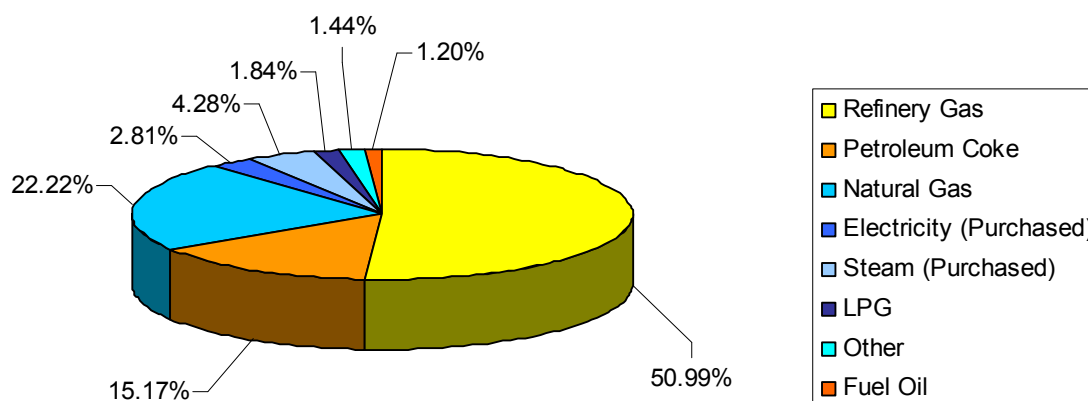
چکیده

سوخت یکی از مهمترین حاملهای انرژی در پالایشگاهها محسوب می گردد که صرفه جویی در مصرف آن باعث کاهش هزینه و نیز کاهش آلاینده های زیست محیطی می گردد. با توجه به اینکه در پالایشگاه ممیزی شده، کمبود سوخت مورد نیاز در بعضی از فصول منجر به مصرف سوخت مایع می گردد و با در نظر گرفتن تأثیر نامطلوب سوخت مایع در افزایش آلاینده های زیست محیطی، اهمیت ویژه مدیریت سوخت در پالایشگاه ممیزی شده انکار ناپذیر است.

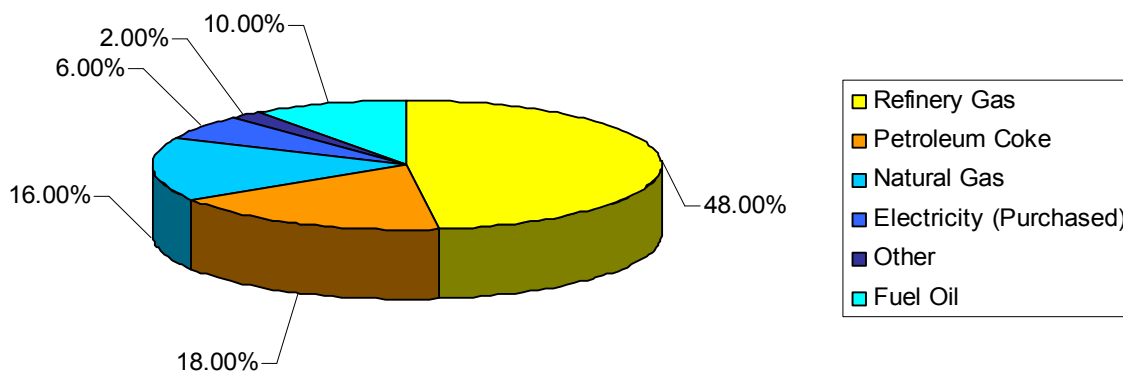
سوخت مورد استفاده در پالایشگاه مورد نظر، شامل گاز طبیعی و سوختهای تولیدی در داخل پالایشگاه است. در این راستا انواع سوخت تولیدی در پالایشگاه معرفی و نقشه های مربوط به توزیع سوخت بین واحدهای اصلی و توزیع سوخت بین تجهیزات تولید کننده یا مصرف کننده سوخت، ارائه می شود. سپس وضعیت مصرف کنندگان سوخت بررسی و مصرف کنندگان عمده تعیین می گردد. در نهایت با توجه به میزان بالای تلفات و در نتیجه پتانسیل بالای صرفه جویی در مصرف انرژی در سیستمهای مرتبط با سوخت، شامل کوره ها و دیگهای بخار، راهکارهای عمومی جهت بهبود رانندگی این سیستمها ارائه می گردد.

۱-۱. بررسی سوختهای مورد استفاده در پالایشگاه

در پالایشگاههای مختلف انواع متفاوتی از سوختها مورد استفاده قرار می گیرد که قسمت عمده آن مواد تولیدی در بخشهای مختلف پالایشگاه شامل گازهای تولیدی در بخشهای مختلف، کک واحد FCC^۱ و سوخت مایع (معمولاً ته مانده برج تقطیر خلأ) است. به عنوان نمونه، انواع سوختهای مصرفی در PADD V^۲ و CPPI^۳ و میزان انرژی حاصل از هریک در شکلهای ۱-۱ و ۲-۱ ملاحظه می گردد [۱،۲].



شکل ۱-۱- درصد انرژی مصرفی به واسطه انواع سوخت در PADD V



شکل ۲-۱- درصد انرژی مصرفی به واسطه انواع سوخت در CPPI

با توجه به شکلهای مذکور، گازهای تولیدی در پالایشگاه^۴، مهمترین منبع انرژی در پالایشگاههای مذکور است و بعد از آن گاز طبیعی اهمیت دارد. می توان گفت بیشتر سوخت مصرفی پالایشگاههای

۱- مقادیر زیادی کک روی کاتالیست بخش FCC (Fluidized Catalytic Cracking) ته نشین می گردد که ضمن احیاء کاتالیست، سوزانده می شود و معمولاً گرمای حاصل از آن مورد استفاده قرار می گیرد.

۲- PADDV قسمتی از PADD (Petroleum Administration Defense Districts) و شامل پالایشگاههای آلاسکا، آریزونا، کالیفرنیا، هاوایی، نودا، آرگون و واشینگتن است.

3.Canadian Petroleum Products Institute
1-Still gas, Refinery gas

مذکور را سوخت گازی تشکیل می دهد. نوع سوخت مورد استفاده به واحدهای پالایشی، منابع سوخت در دسترس و محدودیتهای زیست محیطی بستگی دارد. محتوای کربن سوخت‌های مختلف بر حسب نوع فرآیندهای پالایشی متفاوت است. به عنوان مثال پالایشگاههایی که واحد FCC بزرگ دارند، مقادیر زیادی گاز هیدروژن (گازی با محتوای کربن صفر و ارزش حرارتی بالا) تولید می کند که اگر مقداری از آن به شبکه سوخت گازی بپیوندد باعث کاهش محتوای کربن سوخت می شود. در عوض در پالایشگاههایی که دارای بخش هیدروکراکینگ بزرگ هستند، به دلیل مصرف بالای هیدروژن معمولاً سوخت گازی، محتوای کربن بالایی دارد [۱].

