فصلنامه
سیاست‌نامهٔ علم و فناوری
دورهٔ ۱۰ شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۹

بازآفرینی فناورانهٔ صنعت پالایش نفت ایران، ارائهٔ راهکارهای فناورانه برای رقابت‌پذیری

رضا بندریان[۱]

چکیده

پالایشگاه‌های نفت ایران از نظر رقابت‌پذیری به‌شدت در تنگنا قرار دارند و گزینهٔ اصلی برای رفع آن بازآفرینی فناورانه است. اولین گام در این راه، تعیین نیازمندی‌های فناورانه است. در گذشته محور اصلاحات صنعت پالایش، افزایش تولید بنزین بود؛ درحالی‌که تولید بنزین کشور در آینده‌ای نزدیک به دو برابر مصرف خواهد رسید. در این مقاله، با درنظرگرفتن تحولات فناورانه در صنعت انرژی، راهکارهایی برای بازآفرینی صنعت پالایش ایران پیشنهاد شده است. دو محور اصلی بازآفرینی صنعت پالایش نفت ایران عبارت‌اند از: ۱. کاهش ته‌ماند تولیدی پالایشگاه‌ها و تبدیل آن‌ها به محصولات میان‌تقطیر؛ ۲. کاهش سطح گوگرد ته‌ماند تولیدی پالایشگاه‌ها؛ درنتیجه فناوری‌های هزینهٔ اثربخشِ ارتقای ته‌ماند (هیدروکراکینگ بستر دوغابی) به همراه ککینگ تأخیری، گزینهٔ اصلی برای بازآفرینی صنعت پالایش خواهند بود. با توجه به دردسترس‌نبودن فناوری‌های هیدروکراکینگ بستر دوغابی، می‌توان این راهکار را با ترکیب دو فناوری ککینگ تأخیری و فناوری هیدروکراکینگ بستر ثابت (ISOMAX) موجود در پالایشگاه‌های نفت ایران اجرا کرد؛ بنابراین استفادهٔ هم‌زمان از دو فناوری ککینگ تأخیری و هیدروکراکینگ بستر ثابت، ترکیبی مناسب است که قابلیت اجرا برای ارتقای ته‌ماند را دارد.

واژگان کلیدی: بازآفرینی صنعت پالایش نفت، رقابت‌پذیری فناورانه، راه‌حل فناورانه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۷

مقدمه

صنعت پالایش نفت به‌منزلهٔ یک کسب‌وکار، برای زنده و پایدارماندن، باید متوسط حاشیه سود[۲] آن در بلندمدت، علاوه بر پوشش هزینه‌های عملیاتی، منابع مالی لازم برای سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز را، با هدف نوسازی و بازآفرینی خود، فراهم کند (Fuente and Mur, 2016).

بررسی‌ها نشان می‌دهد حاشیهٔ سود انواع پالایشگاه‌های ساده،

---

۱. استادیار گروه توسعهٔ کسب‌وکار، دپارتمان مدیریت فناوری، پژوهشگاه صنعت نفت؛ Bandarianr@ripi.ir

۲. منظور از حاشیهٔ سود، در اینجا، حاشیهٔ سود پالایش (Refining Margin) یا همان حاشیهٔ پالایش است. «حاشیهٔ سود پالایشی» تفاوت قیمت خوراک پالایشگاه با ارزش سبد محصولات آن و همچنین ابزاری برای ارزیابی وضعیت سوددهی پالایشگاه‌ها در جهان است. این شاخص همان «سود ناخالص» در هر بشکه نفت خوراک است و بنابراین شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی و... نمی‌شود.

در دامنهٔ قیمت‌های منطقی نفت (میانگین ۶۰ دلار برای هر بشکه)، اغلب منفی و برای پالایشگاه‌های پیچیده، به‌طور متوسط (بسته به پیچیدگی‌شان) بین ۱/۵ تا ۸ دلار، به‌ازای هر بشکه و برای پالایشگاه‌های بسیار پیچیده نیز به‌طور متوسط درحدود ۱۵دلار، به‌ازای هر بشکه است. براین‌اساس، پالایشگاه‌های ساده در اغلب اوقات زیان‌ده‌اند (خادم صمیمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Cross et al., 2013; IHS Markit, 2019).

درحال حاضر، پالایشگاه‌هایی که میزان درخور توجهی نفت کوره تولید می‌کنند و برای ارتقای ته‌ماند نفت به محصولات باارزش‌تر (میان‌تقطیر) مشکلی ندارند با دو گزینهٔ دشوار روبه‌روی‌اند:

۱) سرمایه‌گذاری در راه‌حل‌های فناورانهٔ اثبات‌شده در مقیاس تجاری و قابل‌اعتماد برای تبدیل نفت کوره با گوگرد بالا به محصولات مایع باارزش‌تر، ازجمله گازوئیل یورو ۵، به‌منظور بهبود قابل‌توجه حاشیهٔ سود پالایشگاه؛

۲) تهدید به تعطیل‌شدن پالایشگاه؛ زیرا ادامه‌دادن به عملیات کاملاً غیراقتصادی است (مدنیان و همکاران، ۱۳۹۶؛ Fuente and Mur, 2016).

در وضعیت فعلی، پالایشگاه‌های ایران در ردهٔ ساده طبقه‌بندی می‌شوند؛ چراکه سهم نفت کوره در این پالایشگاه‌ها، بیش از میانگین جهانی و به‌مراتب بیش از کشورهای توسعه‌یافته است. نفت کورهٔ تولیدشده در پالایشگاه‌های کشور، حدود دو برابر میانگین جهانی است.[1] پالایشگاه‌های ایران از نظر حاشیهٔ سود به‌شدت در تنگنا قرار دارند و اغلب غیرسودآور و بعضاً هم ضرر‌ده‌اند.[2] براین‌اساس و با توجه به زیان‌ده‌بودن پالایشگاه‌های کشور، هیچ انگیزه‌ای برای سرمایه‌گذاری در صنعت زیان‌ده با حاشیهٔ سود بسیار اندک وجود ندارد (موسوی و میرجلیلی، ۱۳۹۳).

براساس مادهٔ ۵۹ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های ایران تا سال ۱۴۰۴ باید از ۲۸ درصد به زیر ۱۰ درصد برسد و کل محصولات، با استاندارد حداقل یورو ۴ مطابق شود. بنابراین، اصلاح فرایند و ارتقای پالایشگاه‌های نفت کشور، ازجمله آبادان، اصفهان، تبریز، تهران و بندرعباس برای کاهش تولید نفت کوره به ۱۰ درصد و تطابق محصولات پالایشگاه‌ها با یورو ۴ الزامی قانونی است (قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، ۱۳۸۹).

یکی از مهم‌ترین عواملی که در حاشیهٔ سود پالایشی و رقابت‌پذیری صنعت پالایش نقش تعیین‌کننده‌ای دارد، سطح فناوری و پیکربندی انواع فرایندهای پالایشی است. در صنعت پالایش، به فناوری از دو جنبه توجه می‌شود:

۱. قدرت انعطاف‌پذیری دربرابر مصرف نفت خام خوراک متنوع؛

۲. ارتقای قابلیت تطبیق با الگوهای تولید فراورده، متناسب با تحول‌های فصلی مصرف انواع فراورده‌ها.

درواقع هرچه فناوری پیچیده‌تر و دربرگیرندهٔ فرایندهای تبدیلی و تصفیه‌ای بیشتر از ظرفیت‌های تقطیری باشد، به انعطاف‌پذیری پالایشگاه در مصرف خوراک و استفاده از نفت خام‌های سنگین منجر می‌شود. از سوی دیگر، پالایشگاه با تحولات فصلی امکان تغییر الگوی تولید خود را خواهد داشت و با شدت رقابت در بازار، به‌ویژه در تأمین نفت خام‌های سبک و شیرین، امکان تعدیل و انعطاف لازم را دارا خواهد بود. برعکس، هرچه فناوری پالایشگاه‌ها ساده‌تر باشد، این قابلیت انعطاف، از هر دو سوی ورودی (خوراک) و خروجی (محصول) کمتر و درنتیجه ضریب بهره‌برداری[3] پالایشگاه کمتر و شرایط اقتصادی پالایشگاه نیز دشوارتر خواهد بود (Fuente and Mur, 2016).

علت اصلی پایین‌بودن حاشیهٔ سود پالایش در صنعت پالایش ایران، پایین‌بودن سطح فناوری این صنعت در کشور است. ازاین‌رو، ارتقای رقابت‌پذیری فناورانهٔ این واحدها اولین گام برای رشد اقتصادی و سودآورکردن آن‌هاست.[4]

افزایش کارایی صنایع پالایشگاهی عاملی مؤثر در افزایش تولید از راه ارتقای فناوری‌های پالایشی است که قابلیت دسترسی دارند. به این منظور، بازآفرینی پالایشگاه‌ها، خلق قابلیت پالایش انواع نفت خام، ازجمله نفت فوق‌سنگین و شکست مولکولی ته‌ماند سنگین و تبدیل آن به فراورده‌های سبک می‌تواند بستر بهره‌برداری بیشتر از صنایع پالایشگاهی را فراهم کند (موسوی و میرجلیلی، ۱۳۹۳).

با وجود محدودیت‌های صنعت پالایش (مانند محدودیت مالی و عملیاتی)، تصمیم‌گیری دربارهٔ بازآفرینی پالایشگاه‌های موجود، با هدف رقابت‌پذیرکردن آن‌ها وهمچنین تصمیم‌گیری دربارهٔ احداث پالایشگاه‌های جدید، با توان رقابت بین‌المللی، به بررسی‌های جامع درمورد فناوری‌های استفاده‌شده از فراورده‌های نفتی در چارچوب نیازهای بازار داخلی و بین‌المللی نیازمند است. به‌نظر می‌رسد اولین گام برای رقابت‌پذیرکردن پالایشگاه‌های کشور، تعیین نیازمندی‌های فناورانه برای نوسازی و بازآفرینی صنعت پالایش کشور است.

---

۱. نکتهٔ مهم آنکه نفت کوره (به‌ویژه با گوگرد بالایی که در نفت کورهٔ تولیدی ایران وجود دارد) با قیمتی بسیار کمتر (درحدود ۳۰ درصد کمتر) از نفت خام به فروش می‌رسد.

۲. حاشیهٔ سود پالایشگاه‌های نفت کشور، اگر تخفیف ۵ درصد نفت خام خوراک نباشد، منفی است؛ البته خوراک نیز با هزینهٔ دولت، حمل و به پالایشگاه‌ها تحویل داده می‌شود.

