

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ PHÂN TÍCH SỐ LIỆU TRONG TỐI ƯU HIỆU QUẢ TÁCH CO₂ BẰNG MÀNG THẨM TRÊN GIÀN BR-E

Nguyễn Hải An, Trần Quốc Việt

Tổng công ty Thẩm dò Khai thác Dầu khí

Email: annh1@pvep.com.vn

Tóm tắt

Công tác phát triển và vận hành khai thác các mỏ khí có hàm lượng carbon dioxide (CO₂) cao hiện đang đặt ra thách thức mới cho các công ty điều hành khai thác dầu khí trên thế giới. Tách và loại bỏ khí acid khỏi dòng khí tự nhiên là quá trình xử lý không thể thiếu nhằm tăng chất lượng khí (tăng nhiệt trị) trước khi sử dụng. Công nghệ tách CO₂ bằng màng thẩm đã và đang được sử dụng hiệu quả trong các nhà máy xử lý khí tự nhiên, đặc biệt là để loại bỏ khí acid do có lợi thế so với các phương pháp khác về hiệu suất tách, tính gọn nhẹ và thân thiện với môi trường.

Hệ thống tách CO₂ trên giàn BR-E với công nghệ màng đã được sử dụng trên 10 năm. Thời gian tới sẽ đưa mỏ khí mới vào khai thác, đòi hỏi công suất xử lý khí ngày càng lớn (sản lượng 700 triệu ft³ tiêu chuẩn/ngày) và có hàm lượng CO₂ rất cao (trên 50%). Khi đó, hiệu suất tách của hệ thống màng hiện tại không đảm bảo thông số kinh tế và kỹ thuật.

Trong bài báo này, tác giả sử dụng mô hình phân tích dữ liệu kết hợp với mô hình mô phỏng quá trình xử lý khí (phần mềm chuyên dụng HYSYS) nhằm tối ưu hóa hiệu suất cũng như điều chỉnh cấu hình hệ thống để nghiên cứu độ nhạy tham số (hàm lượng CO₂) đối với lưu lượng khí thô khác nhau.

Từ khóa: Giàn BR-E, xử lý khí, công nghệ màng, cellulose acetate tách CO₂.

1. Giới thiệu

Hệ thống màng thẩm được thiết kế theo kiểu từng module với diện tích màng định sẵn, gắn trên các giá đỡ với kích thước được chuẩn hóa. Số lượng các module màng thẩm phụ thuộc vào lưu lượng dòng khí cung cấp cũng như tiêu chuẩn lượng CO₂ theo yêu cầu trong khí xuất. Nếu diện tích màng được cố định, sự gia tăng lưu lượng khí đầu vào sẽ dẫn đến sự gia tăng CO₂ trong khí thương phẩm.

Trong suốt thời gian làm việc của màng, các thông số hoạt động của hệ thống liên tục điều chỉnh do đặc tính của màng (độ chọn lọc và tính thẩm) thay đổi. Để hệ thống luôn đạt được các thông số kỹ thuật cần thiết, thiết kế của màng tách thường được đánh giá mức độ suy giảm hiệu suất tự nhiên (lão hóa màng).

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm đưa ra giải pháp hiệu chỉnh cấu hình và tối ưu thông số làm việc cho hệ

thống xử lý khí trên giàn BR-E khi lưu lượng khí khai thác và hàm lượng CO₂ tăng lên, nhưng vẫn phải đảm bảo yêu cầu chất lượng khí xuất và giảm thiểu hao hụt hydrocarbon.

2. Công nghệ tách CO₂ bằng màng thẩm

2.1. Khái quát chung về màng thẩm

Màng cellulose acetate (cellulose acetate - CA) [1] là dạng màng thẩm phổ biến nhất đang sử dụng trong quá trình làm ngọt khí. Gần đây, module tiên chế tổ hợp nhiều màng thẩm đóng khung sẵn với cấu trúc nhỏ gọn, trọng lượng nhẹ... được áp dụng có hiệu quả cao cho các công trình ngoài khơi. Quá trình tách đơn giản của màng thẩm có thể được mô tả dưới dạng sơ đồ như Hình 1.

Hiệu quả của quá trình tách phụ thuộc vào thành phần khí, vật liệu chế tạo màng và các điều kiện làm việc như lưu lượng đầu vào, nhiệt độ và chênh lệch áp suất. Phương trình tổng quan (phương trình 1) biểu diễn động học cho từng thành phần khí được xây dựng trên cơ sở định luật phân tán theo Adolf Fick [2], trong đó yếu tố động học là chênh lệch áp suất riêng phần qua chiều dày màng. Phương trình này là công cụ chính sử dụng trong

cả trường hợp đánh giá cũng như dự báo chính xác các thông số làm việc của màng thẩm khí.

$$\frac{q_{p,i}}{A_m} = \frac{q_{py,i}}{A_m} = J_i = \frac{P_i}{l} (p_h x_i - p_l y_i) \quad (1)$$

Trong đó:

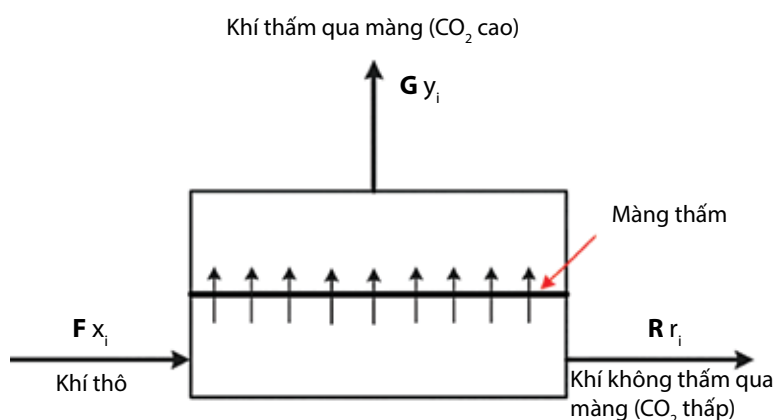
J ($\text{m}^3(\text{STP})/\text{m}^2\text{h}$): Hiệu suất dòng chảy của cấu tử gas i ;

q_p : Lưu lượng của cấu tử khí (i) thẩm qua màng ($\text{m}^3(\text{STP})/\text{h}$);

