

## TINH CHỈNH VÀ TỐI ƯU CÁC THÔNG SỐ VẬN HÀNH PHÂN XỬNG PRU NHẪM TỐI ĐA THU HỒI SẢN PHẨM PROPYLENE TRONG ĐIỀU KIỆN PHÂN XỬNG VẬN HÀNH Ở CÔNG SUẤT CAO 110 - 115% THIẾT KẾ

**Hồ Quang Xuân Nhân<sup>1</sup>, Nguyễn Hoàng Trí<sup>2</sup>, Đặng Ngọc Đình Diệp<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Công ty CP Lọc hóa dầu Bình Sơn

<sup>2</sup>Tập đoàn Dầu khí Việt Nam

Email: nhanhqx@bsr.com.vn

### Tóm tắt

Dựa trên việc theo dõi, thống kê số liệu mất mát propylene tại Phân xưởng thu hồi propylene (Propylene Recovery Unit - PRU) của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất, Công ty CP Lọc hóa dầu Bình Sơn (BSR) đã đưa ra các giải pháp tinh chỉnh điều kiện vận hành hiệu quả kịp thời, giảm mất mát propylene trong điều kiện tính chất dầu thô đầu vào thay đổi, Phân xưởng PRU thường xuyên chạy quá tải 115% công suất. Kết quả của công trình đã giúp Nhà máy Lọc dầu Dung Quất giải quyết được vấn đề thiếu hụt nguồn propylene nguyên liệu cung cấp cho Phân xưởng Polypropylene (PP) sản xuất hạt nhựa polypropylene.

**Từ khóa:** Nhà máy Lọc dầu Dung Quất, tối ưu thông số vận hành, propylene, polypropylene.

### 1. Giới thiệu

Propylene là sản phẩm có giá trị cao, mang lại lợi nhuận lớn cho BSR. Phân xưởng PRU thường xuyên chạy công suất cao hơn thiết kế (~110 - 115%) và tính chất dầu thô đầu vào không ổn định làm quá tải tháp Propane/Propylene Splitter dẫn đến giảm hiệu suất thu hồi propylene rõ rệt (theo thiết kế hiệu suất thu hồi đạt 95,6% tại 100% công suất). Bên cạnh đó, việc mất mát lớn qua các đường xả khí đốt, xăng nhẹ sản phẩm và khí dầu mỏ hóa lỏng sản phẩm khi các tháp tách vận hành không ổn định, các thông số vận hành chưa tối ưu làm giảm đáng kể sản lượng propylene cấp cho Phân xưởng PP. Từ đó, nhóm tác giả đã nghiên cứu quy luật và tối ưu hóa thông số vận hành nhằm tăng thu hồi propylene.

### 2. Giải pháp tinh chỉnh và tối ưu các thông số vận hành Phân xưởng PRU

Sau khi khảo sát đánh giá toàn diện bằng cách thu thập, so sánh số liệu để tìm ra điều kiện vận hành tối ưu, giải pháp "Tinh chỉnh và tối ưu các thông số vận hành Phân xưởng PRU nhằm tối đa thu hồi sản phẩm propylene trong điều kiện phân xưởng vận hành ở công suất cao 110

- 115% thiết kế" đã được đưa vào áp dụng cuối năm 2017. Thực tế đây là quá trình phân tách vật lý, hiệu quả phân tách thu hồi propylene ngoài cấu hình hiện hữu còn phụ thuộc vào điều kiện vận hành (áp suất, nhiệt độ, dòng hồi lưu) và tính chất nguyên liệu. Giải pháp này đã nâng cao hiệu quả thu hồi propylene, góp phần giúp Phân xưởng PP hoàn thành chỉ tiêu kế hoạch đề ra mà không cần mua propylene từ bên ngoài.

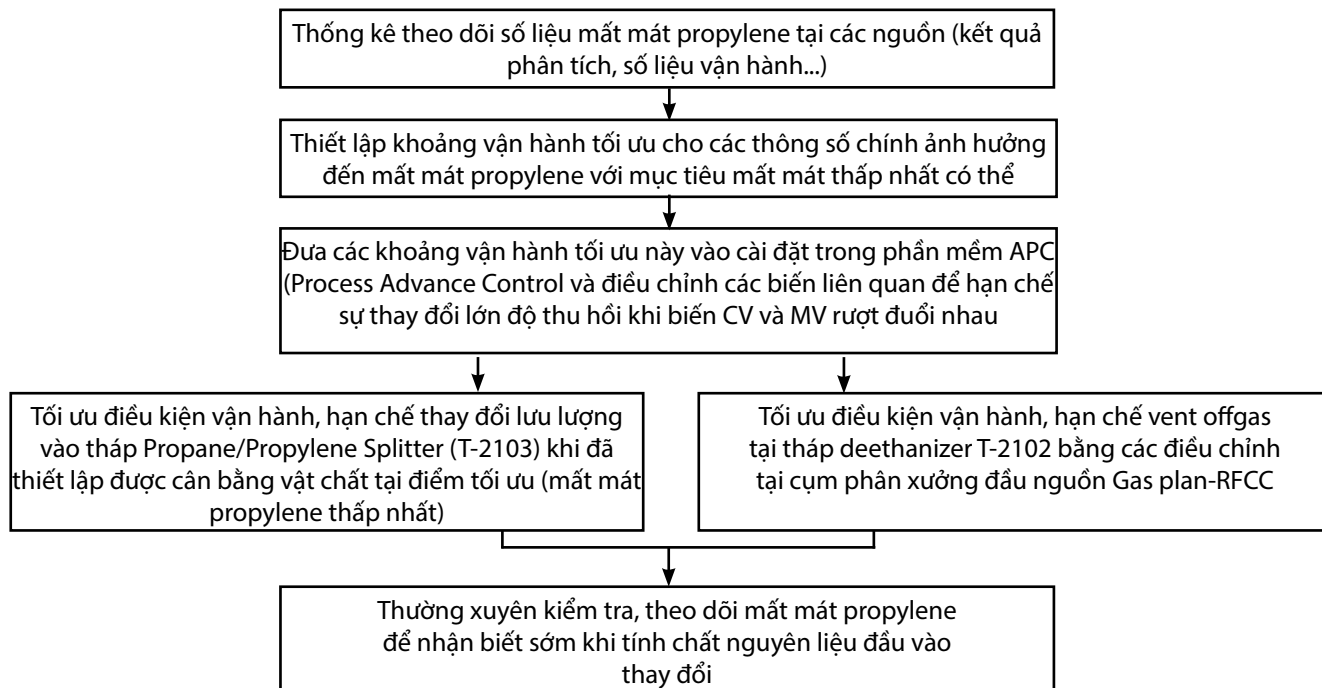
#### 2.1. Các yếu tố chính ảnh hưởng đến sản lượng và hiệu suất thu hồi propylene tại Phân xưởng PRU

- Hàm lượng propylene trong nguyên liệu Phân xưởng PRU;
- Công suất Phân xưởng PRU;
- Mất mát qua các đường xả khí đốt, xăng nhẹ sản phẩm và khí dầu mỏ hóa lỏng sản phẩm.

