صنعت آمونیاک: چالش‌های پیش‌رو و آینده

مهناز سلطانی حسینی*، رضا درخشان فر، ایرج ناظران

تهران، شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی

پیام نگار: **m.soltani@npc-rt.ir**

چکیده

بازار آمونیاک در سه سال گذشته از یک جهش بی نظیر برخوردار بوده است. علت اصلی، افزایش تقاضا برای این محصول و عدم توازن بین افزایش ظرفیتهای جدید تولید در تقابل با کاهش تولید ناشی از تعطیلی تعداد زیادی از واحدهای تولیدی در امریکای شمالی بوده است. اما اینک تعداد زیادی واحد آمونیاک در حال احداث در جهان وجود دارد که به تدریج در مدار تولید قرار خواهند گرفت. این روند، موجب بر هم زدن توازن بازار و پیشی گرفتن تولید نسبت به مصرف و در نتیجه کاهش قیمتها خواهد گردید. از سوی دیگر، روند رو به افزایش قیمت انرژی، صنایع تولیدی را به چالش بزرگی در مواجهه همزمان با کاهش قیمت محصول آمونیاک و افزایش قیمت خوراک خواهد کشاند. پیش بینی می‌شود که این روند حداقل تا ۴ سال آینده ادامه یابد تا به تدریج تقاضای مصرف نیز رشد کرده، عرضه بیش از حد را پوشش دهد. برای کشورهایی مانند ایران که منابع غنی گاز طبیعی دارد، تدوین استراتژی برای توسعه روش‌های تبدیل گازی، از مهمترین مباحث کلان اقتصادی است که همواره مد نظر مدیران و برنامه ریزان در سطح دولت و بطور خاص در وزارت نفت بوده است. در میان روش‌های تبدیل گاز طبیعی به محصولات با ارزش افزوده بیشتر، از قبیل متانول، آمونیاک، اوره، GTL و LNG، تبدیل گاز به کودهای شیمیایی یکی از قدیمی ترین و توسعه یافته ترین روش‌هاست. اگرچه بدلیل تغییرات ساختاری چند سال گذشته در قیمت خدمات فنی و تجهیزات، افزایش هزینه‌های ساخت واحدهای پتروشیمیایی، تعدد اجرای پروژه‌های مشابه در منطقه خاور میانه و افزایش قیمت انرژی، توجیه پذیری اقتصادی پروژه‌های تولید آمونیاک و کودهای شیمیایی در حال افول می‌باشد، اما نظر به مزیتهای ایران بعنوان دومین دارنده منابع گازی جهان و دسترسی به آبهای آزاد جهت صدور محصولات، می‌توان با هدف رشد اقتصادی و افزایش ارزش افزوده گاز طبیعی، تعریف و اجرای پروژه‌های آمونیاک (کود شیمیایی) را مورد نظر قرارداد.

کلمات کلیدی: آمونیاک، تبدیل گاز طبیعی، بازار آمونیاک

۱- مقدمه

در میان روشهای تبدیل گاز طبیعی به محصولات با ارزش افزوده بیشتر، تبدیل گاز به کودهای شیمیایی (که ماده اولیه بسیاری از آنها آمونیاک است) یکی از قدیمی ترین و توسعه یافته ترین روشهاست. نظر به مزیتهای ایران بعنوان دومین دارنده منابع گازی جهان و دسترسی به آبهای آزاد جهت صدور محصولات، می‌توان با هدف رشد اقتصادی و افزایش ارزش افزوده گاز طبیعی، تعریف و اجرای پروژه‌های آمونیاک (کود شیمیایی) را در مد نظر قرارداد. هدف از ارائه این مقاله معرفی صنعت آمونیاک بعنوان یک محصول استراتژیک و آخرین پیشرفتهای حاصله، بررسی بازار جهانی آن و همچنین تشریح مشخصات فنی و مالی یک پروژه تولید آمونیاک می‌باشد.

