

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی
بین المللی و
ترند های جستجو

بهینه سازی جهت استفاده از انرژی اتلافی گازهای حاصل از احتراق کوره ۴۰۱ واحد الفین پتروشیمی آبادان

همایون محمد خواجه: دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی شیمی، مهندسی گاز، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امیدیه، گروه مهندسی شیمی، امیدیه، ایران

پرویز درویشی: دکتری مهندسی شیمی، استادیار، عضو هیئت علمی گروه مهندسی شیمی دانشگاه یاسوج

abdkhajeh@yahoo.com

چکیده:

تنظیم مناسب شرایط احتراق سوخت در کوره های صنعتی از جمله متداول ترین روشهای افزایش راندمان این تجهیزات و در نتیجه کاهش مصرف انرژی آنها در فرآیندهای مختلف می باشد. با وجود اهمیت موضوع تنظیم یاد شده، در بیشتر صنایع کشور روش مدون و مشخصی جهت انجام آن وجود نداشته و اینکار بیشتر بر اساس تجربه و مشاهده نفرات مرتبط با تجهیزات یاد شده صورت می پذیرد. از سوی دیگر، این حقیقت که انجام تنظیماتی از این دست، روشی بدون هزینه و در عین حال موثر جهت افزایش راندمان کوره ها و کورهها می باشد. سبب شده تا این مورد به عنوان یکی از مهمترین و موثرترین راهکارهای بدون هزینه جهت افزایش کارایی و در نتیجه کاهش مصرف حاملهای انرژی (سوخت) کوره ها و کورههای صنعتی و به دنبال آن، کاهش هزینه های تولید و نیز کاهش آلاینده های زیست محیطی در مباحث مختلف بهینه سازی مصرف انرژی مطرح گردد. در این نوشتار هدف بر آنست تا با ارائه یک روش کار مختصر و مبتنی بر ملاحظات علمی جهت تنظیم شرایط احتراق سوخت در کوره ها گامی در جهت کمک به بهبود عملکرد این تجهیزات مهم در صنایع مختلف کشور برداشته شود. در این مقاله سعی بر آنست تا با استفاده از انرژی گازهای حاصل از احتراق کوره ۴۰۱ واحد الفین پتروشیمی آبادان از هدر رفت مقدار kcal/day 8357064 که معادل $5/97$ بشکه نفت در روز می باشد با ارائه راهکارهای فرایندی جلوگیری شود.

واژه های کلیدی: پتروشیمی آبادان، کوره، بهینه سازی، بازیافت انرژی، گازهای حاصل از احتراق

۱- مقدمه:

از آنجا که بزرگترین چالش این قرن، انرژی و نحوه بهینه سازی در مصرف آن است. این اقدام نه تنها باعث حفظ منابع خدادادی نفت و گاز به ملت ایران می شود، بلکه باعث می شود این میراث برای نسل های بعد باقی ماند تا در تنگنای پیش روی جهان در تولید انرژی مورد نیاز، پشتوانه ای برای خود داشته باشند. از سوی دیگر گرم شدن زمین و افزایش گازهای گلخانه ای حاصل از سوخت هیدروکربن ها محیط زیست بشر را به شدت مورد تاثیر قرار داده است. در این راستا استفاده صحیح انرژی می تواند این تهدید را به تاخیر بیندازد. خالی از لطف نیست اگر بدانیم که اگر کره زمین شش درجه گرم تر شود، بسیاری از گونه های گیاهی و جانوری از بین می روند و در نهایت اکوسیستم و محل زندگی انسانها به شدت تغییر می کند. در حال حاضر مصرف کل روزانه گاز ایران ۵۰۰ میلیون متر مکعب می باشد که بخش زیادی از آن (حدود ۴۰٪) برای ایجاد حرارت و گرما جهت سیستمهای تهویه مطبوع و بهداشتی به خصوص در فصل سرد سال تعلق دارد. وبا توجه به پایین بودن راندمان سیستمهای مولد انرژی گرمایی و به تبع آن بالا بودن میزان هدر رفت انرژی، نیاز به سیستمهای بازیافت انرژی (اکونومایزر) بسیار احساس می گردد. استفاده از اکونومایزرها در صنعت امری بسیار حساس و شناخته شده می باشد. معروف ترین مکانهای استفاده از اکونومایزر ها، نیروگاه های تولید برق می باشند که در آنها در سیکل بازگشت بخار از توربین، از بخار موجود که دمای آن کمتر از ۹۰۰ درجه سانتیگراد می باشد برای پیش گرم نمودن آب ورودی به سیستم استفاده می شود که با این روش دو هدف مهم برآورده می گردد:

۱- بالا بردن دمای اولیه آب که باعث کاهش شدید مصرف سوخت می گردد.