۳. یکی از علل رقابت‌ناپذیری صنعت پالایش در سطح جهانی، ضریب بهره‌برداری ۸۵ درصد از ظرفیت موجود آن‌هاست که این بحث در صنعت پالایش ایران موضوعیت ندارد؛ چراکه اکثر پالایشگاه‌های نفت ایران با ظرفیت عملی فراتر از ظرفیت اسمی فعالیت دارند.

۴. به‌جز سه پالایشگاه نفت شیراز، لاوان و کرمانشاه، که ظرفیت کمتر از ۶۰ هزار بشکه در روز را دارند، و اولین گام ارتقای ظرفیت آن‌ها به دامنهٔ اقتصادی ظرفیت پالایشگاه، در حدود ۱۵۰ هزار (دست‌کم ۱۰۰ هزار) بشکه در روز است.

۱. رقابت‌پذیری صنعت پالایش ایران

تداوم در کسب‌وکار با رقابت‌پذیری بنگاه حاصل می‌شود. منظور از رقابت‌پذیری[1] وضعیتی است که بنگاه را قادر می‌سازد بیشتر از رقبا ارزش اقتصادی خلق کند و درنتیجه در بازارهای داخلی یا بین‌المللی عملکردی بالاتر از سطح متوسط رقبا داشته باشد. رقابت‌پذیری مفهومی چندبعدی است مشتمل بر توانمندی‌ها، استفادهٔ کارا از عوامل تولید و منابع طبیعی و افزایش بهره‌وری (بندریان، ۱۳۹۸الف).

با توجه به اینکه فناوری به عنصری محوری، به‌منظور کسب مزیت رقابتی برای پالایشگاه‌های نفت تبدیل شده است (به‌ویژه برای پالایشگاه‌هایی که در بازار جهانی رقابت می‌کنند و خواستار بهبود مداوم فرایند و محصولاتشان‌اند)، محور رقابت‌پذیری در صنعت پالایش، رقابت‌پذیری فناورانه است. رقابت‌پذیری فناورانه دو جنبه را دربر می‌گیرد:

۱) رقابت‌پذیری در حوزهٔ فناوری: ظرفیت و توانایی بنگاه برای حفظ یا تقویت سهم فناوری سودآور خود؛

۲) رقابت‌پذیری با منشأ فناوری: ظرفیت و توانایی بنگاه برای حفظ و تقویت سوددهی خود از راه فناوری (بندریان، ۱۳۹۸ب).

کدام نوع از رقابت‌پذیری فناورانه در صنعت پالایش ایران، با توجه به شرایط موجود، دست‌یافتنی است؟

پژوهش و فناوری، به‌منزلهٔ راهبردی برای توسعهٔ فناوری در صنعت پالایش ایران، پتانسیل چندانی ندارد؛ زیرا پژوهش و خلق فناوری‌های جدید نیازمند سرمایه‌های مالی و انسانی است و اگر بنگاهی در این زمینه‌ها منافع کافی نداشته باشد، موفقیتی در حوزهٔ پژوهش و فناوری و حصول به دستاوردهای فناورانه کسب نخواهد کرد. بنگاهی که بخواهد در این حوزه موفق باشد، علاوه‌بر منابع مالی و انسانی، باید محیط مناسب (یا همان نهادها و فرهنگ لازم برای نوآوری) را نیز در اختیار داشته باشد.

براساس ارزیابی وضعیت توان پژوهش و فناوری در صنعت پالایش ایران، گفتنی است که هدف از رقابت‌پذیری فناورانه در این صنعت، رقابت‌پذیری با منشأ فناوری است؛ چراکه رقابت‌پذیری در حوزهٔ فناوری، نیازمند توانمندی‌های پژوهش و فناوری و توجه ویژه به خلق دانش و فناوری، به‌منزلهٔ منشأ اصلی مزیت رقابتی، است. در شرایط موجود، صنعت پالایش ایران چنین وضعیتی ندارد و در کوتاه‌مدت فقط رقابت‌پذیری فناورانه در این صنعت از راه رقابت‌پذیری با منشأ فناوری قابلیت اجرا و پیگیری دارد (همان‌جا).

به‌منظور بررسی راهکارهای فراهم‌کنندهٔ رقابت‌پذیری فناورانه در صنعت پالایش، نخست لازم است مفهوم عینی رقابت‌پذیری در صنعت پالایش تبیین شود. در ادامه به تبیین مفهوم عینی رقابت‌پذیری در صنعت پالایش پرداخته می‌شود.

براساس شواهد موجود و تبیین مفهوم رقابت‌پذیری در صنعت پالایش، مفهوم عینی رقابت‌پذیری در صنعت پالایش عبارت است از اینکه پالایشگاه، صرف‌نظر از خوراک آن، بتواند ۸۵ درصد از فراورده‌های تولیدی خود را در دامنهٔ محصولات میان‌تقطیر[2] (بنزین، گازوئیل و سوخت جت) قرار دهد؛ یعنی صرف‌نظر از سایر عوامل (نوع خوراک ورودی، مقیاس و ظرفیت پالایشگاه، محل استقرار، دسترسی به خوراک و بازار مصرف، میزان پیچیدگی و...)، ۸۵ درصد از محصولات خروجی خود را در حوزهٔ سه محصول بنزین، گازوئیل و سوخت جت قرار دهد که فوق‌کم گوگرد[3] باشند و بنزین و گازوئیلشان استاندارد یورو ۵ داشته باشند (Shore, 2014).

۲. تحلیل وضعیت رقابت‌پذیری صنعت پالایش نفت ایران

در جدول ۱، الگوی پالایشی ایران در سال ۱۳۹۰ با برخی از کشورهای جهان مقایسه شده است. براساس یافته‌های جدول ۱، سهم تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های ایران، بیش از دو برابر مقدار مشابه جهانی و برابر ۲۸/۲ درصد است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد پالایشگاه‌های ایران، از نظر تولید فراورده‌های با ارزش افزودهٔ بالا، ضعیف است.

این درحالی است که با توجه به تفاوت ارزش این فراورده‌ها، اصلاح الگوی پالایشی کشور و افزایش سهم تولید فراورده‌های سبک تأثیر درخور توجهی در رقابت‌پذیری پالایشگاه‌های کشور خواهد داشت. بررسی‌ها نشان می‌دهد که درصورت تطابق الگوی پالایشی کشور، حداقل با الگوی پالایشی جهان، انتظار می‌رود ارزش افزودهٔ پالایشگاه‌های کشور دو برابر شود.

مقایسهٔ کمّی الگوی پالایشگاهی ایران با جهان (و نه کشورهای پیشرفته)، بدون درنظرگرفتن تفاوت کیفی محصولاتشان، نشان می‌دهد که ایران در تولید فراورده‌های سبکی مانند گازوئیل، فاصلهٔ زیادی با الگوی جهانی ندارد، اما سهم فراورده‌هایی مانند بنزین در سبد فراورده‌های نفتی پالایشگاه‌های ایران (۱۷/۳ درصد)، از الگوی جهانی (۲۳ درصد) کمتر است. ضمن اینکه تولید بنزین در کشورهای پیشرفته‌ای مانند آمریکا و کانادا به‌ترتیب ۴۰/۷۲ و ۳۰/۷۵ درصد از کل تولیدات پالایشگاهی این کشورها را به خود اختصاص داده است (موسوی و میرجلیلی، ۱۳۹۳).

---

۱. رقابت‌پذیری در سطوح بنگاه، بخش (یا صنعت) و ملی بررسی می‌شود. این پژوهش بر مفهوم رقابت‌پذیری در بنگاه متمرکز شده است و آن را در سطح بنگاهی بررسی می‌کند.

2. Middle Distillate

3. Ultra Low Sulphur

جدول ۱: مقایسهٔ الگوی پالایشی ایران و برخی کشورهای جهان در سال ۱۳۹۰ (واحد: درصد) (موسوی و میرجلیلی، ۱۳۹۳)

شرح	گازوئیل	نفت کوره	بنزین	نفت سفید	سایر*
الگوی پالایشی ایران	۳۴/۷	۲۸/۲	۱۷/۳	۵/۴۶	۱۴/۳۴
الگوی پالایشی جهان	۳۲/۲۱	۱۳/۶۹	۲۳	۱/۹۵	۲۹/۱۵
آمریکا	۲۶/۱۷	۴/۲۴۴	۴۰/۷۲	۰/۱	۲۸/۷۶
کانادا	۳۰/۹۶	۶/۷۴	۳۰/۷۵	۰/۶۱	۳۰/۹۴
ژاپن	۲۸/۰۴	۱۱/۸۸	۲۴/۱۴	۸/۹۸	۲۶/۹۶
عربستان سعودی	۳۳/۰۴	۲۶/۰۲	۱۷/۱۳	۴/۹۸	۱۸/۸۳

***شامل گاز مایع، اتان، سوخت جت، انواع حلّال‌ها، روغن، پارافین، نفتا و... است.**

درحال حاضر ظرفیت پالایشگاه‌های نفت کشور در حدود ۱/۸میلیون بشکه در روز است و با این ظرفیتِ پالایش، ایران مقام یازدهم را، از نظر ظرفیت عملی پالایش، در دنیا دارد. در حوزهٔ تولید بنزین، با اصلاحاتی که در پالایشگاه اراک انجام شده، رتبهٔ ایران در دنیا نهم است. همچنین ایران در تولید گازوئیل مقام سیزدهم و در تولید نفت کوره مقام سوم را دارد که بسیار نامطلوب است (BP Company, 2019).

در جدول ۲، اطلاعات پالایشگاه‌های نفت ایران ارائه شده است. براین‌اساس، عمدهٔ پالایشگاه‌های نفت ایران برمبنای سیستم (با اسکیم[1]) هیدروکراکینگ[2] تأسیس شده‌اند و ضریب پیچیدگی اغلب آن‌ها، براساس ارزیابی‌های به عمل آمده، کمتر از ۷ است (کاظمی، ۱۳۹۴).

براساس جدول ۲، عمدهٔ پالایشگاه‌های نفت ایران (به‌جز اراک و بندرعباس) عمری بالای ۳۰ سال دارند و پیکره‌بندی آن‌ها، بیشتر برای تولید نفت خام سبک است که باتوجه به روند موجود در صنعت نفت، نیازمند بازآفرینی است؛ زیرا در حوزهٔ تولید نفت سبک هم، با تولید مداوم، به‌تدریج محتوای گوگرد، ازت، فلزات، نمک‌ها و آسفالتین آن‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین، در آیندهٔ نزدیک اکثر خوراک‌های پالایشگاهی را نفت خام سنگین و فوق‌سنگین تشکیل خواهند داد. بازآفرینی پالایشگاه‌های موجود، باید براساس نگاه به بازار و ارزش محصولات پالایشی باشد تا این پالایشگاه‌ها بهگونه‌ای پیکره‌بندی شوند که حداکثر ارزش افزوده حاصل شود.