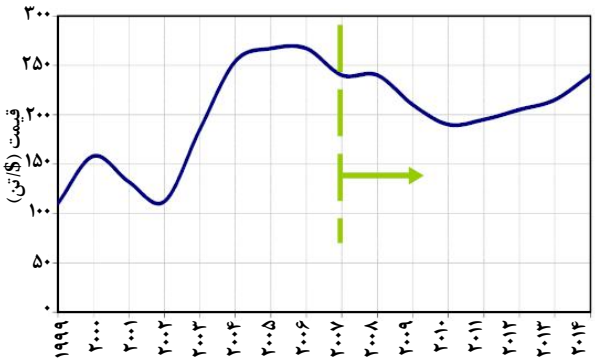
۲- خواص و موارد مصرف آمونیاک

آمونیاک گازی است قلیایی بی رنگ با بویی بسیار زننده و تیز. آمونیاک از هوا سبکتر است، وزن مخصوص آن در حدود ۰/۵۸۹ هوا می‌باشد. آمونیاک به ندرت محترق می‌شود و فقط ترکیب خاصی از بخار آمونیاک با ۲۵-۱۵ درصد هوا، می‌تواند خطر احتراق داشته باشد. آمونیاک در صنایع شیمیایی معمولاً با واژه آمونیاک بدون آب نامیده می‌شود. دمای جوش نرمال آمونیاک ۳۳- درجه سانتیگراد است و لذا آمونیاک در شکل مایع خود می‌بایستی در فشار بالا و یا در دمای پایین نگهداری شود. در مصارف عادی، آمونیاک بصورت محلول آبی ۵ تا ۱۰ درصد وزنی بکار می‌رود. این ماده از قرن سیزدهم میلادی به صورت نمک‌های آمونیاک شناخته شده است. نخستین بار در سال ۱۷۷۳ پریستلی گاز آمونیاک را از حرارت دادن آمونیوم کلرید با آهک بدست آورد. سپس برتولت در سال ۱۷۸۴ به فرمول شیمیایی و خواص آمونیاک پی برد. مهمترین کاربرد آمونیاک در تولید کودهای شیمیایی است. بیش از ۸۰ درصد از کل آمونیاک تولیدی جهان به مصرف کودهای شیمیایی می‌رسد. مهمترین کودهای شیمیایی تولیدی از آمونیاک عبارتند از اوره، نیترات آمونیوم، کودهای فسفات – پتاس - نیتروژن و دی آمونیوم فسفات. نیتروژن، اصلی‌ترین عنصر تشکیل دهنده پروتئین‌ها است که ماده کلیدی برای رشد و نمو گیاهان محسوب می‌شود. از آنجاییکه کمبود نیتروژن در خاک مهمترین عامل در محدود کردن تولیدات کشاورزی می‌باشد، در ارزشمند بودن نیتروژن برای توسعه کشاورزی مدرن هیچ تردیدی وجود ندارد. سایر کاربردهای مهم آمونیاک شامل استفاده از این ماده بعنوان مبرد حرارتی، ماده اولیه تولید اسید نیتریک و مواد منفجره و تولید آکریلو نیتریل می‌باشد، و همچنین، در فرایندهای حذف اکسیدهای نیتروژن، تصفیه فاضلاب، استخراج فلزات از سنگ معدن و لاستیک‌سازی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.[۱]

۳- بازار آمونیاک[۵-۳]

۳-۱ پیش‌بینی قیمت آمونیاک

از جمله معروفترین شرکتها در زمینه پیش گویی قیمت کودهای شیمیایی و آمونیاک، شرکت فرتکون است که گزارشات دوره ای آن در خصوص پیش‌بینی قیمت‌ها، هر از چندگاهی منتشر می‌گردد. در شکل (۱) پیش‌بینی متوسط قیمت آمونیاک در مناطق مختلف جهان بر اساس گزارش فرتکون در ماه مارس ۲۰۰۷، ارائه گردیده است. روند تغییرات قیمت آمونیاک حاکی از آن است که از سال ۲۰۰۶ به بعد، قیمت آمونیاک رو به کاهش خواهد گذاشت و این روند نزولی تا سال ۲۰۱۰ ادامه می‌یابد ولی بعد از آن مجددا قیمت آمونیاک رشد خواهدکرد به طوری که پیش بینی‌ها، قیمت آمونیاک در سال ۲۰۱۴ را در حدود ۲۴۰ دلار در هر تن برآورد نموده اند.



شکل ۱- متوسط قیمت آمونیاک در خلیج فارس (FOB)

۳-۲ بالانس عرضه و تقاضای آمونیاک

پیش بینی می‌شود که تقاضای جهانی برای آمونیاک در سال ۲۰۱۰ میلادی به ۱۶۴ میلیون تن، معادل ۳۳ میلیون تن رشد نسبت به سال ۲۰۰۰، برسد که این به معنای ۲۵ درصد رشد نسبت به سال ۲۰۰۰ خواهد بود. این میزان رشد، به مفهوم رشد متوسطی معادل ۲٪ در سال است. برای یک دوره ۵ ساله پس از ۲۰۱۰، پیش‌بینی می‌شود که تقاضای آمونیاک به میزان ۱۲ میلیون تن رشد کند. لذا برای پوشش میزان تقاضای جهانی، ظرفیت متوسط تولید واحدهای موجود باید در حدود ۸۴٪ در سال ۲۰۱۰ حفظ شود. ظرفیت تولید متوسط سالانه در سال ۲۰۰۵، ۸۷ ٪ و در سال ۲۰۱۵، ۸۵ ٪ خواهد بود. کاهش ظرفیت متوسط جهانی تولید (بدست آمده از موازنه عرضه و تقاضا) در سال ۲۰۱۰، نشانگر ضعیف شدن بازار در این سال می‌باشد. هرچند که بعنوان یک معیار کلی، درصد بهره‌گیری از واحدهای موجود (ظرفیت متوسط تولید) می‌تواند دیدگاهی از وضعیت بازار در آن سال خاص ارائه کند، اما جمع‌بندی وضعیت بازار بر اساس این معیار، تنها یک نتیجه گیری کلی محسوب می‌شود و از دقت بالایی برای تصمیم‌گیری برخوردار نیست. این در حالی است

که پیش بینی تعداد دقیق واحدهایی که از مدار تولید خارج خواهند شد، عملاً غیر ممکن است. جدول (۱)، موازنه عرضه و تقاضای آمونیاک و محاسبه درصد متوسط بهره گیری از ظرفیت‌های موجود را بیان می‌کند.

