DầuKhí
KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO PETROVIETNAM

GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ KẾT HỢP GIỮA TURBINE GIÃN NỞ VÀ VAN JOULE-THOMSON NÂNG CAO HIỆU QUẢ THU HỒI LPG TẠI NHÀ MÁY XỬ LÝ KHÍ DINH CỐ

Phan Tấn Hậu, Bùi Công Hưng, Trần Đăng San, Võ Phong Hải Bằng, Bùi Thanh Dũng
Tổng công ty Khí Việt Nam - CTCP (PV GAS)
Email: hung.bui2@ncsp.com.vn
https://doi.org/10.47800/PVSI.2025.04-04

Tóm tắt

Bài viết giới thiệu giải pháp ứng dụng công nghệ làm lạnh ngưng tụ nhiệt độ thấp sử dụng turbine giãn nở (turbo expander - TE) kết hợp van Joule-Thomson (JT) tại Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố. Đây là công nghệ làm lạnh ngưng tụ nhiệt độ thấp tiên tiến, hiện đại trên thế giới giúp gia tăng thu hồi sản phẩm lỏng từ nguồn khí đồng hành giàu cấu tử nặng mang lại giá trị kinh tế cao, giảm nhập khẩu và đáp ứng nhu cầu LPG trong nước, góp phần hình thành và phát triển thị trường khí khu vực Đông Nam Bộ và cả nước.

Việc triển khai tại Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố cho thấy hệ thống TE-JT kết hợp đạt được hiệu suất làm lạnh khí sâu hơn so với cấu hình chỉ sử dụng van JT. Nhờ đó, hiệu suất thu hồi propane (C_3) luôn vượt quá 85%, góp phần cải thiện hiệu suất kinh tế của nhà máy. Giải pháp lai TE-JT không chỉ chứng tỏ tính ứng dụng cao trong bối cảnh thị trường năng lượng và LPG biến động mà còn là một bước tiến đáng kể trong việc hiện đại hóa công nghệ xử lý khí của Việt Nam, phù hợp với xu hướng toàn cầu về nâng cao hiệu quả năng lượng và giảm phát thải.

Từ khóa: Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố, hiệu ứng Joule-Thomson, ngưng tụ nhiệt độ thấp, turbine giãn nở.

1. Giới thiệu

Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố là một trong những hạng mục trọng điểm của đề án khí Bạch Hổ - Phú Mỹ, do Tổng công ty Khí Việt Nam (PV GAS) triển khai. Công trình được khởi công vào tháng 10/1997, đưa vào hoạt động từ tháng 10/1998 tại tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu nay là TP. Hồ Chí Minh. Với công suất thiết kế ban đầu 1,5 tỷ Sm^3 khí/năm (tương đương khoảng 4,3 triệu Sm^3 khí/ngày), Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố có nhiệm vụ tiếp nhận và xử lý khí đồng hành từ mỏ Bạch Hổ tạo ra các sản phẩm chính bao gồm khí khô, LPG (propane, butane) và condensate.

Trong giai đoạn thiết kế sơ bộ (1992 - 1993), SNC/Lavalin đã đề xuất sử dụng cụm van Joule-Thomson với hệ thống làm lạnh bằng propane để đảm bảo tiến độ và hạn chế rủi ro công nghệ trong bối cảnh Việt Nam bị cấm vận. Tuy nhiên, sau khi Việt Nam hết cấm vận, công nghệ sử dụng turbine giãn nở (turbo expander) kết hợp van Joule-Thomson được đề xuất và đã được phê duyệt triển khai nhằm tối ưu thu hồi lỏng từ nguồn khí đồng hành, tiết kiệm năng lượng và giảm chi phí vận hành.

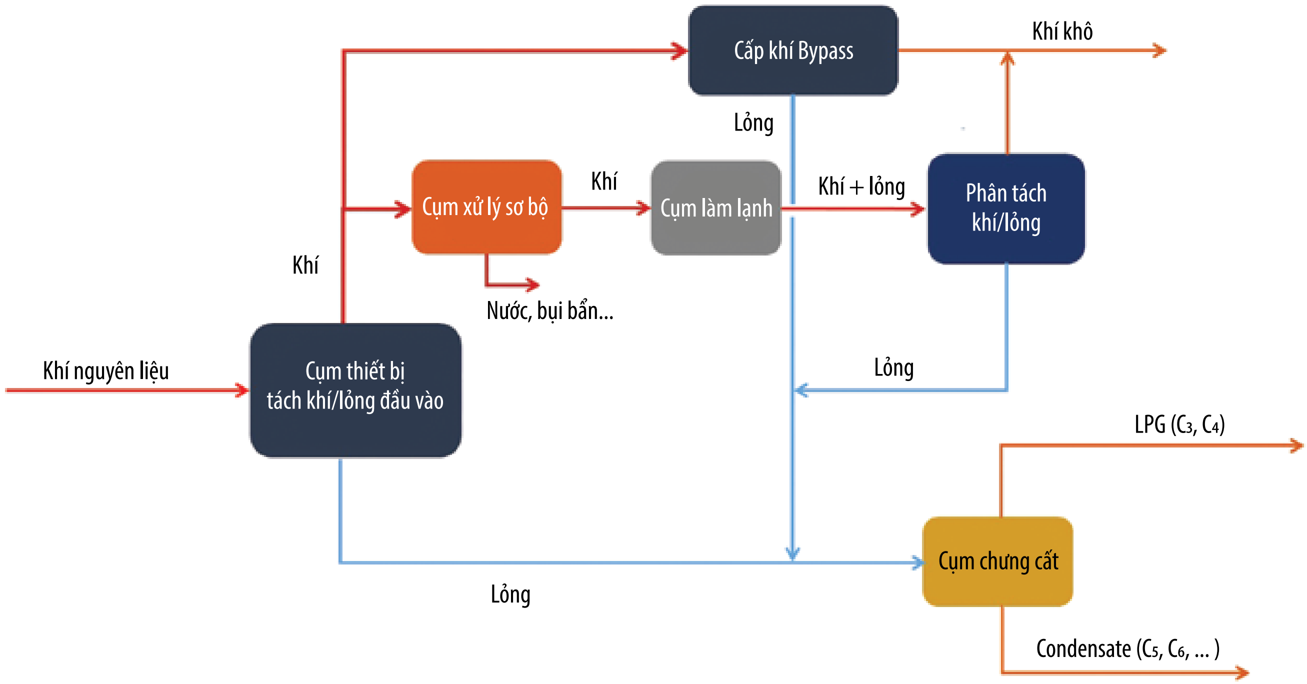
Nhà máy áp dụng công nghệ làm lạnh nhiệt độ thấp sử dụng tổ hợp thiết bị turbine giãn nở và van Joule-Thomson cùng với hệ thống trao đổi nhiệt dạng tấm, giúp làm lạnh dòng khí đến khoảng -70°C tại áp suất 35 barg. Giải pháp công nghệ này cho phép tách hiệu quả các thành phần nặng như C_{3+} khỏi dòng khí khô (chủ yếu là methane, ethane và phần nhỏ C_{3+}). Hiệu suất thu hồi đạt mức cao, với C_3 đạt trên 85%, C_4 đạt khoảng 97% và C_{5+} 99,8%.

