اویل ایندااستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

نگاهی به صنعت

پتروشیمی

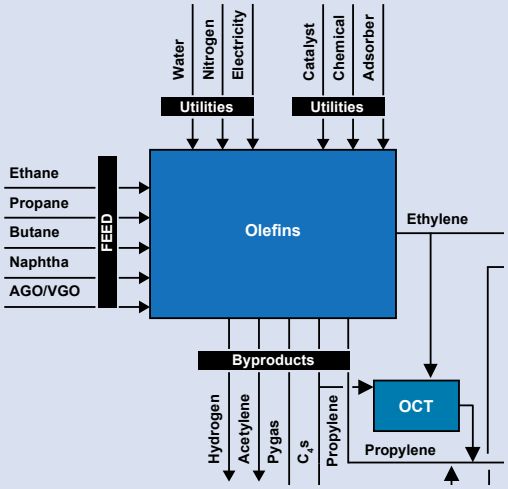
قسمت دوم

فرایندهای واحد اتیلن

تحقیق و تنظیم: مهندس حسین شریف آبادی عسکری، مهندس سید حسن حسینی نیک

Buthylene Propylene Ethylhexanol Polyethylene Polypropylene Butanol Benzene Styrene Xylene Cyclohexane Nephtalene To

در شماره قبل تعریف پایه و آمارهای مربوط به آن ارائه گردید. در انتهای مقاله شماره گذشته کراکینگ و ریفورمینگ با بخار و کراکینگ کاتالیستی به عنوان روش‌های تولید موادپایه پتروشیمی معرفی گردیدند و مبانی کراکینگ با بخار آب به عنوان اصلی‌ترین روش تولید الفین‌ها و به صورت خاص تولید اتیلن بررسی شد. همانگونه که در شماره قبل بررسی گردید اگرچه در ابتدا این صنعت با کراکینگ نفتا و سایر خوراک‌های مایع قوام گرفت اما به تدریج به دلایل متعدد تبدیل اتان و خوراک‌های گازی دیگر در پروژه‌های جدید جایگزین خوراک‌های مایع گردید. برای تولید اتیلن روش‌های متعدد عملی به صورت Open art وجود دارد. اما همانند سایر واحدهای فرایندی روش‌های پایه غالباً از نظر اقتصادی و فنی دارای توجیه نمی‌باشند. همچنین واحد فرایندی از بازده کافی برخوردار نمی‌باشد و محصول دارای کیفیت تجاری نمی‌باشد. به هرحال در ابتدا واحدهای اتیلن بر پایه فرایندهای پایه بنا شده‌اند و به تدریج با کم کردن مشکلات و افزایش بازده، این واحدها به شرایط مطلوب‌تری رسیدند. در این میان شرکت‌های فعال در زمینه تولید مواد پتروشیمی و صاحب دانش در این زمینه به صورت اختصاصی به تحقیق و توسعه فناوری‌های تولید اتیلن و سایر مواد پتروشیمی پرداختند. تحقیق و توسعه و به کارگیری تجارب و دانش فنی و همچنین استفاده از روش‌های کامپیوتری برای توسعه، باعث گردید تا در این بخش تعدادی شرکت با دانش فنی و تجربه بالا به صورت کاملاً رقابتی به توسعه فناوری در این زمینه بپردازند. شرکت‌های Technip, KBR, UOP, LyondellBasell, INEOS, CB&I, Lummus technology, Exxon Mobill و همچنین China Petrochemical Technology Co در زمینه لایسنس واحدهای اتیلن تقریباً همه بازار جهان را در دست دارند. توسعه فناوری کوره پیرولیز، سردسازی سریع محصول کوره، کاهش تولید کک، تبدیل استیلن به اتیلن، کاهش تولید مواد جانبی، کاهش تولید مواد آلاینده، کاهش مصرف آب، کاهش مصرف انرژی، کاهش ابعاد اشغال زمین، کاهش هزینه‌های ساخت، کاهش هزینه مواد مصرفی، کاهش هزینه نگهداری و بهره‌برداری، کاهش نیاز به نگهداری و تعمیرات و افزایش عمر تاسیسات، مواردی است که این شرکت‌ها با توسعه آنها فضای کاملاً رقابتی ایجاد نموده‌اند. سرمایه گذاران در زمینه ساخت واحدهای اتیلن قبل از سرمایه گذاری با Feasibility Study از وضعیت آینده سرمایه گذاری خود مطمئن می‌شوند. از طرف دیگر در این مرحله به صورت کلی فناوری‌های موجود تولید اتیلن بررسی و غربال می‌شوند. شناخت فناوری‌های موجود کمک زیادی به انتخاب فناوری مناسب در ساخت یک واحد اتیلن می‌کند. به همین دلیل در این شماره ابتدا به صورت مختصر بخش‌های مختلف یک واحد تولید اتیلن با خوراک اتان را شرح داده و در ادامه لایسنس‌های مهم را بررسی خواهیم کرد. لازم به ذکر است که با توجه به اشتراک فراوان بخش‌های یک واحد اتیلن با خوراک مایع و خوراک گازی به تفاوت‌های آنها نیز اشاره خواهیم کرد. از سوی دیگر در شماره جاری کوره پیرولیز و مبدل‌های TLE نیز در دو مقاله جداگانه بررسی می‌شوند. شکل ۱ یک واحد الفین را به‌همراه خوراک، محصولات، محصولات جانبی و یوتیلیتی مصرفی نمایش نشان می‌دهد. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌کنید واحد الفین می‌تواند پذیرای خوراک‌های مختلفی از اتان تا نفتا و VGO باشد. به صورت معمول یک واحد الفین برای یک خوراک مشخص طراحی و بهینه‌سازی می‌شود. در برخی مواقع به دلایل مختلف ممکن است لازم باشد که یک واحد اتیلن با خوراک‌های مختلف کار کند. خوشبختانه برخی فناوری‌ها، نظیر فناوری شرکت UOP قادرند یک محدوده گسترده از خوراک‌ها را بپذیرند. از سوی دیگر برای شرایط خاص امکان استفاده از دو نوع کراکینگ و اشتراک در برخی از بخش‌ها برای پذیرش محدوده گسترده‌تری از خوراک‌ها و کاهش هزینه‌ها نیز وجود دارد. از سوی دیگر ترجیح دارد که قبل از واحد اتیلن، NGL به اجزاء آن تبدیل شود. برای همین قبل از مجتمع‌های پتروشیمی از یک واحد NF[Natural Gas Fractionation] استفاده می‌شود. این واحد در واقع بخش تفکیک محصولات یک پالایشگاه NGL می‌باشد. بازده تبدیل خوراک به اتیلن با توجه به نوع خوراک و فناوری استفاده شده کاملاً متغیر می‌باشد. به هرحال واحدهای ساخته شده هیچکدام نمی‌توانند به حداکثر بازده تئوری برسند. به همین دلیل و همچنین به دلیل ماهیت واکنش‌ها در کوره پیرولیز مقدار قابل توجهی فرآورده‌های جانبی در این فرایند تولید می‌شود که برخی از آنها مواد مضر و برخی دیگر موادی نظیر C_4^+S می‌باشند که می‌توان از آنها برای تولید برخی دیگر از فرآورده‌ها استفاده نمود.



