

Development of the Mathematical Model of the Platforming Block of the Catalytic Reforming Unit

A.A. Safarova

Azerbaijan State Oil and Industry University (Azadlig ave. 16/21, Baku, AZ 1010, Azerbaijan)

For correspondence:

Safarova Aygun / e-mail: aygsafa@rambler.ru

Abstract

Many branches of the national economy, including oil and petrochemical, consist of complex combinations of technological installations. An optimal control of technological processes occurring in each of these complex units, in turn, is an urgent issue. The high requirements for the quantity and quality of petroleum products in the modern period necessitate the use of complex structured technological systems. The effective management of complex structural technological systems depends on the physical formalization of issues of optimal control of technological processes of various classes, the correct construction of optimal control algorithms based on mathematical models. Given the above, in the presented research work was studied to develop and verify the adequacy of the mathematical model of the block reforming technological complex catalytic reforming on the basis of data collected during the experiment. In developing the mathematical model, various regimes calculated by the composition of raw materials were taken into account.

Keywords: *catalytic reforming unit, reactor block, regression equation, reactor temperature.*

DOI: 10.52171/2076-0515_2022_14_4_87_92

Received 03.02.2021

Revised 07.12.2022

Accepted 12.12.2022

For citation:

Safarova A.A.

[Development of the mathematical model of the platforming block of the catalytic reforming unit]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2022, vol. 14, no. 4, pp. 87-92 (in Azerbaijani)

Katalitik riforminq qurğusunun platforminq blokunun riyazi modelinin işlənilməsi

A.A. Səfərova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azadlıq pr. 16/21, Bakı ş., AZ1010, Azərbaycan)

Yazışma üçün: Aygün Səfərova / e-mail: aygsafa@rambler.ru

Xülasə

Xalq təsərrüfatının bir çox sahələri, o cümlədən neft və neft kimya sahələri mürəkkəb texnoloji qurğuların kombinasiyalarından ibarətdir. Bu mürəkkəb qurğuların hər birində gedən texnoloji proseslərin optimal idarə olunması, öz növbəsində, aktual məsələdir. Müasir dövrdə neft məhsullarının kəmiyyət və keyfiyyətinə qoyulan yüksək tələb mürəkkəb strukturlu texnoloji sistemlərin tətbiqini zəruri edir. Mürəkkəb strukturlu texnoloji sistemlərin effektiv idarə olunması isə müxtəlif sinifdən olan texnoloji proseslərin optimal idarəetmə məsələlərinin fiziki cəhətdən əsaslandırılmasından, riyazi modellərin bazası əsasında optimal idarəetmə alqoritmlərinin düzgün qurulmasından asılıdır. Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq, tədqiqat işində katalitik riforminq texnoloji kompleksinin platforminq blokunda aparılmış təcrübə müddətində toplanmış verilənlər əsasında riyazi modelinin işlənilməsi və adekvatlığının yoxlanılması məsələsi tədqiq olunmuşdur. Riyazi modelin işlənilməsi zamanı xammalın tərkibinə hesablanan müxtəlif rejimlər nəzərə alınmışdır.

Açar sözlər: katalitik riforminq qurğusu, reaktor bloku, reqressiya tənliyi, reaktorun temperaturu.

DOI 10.52171/2076-0515_2022_14_04_87_92

УДК 658.012.011

Разработка математической модели блока платформинга установки каталитического riformинга

A.A. Сафарова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (пр. Азадлыг, 16/21, Баку, AZ1010, Азербайджан)

Для переписки:

Сафарова Айгюн / e-mail: aygsafa@rambler.ru

Аннотация

Многие отрасли народного хозяйства, в том числе нефтяная и нефтехимическая, состоят из сложных комбинаций технологических установок. Оптимальное управление технологическими процессами, протекающими в каждом из этих сложных агрегатов, в свою очередь является актуальным вопросом. Высокие требования к количеству и качеству нефтепродуктов в современный период обуславливают необходимость применения сложных структурированных технологических систем. Эффективное управление сложными структурными технологическими системами зависит от обоснованности вопросов оптимального управления технологическими процессами различных классов, правильного построения оптимальных алгоритмов управления на основе математических моделей. В представленной исследовательской работе изучен вопрос разработки и проверки адекватности математической модели блока платформата технологического комплекса каталитического реформирования на основе данных, собранных в ходе эксперимента. При разработке математической модели учитывались различные режимы, рассчитанные по составу сырья.

