

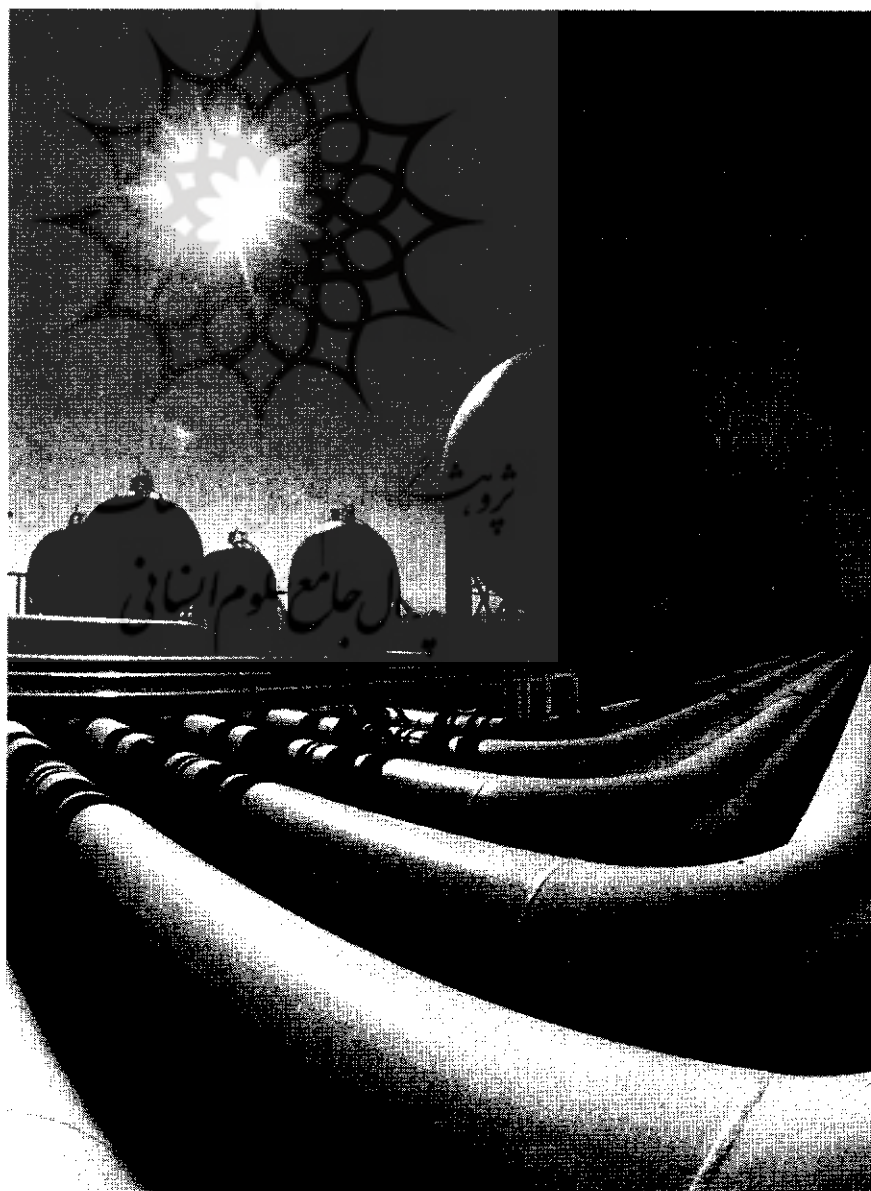
نقش تکنولوژی در صنعت گاز  
در گفتگو با دکتر حسین گلشن

## روش‌های جدید برای کاهش هزینه‌های انتقال گاز طبیعی

گفتگو از: فرهاد محمدی

استفاده از تکنولوژیهای جدید در انتقال گاز طبیعی از موضوعاتی است که در دهه‌های اخیر توجه متخصصان و پژوهشگران و شرکت‌های بین‌المللی نفت و گاز را به خود جلب کرده است. با توجه به پتانسیل‌های صدور گاز طبیعی و برنامه‌های انتقال گاز طبیعی ایران به وسیله خط لوله و LNG، اطلاع از آخرین پیشرفت‌های علمی و فنی در این زمینه برای کشور ما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