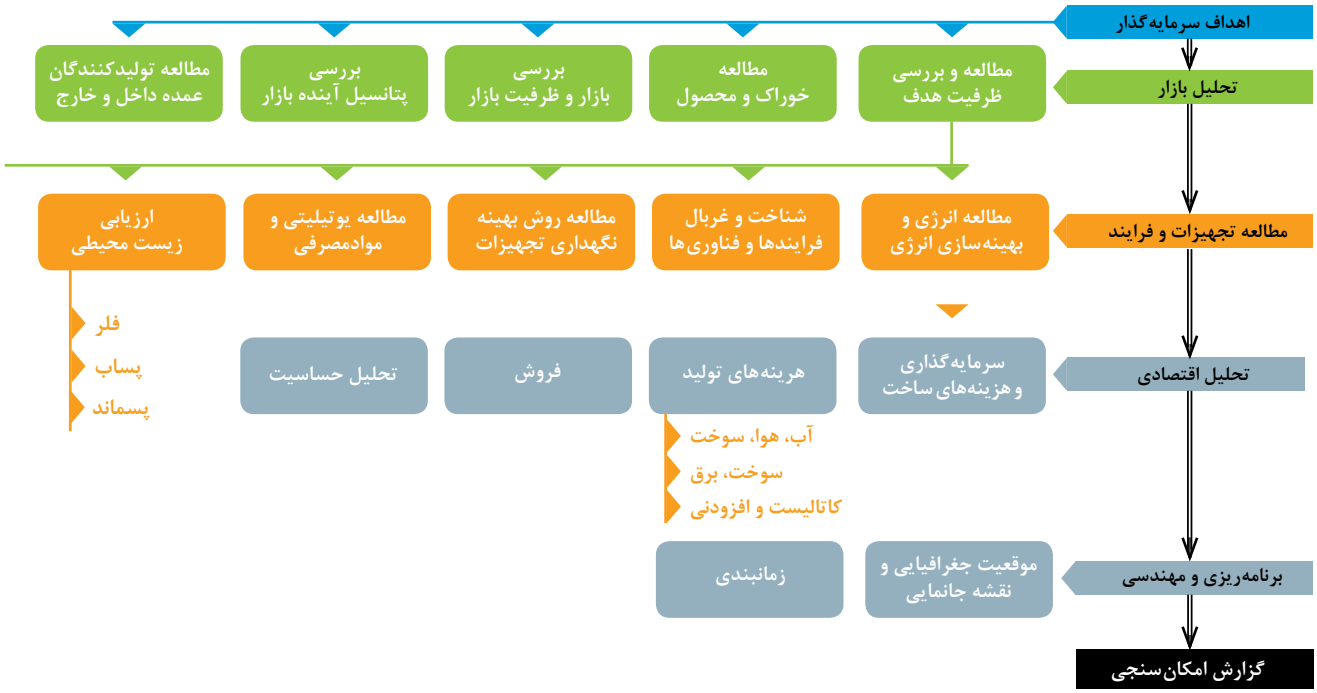
شکل ۱: واحد الفین و ورودی و خروجی‌ها

۱ ساخت واحد اتیلن

ساخت واحدهای صنعتی و فرایندی کمابیش شبیه هم می‌باشند. به صورت معمول یک ایده و تصمیم سرمایه‌گذار، آغاز مجموعه فعالیت‌هایی می‌باشد که می‌تواند به ساخت یک واحد صنعتی یا فرایندی منتهی شود. ساخت این واحدها در پی تهیه گزارش امکان‌سنجی و توجیه فنی و اقتصادی واحد آغاز می‌شود. در مبحث جاری تمرکز بر روی ساخت واحدفرایندی از نوع پتروشیمی می‌باشد. شکل ۲ جایگاه و ترتیب بخش‌های مختلف پروژه را نشان می‌دهد. واضح است که یک پروژه با ایده شروع شده و پس از طی کردن مراحلی که در شکل مشاهده می‌کنید به بهره‌برداری ختم می‌شود. از طرف دیگر شکل ۳ موضوعاتی را که در تهیه گزارش امکان‌سنجی دارای اهمیت می‌باشد را نشان می‌دهد.

شکل ۲: جایگاه و ترتیب بخش‌های مختلف پروژه

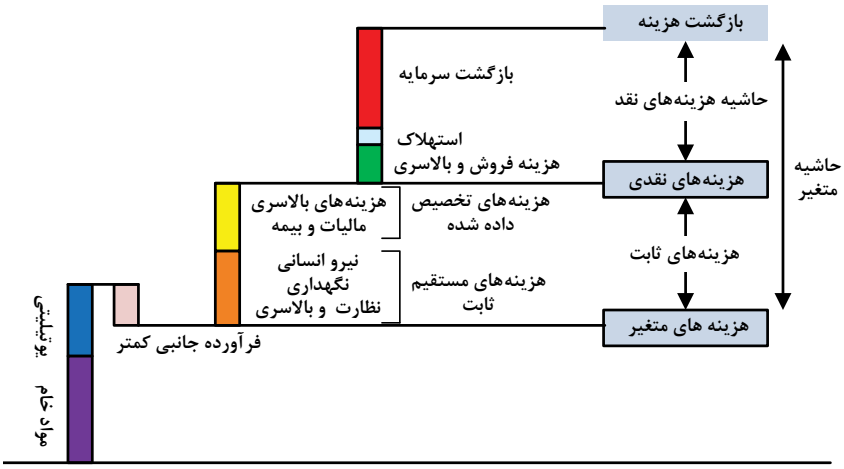
در مطالعه امکان‌سنجی به ترتیب اهداف سرمایه‌گذار، تحلیل اقتصادی، فناوری‌های تجهیزات و فرایندها، زمانبندی و نقشه‌های جانمایی، موضوعات اصلی می‌باشند که باید به آنها توجه نمود. در شکل ۳ این بخش‌ها به ترتیب نمایش داده شده‌اند. این شکل فعالیت‌های مهم در بخش تهیه این گزارش را نشان می‌دهد. همانگونه که در این شکل به خوبی مشاهده می‌شود، ظرفیت، بازارهدف، خوراک مصرفی، انرژی مصرفی، یوتیلیتی و در نهایت توجیه اقتصادی بخش‌های اصلی این گزارش را تشکیل می‌دهند. هرکدام از این بخش‌های اصلی از مجموعه‌ای از فعالیت‌های فرعی تشکیل می‌شوند. به عنوان مثال در بخش بررسی ظرفیت هدف باید فناوری تجهیزات به همراه فناوری فرایندها در کنار بررسی و مطالعه بازار هدف و نوع خوراک اقتصادی و در دسترس بررسی شوند. در برخی موارد قبل از این مطالعه، مطالعه مقدماتی امکان‌سنجی انجام می‌شود. معمولاً این نوع مطالعه برای ایجاد یک طرح جامع در حوزه پتروشیمی انجام می‌شود و برای هر طرح باید به صورت جداگانه مطالعه امکان‌سنجی انجام شود. به هرحال در تعیین فناوری تجهیزات و فرایند و در نهایت بازده و عملکرد واحد، مطالعات مقدماتی و شناخت فناوری‌ها و تجهیزات از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشند. به واسطه این اهمیت در این شماره به بررسی چیدمان‌فرایندی و فناوری‌های فرایندی پرداخته می‌شود.