جدول ۱- پیش‌بینی عرضه و تقاضای آمونیاک در جهان

	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵
تقاضای واقعی	۱۲۹/۴	۱۴۴/۵	۱۶۳/۵	۱۷۵/۴
- برای محصولات کودی	۱۰۳/۴	۱۱۲/۶	۱۲۴/۷	۱۳۲/۸
- برای کاربرد مستقیم در کشاورزی	۴/۳	۴/۹	۴/۸	۴/۸
- برای محصولات نهایی صنعتی	۲۱/۷	۲۷/۰	۳۴/۰	۳۷/۸
تغییرات موجودی/ کاهش	۱/۸	۱/۱	۰/۷	۰/۶
تقاضای ظاهری	۱۳۱/۲	۱۴۵/۶	۱۶۴/۲	۱۷۶/۰
ظرفیت	۱۶۲/۹	۱۶۷/۰	۱۹۵/۱	۲۰۸/۰
تولید	۱۳۱/۱	۱۴۵/۶	۱۶۴/۲	۱۷۶/۰
نسبت بهره برداری	٪۸۱	٪۸۷	٪۸۴	٪۸۵

معیار بهتری که معمولاً برای بررسی قوت و ضعف بازار تجارت آمونیاک به‌کار می‌رود، بررسی روند رشد صادرات آمونیاک از سوی تولید کنندگان دارای مزیت خوراک ارزان، در مقابل رشد تقاضای واردات آمونیاک است.

جدول (۲)، رشد تجمعی صادرات آمونیاک از سوی تولید کنندگان دارای مزیت خوراک ارزان را در مقابل رشد تجمعی تقاضای واردات آمونیاک در جهان نشان می‌دهد. بطور کلی در این بررسی، واحدهای دارای مزیت، واحدهایی هستند که قیمت خوراک گاز طبیعی آنها کمتر از ۲ دلار در هر میلیون بی تی یو، می‌باشد. اگر عرضه واحدهای دارای مزیت خوراک ارزان، از رشد تقاضای واردات پیشی بگیرد، آنگاه واضح است که عرضه‌کنندگان دیگر، می‌بایستی در رقابت با یکدیگر قرار گیرند. هزینه تمام شدهٔ محصول، تعیین کننده بقای تولیدکنندگان در عرضه محصول به بازار خواهد بود. در چنین شرایطی بسته به هزینه‌های نسبی تولید، بازار به یکی از دو روش زیر به توازن خواهد رسید: ۱- عرضه محصول ارزان، ظرفیت‌های درحال تولید را در مناطقی که نیاز به آمونیاک دارند، به تعطیلی می‌کشاند و از این طریق، برای محصول خود تقاضا ایجاد می‌کند ۲- عرضه کنندگانی که در بازار در حال صدور محصول خود هستند از دایره رقابت حذف می‌شوند.

جدول ۲- رشد تجمعی صادرات آمونیاک درمقابل واردات آن (میلیون تن NH3)

سال	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۵
رشد تجمعی صادرات آمونیاک	۰/۲۶	۰/۴۴	۱/۵۵	۲/۲۷	۲/۹	۳/۷۹	۶/۸۲
رشد تجمعی واردات آمونیاک	۱/۱۳	۱/۳۴	۱/۶۳	۱/۹۹	۲/۴۵	۲/۷۸	۴/۳۶
تفاوت	۰/۸۷	۰/۹	۰/۰۸	۰/۲۸	۰/۴۵	۱/۰۱	۲/۴۶

۳-۳ نتیجه‌گیری بازار

بدون تردید رشد فزاینده ای در عرضه آمونیاک به بازار در حال شکل‌گیری است و این روند تا حدود ۸ سال دیگر ادامه خواهد داشت. شرایط به وجود آمده، در واقع به این دلیل شکل گرفت که در طول شش سال گذشته، آمونیاک از قیمت نسبتاً بالایی برخوردار بوده و این موجب تشویق برای سرمایه گذاری روز افزون در توسعه و احداث واحدهای آمونیاک گردیده است. همانند بسیاری از صنایع دیگر، در این صنعت نیز، چرخه ای بدین شرح برای تغییرات بازار وجود دارد : قیمت‌های بالای محصول موجب سرمایه گذاری می‌شود، سپس عرضه بیش از حد موجب کاهش قیمت‌ها خواهد شد و این موجب عدم گسترش پروژه‌های جدید می‌گردد. مقطع زمانی فعلی، دوره ای است که پروژه‌های جدید تعریف و ساخته می‌شوند و یکی پس از دیگری به مدار تولید وارد می‌شوند. از سوی دیگر پیشرفت فناوری، امکان رسیدن به ظرفیت‌های بسیار بالا را در واحد آمونیاک فراهم نموده و لذا راه اندازی هر واحد جدید، به معنای تاثیر و تحول مهم در وضعیت بازار خواهد بود. وضعیت دیگری که اخیراً بر بازار حاکم شده، بالا رفتن هزینه‌های ساخت واحدهای پتروشیمیایی می‌باشد. چنین شرایطی بطور قطع مانعی برای تعریف و گسترش واحدهای جدید خواهد بود. پیش‌بینی دقیق برای رشد مصرف آمونیاک در جهان، تقریباً غیر ممکن بنظر می‌رسد، علاوه بر استفاده در تولید کودهای شیمیایی، مصارف دیگری در حال شکل گیری است که همگی مراحل مقدماتی توسعه را می‌گذارانند و نمی توان روی پتانسیل آنها فعلاً نظری داد. اما بحث کلی آن است که، در شرایط عرضه بیش از حد به بازار، تنها واحدهایی می‌توانند به حیات خود ادامه دهند که از مزیت خوراک ارزان برخوردار باشند. از سوی دیگر، پیش بینی می‌شود که بعد از طی شدن چرخه افول