چندی پیش دکتر حسین گلشن استاد دانشگاه کانادا و همکار دانشگاه صنعت نفت و دارای مدرک دکتری مهندسی شیمی از دانشگاه منچستر و کمبریج انگلستان، به دعوت مرکز آموزش چین خدمت دانشگاه صنعت نفت در تهران دوره‌ای تخصصی را با عنوان «مهندسی انتقال و تراکم گاز» برای کارشناسان شاغل در این بخش گاز برگزار نمود. با توجه به سرفصل‌های ارائه شده در این دوره و با توجه به تخصص و فعالیت‌های علمی و عملی ایشان در این زمینه، گفتگویی در زمینه آخرین پیشرفت‌های علمی در مورد «انتقال و تراکم گاز» و موضوعات مرتبط با صدور گاز طبیعی با نامبرده انجام داده‌ایم که حاصل آن به نظر خوانندگان می‌رسد:



● **ضمن تشکر از اختصاص وقت این گفتگو، با توجه به تخصص شما در زمینه انتقال و تراکم گاز، به نظر شما در این زمینه چه کارهایی انجام شده است؟**

○ در قسمت تراکم و انتقال، به نظر من مهمترین کاری که الان در حال انجام است، بالا بردن فشار خطوط لوله گاز است، برای اینکه بتوانند قطر لوله‌ها را کم کنند و در نتیجه هزینه خطوط انتقال را کاهش دهند. بنابراین، بحث این است که اگر بخواهند فشار خطوط را بالا ببرند، در نتیجه ضخامت لوله‌ها زیاد می‌شود، این موضوع باعث شده است که بر روی لوله‌هایی از جنس ترکیبی کار بکنند، که نوعی خط لوله فولادی هست، منتها کاری که می‌کنند این است که یک نوع فایبرگلاس روی آن می‌پیچند. که می‌تواند فشار زیادی تحمل کند، یعنی تحت فشار فولاد را از ۵۷۰ پوند می‌تواند تا ۱۴۰ هزار

## در تراکم و انتقال

**مهمترین کاری که در حال انجام است بالا بردن فشار خطوط لوله گاز است**

## LNG وقتی مقرون به صرفه می‌شود

**که ما بخواهیم در بازارهای دور تر به رقابت پردازیم**

پوند بالا برود. این فعل و انفعال سبب آن می‌شود که اگر فشار بالا برود در نتیجه قطر لوله‌ها کمتر بشود و هزینه‌ها نیز پایین بیاید و به این علت نیازی نیست تا در فشارهای بالا لوله‌های ضخیم به کار ببریم. مورد دیگر در انتقال، موضوع تزریق است که اگر تعدادی از لیدر و کوربوره‌های سنگین تر، مثل  $C_2$  و  $C_3$  را در سیستم تزریق بکنیم، به خاطر تغییراتی که با این کار بر روی ضریب فشردگی رخ می‌دهد، افت فشار کم می‌شود. اگر اتان و پروپان در دسترس باشد، می‌توان از این تکنولوژی در خطوط لوله گاز استفاده نمود. مسئله دیگری که الان خیلی روی آنها کار می‌شود، مسئله انتقال در فشار بالاست که در بالای نقطه ماکزیمم روی منحنی فشار گازها وجود دارد. و این سیستم نه یک فازی است و نه دو فازی، یعنی حالتی بین گاز و مایع دارد، اما در واقع هیچ کدام از آنها نیست و افت

فشار در آن از سیستم‌های دو مرحله‌ای کمتر است. در حقیقت روی عوامل متغیر آن از نظر ترمودینامیکی خیلی کار شده است.

## ● استفاده از این روش چه مزیتی دارد؟

○ استفاده از این روش باعث می‌شود که اگر نیاز به دو خط لوله بود که یک خط مایعات بیاورد و یک خط گاز، بتوان همه را با یک خط لوله، منتها در فشار بالا ارسال کرد که گرانشی خیلی بالایی دارد.