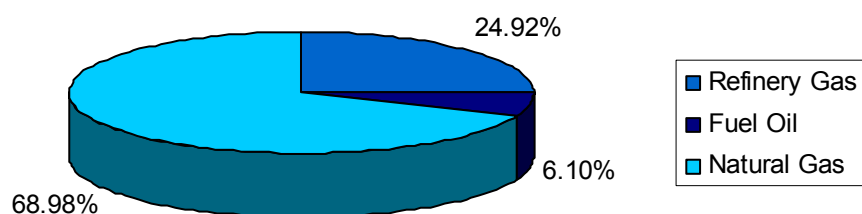
سیاست جهانی، استاندارد کردن فاکتور آلودگی محیط زیست و استفاده از سوخت‌های با محتوای کربن کمتر است. در جدول ۱-۱ متوسط دی اکسید کربن تولیدی به وسیله انواع سوخت‌های رایج در پالایشگاه ملاحظه می گردد. با توجه به جدول، بین انواع سوخت‌ها، گاز طبیعی و گازهای تولیدی در پالایشگاه مقدار کمتری دی اکسید کربن تولید می کند. بیشترین تولید دی اکسید کربن مربوط به کک نفت خام است که در بخش FCC ته نشین می شود و سوزاندن آن در هنگام احیاء کاتالیست باعث تولید حرارت زیاد می شود. گرچه مقدار دی اکسید کربن تولیدی به ازای هر کیلو وات ساعت انرژی در مورد این نوع سوخت قابل توجه است، استفاده از آن در پالایشگاههایی که دارای FCC هستند اجتناب ناپذیر است. با توجه به آلودگی کمتر سوخت‌های گازی نسبت به سوخت‌های مایع، در اکثر پالایشگاهها اقداماتی در رابطه با جایگزین کردن سوخت‌های مایع با سوخت‌های گازی صورت گرفته است [۱].

جدول ۱-۱- میزان دی اکسید کربن تولیدی به وسیله انواع سوخت‌های رایج در پالایشگاهها

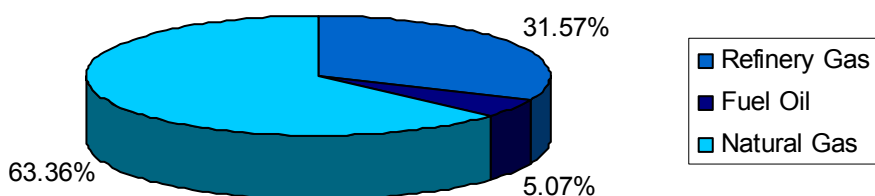
Fuel Type	Emission Factor (kg CO ₂ /kWh)
Refinery Gas	0.2
Fuel Oil	0.25
Natural Gas	0.19
Petroleum Coke	0.34

در پالایشگاه ممیزی شده نیز انواع سوخت‌های مورد استفاده را می توان به سوخت‌های گازی، سوخت مایع سبک و سوخت مایع سنگین تقسیم کرد. طراحی این پالایشگاه بر مبنای استفاده از سوخت‌های مایع بوده ولی امروزه استفاده از آن، با توجه به نقشی که در آلودگی محیط زیست دارند، تقریباً ناچیز است. به جز در مورد بعضی از کوره ها که به دلیل وضعیت خاص طراحی ملزم به استفاده از سوخت مایع هستند، در بقیه موارد، استفاده از آن محدود به هنگام کاهش میزان گاز طبیعی است.

در صد وزنی انواع سوخت مورد استفاده در پالایشگاه ممیزی شده و درصد انرژی تولید شده به وسیله سوخت‌های مختلف در سال ۱۳۸۵ در شکل‌های ۳-۱ و ۴-۱ مشاهده می‌گردد.



شکل ۳-۱- در صد وزنی انواع سوخت مورد استفاده در پالایشگاه ممیزی شده



شکل ۴-۱- درصد انرژی تولید شده به وسیله سوخت‌های مختلف در پالایشگاه ممیزی شده

چنانچه ملاحظه می‌گردد بیشتر سوخت مصرفی پالایشگاه را سوخت‌های گازی تشکیل می‌دهد. سوخت‌های گازی مورد استفاده در پالایشگاه شامل گازهای تولیدی در بخش‌های مختلف و نیز گاز طبیعی شهری است. مواد مختلف تولیدی در پالایشگاه را می‌توان به عنوان سوخت مورد استفاده قرار داد ولی با توجه به امکان عرضه بعضی از موارد از جمله پروپان و ... به بازار و نیز امکان استفاده از آن برای تولید محصولات با ارزشتر، امروزه فقط بعضی از گازهای تولیدی در پالایشگاه به عنوان سوخت استفاده می‌گردد. این مجموعه جهت تنظیم فشار وارد یک مخزن اختلاط می‌گردد. گاز طبیعی نیز بعد از گذشتن از ایستگاه تقلیل فشار، به دو بخش تقسیم می‌گردد. یک قسمت به بخش تولید بخار می‌رود و مابقی آن بعد از پیوستن به سوخت گاز تولیدی خروجی از مخزن اختلاط، به کوره‌های مختلف ارسال می‌شود. در طراحی مقدار گاز طبیعی در نظر گرفته شده بسیار کم بوده و فقط در صورت کاهش فشار گاز، گاز طبیعی به مخزن اختلاط تزریق می‌شده، در حالیکه در وضعیت فعلی گاز طبیعی عمده‌ترین سوخت مصرفی است.

سوخت مایع تولیدی در بخشهای مختلف که به تانکهای مخصوص انتقال داده می شود، به صورت یک خط رفت و برگشتی به کوره های موجود در واحدهای مختلف پالایشگاه می رود تا در صورت افت فشار گاز طبیعی به مصرف برسد. مسیر دیگری نیز برای تأمین سوخت دیگهای بخار در نظر گرفته شده است. از آنجا که سوخت مایع مورد استفاده بسیار ویسکوز است، سوخت مایع مرتباً سیرکوله می شود تا دمای آن در حد مطلوب نگه داشته شود. مبدلهای حرارتی موجود جهت استفاده حداکثر از سوخت مایع طراحی شده و در شرایطی که مصرف سوخت پایین است، باید از افزایش بیش از حد دمای سوخت جلوگیری شود [۳].

در طراحی استفاده از نفت سفید برای تأمین سوخت کوره واحد هیدروژن، در نظر گرفته شده که امروزه با توجه به ارزش نفت سفید و در دسترس بودن گاز طبیعی، از آن استفاده نمی گردد [۴]. استفاده از بنزین نامرغوب واحد کاهش گرانیوی به عنوان سوخت دیگهای بخار و بعضی از کوره ها نیز در طراحی در نظر گرفته شده که امروزه با توجه به مسأله آلودگیهای زیست محیطی و نیز تبدیل بنزین نامرغوب به بنزین مرغوب در اثر تغییر خوراک واحد کاهش گرانیوی، استفاده از آن منسوخ شده است.

