بررسی امکان تولید و مصرف CNG,LNG,GTL در ایران

نفیسه چاوشی[۱] ، علی وطنی[۲]

استان مرکزی،اراک،فلکه فرمانداری،خیابان شریعتی، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه اراک

Chavoshi_ce@yahoo.com

چکیده

با توجه به اینکه ایران دومین کشور عمده جهان از لحاظ میزان ذخایرگازاست و عمراین ذخایر با روند تولید فعلی حدود ۲۰۰سال برآورد می شود،لزوم استفاده بهینه از این انرژی به صورت فرآورده های مایع برای مصرف داخلی (به جای فرآورده های نفتی) احساس می شود. همچنین تحقق اهداف سه گانه تامین گسترده ترگاز در مصارف انرژی داخلی در اجرای طرح های صیانتی ، تزریق گاز به مخازن نفتی و عهده دار شدن نقش و سهم منطقی در بازارهای جهانی گاز مستلزم برنامه ریزی های بلند مدت و مطالعات جامع است که بتواند جهت گیری های توسعه منابع گازی و بهره برداری موثر از ذخایر گاز کشور را تبیین نماید .توسعه سریع صنعت گاز نیز متاثراز فن آوری های مهمی مانند: LNG,CNG,GTL وهیدرات بوده که از اواسط قرن بیستم مطرح شده است.از میان فن آوری های فوق الذکرتنها فن آوری جی تی ال است که می تواند هردو هدف صادرات ومصرف داخلی کشور را به صورت فرآورده های مایع (به جای فرآورده های میان تقطیر نفتی) تحقق بخشد. این مقاله،ضمن ارائه تحلیلی از وضعیت این فن آوری ها،نقش و اهمیت فوق العاده جی تی ال در پیشرفت اقتصادی وهمچنین صرفه جویی در مصرف نفت را ارزیابی نموده است.

واژه های کلیدی : فرآورده های میان تقطیر - جی تی ال - صادرات گاز- فن آوری تبدیل گاز به مایع

۱- کارشناس مهندسی شیمی،گرایش پالایش ، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه اراک

۲- عضو هیئت علمی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تهران

۱- مقدمه

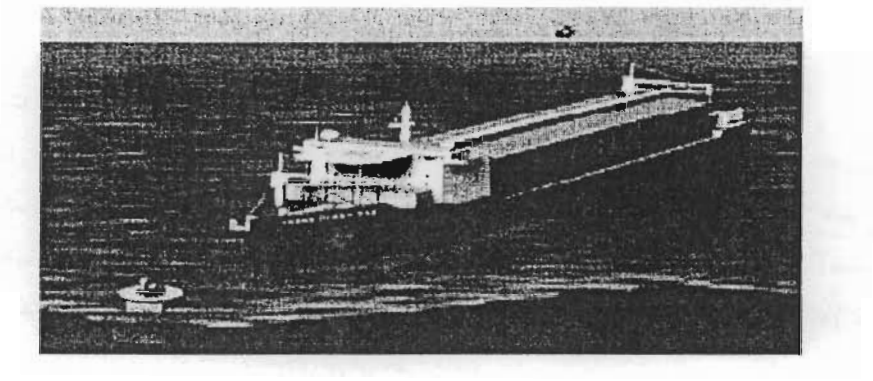
آنچه مسلم است پیشرفت های فن آوری در زمینه ال ان جی ، سی ان جی و هیدرات همچنان ادامه دارد ولی تصور می شود تا سال ۲۰۲۰، راه حل مطمئن و اقتصادی برای انتقال گاز طبیعی به مناطق دوردست، استفاده از فن آوری جی تی ال و حمل آن به مناطق موردنظر باشد. صادرات گاز با هدف ارزآوری، از اولویت‌های وزارت نفت به شمار می‌رود. لیکن بدلیل خواص ویژه گاز طبیعی، انتقال و فروش آن با مشکل روبروست . تبدیل گاز طبیعی به مواد شیمیایی می‌تواند گامی مهم در راستای انتقال آسان و بازاریابی موفق گاز طبیعی باشد. در این مطلب به معرفی برخی تکنولوژی‌های تبدیل گاز به مواد شیمیایی و بیان مزایای استفاده از آنها پرداخته‌ایم ، مقدار ذخایر اثبات شدهٔ گاز دنیا حدود ۱۴۰ تریلیون متر مکعب است که حدود ۳۰ درصد آن در منطقهٔ خاورمیانه قرار دارد. از آن جمله می‌توان به بزرگترین مخازن گازی جهان نظیر پارس جنوبی و میدان گازی شمال کشور اشاره کرد. با وجود این ذخایر گازی، طبق آمار (SRI)، خاورمیانه تنها ۹ درصد بازار محصولات گازی جهان را در اختیار دارد.

گاز طبیعی، سوختی پاک و خوراکی مناسب برای صنایع شیمیایی است؛ اما به‌دلیل ویژگی‌های خاص خود، انتقال آن به سمت بازار مصرف دشوارتر و گرانتر از انتقال نفت خام است. این مسئله ناشی از مشکلاتی نظیر نبود بازار امن و مناسب، هزینهٔ بالای حمل و نقل و گران و پیچیده‌بودن تکنولوژی‌های انتقال نظیر LNG و خطوط لوله است. علاوه بر این، مشکلات زیست‌محیطی تولید و انتقال LNG و همچنین هزینهٔ بالا و ضرورت رعایت مسایل ایمنی سایر روش‌های صادرات گاز نظیر خط لوله و هیدرات، صادرات گاز را با مشکلات بیشتری روبرو می‌سازد. از این رو، تبدیل گاز طبیعی به مواد شیمیایی و جایگزین کردن صادرات این مواد به جای صادرات گاز، علاوه بر اینکه بازار فروش مناسب و مطمئنی دارد، ارزش افزودهٔ بیشتری را نصیب کشور صادرکننده می‌کند و مشکلات صادرات گاز را نیز به همراه ندارد.اما تبدیل گاز طبیعی به محصولات با ارزش نیز، به‌دلیل ترکیبات موجود در گاز طبیعی با مشکلات خاصی روبروست. گاز طبیعی محتوی بیش از ۹۰ درصد متان، حدود ۶ درصد اتان و۴درصد از سایر هیدروکربن‌ها است، که تنها ۶ درصد اتان آن جهت تولید محصولات شیمیایی مورد مصرف قرار می‌گیرد. تکنولوژی‌های مرسوم در صنایع پتروشیمی، قابلیت تولید الفین‌ها و محصولات پتروشیمیایی را فقط از گاز مایع و اتان موجود در گاز طبیعی دارند. از این رو، با تکیه بر فرآیندهای فعلی پتروشیمیایی، نمی‌توان ارزش افزودهٔ موجود را چندان ارتقا داده و مشکلات صادرات گاز را کاهش داد. بنابراین باید به دنبال تکنولوژی‌های جدیدی بود که توانایی تبدیل متان موجود در گاز را به فرآورده‌های با ارزش داشته باشد. در این صورت، علاوه بر رفع مشکل صادرات گاز طبیعی به‌صورت خام، ۹۰ درصد آن به مواد با ارزش افزوده بالا تبدیل می‌شود و درآمد حاصله از چند سنت به ازای هر فوت مکعب به چند ده دلار در هر فوت مکعب خواهد رسید. [۱]