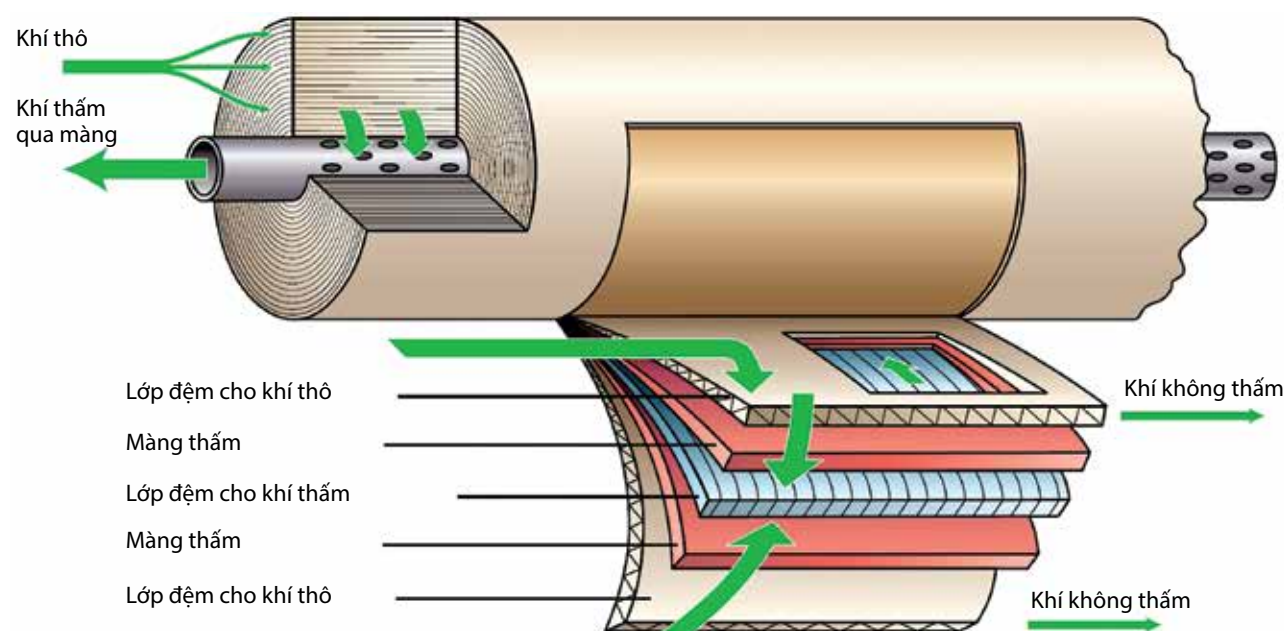
P_i : Độ thẩm của cấu tử khí i ($\text{m}^3(\text{STP})/\text{m}^2\text{hbar}$), p_h và p_l áp suất vào và ra của màng (bar), x_i và y_i hàm lượng của cấu tử khí i tại bề mặt trước và sau của màng;

A_m (m^2) diện tích cần thiết của màng cho quá trình thẩm. Độ thẩm (P) được tính toán theo phương trình 2.

$$P = D_{AB} \times S \quad (2)$$



Hình 1. Sơ đồ biểu diễn quá trình tách của màng thẩm



Hình 2. Thành phần cấu tạo màng thẩm [3]

Trong đó:

D_{AB} (m^2/s): Độ khuếch tán;

S ($\text{m}^3(\text{STP})/\text{m}^3\text{bar}$): Hệ số hòa tan của khí trong màng. Tỷ số độ thẩm giữa các đôi cấu tử khí (P_A, P_B) thể hiện hệ số tách hoặc độ lựa chọn của màng, $\alpha = P_A/P_B$.

2.2. Module màng thẩm

Để ứng dụng trong công nghiệp, các module màng được chế tạo từ các lá màng cellulose phối hợp với tấm vải cường lực [3, 4]. Lá màng gồm 2 phần: phần mỏng hơn ở bên ngoài cùng, phần dày hơn ở giữa và tiếp xúc trực tiếp với vải cường lực. Tổ hợp một hoặc nhiều lớp màng cuộn xoắn ốc bao quanh ống lõi đục lỗ sẵn và phân tách ra khỏi nhau bằng một miếng đệm chịu áp suất cao. Các lá màng được làm kín bằng một chất kết dính trên 3 cạnh; cạnh còn lại để hở nhằm tạo dòng chất lưu hướng vào ống lõi (Hình 2).

Khi đi qua các ống màng, khí thô được tách thành khí giàu methane áp suất cao (phần không thẩm qua màng) và dòng khí áp suất thấp với hàm lượng carbon dioxide cao (thẩm qua màng).

2.3. Các dạng cấu hình màng thẩm

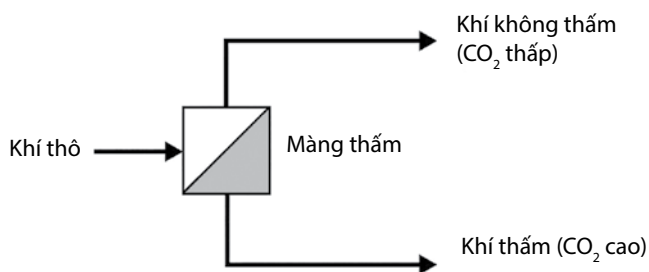
Cấu hình màng 1 cấp tách gồm một hoặc nhiều đơn vị thẩm thấu được lắp đặt trong khung và có chung đường dẫn khí thô vào. Do đơn giản nên cấu hình 1 cấp tách (Hình 3) có chi phí đầu tư thấp nhất.

Theo sơ đồ, khí tự nhiên thô được đưa vào hệ thống, CO₂ thẩm qua màng đến phía áp suất thấp. Trong khi đó, khí không thẩm qua màng sẽ có áp suất gần bằng áp suất đầu vào.

