

SỬ DỤNG QUY HOẠCH TUYẾN TÍNH ĐỂ TÍNH TOÁN TỔN THẤT KINH TẾ KHI XẢY RA SỰ CỐ DỪNG HOẠT ĐỘNG CÁC PHẦN XƯỞNG CÔNG NGHỆ TRONG NHÀ MÁY LỌC DẦU

**Nguyễn Thanh Sang, Đặng Thị Tuyết Mai, Trương Như Tùng
Nguyễn Hữu Lương, Châu Khiếu Hân, Trần Vinh Lộc**
Viện Dầu khí Việt Nam
Email: sangnt.pvpro@vpi.pvn.vn

Tóm tắt

Việc dừng hoạt động một phân xưởng do sự cố rất hay gặp trong quá trình vận hành nhà máy lọc dầu và gây ra thiệt hại, tổn thất kinh tế nhất định (phụ thuộc vào cấu hình công nghệ, phân xưởng gặp sự cố, thời gian dừng hoạt động và các quyết định được đưa ra khi xảy ra sự cố). Do đó, việc tính toán tổn thất và tìm ra giải pháp tối ưu để giảm thiểu thiệt hại rất quan trọng. Bài báo giới thiệu phương pháp tính toán tổn thất và đề xuất phương án vận hành tối ưu dựa trên mô hình quy hoạch tuyến tính (Linear Programming Technique - LP) được phát triển bởi Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Chế biến Dầu khí, Viện Dầu khí Việt Nam trong một số kịch bản dừng hoạt động một số phân xưởng công nghệ của một nhà máy lọc dầu điển hình.

Từ khóa: Quy hoạch tuyến tính, phân xưởng công nghệ, nhà máy lọc dầu.

1. Giới thiệu

Quy hoạch tuyến tính là công cụ toán học dùng trong nghiên cứu phương pháp tìm giá trị nhỏ nhất hoặc lớn nhất của một hàm tuyến tính theo một số biến, thỏa mãn một số hữu hạn ràng buộc được biểu diễn bằng hệ phương trình và bất phương trình tuyến tính. Các phần mềm được xây dựng dựa trên công cụ quy hoạch tuyến tính hỗ trợ việc thiết lập mô hình quy hoạch tuyến tính trong nhà máy lọc dầu, đồng thời giải bài toán quy hoạch tuyến tính để đưa ra kết quả là cơ cấu các dòng sản phẩm trong nhà máy [1].

Phương trình tổng quát cho một bài toán với số ràng buộc m và số biến n được mô tả như sau [2]:

$$\text{Hàm tối đa } Z = \sum_{j=1}^n c_j X_j, \text{ với } \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_j, i = 1 \div m$$

$$\text{Hàm tối thiểu } Z = \sum_{j=1}^n c_j X_j, \text{ với } \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq b_j, i = 1 \div m$$

Hiện nay, chương trình quy hoạch tuyến tính chuyên dụng cho ngành công nghiệp lọc hóa dầu được cung cấp bởi: Honeywell Hi-Spec Solutions (RPMS - Refinery & Petrochemical Modeling System), AspenTech (PIMS - Process Industry Modeling System), Haverly (GRMPTS), Schneider Electric (Spiral Suite) và Princeps (PrincepsLP). Trong đó, hơn 75% nhà máy lọc dầu trên thế giới sử dụng phần mềm PIMS để hỗ trợ điều hành hoạt động của nhà máy [3].

LP được ứng dụng trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau [2]:

- Tính toán thành phần hợp kim trong công nghiệp luyện kim;
- Tối ưu tỷ lệ phối trộn trong công nghiệp thực phẩm, ví dụ sản xuất thức ăn chăn nuôi từ một số thành phần với giá nguyên liệu khác nhau, đồng thời đảm bảo yêu cầu chất lượng (giá trị dinh dưỡng);
- Tối ưu hóa nguyên liệu thô trong công nghiệp xi măng;
- Cập nhật kế hoạch nhiệm vụ đội bay cho các công ty hàng không;
- Tối ưu hóa sản xuất trong công nghiệp xe hơi.

Trong công nghiệp dầu khí, mô hình quy hoạch tuyến tính được ứng dụng để tối ưu hóa hoạt động nhà máy lọc dầu đã được thực tế chứng minh là đem lại lợi ích kinh tế cao và được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Một số lĩnh vực quan trọng trong công nghiệp lọc dầu áp dụng mô hình quy hoạch tuyến tính [4, 5]: Thiết kế cấu hình nhà máy lọc dầu; lựa chọn và đánh giá nguyên liệu dầu thô; lập kế hoạch vận hành ngắn hạn và dài hạn; đánh giá, thẩm tra dự án đầu tư nhà máy lọc dầu; đánh giá, thẩm tra những thỏa thuận khi chế biến và những hợp đồng thay đổi cơ cấu sản phẩm; đánh giá, thẩm tra công nghệ mới; điều khiển, tối ưu hóa hoạt động của nhà máy; phối trộn sản phẩm; quản lý tồn trữ hàng hóa; tối ưu hóa quá trình

cung cấp nguyên liệu, sản xuất và vận chuyển trong công nghiệp lọc dầu.

Ở Việt Nam, khi dừng vận hành phân xưởng hay nhà máy, việc tính toán tổn thất khi có sự cố thường được thực hiện dựa trên phương pháp thống kê và tính toán chênh lệch lượng sản xuất ở cuối tháng có sự cố so với tháng trước đó hoặc so với kế hoạch đề ra từ đầu tháng. Như vậy, lãnh đạo của nhà máy/công ty chỉ biết được tổn thất vào cuối chu kỳ báo cáo do vậy gây ra sự chậm trễ nhất định trong công tác điều hành và vận hành nhà máy.

Trong phạm vi nghiên cứu, nhóm tác giả ứng dụng mô hình quy hoạch tuyến tính để tính tổn thất khi có sự cố dừng phân xưởng trong nhà máy lọc dầu. Bằng cách thiết lập mô hình quy hoạch tuyến tính cho trường hợp cơ sở và các trường hợp dừng phân xưởng theo chu kỳ báo cáo tháng, nhóm tác giả xác định được chênh lệch về lợi nhuận giữa các trường hợp dừng hoạt động với trường hợp cơ sở và giá trị này được gọi là tổn thất của nhà máy trong tháng xảy ra sự cố. Mô hình này được xây dựng dựa trên phần mềm tự phát triển của Viện Dầu khí Việt Nam.