۲- تبدیل بخار اشباع به مایع اشباع که برای انتقال آن نیاز به استفاده از پمپ است و نه کمپرسور. زیرا هم انرژی مصرفی پمپ بسیار پایین تر از کمپرسور بوده و نیز هزینه های تعمیرات و نگهداری آن نیز نسبت به کمپرسور بسیار پایین تر است.

۲- شرح فرایند:

واحد الفین (واحد ۴۰۰)

واحد الفین از سه واحد گرم، کمپرسور و سرد تشکیل شده است که هدف آن تولید اتیلن و پروپیلن می باشد که برای این منظور مولکولهای سیال فرایندی مایع یا گاز در کوره های پیرولیز که همان راکتور پلاگ با کاتالیزور نیکل و کروم که جنس کویلها می باشند، شکسته شده و به رادیکال آزاد تبدیل میشوند. از آنجاییکه مولکولهای رادیکالهای آزاد دارای انرژی بالا و ناپایدار هستند لذا به جریان سیال فرایندی بخار آب تزریق می گردد که مابین رادیکالهای آزاد قرار گرفته و از واکنشهای پلیمریزاسیون جانبی جلوگیری شود و واکنشها در جهت تولید اتیلن و پروپیلن بیشتر هدایت میشوند از این رو این واکنش را شکست مولکولی در حضور بخار آب یا کراکینگ حرارتی در حضور بخار آب (