Ключевые слова: установка каталитического riformинга, реакторный блок, уравнение регрессии, температура реактора.

Giriş

Məlumdur ki, texnoloji komplekslərin optimal idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsində ilkin və vacib mərhələlərdən biri onların cari texnoloji situasiyalarını adekvat əks etdirə bilən riyazi modellərinin işlənilməsidir [1, 2].

Katalitik riforminq qurğusuna verilən xammal neftin ilkin emalı qurğusunda istehsal olunan aşağı oktanlı benzin fraksiyasıdır. Qurğunun əsas məqsədi aşağı oktanlı benzin fraksiyasından yüksək oktanlı benzin fraksiyasının alınmasıdır.

Neftin ilkin emalı texnoloji kompleksində emal üçün verilən xam neft müxtəlif fraksiya tərkibinə malikdir. Aydın məsələdir ki, belə olan şəraitdə alınan benzinin tərkibi müxtəlif olacaqdır. Beləliklə, riforminq qurğusuna daxil olan xammalın tərkibində müxtəlif potensiala malik fraksiyalar vardır.

Yuxarıda qeyd olunanlara əsaslanaraq, belə nəticəyə gəlmək olar ki, katalitik riforminq qurğusuna verilən müxtəlif fraksiyalı xammaldan maksimum miqdarda reaksiya məhsulları almaq üçün riforminq prosesi xammalın tərkibinə hesablanan müxtəlif rejimlərdə aparılmalıdır.

İşin məqsədi

Katalitik riforminq qurğusunun optimal iş rejimini təmin edə bilən, cari vəziyyətləri düzgün əks etdirən adekvat riyazi modelin işlənilməsidir.

Məsələnin qoyuluşu

Texnoloji qurğuda optimallaşdırma məsələsinin riyazi qoyuluşunu aşağıdakı şəkildə göstərmək olar:

$$Y=f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \rightarrow \max \quad (1)$$

Harada ki:

- X_1 – qurğuya verilən xammalın sərfi,
- X_2 – xammalın xüsusi çəkisi,
- X_3 – 1-ci reaktorun girişində temperatur,
- X_4 – 2-ci reaktorun girişində temperatur,
- X_5 – 3-cü reaktorun girişində temperatur,
- X_6 – 4-cü reaktorun girişində temperatur,
- Y – platformanın oktan ədədi.

Giriş və idarəedici parametrlərə qoyulan məhdudiyyət şərtləri isə aşağıdakı kimidir:

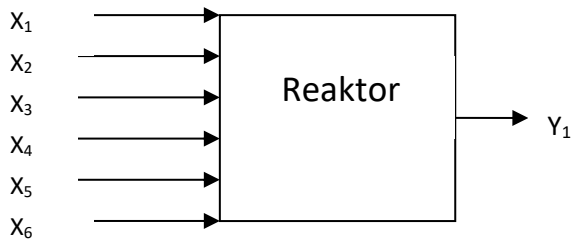
- 1) $70 \leq X_1 \leq 100$
 - 2) $0,78 \leq X_2 \leq 0,8$
 - 3) $470 \leq X_3 \leq 509$
 - 4) $480 \leq X_4 \leq 499$
 - 5) $480 \leq X_5 \leq 505$
 - 6) $480 \leq X_6 \leq 504$
- (2)

Platforminq blokunun əsas texnoloji aparatlarının reaktor blokunun olduğunu nəzərə alsaq, optimal idarəetmə məsələsinin qoyuluşunu aşağıdakı şəkildə ifadə etmək olar. Texnoloji qurğuda xammalın sərfinin və keyfiyyət göstəricilərinin verilmiş qiymətlərində reaktor blokunda idarəedici parametrlərin verilmiş reqlament daxilində elə qiymətlərinin tapılması tələb olunur ki, bu halda optimallaşdırma məsələsini xarakterizə edən meyarın maksimal qiyməti təmin edilmiş olsun [3].