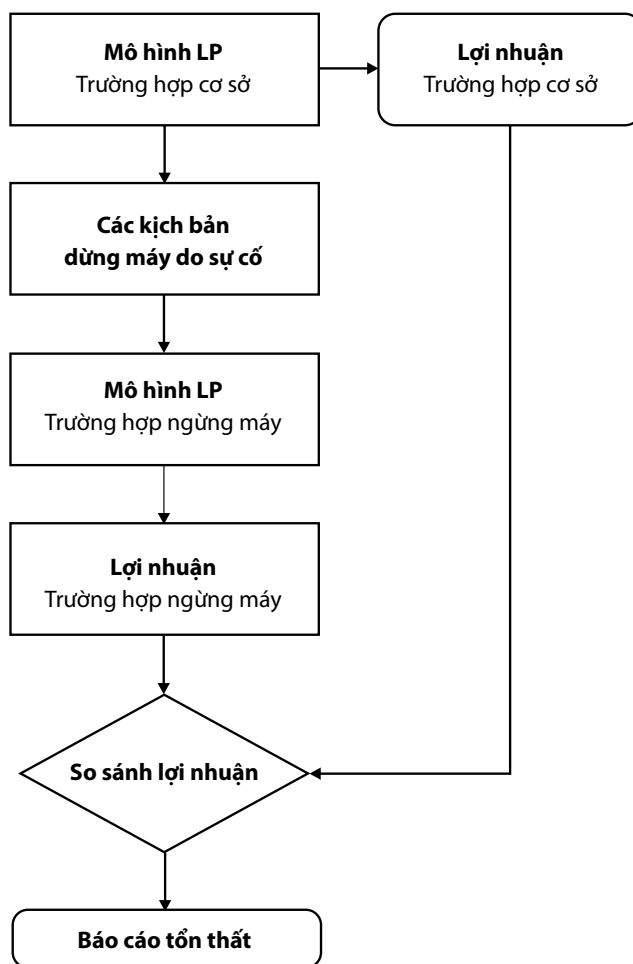
2. Phương pháp tính toán tổn thất kinh tế khi dừng vận hành một phân xưởng

Phương pháp được sử dụng để tính toán tổn thất kinh tế là dựa trên mô hình kế hoạch tháng. Tuy nhiên, nhà máy lọc dầu là một đối tượng động nên cần phải cập nhật liên tục để đảm bảo độ chính xác của mô hình đã thiết lập nhằm phản ánh đúng nhất thực tế vận hành nhà máy [6, 7].

Mô hình kế hoạch hàng tháng là một công cụ phổ biến cho phép một nhà máy lọc dầu đưa ra các quyết định vận hành phù hợp nhất và/hoặc các hành động khắc phục các thay đổi trên thị trường một cách kịp thời.

Trên thế giới nói chung và châu Âu nói riêng, các nhà máy lọc dầu đã sử dụng mô hình quy hoạch tuyến tính để xây dựng kế hoạch vận hành hàng tháng, đánh giá đầu thô, vận hành và tối ưu hóa nhà máy lọc dầu, quản lý tồn kho, quản lý và tính toán tổn thất kinh tế trong các trường hợp dừng hoạt động để các cấp lãnh đạo có những chỉ đạo kịp thời nhằm tối đa lợi nhuận, giảm thiểu tổn thất cho nhà máy [8 - 10]. Việc sử dụng mô hình tháng cũng giúp các nhà máy lọc dầu phản ứng nhanh với các sự cố bất thường khi dừng hoạt động khẩn cấp hay hỗ trợ ra quyết định đối với hoạt động kinh doanh hàng ngày.

Tính toán tối ưu bằng mô hình quy hoạch tuyến tính giúp các nhà máy lọc dầu đưa ra những quyết định kịp thời và thuyết phục nhằm giảm tổn thất cho nhà máy khi



Hình 1. Phương pháp tính toán tổn thất khi dừng hoạt động nhà máy lọc dầu

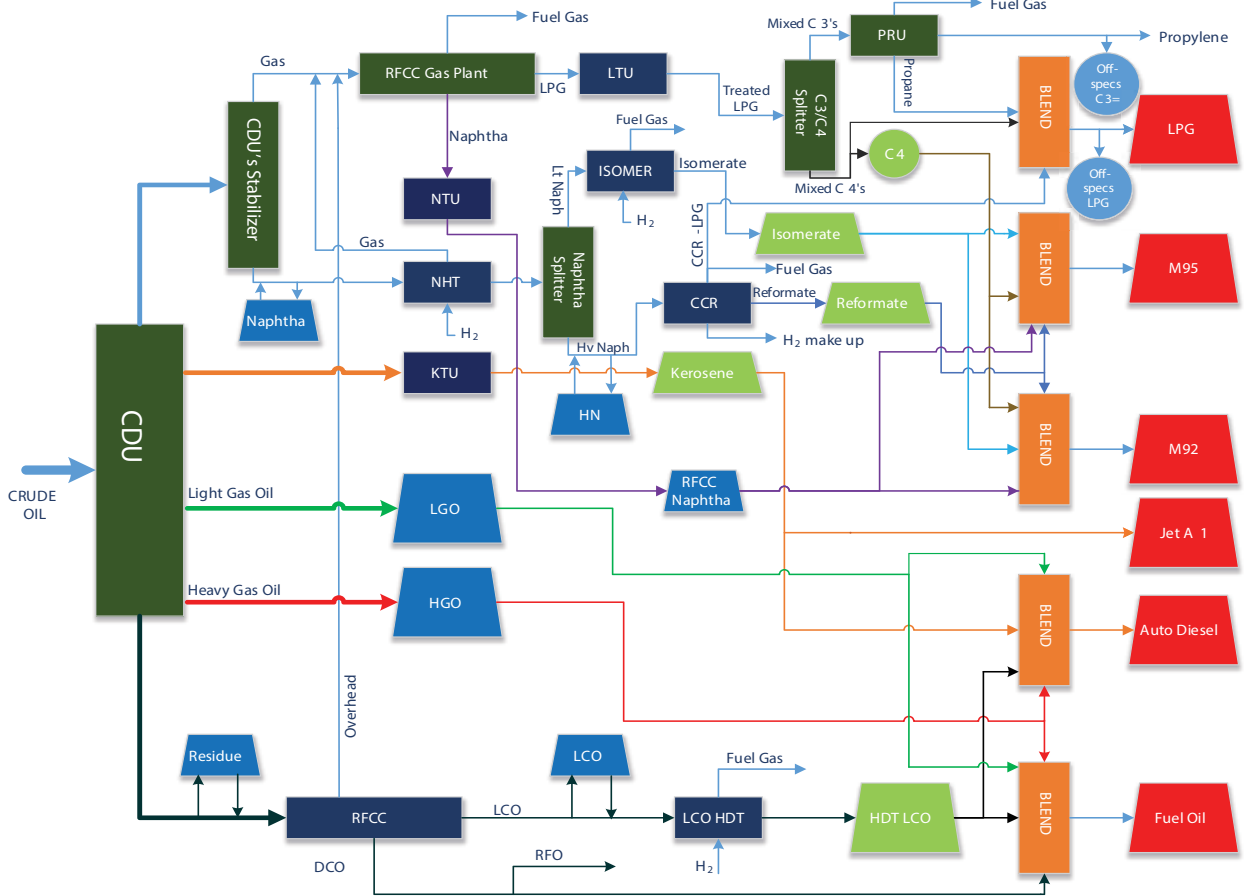
xảy ra quá trình dừng hoạt động để xử lý sự cố phát sinh đối với bất kỳ phân xưởng nào mà cụ thể là 3 phân xưởng chính CDU, RFCC và CCR. Mỗi nhà máy có cấu hình công nghệ riêng, tiêu chuẩn áp dụng cho các sản phẩm cũng không hoàn toàn giống nhau, do đó cần xây dựng mô hình quy hoạch tuyến tính cho từng nhà máy và dựa vào mô hình này để tính tổn thất và tối ưu cho nhà máy.