Sau hơn 25 năm hoạt động, Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố đã chứng minh vai trò tiên phong trong việc ứng dụng thành công công nghệ chế biến khí hiện đại tại Việt Nam. Bên cạnh đóng góp về mặt kinh tế và năng lượng, nhà máy còn là cái nôi đào tạo thực tiễn đội ngũ cán bộ kỹ thuật, công nhân viên vận hành, bảo dưỡng trong ngành công nghiệp khí. Lực lượng này tiếp tục đóng vai trò nòng cốt tại nhiều dự án trọng điểm như Nhà máy Đạm Phú Mỹ, Nhà máy Lọc dầu Dung Quất và Nhà máy Xử lý khí Cà Mau.

2. Giới thiệu công nghệ làm lạnh nhiệt độ thấp

Công nghệ làm lạnh nhiệt độ thấp là một phương

Ngày nhận bài: 3/6/2025
Ngày đánh giá và sửa chữa: 3/6 - 15/7/2025
Ngày duyệt đăng: 15/7/2025



Hình 1. *Sơ đồ các quá trình xử lý chính Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố.*

pháp kỹ thuật tiên tiến nhằm hạ nhiệt độ của dòng khí xuống mức rất thấp để tách các cấu tử nặng như propane, butane, pentane và condensate khỏi khí tự nhiên. Mục tiêu chính của công nghệ này là nâng cao hiệu suất thu hồi các sản phẩm có giá trị kinh tế như LPG và condensate, đồng thời cải thiện chất lượng khí thương phẩm và tối ưu vận hành hệ thống.

Công nghệ này được ứng dụng phổ biến trong các nhà máy xử lý khí, tổ hợp chế biến khí LNG và nhà máy hóa dầu - những nơi yêu cầu hiệu suất tách lỏng cao. Quá trình làm lạnh thường bao gồm các thiết bị và hệ thống sau:

- Bộ trao đổi nhiệt hiệu suất cao: làm lạnh sơ bộ dòng khí đầu vào.

- Van Joule-Thomson (JT): thiết bị giãn nở đẳng enthalpy, giúp hạ nhiệt đột ngột và thúc đẩy quá trình ngưng tụ.

- Turbine giãn nở (TE): sử dụng động năng của dòng khí để sinh công và giảm nhiệt sâu hơn so với van JT.

Các công nghệ làm lạnh thường được sử dụng trong thực tế gồm:

+ Làm lạnh bằng van JT kết hợp chu trình làm lạnh ngoài.

+ Làm lạnh bằng TE.

+ Làm lạnh kết hợp van JT và TE.

Sự kết hợp giữa TE và van JT là một xu hướng công nghệ tối ưu hiện nay, giúp nâng cao hiệu suất năng lượng, giảm tổn thất và chi phí vận hành. Công nghệ này đặc biệt phù hợp trong các hệ thống vận hành ở áp suất cao và có lưu lượng khí lớn - điển hình như các tuyến ống dẫn khí dài từ mỏ khai thác đến nhà máy xử lý.

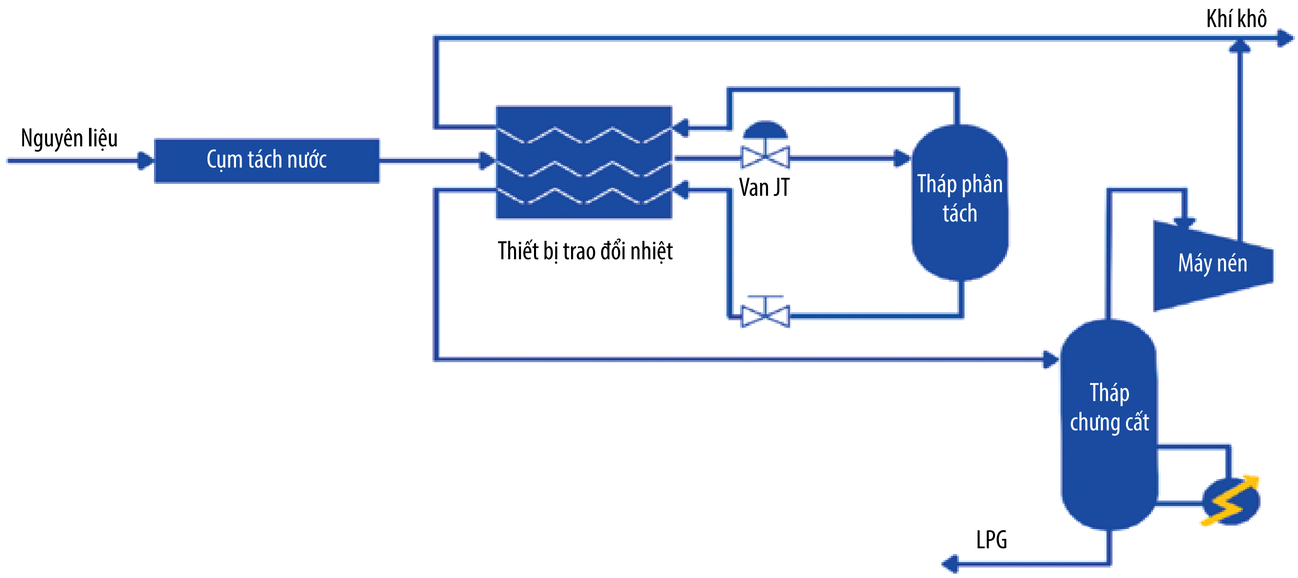
2.1. Công nghệ Joule-Thomson

Hiệu ứng Joule-Thomson là hiện tượng thay đổi nhiệt độ của khí khi giãn nở mà không trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh, tức là quá trình giãn nở đoạn nhiệt và không sinh công. Hiệu ứng này được J. P. Joule và W. Thomson khám phá vào giữa thế kỷ 19 và hiện đóng vai trò quan trọng trong nhiều ứng dụng công nghiệp, đặc biệt là trong công nghệ làm lạnh nhiệt độ thấp và hóa lỏng khí.

