

UOT 665.65+681.5

NEFT YAĞLARININ HİDROTƏMİZLƏNMƏ PROSESİNİN RİYAZİ
MODELİNİN PARAMETRİK İDENTİFİKASIYASIƏ.H.NAĞIYEV, F.A.ƏLİYEV
Sumqayıt Dövlət Universiteti
nashfn@hotmail.ru

Texnoloji ölçmə sistemləri ilə kifayət qədər təchiz olunması qeyri-mümkün olan neft yağlarının hidrotəmizlənmə prosesinin riyazi modelinin statistik dəlillər əsasında parametrik identifikasiya məsələsi qarşıya qoyulur. Dinamiki təsirlər prinsipinin tətbiqi ilə identifikasiya obyektinin xassələri haqda əlavə informasiyaya istinad olunaraq, prosesin bir sıra integral göstəriciləri əsasında parametrik identifikasiya məsələsinin həllinin mümkünlüyü göstərilir və belə həllərdən birinin nəticələri müzakirə olunur.

Açar sözlər: neft yağlarının hidrotəmizlənmə prosesi, riyazi modelləşdirmə, parametrik identifikasiya.

Neft mənşəli yağların kükürlü birləşmələrdən hidrotəmizlənmə prosesi katalitik proses olub, adsorbsiya aparatı daxilində dənəvər katalizatorun stasionar təbəqəsində həyata keçirilir. Prosesin kimyəvi kinetika qanunlarına istinad edən dəqiq dinamiki modeli idarəetmə strategiyasının düzgün seçilməsində mühüm rol oynaya bilər. Təmizlənəcək yağın məsaməli bərk katalizator səthində hidrogenlə görüşdürülməsində adsorbsiya fiziki hadisəsi əsas rol oynayır. Adsorbsiya aparatının stasionar katalizator təbəqəsindən müəyyən təzyiq altında yağ və hidrogen keçirilir. Hidrogenin bir hissəsi adsorbsiya yolu ilə yağda həll olunaraq, onu hidrogenlə zənginləşdirir, digər hissəsi isə bilavasitə katalizatorun məsamələrindən diffuziya yolu ilə aktiv səthə köçürülür. Nəticədə aktiv səthdə hidrogenin kükürd və başqa kükürlü birləşmələr ilə kimyəvi birləşməsi meydana gəlir və alınan hidrogen-sulfid qaz halında katalizator səthini və sonra isə reaktoru tərk edir.

Hidrotəmizlənmə reaktorunda maddi axın istiqamətində diffuziyanın rolu yüksək deyildir. Bunu nəzərə alındıqda prosesin riyazi modeli hesablama yükü və modelin parametrik identifikasiyası baxımından xeyli dərəcədə sadələşdirmək mümkündür. Bu sadələşdirmə daxilində əldə edilmiş riyazi model aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial p_i}{\partial t} - \frac{v_q}{S\sigma_q\rho_q} \frac{\partial p_i}{\partial x} - w_{qy} \left(\frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) &= 0; \quad i = \overline{1,3} \\
\frac{\partial y_i}{\partial t} - \frac{v_y}{S\sigma_y\rho_y} \frac{\partial y_i}{\partial x} + w_{qy} \left(\frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) + w_{yk}^i (b_{yk}^i y_i - z_i) &= 0 \\
\frac{\partial z_H}{\partial t} - w_{yk} (a_{yk} y_H - z_h) + 2z_H z_S k_0 \exp(-E/RT) &= 0 \\
\frac{\partial z_S}{\partial t} - w_{yk} (a_{yk} y_S - z_S) + z_H z_S k_0 \exp(-E/RT) &= 0 \\
\frac{\partial z_{H_2S}}{\partial t} - w_{yk} (a_{yk} y_{H_2S} - z_{H_2S}) &= 0
\end{aligned} \tag{1}$$

Başlangıç və sərhəd şərtləri:

$t = 0$ olduqda

$$p_i(x,0) \equiv p_{i0}; \quad y_i(x,0) \equiv y_{i0}; \quad z_i(x,0) \equiv z_{i0}; \quad i = \overline{1,3} \tag{2}$$

$x = 0$ olduqda

$$p_i(0,t) \equiv p_{i0}(t); \quad y_i(0,t) = y_{i0}(t); \quad z_i(0,t) = z_{i0}(t); \tag{3}$$

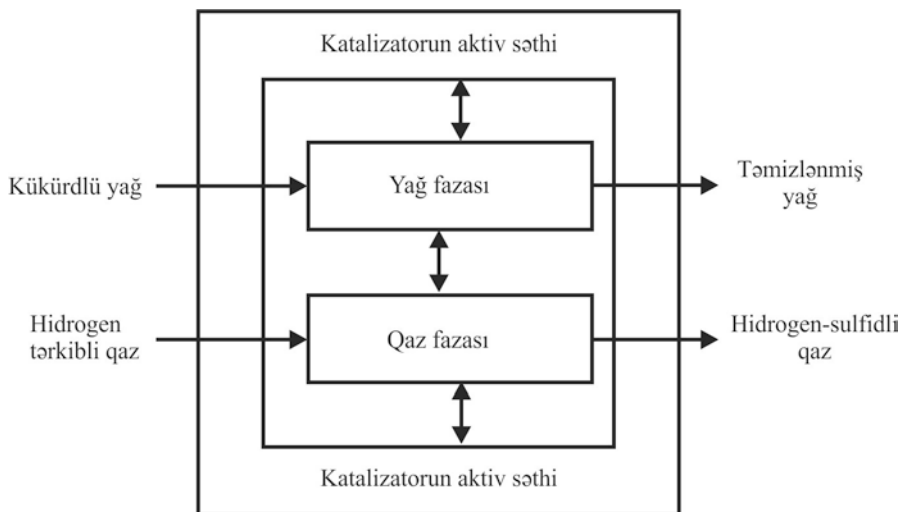
Bu model tənliklərində aşağıdakı işarələmələr qəbul edilmişdir:

$\sigma_k = \frac{S_0}{S}$ - reaktorun en kəsiyində katalizatorun tutduğu nisbi sahə;

$\sigma_q = \frac{S_q}{(1 - \sigma_k)S}$ - yağdaxili qaz qabarcıqlarının tutduğu nisbi sahə; $\sigma_y = 1 - \sigma_q$ -

yağ fazasının tutduğu nisbi sahə; p_H, p_S, p_{H_2S} - qaz fazasında hidrogenin, kükürdün və hidrogen-sulfidin parsial təzyiqləri; y_H, y_S, y_{H_2S} - yağ fazasında həll olmuş hidrogenin, kükürdün və hidrogen-sulfidin qatılıqları; z_h, z_S - hidrogen, kükürd və hidrogen-sulfid maddələri ilə zəbt olunmuş aktiv mərkəzlərin nisbi miqdarı; v_q - qazın həcm sürəti; v_y - yağın həcm sürəti; P - reaktorda təzyiq; S, S_0, S_q - uyğun olaraq reaktorun en kəsiyinin ümumi sahəsi, reaktorun en kəsiyində katalizatorun tutduğu sahə və reaktorun en kəsiyində boşluqlarda qalan (yağ və qaz fazası üçün qalmış) sahələr; ρ_q, ρ_y - qaz və yağ fazalarının sıxlıqları, w_{qy}^i, w_{yk}^i - qaz-yağ və yağ-katalizator fazaları üçün maddə köçürülmə sürət əmsalları; $k_i(T) = k_i^*(T - 273) + \varepsilon_i^*$; $i = \overline{1,3}$ - hidrogenin, və hidrogen-sulfidin yağda həll olmasının temperatur asılılığı; $b_{yk}^H, b_{yk}^S, b_{yk}^{H_2S}$ - hidrogen, kükürd və hidrogen-sulfidin yağ mühitindən katalizator səthinə adsorbsiya əmsalları; E, R, k_0, T - sulfidləşmə reaksiyasının aktivləşmə enerjisi, qaz sabiti, reaksiya sürət əmsalı və reaksiyanın həyata keçirildiyi temperaturdur.