شکل ۳: مجموعه فعالیت‌های منتج به گزارش امکان‌سنجی

۲ سرمایه، هزینه و درآمد

صاحبان سرمایه خود تمایل دارند به هر طریق ممکن، سرمایه خود را افزایش دهند. استفاده از سود بانکی، سرمایه‌گذاری در ساخت و ساز، تولید و ساخت واحدهای تولید و ... روش‌های قانونی، قاچاق، سفته‌بازی و ... نیز روش‌های غیرقانونی و غیراخلاقی افزایش سرمایه می‌باشند. در روش‌های قانونی نظیر سودبانکی روش با ریسک پایین و تولید سرمایه‌گذاری با ریسک بالا به حساب می‌آیند. در اقتصادهای آزاد و پویا با روابط شفاف و فساد اداری کم که در آنها امنیت سرمایه‌گذاری تضمین شده و قانون و مقررات مدرن وجود دارد، سود حاصل از تولید یا پروژه‌های صنعتی با روش‌های دیگر قابل مقایسه نمی‌باشد. به همین دلیل در این اقتصادها سرمایه‌ها به سمت تولید هدایت می‌شوند و زنجیره‌های اقتصادی همگی کامل شده و همه بخش‌ها از چرخش چرخ‌های اقتصادی در این جوامع سود می‌برند. به تبع این شرایط احداث واحدهای پتروشیمی نیز سرمایه‌گذاری پرسود و با ارزشی محسوب می‌گردند. در این جوامع لزومی به دخالت دولت برای ترغیب سرمایه‌گذاران وجود ندارد. اگرچه ممکن است به دلایل سیاسی یا اجتماعی یا در شرایط خاص تکمیل زنجیره اقتصادی دولت از یک بخش خاص حمایت بیشتری به عمل آورد. به هر حال در شرایط اقتصادی مناسب، اساساً نباید مشکلی در راه سرمایه‌گذاری صنعتی وجود داشته باشد. در این شرایط کافی است با انجام مطالعات امکان‌سنجی برای ایده‌های مختلف و ارزیابی آنها به طرح مناسب دست یابیم. در اینجا با فرض وجود شرایط مناسب به بررسی کلی احداث یک واحد اتیلن می‌پردازیم. در شکل ۳ بخش‌های اصلی مطالعات امکان‌سنجی را مشاهده کردیم. همچنین شکل ۴ رابطه میان سرمایه‌گذاری، هزینه و درآمد را در یک واحد اتیلن یا واحد فرایندی مشابه نشان می‌دهد. در این رابطه باید توجه کنیم که حتی ریسک‌های سرمایه‌گذاری و آیتم‌های دیگر را می‌توانیم به صورت هزینه‌های ثابت یا متغیر پروژه در نظر بگیریم. جدول ۱ نیز از زاویه دیگری به اطلاعات مربوط به هزینه و درآمد یک واحد اتیلن می‌پردازد. برای بدست آوردن یک گزارش مناسب از وضعیت سرمایه‌گذاری در طرح باید هزینه‌ها و درآمدها را با توجه به خوراک‌های مختلف، فناوری‌های مختلف و همچنین وضعیت پارامترهای مختلف بررسی کنیم. به عنوان مثال سرمایه‌گذاری در مناطق آزاد از معافیت مالیاتی برخوردار است اما در عوض غالباً هزینه نیروی انسانی در این مناطق بسیار بیشتر است. همچنین ممکن است در برخی مناطق زیرساخت یا شرایط اجتماعی مناسب‌تری وجود داشته باشد. نزدیک بودن محل تولید



شکل ۴: رابطه میان سرمایه‌گذاری، هزینه و درآمد

خوراک، انرژی ارزان و فراوان، وجود دریا یا زیرساخت حمل و نقل مناسب مواردی هستند که به صورت مستقیم بر روی هزینه‌ها تاثیرگذار می‌باشند. جدول ۲ هزینه‌های نسبی احداث یک واحد اتیلن برای ظرفیت‌های ۳۰۰ هزارتن تا یک‌میلیون تن در سال را نشان می‌دهد. این جدول برحسب نرمال فرض کردن یک واحد با خوراک اتان و با ظرفیت ۵۰۰ هزارتن در سال محاسبه شده است. اطلاعات این جدول کلی است و قطعاً با عوض شدن شرایط ممکن است تغییرات جدی در اطلاعات این جدول ایجاد شود. به عنوان مثال اگر این واحد در ژاپن احداث شود شرایط خوراک نفتا یا گازوئیل نسبت به اتان بهتر شده و در خلیج فارس این موضوع برعکس خواهد بود. همچنین در خوراک نفتا یا گازوئیل محصولات جانبی نظیر بنزین کاملاً با ارزش بوده و در گزارش توجیهی واحد اتیلن

		عنوان	قیمت واحد (دلار بر تن)	مقدار (mta)	درآمد (دلار)	هزینه (دلار)
۱	خوراک	خوراک هیدروکربنی	۱۶۹	۹۸۵,۴۱۶	-	۱۶۶,۵۳۵,۳۰۴
۲		بخار رقیق		۲,۵۲۶	-	
		جمع		۹۸۷,۹۴۲		
۳	محصولات	هیدروژن	۵۷۸	۸۷,۱۸۱	۵۰,۳۹۰,۶۱۸	
۴		متان-Offgas	۱۵۵	۴۰,۲۸۲	۶,۲۴۳,۷۱۰	
۵		اتیلن(گرید پلیمری)	۵۰۰	۸۰۰,۰۰۰	۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰	
۶		پروپیلن	۴۳۰	۱۲,۴۷۷	۵,۳۶۵,۱۱۰	
۷		C_4s	۲۰۵	۲۵,۷۳۸	۵,۲۷۶,۲۹۰	
۸		C_5 - بنزین	۱۲۴	۲۰,۶۱۳	۲,۵۵۶,۰۱۲	
۹		نفت کوره	۱۵۵	۵۲۹	۸۱,۹۹۵	
۱۰		گازهای اسیدی		۱,۱۲۲		
				۹۸۷,۹۴۲		
۱	یوتیلیتی	بخار با فشار خیلی بالا	۹	۱,۷۰۰,۰۰۰	۱۵,۳۰۰,۰۰۰	
۲		سوخت	۱۱۰	۳۶,۰۰۰		۳,۹۶۰,۰۰۰
۳		بخار رقیق	۶	۳۸۰,۵۰۰		۲,۲۸۳,۰۰۰
۴		آب بویلر(BFW)	۲	۱,۷۸۰,۰۰۰		۳,۵۶۰,۰۰۰
۵		برق	۳	۵,۱۲۰		۱۵,۳۶۰
۶		متفرقه	۱۰			۸۷,۶۰۰
	تراز	کل(درآمد/هزینه)			۴۸۵,۲۱۳,۷۳۵	۱۷۶,۴۴۱,۲۶۴
		درآمد ناخالص			۳۰۸,۷۷۲,۴۷۱	