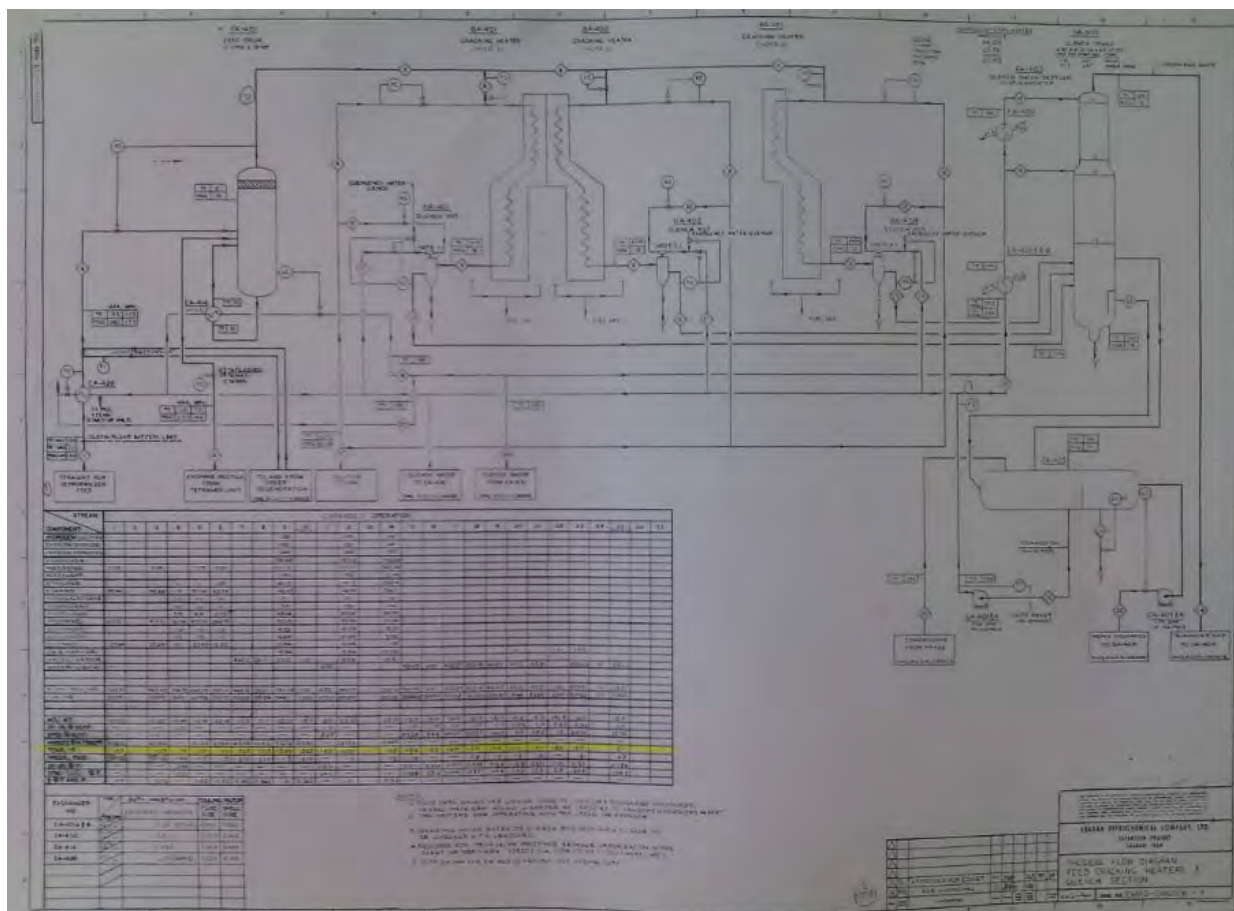
بخار رقیق ساز) نامند. واحد گرم کارخانه الفین مجتمع پتروشیمی آبادان دارای سه کوره ۴۰۱ و ۴۰۲ و ۴۵۱ میباشد که در این مقاله کوره ۴۰۱ مورد تحلیل قرار می گیرد. این کوره مشابه دو کوره دیگر از سه قسمت استاک جهت خروج گازهای حاصل از احتراق و قسمت جابجایی یا اکونومایزر جهت پیشگرم جریان سیال فرایندی یا همان خوراک و قسمت تشعشع کوره که عملیات کراکینگ حرارتی در آن صورت میگیرد که در PFD مربوطه مطابق شکل ذیل جریانها و مقادیر آنها معلوم می باشد و در جدول ذیل مشخصات طراحی و عملیاتی کوره آمده است. خوراک کوره های کارخانه الفین پتروشیمی آبادان گازی و اغلب آن اتان می باشد که جهت رسیدن به راندمان محصول مطلوب این نوع خوراک بسیار مناسب می باشد. جهت جلوگیری از واکنش جانبی پلیمریزاسیون در کوره لذا علاوه بر تزریق بخار آب در ابتدای واکنش باید گاز کراک به سرعت خنک گردد، از اینرو در خروجی از کوره قسمت سرد کننده ای به نام Quinch Pot در نظر گرفته شده که گاز کراک شده در آن با استفاده از بخار آب که به بخار رقیق ساز نیز معروف است از دمای ۱۵۹۹F در جریان ۹ مشخص شده در PFD تا دمای ۶۰۰F در جریان ۱۲ PFD خنک میگردد و در ادامه فرایند در برج ۴۰۱ که به برج Quinch معروف است لذا گاز کراک تا دمای ۱۰۰F خنک می گردد و سپس فرایند فشارافزایی و سپس جداسازی برشهای مختلف در دماهای پایین و نیز انجام واکنش در راکتورها جهت افزایش راندمان محصول مطلوب طی می گردد.

مقدار واقعی	مقدار طراحی	مشخصات
	۶۰۲۲	ظرفیت کوره (kg/H)
۵۱۰۰	۶۰۲۲	دبی سیال فرایندی (kg/H)
۱۱۵-۱۲۰	۹۰	دمای سیال فرایندی ورودی (F)
۱۵۶۵	۱۶۰۰	دمای سیال فرایندی خروجی (F)
۱۱۲۸/۸۹	۱۱۲۸/۸۹	مقدار گرمای جذب شده هر کیلو گرم خوراک (Kcal/Kg)
۸۶۳۱	۸۶۳۱	مقدار حرارت آزاد شده از سوختن یک کیلوگرم سوخت (Kcal/Kg)
۹۰۰	۹۳۶	دبی سوخت (KG/H)

