

صنعت LNG در ایران و جهان

و

خلاصه گزارش همایش بین‌المللی

IRAN LNG

معاونت امور بین‌الملل و بازرگانی
اداره کل اروپا، آمریکا و کشورهای همسایه دریای خزر
آبان ماه ۱۳۹۰

« خلاصه گزارش صنعت LNG (همایش LNG در ایران در تاریخ ۱۳۹۰/۸/۲) »

مقدمه‌ای بر LNG

پس از سرد شدن گاز طبیعی با تکنولوژی خاص در فشار آتمسفر و در دمای ۱۶۱- مایعی بی‌رنگ، بی‌بو و غیر سمی استحصال می‌شود که LNG نام دارد.

LNG خطر آتش‌سوزی و اشتعال بسیار کمی دارد زیرا به محض نشستی بخار شده و از محیط پراکنده می‌گردد. از آنجا که حجم LNG معادل $\frac{1}{600}$ حجم گاز اولیه می‌باشد پس از حمل توسط کشتی‌های مخصوصی و تبدیل مجدد به گاز طبیعی به بازارهای هدف و کانون‌های مصرف انتقال می‌یابد. LNG برای مسافت‌های دور (بیش از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلومتر) به جای خط لوله به کار می‌رود. ساخت هر کشتی مخصوص LNG حدود ۱۶۰ میلیون دلار هزینه دارد.

تحولات ۲۰ سال اخیر بازارهای انرژی و روشنی دورنماها و افزایش قیمت و سهم LNG در سبد مصرف انرژی جهانی (سوخت خودرو و غیره) و افزایش روند انگیزشی شرکت‌های بزرگ اروپایی و دارنده منحصر به فرد تکنولوژی این صنعت برای همکاری با ایران در بلندمدت و ربودن گوی سبقت در میدان بازیگران منطقه‌ای و جهانی توسط رقبا و استفاده از فرصت‌های زمانی و... باعث گردیده تلاش بیشتر و حرکت رو به جلو در صنعت LNG مورد توجه ایران نیز قرار گرفته و در این برهه از زمان مبادرت به برگزاری همایشی در ایران در آبان ماه سال ۱۳۹۰ نماید که خلاصه و برداشتهایی از این همایش که با حضور شرکت‌های ایرانی و بین‌المللی تحقق یافت در زیر ارائه می‌گردد.

۱- ترجمه سخنرانی آقای Krosron در رابطه با مباحث فنی مایع‌سازی گاز روی کشتی به صورت شناور (FLNG)

در این مباحث ناگزیریم از فرآیند Floating LNG (تولید ال‌ان‌جی بر روی کشتی) صحبت کنیم، از FLNG‌های کوچک هم عمدتاً برای کاهش ریسک استفاده می‌شود و همزمان گاز بصورت مایع به مناطق مختلف جهان صادر می‌شود.

برای حمل و نقل‌های دریایی، مسأله خوراک (Feed) مهم است و این فرآیند برای مناطق ساحلی طراحی شده است، مخصوصاً مناطق ساحلی که در مجاورت مراکز ارائه خوراک و میادین گازی واقع شده است. مطالعه Feed (خوراک) هم زمان بر و هم هزینه‌بر است ولی در بلندمدت صرفه‌جویی صورت می‌گیرد و از مشکلات فنی پیش‌بینی نشده جلوگیری می‌کند. در این جریان ناگزیر از بررسی شناورهای مخصوص هستیم. در قدم نخست به خوراک توجه می‌شود و سپس سیستم تولید اهمیت می‌یابد. ما در تجربیات گذشته با تولید ۱۲/۴۰۰ هزار تن LNG آغاز و به ۲۴ هزار تن دست یافته‌ایم، لذا باید از تانکرها، مخازن و ظرفیت‌ها حمایت کنیم. در ابتدا ۹۰ هزار متر مکعب گاز دریافت کرده‌ایم تا به توسعه دست یافتیم. در این میان آموزش افراد و پرسنل حاضر در بخش بالادستی و پائین‌دستی مهم است چرا که در این فرآیند بیش از ۱۰۰ نفر دست‌اندرکار هستند که آموزش آنها یکی از