جدول۱: میزان درآمد و هزینه یک واحد کراکینگ اتان به ظرفیت ۸۰۰,۰۰۰mta - مرجع شرکت Eni سال ۲۰۱۲

	ظرفیت	اتان	پروپان	بوتان	نفتا	گازوئیل
	هزینه‌های نسبی سرمایه‌گذاری					
۱	۳۰۰۰۰۰	۱/۱۷	۱/۳۵	۱/۴	۱/۷۰	۱/۹۳
۲	۵۰۰۰۰۰	۱	۱/۱۵	۱/۲	۱/۴۵	۱/۵۵
۳	۶۰۰۰۰۰	۰/۹۶	۱/۱۰	۱/۱۵	۱/۳۹	۱/۵۸
۴	۸۰۰۰۰۰	۰/۸۴	۰/۹۷	۱/۰۱	۱/۲۲	۱/۳۹
	۱۰۰۰۰۰۰	۰/۷۶	۰/۸۹	۰/۹۲	۱/۱۲	۱/۳
	هزینه‌های نسبی تولید					
۱	۳۰۰۰۰۰	۱/۰۵	۱/۱۵	۱/۱۶	۱/۱۵	۱/۴۸
۲	۵۰۰۰۰۰	۱	۱/۰۹	۱/۱۱	۱/۰۸	۱/۴
۳	۶۰۰۰۰۰	۰/۹۹	۱/۰۸	۱/۰۹	۱/۰۶	۱/۳۸
۴	۸۰۰۰۰۰	۰/۹۶	۱/۰۶	۱/۰۷	۱/۰۴	۱/۳۵
۵	۱۰۰۰۰۰۰	۰/۹۳	۱/۰۳	۱/۰۴	۱/۰۱	۱/۳۳

جدول ۲: میزان سرمایه‌گذاری، مرجع انی

	ظرفیت	اتان		نفتا	
		مقدار	هزینه	مقدار	هزینه
	هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه عملیات				
	استهلاک سرمایه‌گذاری		۱۱۰/۷۴		۱۵۵/۱
۱	خوراک(kt/y)	۱۱۴۱	۵۱۲/۹۱	۶۸۷	۲۹۵۹/۶۲
۲	سوخت (kt/y)	۱۶۷	۵۹۸/۴۰	۳۴۰	۳۹۰/۰۱
۳	نگهداری و تعمیرات	–	۱۳/۶۷	–	۲۱/۷۸
۴	سایر[1]	–	۱۴۳/۶	–	۴۸
	جمع	–	۱۲۶۸/۵۹	–	۳۴۱۹/۴۱
	تولید				
۱	اتیلن	۳۵۶	–	۵۰۰	–
۲	پروپیلن	۱۸۱/۳	۴۷/۸۴	۱۷	۷۱۷/۵۷
۳	C_4	۱۰۳/۱	۴۴/۱۴	۱۷	۳۷۶/۴۵
۴	بنزین	۲۱۶/۹	۱۹/۳۶	۱۱	۵۳۶/۸
۵	هیدروژن	۲۱/۳	۲۷۰/۲۷	۶۶	۱۲۲/۸۵
۶	متان	۱۷۰/۹	۶۵/۶۰	۴۰	۳۹۴/۱۵
۷	پروپان	۱۴/۶	–	–	۳۵/۱۰
۸	بوتان	۳۱/۴	–	–	۷۹/۵۴
۹	نفت کوره	۴۶/۲	–	–	۸۴/۳۷
	جمع	۱۱۴۱	۴۴۷/۲۱	۶۵۱	۲۳۴۶/۸۲
۱	جمع هزینه تولید		۹۳۲/۱۲		۱۲۲۷/۶۹
۲	فروش اتیلن(US$/MT)		۱۱۸۴/۵		۱۱۸۴/۵
۳	درآمد(US$/MT)		۲۵۲/۳۸		-۴۳/۱۹

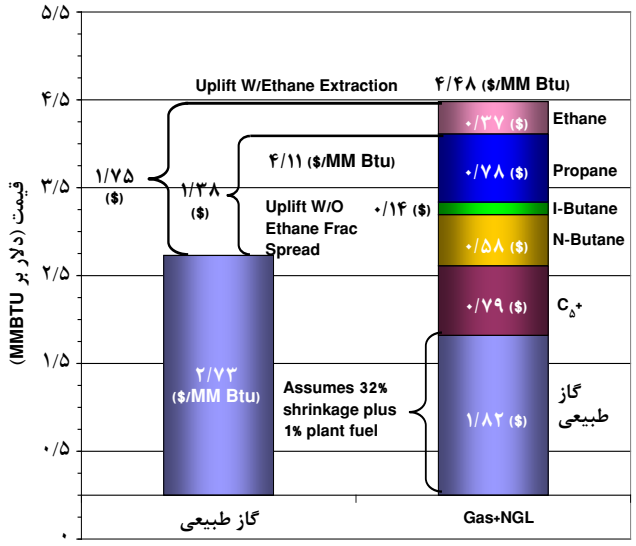
جدول ۳: تحلیل هزینه، درآمد ICRIER

[1]: سایر: (آب، برق، موادشیمیایی، نیروی انسانی، بیمه، مالیات، حمل و نقل و ...) می‌باشد.
MT: تن متریک، kt/y: هزارتن در سال، mta: تن متریک در سال