Məsələnin həlli

Platforminq blokunun əsas aparatı olan reaktoru qara qutu şəklində təsvir edək (şəkl.1).

Aparılmış təcrübə müddətində toplanmış verilənlər əsasında mürəkkəb sistemin riyazi modelinin qurulması üçün çoxhədli korrelyasiya metodundan istifadə edilir [3].



Şəkil 1 – Reaktorun “Qara qutusu”
Figure 1 – Reactor "Black Box"

Regressiya tənliyi xətti formada aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$y = B_0 + \sum_{i=1}^k B_i X_i \quad (3)$$

burada: B_0 – sərbəst əmsal, $B_i (i=1, k)$ – xətti təsir əmsalları, $x_i (i=1, k)$ – riyazi modelin qurulmasında istifadə olunan giriş parametrləri; k – giriş parametrlərinin sayıdır.

Tənliyin əmsalları ən kiçik kvadratlar metodu ilə:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min \quad (4)$$

şərtindən tapılır. Burada $\hat{y}_i$ – asılı olmayan dəyişənlərin i -ci müşahidəyə uyğun gələn qiymətlərinə əsasən ifadəsi əsasında funksiyanın hesablanmış qiyməti, N isə müşahidənin sayıdır.

Bu riyazi asılılığın doğruluğunu qiymətləndirmək üçün müxtəlif kriteriyalardan istifadə olunur. Bunlardan birincisi korrelyasiya əmsalının hesablanmasıdır.

$$R = \sqrt{\sum_{j=1}^k a_j r_{yx_j}} \quad (5)$$

burada: a_i və r_{yx_i} – aralıq dəyişənlərdir. Bu əmsal giriş və çıxış parametrləri arasındakı əlaqəni göstərməyə xidmət edir.

Ayındır ki, $0 \leq R \leq 1$ olmalıdır.

Bu əmsal nə qədər vahidə çox yaxındırsa, bu o deməkdir ki, modelin qurulmasında istifadə olunan parametrlər düzgün seçilmişdir

və onlar arasında korrelyasiya əlaqəsi mövcuddur. Çox vaxt təkcə korrelyasiya əmsalı modelin doğruluğu üçün kifayət etmir. Bu zaman modelin adekvat olub-olmaması yoxlanılmalıdır. Riyazi modellərin adekvatlığı Fişer kriteriyası əsasında yoxlanılır:

$$F = S_y^2 / S_{2qal}^2 \quad (6)$$

Burada

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad (7)$$

$$S_{2qal}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p-1} \quad (8)$$

harada ki, $\bar{y}$ - funksiyanın orta qiymətidir.

Yuxarıdakı düstur ilə hesablanmış qiymət onun cədvəl qiymətindən kiçik olarsa, bu zaman tapılmış model adekvat model hesab olunur [4, 5]. Reaktor blokunun riyazi modelinin qurulması üçün eksperimentlər nəticəsində toplanmış ilkin statistik verilənlər cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Nəticə

Məsələnin həlli nəticəsində katalitik riforminq qurğusunun platforminq blokunun riyazi modeli üçün alınan regressiya tənliyi aşağıdakı şəkildə təyin olunmuşdur:

$$Y = 237,0996 + 0,330829 \cdot X_1 - 68,0707 \cdot X_2 - 0,65253 \cdot X_3 - 0,01427 \cdot X_4 + 0,316892 \cdot X_5 + 0,121573 \cdot X_6$$

Regressiya tənliyinin əmsalları:

$$B_0 = 237,0996; B_1 = 0,330829$$

$$B_2 = -68,0707; B_3 = -0,65253$$

$$B_4 = -0,01427; B_5 = 0,316892$$

$$B_6 = 0,121573$$

Tənliyin əmsallarının hesablanması cədvəl 2-də verilmişdir.

