

CƠ – ĐIỆN (trang 91÷100)

NGHIÊN CỨU ĐỘ BAY HƠI TƯƠNG ĐỐI CỦA CÁC CẦU TỬ TRONG THÁP CHUNG CẤT TRÊN CƠ SỞ MÔ HÌNH HÓA

ĐẶNG VĂN CHÍ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Bài báo ứng dụng Simulink_Matlab để mô hình hóa các phương trình toán phục vụ cho việc nghiên cứu quá trình hoạt động trong tháp chung cất dầu. Các phương trình toán được thành lập ở trạng thái xác lập và quá trình động học. Tác giả đã mô phỏng với tháp chung cất C01 nhà máy xử lý khí Dinh Cố, chế độ vận hành GPP. Kết quả mô hình hóa cho phép xác định được các đặc tính để khảo sát độ bay hơi tương đối của các cầu tử chìa khóa (C_1, C_2) với các cầu tử khác (C_3) trong hỗn hợp các chất cần phân tách. Cho phép đánh giá được mức độ, khả năng phân tách của các cầu tử trong hoạt động chung cất dầu mỏ. Từ đó có thể đưa ra được những chiến lược phù hợp trong điều khiển và điều chỉnh nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm và hiệu suất làm việc cho tháp.

1. Đặt vấn đề

Trong ngành công nghiệp chế biến và lọc hóa dầu thì chung cất dầu mỏ là một trong những công đoạn chế biến quan trọng quyết định tới chất lượng sản phẩm và hiệu suất của nhà máy. Chung cất là một quá trình sử dụng nhiệt để phân tách một hỗn hợp các chất ra hai hay nhiều sản phẩm tinh khiết, dựa trên sự khác biệt về nhiệt độ sôi của từng cầu tử.

Xây dựng mô hình toán tháp chung cất cho phép xác định được các đặc tính cần thiết. Tìm ra được những mối quan hệ chủ yếu thể hiện đặc điểm quá trình. Công việc mô hình hóa tháp chung cất được tác giả đề xuất ứng dụng Simulink_Matlab làm công cụ nghiên cứu. Kết quả mô phỏng cho phép xác định các thông số kỹ thuật làm việc hợp lý cho tháp, các đặc tính cần quan tâm, diễn biến và hành vi các quá trình làm việc trong tháp. Xác định độ bay hơi tương đối của cầu tử chìa khóa với các cầu tử khác trong hỗn hợp chung cất là kết quả từ hoạt động mô hình hóa này. Thông qua đường đặc tính về độ bay hơi tương đối cho phép đánh giá được mức độ và khả năng phân tách cầu tử chìa khóa ra khỏi các cầu tử khác trên đỉnh, đáy tháp cũng như sản phẩm ra ở các phân đoạn sườn. Điều này có ý nghĩa trong các công việc:

- + Công tác thiết kế kỹ thuật, xây dựng cấu trúc và nguyên lý vận hành tháp.
- + Lựa chọn quy trình công nghệ vận hành.

+ Thiết kế xây dựng, tổng hợp các bộ điều khiển cho tháp và các thiết bị phụ trợ.