چالش‌ها محسوب می‌شود. اعتبارات ما در بخش کشتیرانی یکی دیگر از چالش‌ها است که باید از این اعتبارات استفاده کنیم. همچنین لازم است از عناصر مخازن کروی شکل استفاده کنیم که حتماً دارای سیستم‌های غشایی باشند. در کشتی‌های تولیدکننده LNG عرشه کشتی Flat طراحی شده و تلاش کرده‌ایم روی وزن کشتی‌ها کار کنیم تا کشتی‌ها و شناورهای سبک‌تر طراحی کنیم. همچنین بررسی کرده‌ایم سیستم سیار (F) چه مزایایی می‌تواند داشته باشد، لذا کارخانه‌های نصب شده روی کشتی و شکل کشتی باید مجدداً طراحی شوند، تا فن‌آوری پهلوگیری کشتی‌ها و سبک کردن کشتی‌ها در آنها اعمال شوند. ما در تجربیات گذشته از فن‌آوری Cascade استفاده کرده‌ایم چون برای عرضه گاز ایمن‌تر هستند. علاوه بر انتقال فن‌آوریهای موجود بر روی عرشه کشتی، باید روی کشتی ارزش افزوده ایجاد گردد.

به منظور پهلوگیری امن کشتی‌ها، سیستم‌های زیرآبی داخلی طراحی شده است که برای آن ۲-۳ سناریو قابل تصور است و برای Feed Study باید در شناورها، نوآوری و ابداع داشته باشیم.

در ابتدا باید آب، سولفور، جیوه و گوگرد از گاز جدا شود. در مرحله اول CO₂ را تفکیک می‌کنیم و بعد آب جدا می‌شود. تا حین تولید LNG سیستم دچار یخ‌زدگی نشود. مرحله بعد جداسازی Condensate از LNG مطرح می‌شود و لذا بمنظور تفکیک Condensate باید تسهیلات روی کشتی ایجاد نمود.

در این فرآیند ما نیازمند تولید ۲۶۰ مگاوات برق بر روی شناورهای مجاور کشتی اصلی هستیم تا سیستم تولید اصلی تقویت شود و هیدروکربورها کاملاً جدا شوند. در این زمینه مطالعات میدانی در بعضی مناطق آغاز شده است و در برخی پروژه‌ها به تولید LNG روی کشتی هم دست یافته‌ایم. در این فرآیند باید متان مایع داشته باشیم اما یکی از مشکلات راندمان پائین این مرحله است. در مقیاس‌های کوچک تولید متان مایع میسر شده ولی هنوز به سطح تجاری دست نیافته‌ایم. در حال حاضر اولین واحد نصب شده که حجم آن متناسب میدان است. مطالعات میدانی و تفکیک هم انجام پذیرفته و بنا بر تفکیک سیستم یک ماژول (Module) را تعریف کرده‌ایم. جداسازی سولفور متناسب با میدان تعریف شده و مرحله جداسازی CO₂، جیوه و گوگرد هم در فرآیند انجام پذیرفته است. اکنون Utility و واحد مایع‌سازی آماده است و ماژول‌ها را نیز تعریف کرده‌ایم که انعطاف‌پذیری ما را بالا می‌برد.

مفهوم ماژول‌ها متناسب با میدان است لیکن Feed می‌تواند General باشد. ما با در نظر گرفتن ۸۰ mgw برق در داخل کشتی نیز تولید انرژی داریم. در بحث تانکرها می‌دانیم که LNG تولیدی در تانکرهای کروی جا می‌گیرد ولی در این فرآیند تغییراتی ایجاد کرده‌ایم و در سیستم تانکرهای SBS (ساید بای ساید) نصب شده است.

عملیات بارگیری محصول نیز Side By Side در نظر گرفته شده که مزیت آن قابل توجه است. یک پروژه نمونه در دریای شمال انجام شده است هر چند باید جهت انتقال آن به مناطق دیگر مطالعات میدانی انجام شود و این پروژه نیازمند بررسی بیشتر است. مدت ۷ سال است که پروژه FLNG در دست بررسی است. ابتدا مطالعات Feed Study بعد کشتیرانی سپس مسائل محیط زیست و استفاده از تکنولوژی در شرایط جدید مورد بررسی قرار گرفت. باید در نظر گرفت که کار در دریا بسیار دشوار است، لذا اجرای این پروژه بستگی به کارآیی میدانی دارد و توسعه هر مرحله وقت می‌گیرد و کارآیی مرحله Feed Study را کاهش می‌دهد.