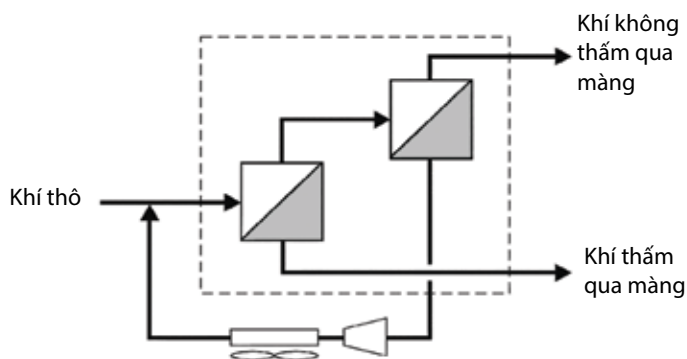
Thực tế ứng dụng trong công nghiệp [3], cấu hình này khó có thể đạt được chất lượng khí cao theo yêu cầu, đồng thời lượng hydrocarbon thẩm qua màng rất lớn. Cấu hình nhiều cấp tách được đề xuất nhằm khắc phục nhược điểm của cấu hình tách một cấp và đạt được chất lượng sản phẩm và tỷ lệ thu hồi mong muốn. Mặc dù cấu hình đa tầng làm giảm tổn thất hydrocarbon đến mức tối thiểu, tuy nhiên, các hệ thống lại có chi phí đầu tư cao hơn đáng kể. Hình 4 minh họa sơ đồ dòng của hệ thống màng với 2 cấp tách, với dòng thẩm của màng thứ 1 được đưa vào màng thứ 2. Do áp suất quá thấp nên dòng thẩm cần phải được nén tăng áp và làm mát. Dòng hồi lưu của cấp tách thứ 2 được đưa trở lại hòa cùng với dòng khí thô. Luồng khí không thẩm qua màng của cấp tách thứ 1 phải đảm bảo yêu cầu chất lượng của khí thương phẩm.

3. Hệ thống tách CO₂ trên giàn BR-E

Giàn tách BR-E được lắp đặt năm 2007 tại cụm mỏ PM3-CAA, cách khu công nghiệp khí Cà Mau khoảng 370km. Hệ



Hình 3. Sơ đồ đơn vị màng thẩm 1 cấp tách



Hình 4. Sơ đồ cấu hình tách 2 cấp

thống thiết bị trên giàn thực hiện chức năng tách CO₂ từ khí thô từ các giếng thuộc cụm mỏ phía Bắc và khí đồng hành từ các mỏ dầu ở phía Nam để xử lý xuất bán: 350 triệu ft³/ngày với tiêu chuẩn hàm lượng CO₂ dưới 8% tại điều kiện áp suất 101bar và ổn định 3.700 thùng condensate.

Khí thô được thu gom từ các giàn đầu giếng thông qua đường ống ngầm dưới biển và đưa ngay vào bình tách đứng 2 pha để tách khí và condensate. Khí sau khi tách sẽ được đưa vào tổ hợp lọc để tiếp tục loại bỏ triệt để chất lỏng, hơi ngưng tụ nhằm tránh giảm áp suất cho cả hệ thống. Tiếp theo đó, khí còn được xử lý sơ bộ bởi các lớp tái sinh hấp phụ nhiệt độ (TSA) để loại bỏ đồng thời hơi nước, các chất thơm và các tạp chất khác (thủy ngân).

Sau khi được làm nóng tới nhiệt độ cần thiết, khí sẽ đi vào hệ thống làm ngọt khí với tổ hợp 2 cấp màng tách nhằm giảm hàm lượng CO₂ theo yêu cầu. Tại đầu vào cấp tách thứ 1, dòng hồi lưu của cấp tách màng thứ 2 được đưa trở lại tạo thành luồng kết hợp với hàm lượng CO₂ lên tới 40 - 45% mol. Khí thương phẩm được xuất khỏi hệ thống từ đầu ra của cấp tách thứ 1 và được đưa qua máy nén nâng áp suất để đưa khí vào bờ.

Phần condensate được thu gom từ các bước xử lý và chuyển tới hệ thống loại bỏ hydrocarbon nhẹ cho đạt yêu cầu chất lượng trước khi được lưu trữ trong tàu chứa và xuất bán.

3.1. Thông số vận hành hệ thống tách CO₂

Trong quá trình làm việc, lưu lượng khí thô và hàm lượng CO₂ thay đổi liên tục (Hình 6 biểu diễn tham số trong vòng 2 năm), nên đòi hỏi phải điều chỉnh tham số của cả hệ thống nhằm có được khí thương phẩm theo yêu cầu. Thực tế cho thấy chất lượng khí luôn đảm bảo yêu cầu ngay cả khi dòng khí thô với hàm lượng CO₂ cao trên 40%. Tuy nhiên, lưu lượng khí (sau xử lý) thấp hơn đáng kể do phải điều chỉnh tăng lượng hao hụt khí hydrocarbon qua màng tách.