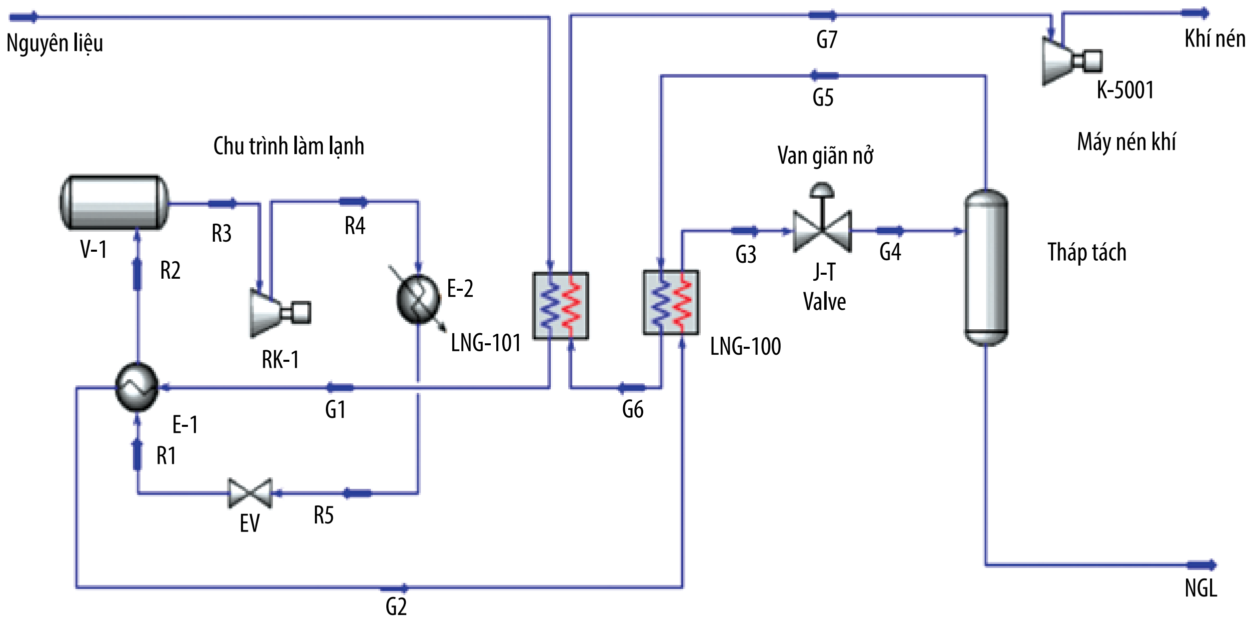
Hiệu ứng Joule-Thomson là nguyên lý hoạt động chính của nhiều thiết bị tiết lưu trong các hệ thống làm lạnh và xử lý khí mang lại hiệu quả thực tế trong vận chuyển và xử lý, chế biến khí tự nhiên điển hình như:

(1) Hóa lỏng khí tự nhiên (LNG): Van JT làm lạnh khí methane và các hydrocarbon nhẹ (C_1 - C_2) xuống dưới điểm sương, chuyển chúng sang trạng thái lỏng để lưu trữ và vận chuyển. Quá trình này thường kết hợp với các chu trình làm lạnh khác để tăng hiệu suất.

(2) Tách hydrocarbon nặng (natural gas liquid - NGL): Khi khí tự nhiên chứa hỗn hợp hydrocarbon (CH_4, C_2H_6,



***Hình 2.** Sơ đồ công nghệ sử dụng công nghệ van JT.*



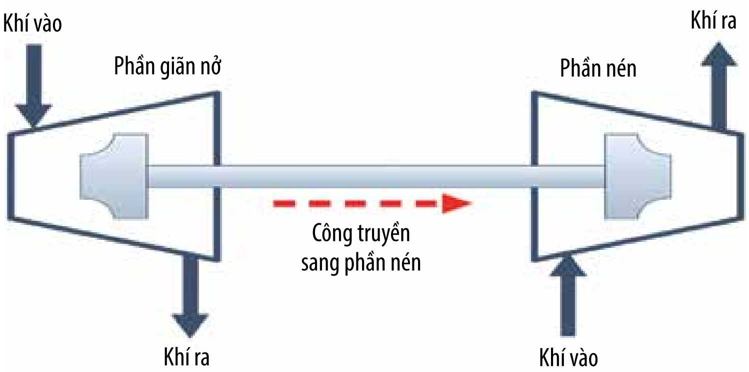
***Hình 3.** Sơ đồ công nghệ sử dụng công nghệ van JT kết hợp chu trình làm lạnh ngoài (GSP).*

C_3H_8, C_4H_{10}), van JT làm giảm nhiệt độ để ngưng tụ các thành phần nặng (C_2+), tách chúng khỏi dòng khí khô (chủ yếu là CH_4).

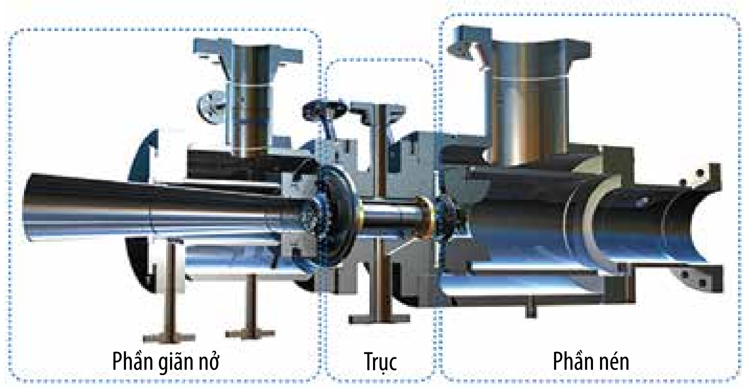
(3) Kiểm soát điểm sương (dew point control): Van JT điều chỉnh nhiệt độ dòng khí trong đường ống để ngăn ngừa sự ngưng tụ của hydrocarbon hoặc nước, đảm bảo an toàn và tuân thủ tiêu chuẩn kỹ thuật (ví dụ: điểm sương hydrocarbon < -5°C @45 barg).

Trong các nhà máy xử lý khí quy mô nhỏ hoặc yêu cầu thiết kế đơn giản, công nghệ sử dụng van JT là một lựa chọn phổ biến nhờ tính hiệu quả, chi phí thấp và dễ triển khai. Khí tự nhiên ở áp suất cao giãn nở qua van JT, dẫn đến giảm nhiệt độ mà không cần thiết bị làm lạnh phức tạp.