۲- آینده و بازار و اقتصاد LNG (ترجمه سخنرانی آقای Mendes از شرکت گلف انرژی (Galp Engia) پرتغال)

اگر مزیت‌های LNG را بررسی کنیم متوجه می‌شویم نرخ رشد LNG دو برابر نرخ رشد گاز طبیعی بوده است و در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۳۰ تقاضای آن چشمگیر خواهد بود. ۹۰٪ مصرف گاز طبیعی در کشورهای OECD است لیکن این روند رو به تغییر بوده و در دهه آینده محل‌های مصرف تغییر (SHIFT) می‌کند. تعهد جهانی آن است که از سوزاندن بی‌دلیل گاز جلوگیری شود. در شرایطی که مناطقی پر مصرف همچون کره و ژاپن نمی‌توانند از طریق خط لوله گاز دریافت کنند باید LNG به آنان صادر شود. اروپا نیز جزو بازارهایی است که به دنبال امنیت و تنوع انرژی می‌گردد. پس از ژاپن، اسپانیا بزرگترین مصرف‌کننده LNG است. در آمریکای جنوبی مناطقی چون برزیل و شیلی ترمینال‌هایی در دست ساخت دارند لذا نقش LNG وسیله‌ای برای مصرف گاز بیشتر خواهد بود. تحولات تکنولوژیک در زنجیره تولید LNG مهم است چرا که این صنعت، صنعتی جوان است. اکنون حجم تولید ۳۳ میلیون تن است ولی با سرعت تکنولوژی که در حال پیشرفت است، حجم آن افزایش خواهد یافت.

ظرفیت برخی کشتی‌های حمل‌کننده LNG به ۱۴۰ هزار متر مکعب رسیده است. شرکت ما بخشی از کنسرسیوم در برزیل است و در این کشور برای ۳ میلیون تن ظرفیت LNG شناور برنامه‌ریزی شده است. لذا معتقدیم LNG در رقابت با خط لوله بسیار کوشا است. این صنعت برای فواصل ۶۰۰۰ کیلومتر قابل توسعه است.

طی ۱۰ سال آینده تقاضا تا ۲ برابر رشد خواهد کرد و حجم آن تا سال ۲۰۵۰ به ۳۰۰-۱۵۰ میلیون تن خواهد رسید. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۱۵ رشد آن ۷٪ باشد که نرخ رشد آن ۲ برابر رشد گاز طبیعی است. کشورهای الجزایر، اندونزی، قطر و... بزرگترین تولیدکنندگان LNG هستند. هر چند ایران نیز امکانات و پتانسیل‌های فراوانی جهت ورود به جرگه تولیدکنندگان دارد. چنانچه صنایع LNG رشد کند راه‌های زیادی برای سیاستگذاران گاز خواهد داشت. انرژی‌های تجدیدپذیر نیز بر صنعت گاز فشار می‌آورند.

فقط بازار محرک تولید نیست، اگر ما حرکت کنیم بازار هم حرکت خواهد کرد. از دهه ۷۰ تا ۸۰ این روند مشخصاً دیده شده است که مسیرهای خط لوله و LNG کوتاه‌تر شده است. ۹۰٪ بازارهای LNG کوتاه‌مدت و SPOT است که باید مورد توجه قرار گیرد. در اروپا و پرتغال خط لوله گاز ساخته شده و باید امور بازاریابی به شرکت‌های دیگر واگذار شود، نباید یک منبع انحصاری برای گاز طبیعی وجود داشته باشد.

اکنون حجم تجارت LNG بالا است لیکن در بازار کسانی وارد شده‌اند که دارای هم ندارند. تعداد مشتریان جدید LNG رو به افزایش است چون مزیت محیط زیستی دارد در مقایسه با زغال سنگ و گاز طبیعی سولفور کمتری دارد. گاز طبیعی بعنوان سوخت پاک دوره انتقال از اقتصاد قدیمی به اقتصاد سبز را هدایت می‌کند.

در این مسیر بازیگران پائین‌دست به بالادست می‌روند و رقابت بین بازیگران بالادست و پائین‌دست است.

تحلیل بازار LNG در جهان: تحولات اخیر شرایط را تغییر داده و وقایع ژاپن و سپتامبر سیاه درخواست LNG را تغییر می‌دهد پس از آن جهان LNG به سرعت حرکت کرد. در آمریکا تولید گاز از Shale برابر ۱۴٪ است و تا ۲۰۳۵ رشد نیز خواهد کرد بطوریکه ۵۰٪ تولید گاز آمریکا از گاز Shale خواهد بود. تکنولوژی‌های جدید، تحولات جدید ایجاد می‌کند و در ۱۰ سال آینده بازار تغییر خواهد کرد. اکنون گاز Shale هزینه‌ای بالا در آمریکا دارد.