##### 2.1.1. Hàm lượng propylene % trong nguyên liệu Phân xưởng PRU

Số liệu thống kê cho thấy hàm lượng propylene trong nguyên liệu càng cao, sản lượng propylene càng lớn và mất mát propylene cũng lớn dẫn đến hiệu suất thu hồi ít thay đổi. Hàm lượng này bị ảnh hưởng bởi tính chất nguyên liệu, hoạt tính xúc tác và các điều kiện vận hành phân xưởng đầu nguồn - upstream (RFCC, GP).

Quá trình thực hiện (sơ đồ khối)

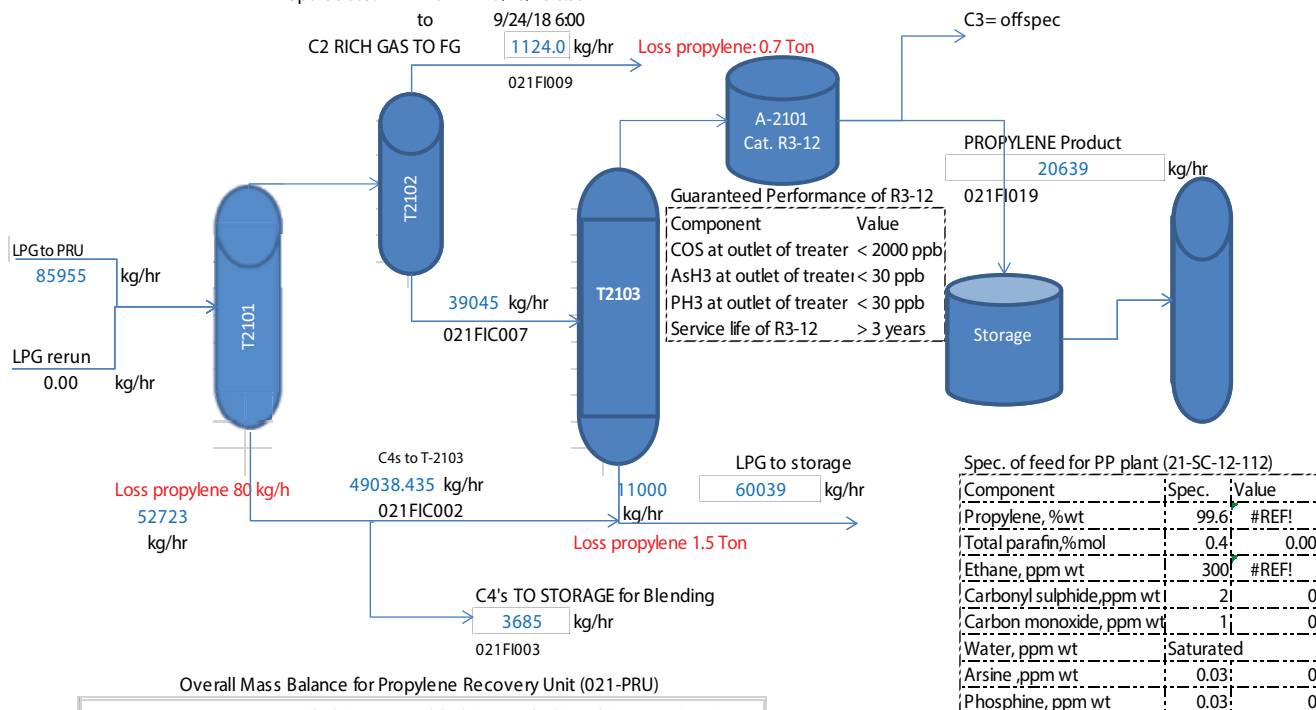


**BINH SON REFINING AND PETROCHEMICAL COMPANY**

**TECHNICAL DEPARTMENT**

Overall mass balance Unit 021 - PRU

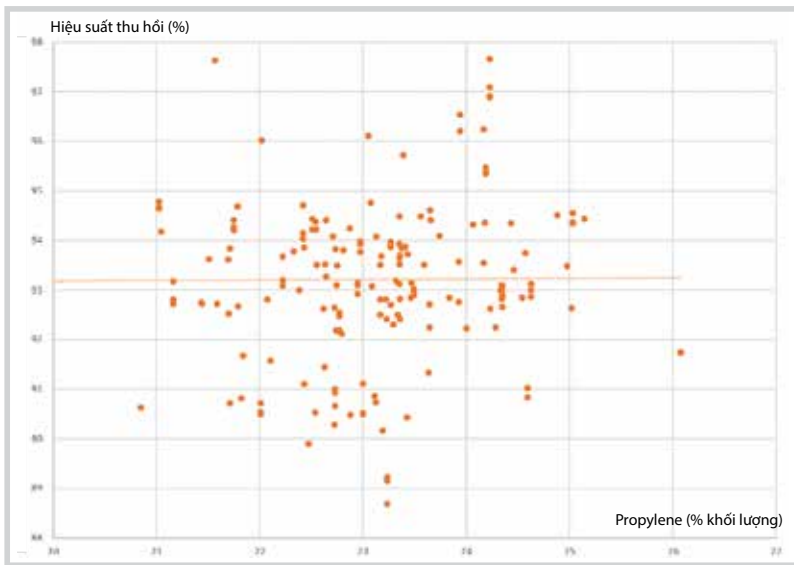
Report Date: from 9/23/18 6:00 to 9/24/18 6:00