## ● آیا لوله‌ها باید از جنس خاصی باشند؟

○ خیر. یا باید جنس لوله‌ها از لوله‌های ترکیبی باشد یا ضخامت آنها باید در حدی باشد که بتواند فشار بالای ۲۵۰۰ پوند را تحمل کند، کمپرسورها نیز باید نوع خاصی باشند. در این خصوص هنوز مطالعه بر روی کمپرسورها

اندازه‌گیری باشد. به هر جهت در حال حاضر کارهای زیادی بر روی خطوط لوله در حال انجام است و تحقیقاتی نیز بر روی روکش لوله‌ها در حال انجام می‌باشد. در قسمت LNG هم در مورد مایع یا گازی که قرار است LNG را از آن تهیه نماید، تحقیقات زیادی در حال انجام است. البته معمولاً برای این کار پروپان مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی در حال حاضر بر روی تغییر دهنده‌ها کار زیادی انجام می‌شود تا کارایی آن را بالا ببرند که اندازه‌های بزرگ را به کوچک تبدیل بکنند که این قسمت بیشترین تحقیق را به خود اختصاص داده است. روی نوع عایق‌کاری نیز تحقیقات زیادی در حال انجام است که عایق‌کاری را طوری طراحی کنند که ضخامت فوق‌العاده‌تانکرها به خصوص در مورد کشتی‌ها کمتر بشود. به هر حال در این تحقیقات بر روی انتقال حرارت و مرحله‌ای که باید گاز طبیعی را مایع کنند کمپرسورها کارهای زیادی در حال انجام است.

## ● کدام کشورها بیشتر در این زمینه کار

کرده‌اند، اروپایی‌ها یا آمریکایی‌ها؟

○ هر دو کار کرده‌اند، ولی در حال حاضر آمریکا در مورد خطوط لوله و بالا بردن فشار در نقاطی که هوا در آنجا خیلی سرد است، بیشتر کار می‌کند، زیرا خط لوله آلاسکا و دلتای مرکزی که قرار است از آن نقاط گاز را بیاورند جزو نقاط خیلی سردسیر است. در مورد LNG هم هر دو گروه کار می‌کنند، در آمریکا در این مورد خیلی کار می‌شود، کانادا هم تا حدی کار می‌کند، اروپایی‌ها هم کار می‌کنند، ولی در خصوص انتقال، آمریکاییها خیلی کار می‌کنند.

## ● در ایران ما چه کارهایی انجام داده‌ایم.

چه کارهایی را خودمان می‌توانیم انجام بدهیم و در چه زمینه‌ای انتقال تکنولوژی باید صورت بگیرد. در مورد این پیشرفتهایی که شما اشاره کردید، چه جایگاهی داریم؟

○ البته خیلی از این تکنولوژی‌ها هنوز به صورت تجاری و فروش درنیامده است و در مرحله تحقیقاتی هستند. ولی با صحبت‌هایی که من کردم، به خصوص در قسمت گاز، پژوهشکده گاز را تشکیل دادند و در این پژوهشکده، تحقیقات زیادی روی پالایشگاه‌ها انجام می‌دهند. در قسمت خطوط لوله، کمپرسورها، تراکم و سیستم‌های جدید، هنوز ما تحقیقاتی را شروع نکرده‌ایم، ولی قرار است که انشاء...