۲-۱. انواع سوختهای تولیدی در پالایشگاه ممیزی شده

۱-۲-۱. سوختهای مایع

البته با توجه به اینکه سوخت مصرفی اصلی در بخشهای مختلف، گاز طبیعی است، در این قسمت مسیر مربوط به سیرکولاسیون سوخت مایع در بسیاری از واحدهای پالایشگاه نشان داده نشده و فقط سوخت مایع تولیدی در بخشهای مختلف مشخص شده است. موادی که به شبکه سوخت مایع پالایشگاه می پیوندند، عبارتند از:

- مقداری از محصول پایین برج تقطیر خلا^۱
- مایع خروجی برج استبلایزر بخش کاهش گرانیوی که در حال حاضر برای بخش بنزین فرستاده می شود.
- مایع خروجی از Residuum Stripper در بخش کاهش گرانیوی
- روغنهایی که در بخشهای مختلف پالایشگاه از جمله بازیافت آب، فیلترهای ورودی بخش آیزوماکس و ... جدا می شود.

^۱ - Vacuum Bottom

در حال حاضر مقداری از موادی که در گذشته به عنوان سوخت مایع در پالایشگاه مورد استفاده قرار می گرفته، با سایر محصولات مخلوط شده و به عنوان نفت کوره عرضه می شود، بقیه نیز به بخشهای مختلف برج تقطیر تزریق می گردد.

۲-۲-۱. سوختهای گازی

گرچه هنگام طراحی امکان ارسال گازهای مختلفی به شبکه سوخت در نظر گرفته شده، با توجه به امکان استفاده از این گازها برای تولید محصولات مطلوب، فقط گازهای زیر به شبکه سوخت پالایشگاه ارسال می گردد:

۱-۲-۲-۱. بخش تقطیر

- بخار خروجی از مخزن محصولات بالای برج تقطیر خلا^۱ که مستقیماً به کوره H-101 فرستاده می شود.

- بخار خروجی از مخزن استبلايزر واحد SRG^۲ که به میزان کم و بیشتر جهت تنظیم فشار به درام سوخت واحد تقطیر اضافه می شود.

۲-۲-۲-۱. بخش ایزوماکس

- بخار خروجی از بخش جذب واحد ایزوماکس^۳
- بخار خروجی از بخش استبلايزر واحد ایزوماکس^۴
- بخار خروجی از جدا کننده کم فشار واحد ایزوماکس^۵
- بخار خروجی از جدا کننده پر فشار واحد ایزوماکس^۶
این مجموعه ابتدا وارد بخش جدا کننده آمینی^۷ می شود و بعد از جدا شدن H_2S موجود در آن به شبکه سوخت گازی پالایشگاه می پیوندد.

۱-Vaccum Column Accumulator

2 -Straight Run Gasoline

۳-Isomax Adsorber

۴- Isomax Stablizer

۵- Low Pressure Separator

۶- High Pressure separator

۷- Amine Contactor

۱-۲-۳. بخش تبدیل کاتالیستی

- بخار خروجی از مخزن جمع آوری محصول بالای استریپر^۱
- بخار خروجی از جدا کننده محصولات در پلتفرمر
- بخار خروجی از مخزن بالای استبلایزر که مقدار آن ناچیز است.
- بخار خروجی از جداکننده پر فشار یونیفایندر
- از این مجموعه بخار خروجی از جدا کننده محصولات پلتفرمر، مستقیماً به شبکه سوخت گازی فرستاده می شود و بقیه بعد از حذف H_2S در جدا کننده آمینی، به شبکه سوخت گازی منتقل می شود.

۱-۲-۴. بخش گاز- مایع

- بخار خروجی از استبلایزر که وارد جدا کننده آمینی می گردد.
- بخار خروجی از دی اتانایزر که به میزان کم برای کنترل فشار به شبکه سوخت منتقل می شود.
- امکان ارسال بخار خروجی از دی پروپانایزر و خشک کننده پروپان به شبکه سوخت گازی وجود دارد، ولی با توجه به ارزش این گازها، فقط در شرایط بسیار اضطراری به شبکه سوخت منتقل می گردد.

۱-۲-۵. بخش کاهش گرانیروی

- بخار خروجی از Flash Fractionation
- بخار خروجی از Stabilizer Receiver
- بخار خروجی از Stripper Receiver
- این مجموعه یا مستقیماً وارد درام سوخت گازی واحد می شود و یا بعد از گذشتن از درام گاز دیگری که در واحد تعبیه شده، وارد بخش جدا کننده آمینی می شود.

^۱-Stripper Accumulator

۳-۱. انواع مصرف کننده های سوخت در پالایشگاه ممیزی شده

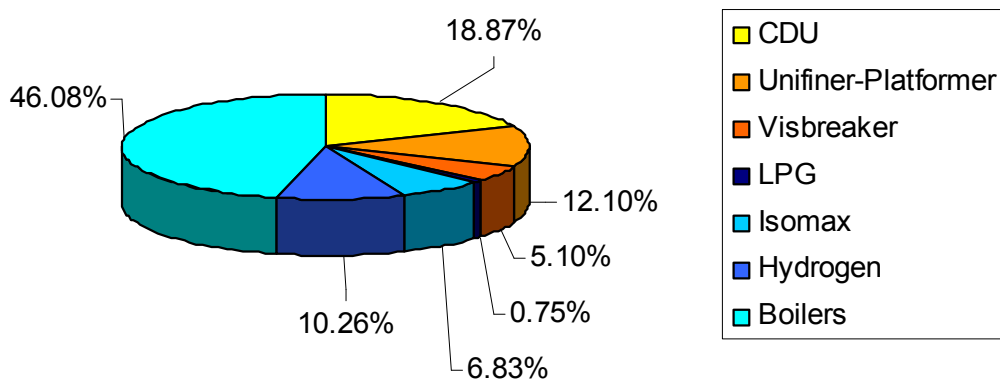
مصرف کننده های سوخت در پالایشگاه ممیزی شده شامل کوره ها، بویلرها و آشغالسوزهاست. مقداری از سوخت، جهت پوشاندن مخازن مورد استفاده قرار می گیرد. مقداری نیز به مشعلهای موجود در پالایشگاه فرستاده می شود. در صورت نیاز قسمتی از خوراک واحد هیدروژن نیز از طریق سوخت گازی و گاز طبیعی ورودی تأمین می گردد.

بین مجموعه مصرف کننده ها، بویلرها قابلیت مصرف انواع مختلف سوخت گازی، مایع سبک و سنگین را دارند، ولی معمولاً به جز در شرایط اضطراری فقط گاز طبیعی مصرف می کند. اغلب کوره ها در شرایط معمول سوخت گاز، مخلوطی از گاز طبیعی و گاز تولید شده در پالایشگاه را مصرف می کنند، ولی طراحی بعضی از آنها به گونه ای است که حتماً باید مقداری سوخت مایع نیز مصرف کند.