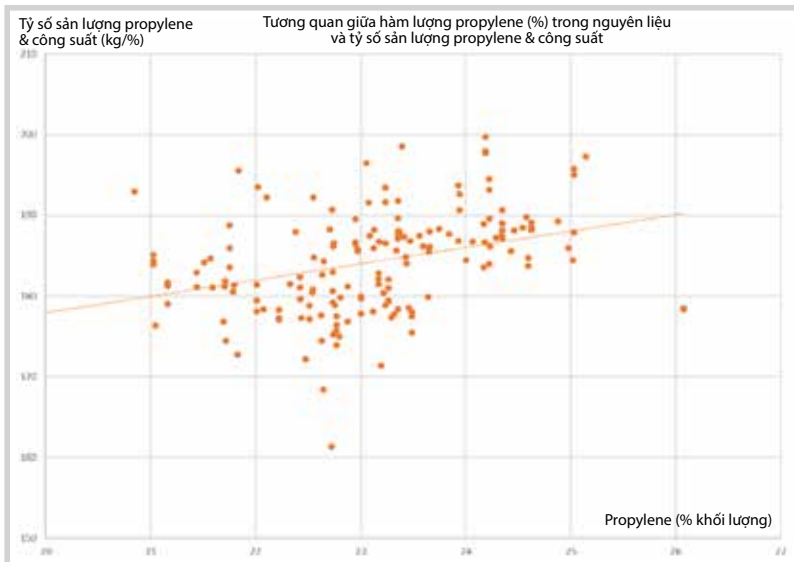
Overall Mass Balance for Propylene Recovery Unit (021-PRU)

Description	Design (kg/hr)	Actual (kg/hr)	Std Vol (Sm3/hr)	(BPSD)
1. LPG from LTU	77240	85955	154	23213
2. C4's TO STORAGE	16827	3685	6	936
3. C2 RICH GAS TO FG	828	1124	-	-
4. LPG to storage	39972	60039	105	15816
5. PRPLN Product	19580	20639	40	5969
PRU Recovery, mole %	95.6	94.1	-	-
Accuracy, wt %	100	99	-	-

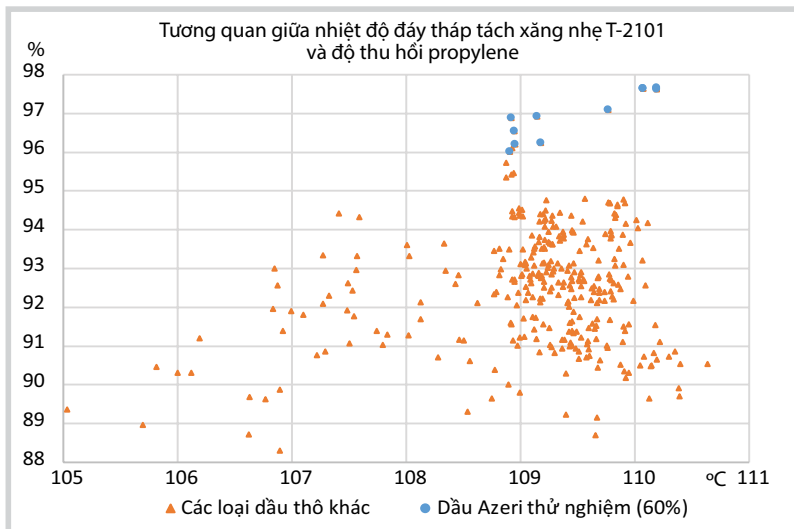
Hình 1. Sơ đồ công nghệ và cân bằng vật chất Phân xưởng PRU và các nguồn mất mát propylene



Hình 2. Biểu đồ tương quan giữa hàm lượng propylene % trong nguyên liệu và hiệu suất thu hồi



Hình 3. Biểu đồ tương quan giữa hàm lượng propylene (%) trong nguyên liệu và sản lượng propylene



Hình 4. Biểu đồ so sánh hiệu suất thu hồi liên quan tính chất của nguyên liệu (dầu Azeri và các dầu thô khác)

### 2.1.2. Công suất Phân xưởng PRU

Công suất Phân xưởng PRU là yếu tố ảnh hưởng rõ rệt nhất đến sản lượng và hiệu suất thu hồi propylene, công suất càng cao sản lượng propylene càng nhiều, tuy nhiên hiệu suất thu hồi giảm mạnh. Phân xưởng PRU thường xuyên chạy công suất cao hơn thiết kế (~110%) làm quá tải tháp Propane/Propylene Splitter dẫn đến giảm hiệu suất thu hồi. Hiệu suất thu hồi thiết kế 95,6% ở công suất 100%, thực tế hiệu suất thu hồi trung bình thống kê được trước khi tinh chỉnh chỉ đạt khoảng 93%. Thống kê cho thấy sự sụt giảm rõ rệt hiệu suất thu hồi khi vận hành Phân xưởng PRU tại 110% công suất trở lên (Hình 5 và 6).

### 2.1.3. Giảm thiểu mất mát qua các đường xả khí đốt, xả nhẹ sản phẩm và khí dầu mỏ hóa lỏng sản phẩm

Thực hiện giải pháp tối ưu, giảm mất mát propylene qua các đường xả khí đốt, xả nhẹ sản phẩm và khí dầu mỏ hóa lỏng sản phẩm. Khác với hai nguyên nhân đầu tiên vốn phụ thuộc cấu hình hiện hữu và các yếu tố khách quan, việc mất mát propylene có thể hạn chế bằng cách phối hợp APC (Advance Process Control) tinh chỉnh điều kiện vận hành như:

- Giữ nhiệt độ đáy T-2101 ( $C_3/C_4$  + Splitter) khoảng 109,7 - 110,1°C (Hình 7). Nhìn trên biểu đồ Hình 7 cho thấy tại khu vực có nhiệt độ 109,7 - 110,1°C là khoảng nhiệt độ tối ưu đảm bảo lượng  $C_3$  kéo theo dòng xả nhẹ sản phẩm là thấp nhất.