اهمیت زیادی داشته باشد. از سوی دیگر نوع فناوری یا شرایط زیست‌محیطی نیز از پارامترهای مهم دیگر می‌باشد. جدول ۳ هزینه تولید و درآمد یک واحد تولید اتیلن با خوراک‌های گازی و مایع در کشور هند را با یکدیگر مقایسه کرده است. در کشور هند هزینه خوراک و انرژی نسبت به کشورهای نفت‌خیز خاورمیانه بیشتر است، از طرف دیگر هزینه‌های نیروی انسانی، موادشیمیایی، بیمه، مالیات و همچنین قیمت فروش محصولات کاملا با خاورمیانه رقابتی می‌باشد. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌نمایید به دلیل قیمت پایین اتان نسبت به نفتا هزینه نهایی واحد نفتا در دوره‌ای که قیمت نفت خام بالا می‌باشد باعث شده تا این واحد اساساً اقتصادی نباشد. به هرحال با بالا رفتن قیمت نفت خام از ۶۰ دلار به بالا به تدریج تولید با خوراک مایع غیراقتصادی می‌شود. این موضوع را می‌توانید در شکل ۶ بهتر مشاهده نمایید. جدول ۲ هزینه‌های نسبی سرمایه‌گذاری و تولید را برای واحدهای با ظرفیت مختلف و خوراک مختلف نشان می‌دهد. در این جدول نیز به خوبی پایین‌تر بودن هزینه‌ها در یک واحد با خوراک اتان را نشان داده شده است. از طرف دیگر این جدول به خوبی نشان می‌دهد که با بزرگتر شدن ظرفیت واحد، هزینه سرمایه‌گذاری و تولید نسبی کاهش می‌یابد. با محاسبه سرانگشتی می‌توان گفت در یک پالایشگاه گاز، فروش متان تامین کننده هزینه‌های ساخت و هزینه‌های تولید می‌باشد. در این نوع پالایشگاه اتان، پروپان، بوتان و میعانات گازی سود را تشکیل می‌دهند. در شکل اشاره شده می‌توان به صورت تقریبی این موضوع را درک نمود. در پالایشگاه‌های جدید با اضافه نمودن بخش تولید بنزین و همچنین واحدهای الفین و برخی از واحدهای پتروشیمی دیگر سودآوری پالایشگاه به بیشترین میزان ممکن می‌رسد.

۳ مشکلی بنام خوراک

در قسمت قبل به تاثیر جدی و مهم قیمت خوراک اشاره کردیم. در این باره گفتیم که از یک سو تامین خوراک با قیمت مناسب و به صورت پایدار در سودآوری واحد اتیلن تاثیرگذار است. از سوی دیگر ظرفیت واحد، فناوری و بسیاری پارامترهای دیگر در امکان‌سنجی این واحد تاثیرگذار می‌باشند. اما به هرحال تاثیر خوراک و سوخت به مراتب از پارامترهای دیگر دارای اهمیت بیشتری می‌باشد. شکل ۵ رابطه میان خوراک‌های گازی و مایع را نشان می‌دهد. به این نکته باید توجه کرد که قیمت خوراک و انرژی، انتقال خوراک و همچنین ارزش تولیدات جانبی در انتخاب نوع خوراک واحد تاثیرگذار می‌باشد. به همین دلیل علیرغم ارزانتر بودن اتان نسبت به خوراک‌های مایع و همچنین هزینه ساخت



شکل ۵: رابطه میان خوراک‌های مایع و گازی

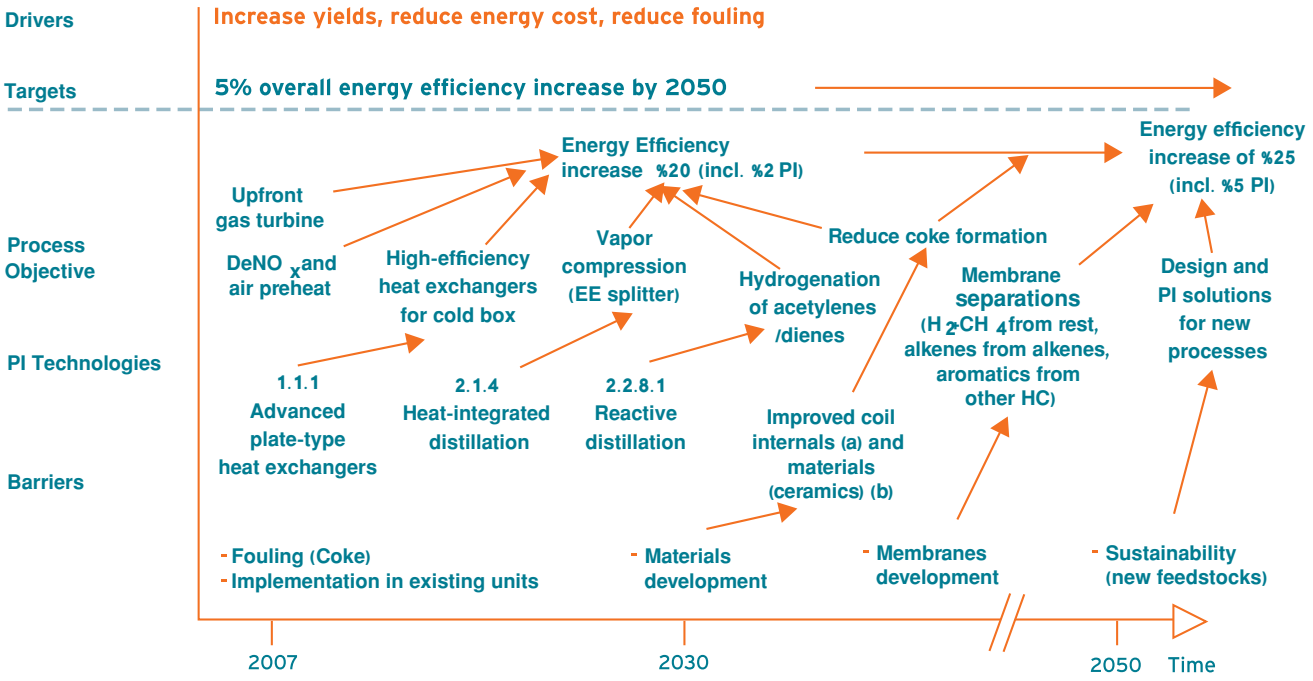
پایین تـر واحدهـای با خوراک گازی، امروزه شـاهد سـاخت واحدهـای جدید با خـوراک مایع می‌باشـیم. در اقتصادهای آزاد هزینه تامین خوراک و سـوخت تاثیر بسـیار کمتری نسـبت به اقتصادهای نیمه دولتی دارد. در اقتصادهای آزاد با افزایش قیمت خوراک متناسـب بـا آن قیمت محصول نیـز افزایش می‌یابـد. در این حالت اگرچه حاشیه سـود یا میزان فروش می‌تواند تحت تاثیر وضعیت اقتصادی، نوسانات مهمی داشـته باشـد، اما در مجموع از یک روال منطقی پیـروی می‌کند. در این نوع اقتصاد، سرمایه‌گذاران به خوبی می‌توانند یک پیشبینی دقیق از وضعیت سرمایه‌گذار خود برای یک دوره طولانی داشته باشند. لذا در این جوامع سرمایه‌ها به سمت تولید یـا ایجاد زیرسـاخت‌های صنعتـی هدایت می‌گردنـد. در مورد تولیـد اتیلن یا مواد پتروشـیمی دیگـر در ایران با توجه بـه دولتی بودن بخش تامین خوراک وسـوخت همواره این صنعت به شـدت تحت تاثیر تصمیمات دولتی می‌باشـد. درحالی که در یک دوره برای حمایت از این صنعت قیمت خوراک و سـوخت به صورت دستوری در محدوده مناسـبی بـرای این صنعت قرار داشـت با تصمیم مجلـس برای افزایش قیمـت خوراک و سـوخت بـا توجه به ثابت بـودن قیمت محصـولات در خارج از کشـور، این صنعت تحت فشـار قرار گرفته اسـت. البته مسـئله مهمتر قابل پیش‌بینی نبودن این تصمیمات می‌باشـد. به هرحال خوراک و سوخت در سوددهی واحدهای اتیلن نقش اساسـی داشته و تغییر در قیمت آنها همه برنامه‌های یک سرمایه‌گذار را به هم می‌ریزد. باید توجه کرد که اینگونه تصمیم گیری باعث می‌شود تا سرمایه‌گذاران از اطمینان کافی برای سـرمایه‌گذاری برخوردار نیسـتند. در ایـن حالت آنها ترجیح می‌دهند که از سـرمایه خود در بخش‌های غیر تولیدی استفاده کنند.