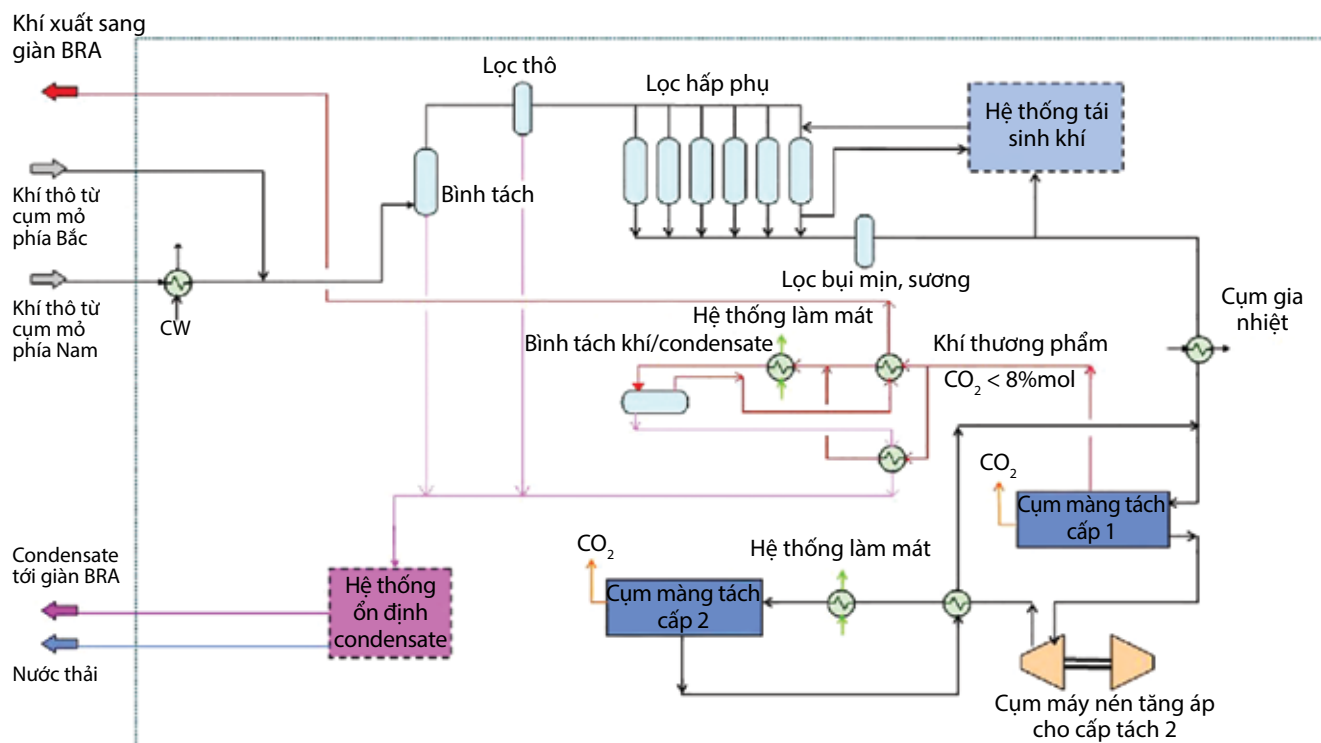
Hình 7 cho thấy tổng mức tách CO₂ của các hàm lượng thay đổi nhau theo lưu lượng khí thô được đưa vào hệ thống màng. Khái niệm “tổng mức tách” được định nghĩa là tỷ phần của lưu lượng khí thẩm qua toàn bộ hệ thống màng tách so với lưu lượng khí thô đầu vào.

Trong giai đoạn khảo sát, biểu hiện rõ ràng sự cần thiết phải điều chỉnh thông số hệ thống để có hiệu

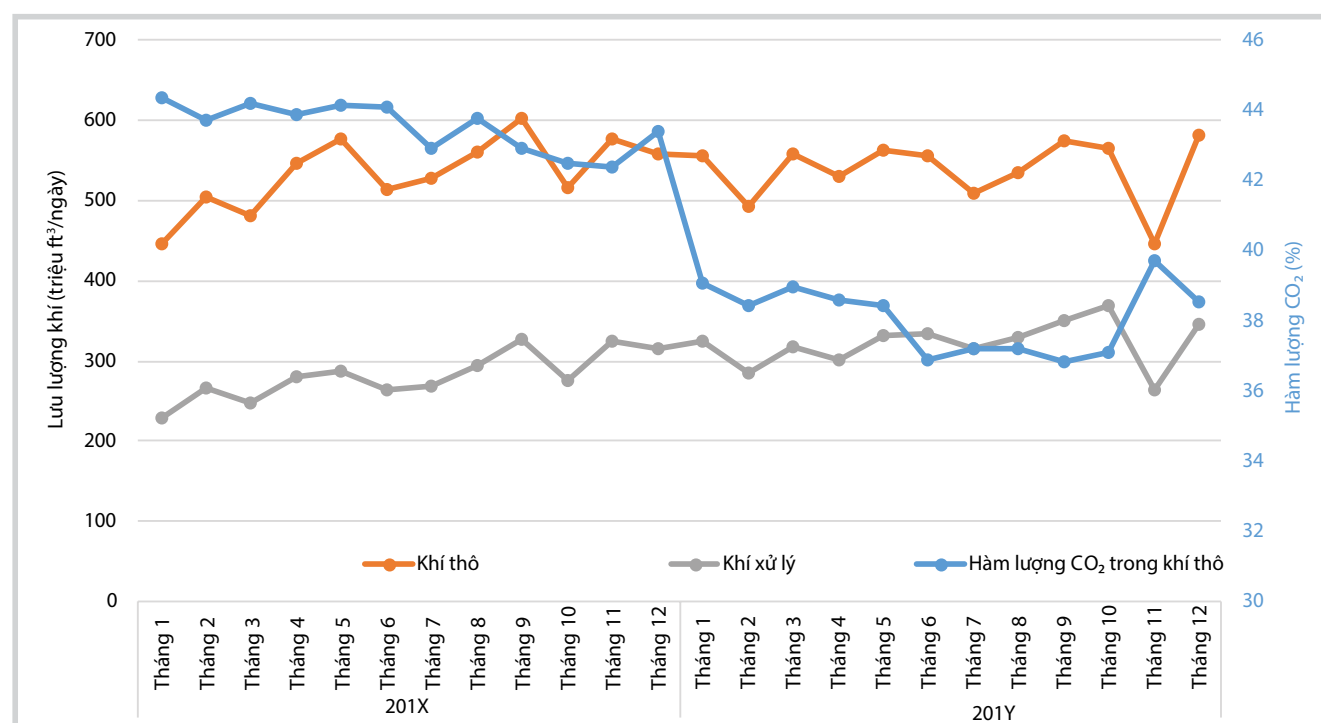
suất tách phù hợp với lưu lượng khí thô (giảm), nhất là đối với hàm lượng CO_2 cao. Cụ thể hơn, hàm lượng CO_2 trong khí thu gom từ các giàn đầu giếng thay đổi khoảng $\pm 5\%$ so với giá trị trung bình 40%, nhưng giá trị mức độ tách CO_2 có thể thay đổi tới 10%. Tương ứng với sự điều chỉnh này, hàm lượng CH_4 bị cuốn theo dòng thẩm qua màng

cũng sẽ bị ảnh hưởng, nhưng mức tách sẽ thấp hơn nhiều so với CO_2 do lượng CH_4 chiếm đa số trong tất cả dòng khí trong hệ thống.