کارهایی انجام بشود، به خصوص احتمال دارد که بتوانیم به صورت داخلی همراه با شرکت گاز دوره فوق لیسانس را برای مهندسان گاز ایجاد نماییم. اگر در این مورد توافق صورت بگیرد، می‌توانیم تعدادی از دانشجویان داخلی را تربیت کنیم. ارتباطاتی نیز قرار است با دانشگاه کلگری به وجود بیاید. که مخصوص نفت است و قرار است تعدادی دانشجو را برای طرح ضربتی نفت بفرستند. بنابراین، همکاری‌هایی وجود دارد، ولی الان با فعال شدن پژوهشکده گاز، فکر می‌کنم که می‌توانیم کارهایی انجام بدهیم. در این ارتباط، من با مسئولین پژوهشکده صحبت کردم، علاقه‌مندی زیاد است و بودجه‌ای هم برای تحقیقات در نظر گرفته شده است. بخشی از معضلات شرکت گاز هم به ما منتقل شده است، مشکلاتی دارند که می‌توانیم به صورت پروژه‌ای آنها را انجام بدهیم. از این طریق می‌توان بخشی از این مشکلات را برطرف کرد، سپس تحقیقات را هم به خصوص روی مسئله پالایشگاهی و شیرین کردن و نم‌زدایی گاز شروع کرد. صحبت‌هایی هم انجام شده است و انشاء... شروع می‌کنیم. به خصوص اگر مسئله فوق لیسانس مطرح شود، می‌توانیم تعدادی از دانشجویان را برای پروژه‌هایشان در این قسمت‌ها درگیر نماییم. اگر هم نشد، به هر حال گروه‌های پژوهشی هستند که علاقه‌مندند و دوست دارند که این کار انجام بشود.

● به این ترتیب، احتمالاً ما در زمینه نیروی انسانی مشکل چندانی نداریم؟

○ خیر، تعدادی از نیروهای باسواد و تحصیل کرده الان در شرکت گاز و پژوهشکده وجود دارند که نیروهای کارآمدی هستند، فقط باید ارتباطات و انتقال تکنولوژی و اطلاعات بیشتر شود و گرنه ما پرسنل تحصیل کرده و خوبی داریم. یعنی تعداد زیادی از فارغ‌التحصیلان دانشگاه صنعت نفت به علاوه دانشگاه‌های دیگر هم هستند که در چند سال گذشته فارغ‌التحصیل شده‌اند و بسیار هم ماهر هستند چه در قسمت‌های مهندسی و چه در بخش عملیات. فقط مقداری باید تحول در تحقیقات و توسعه ایجاد بشود که در حال پیگیری آن هستند.

● در رابطه با صرفه‌جویی در انتقال یا صرفه‌جویی در مقیاس، در دنیا چه کارهایی صورت گرفته است و ما چه کارهایی

می‌توانیم انجام دهیم، چون در واقع دو راه برای ما امکان‌پذیر است، صادرات و انتقال خطوط لوله به پاکستان، هند و مورد بعدی که دو سال است در مورد آن صحبت می‌شود، در واقع از طریق خلیج فارس و انتقال به طریق LNG است. در زمینه صرفه‌جویی در انتقال، اگر خطوط انتقال مدنظر باشد، چه راه‌هایی داریم و چه کارهایی در دنیا در این زمینه انجام شده است؟

○ در مجموع، هر جا که بتوان خط لوله کشید، ثابت شده است که تبدیل گاز به LNG خیلی مقرون به صرفه نیست. حالا چه قرار بر این باشد که گازرسانی به پاکستان و هند انجام شود یا خط لوله را تا ترکیه بیاوریم، اگر امکان کشیدن خط لوله باشد، معمولاً تبدیل آن به LNG مقرون به صرفه نیست. مثلاً کشوری مثل اندونزی که صادرات گاز دارد، اما خطوط انتقال

از منابع گاز پارس جنوبی چگونه می‌بینید؟ چه چشم‌اندازی برای آن وجود دارد؟

○ LNG وقتی مقرون به صرفه می‌شود که ما بخواهیم در بازارهای دورتر به رقابت بپردازیم. الان می‌دانید که قطر در حال آماده ساختن سیستم‌های خود است و به زودی صادراتش را نیز شروع می‌کند. کشورهای دیگری مثل اندونزی نیز در این مورد سال‌هاست که درگیر هستند و الجزایر هم هست. منتها اگر ما بتوانیم بازار دورتری پیدا بکنیم، در این صورت ممکن است مقرون به صرفه بشود. البته ما گاز زیادی داریم، ولی در مقابل باید دید که مقرون به صرفه هست که آن را به گاز مایع تبدیل کنیم. به نظر من، شاید هنوز شرایط بازار به گونه‌ای نیست که تهیه LNG خیلی به صرفه باشد، که ما وارد