Phương pháp tính toán tổn thất kinh tế được mô tả tóm tắt trong Hình 1.

Mô hình quy hoạch tuyến tính cho trường hợp cơ sở được xây dựng dựa trên dữ liệu vận hành thực tế và sẽ được hiệu chỉnh cho một số trường hợp dừng hoạt động. Chênh lệch lợi nhuận giữa các trường hợp dừng hoạt động các phân xưởng với trường hợp cơ sở được xem là tổn thất của nhà máy.

2.1. Xây dựng mô hình quy hoạch tuyến tính cho trường hợp cơ sở

Các phân xưởng công nghệ chính của một nhà máy lọc dầu điển hình được xem xét trong nghiên cứu này gồm có: CDU, NHT, CCR, KTU, RFCC, LTU, NTU, PRU, ISOM,



Hình 2. Sơ đồ công nghệ của một nhà máy lọc dầu điển hình

LCO HDT. Sơ đồ công nghệ của nhà máy lọc dầu được trình bày trong Hình 2. Propylene sẽ làm nguyên liệu cho phân xưởng sản xuất polypropylene.

Thông tin cơ sở để xây dựng mô hình quy hoạch tuyến tính như sau:

- Nguyên liệu của nhà máy lọc dầu là hỗn hợp dầu thô có tỷ trọng 0,826. Công suất xử lý 4.708.409 thùng/tháng (~1.039 m³/giờ):
- Cân bằng vật chất tổng quát của quá trình được thiết lập dựa trên các dữ liệu về tính chất dầu thô và cân bằng vật chất tính toán của các phân xưởng công nghệ do nhà thiết kế cung cấp. Cân bằng vật chất của quá trình pha trộn tạo sản phẩm cuối được tính toán tối ưu hóa, thỏa mãn các quy định về chất lượng sản phẩm;
- Nhiên liệu sử dụng trong nhà máy từ các nguồn:
 - + Sản phẩm khí (fuel gas) sinh ra từ các phân xưởng trong nhà máy;
 - + Dầu DCO từ RFCC, tiêu thụ khoảng 50.313 thùng/tháng (~11,11 m³/giờ).
- Các sản phẩm sản xuất đạt tiêu chuẩn chất lượng theo quy định hiện hành.

Bảng 1. Giá nguyên liệu và sản phẩm áp dụng cho mô hình

TT	Nguyên liệu/sản phẩm	Giá (USD/thùng)
1	Dầu thô	57,79
2	Polypropylene	136,09
3	LPG	46,00
4	Xăng M95	79,37
5	Xăng M92	76,01
6	Nhiên liệu phân lực Jet A1	69,59
7	Nhiên liệu diesel 6	66,61
8	Nhiên liệu diesel 12	66,54
9	Dầu đốt	53,38

Nguồn: VPI, 2017

2.1.1. Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu được sử dụng là hàm tối đa lợi nhuận, trong đó:

$$\text{Lợi nhuận} = \sum(\text{giá sản phẩm}) \times (\text{lượng sản phẩm}) - \sum(\text{giá nguyên liệu}) \times (\text{lượng nguyên liệu})$$

2.1.2. Các thông số và ràng buộc xây dựng mô hình

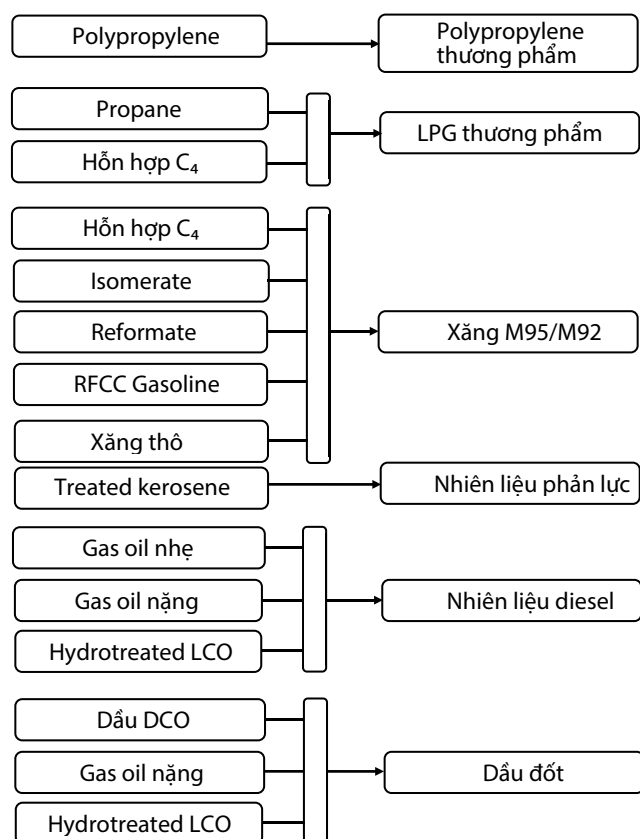
- Mô hình quy hoạch tuyến tính được xây dựng:
- Ràng buộc về cân bằng vật chất sản phẩm trung

gian qua các phân xưởng, gồm năng suất dòng sản phẩm và công suất của thiết bị xử lý. Phương trình cân bằng vật chất [4]:

(Lượng sản xuất + lượng tiêu thụ cho các phân xưởng) - nguyên liệu = 0

- Sơ đồ phối trộn sản phẩm của nhà máy lọc dầu thể hiện trong Hình 3.