۲-۱. راه‌حل فناورانهٔ پیشنهادی مطرح برای ارتقای رقابت‌پذیری صنعت پالایش ایران

کمبود تولید محصولات میان‌تقطیر در پالایشگاه‌های کشور و وجود مازاد نفت کوره در کشور، نشان می‌دهد که ظرفیت تأسیسات ارتقای ته‌ماند در پالایشگاه‌های کشور پایین است. این موضوع در سال‌های گذشته (دههٔ ۱۳۸۰)، به‌ویژه باوجود مازاد نفت کوره و کمبود بنزین در کشور، تأمل‌برانگیز بوده؛ چراکه با ساخت تأسیسات مناسب و متناسب برای ارتقای ته‌ماند پالایشگاه‌ها، می‌توان بنزین لازم کشور را از منابع داخلی تأمین کرد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که نرخ رشد مصرف بنزین در کشور با نرخ رشد اقتصادی کشور هماهنگ است و با رشد اقتصادی کشور، مصرف بنزین افزایش خواهد یافت؛ بنابراین نوسازی پالایشگاه‌های کشور به‌منظور تولید بنزین و گازوئیل، بیشتر از راه ارتقای ته‌ماند سنگین پالایشگاه‌ها ضروری است. نوسازی پالایشگاه‌های کشور باید برمبنای چهار محور ذیل باشد (خادم صمیمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ مدنیان و همکاران، ۱۳۹۶):

۱. توسعهٔ تأسیسات ارتقای ته‌ماند سنگین پالایشگاه‌ها؛

۲. نوسازی پالایشگاه‌های موجود برای پالایش نفت خام سنگین و ترش؛

۳. اصلاحات لازم برای تولید بنزین و گازوئیل مطابق استانداردهای یورو ۴ و ۵؛

۴. تقویت حاشیهٔ سود پالایش به‌منظور توسعهٔ پایدار پالایشگاه‌ها.

با سختگیرانه‌ترشدن مقررات در صنعت پالایش در آیندهٔ نزدیک، همراه با روند روبه‌رشد تقاضای محصولات، ترکیب‌های متنوعی از فناوری‌های ارتقای ته‌ماند را باید ارزیابی کرد. براین‌اساس، فناوری

---

۱. هیدروکراکینگ (هیدروکراکر): برش‌های سنگین را در حضور گاز هیدروژن و روی بستر کاتالیستی به برش‌های سبک‌تر تبدیل می‌کند. پنج پالایشگاه از نه پالایشگاه نفت ایران برپایهٔ هیدروکراکینگ بستر ثابت هستند و پالایشگاه آبادان نیز برپایهٔ هیدروکراکینگ بستر سیال (FCC) است و یک واحد کراکینگ بستر ثابت (ISOMAX) نیز در دست احداث دارد. پالایشگاه اراک نیز برپایهٔ هیدروکراکینگ بستر ثابت (ISOMAX) و هیدروکراکینگ بستر سیال ته‌ماند (RFCC) است. البته پالایشگاه‌های نفت تهران و اصفهان در برنامهٔ توسعهٔ خود، احداث واحد هیدروکراکینگ بستر سیال (FCC) و پالایشگاه بندرعباس احداث یک واحد دیگر هیدروکراکینگ بستر ثابت (ISOMAX) و ککینگ تأخیری را در دستور کار خود قرار داده‌اند.

۲. پالایشگاه اصفهان به‌رغم اینکه مشابه پالایشگاه تهران است، اما عدد نلسون بالاتری دارد و نفت کورهٔ کمتری تولید می‌کند که علت آن دارا بودن واحدهای تولید حلّال‌های ویژه (تولوئن، فورفورال، متیل اتیل کتون (KEM)) است. همچنین علت تولید نفت کورهٔ کمتر پالایشگاه اصفهان این است که سینی‌های برج تقطیر این پالایشگاه از نوع برج تقطیر پُرشده (Packed-bed) است.

جدول ۲: اطلاعات فنی و سیستم پالایشگاه‌های نفت ایران و خوراک آن‌ها (کاظمی، ۱۳۹۴)

		آبادان	بندرعباس	شیراز	لاوان	تهران	کرمانشاه	اراک	اصفهان[1]	تبریز	مجموع
سال تأسیس		۱۹۱۲	۱۹۹۷	۱۹۷۳	۱۹۷۶	۱۹۶۹	۱۹۷۱	۱۹۹۳	۱۹۷۹	۱۹۷۸	-
ظرفیت (هزار بشکه در روز)		۳۹۰	۳۳۰	۶۰	۶۰	۲۵۰	۲۱	۲۵۰	۳۷۵	۱۱۳	۱۸۴۹
سیستم (اسکیم)		کراکینگ بستر سیال (FCC) (و کراکینگ بستر ثابت)*	کراکینگ بستر ثابت	کراکینگ بستر ثابت	هیدرو اسکیمینگ	کراکینگ بستر ثابت	هیدرو اسکیمینگ	کراکینگ بستر ثابت و کراکینگ بستر سیال تەماند (RFCC)	کراکینگ بستر ثابت	کراکینگ بستر ثابت	-
ظرفیت سیستم کراکینگ (هزار بشکه در روز)		کت کراکر: ۶۹ (۲ واحد ۲۴ و ۴۵هزار بشکه‌ای)	ایزوماکس: ۲۸	ایزوماکس: ۷	-	ایزوماکس: ۳۲ (۲ واحد ۱۶هزار بشکه‌ای)	-	ایزوماکس: ۲۵ کراکینگ بستر سیال تەماند: ۹۴	آیزوماکس: ۴۴ (۲ واحد ۲۲هزار بشکه‌ای)	ایزوماکس: ۱۷	-
خوراک	API	۲۵/۷۸	۳۰/۲۱	۲۸/۵۰	۳۳/۹۶	۳۲/۱۷	۳۷/۴۸	۳۱/۴۲	۳۳	۳۲/۲۴	-
	گوگرد	۱/۵۲	۱/۹۰	۱/۳۰	۱/۲۳	۱/۸۴	۱/۴۷	۱/۷۱	۱/۱	۱/۶۰	-
ضریب پیچیدگی		۶۴/۳	۹۷/۳	۴۷/۵	۷۲/۵	۴/۶	۰۴/۴	۳۸/۹	۹۵/۶	۶/۲۵	-

*** پالایشگاه آبادان درحال احداث یک واحد کراکینگ بستر ثابت (ایزوماکس) است.**

ارتقای تەماند باید به‌صورت تجاری اثبات‌شده و مطمئن باشد (برمبنای یک دورهٔ راه‌اندازی که در آن تمامی اجزا فعال شوند)؛[2]

۱) تولید باارزش‌ترین محصول (گازوئیل) را به حداکثر برساند؛ درحالی‌که توانمندی پاسخ‌گویی به تقاضای محصولات فرعی را برای افق آینده حفظ می‌کند؛

۲) برای مواجهه با خوراک (نفت خام) دشوارتر انعطاف‌پذیر باشد؛

۳) برای پاسخ‌گوبودن به مشخصات سخت‌گیرانهٔ آینده، با محیط زیست سازگار باشد؛

۴) به‌اندازهٔ کافی پیچیدگی داشته باشد؛ به‌گونه‌ای‌که پالایشگاه سودآور باقی بماند؛ حتی هنگامی که حاشیهٔ سود در دوره‌های طولانی پایین باقی می‌ماند (براساس روند فعلی فقط چنین پالایشگاه‌هایی در آینده باقی خواهند ماند)؛

۵) در حالت ایدئال، باید بخشی از یک پلت‌فرم تبدیل[3] شامل فناوری‌های مکمل باشد (خادم صمیمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ مدنیان و همکاران، ۱۳۹۶):

براساس ارزیابی‌های صورت‌گرفته، راهکار فناورانه‌ای که ویژگی‌های مطرح‌شدهٔ فوق را داشته باشد و با هدف پاسخ‌گویی به تقاضای بازار باشد شامل فناوری‌های ذیل است:

الف) به‌کارگیری فناوری RDS[4] با RFCC[5] برای ارتقای تەماند سنگین پالایشگاه‌ها: این بهترین راه‌حل فناورانهٔ مطرح‌شده برای بیشتر پالایشگاه‌های ایران از منظر دست‌اندرکاران است. RDS در ترکیب با RFCC به مؤثرترین روش بنزین و پروپیلن با کاهش تەماند نفت تولید می‌کند؛[6]

1. Scheme

2. On-stream factor: That proportion of the time, during which a complete plant is in operation that any individual item of the plant is working.

3. Conversion

4. Residue Desulphurisation

5. Residue Fluid Catalytic Cracking

۶. فناوری RDS فرایند بستر ثابت است که بسترهای متعددی از کاتالیست‌ها برای حذف فلزات، نیتروژن و گوگرد از تەماند نفت در حضور هیدروژن دارد. هرچند طی این فرایند از میزان گوگرد کاسته می‌شود، اما هدف اصلی کاهش گوگرد نیست. این فرایند معمولاً برای تولید نفت کورهٔ کم‌گوگرد یا برای تولید جریان خوراک مناسب، که برای کراکینگ در یک واحد RFCC است، استفاده می‌شود. فناوری RDS تابه‌حال به‌شکل گسترده‌ای برای ارتقای تەماند، به‌ویژه در شرق آسیا، استفاده شده است. این تنها فناوری‌ای است که می‌تواند نفت کوره با کمتر از ۰/۵ درصد وزنی گوگرد تولید کند، اما رایج‌ترین استفادهٔ RDS، واحد تغذیه‌کنندهٔ واحد RFCC برای تولید بنزین است. راه‌حل فناورانهٔ RDS زمانی مناسب است که قیمت بالاتری برای نفت کورهٔ بسیار کم‌گوگرد و تقاضای نسبتاً بالایی برای بنزین و یا بازاری افزایشی برای تولید پروپیلن از روش RFCC وجود داشته باشد. اگر هدف به‌حداکثررساندن گازوئیل باشد، این پیکربندی بهینه نیست؛ زیرا به تولید مقادیر بیش‌ازحد نفت کورهٔ کم‌گوگرد یا بنزین یا مقدار درخور توجهی از هر دو، با فداکردن گازوئیل منجر می‌شود.

ب) برای تولید بنزین و گازوئیل، مطابق استانداردهای یورو ۴ و ۵، که گوگرد آن در دامنهٔ ۱۰ ـ ۵۰ ppm درصد وزنی قرار دارد، فناوری Ultra Deep HDS پیشنهاد می‌شود.