۴ آینده

اتیلن همانند اسیدسـولفوریک یا سـیمان یک ماده پایه در توسـعه محسـوب می‌شـود. به همین دلیل در سال‌های آینده با شتاب مناسبی ساخت واحدهای جدید و نوسـازی واحدهای قدیمـی ادامه خواهـد یافت. هدف‌گذاری برای سـال‌های آینده تولید با کیفیت مناسـب، هزینه کمتر، مصرف انرژی پایین‌تر، افزایش بازده و کنترل محصولات جانبی و کاهش تاثیرات زیسـت‌محیطی می‌باشد. از سوی دیگر در آینـده تولید اتیلـن از بیوماس، دی‌اکسـیدکربن و منابع فسـیلی غیرمتعارف به

شکل۶: مقایسه قیمت اتان استحصال شده از گاز طبیعی و نفتا

شـکل مناسـبی انجام خواهد شـد. تولید اتیلن از اتانول، متانـول و متان که از هم‌اکنون آغاز شـده می‌تواند به یک انقلاب بزرگ در این حوزه منتهی شود. در آینده وابسـتگی صنایع پتروشـیمی به نفت‌خام بسیار کاهش خواهد یافت و همچنین از وابسـتگی به گازطبیعی نیز تا حدودی کاسـته خواهد شـد. شکل ۷ هدف‌گذاری در این حوزه بر اسـاس برنامه‌های طولانی مدت اتحادیه اروپا را نشـان می‌دهد. در این شـکل در یک دوره که از سـال ۲۰۰۷ تا ۲۰۵۰ میلادی می‌باشـد، کاهش موانع، کاهش مصرف انرژی، توسعه فرایندها و کاهش مواد آلاینـده، هدف‌های مهمی اسـت که در ایـن دوره محقق خواهند شـد. تولید آلیاژهای مقاوم در مقابل حرارت به منظور سـاخت کویل‌های با کیفیت و دوام بیشـتر، سـاخت مبدل‌های حرارتی و Cold box با بازده بالاتر، استفاده از غشاء برای جداسـازی هیدروژن و ترکیبات هیدروکربنی، یافتن راه‌حل برای کاهش تولیـد کک، افزایـش بازیابـی گرما بـا اسـتفاده از تجهیزات مجتمع شـده و هیدروژناسـیون بهتر اسـتیلن، ابزارها یا راه‌حل‌هایی می‌باشند که می‌توانند این صنعت را در دوره اشاره شده به اهداف مورد نظر نائل کنند. به هرحال با توجه به سـرعت و شـتاب توسـعه در سـال‌های اخیر در بخش‌های مختلـف صنایع فرایندی، دسـتیابی به این اهداف چندان سخت نخواهد بود.