جدول ۱ - مشخصات طراحی و واقعی کوره ۴۰۱ واحد الفین پتروشیمی آبادان



شکل ۱- نمایی از کوره ۴۰۱ واحد ۴۰۰ پتروشیمی آبادان



شکل ۲- PFD کوره ۴۰۱ واحد ۴۰۰ پتروشیمی آبادان

STREAM	EXPANDED OPERATION																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
COMPONENT																												
HYDROGEN SULFIDE									05		105		16															
CARBON DIOXIDE									22		84																	
CARBON MONOXIDE									66		192																	
HYDROGEN									7605		7605		17600															
METHANE	107		709		709	355			1717		1717		34234															
ETHYLENE									1417		1417		2834															
STYRENE	3544		3544	17	3716	4638			4255		4255		847															
METHACYLENE									5		5		10															
PROPYLENE									73		73		146															
PROPANE	413		413	35	35	218			474		474		948															
BUTANE									89		89		178															
PENTANE	2544		2544	21	2145	266			334		334		668															
WATER VAPOR									394		394		788															
WATER LIQUID									462		462		924															
TOTAL MOL. WT.	5438		5438	247	5685	370		612	221		7879	10	652	4639		11040	48105	4791	43151	42314	44667	4751	450	144	48518		2833	
W. F.W.	2273		2273	368	3679	3270		3328	3504		3841	180	1750	2187		3774	82667	12450	77315	76319	80840	866	3766	200	81421		51400	
MOL. WT.	4193		4193	434	416	416		416	416		416	416	416	416		416	416	416	416	416	416	416	416	416	416	416	416	416
SP. GR @ 60°F																												
WGT. @ 60°F																												
WGT. @ 170°F																												
TEMP. °F	135		135	135	135	135			135		135		135															
PRESS. PSIG	135		135	135	135	135			135		135		135															
SP. GR @ 60°F																												
DIN. (LBS) @ F																												
LBS AND P	67		67		67	67			67		67		67															

شکل ۳- PFD کوره ۴۰۱ واحد ۴۰۰ پتروشیمی آبادان

FURNACE: 401		واحد ۴۰۱ Fuel: Fuel gas	
Parameters		Measuring value	استاندارد
O ₂	(%)	8.21	—
CO	(ppm)	10	150
CO ₂	(%)	7.11	—
NO	(ppm)	72	—
NO ₂	(ppm)	3.8	—
NOX	(ppm)	76	350
FT	(°C)	415.5	—
SO ₂	(ppm)	< 5	800
H ₂ S	(ppm)	2.9	7.2
C _x H _y	(ppm)	< 10	نمونه ۱
H ₂	(ppm)	8	—
Eff	(%)	72.4	—
E.Air	(%)	56.6	—
AT	(°C)	38.8	—
Loss	(%)	27.6	—
C(CO)	(ppm)	15	150
C(NO)	(ppm)	102	—
C(NOX)	(ppm)	107	350
C(SO ₂)	(ppm)	< 5	800
C(H ₂ S)	(ppm)	4.1	7.2
O ₂ ref	(%)	3.0	—
CO ₂ max	(%)	11.9	—
Velocity	(m/s)	7.8	—
Flow	(m ³ /h)	7935.2	—

شکل ۴ - نتایج آزمایشگاهی گاز خروجی از استاک کوره ۴۰۱ واحد الفین پتروشیمی آبادان

نوع سوخت	مکش اجباری (درصد)	مکش طبیعی (درصد)
سوخت گازی	10-15	15-20
سوخت مایع	15-20	20-25
سوخت مایع سنگین	20-25	25-30

جدول ۲- مقادیر شاخص هوای اضافی مورد استفاده در کوره با سوخت متفاوت

۳- محاسبه میزان انرژی حرارتی خارج شده توسط گازهای حاصل از احتراق:

از آنجاییکه نتایج آزمایشگاهی آنالیز مولی حاصل در جدول ۲ آمده است و با عنایت به اینکه هوای اضافی در کوره با توجه به نتایج شکل ۴ بین ۵۰٪ تا ۶۰٪ است لذا بطور میانگین میزان هوای اضافی در داخل کوره ۵۵٪ در نظر گرفته میشود. که با توجه به رابطه

$$Q_L = MC_p \Delta T = \rho Q C (T_s - T_{\text{ambient}})$$

و از آنجاییکه ظرفیت گرمایی ویژه و چگالی گازهای حاصل از احتراق برابر $C = 0.2647 \text{ btu/lb. f}$ و مقدار $\rho = 0.0428 \text{ lb/ft}^3$ میباشد و نیز دمای گازهای حاصل از احتراق ورودی به $f = 765$ است و دمای محیط 104 f میباشد لذا با گازهای خروجی احتراق خواهیم داشت. با اندازه گیری دبی حجمی گازهای حاصل از احتراق خروجی از کوره میتوان Q_L را بدست آورد در این حالت با داشتن مقدار M می توان ρQ را بدست آورده و در رابطه $Q_L = M C \Delta T$ گذاشته و مقدار Q_L بدست می آید.