Nhược điểm của công nghệ van JT là hiệu suất nhiệt động lực học thấp hơn so với các phương pháp giãn nở đẳng entropy (như turbine giãn nở), do quá trình giãn nở trong van JT không thu hồi được năng lượng. Ngoài ra, do giới hạn của hiệu ứng JT, việc giảm áp qua van càng thấp đồng nghĩa với độ mở hay tiết diện qua van càng nhỏ. Điều này khống chế lưu lượng qua van. Ngược lại khi cần thiết vận hành ở lưu lượng cao thì độ giảm áp qua van sẽ không đủ lớn để làm giảm sâu nhiệt độ, dẫn đến dòng khí không được làm lạnh thật sâu. Công nghệ sử dụng van JT được đánh giá có chi phí đầu tư thấp, thiết bị đơn giản, tuy nhiên lại có hiệu quả thu hồi lỏng thấp. Do đó để tăng hiệu quả hoạt động, trong công nghiệp khí thường kết hợp sử dụng chu trình làm lạnh ngoài (GSP) để làm mát dòng khí đầu bằng tác nhân bên ngoài như propane trước khi qua van JT. Sơ đồ công nghệ như Hình 3.



Hình 4. *Sơ đồ nguyên lý hoạt động của turbine giãn nở.*



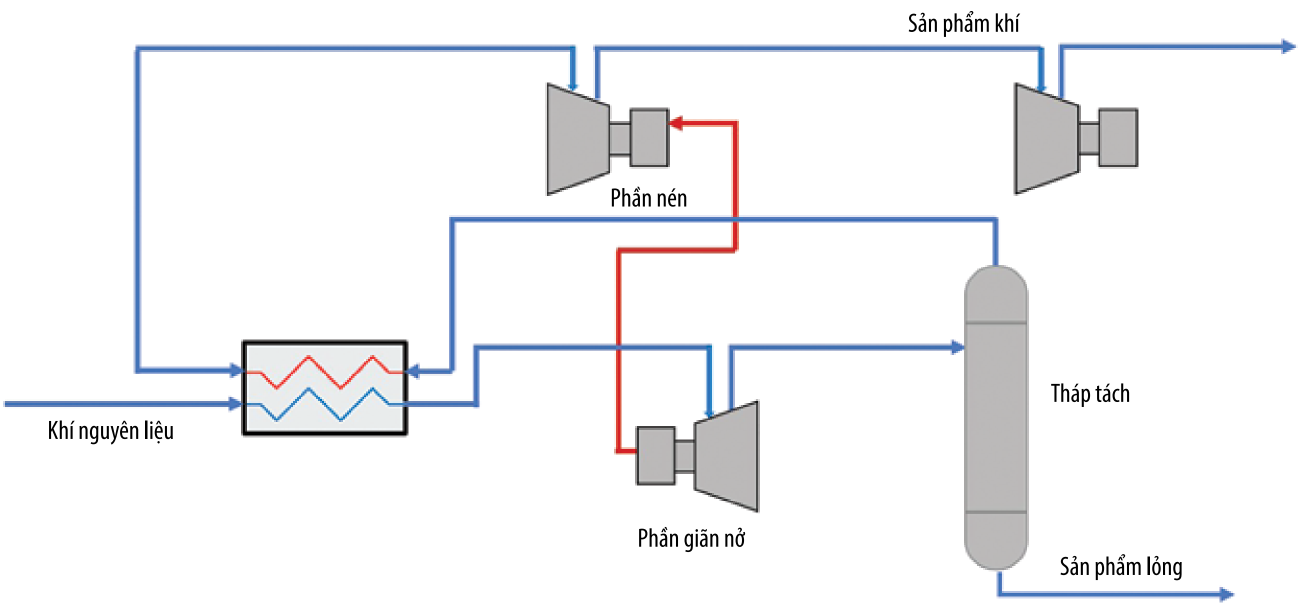
Hình 5. *Hình ảnh minh họa turbine giãn nở.*

2.2. Turbine giãn nở

Turbine giãn nở TE là một thiết bị cơ khí chuyển đổi năng lượng áp suất của dòng khí thành công cơ học thông qua quá trình giãn nở đẳng entropy ($\Delta S \approx 0$). TE bao gồm một turbine quay (expander - phần giãn) kết nối với máy nén (compressor - phần nén). Khi dòng khí áp suất cao đi vào phần giãn của TE sẽ làm xoay cánh quạt bên trong. Dựa trên cấu trúc hình dạng và cách sắp xếp của các cánh quạt, dòng khí khi đi qua sẽ trải qua quá trình giãn nở làm giảm áp suất, đồng thời sinh ra công hữu ích thực hiện lên trục quay của thiết bị. Công hữu ích sinh ra được tận dụng để làm tăng áp suất cho dòng khí ở giai đoạn khác trong quá trình xử lý và chế biến. Ứng dụng này góp phần làm tăng hiệu quả sử dụng năng lượng của quá trình sản xuất.

So sánh với công nghệ van JT, công nghệ TE có hiệu suất nhiệt động lực học cao hơn do khả năng thu hồi năng lượng. Tuy nhiên, TE yêu cầu thiết bị phức tạp hơn và chi phí bảo trì cũng cao hơn.

Các quốc gia châu Âu và Mỹ hiện đang dẫn đầu trong lĩnh vực sản xuất TE nhờ công nghệ tiên tiến và tiêu chuẩn kỹ thuật cao. Tại Mỹ, một số nhà sản xuất tiêu biểu như GE Oil & Gas (Baker Hughes), Atlas Copco và L.A. Turbine. Tại châu Âu, các công ty nổi bật như Siemens và MAN Energy Solutions (Đức), Cryostar (Pháp).

