

بهینه سازی نسبت های اجزای تشکیل دهنده بنزین یورو ۴ جهت دستیابی به عدد اکتان استاندارد، با استفاده از روش طراحی ازمایشات (DOE) در شرکت پالایش نفت

کریم آتشگار^۱، علی نکویی^۲

۱- دانشیار- دانشکده مهندسی صنایع- دانشگاه صنعتی مالک اشتر- تهران- ایران

Email:atashgar@iust.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد- دانشکده مهندسی صنایع- دانشگاه صنعتی مالک اشتر - تهران- ایران

Email:a.nekooei@gmail.com

چکیده: در شرکت های پالایش نفت پس از تقطیر نفت خام در برج های تقطیر اتمسفری ، و تولید برش های مختلف از نفت خام، با استفاده از ترکیب اجزای مختلف ، بنزین با عدد اکتان مناسب تولید می شود. معیار عدد اکتان برای مشخص کردن کیفیت احتراق سوخت موتورهای درون سوز به کار می رود . برای مخلوط کردن درصدهای معینی از برش های مختلف حاصل از تقطیر نفت خام، جهت به دست اوردن بنزین با عدد اکتان مناسب ، روشهای محدودی در دسترس است که اغلب انها زمان بر و گرانقیمت هستند. در این تحقیق با استفاده از روش Mixture Design در تعیین ترکیب اجزای تولید بنزین یورو ۴ با اکتان مطلوب ، نشان داده می شود که این رویکرد می تواند جایگزین روش سنتی باشد و بهره وری را افزایش دهد. روش سنتی موجود مبتنی بر محاسبات نسبتاً پیچیده است ، که به تجربیات شخصی نیز وابستگی دارد . در این مطالعه، روش پیشنهادی جهت تعیین نسبتهای مطلوب از ۷ جزء تولیدی در شرکت پالایش نفت جهت تولید بنزین یورو ۴ اجرا شده است که نتایج حاصل ، گویای کاربرد مناسب این روش جهت تعیین درصدهای معین اجزای تشکیل دهنده بنزین و رسیدن به هدف کاهش زمان و صرفه جویی در انجام تعداد ازمایشات می باشد.

واژه های کلیدی: Mixture Design, DOE, عدد اکتان، شرکت پالایش نفت، بهینه سازی

۱. مقدمه

۲. مدل پیشنهادی

طراحی آزمایشها یکی از قوی ترین فنون بهبود کیفیت و افزایش بهره وری است. در این شیوه از طریق انجام برخی آزمایش‌ها، آگاهانه تغییراتی در فرایند یا سیستم اعمال می‌شود تا تاثیر آنها در ویژگی‌های عملکردی یا پاسخ فرایند یا سیستم به آنها، مورد بررسی قرار گیرد. طراحی آزمایش مخلوط‌ها (Mixture design) یکی از روش‌های بهینه سازی است که در واقع یک گروه خاص از آزمایشات سطح پاسخ محسوب می‌شوند که در انها محصول تحت مطالعه از چندین جزء تشکیل شده است. از روش‌های مختلف DOE در فرایندهای تولید مواد شیمیایی به Extreme vertices design در تولید ماده شیمیایی methylal با درصدهای معین از مواد شامل متانول، فرمالین و کاتالیست که دارای ۳ جزء باشد بهره گرفته شده است [5]. همچنین از سایر روش‌های DOE در بهینه سازی فرایند تولید مواد تشکیل دهنده بنزین با دو نوع کیفیت عرضه می‌شود. یکی اصطلاحاً معمولی و دیگری سوپر نامیده شده است. عموماً تمامی خودروهای جدید نیازمند سوخت با اکتان بالا (سوپر) می‌باشند. مواد نفتی و فراورده‌های پالایشگاه در مخزن‌های گوناگون انبارمی شود، سپس حجم‌های مشخصی از مواد نفتی برابر محاسباتی که به وسیله برنامه Rizzi پالایش انجام می‌شود، به مخزن‌های امتراج^{*} منتقل و پس از امیختگی و افزوده شدن مواد افزودنی، به فراورده‌های نهایی تبدیل می‌شوند [4]. تعیین درصدهای حجمی مناسب اجزای تولیدی به طوریکه عدد اکтан مخلوط مطابق استاندارد باشد و همزمان مسائل زیست محیطی نیز رعایت شود، فرایندی زمانبر، پر هزینه و دارای محاسبات سنتی نسبتاً پیچیده ای است. عدد اکтан را می‌توان به دو روش تعیین کرد: روش پژوهشی (RON)[†] و روش موتور (MON)[‡]. عدد اکтан بدست امده از روش پژوهش است در این پژوهش سعی شده است تا با بکارگیری روش طراحی آزمایشات (DOE) در فرایند مخلوط سازی اجزای بنزین یورو ۴ تولیدی در یکی از شرکت‌های پالایش نفت ایران قدمی در راستای دستیابی به نتایج مطمئن تر، صرفه جویی در زمان، کاهش قابل ملاحظه در تعداد آزمایشات مخلوط سازی بنزین و از همه مهمتر تعیین نقطه بهینه نسبت‌های مطلوب اجزای مخلوط با توجه به تغییر دلخواه در میزان متغیر پاسخ (در اینجا عدد اکтан بنزین) برداشته شود.

