

УДК 519.876:004.942.001.57

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ ТА АПАРАТІВ ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ СИРИХ ВУГЛЕВОДНІВ

Л. Л. Прокоф'єва, Н. Ю. Постолатій

Одеський національний політехнічний університет
Україна, м. Одеса
proklu@mail.ru

Розроблено математичні моделі процесів і апаратів первинної обробки сирової нафти як етапу відповідної інформаційної технології. Виконано узагальнення цих моделей з метою типізації та уніфікації математичного опису. Такого роду типізація дозволяє здійснити формалізацію та уніфікацію методів і засобів математичного моделювання, а також здійснити машинну реалізацію зазначених методів на єдиній уніфікованій основі.

Ключові слова: первинна обробка сирих вуглеводнів, математичні моделі, методи та засоби математичного моделювання.

Важливим етапом інформаційної технології щодо реалізації засобів математичного моделювання процесів первинної переробки сирих вуглеводнів (ППСВ) є розробка адекватних математичних моделей (ММ) зазначених процесів та технологічних апаратів, в яких вони здійснюються. Адекватно обрана ММ забезпечує достовірність результатів математичного моделювання. Крім того, на результати математичного моделювання (зокрема, на його точність) впливають чисельні методи, якими реалізується обрана ММ об'єкту (процесу). Тому розробка ММ, що задовольняють вказаним критеріям, дозволяє підвищити ефективність технологічних процесів.

У відповідності до промислових технологій, при первинній обробці сирих вуглеводнів (нафти) запроваджуються такі технологічні процеси: зневоднення, знесолення та первинне відбензинювання, причому перші два процеси виконуються по схемі електро-(термо)знесолення та зневоднення. За фізико-хімічними явищами, які відбуваються, технологічні апарати процесу електро-(термо)знесолення і зневоднення сирової нафти з урахуванням технологічної схеми [1] можна класифікувати як:

— апарати поверхневого теплообміну, в яких теплообмін здійснюється на поверхні розділу окремих реагентів (фаз). До цього класу апаратів відносяться, зокрема (з основних апаратів технологічної схеми процесу): утилізаційні теплообмінники, теплообмінники газової фракції, теплообмінники дизельної фракції, теплообмінники обтяженої дизельної фракції;

— апарати об'ємного теплообміну, в яких теплообмін здійснюється в межах всього об'єму задіяних реагентів. До цього класу апаратів відносяться, зокрема (з основних апаратів технологічної схеми процесу): термодегідратор, електродегідратори та змішувачі;

— апарати розсередженого теплообміну, в яких теплообмін одночасно відбувається на декількох окремих поверхнях. До цього класу апаратів відносяться, зокрема (з основних апаратів технологічної схеми процесу): колона попереднього відбензинювання, колона газової фракції, колона дизельної фракції.

Для кожного з наведених вище класів технологічних процесів (апаратів) первинної обробки сирової нафти розроблено ММ у вигляді рівнянь у часткових похідних (параболічних та гіперболічних) з відповідними початковими та граничними умовами. Аналізуючи ММ розглянутих апаратів (процесів) первинної обробки сирової нафти було визначено можливість узагальненого математичного опису, що у подальшому дало можливість уніфікувати на умовах типізації підходи до їх чисельної та обчислювальної реалізації. При цьому узагальнену ММ було отримано у наступному вигляді [2]:

$$\frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial t} = f_i \left[\bar{\Phi}_i(r_j, z, t), \frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial z}, \frac{\partial^2 \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial r_j^2}, \frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial r_j}, \bar{U}_g(r_j, z, t) \right] + D_i(\bar{\Phi}_i, r_j, z, t) \quad (1)$$

$\forall i = 1, \dots, k; \forall j = 1, \dots, N; \forall (r_j, z) \in \Omega; \forall t \in (0, t_k), \bar{\Phi} = [\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_k]^T$ (Т — знак транспонування) з урахуванням початкових $\bar{\Phi}_i(r_j, z, 0) = \bar{\Phi}_{i_0}(r_j, z), \forall i = 1, \dots, k; \forall j = 1, \dots, N; \forall (r_j, z) \in \Omega$ (2) та граничних умов першого та третього роду, відповідно:

$$\bar{\Phi}_i(r_j, z, t) \Big|_{\substack{r_i=0 \\ r_i=r_{i\max} \\ z=0 \\ z=z_{\max}}}^{r_i=0} = \varphi_i[P_i(r_j, z, t)], \quad \frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial r_i} \Big|_{\substack{r_i=0 \\ r_i=r_{i\max}}} = \lambda_i[\bar{\Phi}(r_j, z, t), P_i(r_j, z, t)] \quad (3)$$