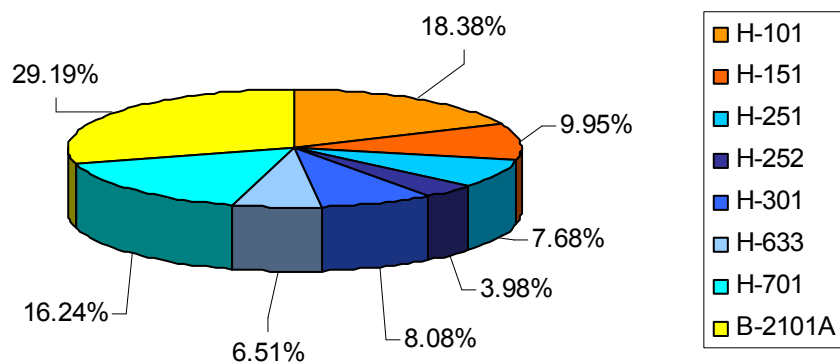
۴-۱. مصرف کننده های عمده سوخت در پالایشگاه ممیزی شده

میزان انرژی حاصل از مصرف انواع سوخت در واحدهای مختلف پالایشگاه (با در نظر گرفتن کل پالایشگاه) در حالت طراحی در شکل ۴-۱ ملاحظه می گردد. چنانچه در این شکل ملاحظه می شود بویلرها با مصرف ۴۶ درصد انرژی سوخت، عمده ترین مصرف کنندگان سوخت در پالایشگاه هستند و بعد از آن واحد تقطیر مهمترین واحد مصرف کننده سوخت به شمار می آید. در شکل ۴-۲ نیز درصد سوخت مصرفی در هر کوره نسبت به کل سوخت مصرفی در پالایشگاه در حالت طراحی مشخص شده است. ملاحظه می شود هر بویلر با مصرف حدود ۹ درصد انرژی، مهمترین مصرف کننده سوخت به شمار می آید.

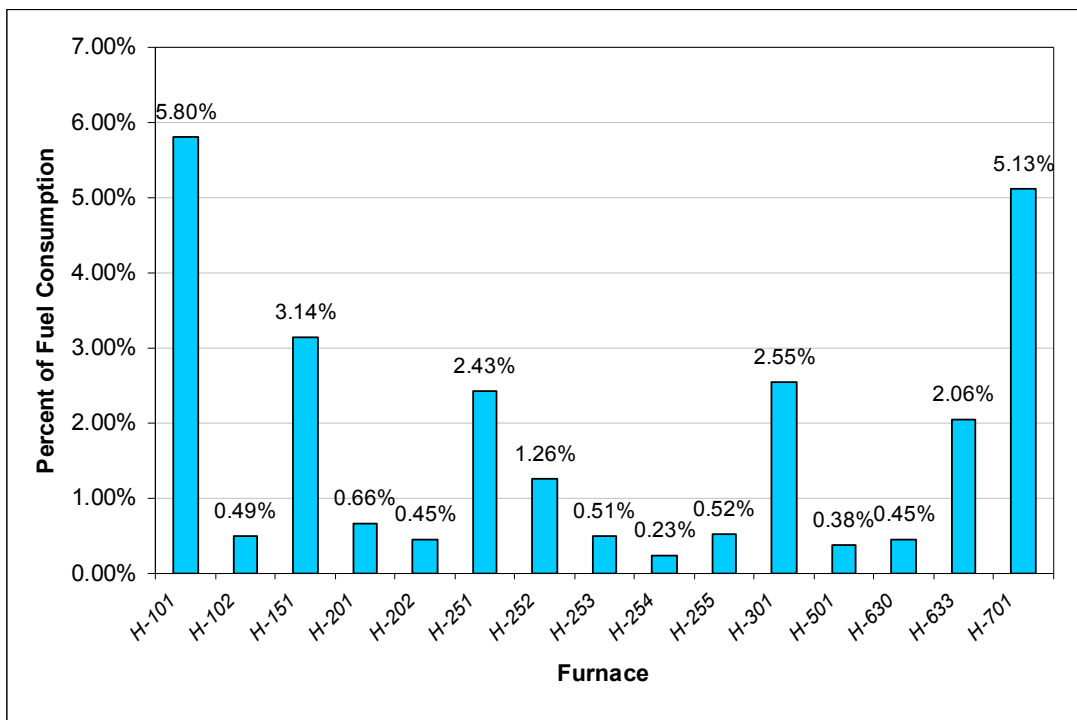
در ادامه درصد سوخت مصرفی هریک از مصرف کننده های عمده سوخت نسبت به کل سوخت مورد استفاده در پالایشگاه ممیزی شده در حالت طراحی در شکل ۴-۳ مشخص شده است. با توجه به این شکل بعد از بویلرها، کوره های H-101 و H-701 عمده ترین مصرف کنندگان سوخت به شمار می آیند.



شکل ۴-۱- میزان انرژی حاصل از مصرف انواع سوخت در بخش‌های مختلف پالایشگاه ممیزی شده در حالت طراحی



شکل ۴-۲- میزان انرژی سوخت مصرفی نسبی در هریک از مصرف کننده های عمده سوخت پالایشگاه ممیزی شده در حالت طراحی



شکل ۴-۳ درصد انرژی مصرفی به وسیله هر یک از کوره ها در پالایشگاه ممیزی شده در وضعیت طراحی

با توجه به اینکه مقدار سوخت مایع مصرفی کوره های مختلف ثبت نمی گردد، نمی توان میزان سوخت مصرفی کوره ها در شرایط واقعی را تعیین کرد. بنابراین با در نظر گرفتن وضعیت طراحی هریک از مصرف کننده ها می توان مصرف کننده های عمده سوخت را به صورت زیر مشخص کرد:

- هریک از بویلرها با مصرف ۹/۲٪ سوخت
- هریک از کوره های H-101 و H2-101 با مصرف ۵/۸٪ سوخت
- هریک از کوره های H-701 و H2-701 با مصرف ۵/۲٪ سوخت
- هریک از کوره های H-151 و H2-151 با مصرف ۳/۱٪ سوخت

از آنجاکه این مجموعه، ۷۴ درصد سوخت مصرفی پالایشگاه را مورد استفاده قرار می دهد، در ادامه بررسیها، توجه عمده به موارد مذکور معطوف می گردد.

۱-۵. پیشنهادات کلی در ارتباط با مصرف کنندگان سوخت در پالایشگاه

۱-۵-۱. بهبود وضعیت سیستم‌های اندازه گیری

نخستین گام در استقرار مدیریت انرژی، ثبت و ارزیابی مداوم میزان مصرف انرژی است. از آنجا که سوخت عامل عمده تأمین انرژی است، ثبت میزان سوخت ورودی به واحدهای مختلف پالایشی و نیز سوخت ورودی به هر کوره بسیار اهمیت دارد. همچنین باید مقدار خوراک ورودی به هر واحد و نیز به هر کوره مشخص باشد تا با محاسبه میزان سوخت مصرفی و کارایی آن، مدیریت سوخت در پالایشگاه امکان پذیر باشد.

متأسفانه میزان مصرف سوخت بعضی از کوره ها و حتی مقدار مصرف سوخت در بعضی از واحدها مشخص نیست و این در حالی است که ثبت و کنترل میزان سوخت مصرفی در مدیریت سوخت و بررسی شبکه توزیع سوخت بسیار اهمیت دارد.

با توجه به مطالب ذکر شده، لازم است نسبت به نصب، تعویض، تعمیر و یا کالیبراسیون فلومترهای مختلف، بخصوص فلومترهای مربوط به تجهیزات پر مصرف اقدام گردد. در انتخاب فلومتر مناسب، توجه به نوع سیال و شدت جریان آن، میزان صحت و تکرار پذیری مورد نیاز، ملاحظات اقتصادی، دما و شرایط محیطی بسیار ضروری است. بعلاوه باید فلومترهایی انتخاب گردد که علاوه بر ثبت لحظه ای دارای قابلیت ثبت مقدار متوسط مصرف نیز باشد.