Các thông số làm việc của hệ thống được phân tích theo hàm lượng CO_2 trong dòng khí thô (đầu vào) với giới hạn lớn hơn 40% và nhỏ hơn 40%. Số liệu hàm lượng CO_2



Hình 5. Sơ đồ thiết bị tách CO_2 và ổn định condensate trên giàn BR-E [5]

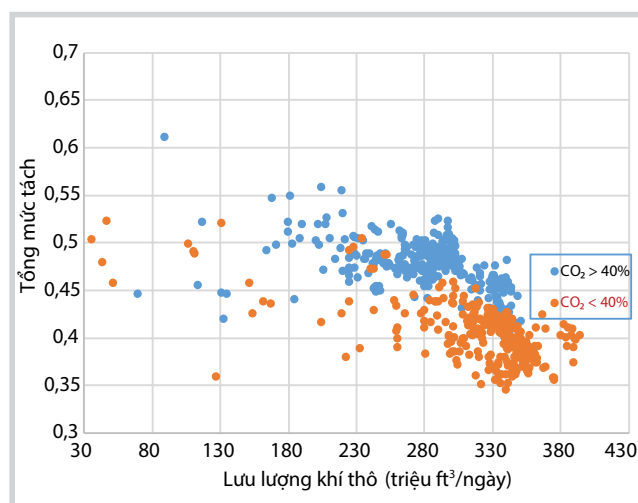


Hình 6. Thông số xử lý khí

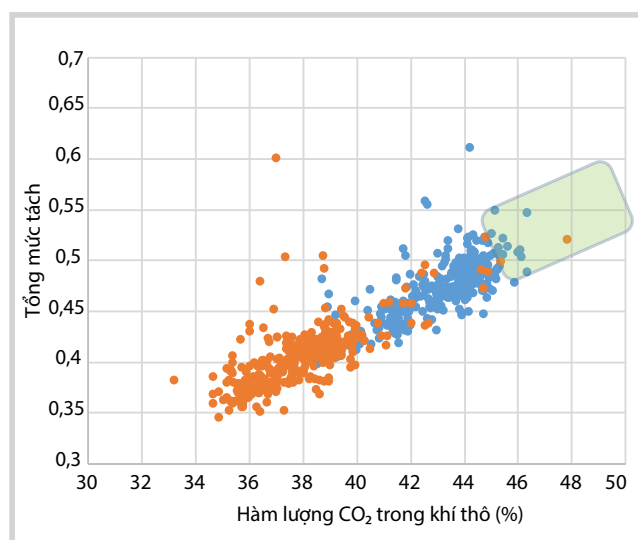
thu thập được hoàn toàn trong khoảng 35 - 45%, thấp hơn nhiều so với dự kiến đưa các vỉa/mỏ khác vào khai thác có hàm lượng CO_2 tới 50%. Do đó đặc trưng điều kiện thực tế ngoài khơi nên dữ liệu có tồn tại lượng nhỏ điểm nhiễu nên không ảnh hưởng đến kết quả phân tích.

Hình 8 cho thấy mối quan hệ phụ thuộc với lưu lượng dòng giảm khi tổng mức tách CO_2 tăng, tức là khi hàm lượng CO_2 trong khí thô tăng lên buộc phải tăng tổng mức tách hay tăng lưu lượng khí thẩm qua màng, dẫn tới tăng hao hụt hydrocarbon và giảm đáng kể lưu lượng khí thương phẩm. Ngoài ra, trong suốt thời gian theo dõi, không có hiện tượng hàm lượng CO_2 vượt quá 8% trong khí thương phẩm và không có biểu hiện của hiện tượng suy giảm chức năng (lão hóa) màng.

Các giá trị mức tách của hệ thống màng thường được điều chỉnh tương ứng theo lưu lượng khí thô và hàm lượng CO_2 . Trong Hình 8, hàm lượng CO_2 tăng lên vào khoảng



Hình 7. Tổng mức tách CO_2 đối với hệ thống màng trên giàn BR-E



Hình 8. Ảnh hưởng lưu lượng khí thương phẩm theo hàm lượng CO_2 trong khí thô

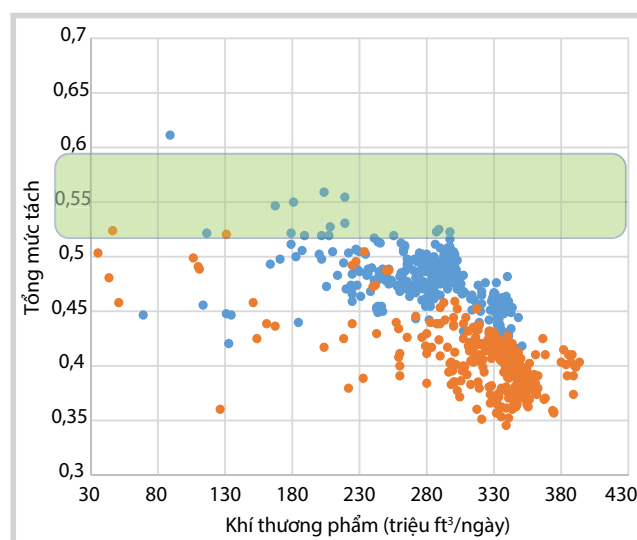
45 - 50% sẽ đòi hỏi hệ thống tăng giá trị tổng mức tách trong khoảng từ 0,5 - 0,6 đồng thời lưu lượng khí thương phẩm sẽ giảm chỉ còn khoảng 150 - 200 triệu ft^3 chuẩn/ngày. Tăng giá trị tổng mức tách CO_2 tức là phải tăng áp suất qua màng (làm tăng áp suất riêng phần) nên hệ quả là tăng lượng CH_4 thất thoát do thẩm qua màng.