این راهکار فناورانهٔ پیشنهادی، با افزایش تولید محصولات با ارزش افزودهٔ بالاتر و کاهش تولید محصولات با ارزش افزودهٔ پایین، به ارتقای حاشیهٔ سود پالایشگاه‌های کشور نیز منجر می‌شود. در پالایشگاه اراک، طرح به‌روزرسانی و ارتقا برمبنای الگوی فناورانهٔ فوق با موفقیت اجرا شد و توانست ضریب پیچیدگی پالایشگاه را از چهار به نزدیک ده برساند و به افزایش ۱/۵ برابری ظرفیت عملی پالایشگاه و افزایش ۳/۵ برابری تولید بنزین، مطابق با استاندارد یورو ۴، و همچنین کاهش ۶۰ درصدی تولید نفت کوره منجر شد. درحال حاضر، تنها پالایشگاه اصلاح‌شده، که سودآوری شایان توجهی دارد، پالایشگاه اراک است (مدنیان و همکاران، ۱۳۹۶؛ کاظمی، ۱۳۹۴).

براین‌اساس، به‌منظور دستیابی به حاشیهٔ سود دخور توجه در پالایشگاه‌های نفت کشور، لازم است طرح‌های بازآفرینی آن‌ها با شدت و برمبنای الگوی مناسب اجرا شود، اما آیا این الگوی فناورانه برای بازآفرینی پالایشگاه‌های کشور در شرایط موجود مناسب است؟

۲-۲. چالش راه‌حل فناورانهٔ RDS با RFCC برای ارتقای رقابت‌پذیری صنعت پالایش ایران

از دیدگاه فنی، فناوری RFCC مصرف کاتالیست بالایی دارد، میزان تولید دی‌اکسیدکربن آن بالاست و چالش زیست‌محیطی دارد. همچنین فناوری RDS هزینهٔ عملیاتی بالایی دارد. به‌جز دیدگاه فنی، از دیدگاه بازار نیز این راه‌حل فناورانه با چالش جدی مواجه است که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

هرچند احداث پالایشگاه‌های اولیه در کشور، به علت اقتصاد کشاورزی‌محور ایران و همچنین ساختار نفت‌سوزبودن وسایل گرمایشی، بیشتر برمبنای تولید گازوئیل و نفت سفید بوده است،[۱] اما از دههٔ ۱۳۶۰ رویکرد احداث پالایشگاه‌های نفت جدید در ایران مبتنی‌بر تولید حداکثری بنزین (بنزین یورو ۴ و ۵) بوده است و برنامه‌های توسعه و بهبود پالایشگاه‌های نفت موجود نیز برمبنای افزایش تولید بنزین (پالایشگاه بنزین‌محور)[۲] پیش رفته است. این درحالی است که رویکرد غالب در توسعه و احداث پالایشگاه‌های نفت در جهان، رویکرد گازوئیل‌گرا (پالایشگاه گازوئیل‌محور)[۳] است. علت این امر حجم مصرف بالاتر بنزین از گازوئیل، به علت توسعه و رواج خودروهای سبک بنزین‌سوز در کشور بوده است.

با بهره‌برداری از سه فاز پالایشگاه میعانات گازی خلیج فارس (با ظرفیت ۳۶۰هزار بشکه در روز و توان تولید ۳۶میلیون لیتر بنزین در روز) و همچنین با توجه به اینکه احداث فاز چهارم پالایشگاه میعانات گازی خلیج فارس[۴] (با ظرفیت ۱۲۰هزار بشکه در روز و توان تولید ۱۲میلیون لیتر بنزین در روز) در دستور کار قرار دارد، در مجموع این پالایشگاه می‌تواند ۴۸میلیون لیتر بنزین در روز (بیش از ۵۰ درصد مصرف فعلی بنزین کشور) تولید کند، که با راه‌اندازی کامل این طرح، تولید بنزین در کشور به ۱/۵ برابر نیاز فعلی کشور خواهد رسید و باید چاره‌ای برای مصرف بنزین مازاد کشور یافت که یک راه‌حل صادرات آن است. ازآنجاکه بازارهای مصرف جهانی، به‌ویژه منطقه، به سمت مصرف گازوئیل پیش رفته‌اند، باید تصمیم‌های اتخاذشده برای نوسازی و توسعهٔ پالایشگاه‌های نفت کشور با هوشمندی کامل بازنگری شود؛ زیرا یافتن بازار صادراتی برای بنزین مازاد کشور به چالش جدی تبدیل خواهد شد. به‌عبارت‌دیگر، اگر فاز چهارم پالایشگاه میعانات گازی خلیج‌فارس به بهره‌برداری کامل برسد، بیش از نیمی از نیاز بنزین کشور را پالایشگاه ستارهٔ خلیج‌فارس با محصولات مرغوب (یورو ۴ و ۵) تأمین خواهد کرد. آن‌گاه دیگر برنامه‌های اصلاح و توسعهٔ پالایشگاه‌های نفت، با هدف افزایش تولید بنزین، مفهومی نخواهد داشت و با توجه به الگوی غالب گازوئیل‌گرایی در بازار مصرف جهانی، باید هدف برنامه‌های توسعه و اصلاح، پیکره‌بندی این پالایشگاه‌ها به‌منظور تولید حداکثری گازوئیل باشد.

نکتهٔ شایان توجه این است که میعانات گازی مسیر پالایشی کوتاه‌تری را به‌نسبت نفت خام طی می‌کنند و هزینهٔ سرمایه‌گذاری در پالایشگاه میعانات گازی بسیار کمتر از پالایشگاه نفت خام است. میعانات گازی به‌راحتی به بنزین، گازوئیل و سوخت جت تبدیل می‌شوند که همگی جزو فراورده‌های میان‌تقطیر (محور رقابت‌پذیری صنعت پالایش) هستند (همتی و همکاران، ۱۳۹۴).

با درنظرگرفتن موارد فوق و اینکه پیش‌بینی می‌شود ظرف چند سال آینده، ظرفیت تولید میعانات گازی در کشور به بیش از ۸۵۰هزار بشکه در روز افزایش یابد، یکی از گزینه‌های پیش‌رو برای بازآفرینی صنعت پالایش کشور، احداث پالایشگاه‌های میعانات گازی، به‌منظور پالایش میعانات تولیدشدهٔ داخلی و تأمین فراورده‌های لازم برای کشور است؛ چراکه:

الف) عمدهٔ محصولات پالایشگاه میعانات گازی فراورده‌های میان‌تقطیر است؛

---

۱. به‌سبب نیاز کشور به گازوئیل و نفت سفید در گذشته، عمدهٔ پالایشگاه‌های قدیمی کشور با هدف تولید فراورده‌های نفت سفید، گازوئیل و سوخت جت براساس اسکیم هیدروکراکینگ بستر ثابت (واحد آیزوماکس) طراحی شده‌اند.

2. Gasoline Oriented Refinery

3. Diesel Oriented Refinery

۴. با احداث فاز چهارم پالایشگاه میعانات گازی خلیج فارس، احداث پالایشگاه میعانات گازی پارس پتروفیلد (با ظرفیت ۱۲۰ هزار بشکه در روز و توان تولید ۱۲ میلیون لیتر بنزین در روز) در شیراز از دستور کار خارج خواهد شد.

ب) هزینهٔ تولید فراورده‌های لازم از پالایش نفت کمتر است؛

ج) در این پالایشگاه هیچ‌گونه محصولات ته‌ماند سنگین (ازجمله نفت کوره) تولید نمی‌شود.

این درحالی است که برای احداث پالایشگاه میعانات گازی سیراف[1] (با قابلیت تولید ۴۸ میلیون لیتر نفتا در روز)[2] برنامه‌ریزی‌ها و اقدامات اولیه صورت گرفته است، اما اقدامات اجرایی آن به علت‌های متعدد تاکنون توفیق چندانی نداشته است.[3]

بخش حمل‌ونقل با مصرف به‌ترتیب بیش از ۸۰ و ۶۰میلیون لیتر بنزین و گازوئیل در روز، بزرگ‌ترین بخش مصرف‌کنندهٔ نفت در داخل کشور تلقی می‌شود. بخش وسیعی از این مصرف درحال جایگزینی با گاز طبیعی فشرده (CNG) است؛ هرچند که نبود مدیریت یکپارچهٔ سبد سوخت در کشور بروز چالش‌هایی را در این بخش درپی داشته است.

به‌رغم تلاطم‌های گذشته در توسعهٔ زنجیرهٔ عرضهٔ گاز طبیعی فشرده، درحال حاضر برای توسعهٔ آن در کشور، برنامه‌ریزی‌های جدی‌ای شده است و بنزین و گازوئیل درحال جایگزین‌شدن با گاز طبیعی فشرده هستند؛ با این کار، مصرف بنزین و گازوئیل در کشور کاهش خواهد یافت؛ بنابراین بخشی از تقاضای آتی بنزین و گازوئیل را گاز طبیعی فشرده تأمین خواهد کرد. بخش دیگری از تقاضای بنزین و گازوئیل با استفاده از فناوری کاهش خواهد یافت. هدف این فناوری‌ها اغلب کاهش مصرف سوخت خودرو است. این عامل نیز باعث افزایش مازاد بنزین و گازوئیل در کشور خواهد شد.

ازسوی دیگر، بخش دیگری از گازوئیل و نفت کورهٔ کشور برای سوخت نیروگاه‌ها استفاده میشد که با جایگزینی گاز طبیعی به‌جای نفت کوره و گازوئیل در نیروگاه‌های کشور (گازرسانی به نیروگاه‌های کشور)، این بخش از تقاضا نیز به‌شدت کاهش یافته است.

همچنین بعد از توسعهٔ شبکهٔ گاز طبیعی و گازرسانی به مناطق مختلف کشور، مصرف نفت سفید (از سال ۱۳۷۵) و گاز مایع (LPG) (از سال ۱۳۹۰) در کشور به‌شدت کاهش یافته است. عمدهٔ نفت سفید از راه مخلوط‌کردن با نفت کوره به فروش می‌رسد و به‌رغم اینکه با این اقدام کیفیت نفت کوره ارتقا می‌یابد، قیمت آن افزایش[4] پیدا نمی‌کند.[5] عمدهٔ گاز مایع نیز برای خوراک واحدهای پتروشیمی (واحدهای مصرف‌کنندهٔ پروپان و بوتان)، به‌منظور تولید پروپیلن و سایر محصولات پتروشیمی، استفاده و مازاد آن صادر می‌شود[6] که درصورت نیاز به تولید پروپیلن بیشتر در کشور، می‌توان با ساخت تأسیسات لازم از آن بهره‌برداری کرد.