۲- تکنولوژی سی ان جی (گاز طبیعی فشرده شده)

برای انتقال گاز طبیعی در مسافت‌های طولانی، قابلیت مهمی به شمار می‌رود. سی ان جی را می‌توان در کشتی‌های مخصوصی ذخیره و سپس به مقاصد مورد نظر حمل نمود. ذخیره‌سازی گاز در کشتی‌های سی ان جی به صورت نگهداری گاز در لوله‌هایی با تحمل فشار ۳۰۰۰-۱۵۰۰ psi و به قطر ۱۸ تا ۳۶ اینچ می‌باشد. این لوله‌ها که به‌صورت افقی و عمودی در کشتی تعبیه شده‌اند، توانایی ذخیره‌سازی مقادیر زیادی گاز را در خود دارند. برای کاهش خطرات احتمالی، دمای این لوله‌ها در ۲۰- درجه سانتی‌گراد حفظ می‌شود. به دلیل فشار بالای سی ان جی در مخازن لوله‌ای شکل، بالابودن احتمال خطر انفجار از مشکلات اساسی عملی‌نشدن کاربرد وسیع تکنولوژی سی ان جی در جهان می‌باشد. امروزه استفاده از تکنیک‌های جدید در ساخت کشتی‌های سی ان جی یعنی به‌کارگیری لوله‌هایی به قطر ۶ اینچ که به‌صورت قرقره‌های بزرگ در درون کشتی تعبیه

می‌شوند، پیشنهاد شده است. این کشتی‌ها توانایی ذخیره‌سازی بیشتری از گاز را در خود دارند. تکنولوژی سی ان جی برای انتقال گاز مخازن آب‌های عمیق که عملاً انتقال گاز آنها با خط لوله به ساحل با دشواری و هزینه بالا روبرو است، می‌تواند کاربرد یابد. با توجه به شرایط موجود تکنولوژی سی ان جی، استفاده از آن تنها برای انتقال گاز تا فواصل ۲۵۰۰ مایل مطمئن به نظر می‌رسد. تحقیقات در زمینهٔ استفاده از تکنولوژی سی ان جی برای انتقال گاز طبیعی در کشورهای آمریکا و استرالیا همچنان ادامه دارد. تکنولوژی سی ان جی در صورت کاهش‌دادن خطر انفجار در هنگام انتقال آن، می‌تواند رقیبی برای تکنولوژی ال ان جی در فواصل کوتاه‌تر (۲۵۰۰مایل) باشد. . برای مصرف گاز طبیعی در خودروها با توجه به دانسیته انرژی کم آن باید تا فشار ۲۰۰bar متراکم و در مخازن فلزی یا (کامپوزیت) که برای این فشار عملیاتی طراحی شده است نگهداری شود.



شکل ۱- CNG - SHIP

۱-۲- مزیت سی ان جی نسبت به ال ان جی

اگرچه یک کشتی حامل سی ان جی نمی‌تواند گاز را به مقادیر بارگیری شده در کشتی‌های ال ان جی انتقال دهد، ولی روش مایع‌سازی و همچنین تبدیل مجدد به گاز در تکنولوژی سی ان جی سهل‌تر و بسیار کم‌هزینه‌تر از ال ان جی است. سادگی فرایند تولید سی ان جی و تکنولوژی ساده‌تر ساخت کشتی‌های حمل آن نسبت به ال ان جی، طرح‌های سی ان جی را به عنوان گزینهٔ بالقوه‌ای برای انتقال گاز مطرح نموده است.

گاز فشرده سی ان جی با توجه به فراوانی منابع گاز، کیفیت مطلوب سوختن و مطابقت انتشار میزان آلاینده خروجی از اگزوز با مقررات محیط زیست و نهایتاً قیمت ارزان آن نسبت به سایر منابع انرژی، به عنوان اصلی ترین شکل انرژی جایگزین در اغلب نقاط دنیا مطرح است.

۳- تکنولوژی هیدرات

هیدرات ، جامدی است بلوری که از مولکول‌های آب تشکیل شده است و در حقیقت مولکول‌های گاز در درون آن به دام افتاده‌اند. گازهای زیادی هستند که قابلیت تشکیل هیدرات را دارند. از آن جمله می‌توان به هیدروکربن‌هایی با تعداد اتم‌های پایین نظیر متان اشاره کرد. تحت شرایط مناسب (فشار و دمای مناسب ، وجود مولکول آب ،وجود مولکول گاز) ،هیدرات های گاز معمولاً یک ساختار کریستالی اولیه تحت عنوان ساختار ۱ و ساختار ۲ را تشکیل می دهند.هر واحد سلولی ساختار ۱ هیدرات گاز شامل ۴۶ ملکول آب است که از دو فضای تهی کوچک و ۶ فضای بزرگ تشکیل می شود.ساختارهای ۱