همچنانکه تقاضای جهانی برای اتومبیل‌های باکیفیت در حال افزایش است، تقاضا برای انرژی مناسب جهت حمل و نقل نیز در حال افزایش می‌باشد. یکی از نگرانی‌های اصلی و عوامل محدود کننده در صنعت خودرو پدیده ضربه موتور است [۱]. ضربه موتور (knock) زمانی که مراحل سوخت و ساز در موتور درست نباشد به وجود می‌اید. حال در صورت ظهور پدیده Knock قبل از رسیدن پیستون به بالاترین وضعیت، انفجار به صورت زودهنگام (بدون جرقه شمع‌ها) صورت می‌گیرد و فشار بسیار زیادی بر روی پیستون اعمال می‌شود که در نتیجه پیستون به دیواره‌ی سیلندر ضربه می‌زند و باعث تولید آوایی نامطلوب می‌شود [2]. کیفیت بنزین با عدد اکтан آن سنجیده می‌شود [3]. در کشور ایران بنزین با دو نوع کیفیت عرضه می‌شود. یکی اصطلاحاً معمولی و دیگری سوپر نامیده شده است. عموماً تمامی خودروهای جدید نیازمند سوخت با اکتان بالا (سوپر) می‌باشند. مواد نفتی و فراورده‌های پالایشگاه در مخزن‌های گوناگون انبارمی شود، سپس حجم‌های مشخصی از مواد نفتی برابر محاسباتی که به وسیله برنامه Rizzi پالایش انجام می‌شود، به مخزن‌های امتراج^{*} منتقل و پس از امیختگی و افزوده شدن مواد افزودنی، به فراورده‌های نهایی تبدیل می‌شوند [4]. تعیین درصدهای حجمی مناسب اجزای تولیدی به طوریکه عدد اکтан مخلوط مطابق استاندارد باشد و همزمان مسائل زیست محیطی نیز رعایت شود، فرایندی زمانبر، پر هزینه و دارای محاسبات سنتی نسبتاً پیچیده ای است. عدد اکтан را می‌توان به دو روش تعیین کرد: روش پژوهشی (RON)[†] و روش موتور (MON)[‡]. عدد اکтан به روش موتور برای یک سوخت، همیشه کمتر از عدد اکтан بدست امده از روش پژوهش است در این پژوهش سعی شده است تا با بکارگیری روش طراحی آزمایشات (DOE) در فرایند مخلوط سازی اجزای بنزین یورو ۴ تولیدی در یکی از شرکت‌های پالایش نفت ایران قدمی در راستای دستیابی به نتایج مطمئن تر، صرفه جویی در زمان، کاهش قابل ملاحظه در تعداد آزمایشات مخلوط سازی بنزین و از همه مهمتر تعیین نقطه بهینه نسبت‌های مطلوب اجزای مخلوط با توجه به تغییر دلخواه در میزان متغیر پاسخ (در اینجا عدد اکтан بنزین) برداشته شود.