در خطوط طولانی بالای ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ مایل،

اگر بتوانیم فشار را خیلی بالا ببریم

و یا از لوله‌های جدید که تحمل فشار بالا دارند، استفاده کنیم

هزینه‌ها خیلی کمتر خواهند شد

تکنولوژی آن بشویم. البته، این کار بستگی زیادی به قیمت گاز و به وجود مشتری هم برای آن دارد. در حال حاضر، قیمت گاز در بازارهای جهانی در حال افزایش است، قیمت نفت که افزایش پیدا کرد، گاز هم گران شد و شاید به تدریج، LNG نیز مقرون به صرفه بشود. ولی هنوز به نظر من کمی زود است که تصمیم بگیریم آیا وارد تکنولوژی LNG بشویم یا نشویم.

● در مورد بازار تک‌محموله برای LNG، در این مقطع کشورهای قطر و... فعال شده‌اند، آینده این بازار را چگونه می‌بینید؟ اگر وارد بازار LNG بشویم، می‌تواند چشم‌اندازی برای ما داشته باشد؟

○ این کشورها درگیر این مسئله هستند، به

آن را به ژاپن ندارد، زیرا یا به صورت جزیره است یا خط لوله خیلی طولانی و تماماً زیر دریایی می‌شود که خیلی گران خواهد شد، در این حالت به تکنولوژی LNG روی می‌آورند. در حال حاضر ما می‌توانیم در قسمت داخل و به کشورهای مجاور با سیستم خط لوله گازرسانی کنیم یا به صورت انتقال، گاز را به آنها برسانیم. LNG معمولاً به خصوص در فواصلی که بتوان خط لوله را کشید و خیلی هم دور نباشد، خیلی مقرون به صرفه نیست. معمولاً این سیستم به قدری گران و پیچیده است و خطرات نیز در آن بسیار بالاست که اگر بتوانیم خط لوله گاز را به هند از طریق پاکستان ببریم، در این صورت تبدیل گاز به LNG خیلی مقرون به صرفه نخواهد بود.

● آینده LNG را با توجه به بهره‌برداری

دلیل اینکه راهی جز اینکه وارد LNG بشوند، ندارند. ولی ما هنوز راههای زمینی داریم و می‌توانیم آن را با خط لوله به بازار برسانیم، به همین دلیل برای ما ارزان‌تر تمام می‌شود، مگر اینکه بخواهیم وارد رقابت بشویم و با نیروهای متخصص LNG را به قیمت ارزانتری تهیه کنیم و وارد بازارهای جهانی بشویم. باید در این خصوص مقداری مطالعه کرد، ولی در صورتی که قیمت نفت بالا بماند، در این صورت گاز نیز بازار خوبی خواهد داشت.

● معمولاً گفته می‌شود برای مسیرهای بیش از ۲ یا ۳ هزار کیلومتر برای کشوری که دارای منابع گازی هست، کشیدن خطوط یا پروژه‌های مشترک مقرون به صرفه نیست. این موضوع را با توجه به پیشرفت تکنولوژی

**ثابت شده است که هر جا که بتوان خط لوله کشید،**

**تبدیل گاز به LNG**

**خیلی مقرون به صرفه نیست**

**اگر خطوط لوله در فشارهای خیلی بالا کار بکنند**

**و ضخامت لوله‌ها پایین بیاید**

**در این صورت مقرون به صرفه خواهد بود**

و سایر مسائل مرتبط با آن چگونه تبیین می‌کنید؟

○ این مسئله همان طور که گفتیم، با خطوط لوله‌ای که از جنس ترکیبی باشد که می‌تواند فشار را خیلی بالا ببرد، امکانپذیر است. در خطوط طولانی بالای ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ مایل، اگر بتوانیم فشار را خیلی بالا ببریم، هم از نظر کم شدن قطر لوله و هم به خصوص اگر لوله‌های جدیدی که می‌تواند تحمل فشار فولاد را تا ۱۴۰ هزار پوند بالا ببرد، اینها نسبت به خطوط لوله فعلی، هزینه خیلی کمتری خواهند داشت. بنابراین ممکن است که این موارد در نظر گرفته شده باشد، اگر این خطوط خیلی طولانی باشد، یا اینکه ما بتوانیم مقدار فولادی را که به کار می‌بریم به طور محسوس کمتر باشد و قطر لوله‌ها نیز کمتر باشد، در این صورت مقرون به صرفه