هیدرات‌های گاز فقط می توانند ملکول های کوچک گاز مثل متان و اتان،با قطر ملکولی کمتر از ۵/۲ آنگستروم را در خود جای دهند.واحد سلولی ساختار ۲ هیدرات های گاز شامل ۱۶ dodecahedral (دودی کاهدرال) کوچک و ۸ فضای خالی بزرگ هگزاکایی دوکاهدرال است که توسط ۱۳۶ مولکول آب شکل می گیرد.ساختار ۲ هیدرات های گاز ممکن است دارای گازهایی با ابعاد ملکولی در محدوده ۵/۹ تا ۶/۹ آنگستروم مثل پروپان و ایزوبوتان باشد.در شرایط دما و فشار استاندارد (STP)،یک حجم از هیدرات اشباع شده متان (ساختار ۱) دارای بیش از ۱۶۴ حجم از گاز متان است. به علت این ظرفیت عظیم ذخیره سازی گاز،این هیدرات ها، منابع مهمی از گاز طبیعی محسوب می شوند. در سطح ماکروسکوپی،بسیاری از خواص مکانیکی هیدرات گاز مثل یخ است. چون هیدراتها دارای حداقل ۸۵ درصد آب بر یک پایه ملکولی هستند.از همه جالب تر،خواص مرحله ی تعادل هیدرات های گاز است که بیشتر توسط تناسب ملکول های میهمان گاز، درون قفس های هیدرات آب کنترل می شود. برای مثال اضافه کردن پروپان به یک هیدرات خالص متان،ساختار هیدرات را(از ساختار ۱ به ساختار ۲)تغییر مید هد . [۲]

۱-۳- مزیت هیدرات نسبت به ال ان جی

به دلیل آنکه دمای حمل هیدرات بالاتر از دمای حمل ال ان جی می‌باشد، هیدرات گازی را به سهولت می‌توان انتقال داد. از این رو تکنولوژی ساخت کشتی‌های حمل هیدرات پیچیدگی بسیار کمتری نسبت به کشتی‌های حمل ال ان جی خواهد داشت و تاسیسات تولید هیدرات بسیار ساده‌تر از تاسیسات ال ان جی می‌توانند طراحی گردند. اما مشکل اساسی، حجم کمتر گاز منتقل شده می‌باشد. براساس مطالعات انجام شده در این زمینه، هر یک متر مکعب هیدرات، ۱۷۵ متر مکعب گاز را در خود جای می‌دهد. در صورتیکه در تکنولوژی ال ان جی کاهش حجم به یک ششصدم می‌رسد و این موضوع در اقتصادی‌بودن طرح‌های انتقال گاز به‌خصوص فواصل دوردست بسیار پراهمیت است. [۳]

۴- گاز طبیعی مایع ال ان جی

گاز طبیعی چنانچه در فشار اتمسفر تا دمای $-۱۶۲^{o}C$ سرد شود، به حالت مایع تبدیل می شود. ال ان جی شامل بیش از ۹۵ درصد متان و درصد کمی اتان و پروپان و سایر هیدروکربورهای سنگین تر است. سایر ترکیبات و ناخالصی های گاز طبیعی مانند اکسیژن، آب، گازکربنیک و ترکیبات گوگردی طی فرآیند سرد کردن از گاز طبیعی جدا شده و گاز طبیعی در حالت مایع بدست می آید. البته ال ان جی تا حد ۱۰۰ درصد متان خالص نیز قابل دستیابی است. حجم ال ان جی یک ششصدم حجم گاز طبیعی و دانسیته آن ۰/۴۲ دانسیته آب است. این ماده، مایعی بی بو، بی رنگ و غیر سمی است و نسبت به فلزات یا سایر مواد حالت خورندگی ندارد. ال ان جی وقتی تبخیر یا با هوا ترکیب شود در دامنه غلظت ۵ تا ۱۵ درصد می سوزد. ال ان جی یا بخار آن در محیط و فضای باز حالت انفجاری ندارد. کلیه آزمایشات انجام شده و خو اص ال ان جی ، ایمن بودن این سوخت را کاملاً تائید می کند زیرا نشت مایع ال ان جی یا ابربخارات آن به محض تماس با زمین یا در اثر حرارت محیط به سرعت در هوا تبدیل به گاز شده و چون در این حالت از هوا سبک تر است در محیط پراکنده و منتشر می شود . ال ان جی در وهله اول برای خودرو های سنگین دیزلی (HEAVY DUTY VEHICLE) کاربرد دارد.

ال ان جی به لحاظ ارزش حرارتی و دانسیته انرژی، مشابه سوخت دیزل (گازوئیل) هست.

ال ان جی در دمای $-۱۶۲^{o}C$ و فشار اتمسفریک در حالت مایع اشباع (دردمای جوش ، مایع) است. بنابر این مانند هر مایع در حال جوش چنانچه در فشار ثابت نگهداری شود (حتی با افزایش حرارت) در دمای ثابت خواهد ماند. مادام که بخار ال ان جی از مخازن خارج می شود (boil off)، دمای مخزن ثابت می ماند.اجزاء سیستم خودروهای با سوخت ال ان

جی ،از لحاظ انتقال سوخت به موتور، مشابه موتورهای با سوخت سی ان جی است و سوخت به صورت بخار وارد موتور می شود. فرق اساسی بین موتورهای ال ان جی و سی ان جی در نحوه نگهداری و تحویل سوخت است.

مخازن ذخیره ال ان جی دوجداره می باشند و برای فشار کاری حداکثر تا ۲۳۰ psi یا ۱۶ bar طراحی شده است. این مخازن دارای لوله و اتصالات لازم برای خارج کردن گاز در صورت افزایش فشار (با توجه به انتقال حرارت از محیط به مخزن) و یا انتقال سوخت در زمان مصرف هستند. این مخازن مجهز به سیستم اعلام پایان سوخت گیری (پرشدن مخزن) نیز هستند. موتور خودروها ،گاز را در فشار ۴ الی ۹ بار (۶۰-۱۲۰ psi) مصرف می کند.

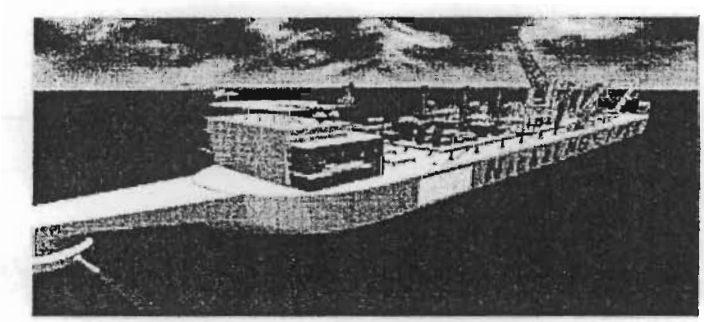
۴-۱- معایب استفاده از ال ان جی

بسیاری از مردم به استفاده از مواد در دماهای پایین عادت نداشته، لذا نیاز به آموزش خاصی در زمینه استفاده از سوخت در دمای خیلی پایین دارند.