قیمت‌ها، تقریباً از سال ۲۰۱۲، به تدریج قیمتها روند رو به رشد خود را بازخواهند یافت.

۴- فرایند تولید آمونیاک

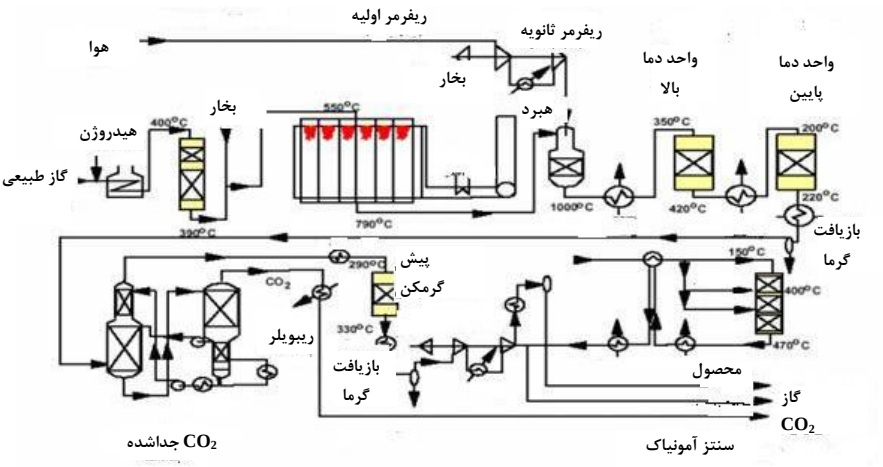
سنتز کاتالیزی آمونیاک از عناصر سازنده اش یکی از بزرگترین موفقیت‌های صنایع شیمیایی است. این فرایند مشکل تامین غذا را با تولید کود حل کرده و فاز جدیدی از صنایع شیمیایی بر پایه فرایندهای فشار بالا مانند سنتز متانول، فرایند فیشر – تروپش و... باز کرده است. هابر در سال ۱۹۰۹ طرح تولید آمونیاک را در مقیاس آزمایشگاهی انجام داد. پس از آن، کارل بوش و تیم ماهرش چنان موفقیتی در مدت کمتر از ۵ سال کسب نمودند که توانستند فرایند تجاری تولید آمونیاک را توسعه دهند. اولین واحد تجاری تولید آمونیاک در سال۱۹۱۳ شروع بکار کرد که روزانه ۳۰ تن آمونیاک تولید می‌کرد. میزان افزایش ظرفیت در سال ۱۹۱۶ به ۲۵۰ تن در روز رسید. بعد از جنگ جهانی اول، واحدهای آمونیاک در انگلستان، فرانسه، ایتالیا و تعداد زیادی از کشورها بر پایه لیسانس شرکت ب آ اس اف توسعه یافت.روش تولید صنعتی و انبوه آمونیاک، روش واکنش مستقیم هیدروژن و نیتروژن در کانورتور آمونیاک است، روشهای متعددی برای تهیه هیدروژن مانند الکترولیز آب، اکسیداسیون جزئی هیدروکربنهائی مثل نفتا و نفت سنگین و ریفرمینگ نفتا وجود دارد. در واحدهای امروزی، هیدروژن مورد نیاز برای تولید آمونیاک از گاز سنتز به دست می‌آید. [۶و۲].

فرایند آمونیاک رایج بر مبنای ریفرمینگ گاز طبیعی را می‌توان به بخشهای زیر تقسیم کرد:بخش گوگرد زدایی، ریفرمر اولیه، ریفرمر ثانویه، راکتور شیفت دما بالا،راکتور شیفت دما پایین، بخش دفع دی اکسید کربن، متانیتور، حلقه سنتز و تبرید. شکل (۲) بطور اجمالی، اجزای یک واحد آمونیاک رایج را نشان می‌دهد:

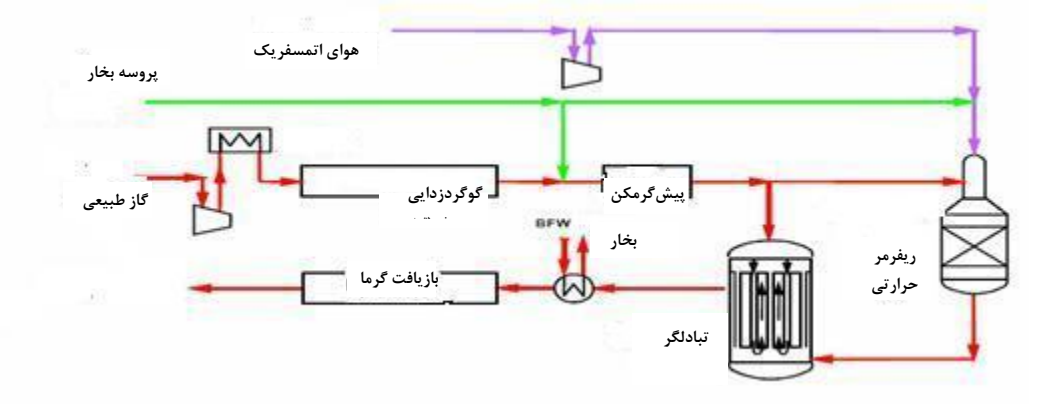
۴-۱ پیشرفتهای حاصله به تفکیک صاحبان‌دانش فنی [۷ و ۱]

۴-۱-۱ شرکت کلاگ:

جایگزینی کانورتورهای افقی بجای کانورتورهای رایج عمودی که باعث افزایش در صد تبدیل، کاهش افت فشار،بارگیری و تخلیه آسانتر،جانمایی تبادلگرهای حرارتی بین بسترها در بیرون از راکتور می‌گردد. این راکتورها حتی هم اینک نیز در واحدهای کلاگ مورد استفاده قرار می‌گیرند.در ایران، پتروشیمی خراسان، کرمانشاه، غدیر ۱ و ۲ همگی از این نوع راکتور بهره مند هستند. اما کلاگ در اواسط دهه ۸۰ نو آوری دیگری در این بخش انجام داد. در این روش بجای استفاده از کوره ریفرمر، از یک تبادلگر حرارتی عمودی که لوله‌های آن حاوی کاتالیزگر هستند استفاده می‌شود و گرمای تولیدی در ریفرمر ثانویه که با تزریق هوا و سوزاندن بخشی از گاز خوراک، گرمای زیادی تولید می‌کند، صرف گرم کردن لوله‌های حاوی کاتالیزگر در تبادلگر حرارتی می‌گردد. این روش که KRES نام دارد موجب کوچک شدن واحد و حذف کوره ریفرمر می‌شود و علاوه بر آن، بدلیل عدم حضور شعله، طول عمر لوله‌ها تا حد زیادی افزایش یافته، مشکلات ناشی از عملیات کوره و اتلاف حرارتی ناشی از خروج گاز دودکش، عملاً حذف می‌شود. به کار گیری همزمان و موازی ATR و KRESS از ابتکاراتی است که اولین بار در سال ۱۹۹۴ توسط کلاگ به مر حله اجرا در آمد..موازی بودن دو تبادلگر مزایای زیر را ایجاد می‌کند: طراحی ساده تبادلگر، کاهش افت فشار واحد،کاهش تنش‌های مکانیکی،کاهش حجم تبادلگرها.



شکل ۲- فرایند رایج تولید آمونیاک



شکل ۳- فرایند جدید تولید آمونیاک مربوط به شرکت کلاگ

۴-۱-۲ شرکت هالدور تاپسو

طرح راکتور شعاعی برای کانورتور آمونیاک که مزایای کاهش افت فشار،امکان استفاده از کاتالیزگرهای ریزتر و نهایتا افزایش در صد تبدیل را بدنبال دارد. تاپسو علاوه بر ابداع راکتور با رژیم شعاعی، مفهوم "*پیش ریفرمر*" را توسعه داد. وجود "پیش ریفرمر" قبل از کوره ریفرمر باعث کاهش مصرف بخار واحد و کاهش مصرف انرژی خواهد شد.

۴-۱-۳ شرکت آمونیا کازاله

استفاد از راکتورهای شعاعی - محوری در فرایند جدید این شرکت مزیتهای کاهش افت فشار، امکان استفاده از کاتالیزگرهای ریزتر و نهایتا افزایش درصد تبدیل را دربر دارد. افزایش درصد تبدیل، همزمان، دو امتیاز زیر را ایجاد می‌کند اولاً با افزایش مقدار آمونیاک در هرگذر از راکتور، مقدار گاز بازگشت شده به کمپرسور سنتز کاهش یافته، بار کمپرسور نیز کاهش می‌یابد و لذا انرژی مصرفی برای چرخش توربین کمپرسور کمتر می‌شود (مصرف بخار کمتر در توربین). ثانیاً با افزایش درصد تبدیل در واکنش گرمازای تولید آمونیاک از هیدروژن و نیتروژن، دمای گاز خروجی از راکتور بالا رفته، امکان نصب دیگ بخار بازیافت حرارتی در خروجی راکتور فراهم می‌گردد (تولید بخار بیشتر در حلقه سنتز). تولید بخار بیشتر و مصرف بخار کمتر در توربین کمپرسور موجب کاهش بار دیگ بخار واحد و در نتیجه کاهش مصرف سوخت می‌گردد.

