УДК 547.422.22.057

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ ЛАГРАНЖА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРАТОРНОГО БЛОКА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ

DETERMINATION BY THE LAGRANGE METHOD OF OPTIMAL OPERATING PARAMETERS FOR THE HYDRATION BLOCK OF THE PROPYLENE GLYCOL PRODUCTION

Магеррамова Тамелла Мустафа кызы
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры инженерии систем управления,
Азербайджанский Государственный
Университет Нефти и Промышленности
tamellatm@gmail.com

Magerramova Tamella Mustafa
Ph. D., Associate Professor of
engineering control systems,
Azerbaijan State University of
Oil and Industry
tamellatm@gmail.com

Аннотация. На основе тщательного исследования функционирования комплекса получения пропиленгликоля выявлены особенности рассматриваемого гидраторного блока. В статье разработана физически обоснованная постановка задачи оптимального управления гидратором. Методом Лагранжа определены оптимальные режимные параметры функционирования гидраторного блока.

Ключевые слова: удельный вес пропиленгликоля, задача оптимального управления, гидраторный блок, функция Лагранжа, режимные параметры.

Annotation. T On the basis careful study of the functioning for the propylene glycol production complex, highlighted the features of the hydration block the features. The physically grounded statement of the optimal hydrator control problem is developed in the article. The optimal regime parameters of the functioning for the hydration block are determined by the Lagrange method.

Keywords: specific gravity of propylene glycol, optimal control problem, hydration block, Lagrange function, regime parameters.

Пропиленгликоль используется в народном хозяйстве, а именно, в производстве красок, косметических принадлежностей, химической и пищевой промышленности и других областях. Кроме того, пропиленгликоль может использоваться в качестве гидравлической жидкости. На эту продукцию есть большая потребность как внутри республики, так и за рубежом. Технологическая установка производства пропиленгликоля состоит из смесителя (Q), гидратора (H) и ректификационной колонны (R).

На рисунке 1 показана упрощенная структурная схема технологической системы получения пропиленгликоля.

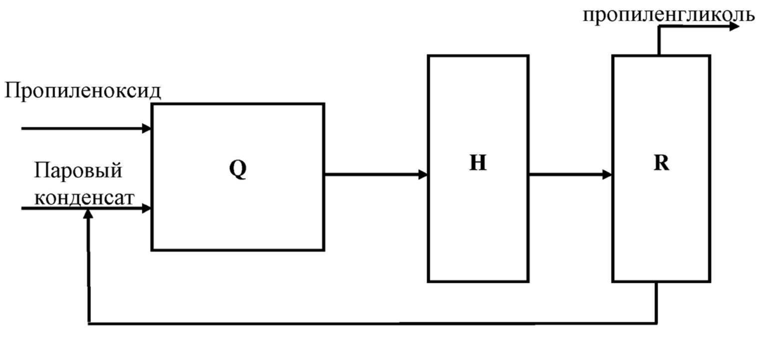

Рисунок 1 – Упрощенная схема технологической установки производства пропиленгликоля

Удельный вес товарного пропиленгликоля, полученного на рассматриваемой установке должен быть в пределах 0,981 ÷ 1,036 г/см³.

Рассмотрим математическую постановку оптимального управления гидраторным блоком [1, 2]. При заданном значении количества пропиленоксида как количество, так и удельный вес полученного пропиленгликоля зависит от температуры и давления, поддерживаемых в гидраторе. Постановка задачи оптимального управления гидратором представляется в следующем виде [3, 4]:

$$y = f\left(P, T, \frac{F_1}{F_2}\right) \to \max_{u \in U} \;; \tag{1}$$

$$g = G\left(P, T, \frac{F_1}{F_2}\right) \geq 0{,}981;$$
$$g = G\left(P, T, \frac{F_1}{F_2}\right) \leq 1{,}036. \qquad (2)$$

Ограничения, наложенные на вход и управления:

$$\begin{cases} 11 \leq P \leq 15 \dfrac{kq}{sm^2} \\ 160 \leq T \leq 180°S \\ 500 \leq F_2 \leq 1000 \dfrac{m^3}{saat} \\ 2000 \leq F_1 \leq 6000 \dfrac{m^3}{saat} \\ 4 \leq \dfrac{F_1}{F_2} \leq 6, \end{cases} \qquad (3)$$

где y – расход пропиленгликоля, g – удельный вес пропиленгликоля, P – давление в гидраторе, T – температура в гидраторе, F_1 – количество водяного пара, подаваемого в смеситель, F_2 – количество пропиленоксида, подаваемого в смеситель.