در ایستگاههای سوخت گیری خطوط انتقال گاز از مخزن به خودرو (شامل لوله ها شیرآلات و وسایل اندازه گیری) جهت انتقال ال ان جی در حالت مایع باید پیش از شروع ، سوخت تا دمای ۲۶۰ ^{o}F- سرد شوند در غیر اینصورت منجر به تبخیر بخشی از سوخت می شود.

حداکثر پرشدن مخزن دوجداره Cryogenic تا حد ماکزیمم ظرفیت، امکان پذیر نیست زیرا به اندازه لازم فضای خالی در بالای سطح مایع جهت تبخیر یا جوشیدن مایع باید در مخزن در نظر گرفته شود.

علاوه بر این یک کشتی ال ان جی ، حدود ۳۳ میلیون گالن ال ان جی با ارزش گرمایی حدود ۳ تریلیون BTU جابجا می‌نماید، در حالیکه یک کشتی نفتکش (که ساده‌تر و ارزانتر نیز هست) ۲,۲ میلیون بشکه نفت خام با ارزش گرمایی برابر با ۱۳۰ تریلیون BTU را انتقال می‌دهد که حاکی از بالابودن هزینهٔ انتقال گاز طبیعی است. [۸]



شکل ۲- LNG - SHIP

۴-۲- مزایای استفاده از ال ان جی

دانسیته انرژی بالاتری نسبت به سوختهای گازی دارد ، زیرا به شکل مایع ذخیره می شود.

مسافت پیمایش بیشتر و وزن کمتر مخازن ذخیره ، استفاده از آن را در خودروهای کوچکترامکان پذیر می سازد.

سرعت سوختگیری بالا به نحوی که در خودروهای بزرگ زمان سوختگیری ۴ الی ۶ دقیقه می باشد (۱۰ الی ۴۰ گالن در دقیقه).

ارزیابی و کنترل ترکیب سوخت با دقت بالایی امکان پذیر است و با توجه به اینکه ال ان جی تولید شده برای خودروها تا ۹۹ درصد متان دارد، لذا کنترل و تعیین مناسب ترکیب سوخت بازدهی موتور و سوخت را نیز افزایش می دهد.

۵- تکنولوژی جی تی ال (سوخت مایع)

تبدیل گاز به سوخت مایع یا فرآورده های باارزش ، از جمله متانول، دی‌متیل‌اتر و سایر فرآورده‌های میان تقطیر نفتی (مانند بنزین، گازوییل و نفت سفید) یا به عبارتی Gas To Liquids ، در واقع یک فرایند سه مرحله‌ای است که مرحلهٔ نخست آن، تبدیل گاز طبیعی متان به "گاز سنتز"، بوسیلهٔ افزودن مقدار لازم اکسیژن است.

در مرحلهٔ دوم ، گاز سنتز به درون یک راکتور فیشر- تروپش ، تزریق می‌شود و در مجاورت کاتالیست مناسبی که نوع آن بستگی به تکنولوژی مورد استفاده دارد، به هیدروکربن‌های مایع تبدیل می‌شود.

در مرحلهٔ سوم ، هیدروکربن‌های حاصله از طریق هیدروکراکینگ و هیدروایزومرینگ به سوخت مایع تبدیل می‌شوند. در راکتورFT ، کاتالیستی به مصرف می‌رسد که ترکیبی از کبالت، آلومینیوم، سیلیس، منیزیم، زیرکونیم یا تیتانیوم و اندکی نیکل است. ترکیب دقیق این عناصر در همه فرایندها یکسان نبوده و هر شرکتی از ترکیب خاص خود استفاده می‌کند که این ترکیبات محرمانه هستند. حجم گاز طبیعی مورد نیاز برای تولید یک بشکه جی تی ال در حدود ۱هزار فوت مکعب است. از نقطه نظر صرفه اقتصادی، تولید جی تی ال از گازهای سوزانده شده در رتبهٔ نخست جای می‌گیرد و به دنبال آن تولید این فرآورده از گازهای طبیعی میادین بزرگ گازی دارای صرفهٔ اقتصادی بیشتری است . اگر چه هنوز استفاده از فناوری جی تی ال در سطح جهان گسترش زیادی نیافته است، لیکن سرمایه‌گذاری قابل‌توجه کشورهای صاحب منابع گاز، نظیر قطر، برای استفاده از این تکنولوژی، نشانگر توسعه و سودآوری این فناوری در آینده‌ای نزدیک است. در این مطلب به بررسی پیش‌بینی‌های ارائه‌شده در خصوص میزان عرضه و تقاضای محصولات حاصل از این فناوری در سال‌های آتی پرداخته‌ایم. این فناوری هر چند بیش از ۷۰ سال قدمت دارد، ولی در مقیاس تجاری، هنوز در ابتدای راه توسعهٔ خویش قرار دارد. فناوری تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع گرچه برای بسیاری از توسعه‌دهندگان عمدهٔ این تکنولوژی، مانند شل، ساسول، اکسان‌موبیل و سنترولیوم شناخته شده است، اما تعداد واحدهای بزرگ تجاری در جهان در این زمینه بسیار محدود است و امروزه مقدار کمی از منابع مالی مؤسسات بزرگ به این امر اختصاص یافته است. با این حال، در سال‌های اخیر، توجه زیادی به کاربرد این فناوری برای استفاده از منابع گازی شده است.