در مجموع روند حاکم، بر لزوم اجرای طرح‌های ارتقای کیفیت پالایشگاه‌های کشور به‌منظور کاهش تولید نفت کوره تأکید می‌کنند؛ زیرا هم میزان مصرف داخلی نفت کوره کاهش یافته است و هم با توجه به وضع قوانین جدید سازمان جهانی دریانوردی (IMO) برای سوخت کشتی‌ها، میزان مصرف خارجی آن کاهش خواهد یافت؛ مگر اینکه بتوان گوگرد آن را به زیر ۵ درصد رساند که رسیدن به این استاندارد برای بسیاری از پالایشگاه‌های نفت پیشتاز در جهان در بازه زمانی مطروحه (2020) غیرمحتمل است و در مقطعی، مصرف گازوئیل را بهجای نفت کوره، برای سوخت کشتی‌ها افزایش خواهد داد (Kalinenko and Stezhko, 2019).

در مجموع بازار مصرف نفت کورهٔ ایران به‌شدت محدود خواهد شد؛ زیرا از مصارف داخلی آن تاحدودی کاسته خواهد شد. همچنین بازار جهانی آن به شرایط خاصی نیازمند است که فراهم‌کردن آن دور از احتمال است. از سوی دیگر، بازار مصرف بنزین و گازوئیل در داخل کشور تاحدی کاهش خواهد یافت؛ درحالی‌که تولید آن به بیش از دو برابر مصرف، درحال افزایش است. در این شرایط، هرگونه بازآفرینی فناورانهٔ پالایشگاه‌های

۱. بزرگ‌ترین پالایشگاه میعانات گازی جهان

۲. طرح پالایشگاه میعانات گازی سیراف با ظرفیت ۴۸۰ هزار بشکه در روز در قالب هشت پالایشگاه میعانات گازی مستقل، هریک به ظرفیت ۶۰ هزار بشکه است. مجموع تولید سالانهٔ پالایشگاه‌های هشت‌گانهٔ سیراف عبارت است از ۰/۵میلیون تن گاز مایع تصفیه‌شده، ٤/۵میلیون تن نفتای سبک تصفیه‌شده، ۷میلیون تن نفتای سنگین تصفیه‌شده، ۳/٦میلیون تن سوخت جت و ٤میلیون تن گازوئیل (مطابق با استاندارد یورو ۵).

جدول ۳: محصولات پالایشگاه میعانات گازی سیراف

نام فراورده	ظرفیت تولید (بشکه در روز)
گاز مایع	۱۵۲۹۶
نفتا	۲۸۸۵۵۲
کروسین	۸۱۸۸۸
گازوئیل	۸۶۶۸۰

۳. پالایشگاه میعانات گازی سیراف، با ظرفیت ۴۸۰هزار بشکه در روز درحال حاضر، در قالب هشت پالایشگاه میعانات گازی مستقل، هریک به ظرفیت ۶۰ هزار بشکه، طراحی شده است که با توجه به دامنهٔ ظرفیت اقتصادی در صنعت پالایش، به بازبینی طرح کلی از نظر ماژول‌های ظرفیت و حداقل تبدیل‌شدن به چهار پالایشگاه ۱۲۰هزار بشکه‌ای نیازمند است. از نظر محصولات نیز تولید نفتا، به‌منزلهٔ خوراک برای صنعت پتروشیمی (به علت رقابت‌پذیری بالاتر پتروشیمی‌های خوراک گاز (اتان) با پتروشیمی‌های خوراک مایع (نفتا) در صنعت جهانی پتروشیمی) چندان جذابیت اقتصادی ندارد و پیشنهاد می‌شود به‌جای کل یا بخشی از نفتای تولیدی، بنزین تولید شود؛ چراکه قیمت بنزین در بازار از نفتا بالاتر است. همچنین مباحثی دربارهٔ کمبود خوراک میعانات گازی برای این پالایشگاه مطرح است که به بازبینی ظرفیت پالایشگاه نیازمند است.

٤. معمولاً قیمت نفت کوره ۳۰ درصد پایین‌تر از نفت خام است.

۵. براین‌اساس یکی از روش‌های افزایش حاشیهٔ سود پالایشگاه‌های ایران تبدیل نفت سفید به حلّال‌های صنعتی ۴۰۱ و ۴۰۲ و... یا خوراک واحدهای LAB (Linear Alkyl Benzene) در پتروشیمی‌هاست.

٦. با توجه به اینکه یکی از محورهای سوخت خودروها در کشور هند LPG است، بازار صادراتی مناسب و نزدیک برای گاز مایع مازاد ایران وجود دارد.

موجود باید برای محصولات لازم در بازارهای جهانی صورت پذیرد تا امکان صادرات آن‌ها میسر باشد.

به‌این‌منظور، علاوه‌بر نوع فراورده، مسئلهٔ کیفیت فراورده‌ها و برآورده‌سازی الزامات زیست‌محیطی و کاهش درخور ملاحظهٔ محتوای گوگرد سوخت‌ها و فراگیرشدن مصوبات مربوط به آن‌ها در بازارهای گوناگون چالش دیگری قلمداد می‌شود که ضرورت پذیرش، مبادرت و تطبیق بخشی دیگر از پروژه‌های بازآفرینی صنعت پالایش را، با درنظرگرفتن این موارد، اجتناب‌ناپذیر می‌کند.

با هدف ارتقای رقابت‌پذیری صنعت پالایش، بسیاری از پالایشگاه‌های نفت کشور باید علاوه‌بر به‌روزشدن به‌منظور سازگاری با الزامات زیست‌محیطی، بر کاهش مصرف آب و بهینه‌سازی مصرف انرژی برای کاهش هزینه‌های تولید متمرکز شوند. البته این سه موضوع، از دیدگاه رقابت‌پذیری در مرحلهٔ دوم و بعد از اصلاح نسبت تولید فراورده‌های پالایشگاه‌های ایران مطرح می‌شود (Lakhal et al., 2007).

همچنین در سطح کلان و در بلندمدت، از مهم‌ترین تحولات فناورانه‌ای که می‌تواند برای صنعت پالایش نفت چالش جدی قلمداد بشود، فناوری خودروهای برقی است که با برطرف‌شدن چالش‌های فناورانهٔ آن‌ها، به علت مزیت‌های فوق‌العاده‌ای که دارند،[1] به‌شدت رواج خواهند یافت و جایگزین خودروهای بنزین‌سوز و گازوئیل‌سوز خواهند شد. مهم‌ترین چالش‌های خودروی‌های برقی، وزن بالای سیستم ذخیره‌سازی انرژی (باتری)، حداکثر مسافتی که می‌تواند طی کرد با هربار شارژ باتری و مدت زمان هربار شارژ سیستم ذخیره‌سازی (باتری) است که براساس آخرین پیشرفت‌های فناورانه و نمونه‌سازی از خودروهای برقی، وضعیت متغیرهای فوق به شرح ذیل است:

۱) زمان شارژ سیستم ذخیره‌سازی انرژی (باتری) تسریع شده و از ده ساعت به حداکثر سه ساعت کاهش یافته است؛

۲) حداکثر مسافتی که با هر بار شارژ سیستم ذخیرهٔ انرژی می‌تواند طی کند در حدود ۵۰۰ کیلومتر است؛

۳) وزن سیستم ذخیره‌سازی انرژی به حدود ۳۰۰ کیلوگرم کاهش یافته است (Teece, 2019).

نوآوری‌ها در عرصهٔ سلول‌های خورشیدی باعث شده‌اند طول عمر مفید و بازده سلول‌های خورشیدی افزایش یابد و درنتیجه امکان تولید ارزان‌تر برق در این روش فراهم شود. ازاین‌رو یکی از راهکارهای مطرح برای تأمین انرژی خودروهای برقی، بهره‌گیری از سلول‌های خورشیدی هزینهٔ اثربخش است. تحقق این امر با دو بعد «افزایش حداکثر مسافتی که با هربار شارژ سیستم ذخیرهٔ انرژی می‌تواند طی کند» و «کاهش وزن سیستم ذخیره‌سازی انرژی»، به برطرف‌شدن چالش‌های خودروهای برقی کمک می‌کند.

هرچند برمبنای پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته، نفت و فراورده‌های آن همچنان تا سال ۲۰۴۰ سهم بزرگی (بیش از ۷۰ درصد) از سوخت وسایل نقلیه را به خود اختصاص می‌دهند، اما روند تکامل سریع و خارج از انتظار تحولات فناورانهٔ مرتبط با خودروهای برقی و انرژی‌های تجدیدپذیر، به احتمال زیاد این پیش‌بینی‌ها را ابطال خواهد کرد. درهرصورت، تحقق تحولات فناورانه در عرصهٔ خودروهای برقی، هرچند طبق برآوردهای فعلی زمان زیادی نیاز دارد، اما اگر تحقق یابد، صنعت پالایش را با چالش جدی در حوزهٔ بازار مصرف مواجه خواهد کرد؛ چراکه درحال حاضر بنزین و گازوئیل نزدیک به ۶۰ درصد از فراورده‌های پالایش نفت را تشکیل می‌دهند و یافتن بازار مصرف جایگزین برای آن‌ها خارج از تصور است؛ بنابراین حداقل انتظار از تحقق تحولات فناورانه در حوزهٔ خودروهای برقی تغییرات گسترده در ساختار بازار فراورده‌های نفتی است.

اما درهرصورت بازار مصرف فراورده‌های نفتی برای پتروشیمی همچنان باقی خواهد ماند؛ بنابراین تمرکز جامع و راهبردی بر توسعهٔ صنعت پتروشیمی و سرمایه‌گذاری، برای بالابردن توانمندی‌های لازم به‌منظور حصول به صنعت پتروشیمی رقابت‌پذیر، الزامی راهبردی برای بازآفرینی صنعت پالایش نفت خواهد بود. این نگاه جامع باید دربرگیرندهٔ توسعهٔ کاربردهای جدید محصولات پتروشیمی در حوزه‌های گوناگون و متنوع، ازجمله ساختمان‌سازی (آجرهای پلاستیکی و سازه‌های پلاستیکی) و خودروسازی (بدنه و موتور پلاستیکی) باشد تا زنجیره‌های لازم برای این کاربردها را از فراورده‌های مرتبط در صنعت پالایش نفت تکمیل کند.

۳. گازوئیل‌گرایی الگوی غالب مصرف جهانی و سرمایه‌گذاری‌های پالایشی

مسئلهٔ گرایش غالب بازارهای جهانی، اعم از اقتصادهای نوظهور و روبه‌توسعه و اقتصادهای توسعه‌یافته، به سمت مصرف بیشتر گازوئیل، چالشی جدی در عرصهٔ بازارهای جهانی فراورده تلقی می‌شود؛[2] بنابراین توجه به این موضوع از الزامات پروژه‌های نوسازی و بازآفرینی فناورانهٔ صنعت پالایش کشور است و ارزیابی سازگاری یا ناسازگاری پروژه‌ها با این رویکرد را ایجاب می‌کند. در سراسر جهان، ازجمله بازارهای نوظهور مانند چین، هند و خاورمیانه، تقاضای محصول از بنزین به گازوئیل جابه‌جا شده است. توسعهٔ موتورهای پیل سوختی، جایگزینی اتانول در بنزین و پیشرفت در فناوری موتور خودروهای سبک، فقط چند مورد از علت‌هایی است که فزونی تقاضای گازوئیل به‌نسبت بنزین را

۱. مزیت خودروهای برقی شامل بازده بالاتر و اتلاف انرژی کمتر، پیچیدگی پایین و تجهیزات لازم کمتر در موتور خودرو، نداشتن آلودگی زیست‌محیطی و... است.