پس از زلزله ژاپن و آلودگی‌های اتمی بحث‌های زیست محیطی در اروپا تشدید شده است. پس از تحولات هسته‌ای کشور ژاپن ۴۹۰۰۰ مگاوات برق خود را از گاز طبیعی تولید می‌کند که بازار گاز طبیعی جهان را تغییر خواهد داد. آلمان نیز تا سال ۲۰۲۲ تمام نیروگاه‌های اتمی خود را تعطیل خواهد کرد در حالیکه الآن ۹ نیروگاه اتمی در این کشور کار می‌کند و بجای آنها از گاز و زغال سنگ استفاده خواهند کرد. انرژی خورشیدی و باد نیز شکاف احتمالی عرضه انرژی اتمی در آلمان را تأمین خواهد کرد.

در رقابت با انرژیهای تجدیدپذیر فشار بر گاز طبیعی وارد می‌شود و رشد انرژیهای تجدیدپذیر و گاز افزایش خواهد یافت. این عوامل نمونه‌ای از تحولات بازار اروپا است.

بادهای قوی در آلمان یکی از نیروهای تولید برق است در حالیکه انعطاف نیروگاه‌های گاز که سریع خاموش و روشن می‌شوند و سایر مزیت‌ها، زمینه مناسبی برای سرمایه‌گذاری فراهم کرده است.

ما انتظار داریم در مقوله LNG استرالیا از قطر جلو بزنند. استرالیا پروژه تولید ۱۰۰ میلیون تن LNG را در دست اجراء دارد که بازار را تغییر خواهد داد. همچنین در آمریکا یک اپراتور برای مایع‌سازی گاز فعال است که آغاز فعالیت آن بازار را تغییر می‌دهد.

کشورهای پرو و برزیل در آن سوی جهان در آمریکای جنوبی تولیدکنندگان بالقوه انرژی LNG خواهند بود. کانادا در آمریکای شمالی و در ساحل شرقی خود گاز طبیعی را با هدف رساندن به خاور دور تولید می‌کند. در این میان روسیه نیز در حال سرمایه‌گذاری به منظور ارسال گاز از شمال به اروپا است. در آفریقا آنگولا ۵/۲ میلیون تن تولید خواهد کرد. شرکت Galp پرتغال نیز یکی از فعالان این حوزه است که دومین کشور ایجاد کننده خط تولیدی LNG (Train) در آنگولا است. ما در موزامبیک اکتشافی مهم داشته‌ایم و کنسرسیوم گاز تلاش فراوانی را در پروژه‌های مهم خود در موزامبیک خواهد داشت. این در حالی است که در خاورمیانه نیز کشورهای مختلفی نیاز به گاز دارند که می‌توانند تغییراتی در بازار ایجاد کنند.

LNG در ایران

شرکت IRAN LNG در مرداد ۱۳۸۵ با هدف ساخت کارخانه مایع‌سازی گاز طبیعی در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس ۲ تأسیس شد. سهامداران این شرکت شامل شرکت ملی صادرات گاز ایران و صندوق بازنشستگی نفت می‌باشند. این شرکت در حال ساخت دو خط تولید یا Train برای مایع‌سازی گاز هر یک به حجم ۵/۴ میلیون تن LNG در سال است که تا چهار Train نیز پیش‌بینی شده است. قرارداد ساخت خط تولیدهای ۳ و ۴ نیز در اسفند ۱۳۸۷ امضاء شده است. وظیفه اصلی این شرکت ساخت مرحله میان‌دستی فاز ۱۲ پارس جنوبی است که مرحله بالادستی توسط Nioc و شرکت نفت و گاز پارس انجام می‌گیرد. محصول LNG حدود ۲۵٪ از مصرف گاز طبیعی جهان را تشکیل می‌دهد به طوری‌که در پایان ۲۰۰۹ حدود ۳۰٪ بازار جهانی گاز به LNG اختصاص داشت. ایران نیز تا سال ۲۰۱۵ تولید سهمی معادل ۴۵ میلیون تن در سال را در برنامه دارد.

مراحل تولید و انتقال LNG

تولید و انتقال LNG به سبک و سیاق معمول و متعارف در مراحل چهارگانه ذیل انجام می‌شود. در فرآیند انتقال ال‌ان‌جی به صورت شناور و سیار در موقعیت دریایی Ship to Ship و Side by Side که به LNG شناور (Floating LNG) یا F-LNG موسوم است مراحل زیر تلفیق و شامل تغییراتی می‌شود.

۱- شیرین‌سازی.

تشریح مرحله ۱: با جدا کردن CO_2 و H_2S و آب و مرکاپتان و جیوه.

۲- مایع‌سازی گاز طبیعی.