۵-۱- عوامل موثر بر سودآوری پروژه‌های جی تی ال

علاوه بر هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، عوامل دیگری نیز هستند که مقرون به صرفه‌بودن پروژه‌های جی تی ال را تعیین می‌کنند. مدیر کارخانه فرآورده‌های میان تقطیر از شرکت SMDS ، مهمترین این عوامل را قیمت گاز در بازار، وضعیت بودجه دولتی در مکان فعالیت کارخانه، هزینه‌های عملیاتی جاری و سرانجام قیمت سوخت‌های سنتزی و گازوئیل و نفت مرغوب تولید شده در این کارخانجات می‌داند. عواملی نظیر کیفیت گاز مصرفی و زمان کارکرد نیز بر سودآوری پروژه موثرند. در ذیل به شرح بیشتری از عوامل فوق می‌پردازیم:

۱-۱-۵- قیمت گاز طبیعی

چنانچه قیمت گاز مصرفی برای تولید سوخت مایع معادل ۵۰ سنت در هر میلیون بی.تی.یو باشد، سهم آن در هزینهٔ تمام شدهٔ هر بشکه سوخت مایع، به ۵ دلار می‌رسد. این یک حساب تقریبی برای پروژه‌های منطقهٔ خاورمیانه است. البته به نظر می‌رسد که بیشتر پروژه‌هایی که در آینده احداث می‌شوند، در مکان‌هایی قرار خواهند گرفت که به گاز طبیعی با قیمت کمتر دسترسی خواهند داشت. یکی از اینگونه مکان‌ها حوزهٔ گاز شمال قطر است. البته در اغلب موارد، گاز همراه، معمولاً مادهٔ اولیهٔ ارزانتر برای صنا یع جی تی ال است زیرا تولید آن اجتناب ناپذیر بوده و در صورتیکه فروخته نشود، تولید کننده برای پرهیز از پرداخت جریمه‌های زیست‌محیطی بابت سوزاندن آن، باید هزینه‌ای حدود ۳۰ سنت در هر میلیون بی.تی.یو را صرف تزریق دوباره آن به چاه کند.

۲-۱-۵- بودجه و رژیم مالی دولت‌های مالک گاز

قوانین مالیاتی در محل استقرار یک پروژهٔ جی تی ال ، می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در سودآوری آن داشته باشد. در قراردادهای اعطای امتیاز اکتشاف و تولید و یا قراردادهای مشارکت در تولید که در گذشته منعقد می‌گردیده، غالباً در خصوص امکان بهره‌برداری تجارتی از گازهای همراه، یا منابع مستقل گاز از حوزه‌های نفتی- گازی، پیش‌بینی لازم صورت می‌گرفت. ضمناً مقرر می‌گردید که شرکت نفتی طرف قرارداد، هیچگونه حقی در زمینهٔ اکتشاف گاز در کشورهای میزبان نداشته باشد و این حق منحصراً از آن دولت محلی و یا شرکت نفتی مربوطه باشد. بنابراین ارزش یک پروژهٔ جی تی ال به این امر بستگی دارد که امکان بهره‌برداری تجارتی گاز در قراردادهای نفتی یا گازی بین شرکت‌های نفتی خارجی و دولت میزبان پیش‌بینی شده باشد.

۳-۱-۵- هزینه‌های عملیات جاری

هزینه های عملیات جاری برای یک پروژه جی تی ال ممکن است کمی بیشتر از سایر عملیات ها در تکنولوژی های دیگر باشد ولی به دلیل کیفیت بسیار عالی سوخت تولید شده ، می تواند با قیمت بالاتری نسبت به سایر سوخت ها به فروش برسد ، از اینرو می توان گفت : هزینه بالای تولید می تواند با قیمت فروش جبران شود ، به طور مثال ،یکی از مزایای فرایند جی تی ال ، تولید گازوئیل با کیفیت نسبتاً بالا است. لیکن برای استفاده از آن در خودروهای دیزلی باید تغییراتی در موتور خودرو داده شود. بنابراین برای اینکه این گازوئیل در بازار به فروش برسد، بهترین راه در کوتاه مدت این است که آن را با گازوئیل حاصله از نفت خام مخلوط کرده و از این طریق با بهبودی که در نوع سوخت حاصل می‌شود، می‌توان سوخت مزبور را به قیمتی بالاتر(تا ۲۰٪ گرانتر در ایالات متحده آمریکا) به فروش رساند. مدیر بازاریابی سوخت‌های سنتزی شرکت ساسول در این باره معتقد است که گازوئیل ترکیبی فوق الذکر را می‌توان چند دلار در هر بشکه، گرانتر به فروش رساند (این چند دلار در شرایط مناسب می‌تواند به ۵ دلار هم برسد!).

۴-۱-۵-کیفیت گاز

گاز طبیعی ایده‌ال برای مصرف در یک کارخانهٔ جی تی ال ترجیحاً باید شیرین و عاری از مواد اضافه باشد. در صورتی که گاز حاوی گوگرد باشد، باید تمام گوگرد آن را قبل از استفاده جدا ساخت، البته وجود کربن را در گاز می‌توان تا حدودی تحمل کرد. کارشناسان شرکت شل معتقدند که میزان CO_2 موجود در گاز نباید بیشتر از ۵ درصد باشد، همچنین نیتروژن نیز باید در صورت لزوم از گاز جدا شود که این امر بستگی به تکنولوژی به کار رفته در فرایند تولید گاز سنتز دارد. در اغلب

فرایندها نیتروژن نقش چندانی ندارد اما در برخی از فرایندها مانند فرایندی که در شرکت سینترولیوم به کار می‌رود به جای بخار آب و اکسیژن هوا، از مخلوط اکسیژن و نیتروژن استفاده می‌شود. مقرون به‌صرفه بودن این امر به کیفیت گاز مصرفی بستگی دارد.

۵-۱-۵- مدت زمان کارکرد سیستم

این امر در واقع به معنی ضریب بهره‌برداری از ظرفیت موجود است. شرکت‌هایی که در حال حاضر از تجربه عملی نسبتاً طولانی در زمینهٔ تکنولوژی جی تی ال برخوردار هستند، این عامل را در سودآوری بسیار موثر می‌دانند. با استانداردهای موجود،چنانچه یک مجتمع تولید سوخت مایع از گاز، با ظرفیت ۹۰ درصد به فعالیت خود ادامه دهد، می‌توان عملکرد آن را از این نقطه نظر مقرون به صرفه دانست.

۲-۵- برخی پروژه‌های مطالعاتی در جهت کاهش هزینه‌های جی تی ال

بدون شک توسعهٔ تکنولوژی، نقش اساسی در کاهش هزینه‌های جی تی ال دارد ولذا طرحهای مطالعاتی مختلفی در دنیا در این زمینه در حال انجام است. به برخی از آنها در زیر اشاره شده است:

۱-۲-۵- اصلاح فرایندی

در ژوئن ۱۹۹۸، نتایج یک پروژهٔ تحقیقاتی به رهبری شرکت ملی گاز بریتانیا (BG)که با حمایت مالی اتحادیهٔ اروپا ظرف مدت دو سال و نیم به انجام رسیده بود، منتشر شد. در این تحقیق بر روی فرایند، اصلاحاتی انجام شد که در زمینهٔ پالایش گاز طبیعی و کاهش هزینهٔ عملیات در راکتورهای FT و فرایندهای تبدیل گاز به مایع سنتز شده، کاربرد دارد.