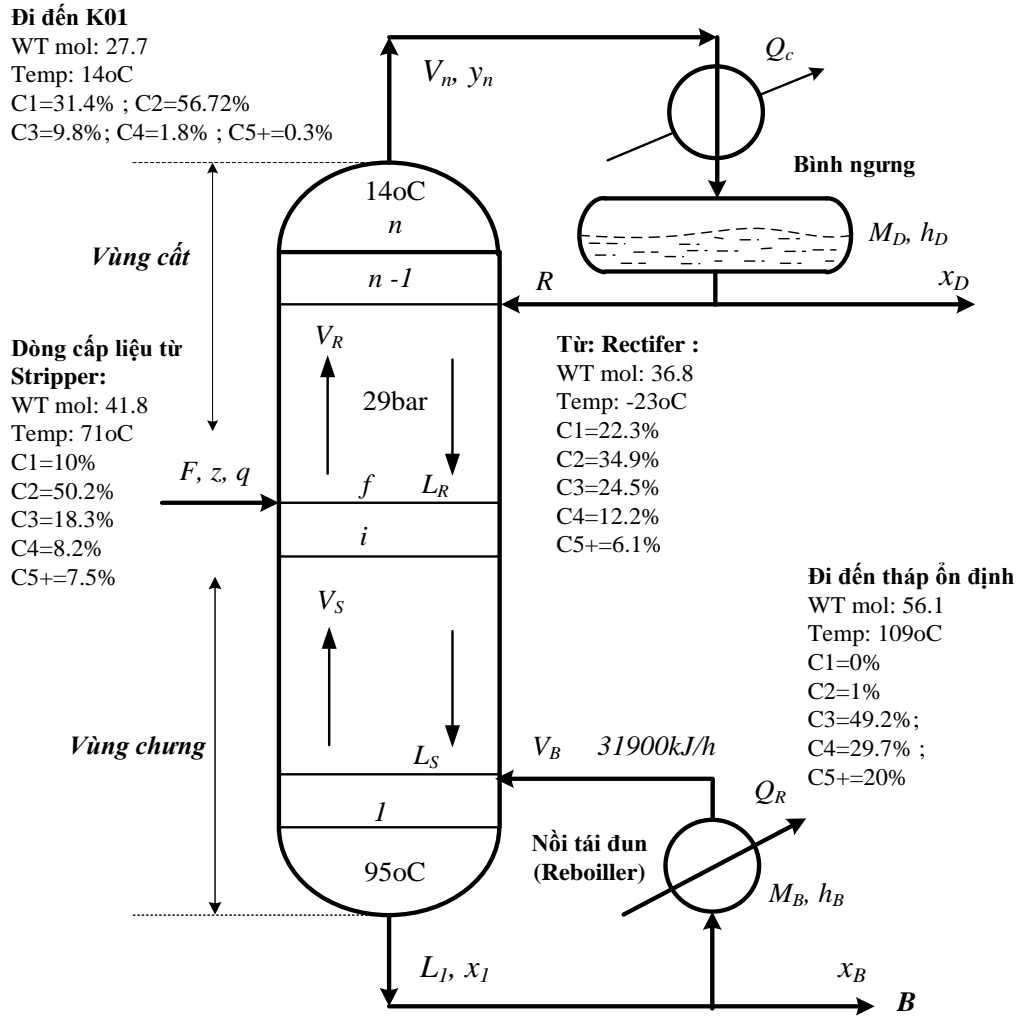
Với mong muốn duy trì ổn định chất lượng sản phẩm (cầu tử chìa khóa) và nâng cao hiệu suất làm việc cho tháp.

2. Xây dựng mô hình toán và mô hình hoá tháp

Tháp chung cất bao gồm nhiều tham số vào ra có sự tương tác ràng buộc lẫn nhau. Các hiện tượng, diễn biến quá trình hoá lý xảy ra trong tháp rất phức tạp. Việc mô hình hoá tháp sẽ giúp hiểu được bản chất và các hiện tượng xảy ra. Khảo sát được các đặc tính, các mối quan hệ phức tạp đó, phân biệt được các hiện tượng và làm rõ được các quá trình. Việc mô hình hóa chủ yếu dựa trên mô hình lý thuyết, nghiên cứu sâu sắc các mối quan hệ hoá lý, thành lập các phương trình toán mô tả các quá trình cơ bản, mô tả các cửa vào ra của tháp.

2.1. Xây dựng mô hình toán

Xây dựng các phương trình toán đầy đủ và tổng quan cho một tháp chung cất điển hình đã được tác giả nghiên cứu [2]. Các phương trình toán được xây dựng ở trạng thái xác lập và các phương trình động học. Khuôn khổ bài báo tác giả hạn chế chỉ giới thiệu một số phương trình cơ bản, một số phương trình để nghiên cứu và khảo sát độ bay hơi tương đối của các cầu tử. Dưới đây là sơ đồ nguyên lý tổng quát của tháp chung cất C01 tách Etan, chế độ GPP, nhà máy xử lý khí Dinh Cố [3].