Для решения задачи выпуклого программирования (1) ÷ (3) представим функцию Лагранжа в следующем виде:

$$L\left(P, T, \frac{F_1}{F_2}, \lambda_1, \lambda_2 ..., \lambda_6\right) = f\left(P, T, \frac{F_1}{F_2}\right) + \lambda_1\left[G\left(P, T, \frac{F_1}{F_2}\right) - 0{,}981\right] +$$
$$+ \lambda_2\left[1{,}036 - G\left(P, T, \frac{F_1}{F_2}\right)\right] + \lambda_3[180 - T] + \lambda_4[T - 160] + \lambda_5[15 - P] + \lambda_6[P - 11]. \qquad (4)$$

Здесь, $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_6$ – множители Лгранжа.

Если для всех аргументов $P, T, \frac{F_1}{F_2}$ və $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_6$ функции (4) выполняется представленное ниже условие, тогда точка $\left\{P^0, T^0, \left(\frac{F_1}{F_2}\right)^0, \lambda_1^0, \lambda_2^0, ..., \lambda_6^0\right\}$ называется седловой точкой функции Лагранжа:

$$L\left(P, T, \frac{F_1}{F_2}, \lambda_1^0, \lambda_2^0, ..., \lambda_6^0\right) \leq L\left(P^0, T^0, \left(\frac{F_1}{F_2}\right)^0, \lambda_1^0, \lambda_2^0, ..., \lambda_6^0\right) \leq L\left(P^0, T^0, \left(\frac{F_1}{F_2}\right)^0, \lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_6\right). \qquad (5)$$

Необходимое и достаточное условия существования седловой точки функции Лагранжа можно представить следующими аналитическими выражениями:

$$\frac{\partial L_0}{\partial P} \leq 0 \ . \qquad (6)$$

$$P^0 \frac{\partial L_0}{\partial P} = 0\,. \qquad (7)$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial T} \leq 0\,. \qquad (8)$$

$$T^0 \frac{\partial L_0}{\partial T} = 0 \ . \tag{9}$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial \lambda_i} \le 0 \quad \left(i = \overline{1,6}\right). \tag{10}$$

$$\lambda_i^0 \frac{\partial L_0}{\partial \lambda_i} = 0 \quad \left(i = \overline{1,6}\right). \tag{11}$$

$$\lambda_i^0 \ge 0 \quad \left(i = \overline{1,6}\right). \tag{12}$$

Здесь $\frac{\partial L_0}{\partial P}, \frac{\partial L_0}{\partial T}$ и $\frac{\partial L_0}{\partial \lambda_j} \le 0 \ \left(i = \overline{1,6}\right)$ – соотвествующие значения частных производных функции Лагранжа, вычисленных в седловой точке.

Если у функции Лагранжа $L\left(P, T, \frac{F_1}{F_2}, \lambda_1, \lambda_2 ..., \lambda_6\right)$ имеется седловая точка $\left\{P^0, T^0, \left(\frac{F_1}{F_2}\right)^0, \lambda_1^0, \lambda_2^0, ..., \lambda_6^0\right\}$, тогда в этой точке выполняются условия (6) ÷ (12).

Для решения вышепоставленной задачи неравенства (6), (8) и (10) преобразуем в равенства. Для этого, введя в выражения (6) ÷ (12) новые неотрицательные дополнительные переменные $\vartheta_j \left(j = \overline{1,2}\right)$ и $w_i \left(i = \overline{1,6}\right)$ получим:

$$\frac{\partial L_0}{\partial P} + \vartheta_1 = 0 \ . \tag{13}$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial T} + \vartheta_2 = 0 \ . \tag{14}$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial \lambda_i} - w_i = 0 \quad \left(i = \overline{1,6}\right). \tag{15}$$

$$P^0 \vartheta_1 = 0 \ . \tag{16}$$

$$T^0 \vartheta_2 = 0 \ . \tag{17}$$

$$\lambda_i^0 w_i = 0 \quad \left(i = \overline{1,6}\right). \tag{18}$$

$$\lambda_i^0 \ge 0; \vartheta_i \ge 0; w_j \ge 0 \quad \left(i = \overline{1,2},\ j = \overline{1,6}\right). \tag{19}$$