3.2. Mô hình mô phỏng

Đánh giá và thiết kế hiệu suất của hệ thống màng tách thường phải sử dụng công cụ toán học để giải đồng thời hệ phương trình cân bằng vật chất. Đặc biệt đối với hệ thống đa cấp tách rất phức tạp mà bảng tính (Microsoft Excel) không đảm bảo tính chính xác cũng như thời gian tính toán. Do đó, việc sử dụng phần mềm mô phỏng quá trình xử lý với mô hình phù hợp đã được đề xuất nhằm đánh giá từng thông số và tối ưu hóa quá trình phức tạp của màng thẩm.

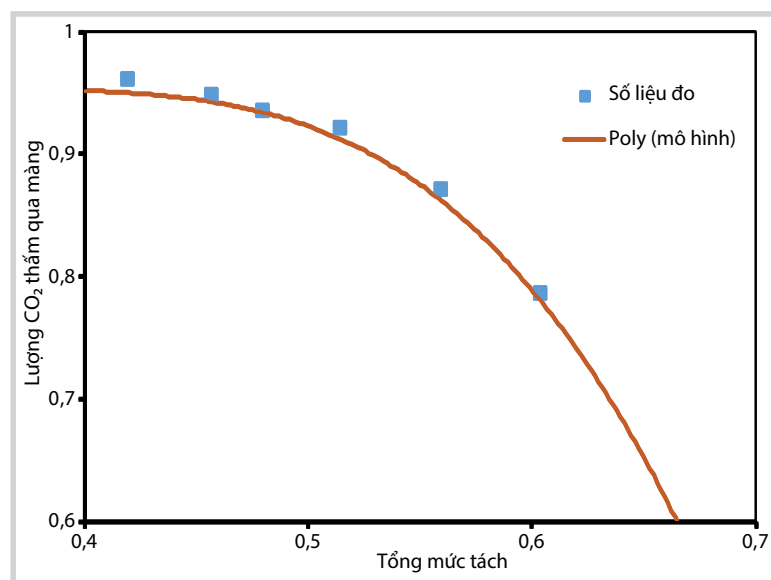
Về cơ bản, quá trình tách màng được mô hình hóa trên cơ chế khuếch tán chất lưu được biến đổi từ phương trình truyền khối của dòng chảy. Thực tế vận hành hệ thống tách CO_2 trên giàn BR-E đã khẳng định mức độ làm việc hiệu quả cao đúng với thiết kế trong thời gian dài. Thông số điều kiện biên cũng được cung cấp cho mô hình đối với cả trường hợp CO_2 thấp và cao (so với thiết kế). Để điều chỉnh cấu hình và thông số làm việc của hệ thống đáp ứng với lưu lượng và hàm lượng CO_2 cao hơn (tới 50%) trong khí thô, các thông số cần mô phỏng và kiểm chứng bởi mô hình xây dựng bởi phần mềm chuyên dụng HYSYS.

Mô hình mô phỏng được xây dựng nhất quán từ các dữ liệu và đặc tính tổ hợp của từng thiết bị trong hệ thống xử lý. Ngoài ra, mọi thông tin và kế hoạch hiệu chỉnh, sửa



chứa, thay đổi cũng phải được cập nhật vào mô hình. Để có thể sử dụng mô hình cho công tác dự báo hoặc tối ưu, dữ liệu lịch sử làm việc của hệ thống cần được mô phỏng lại và điều chỉnh thông tin hoặc điều kiện biên cho phù hợp. Do sẽ có các mô đưa vào khai thác mới, các trường hợp được xây dựng phải bao trùm đầy đủ khoảng thay đổi lưu lượng khí thô theo dự báo khai thác tổng thể cụm mỏ.

Tính chính xác của mô hình toán học và tính đúng đắn của các giải pháp ứng dụng cho hệ thống tách CO_2 trên giàn BR-E được đánh giá dựa trên dữ liệu đo đạc trực tiếp tại mỏ trong 2 năm. Dòng khí thô được đưa vào hệ thống tại áp suất 4.000kPag, áp suất đầu ra của dòng thẩm được thiết lập 210kPa. Các thông số làm việc của màng tách CO_2 được đo đạc và ghi lại cùng với sự thay đổi lưu lượng, tỷ lệ áp suất và chất lượng khí sau khi tách. Hình 9 biểu diễn độ phù hợp tốt giữa kết quả mô phỏng từ mô hình toán học và số liệu đo đạc trong dải điều chỉnh tổng mức tách toàn hệ thống.



Hình 9. Kiểm chứng mô hình toán với số liệu đo đạc

Bảng 1. Các thông số của hệ thống xử lý

Tham số	Đơn vị	Số liệu thực tế	Trường hợp CO_2 cao	Trường hợp CO_2 thấp
Khí thô (đầu vào)				
Lưu lượng	Triệu ft^3 chuẩn /ngày	650	750	630
Áp suất	kPag	4.000	4.000	4.000
Nhiệt độ	$^{\circ}\text{C}$	30	30	30
Hàm lượng CO_2	% mol	38 - 44	50	35
Khí thương phẩm				
Lưu lượng	Triệu ft^3 chuẩn /ngày	400	360	450
Áp suất (yêu cầu)	kPag	3.200	3.000	3.000
Nhiệt độ (cao nhất)	$^{\circ}\text{C}$	35	35	35
Hàm lượng CO_2	% mol	7,8 - 8	8	8
Khí xả (CO_2)				
Lưu lượng	Triệu ft^3 chuẩn /ngày	350	350	210
Áp suất (thấp nhất)	kPag	250	250	250
Chênh áp	kPa	800	800	800
Thu hồi hydrocarbon	%	87 - 92	90 - 95	93 - 98

4. Kết quả và thảo luận

Nghiên cứu đánh giá khả năng đáp ứng của hệ thống thiết bị hiện tại trong trường hợp hàm lượng CO_2 trong khí thô thay đổi từ 35 - 50%, xác định các yếu tố ảnh hưởng và đề xuất giải pháp tăng lưu lượng khí thương phẩm. Trong đó, lưu lượng tiềm năng tối đa qua hệ thống xử lý khí trên giàn BR-E được đánh giá trong cả 2 trường hợp vận hành tách CO_2 cao nhất và thấp nhất. Đồng thời, xem xét sửa đổi cấu hình thiết bị để tăng hiệu suất tách, giảm hao hụt hydrocarbon. Tuy vậy, các sửa đổi này chỉ tập trung vào các thiết bị tách CO_2 mà không xét đến các thiết bị khác trên giàn BR-E. Bảng 1 là các thông số của khí đầu vào và khí đầu ra của hệ thống xử lý (lưu lượng dòng chảy, áp suất, nhiệt độ và hàm lượng CO_2) với các trường hợp tính toán: hiện tại; CO_2 cao (50%) và CO_2 thấp (35%).