$$Q_L = MC \Delta T$$

$$Q_L = 0.684 \text{ Kg/m}^3 * 7935.2 \text{ m}^3/\text{hr} * 1.103 \text{ kj/kg.c} (407c - 40c) = 2197129 \text{ kj/hr} = 524875 \text{ kcal/hr}$$

که اگر با استفاده از راهکارهای فرایندی مشروح در قسمت بعدی این مقدار تا دمای ورودی دودکش $150c$ تا $200c$ کاهش یابد میتوان میزان زیادی از انرژی گرمایی را که هم اکنون اتلاف می شود به سیستم باز گرداند که این مقدار برابر است با :

$$Q_L = MC \Delta T$$

$$Q_L = 0.684 \text{ Kg/m}^3 * 7935.2 \text{ m}^3/\text{hr} * 1.103 \text{ kj/kg.c} (407c - 150c) = 1457610.6 \text{ kj/hr} = 348211 \text{ kcal/hr}$$

$$348211 \text{ kcal/hr} * 24 = 8357064 \text{ kcal/day}$$

$$8357064 \text{ kcal/day} / 1400000 \text{ kcal/bbl} = 5.97 \text{ bbl/day}$$

نکته دیگر که در اینجا حائز اهمیت میباشد آنست که دمای گازهای حاصل از احتراق را نمیتوان بیش از **100C** کاهش داد چرا که به دمایی کمتر از نقطه شبنم گازهای اسیدی خواهیم رسید که موجب خوردگی دیواره داخلی دودکش می شود. در محاسبه سالانه میزان 3274 بشکه نفت به نفع مجتمع خواهد بود که در صورت قیمت هر بشکه $50 \$$ میزان $163702 \$$ در سال صرفه جویی اقتصادی داریم که اگر در محاسبات هر دلار را 3000 تومان فرض کنیم لذا معادل 491107500 تومان می شود.

۴- بهینه سازی صورت گرفته :

۴-۱- استفاده از اکونومایزر برای بازیابی حرارت:

اکونومایزر دستگاهی است که حرارت را از گازهای حاصل از سوخت به آب خوراک ورودی منتقل می کند و بدین وسیله مصرف سوخت کوره را کاهش می دهد. گازهای حاصل از سوخت که وارد دودکش می شوند و دمایی بالاتر از 100 C وارد اکونومایزر شده و انرژی خود را با استفاده از افزایش سطح انتقال حرارت بکمک فینها به سیال دیگر انتقال می دهند. معمولا به ازای هر 40F کاهش دمای گازهای حاصل از سوخت، بازده کوره یک درصد افزایش می یابد. با استفاده از اکونومایزر با بازیافت حرارت، سوخت مورد نیاز از ۵ تا ۱۰ درصد کم می شود و مدت زمان برگشت سرمایه حدود دو سال است. جدول زیر مثالی از پتانسیل بازیافت حرارت را نشان می دهد.

Initial Stack Gas Temperature, °F	Recoverable Heat, MBtu/hr			
	Boiler Thermal Output, MBtu/hr			
	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
۴۰۰	۱/۳	۲/۶	۵/۳	۱۰/۶
۵۰۰	۲/۳	۴/۶	۹/۲	۱۸/۴
۶۰۰	۳/۳	۶/۵	۱۳/۰	۲۶/۱

*سوخت: گاز طبیعی با ۱۵ درصد هوای اضافی و دمای دودکش ۲۵۰°F

جدول ۳- حرارت قابل بازیافت از گازهای حاصل از سوخت

جهت بهینه سازی فرآیند، بعد از اینکه کوره به شرایط تولید مشخص و مورد نیاز رسید، دمای دودکش باید تعیین شود. همچنین باید کورهها سطوح انتقال حرارت تمیز در شرایط بهینه میزان هوای اضافی، کار کند و حداقل دمایی که گازهای دودکش می توانند تا آن دما سرد شوند به نوع سوخت بستگی دارد. این دما برای گازهای طبیعی 250F، برای زغال سنگ و نفت با سولفور کم 300F، و برای نفت های با سولفور بالا 350 F می باشد. این محدوده با توجه به دمای شبنم و خوردگی دودکش بعلت سرد شدن گازها، بدست آمده است.