شکل۷: هدف‌گذاری اتحادیه اروپا در خصوص کاهش مصرف انرژی و کاهش آلاینده‌ها

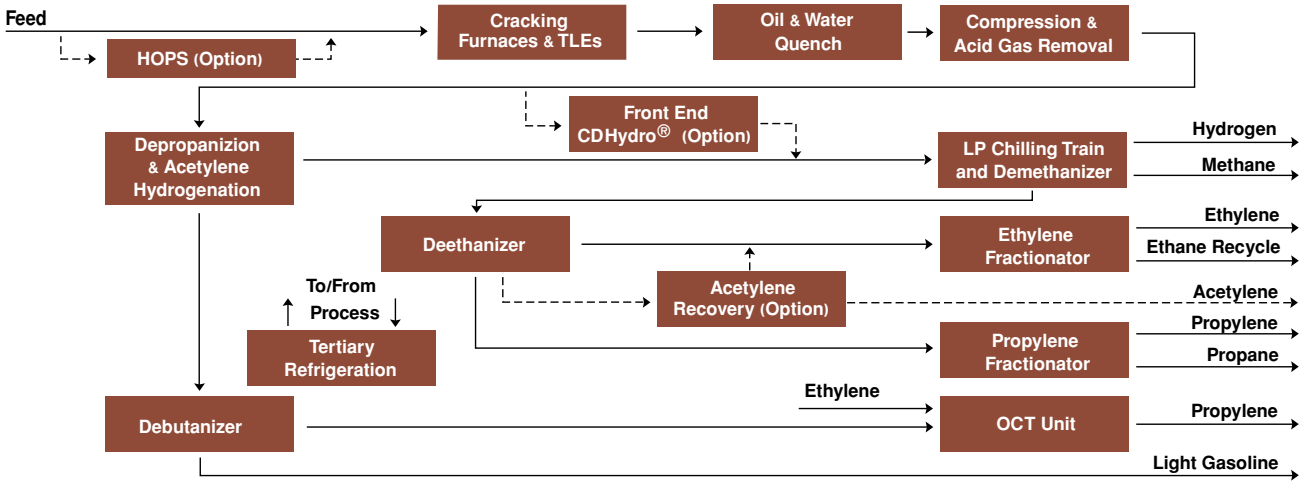
۵ چیدمان واحد تولید اتیلن

هدف از ارائـه این بخش از مقالـه، معرفی یک واحد کامل تولید اتیلن با اسـتفاده از خوراک گازی یا مایع می‌باشـد. درگذشـته بیشـتر واحدهای اتیلن بر اساس خوراک مایع بـه ویژه نفتا طراحی می‌شـد. با افزایش قیمـت نفت و نیاز به تولید بیشـتر اتیلن این موضوع به یک دغدغه جدی برای شرکت‌های پتروشیمی تبدیل شـد و بر قیمت محصولات پتروشـیمی تاثیـر فراوانی گذاشـت. به همین دلیـل بخش تحقیق و توسـعه این شرکت‌ها سعی نمودند که بتوانند کوره‌ایی بسازند که بتوانند با آن خوراک‌های سنگین نفتی را به اتیلن تبدیل کنند. از سوی دیگر با افزایش کشف منابع گاز طبیعی کامـلاً منطقی بود که گاز طبیعی جایگزین نفتا شـود. خوشـبختانه از طریق کراکینگ اتـان می‌توان با بازده بیشـتری اتیلن تولید نمود. بازده بیشتر و قیمت پایین‌تر باعث شده تا بیشتر واحدهای جدید از خوراک اتان یا ترکیبات دیگر گازطبیعی نظیر پروپان یا بوتان اسـتفاده نمایند. علاوه بر آن کوره‌هـای جدیدی در واحدهای قدیمی نصب گردید تا به وسـیله آنها بشـود جدای از خـوراک مایع، از خـوراک گازی نیز اسـتفاده نمود. امـروزه از همه هیدروکربن‌های با نقطه جوش کمتر از ۳۶۰°C به غیر از متان می‌توان با اسـتفاده از کراکینگ حرارتی، اتیلن یا الفین‌های دیگر تولید نمود. از سـوی دیگـر متان را هم با روش‌های دیگر نظیر جفت شـدن اکسایشی می‌توان به اتیلن تبدیل نمود. ترکیبات سنگین بـا نقطـه جـوش بیشـتر از ۳۶۰°C را نیـز می‌تـوان با کراکینگ کاتالیستی به الفین تبدیل نمود. آنچه امروزه در تعیین نوع خوراک یک واحد الفین تاثیرگذار است موجـود بودن خوراک و قیمت خوراک می‌باشـد. به صورت تقریبی می‌توان گفت هرگاه قیمت نفت بیشتر از ۶۰ دلار باشـد، استفاده از نفتا اقتصادی نخواهد بود. این مسئله به خوبی در شکل ۶ مشاهده می‌شود. در این شـکل رابطه قیمت اتیلن بر حسب قیمت گازطبیعی نیز دیده می‌شـود. از سوی دیگر باید به این موضوع توجه کرد که هزینه انتقال نفتا با در نظرگرفتن زیرسـاخت‌ها کمتر از هزینه انتقال ترکیبات گازطبیعی می‌باشد. پس تا یک حاشیه که اندازه آن به پارامترهای متعددی نظیر امکان تغییر در بخش کراکینگ، پیش‌بینی دوره ارزان یا گران بودن نفت‌خام و ... ربط دارد بازهم اسـتفاده از نفتا دارای توجیه می‌باشد. به هرحال هنوز هم در برخی نقـاط جهـان به ویـژه مناطقـی که به صـورت کامل واردکننـده انرژی‌هـای فسـیلی می‌باشـند، سـاخت واحدهـای الفین بـا خوراک نفتا توجیـه دارد. در این رابطه باید توجه کرد که بیش از ۱۸٪ از محصول واحد با خوراک نفتا، بنزین پیرولیز می‌باشد که با فرایندهای اضافه می‌تواند به یک سـوخت مناسب تبدیل شود. در شـکل ۸ می‌توانید اطلاعات کاملی پیرامون خوراک، محصولات و فرایند تولید اتیلن مشاهده نمایید. همانگونه که مشـاهده می‌نمایید این واحد از بخش گرم شـامل کراکینگ و سردسازی سریع و بخش سرد شامل فشرده‌سازی، تصفیه، بازیابی، ذخیره و انتقال اتیلن تشـکیل شده است. این بخش‌ها را می‌توانید در شکل ۹ برای خوراک گازی مشـاهده نمایید. در بخش سـرد با کراکینگ خوراک، محصول ابتدایی اتیلن تشکیل شده و در بخش سرد اتیلن با گرید پلیمری از محصولات کوره پالایش و بازیابی می‌شـود. شـرکت‌های مختلف برای افزایش بازده تولید اتیلن سـعی نموده‌اند تا در بخش‌های مختلف این فرایند با استفاده از تجارب و دانش‌فنی خود نوآوری‌ها و اصلاحاتی را انجام دهند. هرکدام از این اصلاحات که عمدتاً بر پایه فناوری سـاخت کوره تقسـیم‌بندی می‌شوند به عنوان یک روش تحت لیسانس تولید اتیلن شناخته می‌شوند.

شرکت‌هایی Technip[KTI, Stone&Webster], KBR, CB&I[The Shaw Group], Lummus, UOP, Linde AG و CPT هسـتند که بیشـتر واحدهای اتیلن بر مبنای فناوری و کوره سـاخت آنها بنا شـده‌اند. علاوه بر آنها شرکت‌های Mitsui, Mitsubishi و Foster & Wheeler نیز در این زمینه فعال می‌باشـند. قسـمت مهم دیگری که در بخش گرم قـراردارد مبدل مبدل‌های حرارتی از نوع TLE[Transfer-Line Exchanger] می‌باشـد. به واسـطه نیاز به سردسـازی سریع محصول کوره کراکینگ اسـتفاده از نوع خاصی از مبدل‌های حرارتی لازم می‌باشد. این نوع مبدل باید ضمن داشـتن ظرفیت گرمایی از شارحرارتی بالایی نیز برخوردار باشد. در عمل مبدل‌های حرارتی از نوع TLE که دارای شـباهت زیادی با مبدل Shell&Tube می‌باشـد تقریباً گزینه بی‌همتایی می‌باشـد. از قسمت Quench آب یا نفت بخش سرد واحد اتیلن شروع می‌شود. سپس مایعات همراه گازکرک از آن جدا می‌شوند. بخش عمده این مایعات را بنزین یا نفت پیرولیز تشـکیل می‌دهد. بخشـی از این مایعات ممکن اسـت به عنوان سـوخت مصرف شـده و بخش دیگر ضمن پالایش بیشـتر و رسـیدن کیفیت آن به حد اسـتاندارد سـوختی و زیسـت‌محیطی به عنوان سوخت فروخته شود. گاز برای افزایش فشـار و جداشدن بیشتر مایعات وارد کمپرسود چند مرحله‌ای می‌شـود. وجود سولفید هیدروژن باعث تشـدید خوردگی شده و دی‌اکسیدکربن نیز در دماهای پایین بخش سـرد یخ زده و مشـکلاتی را ایجاد می‌کند. به همین دلیل در این کمپرسـور طـی مراحل آخر این گازهای اسیدی با شستن توسط سود از جریان سیال اصلی جدا می‌شوند. جریان گاز در این مرحله فاقد آب آزاد می‌باشـد، اما مقدار قابل توجهی آب محلول به همراه خود دارد که در بخش سـرمایش میعان شـده و می‌تواند ضمن تشـدید خوردگی باعث مشکلات دیگری نیز شـود. به همین دلیل گازکرک توسط خشک‌کننده از نوع غربال مولکولی خشک می‌شود. به دلیل آنکه در مراحل سرمایش وجود آب اندک نیز مشکلاتی ایجاد می‌کند.