Ngoài ra, một số thông số của màng được giả định: độ chọn lọc màng được đánh giá trong dải từ 5 - 80 với độ dày của màng 1.000A $^{\circ}$ ($3,937 \times 10^{-6}$ in.); hàm lượng CO_2 trong khí thương phẩm đặt cố định 8%; áp suất đầu ra của khí không lớn hơn 3.000kPag; nhiệt độ đầu ra tối đa trong máy nén được giới hạn ở 35 $^{\circ}\text{C}$ với tỷ lệ nén 20 trên mỗi giai đoạn máy nén.

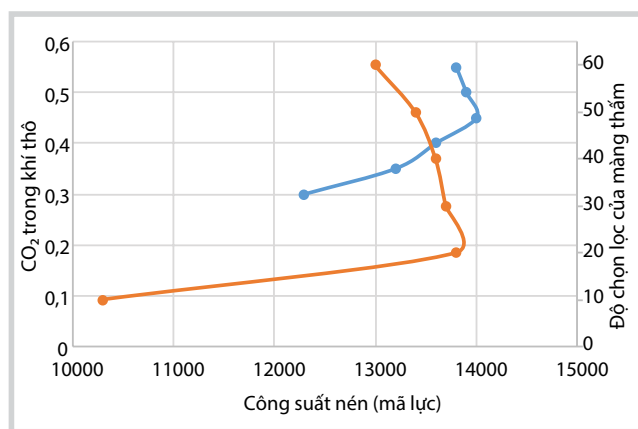
4.1. Công suất máy nén

Ảnh hưởng của thành phần khí thô, áp suất đầu vào và độ chọn lọc của màng đối với

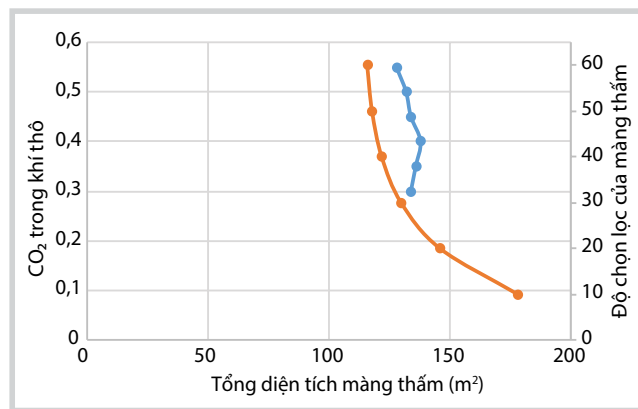
yêu cầu công suất máy nén đã được phân tích đánh giá với các điều kiện làm việc đảm bảo hỗ trợ cho hiệu suất màng tách tốt nhất.

Hình 10 cho thấy công suất máy nén tăng lên theo hàm lượng CO_2 trong khí thô cao. Tuy nhiên chỉ tăng đến điểm tối đa (phụ thuộc đặc tính của màng thẩm), sau đó hiệu suất tách không yêu cầu tăng công suất máy nén nữa.

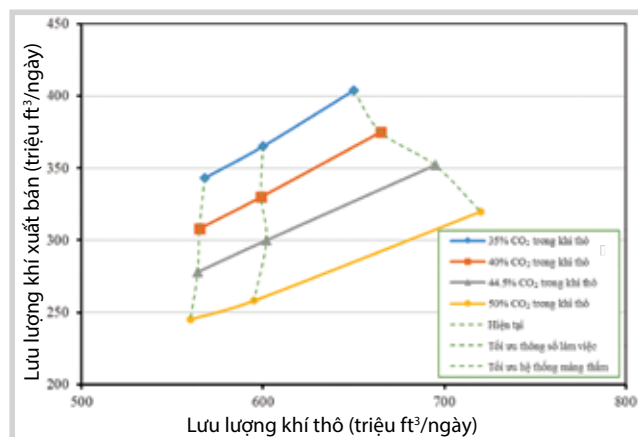
Độ chọn lọc của màng yêu cầu công suất máy nén phù hợp theo các dạng cấu hình cũng đã được phân tích đánh



Hình 10. Phân tích yêu cầu công suất máy nén



Hình 11. Phân tích tổng diện tích màng theo hàm lượng CO_2 trong khí thô



Hình 12. Hiệu quả tối ưu hệ thống và thông số làm việc của hệ thống màng tách

giá như trên Hình 10. Khi tăng độ chọn lọc của màng từ 10 lên đến 20, sẽ đòi hỏi công suất máy nén tăng vọt từ trên 10.500hp lên tới 14.000hp. Nhưng sau đó, khi tăng độ chọn lọc của màng trên 20 thì máy nén sẽ được giảm tải dần. Do vậy, tùy thuộc vào điều kiện tách CO_2 trong khí thô mà lựa chọn hợp lý độ chọn lọc cũng như điều kiện làm việc của màng thông qua việc tối ưu công suất máy nén.

4.2. Tổng diện tích màng thẩm

Hàm lượng CO_2 trong khí thô càng cao sẽ cần màng với diện tích lớn để tách nhằm đạt chất lượng yêu cầu khi sử dụng. Công nghệ và thiết bị tách CO_2 bằng màng thẩm thường có chi phí đầu tư ban đầu cao, đồng thời lượng thất thoát khí methane do cuốn theo khi tách cũng tương đối lớn, khó thu hồi. Do vậy, cấu hình tách 1 tầng song song không được áp dụng nhiều trong thực tế.