۲-۲-۵- تکنولوژی استفاده از غشاء سرامیکی

این پروژه در ایالات متحدهٔ امریکا با کمک مالی وزارت انرژی این کشور و با هزینه‌ای بالغ بر ۸۴ میلیون دلار و ظرف مدت ۸سال سرانجام سال گذشته به نتیجه رسید. این پروژهٔ تحقیقاتی که سرپرستی آن را شرکت Air Products بر عهده داشت، مطالعه‌ای مفصل و دامنه‌دار پیرامون کاربرد تکنولوژی انتقال یونی غشاء سرامیکی انجام داده بود که هدف از آن، کاهش هزینهٔ عملیات در مرحله تبدیل گاز طبیعی به گازسنتز می‌باشد. تعداد زیادی از دانشگاه‌های آمریکایی و شرکت‌های معروفی نظیر آرکو، شورون، نورسک هیدرو، مک درموت و غیره در این پروژه مشارکت داشتند.

این پروژه به موازات پروژهٔ دیگری، تحت سرپرستی شرکت بی‌پی انجام شد که پیرامون همین موضوع به اجرا درآمده است. در پروژهٔ تحقیقاتی مزبور تلاش شده است تا با آزمون مواد مختلف در فرایند تولید گاز سنتز، جنبه‌های مهندسی و حتی فرایند ارزیابی شود. به طور کلی، تحقیقات در زمینه غشاهای سرامیکی بسیار پر هزینه و وقت‌گیر است و چندین سال طول می‌کشد تا از نظر تجاری قابل بهره‌برداری باشد. اما به نظر می‌رسد که رمز کاهش هزینه تولید سوخت‌های سنتزی در همین پژوهش‌ها نهفته باشد. وزارت انرژی ایالات متحده که حمایت مالی مؤثری از این گونه پژوهش‌ها به عمل آورده است، در صدد است با نتیجه این پژوهش‌ها، هزینهٔ تبدیل گاز طبیعی به گاز سنتز(پر هزینه ترین بخش از فرایند جی تی ال) را حدود ۲۵٪ کاهش دهد. آنچه در این پژوهش‌ها مدنظر است، پایین آوردن هزینهٔ تامین اکسیژن خالص برای افزودن متان در فرایند تهیهٔ گاز سنتز است.

شرکت Air Products مدعی است با ترکیب عملیات واحد سازی هوای کرایوژنیک و واحد تولید گاز پرحرارت گاز سنتز می‌توان هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه برای پروژه‌های جی تی ال را بین ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش داد.

۳-۲-۵-تبدیل مستقیم

با پیشرفت تحقیقات در زمینه تکنولوژی‌های مختلف که با جی تی ال ارتباط دارند، در آینده امکان تبدیل مستقیم گاز متان به فراورده‌های مایع، در یک مرحله فراهم خواهد شد. برخی از کارشناسان معتقدند با دستیابی به این تکنولوژی می‌توان آن را جایگزین راکتورهای FT ساخته و هزینهٔ تبدیل را تا ۵۰ درصد کاهش داد. شرکت آمریکایی کاتالیستا، در حال حاضر دراین زمینه پیشرو است و بخشی از هزینه‌های تحقیقات این شرکت را کمپانی‌های میتسوبیشی و پتروکانادا بر عهده دارند و شرکت سینترولیوم به شرط برخورداری از حق انحصارفروش وبازاریابی این تکنولوژی،حاضربه ارائه کمک مالی به این تحقیقات شده است. [4]

۳-۵- بررسی عرضه و تقاضای جی تی ال در آسیا

طبق پیش‌بینی‌های موجود، تقاضای نفت در آسیا، در سال ۲۰۲۰ به ۳۴,۹۹ میلیون بشکه در روز بالغ می‌گردد. (یعنی در حدود دو برابر تقاضای ۱۷,۵۸ میلیون بشکه‌ای آن در سال ۱۹۹۶). بنابراین، جی تی ال آینده‌ای امیدوارکننده در رقابت تنگاتنگ با دیگر طرح‌های توسعه‌ای مراکز پالایشی و با هدف پاسخ به رشد تقاضای نفت، خصوصاً فرآورده‌های میان‌تقطیر در آسیا خواهد داشت ، همچنین، کاهش آلودگی ناشی از انتشار Co2 از جمله موارد قابل توجه در توسعه تولید جی تی ال در آینده به‌شمار می‌رود.

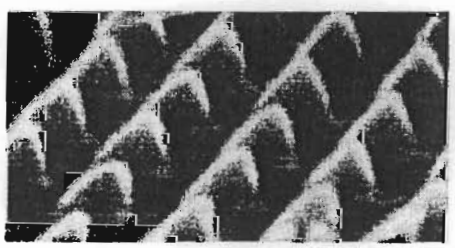
۴-۵- مزایای فرآورده‌های تولیدی از گاز طبیعی (جی تی ال)

مقایسه جی تی ال با نفت خام، حاکی از برتری کیفی فرآورده‌های حاصل از تبدیل گاز نسبت به فرآورده‌های پالایشی نفت خام است. کیفیت بهتر و درجه خلوص بیشتر، از جمله مشخصات تولیدات حاصل از جی تی ال است که در جدول شمارهٔ ۱ آورده شده است.برش‌های نفتای حاصل از جی تی ال ، به‌دلیل عدد ستان پایین نسبت به خوراک پالایشگاهی، مواد مناسب‌تری برای واحدهای تولید اتیلن در واحدهای پتروشیمی به‌شمار می‌روند.