- Ổn định dòng nguyên liệu vào tháp tách propane/propylene T-2103 (Propane Propylene Splitter), do quá tải nên dao động lưu lượng dòng nguyên liệu vào tháp T-2103 ảnh hưởng lớn đến hiệu suất thu hồi. Trong tháng 12/2017, BSR đã tiến hành giữ lưu lượng dòng nguyên liệu vào tháp không đổi và kết quả là hiệu suất thu hồi tăng, sản lượng propylene được cải thiện. Biểu đồ Hình 8 cho thấy tháng 12/2017, hiệu suất thu hồi là cao nhất ứng với thời điểm giữ ổn định dòng nguyên liệu vào

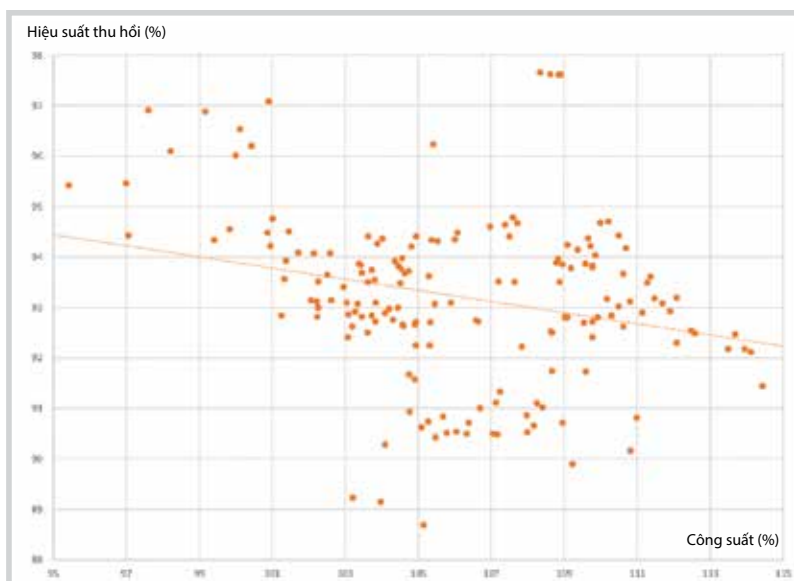
tháp tách propane/propylene T-2103.

- Đưa độ nhiễm bẩn cho phép (hàm lượng propane trong dòng propylene sản phẩm) cài đặt trong bộ điều khiển APC từ 0,470% lên 0,475% và thực hiện điều chỉnh MV (Manipulate Variable) để hạn chế sự thay đổi lớn hiệu suất thu hồi, sản lượng propylene tại tháp T-2103 khi biến CV (Control Variable) và các MV tự điều chỉnh, tiệm cận với nhau. Mục đích là vẫn đảm bảo chất lượng, độ tinh khiết sản phẩm propylene trong khi giữ được nhiệt độ đáy T-2103 khoảng 31,7 - 32,2°C, là giá trị nhiệt độ tối ưu nhằm duy trì hàm lượng propylene mất mát nhỏ hơn 2,8% ở mẫu sản phẩm 021-SC-12-110:

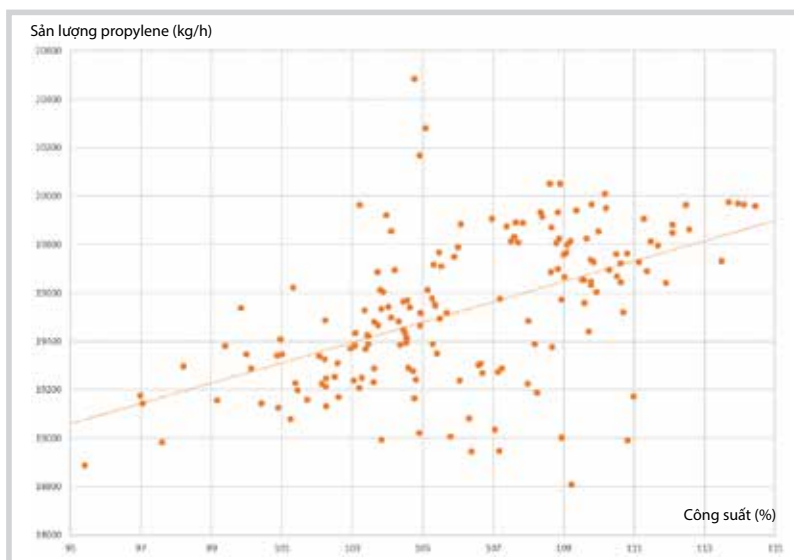
APC là bộ điều khiển đa biến nâng cao trong đó CV (độ tinh khiết - Purity) sẽ điều khiển các MV6 (dòng reflux), MV7 (dòng reboiler), MV8 (áp suất T-2103). Đối với những MVs này phải cài đặt giới hạn thấp nhất - min và cao nhất - max theo giá trị thiết kế để MV chạy trong khoảng đó khi CV yêu cầu đáp ứng.

Trong trường hợp nếu APC cài đặt độ nhiễm bẩn cho phép là 0,470% như yêu cầu (nhằm đảm bảo sản phẩm propylene đạt chất lượng), theo dõi cho thấy nếu để APC tự chạy thì khi so sánh với kết quả đo độ nhiễm bẩn từ bộ phân tích online, độ nhiễm bẩn đạt giá trị CV = 0,470%, APC sẽ không yêu cầu tăng MV7 nhằm tăng thu hồi propylene dẫn đến mất mát theo đường LPG rd vẫn cao.