در گذشته استفاده از فلومترهای مکانیکی (فلومتر توربینی و جابجایی مثبت برای سوخت‌های مایع و فلومترهای اوریفیسی برای سوخت‌های گازی) رایج بود، ولی امروزه فلومترهای غیر مکانیکی (از جمله اولتراسونیک) مورد استفاده قرار می گیرد.

محاسن استفاده از فلومترهای اولتراسونیک عبارتند از:

- حداقل شدن اثر فاکتورهای نظیر دما، دانسیته یا ضریب هدایت سیال بر اندازه گیریها
- نگهداری و کالیبراسیون راحت
- رنج کاربرد گسترده
- افت فشار و اغتشاش بسیار کم در جریان سیال

فلومترهای اولتراسونیک شامل زمان گذر (فلومترهای بر اساس اختلاف زمانی دریافت و ارسال

پالس^۱ و فلومترهای داپلر^۲ است. فلومترهای نوع اول، معمولاً برای سوخت‌های گازی مخصوصاً گاز طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فلومترها از طریق اندازه‌گیری اختلاف زمان رسیدن دو پالس که یکی در جهت جریان و دیگری در خلاف جهت جریان به دو مبدل^۳ فرستاده شده عمل می‌کند. با استفاده از این اختلاف زمانی و با مشخص بودن فاصله بین دو مبدل سرعت صوت و در نتیجه سرعت سیال در محیط مشخص می‌گردد.

برای سوخت گاز، استفاده از فلومترهای داپلر نیز رایج است که در آن تغییر فرکانس موج در سیال به عنوان معیاری از سرعت سیال در نظر گرفته می‌شود [۷،۶]. مهمترین اشکال استفاده از فلومترهای اولتراسونیک عدم امکان استفاده از آن برای فشارهای کم است. با توجه به این مسأله در بسیاری از موارد لزوم استفاده از فلومترهای مکانیکی مطرح می‌گردد.

علاوه بر فلوی سوخت ورودی پارامترهای دیگری نیز وجود دارد که باید مقدار آن برای بررسی عملکرد و کارایی مصرف‌کننده‌های سوخت ثبت شود. این پارامترها عبارتند از:

- شدت جریان مواد خام ورودی
- شدت جریان محصولات خروجی
- درجه حرارت دیوارها و سقف کوره
- درجه حرارت دود خروجی
- میزان و آنالیز دود خروجی
- میزان هوای اضافی احتراق [۸]

با توجه به اهمیت ثبت و کنترل پارامترهای مذکور، چک لیست‌های مربوط به جمع‌آوری اطلاعات و پارامترهای قابل اندازه‌گیری برای تعیین کارایی کوره (همچنین قابل استفاده برای بویلر) در زیر آمده است [۸]:

جدول ۵-۲- چک لیست جمع‌آوری اطلاعات در کوره

1 -Transit time flowmeter
2- Doppler flowmeter
3- Transducer

مواد									
ضایعات		مقیاس ضایعات		دمای مواد خروجی		دمای مواد ورودی		مقدار شارژ شده به کوره	
		kg/ton		°C		°C		Tons/hr	
		kg/ton		°C		°C		Tons/hr	
سوخت									
نوع سوخت	میزان مصرف	ترکیبات سوخت						ارزش حرارتی ناخالص	دما
		کربن	هیدروژن	اکسیژن	نیتروژن	گوگرد	میزان آب		
	Kg/hr	%	%	%	%	%	%	kCal/kg	°C
گازهای خروجی									
سرعت	دما	ترکیبات گازهای خشک خروجی از دودکش							
		CO ₂	O ₂	CO	NO _x				
	m/s	°C	%	%	%	%			
آب خنک کن									
دمای خروجی		دمای ورودی		مقدار آب					
°C		°C		kg/ton					

هدف از ثبت و کنترل پارامترهای مؤثر در عملکرد کوره ها و دیگهای بخار، فراهم کردن امکان بررسی عملکرد مصرف کننده ها است.

۵-۲- بررسی عملکرد مصرف کننده‌های سوخت

برای بررسی عملکرد بویلرها کوره ها نیاز به محاسبه راندمان است که دو روش برای محاسبه آن وجود

دارد [۹]:

۱- روش مستقیم^۱: در این روش انرژی جذب شده توسط سیال عامل با انرژی سوخت مصرف شده در کوره

یا بویلر مقایسه می شود.

۲- روش غیر مستقیم^۱: در این روش راندمان از اختلاف بین انرژی ورودی به کوره و یا بویلر و انرژی تلف

شده به دست می آید.