Hệ thống tách CO_2 trên giàn BR-E có 2 cấp tách nên tổng diện tích màng tách tối ưu được đánh giá trên cơ sở hàm lượng CO_2 trong khí thô (đầu vào). Theo số liệu trên Hình 11, tổng diện tích màng cần thiết chỉ tăng đến mức tối đa khi hàm lượng CO_2 đạt 40% trong dòng khí vào, sau đó yêu cầu diện tích màng sẽ giảm nếu hàm lượng CO_2 tiếp tục tăng lên. Mô hình mô phỏng còn cho thấy để thu hồi khí methane, yêu cầu diện tích màng ở cấp tách thứ 2 tương đối lớn, nhưng hiệu suất tách tốt hơn hẳn so với cấu hình 1 cấp tách. Hình 11 còn cho thấy ảnh hưởng của độ chọn lọc màng đối với tổng diện tích màng tại các cấu hình làm việc khác nhau. Khi tăng độ chọn lọc sẽ làm giảm tổng diện tích màng thẩm. Đặc biệt lưu ý sử dụng độ chọn lọc hợp lý cho từng cấp tách khi luồng khí tách ở cấp 2 được hòa trở lại dòng đầu vào.

Trong quá trình đo đạc thực tế tại mỏ, hàm lượng CO_2 và lưu lượng khí thô trong khoảng 35 - 45% và 650 triệu ft^3 chuẩn/ngày tương ứng, thấp hơn so với thông số được thiết kế tối ưu khi đưa mỏ mới vào khai thác. Do vậy dữ liệu đo đạc sẽ được dùng để ngoại suy cho phù hợp với điều kiện làm việc mới của hệ thống: hàm lượng CO_2 tăng lên đến 50% và lưu lượng khí thô đạt 750 triệu ft^3 chuẩn /ngày. Thông số mô hình hệ thống được điều chỉnh đạt đến giá trị tối ưu để cung cấp 400 triệu ft^3 chuẩn/ngày khí thương phẩm đảm bảo yêu cầu chất lượng khí dưới 8% CO_2 . Tuy nhiên hiệu suất thu hồi hydrocarbon của hệ thống chịu ảnh hưởng đáng kể khi buộc phải điều chỉnh giảm.

Cấu hình hệ thống tiếp tục được đánh giá bằng mô hình để hiệu chỉnh diện tích màng ở cả 2 cấp tách (sơ cấp và thứ cấp). Kết quả cho thấy mô hình cấu hình cần tăng

khoảng 30% diện tích màng để đạt được hiệu suất thu hồi hydrocarbon nhưng vẫn đảm bảo yêu cầu về chất lượng và lưu lượng khí thương phẩm.

5. Kết luận

Các dự án phát triển khai thác khí ngoài khơi thường rất đồ sộ, hiện đại và chi phí vận hành cao. Giàn BR-E tách CO₂ và xử lý khí cụm mỏ PM3-CAA ứng dụng công nghệ xử lý màng thẩm, đã được vận hành trên 10 năm và luôn đáp ứng các yêu cầu chất lượng khí xuất bán với hàm lượng CO₂ thấp hơn 8%.

Phân tích dữ liệu và mô hình toán học cho phép thực hiện mô phỏng quá trình tách, tối ưu hóa và đánh giá hiệu suất của hệ thống màng tách 2 giai đoạn phức tạp. Trong nghiên cứu này, module HYSYS được sử dụng để mô phỏng và sau đó đánh giá hiệu quả của quá trình tách bỏ CO₂, trong đó hàm lượng CO₂ trong khí thô đã giảm từ 35 - 50% mol xuống còn 8% mol. Kết quả cho thấy với cấu hình màng phù hợp, điều kiện nhiệt độ, áp suất tối ưu, đặc điểm kỹ thuật của khí bán đã được đáp ứng và các thách

thức khi vận hành, như lưu lượng dòng chảy cao hoặc tắc nghẽn đã được giảm thiểu. Ngoài ra, mô hình mô phỏng quá trình xử lý có tiềm năng ứng dụng cho nghiên cứu tối ưu hóa và thiết kế hệ thống màng tách phức tạp.

Tài liệu tham khảo

1. P.Bernardo, E.Drioli, G.Golemme. *Membrane gas separation: A review/state of the art*. Industrial & Engineering Chemistry Research. 2009; 48 (10): p. 4638 - 4663.
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Fick's_laws_of_diffusion
3. Honeywell Company. *UOP SeparexTM membrane technology*. UOP LLC. 2009.
4. David Dortmund, Mark Schott, Tom Cnop. *Sour gas processing applications using separex membrane technology*. UOP LLC. 2007.
5. *BR-E CO₂ removal process overview*. PVEP.

APPLICATION OF DATA ANALYSIS MODEL FOR CO₂ REMOVAL OPTIMISATION USING THE BR-E MEMBRANE SYSTEM

Nguyen Hai An, Tran Quoc Viet

Petrovietnam Exploration and Production Corporation

Email: annh1@pvep.com.vn

Summary

Development of offshore high carbon dioxide (CO₂) gas fields will indisputably pose new challenges for E&P companies in the world. Acid gas removal from natural gas is an indispensable treatment process that is required to boost the produced gas quality prior to its utilisation. The use of membrane units has increased in natural gas treatment plants, particularly for acid gas removal. Such technology shows tremendous advantages over other methods in terms of removal efficiency, compactness, and environmental friendliness.

BR-E CO₂ removal facility using membrane technology has been utilised for more than 10 years. As new gas fields require increasingly high gas volumes (production of more than 700 million standard cubic feet per day) and have very high CO₂ content (above 50%), existing membrane performance is no longer economical for such new field development.

In this paper, a data analysis model for membrane separation has been incorporated with HYSYS as a user defined unit operation in order to optimise performance and redesign the membrane system for CO₂ separation from natural gas. Parameter sensitivities have been studied for different crude gas flow and its CO₂ concentrations.

Key words: BR-E platform, gas treatment, membrane technology, cellulose acetate, CO₂ removal.