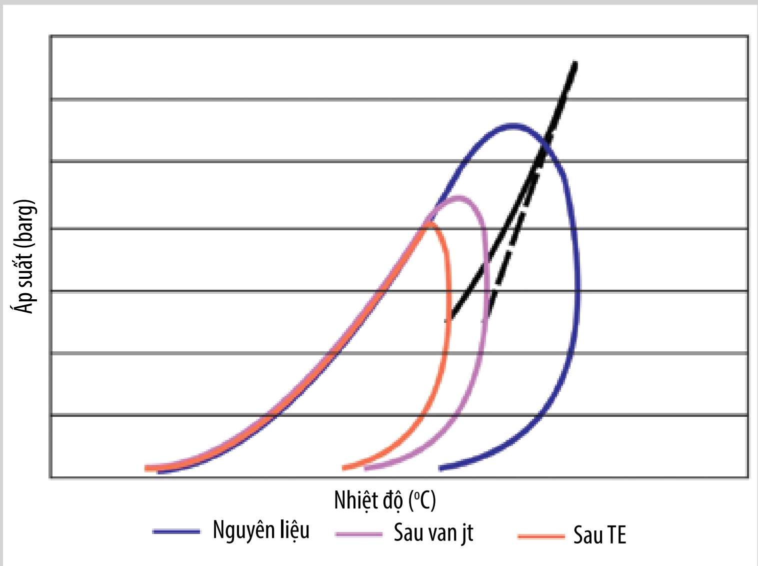


Hình 6. *Sơ đồ công nghệ sử dụng TE.*

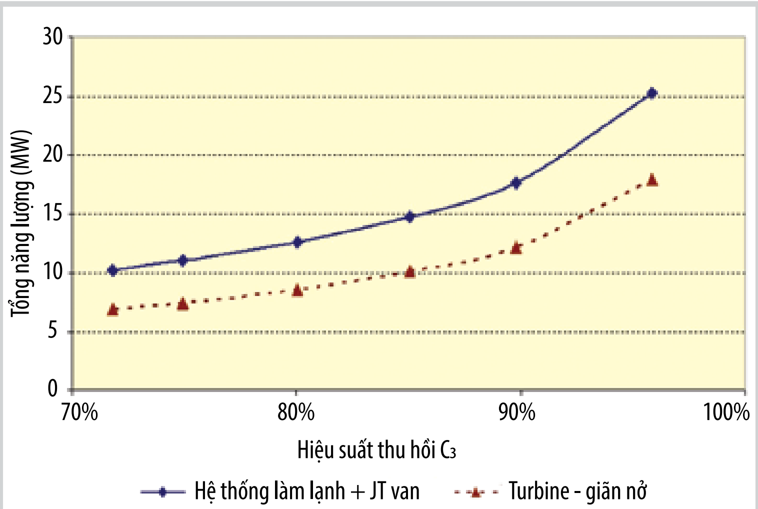
Thiết bị TE thường được ứng dụng trong các hệ thống làm lạnh sâu (cryogenic) như sản xuất LNG hoặc thu hồi ethane.

2.3. So sánh công nghệ Joule Thomson và turbine giãn nở

Công nghệ van JT tạo ra sự giãn nở đẳng nhiệt, enthalpy (H) không đổi và sinh công do sự giãn nở đó. Không giống như van JT, TE là quá trình giãn nở đẳng entropy (S) chuyển đổi năng lượng của dòng khí thành nhiệt lạnh và sinh công. Khoảng 86% năng lượng chứa trong dòng khí có thể được thu hồi bằng cách sử dụng TE.



Hình 7. *Giản đồ pha so sánh công nghệ TE và van JT.*



Hình 8. *Tương quan sử dụng năng lượng giữa van JT và TE.*

Hình 7 cho thấy với cùng điều kiện áp suất và nhiệt độ đầu vào, công nghệ TE cho nhiệt độ đầu ra thấp hơn so với van JT và do đó điểm sương đạt được thấp hơn. Điều này cho thấy công nghệ TE hiệu quả hơn trong việc thu hồi các hydrocarbon nặng.

Theo Hình 8, với cùng tỷ lệ thu hồi, hệ thống TE chỉ sử dụng khoảng 68% năng lượng so với hệ thống làm lạnh kết hợp van JT.

Do đó công nghệ TE được đề xuất sử dụng nhằm đạt hiệu quả thu hồi cao hơn và đảm bảo tính kinh tế trong vận hành.

2.4. Kết hợp turbine giãn nở và van Joule-Thomson

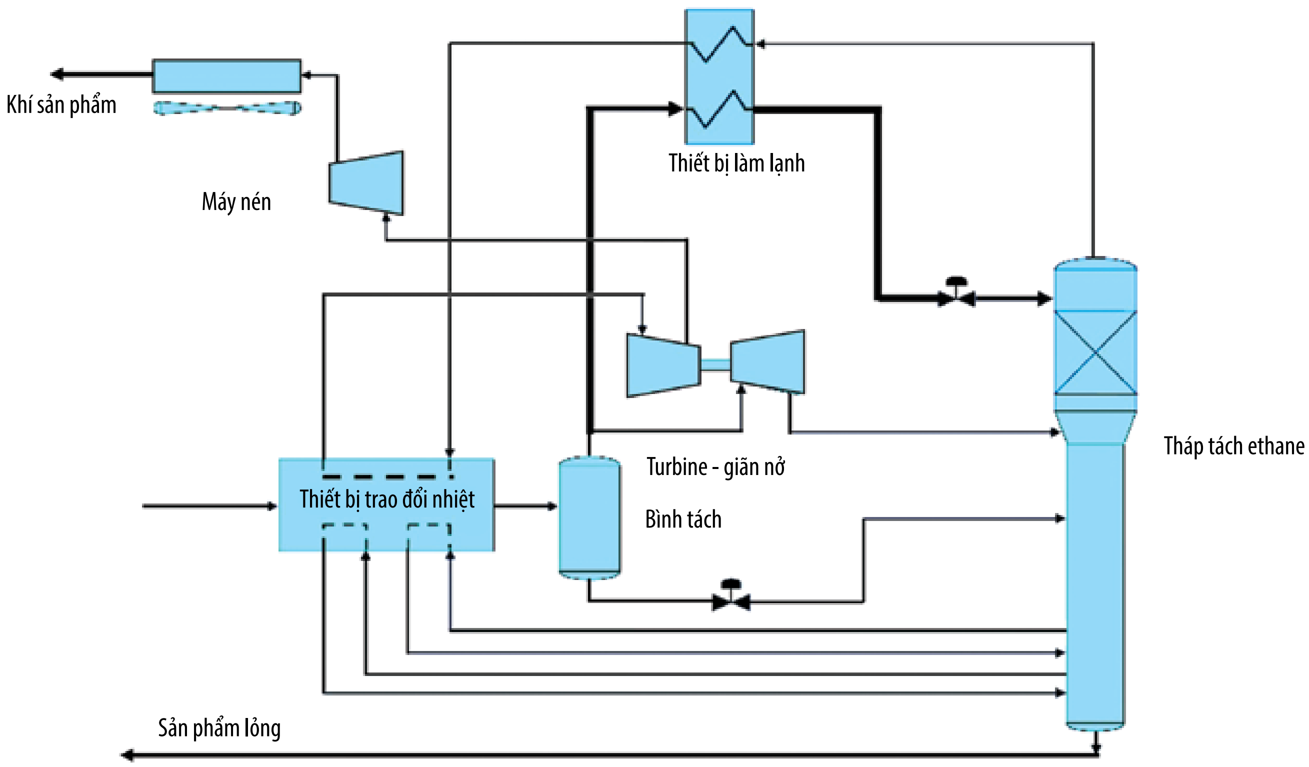
Mặc dù công nghệ TE hiệu quả hơn so với công nghệ van JT đơn thuần nhưng việc kết hợp 2 công nghệ này sẽ tạo ra một hệ thống tối ưu, vừa nâng cao hiệu suất năng lượng vừa cải thiện khả năng làm lạnh. Kết hợp TE-JT giúp tăng hiệu suất nhiệt động lực học từ TE và giảm chi phí vận hành từ JT. Cấu hình này phù hợp cho các nhà máy LNG hoặc thu hồi NGL quy mô lớn.