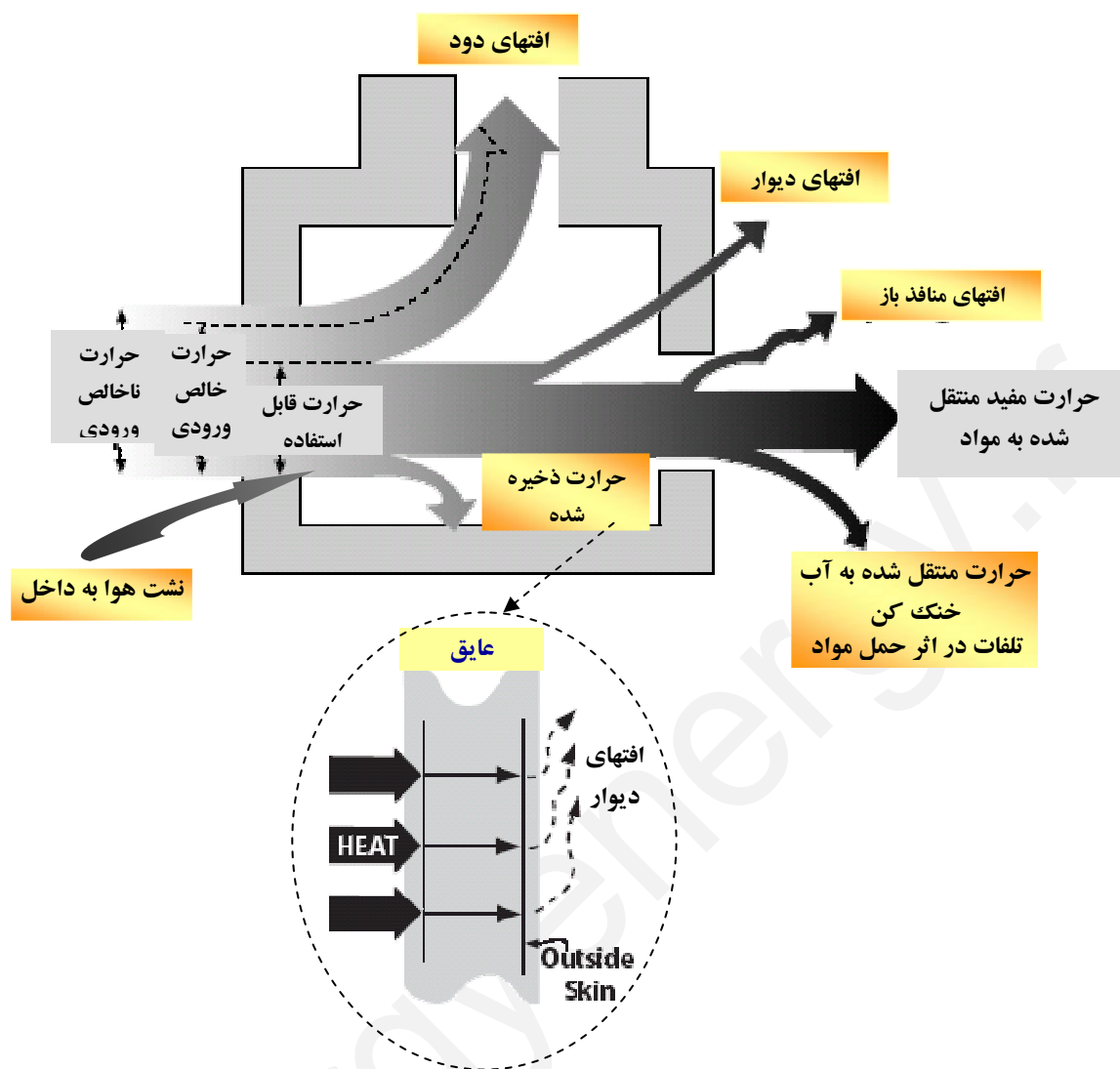
^۱ . Direct Method

بنابراین کلیه اتلافات حرارتی محاسبه و از صد در صد کم می شود و بدین ترتیب راندمان کوره بدست می آید. با توجه به مشخص شدن میزان اتلاف صورت گرفته در هر بخش، راهکارهای مناسب جهت بهینه سازی مصرف انرژی مشخص می گردد. تلفات انرژی حرارتی کوره، چنانچه در شکل ۵-۱ نیز ملاحظه می گردد، عبارتند از:

- تلفات انرژی از طریق دودکش
- تلفات دیوار
- تلفات ناشی از خروج مواد با دمای نسبتاً بالا
- تلفات ناشی از انتقال حرارت به آب خنک کن
- تلفات ناشی از منافذ
- تلفات ناشی از نشت هوا به داخل
- تلفات ناشی از احتراق سوخت

لازم به ذکر است که هر دو روش مذکور برای بررسی عملکرد کوره قابل استفاده است و عامل تعیین کننده در انتخاب یک روش در دسترس بودن اطلاعات و امکان پذیری اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز است. حسن روش غیر مستقیم، مشخص شدن میزان تلفات صورت گرفته از هر بخش و در نتیجه امکان ارائه راه حل‌های متناسب با تلفات موجود است.

¹ . Indirect Method



شکل ۵-۱- تلفات انرژی حرارتی در کوره [۹]

۵-۲-۱. بررسی فرصتهای بازیافت انرژی

معمولاً تلفات انرژی در سیستم هایی با دمای بالا نظیر فرآیند احتراق بسیار زیاد است و با توجه به اهمیت بالای انرژی و استفاده منطقی و مناسب از آن، به دلیل محدود بودن ذخائر فسیلی و آلودگی بی رویه محیط زیست، اجرای مدیریت صحیح و بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت بویژه در بخش کوره ها، به دلیل تلفات بالای انرژی، از اهمیت خاصی برخوردار است. در این راستا فاکتورهایی که معمولاً منجر به تضعیف عملکرد کوره و بویلر می گردد در زیر لیست شده است:

- عدم بارگیری صحیح
- طراحی نادرست

- استفاده از مشعلهای ناکارآمد
- مکش ناقص
- عدم وجود سیستمهای بازیافت حرارت
- نبودن تجهیزات کنترلی
- ضعف عملکرد، تعمیر و نگهداری
- تلفات بالای دودکش
- ضعف عایق کاری [۸].

بعد از تعیین عوامل اتلاف انرژی، معمولاً راهکارهای زیر برای کاهش میزان اتلاف پیشنهاد می گردد.

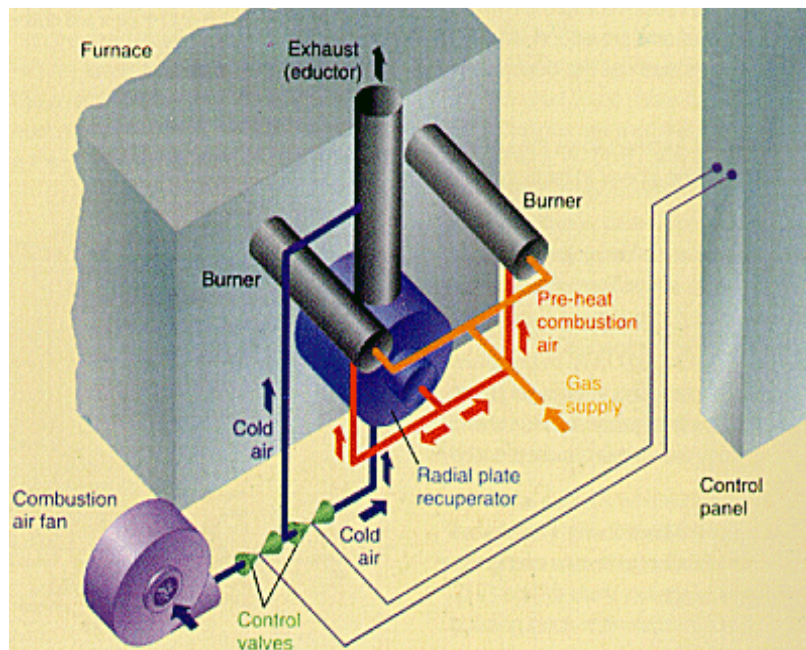
۵-۳-۱- کاهش تلفات حرارتی گازهای خروجی از دودکش

قسمت اعظم اتلاف انرژی از طریق دودکش صورت می پذیرد. در بدترین شرایط حدود ۳۰ الی ۳۵ درصد از کل انرژی اولیه از طریق دودکش خارج می شود. میزان اتلاف حرارتی از دودکش وابسته به دما و حجم گازی است که از دودکش خارج می شود. راههای کاهش تلفات شامل به حداقل رساندن هوای اضافی جهت کاهش دود خروجی از دودکش و به کارگیری تجهیزات بازیافت حرارت می باشد.

۱-۵-۲-۱. استفاده از سیستمهای بازیافت حرارت

به طور کلی دمای نرمال برای گازهای خروجی از دودکش کوره ها بایستی حدود ۲۰ درجه سانتیگراد بالاتر از نقطه شبنم محصولات احتراق باشد. اما از آنجا که سوخت گاز طبیعی نسبت به دیگر سوختها محتوی کمترین مقدار سولفور می باشد، دمای گازهای خروجی کوره های با سوخت گاز طبیعی، می تواند پایین تر از دمای نقطه شبنم آب قرار گیرد، بدون آنکه سبب مشکلات خوردگی قابل ملاحظه ای گردد. درجه حرارت بالای ۲۰۰ درجه سانتیگراد برای گازهای خروجی از دودکش، نشان دهنده پتانسیل بازیافت حرارت است و در اینصورت بایستی از تجهیزات بازیافت حرارت استفاده نمود.