تشریح مرحله ۲: گاز شیرین شده خنک می‌شود تا هیدروکربورهای سنگین آن پروپان و بوتان از گاز طبیعی جدا شده و بخش سبک (متان و اتان) سرد شده و در دمای ۱۶۲- درجه به شکل گاز مایع یا LNG درآید.

۳- انتقال و حمل و نقل دریایی.

تشریح مرحله ۳: حمل با کشتی مخصوص (با مخازن کروی یا Flat).

۴- گازسازی مجدد گاز مایع.

تشریح مرحله ۴: مرحله Regasification توسط ترمینال‌های دریافت LNG از کشتی انجام و دوباره از طریق خط لوله یا وسایل دیگر به مصرف‌کننده نهایی می‌رسد.

بازارهای بالقوه انرژی LNG:

بازارها عمدتاً شامل اروپا و آسیا (پاکستان، هند، چین، کره، ژاپن، سنگاپور، تایلند و...) می‌باشد. LNG در خودرو و کارخانه و... مصرف دارد.

توسعه MINI LNG ها (در فاصله‌های دور و صعب‌العبور) در کنار LNG با ظرفیتهای بیشتر ادامه دارد. صدور LNG با کشتی کاملاً اقتصادی بوده و جزء اقتصاد طرح است، به دلیل آنکه حجم آن به $\frac{1}{3}$ حجم گاز طبیعی اولیه کاهش می‌یابد. در صورت نشست LNG خطر آتش‌سوزی نداشته چون بلافاصله بخار و پراکنده می‌شود. قیمت‌های Spot الان‌جی در بازارهای کوتاه‌مدت مانند هندوچین رواج دارد و تفاوت قیمت حدود ۳ تا ۴ دلار است در حالیکه در اروپا قیمت‌ها تفاوت عمده دارد. قیمت در بازار Spot نسبت به گاز طبیعی نزدیک‌تر است.

تکنولوژی‌های مختلف برای مایع‌سازی گاز طبیعی

Mini LNG جایگزین مناسب گازرسانی به نقاط دور افتاده و در فصل سرما و پیک مصرف گاز است. توسعه و بومی‌سازی فرآیند و تکنولوژی ساخت LNG در ایران ضرورت دارد. روش مهندسی معکوس برای الگوسازی فن‌آوری مناسب پیشنهاد می‌شود.

۱- فرآیند فیلیپس: در این فرآیند مرحله سرمایش بصورت مرحله‌ای انجام می‌شود به ترتیب توسط پروپان و اتیلن و متان صورت می‌گیرد. تعدد زیاد کمپرسورها از معایب این تکنولوژی است.

۲- فرآیند Apci: گاز طبیعی ابتدا توسط سیکل پروپان در دو مرحله تا حدود ۴۰- درجه پایش سرد می‌شود. سپس در مبدل حرارتی که از نوع SWHE است تا ۱۶۰- درجه سرد می‌شود تا ترکیبات سنگین مایع شده از گاز سبک جدا و گاز سبک برای تولید LNG به مرحله دوم هدایت شود. هماهنگی بین چرخه‌های تبرید و امکان تنظیم انرژی سرمایش بین دو چرخه و مصرف کم انرژی از مزیت‌های فرآیند تبرید مخلوط دوگانه است.

۳- فرآیند شرکت Shell: فرآیند شل در آرایش فرآیندی مشابهت بسیاری با فرآیند APCI دارد با این تفاوت که عمل سرمایش اولیه به جای پروپان توسط مخلوط اتان و پروپان انجام می‌شود. اختلاف عمده دیگر استفاده از مبدل حرارتی SWHE بجای Kettle Reb Oiler در سرمایش اولیه است.

۴- تکنولوژی Linde: یک فرآیند آبشارگونه Cascade است که شباهت زیادی با Philips دارد. با این تفاوت به جای استفاده از مبرد خالص از ۳ مبرد استفاده می‌شود. تکنولوژی Linde یک فرآیند متوالی (آبشاری) است.

۵- تکنولوژی Technip: سالهاست این تکنولوژی استفاده می‌شود. امتیاز این تکنولوژی در سال ۱۹۵۸ در اولین کارخانه تولید LNG الجزایر استفاده شد. لیسانس آن برای Tealarc است.

۶- فرآیند AXEN: شامل دو چرخه تبرید جداگانه است. مصرف پائین انرژی از محاسن این تکنولوژی است.