Riyazi modelin əks etdirməli olduğu kütlə mübadilə proseslərinin sxematik təsviri şəkil 1-də verilmişdir.



Şəkil 1. Sürtgü yağlarının hidrotəmizləmə prosesində kütlə mübadiləsinin struktur sxemi

Təklif olunan model diferensial tənliyinin sənayedə istismar olunan texnoloji qurğunun parametrləri əsasında identifikasiya məsələsinin prinsipial çətinliyi onda özünü göstərmişdir ki, qurğu reaktorun uzunluq koordinatına görə paylanmış parametrlərinin ölçülmə imkanlarından məhrumdur. Bu xüsusiyyət, demək olar ki, adsorbsiya ilə əlaqədar olan bütün sənaye qurğuları üçün ümumi səciyyə daşıyır. Beləliklə, çox mühüm olan identifikasiya məsələsini məhdud informasiya təminatı şəraitində həll etmək zərurəti meydana çıxmış olur.

Məsələnin həlli üçün (1) riyazi modelinin parametrlərinin təsnifatını nəzərdən keçirək. Burada üç sinif üzə parametrlər bölgüsü diqqəti cəlb edir.

Birinci sinif olaraq modelin fiziki kəmiyyət kimi ədədi qiymətləri yüksək dəqiqliklə məlum olan parametrlər qrupunu müəyyən edək. Məsələn, qaz, maye və bərk fazalarda iştirak edən maddələrin istilik tutumları, sıxlıqları, nisbi molekulyar kütlələri bu sinifə aid olan parametrlərdəndir [1,2].

Digər sinif kimi analoji proseslər üçün elmi ədəbiyyatda məlum parametrlər, yəni müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən təyin olunmuş parametrlər qrupu qəbul edilir. Məsələn, reaktorun en kəsiyində katalizatorun, yağ fazasının və yağdaxili qaz qabarcıqlarının tutduğu nisbi sahələri, qaz-yağ və yağ-katalizator mühitlərində adsorbsiya müvazinət əmsalları və s. parametrlər kimi ədəbiyyatda yaxşı məlum olan və dəqiqliyi şübhə doğurmayan kəmiyyətlər bu qrupu təşkil edə bilər [3,4].

Üçüncü qrupu məhz parametrik identifikasiya parametrləri təşkil edirlər.

Riyazi modelin adekvatlığına bilavasitə bu parametrlər daha çox məsuldurlar ifadəsi, demək olar ki, həqiqətdən uzaq deyildir. Yuxarıda qeyd olunan parametrlərin dəqiq olmayan qiymətləndirilməsi prinsip etibarını ilə məhz identifikasiya parametrlərinin hesabına kompensasiya oluna bilərlər. Cədvəl 1 identifikasiya parametrlərinin bu təsnifatını əks etdirir.

Cədvəldən görüldüyü kimi, reaktorun uzunluq koordinatı boyu aralıq reaksiya məhsullarının tərkibini əks etdirən texnoloji ölçmə həyata keçirilə bilmir. Tədqiqat işinin ideoloji istiqaməti olaraq belə identifikasiya məsələlərinin aktiv dinamik təsirlər metodunun statistik analiz metodları ilə kombinə olunması seçilmişdir. Belə identifikasiya alqoritminin işlənməsi və onun konkret proses nümunəsində yoxlanılması tədqiqat işinin əsas məqsədi olaraq qarşıya qoyulmuşdur.