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý và thông số vận hành tháp C01

Các phương trình toán trạng thái xác lập [1],[2],[4]:

Tính toán điểm bọt

Nhiệt độ ở đáy của bất kỳ tháp chưng cất nào có thể tìm được một cách logic là nhiệt độ ở đó thỏa mãn phương trình 1.

$$\sum_{j=1}^{N_c} K_j x_j = \sum_{j=1}^{N_c} y_j = 1 \quad (1)$$

Áp suất điểm bọt xác định bằng công thức 2.

$$P_T = \sum_{j=1}^{N_c} x_j P_j \quad (2)$$

Tính toán điểm sương:

Điều kiện để hệ hoàn toàn ở trạng thái hơi là chúng thỏa mãn phương trình 3.

$$\sum_{j=1}^{N_c} \frac{y_j}{K_j} = \sum_{j=1}^{N_c} x_j = 1 \quad (3)$$

Áp suất điểm sương được xác định bằng công thức 4.

$$P_T = 1 / \sum_{j=1}^{N_c} \frac{y_j}{P_j} \quad (4)$$

Hệ số cân bằng pha của hydrocacbon K_j được xác định phương trình 5.

$$K_j = \frac{y_j}{x_j} = \frac{P_j \gamma_j}{P_T} \quad (5)$$

Các phương trình toán xác định độ bay hơi tương đối của các cấu tử [1],[2].

Độ bay hơi tương đối là một thước đo để đánh giá khả năng phân tách của các cấu tử trong chưng cất. Độ bay hơi của cấu tử j so với cấu tử k được xác định theo công thức sau:

$$\alpha_{jk} = \frac{y_j / x_j}{y_k / x_k} \quad (6)$$

Khi độ bay hơi tương đối α_{jk} càng lớn thì độ phân tách giữa 2 cấu tử j và k càng dễ dàng, còn khi α_{jk} càng gần tới 1 thì khả năng phân tách giữa chúng càng khó khăn. Khi đó yêu cầu số đĩa phải lớn và cột tháp sẽ tiêu thụ một lượng năng lượng cao.

Với hệ thống nhị phân, độ bay hơi tương đối của cấu tử nhẹ so với cấu tử nặng gọi là α_{LH} và được xác định theo biểu thức sau:

$$\alpha_{LH} = \alpha = \frac{y/x}{(1-y)/(1-x)} \quad (7)$$

Theo định luật Raoult's [1] thì α_{LH} có thể được biểu diễn bằng tỉ số giữa áp suất hơi của cấu tử nhẹ và cấu tử nặng.

$$\alpha_{LH} = \frac{y/x}{(1-y)/(1-x)} = \frac{P_L}{P_H} \quad (8)$$

Trong hệ thống chưng cất đa cấu tử, mối quan hệ giữa bất kỳ nồng độ thành phần của pha hơi y_j và nồng độ thành phần pha lỏng x_j với độ bay hơi tương đối được xác định:

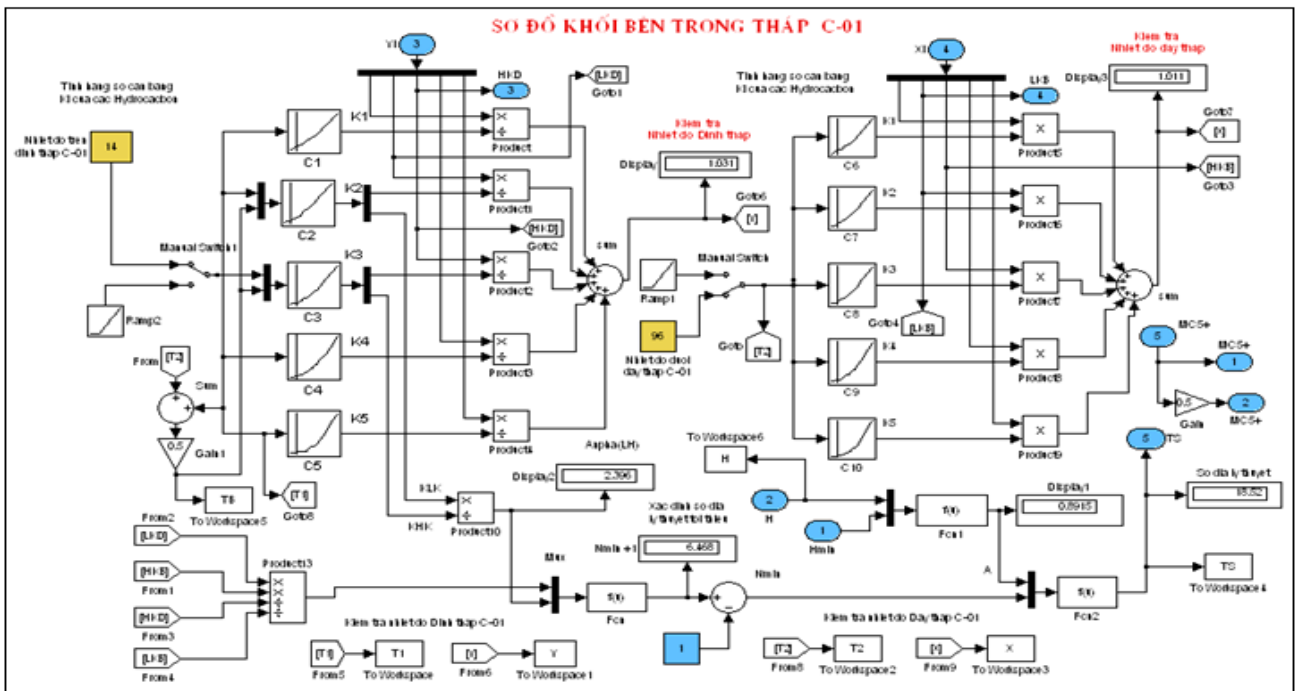
$$y_j = \frac{\alpha_j x_j}{\sum_{j=1}^{Nc} \alpha_j x_j} \quad (9)$$