۷- تکنولوژی Prico: فرآیند قدیمی است که اولین بار در تأسیسات LNG الجزایر استفاده شد. این تکنولوژی بصورتی است که در کارخانه هرچه ظرفیت تولید خط تولید (Train) بیشتر شود، اقتصادی‌تر خواهد بود، لذا از توربین‌های گازی بزرگتر با راندمان بیشتر استفاده می‌شود. توربین‌های بخار منسوخ شده است.

در مقاله آقای نودهی که به سمینار داده تکنولوژی Prico را با نرم افزار Aspen Hysxs شبیه‌سازی کرده است.

حمل و نقل LNG

حمل و نقل LNG با کشتی‌های خاص مجهز به تانکرهای عایق کاری شده صورت می‌گیرد. تانکرهای LNG به سه نوع تقسیم می‌شود:

۱- طرح کروی (Moss Type).

۲- طرح پوسته دار (Membrane Type).

۳- طرح منشوری یا Structural Prismatic Type.

ظرفیت تانکرهای LNG الان حدود ۱۳۸۰۰۰ - ۱۲۵۰۰۰ متر مکعب است. اخیراً کشتی‌هایی با ظرفیت ۲۰۰ هزار مترمکعب هم در حال ساخت است. طول این کشتی‌ها ۹۰۰ فوت و عرض ۱۴۰ فوت است. کشتی‌های LNG از سایر کشتی‌ها تمیزتر است زیرا از بخارهای تبخیر شده LNG که به Boil of Gas معروف است بعنوان سوخت کشتی استفاده می‌شود.

صادرات گاز

صادرات گاز از استراتژی‌های مهم ایران است که از ۳ راه امکان دارد: ۱) خط لوله (مثل ترکیه برای مسافت نزدیک)، ۲) تبدیل گاز به مایع (LNG) و انتقال به بازارهای هدف و ۳) تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع مثل GTL و سپس انتقال به بازارهای هدف.

روش خط لوله جهت صادرات به مقاصد نزدیک آسان‌ترین راه است. در سال ۲۰۰۹ کل تجارت گاز طبیعی خط لوله در جهان ۶۳۳ میلیارد مترمکعب و بصورت LNG نیز ۲۴۲ میلیارد مترمکعب بوده است. روسیه با ۱۷۶ bcm بزرگترین صادرکننده گاز و آمریکا با ۹۳ bcm بزرگترین واردکننده بوده است که ۱۲ bcm آن بصورت LNG بوده است. در این سال پس از آمریکا (با حجم ۹۳ bcm واردات از کانادا)، آلمان با واردات ۸۸ میلیارد مترمکعب از طریق خط لوله از روسیه و نروژ، هلند و ژاپن با ۸۶ میلیارد مترمکعب واردات بصورت LNG از جاهای مختلف در رده‌های بعدی می‌باشند.

در سال ۲۰۰۹ تجارت جهانی گاز طبیعی با ۸۷۶ میلیارد مترمکعب در مقایسه با سال ۲۰۰۸ با رشد ۸٪ روبرو بوده است. صادرات گاز طبیعی با خط لوله در سال ۲۰۰۹ عمدتاً از منطقه CIS (کشورهای مستقل مشترک‌المنافع) بوده است لذا میزان ۲۶٪ صادرات گاز جهان به آن منطقه مربوط است.

اروپا بزرگترین واردکننده گاز از CIS است. در سال ۱۹۹۸ حدود ۹۹٪ کل صادرات گاز CIS به مقصد اروپا بوده که این حجم در سال ۲۰۰۹ به رقم ۴۴٪ کاهش یافته است.

ضرورت LNG برای ایران

اقتصادی‌ترین راه دسترسی به بازارهای دور تبدیل گاز به LNG و حمل توسط کشتی است. اهمیت صادرات گاز طبیعی برای استفاده از منابع ارزی آن جهت توسعه کشور مهم است. با توجه به منابع زیاد گاز در ایران و محدود بودن صدور بوسیله خط لوله به همسایه‌ها ساخت و راه‌اندازی تأسیسات LNG را ضروری ساخته است.

تفاوت تکنولوژیهای مختلف LNG

۱- نوع سیال مبرد (خالص یا مخلوط).

۲- نوع مبدل حرارتی (در پارامترهای گوناگون مانند ابعاد، فشار عملیات، تنوع سازندگان، هزینه ساخت).