۲-۴- بهینه سازی کوره جهت کاهش هوای اضافی در حد استاندارد جدول ۲ و سپس استفاده از انرژی حرارتی گازهای حاصل از احتراق:

با عنایت به اینکه گازهای حاصل از احتراق با دمای حدود **407C** وارد **stack** یا همان دودکش می شود لذا استفاده از انرژی گازهای خروجی از دودکش ضروریست و باید در جایی به نام **convectin** یا همان **economizer** عملیات بهینه سازی انرژی در غالب انتقال حرارت جابجایی انجام گردد لذا با استفاده از اکونومایزر می توان از انرژی گازهای حاصل از احتراق استفاده نمود و دمای گازهای حاصل از احتراق را تا نزدیکی دمای نقطه شبنم گاز پایین آورد تا هم از انرژی حاصل از گازهای احتراق استفاده گردد و هم این گازها را با دمای کمتری وارد محیط زیست گردند که صدمه کمتری به میکرو ارگانیسم های موجود در محیط زیست وارد سازند. در عین حال با کاهش میزان هوای اضافی در کوره که جهت احتراق کامل در نوک برنر از آن استفاده گردد و رساندن آن به حد استاندارد می توان میزان گازهای خروجی از دودکش را کاهش داد و از هدر رفت انرژی توسط هوای بیش از حد استاندارد ورودی به کوره نیز جلوگیری کرد که با ارائه راهکارهای فرایندی ذیل میتوان در جهت کاهش هوای اضافی گام برداشت :

- ۱- تمیزکاری صافی برنرها که باید هر یک ماه یکبار برنر باز گردد و بصورت *back wash* هوا با فشار *7bar* تمیزکاری گردد.
- ۲- تنظیم تیپ برنر که در انجام احتراق بهینه و آزاد شدن انرژی سوخت بسیار حائز اهمیت است که در دستورالعمل آن میزان فاصله تیپ برنر از دیواره بیان شده است.
- ۳- تنظیم زاویه برنرها : در بعضی از کوره ها زاویه برنرها با افق در برنرهای قابل تنظیم در حرارت دهی بسیار مهم است که این زاویه جهت حرارت دهی های مختلف متفاوت است.
- ۴- تمیزکاری تیپ برنر: روی سر برنر سوراخ هایی وجود دارد که بعضا گرفته می شود لذا تمیزکاری این سوراخ جهت انجام احتراق بهینه کامل بسیار موثر است.

۵- نتایج و بحث:

با توجه به دیدگاه انتگرالیون فرآیند و مطالعات علمی- تجربی بدون تغییر در اصل فرآیند و با استفاده از راهکارهای فنی و عملیاتی و مهندسی می توان جهت بهبود فرآیند و کاهش هزینه ها و مشکلات بهره برداری گام برداشت.

- ۱- مقدار 83570.46KCAL/H انرژی که در حال حاضر از گازهای حاصل از احتراق خروجی دودکش کوره هدر می رود با استفاده از بهینه سازی انرژی به سیستم باز میگردد که معادل $5/97$ بشکه نفت در روز است.
- ۲- با تنظیمات فرایندی انجام شده در جهت کاهش مصرف هوای اضافی به کوره و رساندن هوای اضافی از 60% به 15% تا 20% معمول استاندارد میزان 83570.46KCAL/H انرژی که در حال حاضر هدر می رود به سیستم باز میگردد.

۶-مراجع:

- ۱- شرح فرایند پتروشیمی آبادان
- ۲- P&ID , PFD پتروشیمی آبادان
- ۳- انتقال حرارت، اصول و کاربرد تألیف دکتر خشنودی - دکتر نوعی جلد ۱ و ۲
- ۴- دوره اپراتوری دیگ بخار از انتشارات مجتمع آموزشی شهید عباسپور

5-Acourse in Power Plant Engineering.By S.C. Arora.

6-Combstion of fossil, Fules.by Combustion engineering

7-Ganapathy, V., "Boiler calculation simplified", Internetsite:<http://vganapathy.trid.com/efficy.html>.

8-"Improve your Boiler's combustion Efficiency

",Internetsite:www.doe.gov/factsheets/steam/pdfs/boiler.pdf.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو
بین المللی و ترند های جستجو