Parametrik identifikasiya məsələsinin meyletmə funksiyasının iki toplanandan ibarət olduğunu qəbul edək:

$$F = F_1 + \alpha F_2 \quad (4)$$

Burada F_1 – stasionar vəziyyətləri əks etdirən statistik material üzrə parametrik identifikasiyaya cavab verir. Bu meyletmə funksiyasının tərtib olunması üçün istifadə olunun vəziyyət dəyişənləri vektorunu ξ_1^M və ξ_1^T kimi işarə edək və nəzərdə tutaq ki, birinci işarələmə riyazi model ilə bağlı olan vektoru, ikincisi isə passiv müşahidələrlə (statistik dəlillərlə) bağlı olan vektoru göstərir. Statistik material matrisinin ixtiyari sətrini i – ilə nömrələyək. Həmin matrisə daxil olan parametrlər vektorunu ψ_1 – ilə işarə edək. Uyğun olaraq F_2 – ilə aktiv təsirlər əsasında identifikasiyanın meyletmə funksiyasını, təcrübə nəticələrini əks etdirən vektoru (dinamik hissənin vəziyyət dəyişənlərini) isə ξ_2 ilə göstərək. Təcrübələrin şərtlərini ifadə edən giriş vektorunu uyğun olaraq ψ_2 ilə qeyd edək. Riyazi modeldə vəziyyət dəyişənləri ξ_1 -nin parametrlər vektoru ψ_1 ilə birqiymətli əlaqəsini $\xi_1^M = R(\psi_1)$ kimi ifadə edək.

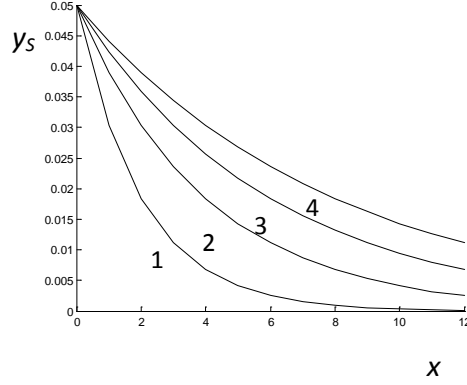
Meyletmə funksiyasının hər iki toplananında variasiya olunan vektorların eyni olduğunu qəbul edib, onun üçün aşağıdakı ifadəni yazaq:

$$F = \sum_{i=1}^{N_1} (R_1(\psi_{1i}) - \xi_{1i}^T)^2 + \alpha \sum_{i=1}^{N_2} (R_2(\psi_{2i}) - \xi_{2i}^T)^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

Aydındır ki, (5) ifadəsinin qurulmasında ən əsas məsələ dinamik təsir funksiyasının seçilməsidir. Belə funksiyalar kimi periodik funksiyaların, yaxud müəyyən təkrar olunma tezliyinə malik impulsların tətbiq olunması təbidir.

Məhz bu məqsədlə təklif olunan model diferensial tənliyinin başlanğıc və sərhəd şərtləri üçün $p_{H0} = 0.7; p_{S0} = 0; y_{H0} = 0.004; y_{S0} = 0.05;$ və $p_{h0}(t) = 0.004 - 10^{-3} \cdot \sin(1.2t); y_{s0}(t) = \text{const} = 0.05; y_{h0}(t) = \text{const} = 0.004;$ $y_{s0}(t) \equiv 0;$ qəbul edilmişdir. Belə dinamik xarici təsirlərdən sistem rəqsi qanun üzrə dəyişən prosesi meydana gətirir, bununla isə özünün aşkara çıxma bil-

məmiş özəl xassələrini bürüzə vermiş olur. Bu şərait parametrik identifikasiya üçün yeni informasiya mənbəyi rolunu oynayır. Baxdığımız (1) sisteminin (2),(3) şərtləri daxilində sonlu fərqlər üsulu ilə həll edilməsi ilə aşağıdakı qrafiklər əldə edilmişdir.