Sau khi được tách lỏng, dòng khí công nghệ được được chia thành 2 dòng:

- Dòng thứ nhất đi qua phần giãn nở của TE: Tại đây dòng khí có áp suất cao (P_1, T_1) sẽ giãn nở đẳng entropy xuống P_2 và T_2 thấp hơn. Quá trình giãn nở này sinh ra công cơ học (W) để quay máy nén đồng trục.

Bảng 1. *Bảng so sánh 2 công nghệ van JT và TE*

Tiêu chí	Van Joule-Thomson	Turbine giãn nở
Nguyên lý	Giãn nở đẳng enthalpy	Giãn nở đẳng entropy
Hiệu suất	Thấp	Cao
Làm lạnh	Nhiệt độ giảm ít	Nhiệt độ giảm sâu
Thu hồi năng lượng	Không	Có (công cơ học)
Chi phí đầu tư	Thấp	Cao
Chi phí vận hành, bảo dưỡng sửa chữa	Đơn giản, ít bảo trì	Phức tạp, cần bảo trì định kỳ



Hình 9. *Sơ đồ công nghệ kết hợp TE và van JT.*

- Dòng thứ hai đi qua van JT: Dòng khí (P_1, T_1) qua van JT, giãn nở đẳng enthalpy xuống P_2 và đạt nhiệt độ T_3. T_3 có nhiệt độ cao hơn T_2 là do quá trình giãn nở đẳng enthalpy kém hiệu quả hơn giãn nở đẳng entropy tại TE.

Hai dòng khí sau quá trình giãn nở được hòa chung lại và đưa vào tháp phân tách khí - lỏng. Dòng khí thu được từ đỉnh tháp được dẫn qua thiết bị trao đổi nhiệt trung gian để trao đổi nhiệt với dòng khí đầu vào nhằm tận dụng lượng nhiệt lạnh này. Sau đó dòng khí này được đưa qua phần nén của TE sử dụng công cơ học đã sinh ra từ phần giãn nở làm tăng áp suất P_2 đến P_3 để đưa vào đường ống hoặc đi vào máy nén khác.

3. Lựa chọn công nghệ cho Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố

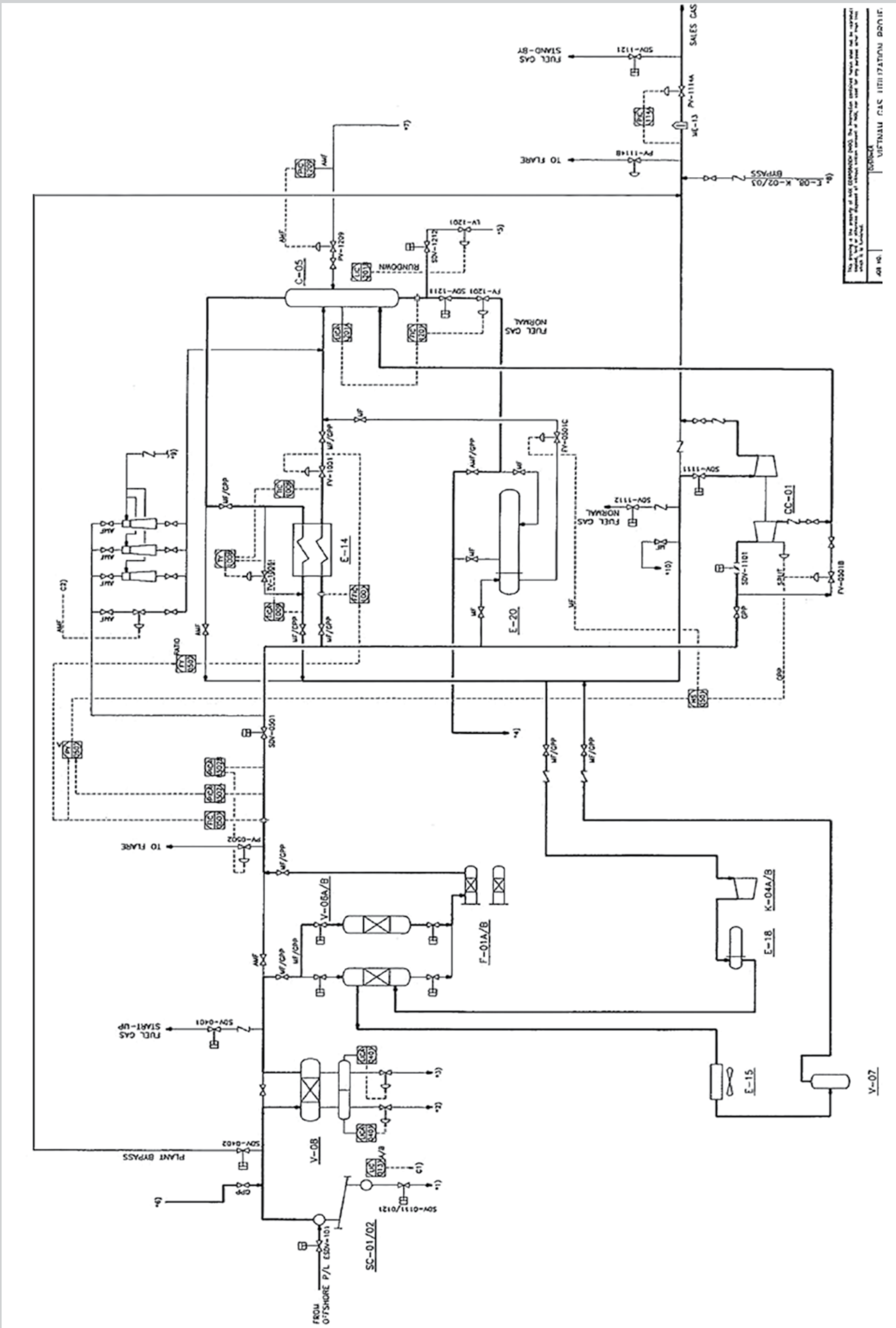
Trong thiết kế ban đầu, tư vấn SNC/Lavalin đề xuất sử dụng công nghệ giãn nở Joule-Thomson kết hợp làm lạnh bằng propane. Tuy nhiên, việc sử dụng đơn lẻ công nghệ JT có hạn chế như sau:

- Hiệu suất nhiệt động lực học thấp.
- Chỉ làm lạnh đến -45°C và hiệu suất thu hồi propane khoảng 67,6%, không tối ưu cho khí giàu hydrocarbon nặng.
- Độ giảm áp qua van JT khống chế lưu lượng, hoặc nhiệt độ không đủ sâu khi lưu lượng khí cao.

Qua đánh giá các yếu tố kỹ thuật, hiệu suất thu hồi, chi phí đầu tư (tổng chi phí đầu tư của toàn bộ chuỗi dự án không tăng so với phê duyệt ban đầu), chi phí vận hành, cũng như xu hướng công nghệ quốc tế, tổ hợp công nghệ turbine giãn nở kết hợp van JT được lựa chọn do các ưu điểm sau:

- Làm lạnh sâu hơn: giúp ngưng tụ tối đa cấu tử C_{3+}, C_{4+} và condensate, nâng hiệu suất thu hồi C_3 trung bình lên 82,5 - 85% (so với 68% ở hệ thống chỉ áp dụng công nghệ JT).
- Tận dụng năng lượng: phần công sinh ra từ TE được sử dụng để hỗ trợ nén dòng khí đầu ra hoặc cấp cho thiết bị khác, tiết kiệm chi phí vận hành.
- Vận hành linh hoạt: Hệ thống có thể chuyển đổi giữa 2 chế độ vận hành (TE và JT song song) để thích ứng khi lưu lượng hoặc thành phần khí đầu vào thay đổi.
- Tối ưu hóa thông số làm lạnh: Áp suất sau cụm làm lạnh được giảm xuống thấp đến 37 barg, nhiệt độ đạt đến -70°C (so với 47 barg và -45°C của JT). Tận dụng công sinh ra của TE để nén khí thương phẩm (sales gas) cấp cho các hộ tiêu thụ, tiết giảm chi phí đầu tư thiết bị và có không gian mở rộng về sau.

Việc lựa chọn tổ hợp TE-JT không chỉ dựa trên cơ sở lý thuyết mà còn được kiểm chứng bằng hiệu quả thực tế



Hình 10. Sơ đồ công nghệ của Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố sau khi điều chỉnh.

Bảng 2. *Tổng hợp sản lượng LPG gia tăng do công nghệ TE-JT so với công nghệ JT đơn lẻ*

Năm	LPG trong khí ẩm đầu vào (nghìn tấn/năm)	Hiệu suất thu hồi LPG - Áp dụng TE-JT (%)	Sản lượng LPG - Áp dụng TE-JT (nghìn tấn/năm)	Hiệu suất thu hồi LPG - Áp dụng JT (%)	Sản lượng LPG - Áp dụng JT (nghìn tấn/năm)	Sản lượng LPG gia tăng - Áp dụng TE-JT (nghìn tấn/năm)	Ghi chú
1999	177,00	89	158,27	82	145,14	13,13	
2000	299,79	89	268,07	82	245,83	22,24	
2001	333,00	89	297,77	82	273,07	24,70	
2002	390,36	89	349,05	82	320,09	28,96	Đưa trạm nén đầu vào K-1011 vào vận hành
2003	469,29	81	380,13	74	345,31	34,82	
2004	451,00	81	365,31	74	331,85	33,46	
2005	421,68	81	341,56	74	310,27	31,28	
2006	428,05	81	346,72	74	314,97	31,76	
2007	348,67	81	282,43	74	256,56	25,87	
2008	318,90	81	258,31	74	234,65	23,66	
2009	315,21	81	255,32	74	231,93	23,38	
2010	296,63	81	240,27	74	218,27	22,01	
2011	302,73	81	245,21	74	222,75	22,46	
2012	329,27	81	266,71	74	242,28	24,43	
2013	369,35	81	299,17	74	271,77	27,40	
2014	374,54	81	303,38	74	275,59	27,79	
2015	331,55	87	288,45	80	263,85	24,60	
2016	359,47	87	311,01	79	284,34	26,67	
2017	333,86	88	293,25	80	268,48	24,77	Đưa dự án cấp bù khí ẩm NCS1 vào vận hành
2018	294,83	89	262,09	81	240,22	21,87	Đưa dự án nâng cao hiệu suất thu hồi vào vận hành
2019	247,03	91	223,71	83	205,38	18,33	
2020	269,96	89	240,20	82	220,17	20,03	Đưa dự án NCS2 giai đoạn 2 vào vận hành
2021	279,88	89	249,65	82	228,89	20,76	
2022	301,82	90	271,04	82	248,65	22,39	
2023	301,98	90	270,61	82	248,20	22,40	
2024	279,94	90	251,00	82	230,23	20,77	
Tổng LPG gia tăng khi áp dụng TE-JT so với chỉ áp dụng JT (nghìn tấn)						**640**	

tại Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố, đồng thời có thể xem như là mô hình tham chiếu cho các nhà máy chế biến khí khác trong hệ thống PV GAS và Petrovietnam.

4. Hiệu quả khi áp dụng công nghệ TE kết hợp với công nghệ JT

Việc triển khai công nghệ TE kết hợp giãn nở Joule-Thomson tại Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố là một bước tiến quan trọng trong quá trình hiện đại hóa công nghệ chế biến khí tại Việt Nam. Sự kết hợp này không chỉ nâng cao hiệu quả thu hồi hydrocarbon lỏng như LPG và condensate, mà còn cải thiện đáng kể hiệu suất năng lượng và tính ổn định vận hành toàn hệ thống.

Kết quả của việc áp dụng công nghệ TE-JT tại Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố cho thấy:

- Hiệu quả thu hồi vượt trội: Hiệu suất tách propane tăng đáng kể từ 68% lên 85%, giúp gia tăng thu hồi khoảng 640 nghìn tấn LPG (Bảng 2) so với khi chỉ áp dụng công nghệ JT.