جدول شماره ۱- مقایسه کیفی برخی فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت خام (WIT) و فرآیند جی تی ال

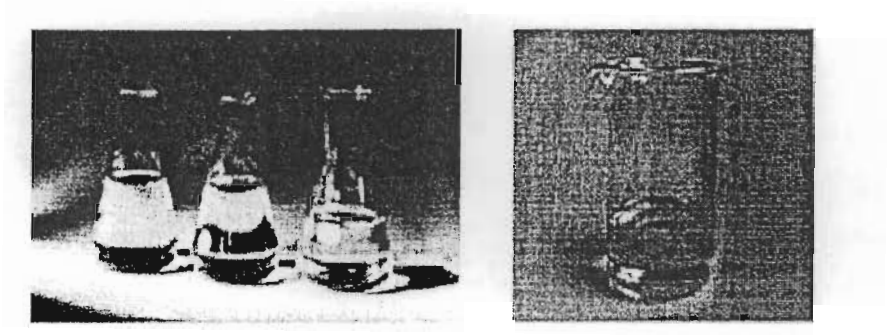
نوع فرآورده‌ها	عامل کیفیت	GTL	نفت خامWIT	ملاحظات
نفتا	• دانسیته • میزان گوگرد wt % • درجه اکتان RPN • نیتروژن در موارد آروماتیکی	۶۹,۰ ۰ >۴۰ ۵	۷۴,۰ ۷,۰ ۶۷ ۵۱	نفتای حاصل از فرآیند جی تی ال خوراک مناسبی برای واحد رفرمینگ پالایشگاه نمی‌باشد. اما خوراک مناسب برای واحدهای اتیلن است .
نفت سفید و سوخت جت	• دانسیته • میزان گوگرد wt % • نقطه دود (میلیمتر) • نقطه انجماد (درجه فارنهایت)	۷۷,۰ ۰ ۴۵ -۵۳	۸۰,۰ ۱۲,۰ ۲۲ -۵۳	نفت سفید و سوخت جت حاصل از فرآیند جی تی ال شامل مواد آورماتیک نبوده، لذا دارای نقطه دود بالایی هستند . استفاده از فرآورده‌های جی تی ال ارزش بالایی را برای این فرآورده به عنوان خوراک پالایشگاهی ایجاد می‌کند .
نفت گاز	• دانسیته • میزان گوگردwt % • میزان آروماتیک‌ها (درصد باقیمانده) • عدد ستان • گرانروی (سانتی استوک)	۷۸,۰ ۰ >۱ <۷۰ ۳,۲	۰,۸۴ ۳۷,۰ ۲۹ ۵۶ ۴	دانسیته پایین نفت گاز حاصل از روش جی تی ال ، بر میزان مصرف سوخت تاثیر منفی می‌گذارد. میزان کم مواد آروماتیکی و گوگرد و عدد ستان بالا در تولید جی تی ال ارزش بالایی را برای این فرآورده‌ها به عنوان خوراک پالایشگاهی ایجاد می‌کند .

سوخت جت حاصل از فرآیند جی تی ال ، شامل مقدار کمی مواد آروماتیکی است که احتراق مناسب و استارت خوب موتور را امکان‌پذیر می‌نماید.



شکل ۳- چگونگی شعله حاصل از سوختن محصولات جی تی ال

نفت سفید حاصل از فرایند جی تی ال که در بردارندهٔ مواد پارافینیک نیز هست، به دلیل وجود مواد کاهنده دود، سوخت بسیار مناسبی به حساب می‌آید. لازم به ذکر است که در مقایسه با هیدروکربورهای پایه نفتنیکی و آروماتیکی، هیدروکربورهای پارافینیکی دارای توانایی احتراق بهتری هستند. [۵]



شکل ۴ - برخی از محصولات جی تی ال

نفت گاز پارافینیک حاصل از فرآیند جی تی ال دارای عدد ستان بالا است و به دلیل عدم وجود مواد آروماتیکی، سوخت مناسبی به‌شمار می‌رود. مقایسه نفت گاز حاصل از فرآیند جی تی ال با نفت گاز مصرفی در بازار آمریکا نشان‌دهندهٔ کاهش ۳۰درصدی اکسید نیتروژن، ۴۶درصدی منواکسید کربن و ۳۸درصدی هیدروکربورها در نفت گاز حاصل از فرآیند جی تی ال است. حذف مواد مسمومیت‌زای گوگردی در نفت گاز حاصل از نفت خام نیازمند طراحی سیستم‌های جذب‌کنندهٔ مواد آلاینده‌ای، همچون اکسید نیتروژن و هیدروکربورهای اشباع شده است؛ لذا پیش‌بینی می‌شود که در آینده، تقاضای نفت گاز بدون گوگرد تولیدی به روش جی تی ال افزایش یابد. [۶]

هیدروکربورهای اشباع‌شده حاصل از فرآیند جی تی ال ، کاربردهای دیگری از جمله در زمینه روغن‌های روان‌کننده دارند. تولیدات XHVI شرکت شل که از واحدهای جی تی ال در مالزی (Bintulu) به پالایشگاه‌های ژاپن (Yakkaichi) حمل می‌شود، پایه بسیاری از تولیدات این پالایشگاه به‌شمار می‌رود. با ترکیب افزودنی‌های لازم در این پالایشگاه، انواع مختلفی از روغن‌های روانساز صنعتی برای کاربردهای مختلف تولید می‌گردد.

با توجه به این مطلب، فرآورده‌هایی همچون نفت سفید و نفت‌گاز حاصل از فرایند جی تی ال به دلیل محتوای کم گوگرد و مواد آروماتیکی، همسویی بهتری با محیط زیست دارند. بعلاوه، هیدروکربونهای اشباع‌شده (پارافین‌ها) حاصل از این فرآیند، همانند واکس‌ها و روغن‌های روانساز، با توجه به کیفیت مطلوب آنها، دارای ارزش افزودهٔ بالایی در تولید دیگر فرآورده‌ها هستند. با این حال، هنوز تقاضا برای محصولات آن محدود است.

شکل ۵ - برخی دیگر از محصولات جی تی ال

۵-۵- منابع گازی آسیا و سیاست‌های بهره‌برداری از آنها

ساختار منابع عظیم گاز طبیعی آسیا در تمرکز منابع آن در سواحل و حجم کوچک و متوسط میادین گازی آن، تبلور می‌یابد؛ میادین کوچک گازی با حجم ۰٫۳ تا یک تریلیون فوت مکعب و یک تا سه تریلیون فوت مکعب، در حدود ۴۰ درصد از

کل ذخایر قابل بهره‌برداری این منطقه هستند. زمانی که میادین گازی با حجم سه تا ۱۰ تریلیون فوت مکعب به این میادین افزوده شوند، مقدار فوق به حدود ۸۰ درصد خواهد رسید.