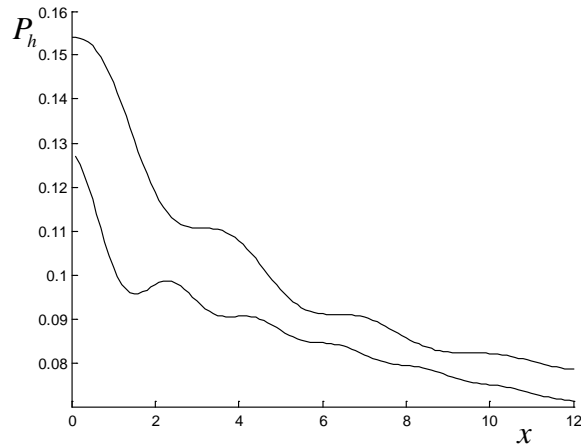


Şək.2. Yağ axınının sürətindən asılı olaraq təmizlənmə dərəcəsinin uzunluq koordinatı üzrə dəyişməsi.

- 1- $v_y = 10 \text{ m}^3 / \text{saat}$; 3- $v_y = 30 \text{ m}^3 / \text{saat}$;
 2- $v_y = 20 \text{ m}^3 / \text{saat}$; 4- $v_y = 40 \text{ m}^3 / \text{saat}$.

Qrafiklərdən görünür ki, xammal yağın reaktora verilmə sürəti böyüdükcə qalıq kükürlülük xeyli dərəcədə artmış olur.

Digər qrafik (şək.3) hidrotəmizləmə reaktoruna verilən hidrogen tərkibli qazın parsial təzyiqinin harmonik qanun üzrə verilməsi zamanı yağın kükürlülük göstəricisinin uzunluq oxu boyu paylanma funksiyasını əks etdirir.



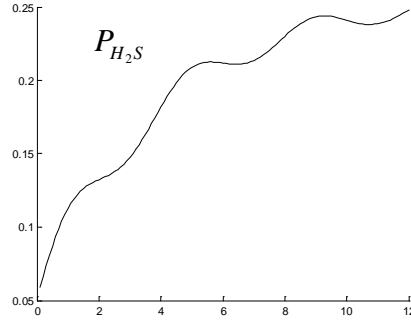
Şək.3. Hidrogen tərkibli qazın sinus qanunu üzrə verildiyi zaman reaktorda formalaşan kükürlülük qradienti;

$$p_{h0}(t) = 0.004 - 10^{-3} \cdot \sin(1.2t);$$

Bu hesablama təcrübəsinin fiziki-kimyəvi baxımdan izahı üç mərhələdə

gedən diffuziya və konvektiv maddə köçürülmə proseslərinin birgə təsiri əsasında verilə bilər. Hesablama təcrübələri həm də göstərmişlər ki, filtrasiyalı axının sürəti aşağı olduqca, diffuziyanın üstünlük təşkil etdiyindən yağda kükürlülük dərəcəsinin paylanma diaqramında “hamarlaşmalar” özünü büruzə verir, reaktorun çıxışında kükürlülük qradiyenti yoxa çıxır.

Yuxarıda göstərilən təcrübənin nəticələrini əks etdirən başqa bir qrafikdə qaz fazasında hidrogen-sulfidin parsial təzyiqinin paylanması göstərilmişdir (şəkil 3).



Şəkil 3. Qaz axınının sinusoidal dəyişməsi zamanı qaz fazasında hidrogen-sulfidin paylanma diaqramı. x