Таким образом, для нахождения решения задачи выпуклого программирования (1) ÷ (2) необходимо определить неотрицательное решение линейной системы уравнений (13) ÷ (15), удовлетворяющей условиям (16) ÷ (18). Это решение можно найти с помощью метода искусственного базиса. Так, это приводит нахождению максимального значения функции

$$F = -M \sum_i z_i \ , \tag{20}$$

удовлетворяющего условиям (13), (14), (15) и (19) и учитывающего выражения (16) ÷ (18). Здесь, z_i – искусственные переменные, введенные в уравнения (13) ÷ (15), M – достаточно большое положительное число (его значение обычно не задается).

Ниже представлены реальные значения полученных с объекта входных и выходных параметров, введенных в математические модели:

$$y_{real} = 70{,}49 \frac{m^3}{saat}; \ g_{real} = 0{,}9953 \frac{q}{sm^3};$$

$$T_{real} = 170°S; \ P_{real} = 12{,}5\, atm; \ F_{2real} = 900 \frac{m^3}{saat};$$

$$F_{1real} = 4100\frac{m^3}{saat};\ \frac{F_1}{F_2} = 4{,}556$$

Полученные оптимальные значения расхода и удельного веса пропиленгликоля сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимальные значения режимных параметров установки получения пропиленгликоля

Наименование параметров	Реальные значения параметров	Оптимальные значения параметров
Температура в гидраторе, °C	170	160
Давление в гидраторе, атм.	12,5	11
Соотношение воды к пропиленоксиду, подаваемых в гидратор	4,556	4,556
Расход пропиленгликоля, м³/час	70,18	72,462
Удельный вес пропиленгликоля, г/см³	0,9969	0,9940

Литература:

1. Эфендиев И.Р., Копысицкий В.Т. Метод оптимального управления нестационарным реактором в нечетких условиях // ДАН АН СССР. – 1991. –Т. 318. – № 3. – С. 663–667.
2. Принципы построения самообучающихся систем АУ сложными ТР в условиях дефицита информации / И.А. Ибрагимов [и др.] // ДАН АН СССР. – 1991. – Т. 320. – № 6. – С. 1424–1427.
3. Меликов Э.А., Ибрагимов А.А., Магеррамова Т.М. Синтез нечеткой адаптивной системы управления процессом получения пропиленгликоля (Смоленск 2001) // Математические методы в технике и технологиях ММТТ – 14 : Сборник трудов 14 Международной научной конференции. – Т. 6 – С. 111–113.
4. Эфендиев И.Р., Мустафаев И.А., Мусаев Ш.А. Разработка адаптивных математических моделей нефтехимических процессов // XV Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях». – Россия, Тамбов, 2002. – Т. 3. – С. 146–148.

References:

1. Efendiev I.R., Kopysitski V.T. The method of optimal control of a non-stationary reactor in fuzzy conditions // DAN AS USSR. – 1991. – Vol. 318. – № 3. – P. 663–667.
2. Principles of constructing self-learning systems for automatic control of complex technological processes in information deficit conditions / I.A. Ibrahimov [etc.] // DAN AN SSSR. – 1991. – Vol. 320. – № 6. – P. 1424–1427.
3. Melikov E.A., Ibragimov A.A., Magerramova T.M. Synthesis of fuzzy adaptive control system for the process of propylene glycol production (Smolensk-2001) // Mathematical methods in engineering and technology MMTT – 14. Proceedings of the 14th International Scientific Conference. – Vol. 6. – P. 111–113.
4. Efendiyev I.R., Mustafaev I.A., Musaev S.A. Development of adaptive adaptive mathematical models of the petrochemical processes // XV International Scientific Conference «Mathematical Methods in Engineering and Technology». – Russia, Tambov, 2002. – Vol. 3. – P. 146–148.