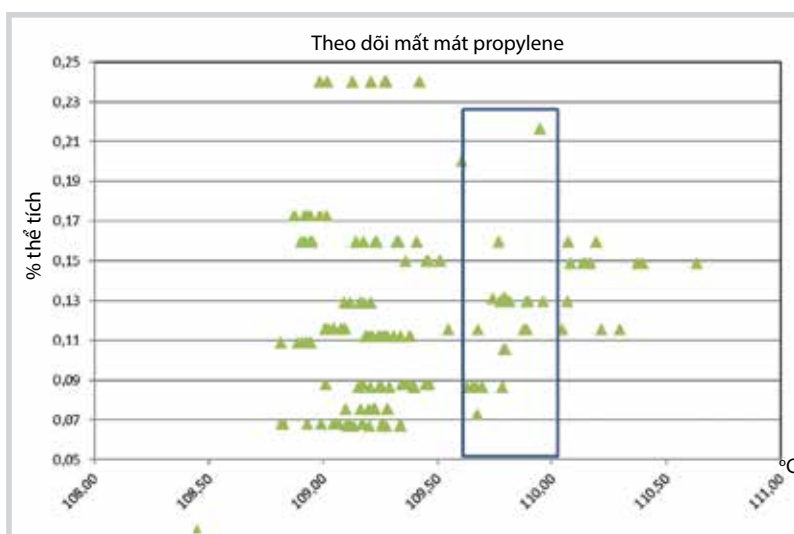
Khi thực hiện điều chỉnh tăng CV từ 0,470% lên 0,475% (sản phẩm propylene vẫn đáp ứng chất lượng nguyên liệu cung cấp cho Phân xưởng PP do độ tăng rất ít), APC sẽ so sánh với kết quả đo độ nhiễm bẩn từ bộ phân tích online, khi thấy độ nhiễm bẩn nhỏ hơn giá trị CV = 0,475%, APC sẽ yêu cầu tăng MV và khi bị vượt giới hạn - overshoot MV6 sẽ tăng lên để điều chỉnh giữ độ tinh khiết. Cần chú ý rằng việc tự điều chỉnh, tiệm cận với nhau như thế dẫn đến dòng reflux, dòng reboiler và dòng propylene sản phẩm liên tục dao động gây



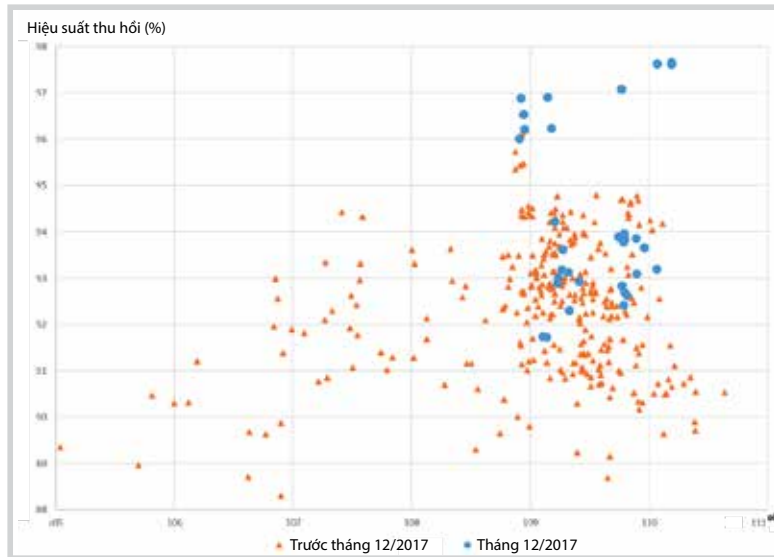
Hình 5. Biểu đồ tương quan giữa công suất Phân xưởng PRU và hiệu suất thu hồi



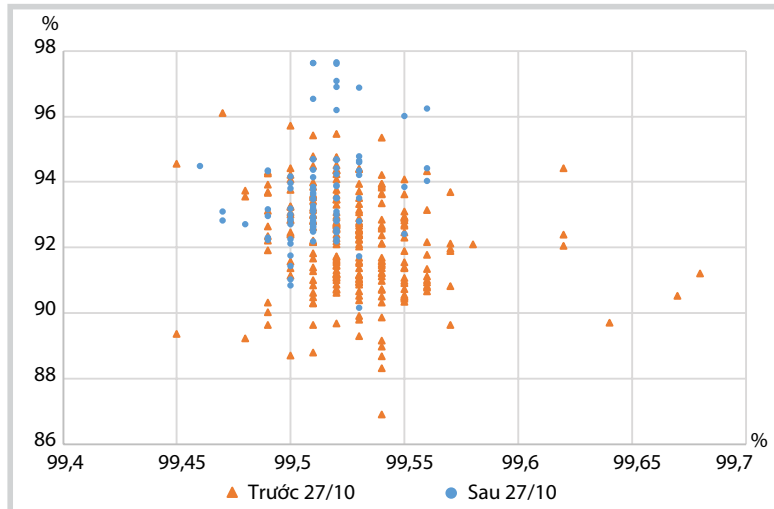
Hình 6. Biểu đồ tương quan giữa công suất Phân xưởng PRU và sản lượng propylene



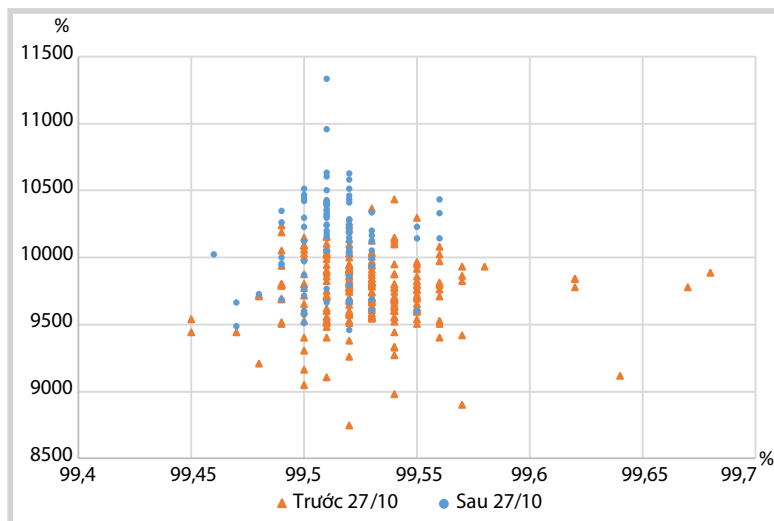
Hình 7. Biểu đồ tương quan giữa nhiệt độ đáy T-2101 và % thể tích propylene kéo theo trong dòng xăng nhẹ



**Hình 8.** Biểu đồ tương quan giữa ổn định dòng nguyên liệu vào tháp tách propane/propylene T-2103 tháng 12/2017 và hiệu suất thu hồi



**Hình 9.** Biểu đồ tương quan giữa điều chỉnh đưa độ nhậm bản cài đặt trong APC từ 0,470% lên 0,475% (hàm lượng propane) và hiệu suất thu hồi



**Hình 10.** Biểu đồ tương quan giữa điều chỉnh đưa độ nhậm bản cài đặt trong APC từ 0,470% lên 0,475% (hàm lượng propane) và hiệu suất thu hồi x công suất

giảm khả năng phân tách của tháp.