де $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$ — безперервні функції стану, що залежать від часової $t \in (0, t_k)$ та просторових $\forall (r_j, z) \in \Omega$ координат; функції стану $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$ визначаються розв'язком системи (1) — (3), що (за визначенням) існує і є єдиним; $\bar{U}_g(r_j, z, t), g = 1, \dots, k^*$ — функції розподіленого управління, що належать гільбертовому простору \bar{U}_{g_d} на R^{M_k} . Змінні стану $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$ та управління $\bar{U}_g(r_j, z, t)$ визначено у відкритих гільбертових просторах із границями відповідно $\Omega_{\Phi_i}, \Omega_{U_g}, \forall i = 1, \dots, k; \forall g = 1, \dots, k^*$. Функції $f_i[\cdot]$ та $y_i[\cdot]$ — безперервні лінійні або нелінійні функції; $D_i(\bar{\Phi}_i, r_j, z, t) = D_i\{r_j, z, t, \Phi_1(r_j, z, t), \Phi_2(r_j, z, t), \dots, \Phi_k(r_j, z, t)\}$ — лінійні або нелінійні функції, що характеризують дію зовнішніх збуджуючих впливів; $P_i(r_j, z, t), \forall i = 1, \dots, k; \forall j = 1, \dots, N; \forall (r_j, z) \in \Omega$ — задані функції на границі $\partial\Omega$ області, які можуть виступати в якості граничних управляючих впливів; $\lambda_i, \forall i = 1, \dots, k$ — параметр, який характеризує енергетичні властивості елементів об'єкта (технологічного апарата); N — число поверхонь теплообміну (зокрема, ректифікаційних тарілок). Змінні стану $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$ та управління $\bar{U}_g(r_j, z, t)$ можуть визначати різні фізичні (температура, витрату) або геометричні (рівень) величини, а також відхилення цих величин від стаціонарних значень; параметри λ_i визначають відповідно: коефіцієнт теплопровідності, коефіцієнт теплопередачі тощо.

Для узагальненої ММ вигляду (1) — (3) розроблено чисельні схеми реалізації на основі схем з «вагами», відомих в літературі як економічні схеми Кранка—Ніколсона [3] та інструментальні засоби машинної реалізації, виконані шляхом модифікації ToolBox платформи Matlab.

Запропоновано та реалізовано ММ процесів (апаратів) первинної обробки сирової нафти. Узагальнення та уніфікація цих ММ дозволило при обчислювальній реалізації використовувати єдиний інструментарій у вигляді пакета прикладних модулів, що, у підсумку, дало зниження обчислювальних затрат на 25 — 40% (в залежності від конкретного технологічного апарата) у порівнянні з реалізацією за стандартними процедурами із використанням ToolBox платформи Matlab.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Технологический регламент установки ЭЛОУ—АВТ. ТР 00152282.006:2007.— Одесса: ОАО «Лукойл — Одесский НПЗ», 2007.
2. Polozhaenko S. A., Grigorenko Y. V. Reserch of solvability of task of authentication of water-oil mixtures on the parameters of tuning of mathematical model.— Інформатика та математичні методи в моделюванні.— 2012.— Т. 2. — № 3.— С. 199 — 208.
3. Самарский А. А. Теория разностных схем.— Москва: Наука, 1983.

L. L. Prokofieva, N. Yu. Postolatiy

Mathematical models of processes and devices of preprocessing of raw hydrocarbons.

The authors have developed mathematical models of processes and devices of preprocessing of crude oil as a stage of the corresponding information technology. These models were generalized in order to typify and unify mathematical description. Such standardization makes it possible to formalize and unify methods and tools of mathematical modeling, as well as to implement machine-assisted realization of these methods on a single unified basis.

Keywords: *preprocessing of raw hydrocarbons, mathematical models, methods and tools of mathematical design.*