Khi nhiệt độ phụ thuộc vào áp suất hơi của cả hai cấu tử là như nhau, khi đó α cũng sẽ phụ thuộc vào nhiệt độ. Trong hầu hết các hệ thống, khi tăng nhiệt độ sẽ làm cho độ bay hơi tương đối giảm đi.

2.2. Mô hình hóa và khảo sát độ bay hơi tương đối các cấu tử

Vai trò của mô hình hóa giúp tiết kiệm được thời gian và số lần thí nghiệm. Trong công nghiệp chưng cất, khi quá trình công nghệ không thể quan sát và hiểu được triệt để bản chất hoạt động của chúng thì mô hình hoá giúp hiểu được bản chất nội tại đó. Trong ngành công nghiệp lọc hóa dầu, phần mềm để mô hình hóa phổ biến được sử dụng là ProII, Hysys... Tuy nhiên khi khảo sát các đặc tính động học thì lại thiếu những công cụ nhận dạng, chẩn đoán quá trình như các bộ Fuzzy Logic hay Neuron_Network (nhận dạng hằng số cân bằng pha của hydrocacbon). Vì vậy tác giả chọn Simulink Matlab làm công cụ mô phỏng.

Các số liệu thực hiện mô hình hóa được tác giả lấy từ số liệu vận hành tháp chưng cất tách Etan C01[3], chế độ GPP, Nhà máy xử lý khí Dinh Cố. Mô hình simulink tính toán độ bay hơi tương đối như hình 2.