۴-۱-۴ شرکت اوده

این شرکت در بخش سنتز آمونیاک مفهوم جدیدی را توسعه داد که بر اساس آن سنتز آمونیاک در دو راکتور مجزا انجام می‌شود، راکتور اول که در فشار پایین تری کار می‌کند، در مراحل میانی کمپرسور قرار می‌گیرد جایی که فشار گاز سنتز، در حدود ۱۳۰-۱۰۰ بار است، مقداری از گاز سنتز در این راکتور به آمونیاک تبدیل می‌شود، آمونیاک از مخلوط گازی جدا می‌شود، مابقی گاز سنتز به مراحل دیگر کمپرسور ارسال می‌گردد که تا حدود ۲۰۰ بار فشرده شود و سپس به راکتور دوم ارسال گردد.

۴-۱-۵ شرکت لینده [۱۰]

شرکت لینده فرایند LAC [1] را ارائه کرده است که در آن از PSA و واحد تولید ازت استفاده می‌شود که به این شکل، ریفرمر ثانویه و متانیتور را حذف کرده است.در این فرایند از دانش فنی شرکت کازاله در بخش سنتز استفاده کرده است.

۴-۲ پیشرفتهای حاصله درطراحی واحدهای آمونیاک به تفکیک بخشهای مختلف آمونیاک [۱۱ و ۹]

۱- جایگزینی محلول متیل دی اتانول آمین فعال شده و "*رکتی سول*" در بخش جدا سازی دی اکسید کربن بجای مونو اتانول آمین و بنفیلد رایج که باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود.

۲- استفاده از آلیاژهای مقاومتر، استفاده از کاتالیزگر با اشکال هندسی با سطوح گسترده و استفاده از کوره‌های با مشعل جانبی، کوره‌های با مشعل تراسی(طرح فوستر ویلر) و همچنین استفاده از سیستم پیش گرم کن هوای احتراق، نوآوریهای به‌وجود آمده در ریفرمر اولیه است.

1. Linde Ammonia Concept

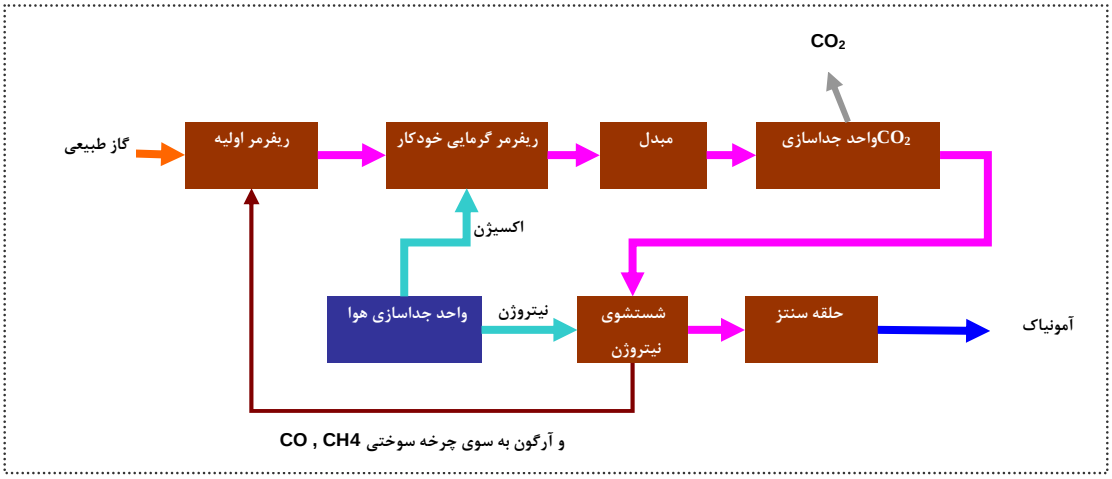
۳- استفاده از کاتالیزگر با اشکال هندسی دارای سطوح گسترده وطرح‌های جدید برای نازل تزریق هوا جهت افزایش عملکرد ریفرمر ثانویه اعمال گردیده است.

۴- استفاده از کاتالیزگرهای فعال تر و مقاوم تر با امکان کارکرد در دمای پایین تر، رژیم شعاعی – محوری در راکتورها و استفاده از یک برج ایزوترم (تکدما) بجای دو برج در بخش برج‌های شیفت دما بالا و دماپایین جهت افزایش بازدهی واحد اعمال گردیده است.

۵- استفاده از سیستمهای غشایی یا روشهای سردسازی جهت بازیافت هیدروژن و آمونیاک از گاز پرج باعث افزایش بازدهی واحد می‌گردد.

۴-۳- واحدهای آمونیاک با ظرفیت بسیار بالا (فرایند نوین تولید آمونیاک)[۸]