Qeyd edək ki, hidrotəmizləmə reaktorunun çıxışında emal olunmuş yağın yekun təmizlik dərəcəsinin qiymətləndirilməsinin identifikasiya məsələsi ilə əlaqədar mühüm əhəmiyyət kəsb etdiyindən aşağıdakı keyfiyyət göstəricisindən istifadə edilmişdir:

$$\bar{y}_s = \int_{t_0}^{t_0+\tau} (y_s(0,t) - y_s(L,t)) dt \quad (6)$$

Bu ifadədə L – reaktorun uzunluğunu, τ – reaktorun xarakterik vaxtı adlanan parametrini ifadə edir. Bu parametr nominal məhsuldarlığa malik aparatın istismarı zamanı reaktora daxil olmuş yağın onun tərək edilməsinə qədər lazım gələn müddətin iki misli ilə ölçülür. Hidrotəmizlənmə prosesinin cari keyfiyyət göstəricisi kimi istifadə oluna biləcək həmin bu \bar{y}_s inteqral göstəricisi həm də identifikasiya məsələsinin ən əsas vəziyyət dəyişənidir. Statistik dəlillər matrisinin bir sütununu təşkil edən bu parametr həm də meyletmə funksiyasının aktiv eksperiment toplananında çıxış kəmiyyəti kimi iştirak edir.

Bu strategiya əsasında həyata keçirilən parametrik identifikasiya məsələsində α əmsalının $\alpha \in [0,1]$ şərti daxilində həlli çox da fərqli olmayan nəticələr vermişdir.

Cədvəl 1-də həm fiziki-kimyəvi parametrlərin müxtəlif mənbələrdən əxz olunmuş qiymətləri və həm də parametrik identifikasiya nəticəsində əldə edilmiş qiymətləri göstərilmişdir.

İdentifikasiya məsələsi üçün parametrlərin ədədi qiymətləri

Cədvəl 1

| | Parametrin adı | Ölçü vahidi | Düsturda şərti işarəsi | Ədədi qiyməti |
|--|--|---|------------------------|---------------|
| Elmi ədəbiyyatdan əxz olunmuş və maddə balansına görə hesablanmış əmsallar | reaktorun en kəsiyində katalizatorun tutduğu nisbi sahə; | - | σ_k | 0.82 |
| | yağdaxili qaz qabarcıqlarının tutduğu nisbi sahə; | - | σ_q | 0.088 |
| | yağ fazasının tutduğu nisbi sahə | - | σ_y | 0.092 |
| | hidrogenin yağda həll olmasının temperatur asılılığı parametrləri | K^{-1} | k_h^* | 0.97 |
| | | % (mol/mol) | ε_s | 8.3 |
| | Kükürdün yağda həll olmasının temperatur asılılığı parametrləri | K^{-1} | k_s^* | -0.022 |
| | | % (mol/mol) | ε_s | 1.2 |
| | Hidrogen-sulfidin yağda həll olmasının temperatur asılılığı parametrləri | K^{-1} | k_s^* | -0.0713 |
| | | % (mol/mol) | ε_s | 4.2 |
| Sulfidləşmə reaksiyası aktivləşmə enerjisi | ($kC \text{ mol}^{-1}$) | E | 73 | |
| Arrenius eksponent qabağı sabit vuruğu | saat^{-1} | k_0 | 0.075 | |
| Fiziki sabitlər və sorğu kitablarından götürülmüş əmsallar | Hidrogen tərkibli qazın orta sıxlığı | mol/m^3 | ρ_q | 2.42 |
| | Yağın sıxlığı | mol/m^3 | ρ_y | 857 |
| | Universal qaz sabiti | $C/\text{mol} \cdot K$ | R | 8.31 |
| | Qaz-yağ mühitlərində hidrogenin absorbsiya əmsalı | - | b_{yk}^H | 1.2 |
| | Yağ-katalizator mühitlərində hidrogen-sulfidin absorbsiya əmsalı | - | $b_{yk}^{H_2S}$ | 1.75 |
| | Yağ-katalizator mühitlərində kükürdün absorbsiya əmsalı | - | b_{yk}^s | 2.41 |
| İdentifikasiya nəticəsində təyin olunmuş parametrlər | Qaz-yağ fazası üçün (H) və (H ₂ S)-ə görə maddə köçürülmə sürət əmsalı; | $\text{kmol}/(\text{saat} \cdot \text{m})$ - | w_{qy}^i | 2.13 |
| | Yağ-katalizator fazası üçün hidrogenə görə maddə köçürmə sürət əmsalı | $\text{kmol}/(\text{saat} \cdot \text{m})$ | w_{yk}^i | 0.854 |
| | Yağ-katalizator fazası üçün hidrogen-sulfidə görə maddə köçürmə sürət əmsalı | $\text{kmol}/(\text{saat} \cdot \text{m})$ | w_{yk}^i | 0.671 |
| | Meyletmə funksiyaları arasında çəki əmsalları | - | α | 0.4 |