- Các ràng buộc về chất lượng sản phẩm sẽ tuân theo các ràng buộc về chỉ tiêu chất lượng sản phẩm của nhà máy;



Hình 3. Sơ đồ phối trộn sản phẩm của nhà máy lọc dầu

- Ràng buộc về nhu cầu nhiên liệu cho nhà máy: lượng DCO dùng làm nhiên liệu cho nhà máy khoảng 50.313 thùng/tháng (~11,11 m³/giờ);

- Khi pha trộn các dòng sản phẩm trung gian, tính chất của sản phẩm cuối thường có quan hệ theo quy luật tuyến tính với tính chất giữa các dòng thành phần. Tuy nhiên, có những tính chất không tuân theo quy luật này (như RVP, độ nhớt...) nên cần chuyển các tính chất này sang chỉ số pha trộn để có thể phối trộn theo các phương trình tuyến tính. Các chỉ số pha trộn của dòng thành phần và dòng sản phẩm sẽ tuân theo quy tắc pha trộn tuyến tính, trong đó lượng thành phần pha trộn và sản phẩm được tính theo thể tích. Các chỉ số pha trộn được tính toán thông qua công thức pha trộn sau:

$$Index = RefIndex \times \left(\frac{Number + RefConst}{RefNumber} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$Number = RefNumber \times \left(\frac{Index}{RefIndex} \right)^{\gamma} - RefConst$$

Trong đó:

- Index: Chỉ số pha trộn;
- Number: Giá trị của tính chất;
- RefIndex, RefConst, RefNumber, γ : Các hằng số (phụ thuộc vào tính chất).

2.1.3. Kết quả mô hình quy hoạch tuyến tính và thực tế

Cơ cấu sản phẩm giữa kết quả giải mô hình quy hoạch tuyến tính được lập và số liệu thực tế nhà máy thể hiện trong Bảng 3.

Sai số giữa kết quả mô hình quy hoạch tuyến tính và số liệu thực tế nhà máy < 1% cho thấy mô hình quy hoạch tuyến tính phản ánh khá chính xác thực tế và độ tin cậy để làm cơ sở thực hiện các đánh giá tiếp theo.

Bảng 2. Các hệ số trong phương trình pha trộn [5]

TT	Tính chất	Ký hiệu	RefIndex	RefNumber	RefConst	Gamma
1	Hàm lượng propane	PRP	1	1	0	0,9657
2	Áp suất hơi Reid	RVP	1	10	0	0,823638
3	MON	MON	1	1	0	0,736
4	Điểm chớp cháy	FPT	10	200	80	-0,1082
5	Điểm khởi	SMK	100	100	0,01729	-1
6	Điểm chảy	PPT	1	4500	4550	0,004
7	Điểm đông đặc	FRZ	1	4500	4550	0,004
8	Điểm sôi 90%, ASTM 86	90	1	250	7	0,045
9	Khác		1	1	0	1

Bảng 3. So sánh cơ cấu sản phẩm giữa kết quả giải mô hình và thực tế nhà máy [11]

TT	Sản phẩm	Số liệu thực tế (m ³ /giờ)	Tính toán (m ³ /giờ)	Sai số (%)
1	Polypropylene	24,58	24,68	0,41
2	LPG	105,99	106,76	0,72
3	Xăng M95	171,13	171,13	0,00
4	Xăng M92	270,74	267,45	-1,23
5	Nhiên liệu phản lực Jet A1	62,50	62,52	0,03
6	Nhiên liệu diesel 6	330,74	330,76	0,01
7	Nhiên liệu diesel 12	47,30	47,30	0,00
8	Dầu đốt FO	23,92	23,92	0,00
9	DCO làm nhiên liệu nội bộ	11,11	11,11	0,00

2.2. Xây dựng mô hình quy hoạch tuyến tính cho các trường hợp dừng hoạt động các phân xưởng công nghệ

Để đánh giá tổn thất kinh tế khi dừng hoạt động một phân xưởng công nghệ trong nhà máy lọc dầu, mô hình quy hoạch tuyến tính cần phải được điều chỉnh một số thông số, cụ thể:

- Chuyển đổi ràng buộc công suất vận hành tối đa của các phân xưởng từ chu kỳ ngày sang chu kỳ báo cáo theo tháng và giả sử 1 tháng sẽ tương ứng với 30 ngày;

- Phân xưởng X bất kỳ dừng hoạt động y ngày thì ràng buộc công suất vận hành (tối đa) được tính toán theo công thức:

$$\text{Ràng buộc công suất vận hành} = (\text{công suất tối đa}) \times \frac{(30 - y)}{30} \left(\frac{\text{thùng}}{\text{tháng}} \right)$$

- Mô hình phải đảm bảo pha trộn hết các cấu tử. Trong trường hợp có dư các sản phẩm trung gian cần đưa các sản phẩm này về bồn chứa sản phẩm trung gian của nhà máy. Theo số liệu thiết kế, bồn chứa sản phẩm trung gian đều được thiết kế cho 4 ngày vận hành bình thường của nhà máy. Do đó, trong trường hợp các phân xưởng dừng hoạt động dưới 4 ngày vẫn có thể đảm bảo các phân xưởng khác hoạt động bình thường và sản phẩm trung gian có thể sẽ được chứa trong các bồn chứa này;

- Kết quả từ mô hình quy hoạch tuyến tính gồm cơ cấu sản phẩm, lợi nhuận, công suất các phân xưởng sẽ được so sánh với trường hợp cơ sở nhằm tính được những tổn thất kinh tế trong trường hợp dừng phân xưởng.