Để hạn chế sự rượt đuổi giữa CV và các MVs, có thể điều chỉnh nhỏ lại khoảng vận hành (operating range) của MV6 và MV7, đặc biệt là MV7 để duy trì nhiệt độ đáy tháp T-2103 chỉ dao động nhỏ xung quanh giá trị 31,7 - 32,2°C, là giá trị nhiệt độ tối ưu mà tại đó propylene mất mát tại đường khí dầu mỏ hóa lỏng sản phẩm là thấp nhất theo số liệu thống kê (Hình 11).

Thường xuyên cập nhật kết quả phân tích mẫu để điều chỉnh nhiệt độ đáy tháp T-2103 khi mất mát lớn, thông thường phụ thuộc thành phần C<sub>4</sub> lẫn trong LPG để tinh chỉnh nhiệt độ đáy T-2103.

Các biểu đồ trên cho thấy nhiệt độ đáy tháp T-2103 khoảng 31,7 - 32,2°C là nhiệt độ tối ưu mà tại đó propylene mất mát thấp nhất (Hình 11). Từ sau 27/10/2017, hiệu suất thu hồi là cao hơn ứng với thời điểm điều chỉnh đưa độ nhậm bản cài đặt trong APC từ 0,470% lên 0,475% (hàm lượng propane), vì công suất Phân xưởng PRU ảnh hưởng nghịch đến hiệu suất thu hồi nên lấy tích số recovery x capacity để giảm thiểu ảnh hưởng (Hình 9 và 10).

- Giảm thiểu xả khí tại T-2102 (Deethaniser) nhằm giảm mất mát propylene do nồng độ propylene tại dòng này cao. Việc này được thực hiện tại cụm Phân xưởng upstream (Gas plant) cụ thể là strip các khí nhẹ C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ra khỏi dòng LPG càng nhiều càng tốt tại Stripper T-1552 nhưng vẫn đảm bảo propylene kéo theo tại dòng khí nhẹ để cấp là thấp nhất có thể, các khí nhẹ này sẽ gây tăng áp tại tháp T-2102 buộc phải xả khí.

Biểu đồ Hình 12 cho thấy hạn chế xả khí đốt tại tháp T-2102 sẽ giảm thất thoát propylene lên hệ thống khí đốt của nhà máy.

Tại cụm phân xưởng upstream GP (Hình 13), các khí nhẹ C<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> được phân tách ra khỏi dòng xăng nhẹ sản phẩm và khí dầu mỏ hóa lỏng sản phẩm tại Stripper T-1552 trong khi Primary Absorber T-1551 thu hồi C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub> bằng tổng các dòng xăng nhẹ từ tháp chưng cất chính Main Fractionator và tháp Debutaniser trong đó dòng xăng từ tháp

Debuthaniser được đánh giá hấp phụ tốt hơn do thành phần tương đồng hơn.

Giảm propylene mất mát theo đường khí đốt tại phân xưởng thượng nguồn GP và giảm hàm lượng khí nhẹ C<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> trong LPG có thể thực hiện bằng cách điều chỉnh các thông số vận hành thích hợp như nhiệt độ đĩa nhạy cảm tại tháp Stripper hay lưu lượng dòng xăng hấp thụ tại tháp Absorber kết hợp theo dõi kết quả phân tích thành phần mẫu khí đốt và khí dầu mỏ hóa lỏng sản phẩm.

**2.2. Hiệu quả kinh tế của giải pháp**

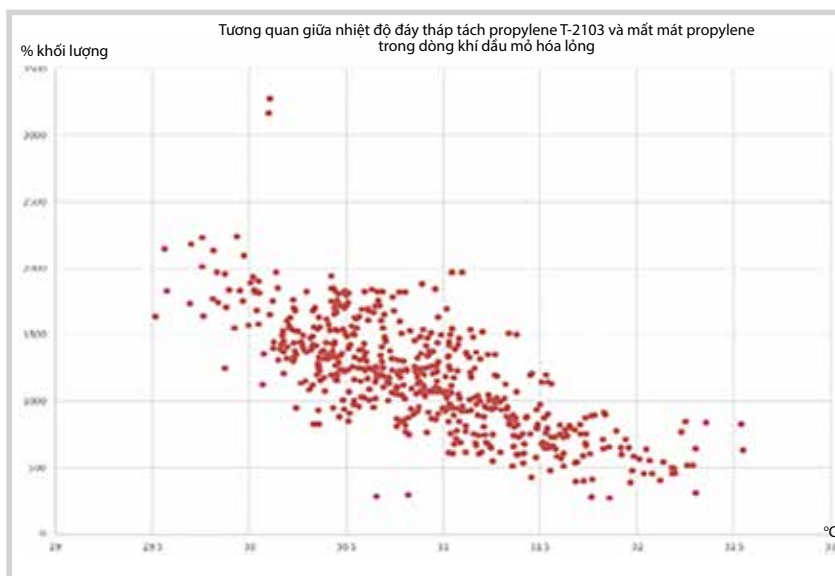
Giải pháp đã được áp dụng gần 2 năm (từ 1/10/2017 đến 30/5/2019). Tuy nhiên thời gian (từ tháng 4/2018 đến nay) có sử dụng ZSM-5 và áp dụng sáng kiến giảm độ tinh khiết nguyên liệu propylene cấp cho Phân xưởng PP (từ tháng 8/2018 đến nay) nên sản lượng propylene (PP'rd) tăng. Hiện tại Phân xưởng PP luôn chạy ổn định ở 112% công suất so với trước chỉ khoảng 103%.

Giai đoạn 2018 về sau, Phân xưởng PRU luôn chạy công suất rất cao, đây là yếu tố chính làm giảm mạnh hiệu suất thu hồi, giải pháp góp phần cải thiện hiệu suất thu hồi, giảm thiểu mất mát propylene do không thu hồi được.