بنابراین، از نظر اقتصادی، بهره‌برداری بهنیه از میادین کوچک و متوسط در منطقه، اهمیت ویژه‌ای یافته است و این نکته، به نفع توسعهٔ استفاده از فن آوری جی تی ال است که برای این میادین مناسبتر است. علاوه بر آن، با توجه به توانایی‌های بالقوه عرضهٔ گاز طبیعی در این منطقه و طرح‌های در دست اقدام ال ان جی پیش‌بینی‌ها ، نشان‌دهندهٔ احتمال اشباع بازار ال ان جی آسیا تا سال ۲۰۲۰ و در مقابل توسعه بازار جی تی ال است.

شرکت‌های نفتی اکسون، بی‌پی، آموکو و ساسول، طرح‌هایی برای ساخت واحدهای جی تی ال در آلاسکا و قطر دارند. براساس تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی انجام شده در واحدهای جی تی ال ، قیمت فرآورده‌های حاصل از گازهای همراه در فرآیند مذکور، بر اساس هزینه‌های سرمایه‌گذاری، در حد ۲۰ دلار در هر بشکه به همراه هزینه‌های عملیاتی در حدود ۵,۱۱ دلار در هر بشکه، تخمین زده می‌شود.براساس پیشنهاد شرکت اکسون، با توجه به هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی، بالاترین قیمت فرآورده‌های جی تی ال حاصل از میادین بزرگ، در حدود ۲۰ الی ۳۰ دلار در هر بشکه و برای میادین متوسط و کوچک، در حدود ۳۰ تا ۳۵ دلار در هر بشکه در نظر گرفته شده است. [۷]

۶-۵- سرمایه‌گذاری قطر در واحدهای جی تی ال

کشور قطر به‌دلیل دارابودن منابع عظیم گاز طبیعی، به یک مرکز سرمایه‌گذاری در واحدهای جی تی ال دنیا تبدیل شده است. مجموع ذخایر گاز طبیعی این کشور، ۹۰۰تریلیون فوت مکعب تخمین زده شده است و طبق برنامه، یک واحد جی تی ال به ظرفیت حدود ۱۴۰هزار بشکه در روز، با سرمایه ۵میلیارد دلار و مشارکت شرکت نفت قطر و شرکت shell تا سال ۲۰۰۹ به بهره‌برداری خواهد رسید. عملیات مهندسی اولیه طرح، به شرکت ژاپنی JGC واگذار شده است.از سوی دیگر، شرکت نفت قطر در حال مذاکره با شرکت ساسول است تا ظرفیت واحد جی تی ال مشترک خود را از ۳۴هزار بشکه در روز، به ۱۰۰هزار بشکه در روز افزایش دهد. ظرفیت اولین خط تولید این واحد، روزانه ۶۵هزار بشکه است که قرار است در سال ۲۰۰۹ به بهره‌برداری برسد. فرآیند به‌کاررفته در این واحد، فرایند SPDP متعلق به شرکت ساسول است و عملیات طراحی و ساخت واحد را شرکت فرانسوی تکنیپ با هزینه ۶۷۵ میلیون دلار انجام خواهد داد.شرکت ExonMobil نیز در حال گفتگو با شرکت نفت قطر به منظور احداث یک واحد جی تی ال بر پایه فرآیندی تحت عنوان تبدیل پیشرفته گاز طبیعی در قرن ۲۱ (AGC۲۱-) است که در آن، طی یک فرآیند سه مرحله‌ای، گاز طبیعی به سوخت، روغن‌های روان‌کننده و خوراک اولیه واحدهای پتروشیمیایی تبدیل می‌شود.[۷]

۷-۵- بحث و نتیجه گیری

در دهه اخیر، مخازن گازی متمرکز، عظیم و متعددی در آب های خلیج فارس و در مناطق جنوبی ایران کشف شده اند. بسیاری از این میدان ها، هنگام فعالیت های اکتشافی شرکت ملی نفت ایران و شرکت های بین المللی خارجی برای یافتن میدان های نفتی جدید به اثبات رسیده اند. هم اکنون احتمال اکتشاف های جدید دیگری از مخازن گازی متمرکز در نواحی خشک و در آب های دریای خزر و خلیج فارس، وجود دارد.

بهره گیری از فن آوری جی تی ال برای تحرک بخشیدن به صادرات گاز و تولید محصولات سوختی با کیفیت بالا از جمله هدف هایی است که ایران نباید حتی یک لحظه از آن غافل باشد. واقع شدن این میدان های گازی ، نزدیک به آبراه ها و در فاصله کمی از خشکی یکی از عواملی است که پروژه های صادراتی گاز طبیعی را به شکل جی تی ال و ال ان جی اقتصادی

می کند. یکی دیگر از ویژگی های اجرای پروژه ها ی جی تی ال در ایران این است که صرف نظر از سهم ایران در سازمان کشورهای صادرکننده(اوپک) می توان از مایعات میان تقطیری برای مصارف داخلی به جای نفت خام بهره برد؛ از این رو به همان میزان، نفت خام صادراتی و درآمد ملی افزایش می یابد. سهم تخصیصی از سوی اوپک بر اساس تولیدات کشورهای عضو اوپک تعیین می شود؛ از این رو اگر ایران بتواند تولیدات نفت خام خود را از این طریق افزایش دهد، سهم آن نیز بیشتر از میزان صادرات کنونی خواهد بود. از لحاظ مقدار، تولید هر بشکه محصولات فن آوری جی تی ال دو بشکه نفت خام برای صادرات را در پی دارد. بنابراین با توجه به روند روبه رشد مصرف آینده محصولات سوختی برای ایران، استفاده از جی تی ال لازم و ضروری به نظر می رسد.

مراجع

۱- مجله گاز شماره ۵۸

علیرضا پیمان ، بازار عرضه و تقاضای فرآورده های حاصل از تبدیل گاز به مایع در آسیا،

مصطفی ساغری ، تکنولوژی سی ان جی ، ال ان جی ، جی تی ال در انتقال گاز طبیعی ، مقاله سایت عسلویه

۴- مجلهٔ اقتصاد انرژی شمارهٔ ۵، با عنوان "GTL، راهکارها ومحدودیت ها

5- Utilization of Middle East Gas Resources: New Technology Opportunities Dr. George M. Intille Director, Process Economics Program SRI Consulting 6 Iran Petrochemical Forum May 11-2, 2004.

6- httpwww.assaluyeh.comarticles.php119

7- http://www.mimshimi82.persianblog.com

http://www.assaluyeh.com/articles.php?199