در مورد بویلرها استفاده از اکونومایزر جهت بازیافت حرارت گازهای دودکش اهمیت دارد. البته طبق برآورد فعلی یک شرکت ژاپنی استفاده از آن باعث کاهش دمای بخار می گردد و بخار حاصل قابلیت استفاده در توربینهای پالایشگاه را ندارد. با این وجود، شاید بتوان حداقل برای تعدادی از بویلرها از اکونومایزر استفاده کرد.



شکل ۵-۲- نحوه پیش گرمایش هوای ورودی به کوره

۱-۵-۲-۲. کنترل میزان هوای اضافی

تنظیم هوای اضافی مهمترین عامل مؤثر در بهبود بازده حرارتی است. افزایش هوای اضافی موجب افزایش تلفات دود و کاهش آن باعث احتراق ناقص و در نتیجه افزایش مصرف سوخت می شود. بنابراین رعایت نسبت بهینه هوا به سوخت باعث کم شدن مصرف سوخت و صرفه جویی در مصرف انرژی خواهد شد. با توجه به وضعیت فعلی کوره ها به نظر می آید تنظیم نسبت هوا به سوخت در پالایشگاه ها یکی از راهکارهای کم هزینه برای کاهش مصرف سوخت باشد.

۱-۵-۲-۳. تنظیم میزان مکش در کوره

فشار منفی در کوره باعث نفوذ هوا و در نتیجه به هم زدن نسبت سوخت به هوا، کاهش درجه حرارت و توزیع غیر یکنواخت درجه حرارت می شود. از طرفی فشار مثبت نیز باعث افزایش خروج دود، جستن شعله، بیش از حد گرم شدن نسوزها، سوزاندن دودکش و ... می شود. در حال حاضر کنترلی بر روی میزان مکش در کوره های پالایشگاه ممیزی شده اعمال نمی گردد و با توجه به اهمیت تنظیم مکش کوره این مسأله باید مورد توجه قرار گیرد.

۱-۵-۳. کنترل و مونیتورینگ

ارتقاء سیستم مونیتورینگ از ابزارهای ضروری برای استمرار مدیریت انرژی می باشد. دسترسی به پارامترهای مختلف از طریق یک سیستم مونیتورینگ قابل اعتماد، به تشخیص هرگونه ناکارایی موجود در سیستم و تدوین برنامه مناسب تر برای تعمیرات پیش گیرانه منجر می شود. در واقع وجود سیستم مونیتورینگ مناسب، از طریق شناسایی مشکلات موجود، باعث صرفه جویی در مصرف انرژی از طریق کارکرد بهینه تجهیزات می شود. بر این اساس کالیبراسیون و در صورت نیاز تعمیر و حتی تعویض هریک از تجهیزات اندازه گیری غیر قابل اعتماد، برای تحلیل وضعیت مصرف انرژی سیستم و به عبارت دیگر استمرار مدیریت انرژی ضروری است و بهبود راندمان انرژی، بدون کنترل کافی امکانپذیر نخواهد بود. روشهای بهبود راندمان کوره از طریق کنترل و مونیتورینگ عبارتند از:

- کنترل نوع مشعلها و عملکرد آنها

- نصب فلومترهای کالیبره سوخت و هوا، کنترل فشار هوا

- کنترل دمپر گاز براساس سنسورهای اندازه گیری فشار

- کنترل مصرف انرژی و تنظیم میزان هوای اضافی

مزایای کنترل و مونیتورینگ عبارتند از:

- کاهش ضایعات محصول

- بهبود کیفیت محصول

- بالا رفتن اطمینان عملکرد

چنانچه در قسمتهای قبلی اشاره شد، بهبود سیستمهای کنترل و مانیتورینگ در پالایشگاه بسیار اهمیت دارد.

۱-۵-۳-۱. کاهش تلفات از طریق منافذ

وجود نشتیها در سیستم به عنوان یک عامل مهم در اتلاف انرژی است. برای برطرف کردن نشتیها نخستین گام، شناسایی موارد نشتی است. اغلب نشتیها در قسمتهایی به وجود می آید که عبارتند از:

- سوراخهای تعبیه شده برای نصب دستگاههای اندازه گیری

- دریچه های دسترسی

- درزبندی تجهیزات و یا شیشه های شفاف نصب شده بر روی کوره

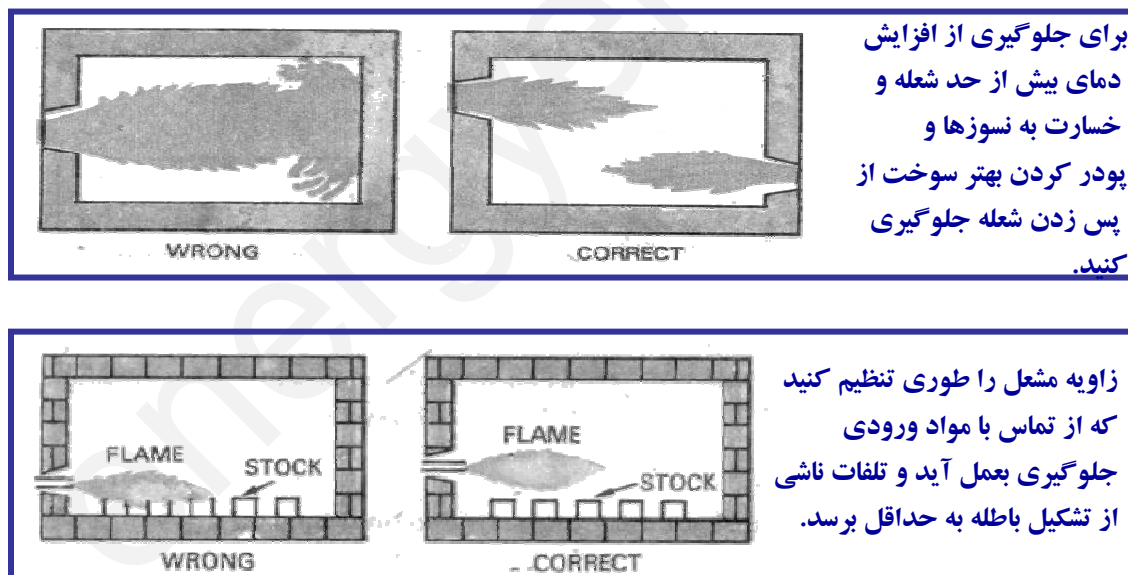
- ترک و یا شکستگی در دیواره ها و یا آجرهای نسوز

برای شناسایی نشتیها آزمایشاتی وجود دارد که عبارتند از:

- ❑ تست ساده با قرار دادن یک نورافکن قوی در داخل کوره و مشاهده نور ناشی از درزهای احتمالی، خارج از کوره
 - ❑ استفاده از یک پیرومتر که پروفیل دما در پوسته خارجی کوره را نمایان می سازد. بطور کلی این تست نقاطی را که در آنها مواد نسوز کارایی لازم را ندارند، نشان می دهد.
 - ❑ انجام تست "پمپ دود" و بررسی آثار دود در خارج از کوره
 - ❑ استفاده از حباب صابون در نقاطی که احتمال وجود نشتی در آنها وجود دارد.
 - ❑ استفاده از یک دستگاه حرارت نگار، برای پیدا کردن نقاط گرم که احتمال خرابی عایق بندی و هم چنین نشتی در آنها بیشتر است.
- به نظر می آید یکی از مواردی که باید در مورد کوره های پالایشگاه مورد بررسی قرار گیرد، وجود نشتیهاست که باید تا حد امکان نسبت به بهبود وضعیت فعلی اقدام گردد.