Trong các trường hợp nghiên cứu, thời gian ngừng máy được chọn là số ngày dài nhất mà các phân xưởng có thể ngừng tối đa và công suất CDU không bị mất mát nhiều. Đây là nhiệm vụ của bộ phận điều độ sản xuất trong

nhà máy lọc dầu. Trong khi có sự cố, cần xem xét các bể chứa cấu tử trung gian cho nguyên liệu các phân xưởng RFCC, naphtha, cấu tử trung gian pha xăng... Trường hợp sự cố kéo dài hơn, sử dụng mô hình quy hoạch tuyến tính để xác định giải pháp tốt nhất để giảm thiểu tổn thất.

Theo số liệu thực tế vận hành tại nhà máy lọc dầu trong nước, các phân xưởng hay xảy ra sự cố phải dừng hoạt động gồm CDU, CCR và RFCC. Thời gian dừng hoạt động trung bình 3 ngày/tháng. Riêng đối với phân xưởng RFCC, do tính phức tạp về công nghệ và vận hành nên mỗi lần dừng máy phải mất từ 3 đến 5 ngày để xử lý sự cố và chạy lại. Do đó, trong phạm vi nghiên cứu của đề tài, nhóm tác giả sẽ xem xét 3 trường hợp dừng phân xưởng:

- Dừng hoạt động phân xưởng CDU 3 ngày/tháng;
- Dừng hoạt động phân xưởng CCR 3 ngày/tháng;
- Dừng hoạt động phân xưởng RFCC 5 ngày/tháng.

Ứng với từng trường hợp cụ thể, mô hình sẽ đưa ra phương án tối ưu nhất, cũng là phương án ít tổn thất kinh tế nhất. Phương án này có thể giúp giữ nguyên công suất vận hành của phân xưởng hiện tại và sản phẩm trung gian dư sẽ được chứa vào các bồn chứa trung gian hoặc sẽ giảm công suất phân xưởng tương ứng. Các khai báo bổ sung cho mô hình quy hoạch tuyến tính ứng với từng trường hợp phân xưởng dừng hoạt động, cụ thể:

- Dừng hoạt động phân xưởng chưng cất khí quyển 3 ngày:

- + Ràng buộc công suất phân xưởng CDU: 4.237.568 thùng/tháng

- Đối với các trường hợp dừng máy của các phân xưởng khác (CCR, RFCC) mô hình quy hoạch tuyến tính sẽ chạy tối ưu và đưa ra quyết định nên giữ nguyên công suất vận hành của CDU (các sản phẩm trung gian sẽ được

chứa trong các thùng chứa sản phẩm trung gian và đưa vào chế biến khi nhà máy chạy lại) hoặc giảm công suất CDU tương ứng. Do đó ràng buộc về công suất phân xưởng CDU trong mô hình LP sẽ nhỏ hơn hoặc bằng công suất tối đa của phân xưởng ($\leq 4.708.409$ thùng/tháng). Cụ thể:

- Dừng hoạt động phân xưởng Reforming 3 ngày:
 - Ràng buộc công suất phân xưởng CDU: $\leq 4.708.409$ thùng/tháng;
 - Ràng buộc công suất phân xưởng Reforming: ≤ 529.446 thùng/tháng.
- Dừng hoạt động phân xưởng cracking xúc tác 5 ngày:
 - Ràng buộc công suất phân xưởng CDU: $\leq 4.708.409$ thùng/tháng;
 - Ràng buộc công suất phân xưởng RFCC $\leq 1.742.404$ thùng/tháng.

3. Kết quả tính toán

3.1. Dừng hoạt động phân xưởng CDU 3 ngày

Với các thiết lập bổ sung ràng buộc khi dừng hoạt động phân xưởng CDU 3 ngày, mô hình quy hoạch tuyến tính giải

bài toán tối đa lợi nhuận và đề xuất công suất vận hành của từng phân xưởng trong nhà máy được thể hiện trong Bảng 4.

Việc dừng hoạt động phân xưởng CDU sẽ gây ra hiệu ứng domino dừng cả nhà máy trong 3 ngày và kéo theo công suất các phân xưởng giảm tương ứng 10%, ngoại trừ phân xưởng NHT, CCR và ISOM (công suất giảm khoảng 4%). Lý do là ở trường hợp cơ sở, lượng xăng thô làm nguyên liệu cho NHT dư do giới hạn công suất của NHT, CCR và ISOM (dư 51.169 thùng/tháng). Lượng xăng này sẽ được đưa đi pha trộn xăng M92. Trong trường hợp giảm 10% công suất CDU (CDU dừng hoạt động 3 ngày/tháng) thì lượng xăng thô vẫn đáp ứng được gần 96% công suất của phân xưởng NHT. Công suất của các phân xưởng CCR và ISOM vì thế cũng giảm đi tương ứng. Thành phần phối trộn xăng M92 thể hiện trong Bảng 5.

So sánh cơ cấu sản phẩm và lợi nhuận của nhà máy khi dừng hoạt động phân xưởng CDU 3 ngày với trường hợp cơ sở được trình bày trong Bảng 6.

Theo kết quả Bảng 6, khi dừng hoạt động phân xưởng CDU 3 ngày, công suất của các phân xưởng

Bảng 4. Công suất của các phân xưởng trong trường hợp phân xưởng CDU dừng hoạt động 3 ngày/tháng so với trường hợp cơ sở

TT	Phân xưởng	Công suất (thùng/tháng)		Chênh lệch (%)
		Trường hợp cơ sở	Trường hợp phân xưởng CDU dừng hoạt động	
1	Cụm chưng cất khí quyển (CDU)	4.708.409	4.237.568	-10,0
2	Xử lý naphtha bằng hydro (NHT)	803.450	769.459	-4,2
3	Reforming (CCR)	587.559	562.702	-4,2
4	Xử lý kerosene (KTU)	283.140	254.826	-10,0
5	Cracking xúc tác (RFCC)	2.090.885	1.881.797	-10,0
6	Xử lý LPG (LTU)	684.457	616.011	-10,0
7	Xử lý naphtha (NTU)	1.244.287	1.119.863	-10,0
8	Thu hồi propylene (PRU)	270.840	243.756	-10,0
9	Isomer hóa (ISOM)	225.076	215.554	-4,2
10	Xử lý LCO (LCO HDT)	517.673	465.906	-10,0

Bảng 5. Thành phần phối trộn xăng M92 trong trường hợp cơ sở và trường hợp phân xưởng CDU dừng hoạt động