	محصول کوره پیرولیز (٪)	نوع خوراک				
		اتان	پروپان	نفتا	گازوئیل	
				FRN	AGO	HCR
۱	هیدروژن	۳/۹۳	۱/۵۶	۰/۹۱	۰/۶۳	۰/۶۵
۲	متان	۳/۸۲	۲۵/۳	۱۵/۳۰	۱۱/۲۰	۱۲/۶۰
۳	استیلن	۰/۴۳	۰/۶۴	۰/۹۵	۰/۴۷	۰/۳۳
۴	اتیلن	۵۳	۳۹/۰۴	۳۲/۲۰	۲۶/۵۰	۲۹
۵	پروپیلن	۳۵	۳/۹۴	۲/۸۰	۳/۴۰	۳/۷۰
۶	پروپادی‌ان،سایکلوپروپان	۰/۰۶	۰/۵۳	۱/۱۵	۰/۸۰	۰/۹۵
۷	پروپان	۰/۱۷	۵	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۲۴
۸	برش C۴	۱/۱۹	۴/۵۰	۴/۹۰	۵	۵
۹	بنزین پیرولیز (فرآوری نشده)	۲/۴	۰/۹۳	۱/۷۲	۲/۹۶	۲/۹۰
۱۰	نفت‌پیرولیز	۰/۰۰	۰/۴۰	۴/۳۰	۱۵/۴۵	۱۲/۰۶
	جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۴: محصولات کوره پیرولیز با بخار آب برحسب خوراک‌های مختلف



شکل۸: خوراک، محصولات و فرایند تولید اتیلن

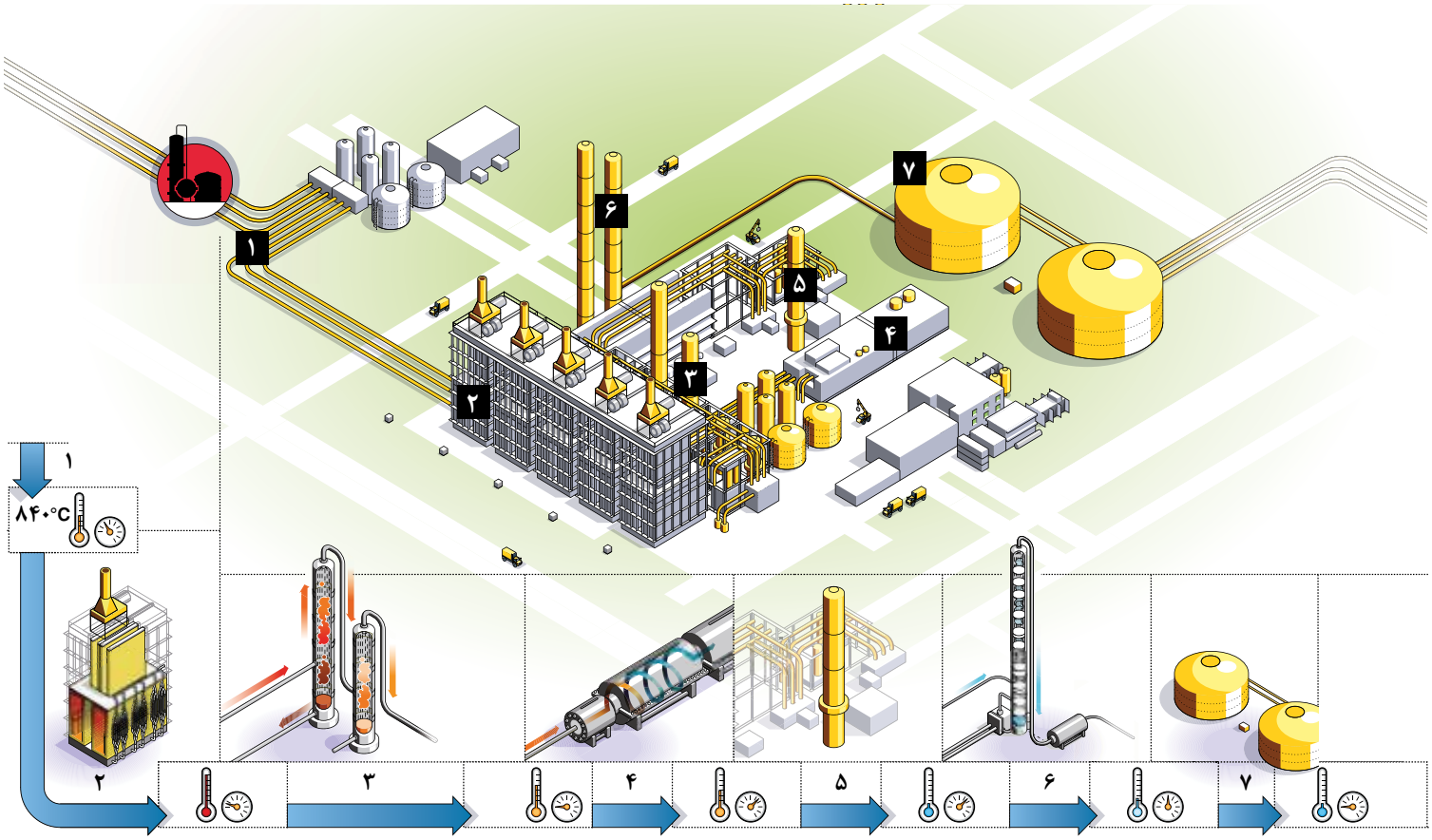
خشک کردن به وسیله غربال موکولی ترجیح دارد. اگرچه با فناوری‌های توسعه یافته TEG نظیر فرایند تحت لیسانس Drizo نیز می‌توان به این مشخصات مورد نیاز دست یافت. در ادامه فرایند لازم است استیلن، متیل استیلن و پروپادی‌ان از جریان اصلی سیال جداشوند. این جداسازی با هیدروژناسیون محقق می‌شود. البته استیلن به عنوان یک محصول جانبی با ارزش می‌تواند بازیابی و فروخته شود. هیدروژن و ترکیبات هیدروکربنی نظیر متان، اتان، پروپان، بوتان، بوتادی‌ان و ترکیبات هیدروکربنی پارافینی یا الفینی دیگر که همراه اتیلن می‌باشند با روش جداسازی سرمایشی در چندین مرحله جدا شده و اتیلن بازیابی می‌شود. سپس ضمن ذخیره‌سازی بخشی از آن، بخش اصلی توسط خط لوله و در برخی موارد توسط کشتی یا تانکر به واحدهای پایین دست ارسال می‌شود.

منابع

1: Borsig, P.H.E.G., Borsig Transfer Line Exchangers for Ethylene Cracking Furnaces.

2. Ren, T., M. Patel, and K. Blok, Olefins from conventional and heavy feedstocks: Energy use in steam cracking and alternative processes. Energy, 2006. 31(4): p. 425-451.

3. G. Schmidt, D.S.U., Dr. C. Geipel, Olefin Academy 2010 Cracking Furnace Technology, L. Engineering, Editor. 2010.



شکل۹: نمای شماتیک واحد تولید اتیلن با استفاده از خوراک گازی