- Vận hành an toàn và linh hoạt: Hệ thống vận hành an toàn, ổn định và đáp ứng tốt với các biến động áp suất, lưu lượng và thành phần khí đầu vào.

- Làm chủ công nghệ: Việc triển khai thành công tổ hợp TE - JT tại Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố đã chứng minh năng lực làm chủ công nghệ của đội ngũ kỹ thuật Việt Nam trong lĩnh vực chế biến khí sâu.

- Tính khả thi và khả năng nhân rộng: Mô hình công nghệ TE-JT tại Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố được đánh giá khả thi về mặt kỹ thuật, hiệu quả vận hành và độ tin cậy cao. Đây là mô hình phù hợp với điều kiện khai thác khí tại Việt Nam và có thể nhân rộng cho các nhà máy xử lý khí khác như Nhà máy Xử lý khí Cà Mau hoặc trong các tuyến khí có điều kiện tương tự thuộc cụm khí Nam Côn Sơn và khu vực Tây Nam Bộ.

- Nâng cao chuỗi giá trị khí: Việc tiêu chuẩn hóa mô hình này không chỉ góp phần nâng cao giá trị sử dụng khí đồng hành mà còn gia tăng hiệu quả kinh tế cho toàn bộ chuỗi giá trị khí của Petrovietnam và PV GAS.

5. Kết luận

Việc ứng dụng công nghệ turbine giãn nở kết hợp van Joule-Thomson tại Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố đã mang lại hiệu quả rõ rệt về mặt kỹ thuật và kinh tế. Giải pháp này cho phép làm lạnh sâu, nâng cao hiệu suất thu hồi các cấu tử có giá trị cao như LPG và condensate, đồng thời đảm bảo hệ thống vận hành an toàn, ổn định và linh hoạt trước biến động của điều kiện công nghệ và nguồn khí.

Sự kết hợp turbine giãn nở với van Joule-Thomson là một bước tiến quan trọng trong hiện đại hóa công nghệ chế biến khí tại Việt Nam. Sự kết hợp này là một xu hướng công nghệ tối ưu hiện nay, giúp nâng cao hiệu suất năng lượng, giảm tổn thất và chi phí vận hành.

Thành công của Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố không chỉ nâng cao hiệu quả khai thác và sử dụng khí đồng hành từ mỏ Bạch Hổ mà còn đặt nền tảng kỹ thuật cho hệ thống công trình khí quốc gia. Đây là minh chứng rõ nét cho năng lực làm chủ công nghệ của ngành công nghiệp khí Việt Nam trong tiến trình hội nhập và phát triển bền vững.

Tài liệu tham khảo

[1] John M. Campbell, *Gas conditioning and processing*. Campbell Petroleum Series, 2014.

[2] Richard N. Pitman, Hank M. Hudson, John D. Wilkinson, and Kyle T. Cuellar, "Next generation processes for NGL/LPG recovery", *77th Annual Convention of the Gas Processors Association, 16 March 1998*.

[3] A. Guerrero, *"Turbo-Expander training"*, Atlas Copco Mafi-Trench Co. LLC, 2017.

[4] B. Linnhoff and D.R. Vredeveld, "Pinch technology has come of age", *Chemical Engineering Progress*, Volume 80, Issue 7, pp. 33 - 40, 1984.

[5] B. Linnhoff, and E. Hindmarsh, "The pinch design method for heat exchanger networks", *Chemical Engineering Science*, Volume 38, Issue 5, pp. 745 - 763, 1983. DOI: 10.1016/0009-2509(83)80185-7.

[6] B. Linnhoff and S. Ahmad, "Cost optimum heat exchanger networks", *Computers & Chemical Engineering*, Volume 14, pp. 729 - 767, 1990.

[7] M. Shamsi, A.A. Obaid, M. Vaziri, S. Mousavian, A. Hekmatian, and M. Bonyadi, "A comprehensive comparison of the turbo-expander, Joule-Thomson, and combination of mechanical refrigeration and JT processes for natural gas liquids production", *Energy*, Volume 295, pp. 131032, 2024. DOI: 10.1016/j.energy.2024.131032.

[8] Isidro Alejandro Argueta Flores, Ana Paula Meneguelo, Cintia Marangoni, Yuri Nascimento Nariyoshi, and Marcelo Silveira Bacelos, "Exergy and exergoeconomic analysis of the gas subcooled process for the Brazilian market", *ACS Omega*, Volume 10, Issue 26, pp. 28092 - 28111, 2025. DOI: 10.1021/acsomega.5c02484.

[9] Yasna Pourmohammad, "Utilization of Turbo-Expander to generate power in natural gas extraction process", *Journal of Petroleum Science and Technology*, Volume 11, Issue 1, pp. 29 - 34, 2021. DOI:10.22078/jpst.2021.4161.1673.

[10] Ahmed Abd El-Kader Bhran, Mohamed Hassan Hassanean, and Mohamed Galal M.Helal, "Maximization of natural gas liquids production from an existing gas plant", *Egyptian Journal of Petroleum*, Volume 25, Issue 3, pp. 333 - 341, 2016. DOI: 10.1016/j.ejpe.2015.08.003.

A TECHNOLOGICAL SOLUTION COMBINING TURBO EXPANDER AND JOULE-THOMSON VALVE TO ENHANCE LPG RECOVERY EFFICIENCY AT THE DINH CO GAS PROCESSING PLANT

Phan Tan Hau, Bui Cong Hung, Tran Dang San, Vo Phong Hai Bang, Bui Thanh Dung
Petrovietnam Gas Joint Stock Corporation (PV GAS)
Email: hung.bui2@ncsp.com.vn

Summary

This paper presents the application of a low-temperature hydrocarbon recovery system that combines a turbo expander (TE) with a Joule-Thomson (JT) valve at the Dinh Co Gas Processing Plant. This is an advanced cryogenic cooling technology, widely applied in modern natural gas processing plants, LNG complexes, and petrochemical facilities that require high liquid recovery efficiency.

The implementation at Dinh Co Gas Processing Plant demonstrates that the combined TE-JT system achieves significantly deeper gas cooling compared to the JT valve-only configuration. As a result, propane (C_3) recovery efficiency has consistently exceeded 85%, contributing to improved economic performance of the plant. The hybrid TE-JT solution not only proves its high practicality amid the volatility of energy and LPG markets but also represents a substantial advancement in the modernization of Vietnam's gas processing technologies, aligning with global trends toward energy efficiency improvement and emission reduction.

Key words: Dinh Co Gas Processing Plant, Joule-Thomson effect, low temperature separation, turbo expander.