تمام روش‌ها و تغییرات فوق بعنوان نوآوری‌هایی برای بهبود فرایند و افزایش توان تولید واحدهای آمونیاک، توسعه یافته‌اند. با بکارگیری این روش‌ها می‌توان ظرفیت واحدهای آمونیاک را تا حدود ۳۰۰۰ تن در روز افزایش داد. اما رسیدن به ظرفیت‌های بالاتر از آن، محدودیت‌های عملی دیگری به همراه دارد.ازجمله این محدودیت‌ها، افزایش بیش از اندازهٔ ابعاد لوله‌ها و برج‌ها (مخصوصاً برج‌های بخش جذب و دفع دی اکسید کربن) می‌باشد که معمولاً از حدود استانداردهای موجود لوله‌ها و تجهیزات فراتر می‌رود و هزینه‌های ساخت را بطور فوق العاده ای افزایش می‌دهد، لذا برای دستیابی به ظرفیت‌های بسیار بالا، جهش دیگری در طراحی و مهندسی لازم است. روشی که برای واحدهای میلیونی (بیش از یک میلیون تن در سال) ابداع شده، بسیار جالب توجه است. طرح اجمالی این روش که توسط طراحانی از قبیل تاپسو، لورگی و کلاگ پیشنهاد شده مطابق شکل (۴) است. در این روش با افزودن یک واحد تفکیک هوا، اکسیژن و نیتروژن خالص تولید می‌شود، ریفرمر ثانویه حذف و بجای آن ریفرمر خودگرم‌شو (اتو ترمال) نصب می‌شود، تزریق نشدن نیتروژن به سیستم تولید گاز سنتز، موجب کاهش حجم گاز عبوری از سیستم می‌شود و لذا ابعاد لوله‌ها و همچنین برج‌های بخش دفع دی اکسید کربن تا حد زیادی تعدیل می‌گردد. از سوی دیگر با توجه به اینکه متان تبدیل نشده در ریفرمرها بار دیگر بعنوان سوخت به کوره ریفرمر باز خواهد گشت، اجباری برای افزایش بار ریفرمر و رسیدن به درصد تبدیل‌های بالا، در ریفرمر وجود ندارد و لذا می‌توان به نسبت، حجم کاتالیزگر و نیز بار حرارتی ریفرمر را کاهش داد، این در حالیست که استفاده از اکسیژن خالص در ریفرمر خودگرم‌شو، دمای فوق العاده زیادی را ایجاد خواهد کرد که به نوبه خود موجب کاهش بار ریفرمر اولیه خواهد شد. واحد شستشو با نیتروژن مایع، بخش دیگری است که نه تنها با مایع سازی آرگون، متان و مونوکسید کربن، آنها را بطور کامل از گاز سنتز جدا می‌کند (به نوعی نقشی مشابه متانیتور در حذف اکسیدهای کربن دارد) بلکه نیتروژن مورد نیاز برای سنتز را به سیستم اضافه می‌کند. در این روش با توجه به استفاده از نیتروژن خالص و حذف تمامی ناخالصی‌ها قبل از حلقه سنتز، معضل اینرت در حلقه سنتز وجود نخواهد داشت و عملاً گاز پرج از سیستم حذف می‌شود. از سوی دیگر دمای گاز ورودی به کمپرسور سنتز بدلیل عبور از سیستم شستشوی نیتروژن نسبتاً پایین است و این خود موجب کاهش حجم گاز سنتز و بهبود عملکرد کمپرسور خواهد شد.



شکل ۴– فرایند نوین تولید آمونیاک برای ظرفیتهای بالا

هر چند احداث چنین واحدی بخاطر دارا بودن تجهیزات گرانقیمت مانند واحد تفکیک هوا و واحد شستشوی نیتروژن، هزینه بالایی دارد اما برای ظرفیت‌های بسیار بالا، هزینه نسبی آن در مقایسه با واحد با فرایند رایج، کمتر خواهد بود.

۵- محاسبات اقتصادی یک پروژه آمونیاک

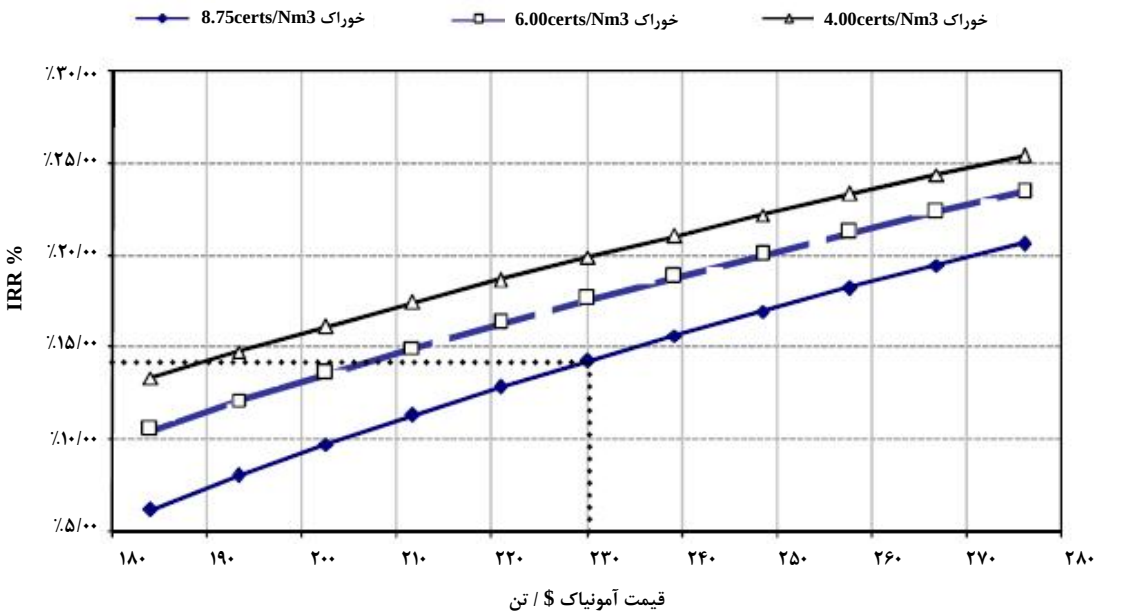
فرضیات جهت انجام محاسبات اقتصادی در جدول (۳) ارائه گردیده است. پس از تنظیم یک مدل مالی، نتایج حاصله عبارتند از :