TT	Thành phần phối trộn	Trường hợp cơ sở		Trường hợp phân xưởng CDU dừng hoạt động	
		Sản lượng (thùng/tháng)	Tỷ lệ phối trộn (%)	Sản lượng (thùng/tháng)	Tỷ lệ phối trộn (%)
1	Hỗn hợp C ₄	18.557	1,5	1.218	0,2
2	Isomere	41.643	3,5	98.822	14,8
3	Reformate	167.569	13,8	78.922	11,9
4	RFCC Gasoline	932.502	77,0	486.334	73,1
5	Xăng thô	51.169	4,2	-	-
	Tổng	1.211.440	100	665.296	100

Bảng 6. Cơ cấu sản phẩm và tổn thất kinh tế của nhà máy trong trường hợp phân xưởng CDU dừng hoạt động 3 ngày/tháng

TT	Chỉ tiêu	Trường hợp cơ sở		Trường hợp phân xưởng CDU dừng hoạt động	
		Sản lượng (thùng/tháng)	%	Sản lượng (thùng/tháng)	%
A	Dầu thô	4.708.409	100	4.237.568	100
B	Sản phẩm				
1	Polypropylene	111.780	2,4	100.762	2,4
2	LPG	483.381	10,3	438.369	10,4
3	Xăng M95	774.991	16,5	1.112.628	26,5
4	Xăng M92	1.211.440	25,9	665.297	15,8
5	Nhiên liệu phản lực Jet A1	283.140	6,0	254.826	6,1
6	Nhiên liệu diesel 6	1.497.886	32,0	1.326.679	31,5
7	Nhiên liệu diesel 12	214.188	4,6	214.188	5,1
8	Dầu đốt	108.326	2,3	92.462	2,2
C	Lợi nhuận thô (USD/tháng)	58.473.929		53.177.499	
D	Chênh lệch lợi nhuận (USD/tháng)	5.296.430			

Bảng 7. Công suất của các phân xưởng trong trường hợp phân xưởng CCR dừng hoạt động 3 ngày/tháng so với trường hợp cơ sở

TT	Phân xưởng	Công suất (thùng/tháng)		Chênh lệch (%)
		Trường hợp cơ sở	Trường hợp phân xưởng CCR dừng hoạt động	
1	Cụm chưng cất khí quyển (CDU)	4.708.409	4.708.409	0,0
2	Xử lý naphtha bằng hydro (NHT)	803.450	723.105	-10,0
3	Reforming (CCR)	587.559	528.803	-10,0
4	Xử lý kerosene (KTU)	283.140	283.140	0,0
5	Cracking xúc tác (RFCC)	2.090.885	2.090.885	0,0
6	Xử lý LPG (LTU)	684.457	684.457	0,0
7	Xử lý naphtha (NTU)	1.244.287	1.244.287	0,0
8	Thu hồi propylene (PRU)	270.840	270.840	0,0
9	Isomer hóa (ISOM)	225.076	202.568	-10,0
10	Xử lý LCO (LCO HDT)	517.673	517.673	0,0

đều giảm và gây thiệt hại cho nhà máy khoảng 5,3 triệu USD lợi nhuận trong tháng xảy ra sự cố, tương đương 1,77 triệu USD/ngày.

Việc dừng hoạt động phân xưởng CDU 3 ngày như kịch bản cũng làm cho sản lượng của các sản phẩm khác bị giảm, trừ xăng M95. Việc giảm công suất CDU trong tháng làm giảm lượng xăng thô dùng để phối trộn xăng M92 (trong trường hợp này lượng xăng thô sử dụng để phối trộn bằng 0) dẫn đến sản lượng M92 giảm và các cấu tử có chỉ số octane cao sẽ ưu tiên phối trộn M95 làm cho sản lượng M95 tăng lên.

3.2. Dừng hoạt động phân xưởng CCR 3 ngày

Tương tự như trường hợp dừng hoạt động phân xưởng CDU, kịch bản dừng hoạt động phân xưởng Reforming (CCR) 3 ngày sẽ dẫn đến các phân xưởng NHT, ISOM và LCO HDT cũng dừng hoạt động do không có nguồn cung cấp hydro. Với các ràng buộc bổ sung, kết quả từ mô hình quy hoạch tuyến tính khi phân xưởng CCR dừng hoạt động 3 ngày/tháng (tương đương với 27

ngày làm việc/tháng) được thể hiện trong Bảng 7.

Trong trường hợp phân xưởng CDU giữ nguyên công suất vận hành, chỉ giảm công suất của các phân xưởng NHT, CCR và ISOM tương ứng 10% so với trường hợp cơ sở. Phân xưởng LCO HDT không giảm công suất mặc dù vẫn dừng vận hành 3 ngày là do công suất vận hành bình thường chỉ khoảng 60% công suất thiết kế nên vẫn còn đủ biên độ để đảm bảo công suất xử lý dầu LCO từ kho chứa khi vận hành trở lại. Cơ cấu sản phẩm và tổn thất kinh tế của nhà máy trong trường hợp phân xưởng CCR dừng hoạt động thể hiện trong Bảng 8.

Trong trường hợp này, sản lượng của các sản phẩm như diesel, dầu đốt FO, nhiên liệu phản lực Jet A1 không thay đổi, chỉ có tổng sản lượng của xăng giảm do sản lượng của cấu tử pha trộn reformate và isomate giảm. Sản lượng xăng M92 tăng đáng kể do tăng sản lượng của các cấu tử pha trộn xăng có chỉ số octane thấp mà cụ thể là lượng xăng thô (whole naphtha). Cơ cấu pha trộn xăng M92 của trường hợp cơ sở và kịch bản dừng hoạt động phân xưởng CCR được thể hiện trong Bảng 9.