تفاوت دیگر عمده این مبدل‌ها در نوع سیال مورد استفاده در بخش خشک‌کن (آب یا هوا) می‌باشد که هم‌اکنون بعلاوه خوردگی ایجاد شده در مبدل‌های آب سرد اکثر کارخانه‌های LNG دنیا از هوا استفاده می‌کنند. از اوایل ۱۹۸۰ استفاده از فرآیند PPM در اکثر مجتمع‌ها متداول بوده است. شرکت Philips صاحب امتیاز تکنولوژی Cascade مدعی افزایش راندمان در فرآیند مایع‌سازی است که شاهد آن را پروژه‌های ترینیداد می‌داند. اما مطالعات نشان می‌دهد هزینه تجهیزات و دستگاه‌ها در فرآیند cascade نسبت به PPM بیشتر است. در مجموع، دو تکنولوژی تقریباً بطور مساوی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شرکت Linde آلمان طرحی داده که از مزیتها و برتری‌های دو روش استفاده کرده که از نظر راندمان ترمودینامیک و هزینه اجرایی (تعداد کمپرسورها و مراحل تراکمی) کمتر است که این تکنولوژی لینده به MMFC معروف است و در طرح‌های در حال اجرای ایران استفاده شده است.

تکنولوژیهای مورد مقایسه در راندمان ترمودینامیکی کم و بیش باهم برابرند اما صرفه‌جویی اصلی در تعداد و طراحی کمپرسورهای مورد نیاز نهفته است و این مسأله در شرایط خاص که با محدودیتهای گاز مواجه هستیم و یا مواردی که احتمال استفاده از واحدهای شناور LNG وجود دارد، می‌تواند تفاوت محسوسی در نتایج مقایسه ایجاد نماید. یک طراح LNG معتقد است اگرچه سیکل‌های LNG با تغییرات در شکل و طراحی ادوات می‌تواند به یک راندمان مساوی برسد. اما سیکل‌های مایع‌سازی، شرایط بهینه (Optimum) منحصر بفرد خود را دارا است که توسط فاکتورهای خاص موجود پروژه قابل دستیابی می‌باشد به این معنا که فرآیندهای متفاوت تولید LNG می‌باید در پروژه‌های مختلف بکار گرفته شوند و لزوماً نمی‌توان این تکنولوژیها را بدون در نظر گرفتن ویژگی‌هایی نظیر موقعیت مکانی پروژه، پیش‌بینی بازار و نیز حجم گاز میدان مربوطه مقایسه جامع نمود. تکنولوژیهای دیگر مانند DMA و SMA نیز در حال اصلاح و بهبود و روزرسانی هستند اما به مقدار کمتری از آنها استفاده می‌شود.

تأمین منابع مالی (فاینانس) پروژه‌های LNG

وام‌های مستقیم برای پروژه‌های تبدیل گاز به مایع را می‌توان از طرق ذیل تحصیل نمود:

۱- بانکهای توسعه‌ای ناحیه‌ای و چندجانبه.

۲- بانکهای تجاری بین‌المللی.

۳- نمایندگی اعتبار صادرات.

۴- نمایندگی‌های دوجانبه مانند جی‌بی‌آی‌سی.

۵- بانکهای تجاری ایران.

تحولات تازه در فرآیند F-LNG توسط شرکتهای مهم نفتی

شرکت توتال فرانسه: در کنفرانس سالانه GPA که در تاریخ ۲۳-۲۱ سپتامبر ۲۰۱۱ در پراگ برگزار شد شرکت توتال فرانسه اعلام نمود که یکی از چالش‌های فنی فرآیند تولید در F-LNG فرآوری مرحله اول یعنی مایع‌سازی گاز طبیعی می‌باشد. طی ۲ سال گذشته شرکت فرانسوی TOTAL با تأکید بر انجام مرحله مایع‌سازی در یک واحد سیار و شناور در دریا به جای خشکی نسبت به توسعه عملیات فرآیند تولید LNG مبادرت نموده است.

شرکت شل انگلیس: شرکت شل در حال آغاز ساخت بزرگترین شناور جهان برای تسهیل تولید و انتقال گاز می‌باشند. این کشتی شناور آنچنان عظیم و مجهز است که ناوهای هواپیما بر در مقابل آن به مانند کوتوله خواهد بود (با طول ۵۰۰ متر بیش از ارتفاع برج‌های دو قلوی پتروناس مالزی).