^{*} Blending[†] RESEARCH OCTANE NUMBER[‡] MOTOR OCTANE NUMBER



یورو ۴ با عدد اکتان مورد نظر دست یابنداز انجاییکه فرایند مخلوط سازی و پیش بینی نسبت معین از هر کدام از برش ها بصورت سنتی به روش تصادفی و ازمون و خطا صورت می گیرد، لذا در این مطالعه روش طراحی Mixture Design از ایشات (DOE) ** با توجه به کاربرد وسیع آن در فرایندهای مخلوط سازی صنایع مختلف، به عنوان روشی مناسب جهت جایگزینی روش سنتی به منظور پیش بینی نسبت های معین هر یک از ۷ جزء تشکیل دهنده بنزین یورو ۴ با عدد اکтан مناسب پیشنهاد گردید. پس از RUN کردن هر یک از ایشات پیشنهادی توسط نرم افزار که درصدهای معین هریک از ۷ جزء را مشخص نموده بود، عدد اکтан حاصل به عنوان متغیر پاسخ هر ایشات در نرم افزار ثبت گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده ها (نسبت درصد هر یک از اجزا مخلوط) جهت تولید بنزین کفايت مدل را تایید نمود. در نهایت نقطه بهینه درصد هر یک از اجزای تشکیل دهنده بنزین با توجه به تعریف حدود بالا و پایین عدد اکтан مورد نظر محاسبه گردید، که به عنوان حدود کنترل جهت پایش تولید بنزین یورو ۴ با عدد اکтан قابل توزیع و مصرف در مجاری عرضه فراورده های نفتی پیشنهاد می گردد. لازم به ذکر است که یکی از مهمترین مزیتهای استفاده از این روش از طراحی ایشات و تعریف اجزای مخلوط دسترسی به نقطه بهینه با تغییر در پاسخ مورد نظر (در اینجا عدد اکтан) و انتخاب درصد بهینه اجزای مخلوط می باشد.

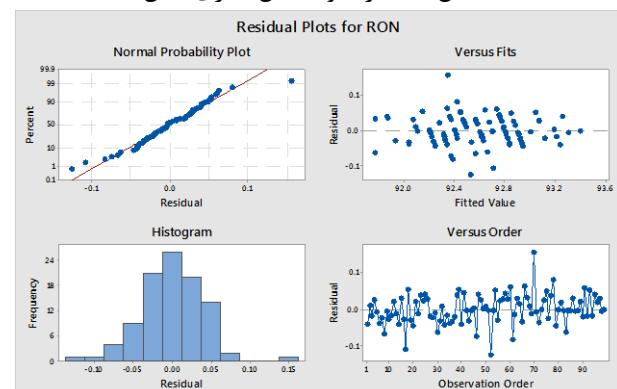
تجزیه و تحلیل هر یک از نمودارهای فوق نشان دهنده تصادفی بودن مدل است. پاسخ های به دست آمده با شرایط واقعی حاصل از انجام ایشات و نتایج حاصل از ازمون و خطا های متعدد در شرکت مذکور، گویای اثر بخشی بکارگیری روش طراحی ایشات در بهینه سازی فرایند مخلوط سازی اجزای متعدد بنزین می باشد.