Maraqlar münaqişəsi

Müəllif bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edir.

Cədvəl 1 – İlk statistik verilənlər

Table 1 – Primary statistical data

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
76,6	0,785	480,8	492	480	486	95
77,5	0,781	482	483	481,6	489	95
78	0,788	482,6	487	482,6	487	95
81	0,782	483	486	482,9	485	95
80	0,781	483,5	489	483	489	96
80,9	0,785	483,7	491	481,9	485	96
78,8	0,783	484	483	483	487	95
80,8	0,789	484,9	492	482,7	488,8	95
81	0,775	485,7	487	486	489	96
82,4	0,779	486,4	490	483,7	485,9	96
82	0,772	487	482	484,7	488,2	96
83	0,773	488	486	484,2	487,8	94
80	0,778	488,8	492	482,1	485,9	92
82	0,774	490	483	481	487,8	91
78	0,776	488	492	485,6	485,9	93
81,2	0,785	486	495	485	486	92
80	0,781	485,6	487	483,1	487,8	91
79,9	0,788	487,5	481	486	486,9	93
80	0,782	487,9	486	485	488,8	95
79,3	0,781	484,2	489	483	487,7	94

Cədvəl 2 – Regressiya tənliyinin əmsallarının hesablanması

Table 2 – Calculation of coefficients of the regression equation

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
76,6	0,785	480,8	492	480	486	95
77,5	0,781	482	483	481,6	489	95
78	0,788	482,6	487	482,6	487	95
81	0,782	483	486	482,9	485	95
80	0,781	483,5	489	483	489	96
80,9	0,785	483,7	491	481,9	485	96
78,8	0,783	484	483	483	487	95
80,8	0,789	484,9	492	482,7	488,8	95
81	0,775	485,7	487	486	489	96
82,4	0,779	486,4	490	483,7	485,9	96
82	0,772	487	482	484,7	488,2	96
83	0,773	488	486	484,2	487,8	94
80	0,778	488,8	492	482,1	485,9	92
82	0,774	490	483	481	487,8	91
78	0,776	488	492	485,6	485,9	93
81,2	0,785	486	495	485	486	92
80	0,781	485,6	487	483,1	487,8	91

<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>	<i>X6</i>	<i>Y</i>
79,9	0,788	487,5	481	486	486,9	93
80	0,782	487,9	486	485	488,8	95
79,3	0,781	484,2	489	483	487,7	94
0,121573	0,316892	-0,01427	-0,66253	-68,0707	0,330829	237,0996
0,267763	0,226051	0,091269	0,187607	81,32724	0,239403	205,3371
0,508696	1,425255	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
2,243368	13	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
27,34242	26,40758	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

REFERENCES

1. **Ağayev F.H., Səfərova A.A.** Mürəkkəb texnoloji sistemlərdə işəburaxma prosesinin optimal idarəetmə alqoritmlərinin işlənilməsi. *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, cild 12. N-3. 2020. (in Azerbaijani)
2. **Əfəndiyev İ.R., Mustafayev İ.A.** Texnoloji proseslərin optimal idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsi metodları. Nəzəriyyə və tətbiq. Bakı: *Çaşıoğlu*, 2005, 240 s. (in Azerbaijani)
3. **Kafarov V.V.** Metody kibernetiki v himii i himicheskoy tekhnologii. M.: *Himiya*, 1985, 448 s. (in Russian)
4. **Fedotkin I.M.** Matematicheskoe modelirovanie tekhnologicheskikh processov. - M.: *KD Librokom*, 2018. - 416 c. (in Russian)
5. **Hazanov E.E.** Matematicheskoe modelirovanie himiko-tekhnologicheskikh processov: Uchebnoe posobie / E.E. Hazanov, V.V. Gordeev, V.E. Hazanov. - SPb.: *Lan*, 2014. - 176 c. (in Russian)