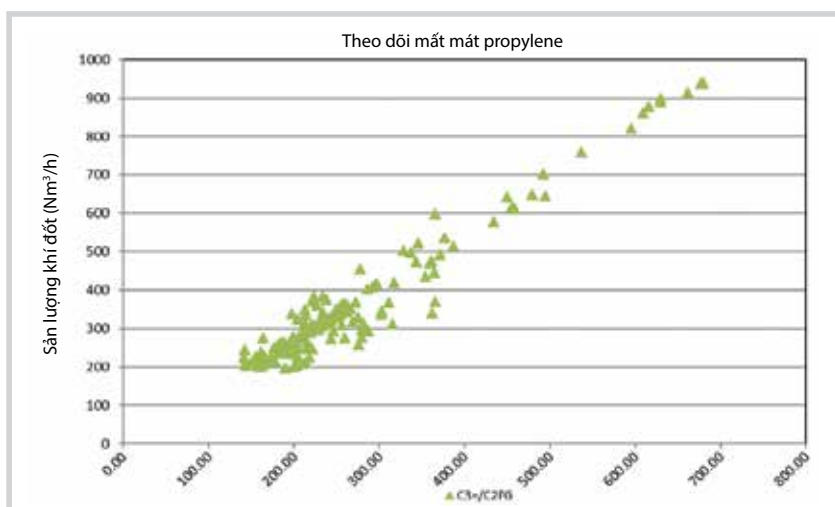
Một số theo dõi, ghi nhận và đánh giá sau 2 năm áp dụng giải pháp:

- Ảnh hưởng của giải pháp lên hoạt tính xúc tác chính Phân xưởng PP. Giải pháp không làm tăng hàm lượng propane trong nguyên liệu nên ảnh hưởng đến xúc tác không đáng kể. Không phát hiện bất thường nào cho đến hiện tại.

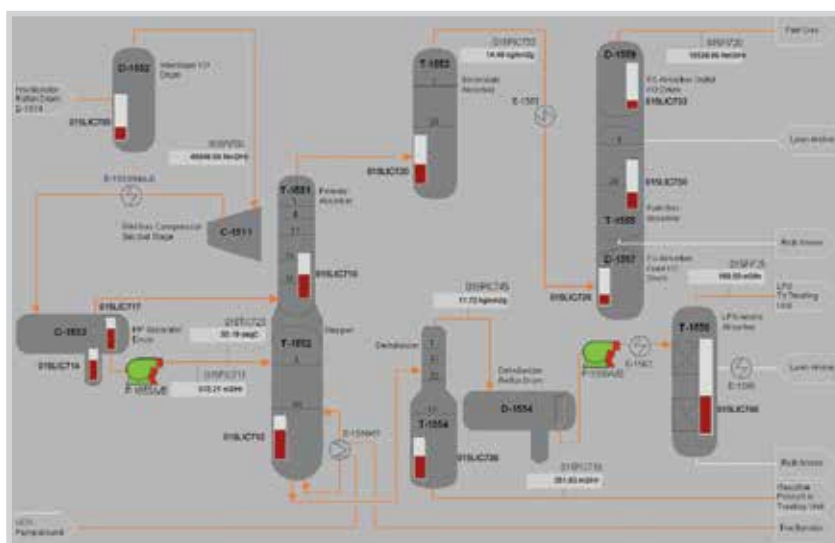
- Nguyên nhân propane đi vào propylene có làm tăng mất mát hay không? Giải pháp không làm tăng hàm lượng propane trong nguyên liệu nên dẫn đến mất mát ở Phân xưởng PP có



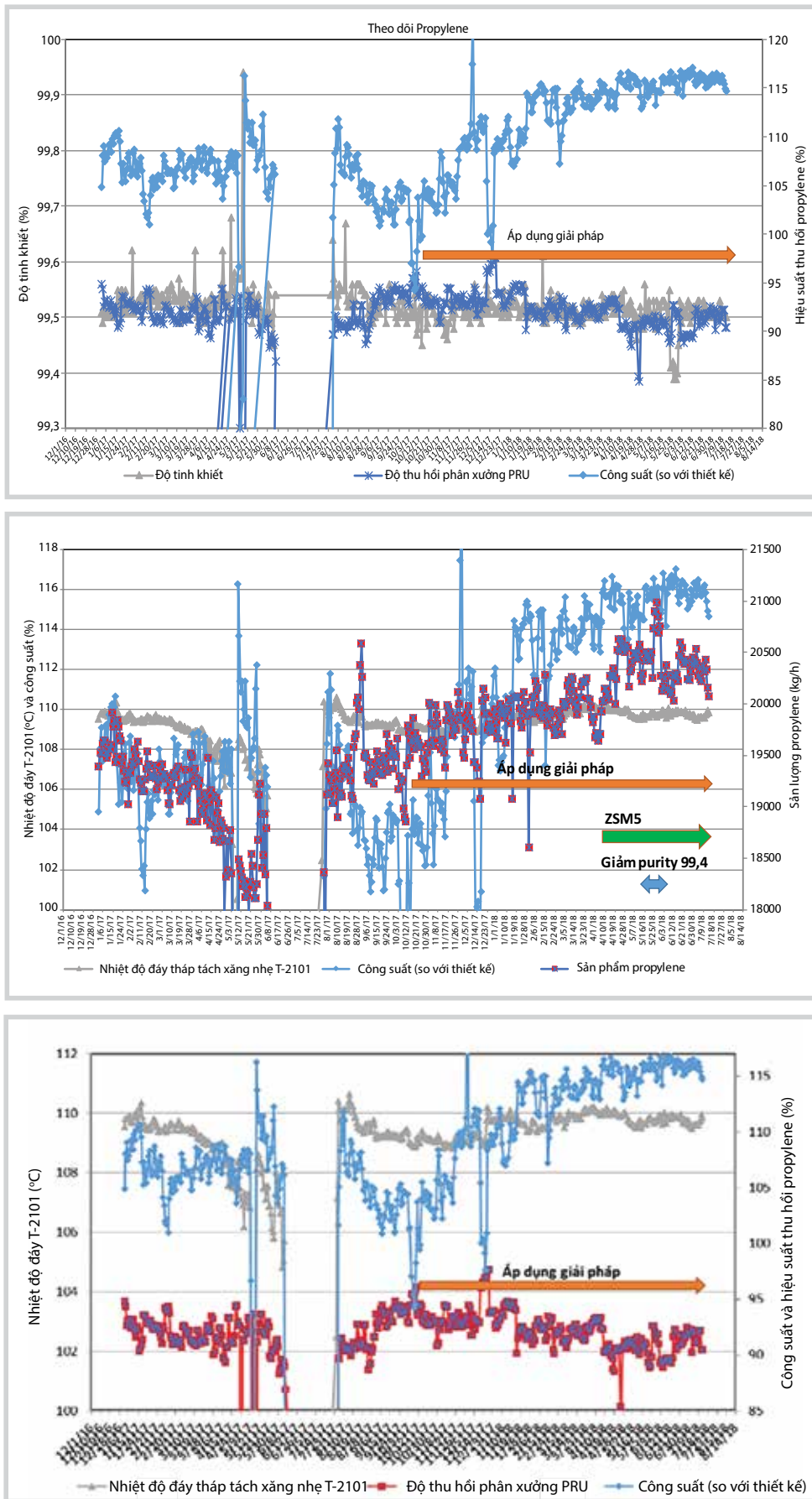
Hình 11. Biểu đồ tương quan giữa mất mát propylene tại T-2103 và nhiệt độ đáy