خواهد بود. البته انتقال آن به صورت LNG نیز از طریق جاده و... مشکل است، ولی خط ۱۸۰۰ مایلی آلاسکا فقط از نظر خط لوله مطالعه می‌شود و اصلاً در این خصوص LNG را در نظر نمی‌گیرند، متها خطوط لوله را اگر بتوانند در فشارهای خیلی بالا کار بکنند تا مقدار گازی را که منتقل می‌کنند در حجم خیلی بالایی باشد و هم ضخامت لوله‌ها پایین بیاید و فولاد کمتری مصرف شود، در این صورت مقرون به صرفه خواهد بود.

● آیا در این خصوص در مناطق ذکر شده مقایسه‌ای شده است که ما بتوانیم از آن بهره بگیریم؟

○ در یک مقایسه خیلی ساده و از نظر هزینه، این دو روش خیلی با هم تفاوت داشت و بنابراین خط لوله مدنظر قرار گرفت.

اینکه هر کشوری برای خودش برنامه‌ای را در نظر بگیرد مثلاً برای بازار شرق آسیا، با کشورهای مثل هند و پاکستان، می‌توانیم این کارها را به طور مشترک انجام دهیم و هزینه‌ها را بین بخشهای مختلف سرشکن کنیم و از متخصصان و نیروهای خودمان، بهترین بهره‌گیری را بکنیم. آیا تجربیاتی هست که ما بتوانیم از آنها استفاده بکنیم؟

○ بله، الان در امریکای شمالی که خط آلاسکا را می‌خواهند بکشند، ۷ تا ۸ شرکت خیلی بزرگ نفت و گاز شرکت‌های خط لوله درگیر آن هستند. در آنجا خیلی کم اتفاق می‌افتد که در انجام کارها تنها یک کمپانی درگیر باشد. بنابراین اینجا هم ما می‌توانیم با کشورهای همسایه وارد مذاکره بشویم و با آنها کار بکنیم، به خصوص اینکه الان ما نیروی انسانی خیلی خوبی در اختیار داریم، یعنی می‌توانیم با آموزش بیشتر نیروهای خیلی خوب و متخصصی داشته باشیم که در اکثر کشورهای منطقه از این نیروها وجود ندارند.

● به عنوان آخرین سؤال، اگر نکاتی باقی ماند که به آنها اشاره‌ای نشد، لطفاً ذکر فرمایید.

○ اکثر مطالب گفته شدند، البته در زمینه‌های دیگر در کشورهای صنعتی تحقیقات زیادی می‌شود. الان متنی که به دانشجویان گاز درس می‌دهیم، دو فصل از کتابی است که من به اتفاق یکی از همکاران تهیه کرده‌ایم، در زمینه «طرح و ساخت خطوط لوله» به زودی به صورت جزوه برای مهندسان گاز نیز منتشر می‌شود. در بخشی از کتاب به سیستم‌های جدید پرداختیم و در بخشی نیز راجع به نرم‌افزارهای جدیدی که می‌تواند به خوبی شبکه‌های ما را ارزیابی و بررسی و طراحی بکند، اشاره کردیم. به هر حال اطلاعات زیادی در این کتاب وجود دارد و در عین حال تحقیقات دیگری نیز در کنارش هست که در حال حاضر شرکت‌های بزرگی در حال انجام آنها هستند که به مقداری از آنها در گفتگو اشاره شد.

● از شرکت شما در این گفتگو متشکرم. ○ من هم از شما و همکارانتان در نشریه اقتصاد انرژی تشکر می‌کنم.

● مشارکت ما در این مقطع به چه شکل می‌تواند باشد، ما می‌توانیم به جای