۱-۵-۳-۲. اصلاح نحوه توزیع حرارت

نحوه توزیع درجه حرارت در یک کوره (وضعیت مشعلها) باید به صورتی باشد که برای رساندن مواد ورودی به دمای مطلوب، حداقل سوخت ممکن مصرف گردد.



شکل ۵-۳- تنظیم نحوه توزیع حرارت در بویلر

برای بهبود توزیع درجه حرارت در کوره باید مسائل زیر مورد توجه قرار گیرد:

- ۱- باید از هرگونه تماس مستقیم شعله با مواد جامد جلوگیری کرد.

- ۲- شعله مشعل‌های مختلف نباید به هم برخورد کند. برخورد شعله‌ها باعث کاهش بازدهی احتراق می‌گردد.
- ۳- شعله نباید با سقف کوره در تماس باشد.
- ۴- مشعل‌های کوچک باعث توزیع بهتر درجه حرارت در کوره و افزایش عمر کوره می‌شود.
- ۵- شعله نباید در حدی بلند باشد که به دودکش، در کوره و یا سقف کوره برخورد داشته باشد.
- گرفته اصلاح نحوه توزیع درجه حرارت بسیار اهمیت دارد، ولی با توجه به عدم امکان تغییر وضعیت مشعل‌ها، نمی‌توان از این راهکار در جهت بهبود وضعیت سیستم استفاده کرد.

۱-۳-۵-۳. حداقل کردن تلفات حرارتی دیواره‌ها

حدود ۳۰٪ انرژی سوخت ورودی، جهت جبران تلفات حرارتی دیواره‌ها در کوره مصرف می‌شود. جهت صرفه جویی انرژی و کاهش تلفات در کوره‌های صنعتی، نیاز به انتخاب صحیح و مناسب مواد نسوز و عایق می‌باشد و انتخاب صحیح و مناسب مواد نسوز و عایق، تعمیر و حتی تعویض عایق‌ها برای صرفه جویی انرژی در کوره‌های صنعتی، لازم است [۹].

۱-۶. تحلیل و نتیجه گیری

با توجه به مطالب مذکور، بعضی از پارامترهای مهم در کاهش مصرف انرژی در مصرف کنندگان عمده سوخت در پالایشگاه در جداول ۱-۶ و ۲-۶ خلاصه شده است. با توجه به اینکه حدود ۷۵٪ سوخت مصرفی در پالایشگاه در کوره‌های H-101، H-151 و H-701 و بویلرها مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این جداول عملکرد این مجموعه بررسی شده است.

جدول ۱-۶- بررسی پارامترهای مهم در بهبود راندمان بویلرها

وضعیت بویلرها		
وضعیت مطلوب	وضعیت فعلی	پارامتر مورد ارزیابی
باید کالیبراسیون به صورت منظم صورت گیرد	موجود هست ولی نیاز به کالیبراسیون دارد	نصب فلومتر برای سوخت گازی
باید مقدار O_2 ، CO_2 ، CO و NO به طور پیوسته ثبت گردد	موجود هست ولی فقط مقدار O_2 ثبت می‌گردد. آنالیز دوره ای، ۶ ماه یکبار در آزمایشگاه صورت می‌گیرد	نصب آنالایزر برای دود خروجی
	صورت می‌گیرد	اندازه گیری دمای دود
باید مقدار بهینه هوای اضافی بر اساس آنالیز دود تعیین و وضعیت دمپر بر اساس آن تنظیم شود	بر اساس قضاوت چشمی و با توجه به وضعیت شعله صورت می‌گیرد	تنظیم هوای اضافی

وجود اکونومایزر	موجود نیست	وجود آن برای صرفه جویی در مصرف سوخت ضروری است.
-----------------	------------	--

جدول ۶-۲- بررسی پارامترهای مهم در بهبود راندمان کوره های H-101 ، H-151 و H-701

وضعیت کوره های H-701, H-151, H-101		
وضعیت مطلوب	وضعیت فعلی	پارامتر مورد ارزیابی
باید به طور مرتب کالیبره شده امکان ثبت مقدار متوسط نیز فراهم گردد	موجود هست ولی نیاز به کالیبراسیون دارد، بعلاوه فقط ثبت لحظه ای صورت می گیرد.	نصب فلومتر برای سوخت گازی
باید موجود بوده قابلیت ثبت مقدار متوسط را نیز دارا باشد	موجود نیست	نصب فلومتر برای سوخت مایع
باید مقدار O_2 ، CO_2 ، CO و NO به طور پیوسته ثبت گردد	موجود هست ولی فقط مقدار O_2 ثبت می گردد. آنالیز دوره ای ، ۶ ماه یکبار در آزمایشگاه صورت می گیرد	نصب آنالایزر برای دود خروجی
	صورت می گیرد	اندازه گیری دمای دود
باید مقدار بهینه هوای اضافی بر اساس آنالیز دود تنظیم شده و میزان باز بودن دمپر بر اساس آن تعیین گردد	فقط بر اساس قضاوت چشمی با توجه به وضعیت شعله صورت می گیرد و معمولاً درصد هوای اضافی بالاتر از حد مطلوب است	تنظیم هوای اضافه
باید به گونه ای باشد که دمای گازهای خروجی به اندازه کافی پایین باشد	موجود هست	وجود سیستم پیش گرمایش

بدیهی است که انتخاب راهکارهای مناسب و تعیین اولویت هریک نیاز به بررسیهای دقیق دارد.

منابع و مآخذ

1. " DTI EU Emissions Trading Scheme Phase II, Review of New Entrants' Benchmarks"; August 2006
www.dti.gov.uk
2. Ernest Orlando Lawrence; Berkeley National Laboratory; " Profile of the Petroleum Refining Industry in California"; March 2004
- ۳- پالایشگاه اصفهان (راهنمای واحدها: سیستم تولید نیرو و بخار، واحد آب صنعتی، سیستم سوخت، سیستم تولید هوای فشرده، سیستم مشعل، بازیافت آبهای آلوده)، انتشارات اداره آموزش پالایشگاه اصفهان، جلد چهارم، فروردین ۱۳۶۰
4. Flour Co.; " Plant Technical Manual"; Vol. 3; Isfahan Refinery
5. Flour Co.; " Plant Technical Manual"; Vol.13; Isfahan Refinery
6. " An Introduction to Flowmeters";
www.flowmeterdirectory.com
7. The On-line Resource of Control Magazine;
"Flowmeter Technology Library";
www.controlglobal.com
8. Bureau of Energy Efficiency (A Statutory Body under Ministry of Power, Government of India; "Energy Performance Assessment for Equipment and Utility Systems"; Book 4; Vol. 2;
9. Bureau of Energy Efficiency (A Statutory Body under Ministry of Power, Government of India; "Energy Performance Assessment for Equipment and Utility Systems"; Book 2; Vol. 4;