Hình 12. Biểu đồ tương quan giữa dòng khí đốt và propylene kéo theo



Hình 13. Sơ đồ cụm Gas Plant (GP)



Hình 14. Theo dõi propylene khi áp dụng giải pháp

thể tăng nhưng không đáng kể.

- Lợi nhuận phải được đánh giá thực tế trên khối lượng đóng gói tại dây chuyền trước và sau áp dụng giải pháp. Sự sai lệch giữa bộ đo bột và số liệu bagging không lớn nên dễ dàng cho việc thu thập dữ liệu tính toán, chấp nhận lấy số liệu đo bột PP FQI 8101 cho tính toán kinh tế.

- Thay đổi các định mức kỹ thuật cụ thể là lượng nguyên liệu tiêu tốn cho việc sản xuất 1 tấn PP sau khi thực hiện các giải pháp. Giải pháp không làm tăng hàm lượng propane trong nguyên liệu và đảm bảo độ tinh khiết propylene luôn lớn hơn 99,5%. Do đó, định mức PP, kinh tế kỹ thuật PP vẫn không đổi. Việc tính toán hiệu quả kinh tế chủ yếu làm tăng hiệu suất thu hồi, sản lượng propylene ở Phân xưởng PRU.

Giải pháp chỉ tinh chỉnh điều kiện vận hành, tối ưu thu hồi propylene tại U-21 PRU, không làm sản phẩm bị off-spec so với QĐKT01 2016 hiện hành (đảm bảo độ tinh khiết propylene luôn lớn hơn 99,5%). Do đó, định mức kinh tế kỹ thuật PP vẫn không đổi khi tính toán hiệu quả kinh tế.

### 3. Kết luận

Trên cơ sở kết quả thực tế ghi nhận, đối với trường hợp Phân xưởng PRU thường xuyên chạy công

suất cao hơn thiết kế (~110 - 115%) và tính chất dầu thô đầu vào không ổn định như tại BSR, việc theo dõi thống kê số liệu mất mát propylene thường xuyên để đưa ra các tinh chỉnh điều kiện vận hành có ý nghĩa rất lớn trong việc tối ưu thu hồi, nâng cao sản lượng propylene. Giải pháp cụ thể được đề xuất:

- Thống kê, theo dõi số liệu mất mát propylene tại các nguồn (kết quả phân tích, số liệu vận hành...).

- Thiết lập khoảng vận hành tối ưu cho các thông số chính ảnh hưởng đến mất mát propylene với mục tiêu mất mát thấp nhất có thể, bao gồm:

- + Đưa các khoảng vận hành tối ưu này vào cài đặt trong phần mềm APC (Advance Process Control) và điều chỉnh các biến liên quan để hạn chế sự thay đổi lớn hiệu suất thu hồi khi biến CV và MV tự điều chỉnh, tiệm cận với nhau.

- + Tối ưu điều kiện vận hành, hạn chế thay đổi lưu lượng vào tháp T-2103 khi đã thiết lập được cân bằng vật chất tại điểm tối ưu (mất mát propylene thấp nhất).

- + Tối ưu điều kiện vận hành, hạn chế vent offgas tại tháp Deethaniser T-2102 bằng các điều chỉnh tại cụm phân xưởng đầu nguồn Gas Plan-RFCC.

- Thường xuyên kiểm tra, theo dõi mất mát propylene để nhận biết sớm khi tính chất nguyên liệu đầu vào thay đổi.

Giải pháp có tính hiệu quả cao và có thể áp dụng cho các nhà máy khác nếu gặp vấn đề tương tự.

#### Tài liệu tham khảo

1. BSR. *Sổ tay vận hành Phân xưởng PRU & RFCC.*
2. BSR. *Phần mềm điều khiển Advance Process Control (APC).*

## ADJUSTMENT AND OPTIMISATION OF OPERATING PARAMETERS OF PROPYLENE RECOVERY UNIT TO MAXIMISE PROPYLENE RECOVERY WHILE OPERATING AT 110-115% OF DESIGN CAPACITY

**Ho Quang Xuan Nhan<sup>1</sup>, Nguyen Hoang Tri<sup>2</sup>, Dang Ngoc Dinh Diep<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Binh Son Refining and Petrochemical Joint Stock Company

<sup>2</sup>Vietnam Oil and Gas Group

Email: nhanhx@bsr.com.vn

### Summary

Based on observations and statistics of the data of propylene loss from sources for evaluation (sample analysis results, operating parameters, etc..) at the Propylene Recovery Unit (PRU) of Dung Quat Oil Refinery, Binh Son Refining and Petrochemical Joint Stock Company has come up with solutions to fine-tune the operating conditions in a timely manner, reducing propylene loss in the context of changing input crude oil properties and operating at 115% of the PRU's design capacity. The result of the project has helped the refinery solve the problem of shortage of propylene raw materials to supply for the Polypropylene Unit to produce polypropylene resin.

**Key words:** Dung Quat Oil Refinery, optimise operating parameters, propylene, polypropylene.