Cədvəl 1-də göstərilən kəmiyyətlərdən yalnız üçüncü qrupa daxil olanlar identifikasiya nəticəsində təyin olunmuş kəmiyyətlərdir. Bunların optimal qiymətləri minimizasiya məsələsinin həlli nəticəsində əldə edilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Adsorbsiya və filtrasiyalı maddə köçürülmə kimi mürəkkəb proseslərlə əlaqədar olan yağların hidrotəmizlənmə prosesi reaktorun uzunluq koordinatına nəzərən paylanmış parametrlə dinamik sistem olub, çətin identifikasiya olunan obyektlər sinfinə aiddirlər. Bu sistemlərin riyazi modellərinin sənaye qurğularının statistik materialı əsasında parametrik identifikasiyasının qarşılaşdığı əsas problem bu məsələnin həlli üçün zəruri olan texnoloji informasiya kanalları qıtlığıdır. Bu problemin aradan götürülməsinə və identifikasiya məsələsinin müvəffəqiyyətlə həyata keçirilməsinə dinamik təsirlər metodunun tətbiqi geniş imkanlar açır.

Həmin metodun tətbiqi nəticəsində parametrik identifikasiya həyata keçirilmiş və riyazi modelin parametrlər vektorunun bir variantı əldə edilmiş və müvafiq tədqiqat məsələlərində tətbiqi tövsiyə olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. İbrahimov Ç.Ş., Bağırov R.Ə., Səlimov A.N. Təbii qazların kükürlü birləşmələrdən təmizlənməsi prosesinin riyazi modeli // Azərbaycan kimya jurnalı, 2006, №1, s.112-115.
2. Ибрагимов Ч.Ш. К методам проектирования и управления адсорбционными процессами. Баку: Элм, 1989, 236 с.
3. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984, 529 с.
4. Крючков Ю.Н. Особенности моделирования структуры пористых дисперсных систем // Теоретические основы химической технологии, 2002, т.36, №2, с.199-205.

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ МАСЕЛ

А.Г.НАГИЕВ, Ф.А.АЛИЕВА

РЕЗЮМЕ

Ставится задача параметрической идентификации математической модели процесса гидроочистки масел в условиях недостаточной оснащенности производственных установок средствами технологических измерений. Предлагается применение метода динамических возмущений, ориентированное на получение дополнительной информации о свойствах объекта, отражающейся на интегральных показателях процесса.

Ключевые слова: процесс гидроочистки нефтяных масел, математическое моделирование, параметрическая идентификация.

**IDENTIFICATION OF THE MODEL OF THE PROCESS OF
HYDROCLEARING
OF OILS ON THE BASIS OF EXPERIMENTAL DATA**

A.G.NAGIYEV, F.A.ALIYEVA

SUMMARY

The problem of parametrical identification of mathematical model of process of hydro clearing of oils in the conditions of insufficient equipment of industrial installations is put by means of technological measurements. Application of a method of the dynamic indignations, focused on reception of the additional information on properties of the object, reflected in integrated indicators of process is offered.

Key words: Process hydrotreating of petroleum oils, mathematical modelling, parameter identification.

Redaksiyaya daxil oldu: 12.06.2013-cü il

Çapa imzalandı: 17.10.2013-cü il