جمع کل هزینه‌های سرمایه گذاری پروژه : ۴۴۷ میلیون دلار، قیمت تمام شده هر تن محصول (سال پنجم) : ۱۹۲ دلار، نرخ بازگشت داخلی سرمایه (IRR): ۱۴/۳٪، ارزش خالص فعلی (NPV): ۲۷ میلیون دلار، دورهٔ بازگشت سرمایه : ۷/۶ سال، نقطه سر به سر تولید در سال اول بهره برداری : ۸۸٪.

جدول ۳- مفروضات اصلی برای تهیه مدل مالی

فرایند مورد مطالعه	فرایند نوین آمونیاک
ظرفیت	۲۰۰۰ تن در روز (۶۶۰ هزار تن در سال)
زمان بندی اجرای پروژه	۳۰ ماه از زمان تنفیذ قرارداد EPC
طول دوره بهره برداری جهت مطالعه اقتصادی	۲۰ سال
قیمت خرید گاز خوراک	۷۵/۸ سنت بر نرمال متر مکعب
قیمت فروش محصول	۲۳۰ دلار در هر تن
نرخ تنزیل برای محاسبه NPV	٪۱۳
ظرفیت تولید	سال اول بهره برداری ۹۰٪، سال‌های بعد ۱۰۰٪

همچنین نتایج آنالیز حساسیت در شکل (۵) خلاصه شده است:



شکل ۵- آنالیز حساسیت پروژه آمونیاک

۶- نتیجه‌گیری

در مورد کشورهایی مانند ایران که از منابع غنی گاز طبیعی برخوردار است، روش‌های مختلفی برای ایجاد ارزش افزوده صادراتی بر روی گاز طبیعی پیشنهاد می‌گردد. از جمله روشهای موجود، صادرات مستقیم از طریق خط لوله، تبدیل به برق و صدور آن، تبدیل به گاز مایع (LNG) و صدور آن، تبدیل به سوخت‌های مایع (GTL)، تولید متانول و همچنین تولید آمونیاک و نهایتاً کودهای شیمیایی است. همگی روش‌های یاد شده بسته به نیاز بازار مصرف و در مقاطع خاص زمانی، از سود آوری مناسبی برخوردار می‌باشند. اما در این میان، تبدیل گاز طبیعی به آمونیاک و کودهای شیمیایی می‌تواند از امتیازات زیر در مقایسه با سایر روش‌ها برخوردار باشد:

- در دسترس بودن فناوری (در مقایسه با روش‌هایی مانند LNG و GTL).
- سهولت حمل محصول (کود شیمیایی جامد) در مقایسه با سایر روش‌ها و امکان ارسال محصول (کود شیمیایی) به بازارهای منطقه ای و داخلی از طریق حمل و نقل جاده ای و ریلی
- وجود نیاز دائمی و در حال رشد به کودهای شیمیایی بخاطر وجود رشد جمعیت.

لازم بذکر است که اکثر این امتیازات زمانی برای یک مجتمع آمونیاک قابل بیان است که در مجاورت آن یک واحد تولید کود شیمیایی نیز احداث شود. در غیر این صورت تولید آمونیاک به تنهایی، نه فقط مزیتی برای حمل و نقل آسان ایجاد نمی کند، بلکه تولید همزمان گاز کربنیک در واحد آمونیاک بعنوان یک محدودیت زیست محیطی، امکان ساخت واحد آمونیاک بدون ایجاد یک واحد مصرف کنندهٔ گاز کربنیک در مجاورت آن (مانند واحد اوره) را منتفی می‌سازد. و لذا با توجه به موارد فوق الذکر، احداث واحدهای جدید آمونیاک در ایران با توجه به جایگاه دوم این کشور از نظر ذخایر گاز طبیعی در جهان جذابیت خوبی از نظر اقتصادی نشان می‌دهد.

مراجع

[1] Yara Fertilizer industries Handbook – 31st May (2005).
[2] Syngas & Methanol Magazine
[3] An introduction to the Lurgi-Casale Mega Ammonia production, by Dr W Davey, Dr T Wurzel & Dr E Filippi. Presentation presented in Tehran September (2005).
[4] Fertecon Ammonia market outlook report – November (2006).
[5] An Integrated Approach to Ammonia Production by Peter Vang Christensen, Haldor Topsøe A/S, Denmark, Presented in Tehran September (2005).
[6] Technology and Manufacture of Ammonia, Strelzoff, Samuel, (1988).
[7] www.lurgi.com
[8] www.afa.com.eg / upload/S1_001, MEGAMMONIA% C2%AE.pdf
[9] www.cheresources.com/ammonia.shtml
[10] www.linde-process-engineering.com / process plants / hydrogen syngas plants/gas processing/ rectisol wash.php
[11] www.efma.org/publications/bat%2095/bat01/index.asp