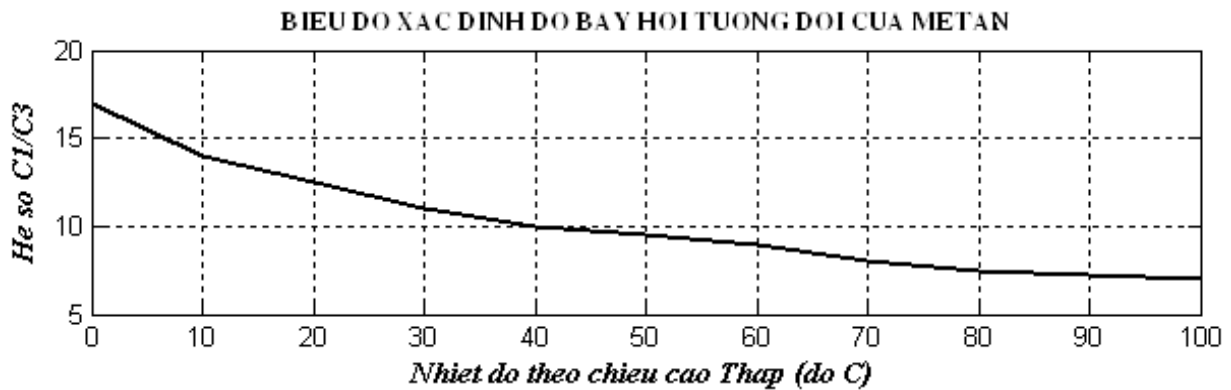


Hình 2. Mô hình simulink tính toán độ bay hơi tương đối của tháp C01

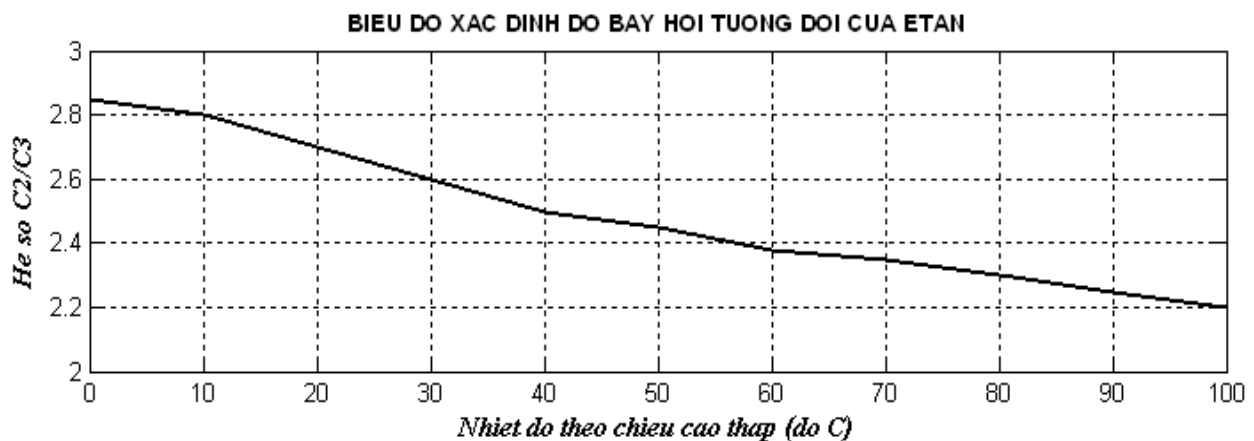
Vì đây là tháp tách Etan (C_2H_6) cho nên trong tổng số các cấu tử của hệ chưng cất, chọn ra hai cấu tử quan trọng được gọi là hai cấu tử chìa khóa. Cấu tử nhẹ là đại diện chính cho các chất vùng cất nên chọn Etan là Light_key (LK) và có mặt không đáng kể ở đáy. Cấu tử nặng chủ yếu ở đáy và có mặt rất ít ở đỉnh, căn cứ vào đó ta chọn Propan (C_3H_8) là Heavy_key

(HK). Propan có nồng độ đủ lớn ở đáy và nhiệt độ sôi của nó là đại diện tốt nhất cho nhiệt độ sôi của các cấu tử trong sản phẩm đáy, vì vậy chọn Propan là chất để so sánh.

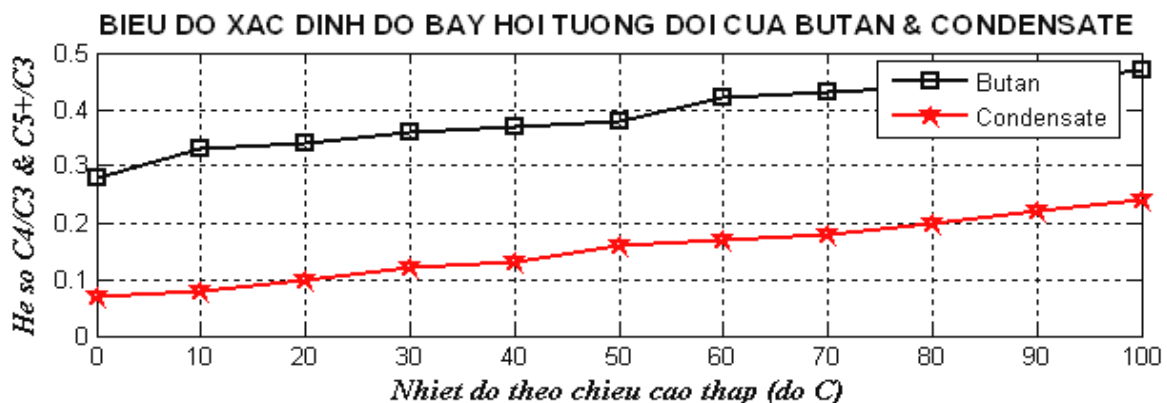
Các đặc tính khảo sát độ bay hơi tương đối của Propan với các cấu tử khác thể hiện trên các hình 3, hình 4 và hình 5.