با توجه به اهمیت حداکثر مجاز برخی از ترکیبات موجود در بنزین از جمله درصد بنزن، اروماتیک و اولفین، پیشنهاد می گردد با توجه به قابلیت بالای روش طراحی ایشات MIXTURE نسبت به تعریف حدود مجاز سایر پاسخ ها (درصد بنزن، اروماتیک و ...) در کنار عدد اکтан مورد نظر نسبت به تحقیقات ای اقدام شود.

بکارگیری روش طراحی رئوس حدی (Extreme vertices design) یکی از روش های (Mixture Design) در صدد است نسبت به ارائه طرح بهینه سازی درصدهای مناسب از اجزای مخلوط برای تولید بنزین یورو ۴ با عدد اکтан استاندارد، حداقل (RON=92) (Acdam گردد).

در نرم افزار مینی تب و دیزاین اکسپرت در بخش بهینه سازی MIXTURE طراحی ایشات (DOE) و از زیر شاخه DESIGN نسبت به تعریف هفت جزء اصلی مخلوط مورد نظر جهت تولید بنزین یورو ۴ اقدام و با توجه به میزان تولید محصولات مذکور و همچنین با توجه به محدودیت تولید، نسبت به تعریف حد بالا و پایین اجزا در روش طراحی رئوس حدی اجزای مخلوط بنزین در پالایشگاه شامل مواد، ۱-پلات فرمیت (PLAT.F)، HCG-۳، LCG-۲، ۴-ری فرمیت (ISO.M)، ۵-ایزو مریت (RE.F) و ۶-لایت نفتا (LIN) هوی نفتا (H.N) (Acdam شد. با توجه به تعداد زیاد اجزای موثر در تولید بنزین یورو ۴ در پالایشگاه آلفا، تعداد ۹۹ آیشات با درصدهای مختلف هفت جزء موثر توسط نرم افزار پیشنهاد شد که پس از انجام ایشات در ایشگاه مرکزی و تطابق پاسخ (RON) دریافتی با محاسبات مورد نظر بر اساس روش محاسبات شاخص درجه ارام سوزی تحقیق (طبق استانداردهای ASTM و با لحاظ نمودن شاخص RON) هر یک از هفت جزء مخلوط بنزین یورو ۴، پاسخ به دست آمده مربوط به هریک از RUN های پیشنهادی درج گردید. شکل ۱ تجزیه و تحلیل آماری تایید مدل را نشان می دهد.

شکل ۱: تجزیه و تحلیل آماری مدل



۳. نتیجه گیری

در شرکت پالایش نفت مورد مطالعه، جهت دستیابی به بنزین یورو ۴، تعداد ۷ برش تولیدی حاصل از تقطیر نفت خام و سایر فرایندها را با درصدهای معین مخلوط می نمایند تا به بنزین

۴- مراجع

[1].Andrae, J. C. G., Björnbom, P., Cracknell, R. F., & Kalghatgi, G. T. (2007). Autoignition of toluene reference fuels at high pressures modeled with detailed chemical kinetics.

[2].Andrae, J. C. G., Brinck, T., & Kalghatgi, G. T. (2008). HCCI experiments with toluene reference fuels modeled by a semidetailed chemical kinetic model. *Combustion and Flame*, 155(4), 696-712.

[3].de Paulo, J. M., Barros, J. E. M., & Barbeira, P. J. S. (2016). A PLS regression model using flame spectroscopy emission for determination of octane numbers in gasoline.

[۴].زاد، ت. ک. (۱۳۸۵)، اصول پالایش نفت خام (پ.س. دینانی،

شرکت ایران چاپ

[5]Doglas c. Montgomery.Design and analysis of experiments-Eighth edition(2013)

[6].Badra, J. A., Bokhumseen, N., Mulla, N., Sarathy, S. M., Farooq, A., Kalghatgi, G., & Gaillard, P. (2015). A methodology to relate octane numbers of binary and ternary n-heptane, iso-octane and toluene mixtures with simulated ignition delay times. *Fuel*, 160, 458-9