آقای Woder Miring مدیر توسعه LNG در شرکت Shell می‌گوید انتقال گاز طبیعی به صورت مایع یا LNG بسیار بهتر است زیرا حجم گاز به میزان ۶۰۰ برابر فشرده تر می‌گردد و حجم آن برای انتقال به جاهای دور کمتر می‌شود ولی مشکل و چالش اصلی این است که چون درصد زیادی از گاز طبیعی را متان تشکیل می‌دهد که برای نگهداری آن به صورت مایع نیاز به سردخانه‌های عظیم با درجه سرمای معادل ۱۶۱- درجه سانتی‌گراد و مخازن بزرگ مخصوص می‌باشد که قبلاً تنها روی خشکی وجود داشته است. گاهی اوقات میدان استخراج گاز آن قدر از ساحل دور است که امکان احداث خط لوله وجود ندارد و بعضی از این ذخایر در نقاط دور دست اقیانوس‌ها و دریاها و در نقاط عمیق و نامناسب قرار دارد که امکان ارتباط با ساحل را منتفی می‌سازد و یا بعضی میادین گازی وجود دارد که بلحاظ بعضی ویژگیها استخراج آن اقتصادی نمی‌باشد و لذا برای رفع مشکل شرکت هلندی- انگلیسی Shell کنسرسیومی با حضور شرکتهای صنایع سنگین سامسونگ کره متخصص در طراحی و ساخت شناورهای سنگین و شرکت Technip فرانسه که دارای تجربه و مهارت در زمینه بهره‌برداری از منابع گازی هستند برای مهندس تفصیلی تشکیل گردیده است. این شناورها کارهای حفاری، استخراج، ذخیره‌سازی، سرد و فشرده‌سازی گاز و بارگیری برای حمل به مقصد را انجام می‌دهد.

پروژه عظیم شل به نام پریلود که یک LNG شناور و یا F-LNG بوده قرار است در خارج از سواحل شمال غربی استرالیا که قبلاً بهره‌برداری از آن میسر نبوده انجام شود، با انجام پروژه‌های F-LNG قیمت تمام شده پروژه‌ها و اثرات مخرب زیست‌محیطی بدلیل عدم نیاز به سکوهای فشار در مناطق فراساحل و خطوط لوله طولانی زیر دریاها و اقیانوس‌ها و تجهیزات نزدیک به ساحل و تجهیزات فنی و ساختمانی متعدد در ساحل و... کاهش می‌یابد و به جای انتقال گاز با صدها کیلومتر خط لوله از مناطق گازی فراساحل تا ساحل و استفاده از لوازم و تجهیزات مربوطه، گاز طبیعی در همان محل استخراج گاز در میان آبهای خروشان دریاها و اقیانوس‌ها به گاز مایع (LNG) تبدیل می‌شود.

۴- نتیجه و جمع‌بندی (برای استفاده در ایران)

۱- با توجه به گستردگی آبهای خلیج فارس و وجود منابع گازی مهم در آن و توان رقابت در صحنه بازیگران منطقه‌ای و بین‌المللی LNG بهره‌برداری از یک واحد شناور F- LNG ضرورت دارد. براساس اعلام سایت مارین نیوز اخیراً مدیرعامل شرکت نفت فلات قاره ایران نیز برای خرید نخستین شناور تولید LNG از میادین گازی ایران در خلیج فارس خبر داده و اظهار نموده برای خرید یک دستگاه F- LNG با ۳ شرکت خارجی به توافق رسیده‌اند.

۲- در بلند مدت بازار LNG رو به گسترش خواهد بود و طی ۲۰ سال آینده بازار LNG در آسیای جنوب شرقی و اقیانوسیه و حتی اروپا رونق خواهد داشت. تنوع سبد انرژی در داخل و خارج و نقش LNG در آن اهمیت یافته است. با توجه به پتانسیل‌ها در ایران بهتر است به جای بلند پروازیها و ایجاد چندین خط تولید (Train) LNG در ایران یک خط تولید LNG به عنوان پروژه نمونه و آغازین احداث شود (با ظرفیت ۱۰ میلیون تن در سال).

۳- با توجه به پیک سایی مصرف گاز و با توجه به وجود مناطق صعب‌العبور و مناطق دوردست در ایران و تنوع و وسعت جغرافیایی آن و مسایل اقتصادی و زیست‌محیطی و استفاده در سوخت خودروها کاربرد Mini LNGها ضرورت دارد.

۴- موضوع مهم در تولید LNG فن‌آوری خاص و آزمون شده و اقتصادی آن است که در انحصار چند کشور و شرکت منحصر به فرد در جهان می‌باشد که پس از امکان‌سنجی فنی می‌توان از فن‌آوری شرکت‌هایی مانند Linde آلمان در تولید LNG با حجم زیاد و گازپروم روس برای Mini LNGها استفاده کرد. توسعه بومی فن‌آوری Mini LNG و استفاده از "مدل مهندسی معکوس" پیشنهاد می‌شود.