Hình 3. Đồ thị xác định độ bay hơi tương đối của Metan/Propan



Hình 4. Đồ thị xác định độ bay hơi tương đối của Etan/Propan



Hình 5. Đồ thị xác định độ bay hơi tương đối của Butan & Condensate/Propan

3. Kết luận

- Từ hình 3 và hình 4: dọc theo chiều cao tháp từ đáy lên tới đỉnh, nhiệt độ trên các đĩa lọc sẽ giảm dần từ 100°C đến 10°C, khi đó độ bay hơi tương đối của Metan (CH₄) và Etan (C₂H₆) sẽ tăng tương ứng từ 7-14 và 2.2-2.85. Cho thấy khả năng phân tách tốt nhất cho 2 cấu tử này đối với cấu tử chìa khóa(HK) C₃H₆ nằm ở đĩa trên cùng vùng đỉnh tháp. Tuy nhiên hệ số $\alpha(\text{CH}_4) > \alpha(\text{C}_2\text{H}_6)$ cũng cho thấy mức độ phân tách của CH₄ cũng tốt hơn so với C₂H₆ tại vùng có nhiệt độ xuống thấp.

- Từ hình 5: dọc theo chiều cao tháp từ đỉnh xuống đáy, nhiệt độ trên các đĩa lọc sẽ tăng dần từ 10°C đến 100°C, khi đó độ bay hơi tương đối của Butan (C₄H₁₀) và Condensate (C₅₊) sẽ tăng tương ứng từ 0.32-0.48 và 0.09-0.24. Cho thấy khả năng phân tách tốt nhất cho 2 cấu tử này đối với cấu tử chìa khóa (HK) C₃H₆ nằm ở đĩa vùng đáy tháp.

- Tuy nhiên khi hệ số α càng gần đến 1 thì khả năng phân tách chúng càng khó khăn, khi đó cần thiết phải tăng số đĩa lý thuyết cho tháp. Điều này cho thấy mức độ phân tách của các cấu tử C₅₊ cũng tốt hơn so với C₄H₁₀ trong sản phẩm cận đáy tháp.

CHÚ THÍCH

K_j : Hằng số cân bằng pha của hydrocacbon

x_j : Nồng độ mol cấu tử j pha lỏng (%mol)

y_j : Nồng độ mol cấu tử j pha hơi (%mol)

α_{jk} : Độ bay hơi tương đối cấu tử j so với cấu tử k

α_{LH} : Độ bay hơi tương đối cấu tử nhẹ so với cấu tử nặng

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phan Tử Bằng, 2002. Giáo trình công nghệ lọc dầu. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội. Tr. 18 – 47.

[2]. Đặng Văn Chí, 2012. Nghiên cứu các giải pháp để nâng cao chất lượng sản phẩm và hiệu suất làm việc của tháp chưng cất trong công nghiệp dầu mỏ. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

[3]. Samsung Engineering Condensate., Ltd_Operating-Manual Rev_D_1987. Tài liệu vận hành nhà máy xử lý khí Dinh Cố.

[4]. K. Ramesh, N. Aziz, SR Abd Shukor, 2007. Dynamic Rate-Based and Equilibrium Model Approaches for Continuous Tray Distillation Column. Journal of Applied Sciences Research, INSInet Publication.

[5]. Lutz, Wendt, Taschenbuch der Regelungstechnik mit Matlab und Simulink. 7,ergaenzte Auflage. Verlag Harri Deutsch, 2007.

ABSTRACT

Research the relative volatility of the components in distillation column based modeling

Dang Van Chi, Hanoi University of Mining and Geology

This paper presents the applications of the Simulink_Matlab in modeling mathematical equations to research activities in the oil distillation column. The equation was established at steady state and dynamics. Authors have simulated the distillation column C01 gas processing Dinh Co plant, GPP operating mode. Results of modeling allows to identify the characteristics to survey the relative volatility of the key components (C₁, C₂) with the other components (C₃) in the mixture. Allow evaluate the level and the ability to separation of the components in the petroleum distillation operations. From there can give the strategies to control and adjust to improve product quality and performance for the distillation column.