۲. انرژی‌ای که گازوئیل ـ در واحد لیتر ـ تولید می‌کند، از بنزین بیشتر و سطح کنترل آلایندگی آن از بنزین کمتر است.

تبیین می‌کند (Arora et al., 2011; Topco, 2015).

تغییرات بلندپروازانهٔ مشخصات نفت کورهٔ سوخت کشتی، که سازمان بین‌المللی دریانوردی (IMO) ایجاد کرده، کاهش تقاضا برای نفت کوره با گوگرد بالا در سال ۲۰۲۰ را تسریع می‌کند.[1] مقررات سازمان بین‌المللی دریانوردی تقاضا برای گازوئیل را غیرمستقیم افزایش خواهد داد؛ چراکه پالایشگاه‌ها مجبورند ترکیب مقدار بیشتری گازوئیل کم‌گوگرد را برای رسیدن به حد مجاز گوگرد نفت کوره ترکیب کنند. براساس پیش‌بینی‌ها تقاضای جهانی گازوئیل، در سال ۲۰۳۰، حدود ۷۰ درصد بیشتر از سال ۲۰۰۵ خواهد بود و سهم گازوئیل از کل فراورده‌های نفتی به ۳۲/۱ درصد خواهد رسید. براساس پیش‌بینی اپک، انتظار می‌رود تقاضای جهانی برای گازوئیل تا سال ۲۰۳۰ به ۴۰میلیون بشکه در روز برسد، که محرک اصلی آن افزایش سهم خودروهای سبک گازوئیلی در اروپا و کشورهای درحال توسعه است (خادم صمیمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ BP Company, 2019).

براساس شواهد موجود برمبنای بازآفرینی‌های فناورانه در جهان، تا پایان سال ۲۰۱۵، عمدهٔ ظرفیت‌های تبدیلی صنعت پالایش به‌منظور تولید گازوئیل بوده است. این موضوع ناشی از رشد تقاضای گازوئیل عمدتاً در مناطقی است که الگوهای مصرف فراورده‌های نفتی اغلب گازوئیل‌گرا بوده‌اند یا انگیزهٔ آن‌ها توسعهٔ ظرفیت‌های تولید گازوئیل برای صادرات بوده است. ملاحظات فوق حاکی از آن است که توسعهٔ ظرفیت‌های پالایشی در جهان، بر محور توسعهٔ ظرفیت‌های تولید گازوئیل استوار بوده است؛ هرچند با توجه به استراتژی‌های متفاوتی که پالایشگران هر منطقه اتخاذ می‌کنند، گرایش آن‌ها به تولید بنزین یا گازوئیل متفاوت خواهد بود (Topco, 2015).

۴. وضعیت آیندهٔ فناوری در صنعت پالایش

فناوری پالایش در قرن گذشته به‌منظور پاسخ‌گویی به نیازهای زیر ظهور و تکامل یافته است:

۱) افزایش تقاضای بنزین، گازوئیل و نفت سفید؛

۲) افزایش تقاضای مواد شیمیایی که مواد پایهٔ البسه و دیگر محصولات‌اند؛

۳) نیاز به محصولات و فرایندهای سازگارتر با محیط زیست.

طی قرن گذشته، صنعت پالایش از نظر فناوری تکامل‌یافته‌تر شده است و در توسعهٔ فرایندهای جدید به توانمندی‌هایی رسیده است. این روند ادامه خواهد داشت و تا سال ۲۰۵۰، پالایشگاه‌ها از نظر فناوری پیشرفته‌تر و محصولاتشان نیز با محیط زیست سازگارتر خواهد شد. چهار ویژگی مهم محیط کسب‌وکار صنعت پالایش که از قرن ۲۱ تاکنون برجسته بوده‌اند عبارت‌اند از:

۱) افزایش تقاضا برای محصولاتی مانند بنزین، گازوئیل و کاهش تقاضا برای نفت کوره؛

۲) اطمینان‌نداشتن از مشخصه‌های خوراک، به‌ویژه به علت تغییرات کیفیت نفت خام، روابط سیاسی میان کشورها و همچنین ظهور ذخایر خوراک جایگزین مانند قیر[2] حاصل از قطران،[3] گاز طبیعی و زغال سنگ؛

۳) قوانین جدید زیست‌محیطی، شامل قوانین سخت‌تر در مواردی مانند بنزین و گازوئیل و میزان گوگرد فراورده‌ها؛

۴) ادامهٔ روند توسعهٔ فناوری‌ها ازجمله کاتالیست‌ها و فرایندها (Fuente and Mur, 2016; Speight , 2010; Gugel, 2019).

فناوری‌های پالایش نفت در قرن ۲۱ نوآورانه‌تر شده است. این روند به‌سبب افزایش ذخایر نفت سنگین با کیفیت پایین و روند فزایندهٔ تقاضا برای سوخت‌های پاک و بسیار پای[4] خودروها و مواد خام پتروشیمی، خلق شده است. طی سه دههٔ اخیر، صنعت پالایش با چالش تغییرات در وضعیت خوراک و محصولات مواجه شده است. به‌منظور رویارویی با تغییرات نفت خام و خوراک، فناوری‌های پالایش چاره‌ای جز تغییر ندارند. این تغییرات باعث می‌شوند روش‌های مرسوم پالایش خوراک سنگین، که بیشتر از فناوری‌های کک‌سازی استفاده می‌کنند، به فرایندهای نوآورانه‌تر (شامل مدیریت هیدروژن)، که سوخت مایع لازم را از خوراک تولید می‌کنند و انتشار آلاینده‌ها را در محدودهٔ مجاز قوانین محیط زیستی قرار می‌دهند، تبدیل شوند.

در آینده‌ای نزدیک، صنعت پالایش با کمک توسعهٔ فناوری‌ها و کاتالیست‌ها منعطف‌تر از پیش خواهد شد. اصلی‌ترین پیشرفت‌های فناوری در حوزه‌های بهبود کیفیت نفت، تولید سوخت حمل‌ونقل پاک‌تر، یکپارچه‌سازی بازارها و صنایع پالایشی و پتروشیمی است.

طی ۲۰ تا ۳۰ سال آینده، فشار اصلی توسعهٔ طرح پالایشگاهی نخست بر اصلاح فرایند با استفاده از نوآوری‌های جدیدی خواهد بود که بر روی جریان فرایند اعمال می‌شود. صنعت بیشتر درگیر

---

۱. پالایشگاه‌های نفت، در سطح جهان، به‌طور پیوسته با چالش‌های متعددی همچون سخت‌گیری فزایندهٔ قوانین زیست‌محیطی مواجه‌اند. از اصلی‌ترین آن‌ها در سال ۲۰۲۰، تغییرات پیشنهادی سازمان بین‌المللی دریانوردی (IMO) درمورد محدودیت میزان گوگرد نفت کورهٔ سوخت کشتی است که در سراسر جهان، از حد فعلی ۳/۵ درصد به ۰/۵ درصد و در مناطق تحت کنترل آلایندگی گازهای گلخانه‌ای، از ۱ درصد به ۰/۱ درصد تغییر خواهد کرد. همچنین تقاضای جهانی برای نفت کورهٔ ته‌مانده با گوگرد بالا (HSFO)، از سال ۱۹۹۵ به‌طور پیوسته با شیب ۳۵ درصد کاهش یافته است. هر دوِ این تغییرات در توانایی پالایشگران در فروش حجم زیاد نفت کوره با گوگرد بالای خود، با قیمتی که سودآوری پالایشگاه را حفظ کند تأثیرات شایان توجهی خواهند داشت.

2. Bitumen

3. Tar

4. Ultra-Clean

تبدیل عمیق‌تر مواد خام سنگین، داشتن ظرفیت بیشتر تصفیهٔ هیدروژنی[1] و هیدروکراکینگ[2] خواهد بود و همچنین از فرایندهای کاراتر بهره خواهد برد (Kalinenko, 2019; Gugel, 2019).

پالایشگاه‌های با ضریب تبدیل بالا به سمت گازی‌کردن خوراک حرکت خواهند کرد تا سوخت‌های جایگزین را توسعه دهند و استفاده از تجهیزات را ارتقا بخشند. این نیز محتمل است که سنتز سوخت‌ها، از واکنش‌گرهای پایه‌ای ساده (مانند گاز سنتز)، افزایش داشته باشند و این آنجا اهمیت می‌یابد که سوخت‌های فوق‌پاک با استفاده از فرایندهای پالایش مرسوم غیراقتصادی تولید خواهند شد. واحدهای فیشر تراپش[3] همراه با سیکل ترکیبی یکپارچهٔ گازی‌سازی(IGCC)[4] با پالایشگاه‌ها ترکیب می‌شوند یا در درون فرایند جای می‌گیرند.

تحولات پالایشگاهی در آینده به فرایندهای نفتی محدود نخواهند شد. فرایندهای آزموده‌شده و درحال بررسی در آینده تغییراتی خواهند کرد. واحدهای تقطیر همچنان مرکز پالایش نفت خواهند بود و بهبودهای کوتاه‌مدت از راه یکپارچه‌سازی استفاده از فناوری بازیابی حرارتی و یکپارچه‌سازی واحدهای تقطیر گوناگون اتفاق خواهد افتاد (برای مثال تقطیر اتمسفریک و تحت خلأ). در بلندمدت، تغییر اصلی یکپارچه‌سازی برج‌های تقطیر گوناگون در یک راکتور خواهد بود (مثلاً ستون تقطیر[5]) و یا اینکه توسعهٔ مسیرهای فرایندی جایگزین را، که به ترکیب بازیابی و تقطیر می‌انجامد، دربر می‌گیرد (مانند تقطیر واکنشی[6]). فرایندهای جایگزین تقطیر، شامل فرایندهای غشایی و همچنین تمرکز انجمادی[7] می‌شود.[8] فرایند حرارتی نیز کاراتر و پرکاربردتر خواهد شد؛ درحالی‌که فرایندهای موجود تغییرات چندانی در شکل محفظه‌های رآکتورها ایجاد نمی‌کنند، تغییرات اصلی در شاخصه‌های داخلی و کاتالیست‌های موجود در رآکتورها خواهد بود. با اینکه به‌نظر می‌رسد نیاز است فرایندهای کک‌سازی، که هستهٔ مرکزی پالایشگاه‌ها را تشکیل می‌دهند، با جریانی از نفت و قیر همراه شوند، اما از سایر گزینه‌های فرایندی استفاده خواهد شد.