Bảng 8. Cơ cấu sản phẩm và tổn thất của nhà máy trong trường hợp phân xưởng CCR dừng hoạt động 3 ngày/tháng

TT	Chỉ tiêu	Trường hợp cơ sở		Trường hợp phân xưởng CCR dừng hoạt động	
		Sản lượng (thùng/tháng)	Tỷ lệ (%)	Sản lượng (thùng/tháng)	Tỷ lệ (%)
A	Dầu thô	4.708.409	100	4.708.409	100
B	Sản phẩm				
1	Polypropylene	111.780	2,4	111.506	2,4
2	LPG	483.381	10,3	476.039	10,1
3	Xăng M95	774.991	16,5	67.828	1,4
4	Xăng M92	1.211.440	25,9	1.937.151	41,3
5	Nhiên liệu phản lực Jet A1	283.140	6,0	283.140	6,0
6	Nhiên liệu diesel 6	1.497.886	32,0	1.497.886	31,9
7	Nhiên liệu diesel 12	214.188	4,6	214.188	4,6
8	Dầu đốt FO	108.326	2,3	108.326	2,3
C	Lợi nhuận (USD/tháng)	58.473.929		57.130.905	
D	Tổn thất (USD/tháng)	1.343.024			

Bảng 9. Thành phần phối trộn xăng M92 trong trường hợp cơ sở và trường hợp dừng phân xưởng CCR

TT	Thành phần phối trộn	Trường hợp cơ sở		Trường hợp dừng phân xưởng CCR	
		Sản lượng (thùng/tháng)	Tỷ lệ phối trộn (%)	Sản lượng (thùng/tháng)	Tỷ lệ phối trộn (%)
1	Hỗn hợp C ₄	18.557	1,5	24.371	1,3
2	Isomerate	41.643	3,5	170.316	8,8
3	Reformate	167.569	13,8	399.115	20,6
4	RFCC gasoline	932.502	77,0	1.213.231	62,6
5	Xăng thô	51.169	4,2	130.119	6,7
	Tổng	1.211.440	100	1.937.151	100

Trường hợp phân xưởng CCR dừng hoạt động, sản lượng xăng M92 tăng rất cao (Bảng 8) và có thể vượt quá nhu cầu tiêu thụ trong tháng hoặc các đơn đặt hàng đã có sẵn trước đó. Vì vậy, để đảm bảo giảm thiểu tổn thất trong trường hợp này, đội ngũ kinh doanh của nhà máy phải đẩy mạnh tiêu thụ xăng M92.

Với việc điều độ tối ưu vận hành của nhà máy, phân xưởng CCR dừng hoạt động 3 ngày sẽ gây tổn thất cho nhà máy khoảng 1,34 triệu USD trong tháng xảy ra sự cố, tương đương 447 nghìn USD/ngày.

3.3. Dừng hoạt động phân xưởng RFCC 5 ngày

Phân xưởng RFCC có vai trò rất quan trọng, vì vậy việc dừng hoạt động phân xưởng này gây ra tổn thất rất lớn cho nhà máy lọc dầu. Khi phân xưởng RFCC dừng hoạt động 5 ngày/tháng, mô hình quy hoạch tuyến tính giải bài toán tối ưu và cho câu trả lời về công suất vận hành của các phân xưởng trong nhà máy lọc dầu tương ứng (Bảng 10).

Như vậy việc dừng hoạt động phân xưởng RFCC có ảnh hưởng lớn đến vận hành nhà máy. Công suất các phân

xưởng giảm 11,32 - 16,67% so với trường hợp cơ sở. Trong trường hợp này, cơ cấu sản phẩm tối ưu khi dừng hoạt động phân xưởng RFCC 5 ngày thể hiện trong Bảng 11.

Trường hợp này, tương tự như trường hợp giảm công suất phân xưởng CDU và CCR, công suất của các phân xưởng đều giảm dẫn đến sản lượng sản xuất các sản phẩm giảm đáng kể và gây tổn thất cho nhà máy khoảng 9,4 triệu USD/tháng, tương đương 1,88 triệu USD/ngày. Tuy nhiên, nếu trong trường hợp phân xưởng RFCC dừng hoạt động, lượng cặn chưng cất khí quyển (là nguyên liệu cho RFCC) được chứa trong bồn chứa cặn khí quyển hoặc bồn chứa dầu thô (trong trường hợp cặn chưng cất khí quyển dư nhiều hơn công suất chứa của bồn chứa cặn khí quyển) thì tổn thất của nhà máy sẽ giảm đáng kể.

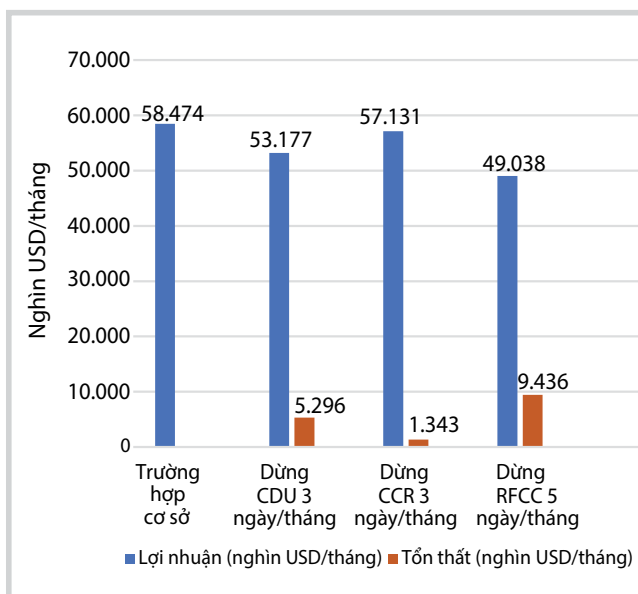
So sánh tổn thất trong các trường hợp dừng hoạt động các phân xưởng (Hình 4) cho thấy trường hợp dừng hoạt động phân xưởng RFCC gây tổn thất nhiều nhất cho nhà máy, kế tiếp là phân xưởng CDU và việc dừng hoạt động phân xưởng CCR gây ít tổn thất nhất.

Bảng 10. Công suất của các phân xưởng trong trường hợp phân xưởng RFCC dừng hoạt động 5 ngày/tháng so với trường hợp cơ sở

TT	Phân xưởng	Công suất (thùng/tháng)		Chênh lệch (%)
		Trường hợp cơ sở	Trường hợp phân xưởng RFCC dừng hoạt động	
1	Cụm chưng cất khí quyển (CDU)	4.708.409	3.923.674	-16,7
2	Xử lý naphtha bằng hydro (NHT)	803.450	712.462	-11,3
3	Reforming (CCR)	587.559	521.020	-11,3
4	Xử lý kerosene (KTU)	283.140	235.950	-16,7
5	Cracking xúc tác (RFCC)	2.090.885	1.742.404	-16,7
6	Xử lý LPG (LTU)	684.457	570.383	-16,7
7	Xử lý naphtha (NTU)	1.244.287	1.036.910	-16,7
8	Thu hồi propylene (PRU)	270.840	225.701	-16,7
9	Isomer hóa (ISOM)	225.076	199.587	-11,3
10	Xử lý LCO (LCO HDT)	517.673	431.394	-16,7