نتیجه‌گیری

صنعت پالایش نفت جهانی با تغییرات و چالش‌های مهمی در سال‌های آینده مواجه است. با توجه به اینکه کشور ایران یکی از دارندگان ذخایر نفتی است، توسعهٔ هدفمند صنعت پالایش نفت در ایران می‌تواند موجب افزایش ارزش‌افزایی و جلوگیری از خام‌فروشی نفت و توسعهٔ صنایع پایین‌دستی شود.

پایش چالش‌های صنعت و نیازهای فناورانهٔ صنعت پالایش نفت، با بررسی داده‌های مربوط به عرضه و تقاضای فراورده‌های پالایشگاهی در داخل و در دنیا تا سال ۲۰۲۵، نشان می‌دهد که صنعت پالایش در دنیا به سمت تولید بیشتر فراوردهٔ گازوئیل و کاهش تولید نفت کوره پیش خواهد رفت. ترجمه و تفسیر فناورانهٔ این موضوع، نشان می‌دهد که فناوری‌های هیدروکراکینگ برای تولید گازوئیل و همچنین فناوری‌های کک‌سازی تأخیری برای کاهش تولید نفت کوره از اولویت‌های فناورانهٔ این صنعت است. اما این در شرایطی است که سطح تجزیه‌وتحلیل فقط صنعت پالایش نفت باشد. در ایران موضوع گاز طبیعی فشرده برای سوخت خودروها، تولید میعانات گازی و احداث پالایشگاه‌های میعانات گازی، تولید پروپیلن از پروپان موجود در گاز طبیعی، جایگزین‌شدن گاز طبیعی به‌جای نفت سفید و گاز مایع در مصارف خانگی و وجود مازاد نفت سفید و گاز مایع در کشور و... نیز مواردی هستند که تصمیم‌گیری در این مورد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در سطح جهانی مواردی همچون گازوئیل‌گرایی، توسعهٔ فناوری خودروهای برقی، توسعهٔ فناوری سلول‌های خورشیدی را نیز باید درنظر گرفت؛ درنتیجه برمبنای فضای ترسیم‌شده از کسب‌وکار صنعت پالایش، نحوهٔ بازآفرینی صنعت پالایش ایران در سطح صنعت انرژی ـ فراتر از صنعت پالایش و صنعت نفت (شامل نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی) ـ باید برنامه‌ریزی شود. همچنین در عرصهٔ جهانی، افق زمانی صنعت پالایش متمایل به یک بازه زمانی دو تا پنج سال است و صنعت پالایش برمبنای آیندهٔ نزدیک پیش می‌رود؛[9] زیرا اگر بازه زمانی فراتر از پنج سال درنظر گرفته شود، پیش‌بینی بازار بسیار دشوار می‌شود.

براین‌اساس، دو محور اصلی بازآفرینی صنعت پالایش نفت ایران شامل «کاهش ته‌ماند تولیدی پالایشگاه‌ها و تبدیل آن‌ها به محصولات میان‌تقطیر» و «کاهش سطح گوگرد ته‌ماند تولیدی پالایشگاه‌ها» هستند که با توجه به ماهیت، ابعاد و نیازمندی‌ها، تحقق آن‌ها در بازه زمانی میان‌مدت امکان‌پذیر است.

با توجه به اینکه در میان‌مدت نیاز بازار به گازوئیل افزایش خواهد یافت،[10] فناوری‌های هزینهٔ اثربخش ارتقای ته‌ماند گزینه‌های اصلی برای بازآفرینی صنعت پالایش خواهند بود که برمبنای ارزیابی‌های

1. Hydrotreating
2. Hydrocracking
3. Fischer-Tropsch
4. Integrated Gasification Combined Cycle
5. Dividing-Wall
6. Reactive Distillation
7. Freeze Concentration

۸. به‌صراحت نمی‌توان گفت که این نوع فرایندها جایگزین فرایندهای موجود در پالایشگاه‌های فعلی می‌شوند. اقتصادی‌بودن این فرایندها در مقیاس صنعتی هنوز تأیید نشده است و تابع عوامل زیادی است.

۹. به همین علت صنعت پالایش در پژوهش و فناوری خود کمتر بر تحقیق و بیشتر بر توسعه متمرکز شده است.

۱۰. با توجه به حرکت بازار به سمت خودروهای برقی و تکامل فناوری‌های مرتبط با خودروهای برقی، برای ورود به تولید گازوئیل شاید زمان گذشته باشد و بهتر است صنعت پالایش نفت ایران این مرحله (ورود به گازوئیل‌گرایی و تولید گازوئیل) را نادیده بگیرد و از آن عبور کند و مستقیماً به مرحلهٔ بعد آن (خودروهای برقی) برود. اما تا آن زمان در خوش‌بینانه‌ترین حالت دست‌کم ده سال وقت باقی است و در این مدت می‌توان گازوئیل‌گرایی را محور بازآفرینی صنعت پالایش درنظر گرفت.

صورت‌گرفته از فناوری‌های موجود، فناوری‌های هیدروکراکینگ بستر دوغابی به همراه ککینگ تأخیری به‌منزلهٔ بهترین ترکیب برای ارتقای ته‌ماند مطرح است؛ چراکه علاوه‌بر تبدیل ته‌ماند به محصولات میان‌تقطیر با راندمان بالا و هزینهٔ عملیاتی مناسب، به علت اجرای عملیات هیدروکراکینگ تحت فشار هیدروژن، هدف دوم را نیز هم‌زمان محقق می‌کند و میزان گوگرد ته‌ماند را در حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد. این واحدها در پردازش خوراک محدودیت‌های کمتری به‌نسبت سایر فناوری‌های جایگزین دارند؛ چراکه به ته‌ماندهای با کیفیت بالا و CCR و فلز پایین نیاز ندارند. همچنین این ترکیب علاوه‌بر تبدیل ته‌ماند به محصولات میان‌تقطیر باارزش (همچون گازوئیل) به تولید کک نیز منجر می‌شود. منافع اقتصادی بالاتر ناشی از ترکیب هم‌زمان این دو فناوری، هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیهٔ بالاتر آن را جبران می‌کند (Sieli and Gupta, 2008).

ارتقای کیفیت[1] ته‌ماند موضوعی داغ برای صنعت پالایش بوده، هست و در آیندهٔ نزدیک خواهد بود. اگر فناوری‌های هیدروکراکینگ بستر دوغابی تکامل یابند و بالغ شوند و پاسخ‌هایی برای پرسش‌های کلیدی دربارهٔ هزینه‌های واقعی سرمایه‌گذاری، دسترسی، پایداری عملیات، استفاده از pitch و راندمان در مقیاس صنعتی فراهم کنند، با ارائهٔ بازده بالاتر به‌نسبت سایر فناوری‌های هیدروکراکینگ، بازار را تغییر خواهند داد.

با توجه به اینکه در حوزهٔ فناوری‌های هیدروکراکینگ بستر دوغابی، هنوز فناوری اثبات‌شده‌ای در مقیاس تجاری مطرح نیست، می‌توان راهکارهای جایگزینی همچون استفادهٔ هم‌زمان دو فناوری ککینگ تأخیری و هیدروکراکینگ بستر ثابت (ISOMAX)، موجود در پالایشگاه نفت ایران را اجرا کرد؛ بنابراین استفادهٔ هم‌زمان از دو فناوری ککینگ تأخیری و هیدروکراکینگ بستر ثابت (ISOMAX) ترکیبی مناسب و اجراشدنی برای ارتقای ته‌ماند است؛[2] زیرا علاوه‌بر تبدیل ته‌ماند به محصولات میان‌تقطیر باارزش (همچون گازوئیل)، به تولید کک نیز منجر می‌شود که بازار مصرف کافی برای آن در صنایع تولید فلزات (یا در برخی کشورها برای سوخت نیروگاه‌ها) وجود دارد. مهم‌ترین مزیت به‌کارگیری فناوری ککینگ تأخیری در بازآفرینی صنعت پالایش ایران این است که امکان طراحی و ساخت این واحد با فناوری و تجهیزات داخلی وجود دارد.[3]

همچنین با توجه به اینکه عمدهٔ پالایشگاه‌های ایران برمبنای سیستم (با اسکیم) کراکینگ بستر ثابت (ISOMAX) تأسیس شده‌اند و با توجه به افزایش بازار گازوئیل، راهکار عملی و کم‌هزینه برای بازآفرینی این پالایشگاه‌ها، به‌کارگیری واحدهای حذف آسفالتین با حلّال (SDA)[4] است. به‌کارگیری واحد حذف آسفالتین با حلال، علاوه‌بر اینکه ظرفیت واحدهای کراکینگ بستر ثابت (ISOMAX) را حدود ۳۰ درصد افزایش می‌دهد، تولید نفت کوره در این فرایند را در حدود ۷۰ درصد کاهش خواهد داد. اما پیش‌شرط به‌کارگیری این راهکار آن است که محصول خروجی واحد حذف آسفالتین با حلال؛ نفت آسفالت زدوده (DAO) پس از ترکیب با خوراک واحد کراکینگ بستر ثابت (ISOMAX)، ازنظر میزان گوگرد، فلز و CCR در دامنهٔ قابل‌پذیرش برای فناوری کراکینگ بستر ثابت (ISOMAX) باشد.

به‌کارگیری فناوری حذف آسفالتین با حلال برای بازآفرینی صنعت پالایش ایران چندین مزیت دارد. اولاً، هزینهٔ سرمایه‌گذاری پایینی دارد و می‌تواند برای خوراک با ناخالصی بالا (فاز، گوگرد، CCR و غلظت نیتروژن) استفاده شود. ثانیاً، امکان طراحی و ساخت این واحد با تجهیزات داخلی وجود دارد. ثالثاً، واحد حذف آسفالتین با حلال به کاتالیست وارداتی نیاز ندارد و کاتالیست آن آلودگی زیست محیطی پایینی دارد. حلال مصرفی آن بازیابی می‌شود و تولید آسفالت به صفر می‌رسد. فقط باید موارد استفادهٔ pitch تولیدشده (۳۰ درصد خوراک) تعیین شود. درصورتی‌که راه‌حل مطمئن و سودآوری برای pitch تولیدشده نباشد باید به‌کارگیری واحدهای حذف آسفالتین با حلال را کنار گذاشت و به راهکار کک‌سازی تأخیری اکتفا کرد.[5]

همچنین با توجه به اینکه دو پالایشگاه اراک و آبادان برمبنای سیستم (با اسکیم) کراکینگ بستر سیال ته‌ماند (RFCC) و کراکینگ بستر سیال (FCC) تأسیس شده‌اند، راهکار کم‌هزینه برای بازآفرینی آنها، تغییر تمرکز این پالایشگاه‌ها از تولید بنزین به تولید پروپیلن است؛ اما این راهکار منوط به وجود شرکت‌های پتروشیمی مصرف‌کنندهٔ پروپیلن در نزدیکی این پالایشگاه‌هاست؛ انتقال پروپیلن در مسافت‌های طولانی مشکلات خاصی دارد و با کامیون امکان‌پذیر نیست.