Bảng 11. Cơ cấu sản phẩm và tổn thất của nhà máy trong trường hợp phân xưởng RFCC dừng hoạt động 5 ngày/tháng

TT	Chỉ tiêu	Trường hợp cơ sở		Trường hợp phân xưởng RFCC dừng hoạt động	
		Sản lượng (thùng/tháng)	Tỷ lệ (%)	Sản lượng (thùng/tháng)	Tỷ lệ (%)
A	Dầu thô	4.708.409	100	3.923.674	100
B	Sản phẩm				
1	Polypropylene	111.780	2,4	93.298	2,4
2	LPG	483.381	10,3	405.897	10,4
3	Xăng M95	774.991	16,5	1.030.211	26,5
4	Xăng M92	1.211.440	25,9	616.016	15,8
5	Nhiên liệu phản lực A1	283.140	6,0	235.950	6,1
6	Nhiên liệu diesel 6	1.497.886	32,0	1.212.541	31,2
7	Nhiên liệu diesel 12	214.188	4,6	214.188	5,5
8	Dầu đốt	108.326	2,3	81.886	2,1
C	Lợi nhuận (USD/tháng)	58.473.929		49.038.396	
D	Tổn thất (USD/tháng)	9.435.533			



Hình 4. So sánh tổn thất trong các trường hợp dừng hoạt động các phân xưởng công nghệ của nhà máy lọc dầu

Mô hình quy hoạch tuyến tính đã tính toán giải pháp tối ưu nhằm giảm thiểu tổn thất trong các trường hợp dừng hoạt động các phân xưởng công nghệ của nhà máy lọc dầu. Các giải pháp này gồm: giữ nguyên công suất phân xưởng CDU và đưa sản phẩm trung gian vào các bồn chứa sản phẩm trung gian để chế biến tiếp sau khi nhà máy vận hành trở lại hoặc phải giảm công suất phân xưởng CDU tương ứng. Tuy nhiên, tổn thất có thể giảm hơn nữa nếu nhà máy lọc dầu áp dụng các biện pháp để chẩn đoán sự cố nhanh nhất, chính xác nhất (ví dụ sử dụng mô hình CFD) giúp giảm thời gian dừng hoạt động.

4. Kết luận

Mô hình quy hoạch tuyến tính cho nhà máy lọc dầu được xây dựng để tính toán cân bằng vật chất của các phân xưởng công nghệ và cân bằng vật chất các dòng sản phẩm, tối ưu hóa vận hành trong điều kiện hoạt động bình thường và các trường hợp dừng hoạt động

nhằm giảm tối thiểu tổn thất cho nhà máy lọc dầu. Với các kịch bản giả định, kịch bản dừng hoạt động phân xưởng RFCC gây tổn thất nhiều nhất, tiếp theo là phân xưởng CDU và việc dừng hoạt động phân xưởng CCR gây ít tổn thất nhất cho nhà máy lọc dầu. Mô hình quy hoạch tuyến tính do Viện Dầu khí Việt Nam xây dựng có thể áp dụng để tính toán tổn thất cho các trường hợp dừng hoạt động các phân xưởng khác nhau trong nhà máy lọc dầu; là cơ sở để xây dựng phương án vận hành tối ưu và giảm thiểu thiệt hại trong trường hợp xảy ra sự cố phải dừng hoạt động các phân xưởng công nghệ của nhà máy lọc dầu.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Cảnh. *Quy hoạch tuyến tính*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh. 2004.
2. Jean-Pierre Favennec. *Refinery operation and management*. Petroleum Refining. Institut Francais du Petrole Publications. 2001; 5.
3. Kunal Haridev Vanmali. *Improving refinery productivity through better utilization of crude oil blending using linear programming*. University of the Witwatersrand. 2014.
4. Nguyễn Văn Trọng Luật. *Nghiên cứu khả năng chế biến các loại dầu thô thay thế dầu thô Bạch Hổ của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất*. Viện Dầu khí Việt Nam. 2008.
5. Hoàng Mạnh Hùng. *Xây dựng mô hình quy hoạch tuyến tính để tối ưu kế hoạch vận hành cho Nhà máy Lọc dầu Dung Quất. Giai đoạn 1: Xây dựng mô hình quy hoạch tuyến tính tổng thể cho Nhà máy Lọc dầu Dung Quất và mô hình mô phỏng cụm công nghệ RFCC của nhà máy*. Viện Dầu khí Việt Nam. 2010.
6. John Stommel, Bob Snell. *Consider better practices for refining operations*. Hydrocarbon Processing. 2007: p. 105 - 109.
7. Toshiya Ishizuka, Osamu Ueki, Umetaro Okamoto. *Improve refinery margins with integrated planning and scheduling systems*. Hydrocarbon Processing. 2007: p. 75 - 79.
8. Truong Nhu Tung. *How to make refineries profitable?* Kuala Lumpur. 2013.
9. Confidential Refinery in Germany. *Monthly report*. May 2017.
10. Sowmya Santhanam. *Refinery Planning & Scheduling - Plan the Act*. Act the Plan. Wipro Council for Industry Research. 2017.
11. Confidential Refinery in Vietnam. *LP Report*. 2017.

USING LINEAR PROGRAMING TECHNIQUE TO CALCULATE MARGIN LOSS DURING UNIT SHUTDOWN IN REFINERIES

**Nguyen Thanh Sang, Dang Thi Tuyet Mai, Truong Nhu Tung
Nguyen Huu Luong, Chau Khieu Han, Tran Vinh Loc**
Vietnam Petroleum Institute
Email: sangnt.pvpro@vpi.pvn.vn

Summary

Shutdown of a unit in the event of an accident is a common occurrence in the operation of any refinery in the world and normally causes a certain amount of damage or loss in margin aspects (depending on technology configuration, shutdown unit, downtime and decisions made during the incident). Calculation of margin loss and seeking the optimal solution to minimise its influences are, therefore, very important. This paper presents the method of productivity loss calculation and proposes the optimal operation plans in some shutdown scenarios for a typical refinery based on the application of Linear Programming Technique (LP) developed by Petrovietnam Research and Development Centre for Petroleum Processing (PVPro) - Vietnam Petroleum Institute (VPI).

Key words: Linear Programming Technique, technological unit, refinery.