در شرایطی که حتی در پالایشگاه‌های دارای اسکیم[6] FCC متمرکز بر تولید بنزین، جداسازی پروپیلن اقتصادی است، تغییر تمرکز این پالایشگاه‌ها، از تولید بنزین به تولید پروپیلن، راهکار اقتصادی پیشنهادی برای بازآفرینی آن‌هاست. واحدهای شکست کاتالیستی بستر سیال (FCC) اگر متمرکز بر پروپیلن

1. Upgrading

۲. احداث واحد آیزوماکس و همچنین ککینگ تأخیری با منطق گازوئیل‌گرایی هم‌راستاست.

۳. واحدهای هیدروکراکینگ بستر ثابت زمانی که خوراک ورودی سنگین است آسیب مکانیکی می‌بینند و عمر کاتالیست آن‌ها محدود می‌شود (شش‌ماه و کمتر)؛ درنتیجه حجم زیادی از کاتالیست استفاده می‌شود. همچنین تجهیزات واحد هیدروکراکینگ بستر ثابت (آیزوماکس) بسیار گران است.

4. Solvent Deasphalting

۵. با توجه به تولید ۴۰۰ هزار بشکه در روز نفت کوره در پالایشگاه‌های کشور و تجمیع آن‌ها در مخازن اسکلهٔ بندر مجیدیه (در نزدیکی ماهشهر) برای صادرات، راهکار ابتکاری در افق کوتاه‌مدت، احداث واحد گوگردزدایی (RCD) برای کاهش گوگرد آن، برای رسیدن به سطح مجاز استانداردهای جهانی، در حوالی این بندر است.

6. Scheme

باشند، می‌توانند سرمایه‌گذاری با حاشیهٔ سود بالا به‌شمار روند. این واحدها محدودیت‌هایی در پردازش خوراک دارند؛ زیرا به نفت خام یا ته‌ماندهای با کیفیت بالا و CCR و فلز پایین نیاز دارند. البته تغییر وضعیت(سوئیچ کردن) واحد FCC برای تولید پروپیلن نیازمند بازطراحی واحد FCC برمبنای تولید پروپیلن است. دمای بالاتر (حدود ۵۴۰درجه)، فشار جزئی بیشتر و کاتالیست اسیدی‌تر تولید پروپیلن را افزایش می‌دهد.

هم‌زمان با این اقدامات، تکمیل پالایشگاه‌های میعانات گازی برنامه‌ریزی‌شدهٔ کشور باید با سرعت در دستور کار قرار گیرد. راه‌اندازی پالایشگاه‌های میعانات گازی در کشور، علاوه‌بر مصرف کلیهٔ میعانات گازی تولیدی در کشور و تأمین گازوئیل و بنزین باکیفیت و ارزان برای کشور، از تولید فراورده‌های بدون‌تقاضا جلوگیری می‌کند و صنعت پالایش رقابت‌پذیر خواهد شد. به‌این‌منظور، اقدامات اصلاحی لازم در پالایشگاه سیراف ـ ازنظر تضمین تأمین خوراک (یا درصورت نبود خوراک، کاهش ظرفیت اسمی) و ظرفیت طراحی (تبدیل‌شدن به چهار پالایشگاه ۱۲۰هزار بشکه‌ای) و نوع محصولات (تولید بنزین به‌جای نفتا) ـ نیز باید صورت پذیرد.

همچنین براساس پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته، در چند دههٔ آینده، در تأمین انرژی جهان گاز مقدار بیشینه را خواهد داشت و بعد از آن، انرژی‌های تجدیدپذیر قرار دارند. راه‌اندازی پالایشگاه‌های میعانات گازی در کشور با این فرض، که نوآوری در فناوری، عصر نفت را خیلی زودتر از اینکه نفت تمام شود پایان خواهد داد و احتمال اینکه مقادیر زیادی از نفت جهان به علت ورود انرژی‌های تجدیدپذیر و حمل‌ونقل برقی هرگز اکتشاف و تولید نشود، نیز هماهنگ است؛ زیرا براساس این فرض فناوری‌های تولید مواد پایهٔ پتروشیمی گزینهٔ اصلی برای بازآفرینی صنعت پالایش خواهد بود.

منابع

بندریان، ر. (۱۳۹۸الف). «مزیت رقابتی شرکت‌های فعال در حوزهٔ بالادستی صنعت نفت؛ مدیریت راهبردی پژوهش و فناوری جهت حصول به شایستگی‌های فناورانه». ماهنامهٔ اکتشاف و تولید نفت و گاز، شمارهٔ ۱۶۴، ص ۲۳-۳۰.

بندریان، ر. (۱۳۹۸ب). «تبیین ماهیت فعالیت‌های پژوهش و فناوری در شرکت‌های دارای رقابت‌پذیری در زمینهٔ فناوری و رقابت‌پذیری با منشأ فناوری در حوزهٔ بالادستی صنعت نفت». اکتشاف و تولید نفت و گاز، شمارهٔ ۱۶۵، ص ۲۹-۳۹.

مدنیان، ر.، توسلی، ا.، به نژاد، ب. (۱۳۹۶). «بررسی و مقایسهٔ تکنولوژی‌های نوین کاهش نفت کوره و ارتقاء آن به فراورده‌های سبک و میانی تقطیر از منظر اقتصادی». کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین در علوم و تکنولوژی، تهران.

خادم صمیمی، آ.، بریجانیان، ح.، کریمی، غ. و زارعی ابیانه، م. (۱۳۹۲). «انتخاب بهترین فرایندهای ارتقا، برای ته‌ماندهای سنگین نفتی ایران». فصلنامهٔ فرایند نو، سال هشتم، شمارهٔ ۴۱، ص ۸۱-۹۸.

کاظمی، ع. (۱۳۹۴). «توسعهٔ صنعت پالایش نفت خام ایران». کنگرهٔ راهبردی نفت و نیرو، تهران.

قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی (۱۳۸۹). مجلس شورای اسلامی.

موسوی، س. م. و میرجلیلی، ف. (۱۳۹۳). بررسی ضرورت پالایش نفت خام و تولید فراورده‌های نفتی استراتژیک با رویکرد تکمیل زنجیره ارزش در صنایع پایین‌دستی و پتروشیمی (اقتصاد مقاومتی در صنایع نفت و پتروشیمی). مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

همتی، ح.، ابریشمی، ح.، وطنی، ع.، نوری، م.، همتی، ع. (۱۳۹۴). «ارزیابی اقتصادی ساخت پالایشگاه با خوراک میعانات گازی منطقهٔ پارس جنوبی عسلویه». سومین کنفرانس بین‌المللی نفت، گاز و پتروشیمی، تهران.

Arora, A, Mukherjee, U. K. and Global, C. L. (2011). "Refinery Configurations for Maximum Conversion to Middle Distillates". *Annual Meeting San Antonio*, Texas.

BP Company. (2019). BP Statistical Review of World Energy 2019. https://www.bp.com › bp › global › corporate › pdfs › energy-economics

Cross, P., Desrochers, P. and Shimizu, H. (2013). The Economics of Petroleum Refining; Understanding the business of processing crude oil into fuels and other value added products. The Canadian Fuels Association.

Fuente, A. and Mur, A. (2016). "Investing in New Refining Technologies; Key Drivers of Successful Investments, World Petroleum Council". *Competitive refining technologies Forum*.

Gugel, J. (2019). "Executive Viewpoint: Introducing the Refinery of the Future". *Hydrocarbon Processing*.

IHS Markit. (2019). *Refinery Cost and Margin Analytics*.

Kalinenko, E. and Stezhko, K. (2019). "Key trends and innovations in refining and petrochemicals industry". Refining and Petrochemicals. https://www.refiningandpetrochemicalsme.com/petrochemicals/25562-key-trends-and-innovations-in-refining-and-petrochemicals-industry

Lakhal, S. Y., H'Mida, S. and Islam, M. R. (2007). "Green supply chain parameters for a Canadian

petroleum refinery company". *International journal of environmental technology and management*, 7(1-2), pp. 56-67.

Shore, J. (2014, July). "U.S. Refineries Competitive Positions". *EIA Energy Conference*. https://www.eia.gov/conference/2014/pdf/presentations/shore.pdf

Sieli, G. and Gupta, N. (2008). "Delayed coking and LC-Fining technology - a winning combination". Digital Refining. www.digitalrefining.com/article/1000166

Speight, J. G. (2010). *The refinery of the future*. Imprint: William Andrew.

Teece, D. J. (2019). "China and the Reshaping of the Auto Industry: A Dynamic Capabilities Perspective". *Management and Organization Review*, 15(1), pp. 177-199.

Topco. (2015). Asia's Refiners Prepare for Switch to Diesel.: http://topcoevents.com/topco/industry-news/industry-news/View.aspx?nid=5488

Technological Renewal of Iran's Oil Refining Industry, Providing Technological Strategies for Competitiveness

Reza Bandarian[1]

Abstract

Iran's oil refineries have faced severe competitiveness challenges, and technical renewal is their main option. To this end, the first step is to determine the requirements of technology. While gasoline production in Iran will soon double the consumption, the main focus of refining industry reforms has been on increasing gasoline production. The paper offers solutions to regenerate Iran's refining industry in light of recent technological transformations in the energy industry. Thus, two main areas for the Iranian oil refining sector can be considered: (1) «mining the residues of refinery and their conversion into products of distillation,» and (2) «mining the sulfur level of refinery residue.» As a result, cost-effective upgrades technologies (slurry hydrocracking) and delayed coking will be key options for refining domestic oil refinery. Due to the unavailability of slurry-bed hydrocracking technologies, this solution can be implemented at the Iranian Oil Refineries by combining both delayed coking and fixed bed hydrocracking (ISOMAX) technologies. Consequently, the simultaneous use of delayed coking and fixed bed hydrocracking (ISOMAX) technologies is considered a suitable and applicable residue upgrading combination.

Keywords: Oil Refining Industry Renewal, Technological Competitiveness, Technological Solution

1. Department of Commercialization and Business Development, Technology Management Division, Research Institute of Petroleum Industry; bandarianr@ripi.ir