

UOT 519.622.2

FASILƏSİZ AXINDA KARBOHİDROGENLƏRİN HİDROTƏMİZLƏMƏ PROSESLƏRİNİN QEYRİ-STASİONAR TƏSİRLİ İDARƏ STRATEGİYASI

H.Ə.NAĞIYEV*, F.A.ƏLİYEV**

*AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutu;

**Bakı Dövlət Universiteti

Neft məşəli yağların və mühərrik yanacaqlarının hidrotəmizləmə proseslərinin riyazi modeli əsasında məhsulun keyfiyyət göstəriciləri meyarlı qeyri-stasionar idarə strategiyası təklif olunur. Göstərilir ki, üçfazlı mühitdə yaradılan filtrasiyalı axın şəraitində fazalararası absorbsiya, adsorbsiya və desorbsiya proseslərinin paralel mövcudluğu qeyri-stasionar idarə strategiyasının üstünlüklərini xeyli dərəcədə artırır. İmpulsiv və harmonik funksiyalar sinfindən götürülmüş idarə təsirlərindən əldə olunan dinamik rejimlər model üzərində hesablama eksperimenti aparmaqla tədqiq edilir. Bu funksiyalar bilavasitə xammalın keyfiyyəti və reaktorun məhsuldarlığı kimi mühüm texnoloji parametrlərlə əlaqədar öyrənilir.

Açar sözlər: Dinamik sistem, qeyri-stasionar idarəetmə strategiyası, karbohidrogenlərin hidrotəmizlənmə prosesi, optimal keyfiyyət kriterisi.

1. Fasiləsiz axında həyata keçirilən texnoloji proseslər və qeyri-stasionar təsirli idarəetmə

Fasiləsiz axında həyata keçirilən texnoloji proseslərin mühüm bir xassəsi idarəetmə praktikası üçün bir çox hallarda müstəsna əhəmiyyət daşıyır. Bu xassə müəyyən zaman miqyası çərçivəsində yaradılan qeyri-stasionar rejimlərin müsbət nəticələrə səbəb ola bilməsidir. Dinamik obyektləri xarakterik vaxt adlanan bir məvhum xarakterizə edə bilir ki, bu keçid proseslərinin əsas hissəsinin müvazinətləşmiş olduğu müddətdir. Bu müddətdən sonrakı proseslər ya əhəmiyyətsiz dərəcədə zəif olduqlarından xarici küylərə və daxili fluktuasiyalara qarışaraq, hiss olunmurlar, ya da sönmə nəticəsində azalmış meyletmələr ölçü cihazlarının ölçmə dəqiqliyi çərçivəsindən aşağı olduğu üçün diqqəti cəlb etməirlər. Məsələn, xətti sistemlərdə aperiodik və ya rəqsi xarakterli keçid prosesləri eksponensial sönmə əmsalı və ya sönmə dekrementi [1] adlanan parametrlərdə öz əksini tapmış olurlar. Qeyri-xətti sistemlər üçün analoji terminlər riyazi səlisliyini saxlaya bilməsələr də, ətalət gecikməsini ifadə edən xarakterik vaxt anlamı yenə də öz gücündə qalır.

Fasiləsiz proseslərdə qeyri-stasionar rejimlərin idarəetmə baxımından diqqət mərkəzində olması əsasən onunla bağlıdır ki, bu proseslərdə müşahidə

müddəti kifayət qədər geniş intervalı əhatə edir, yəni $t \in (0, \infty)$. Aydınır ki, idarə funksiyası yalnız məhdud zaman çərçivəsində, başqa sözlə, dinamik obyektin xarakterik vaxt miqyasında həyata keçirilə bilər. Bu o deməkdir ki, idarə funksiyası ya xarici təsir faktorunun dəyişmə tempinə uyğun sabit saxlanılmalı, ya da xarakterik vaxt miqyası çərçivəsində periodik funksiyalar sinfindən götürülməlidir. Dəyişməz idarə strategiyasından daha geniş imkanlar çoxluğuna malik olan periodik funksiyalar, aşkardır ki, optimallıq baxımından daha məqsədəuyğun olacaqdır.

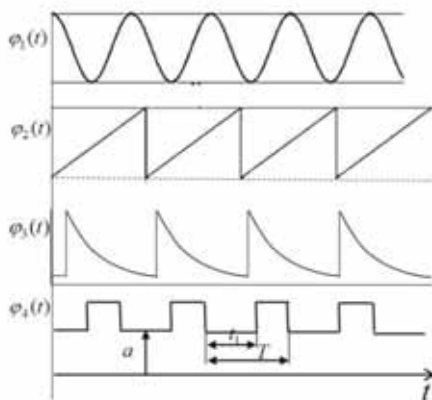
Xarici təsir faktorunun spektrində aşağı tezliklərin əsas rol oynadığı $\Delta\omega_x$ və onların bu baxımdan prosesin xarakterik tezlik zolağı $\Delta\omega_0$ ilə müqayisə oluna bilmədiyi, yəni $\Delta\omega_0 = \frac{1}{T} > \Delta\omega_x$ bərabərsizliyinin ödənilməsi əksər hallarda idarə funksiyasının periodik funksiyalar sinfində $u(t) = u(t+T)$ kimi axtarılmasının potensial üstünlüyü şübhə doğurmur.

Fasiləsiz prosesdə optimal qeyri-stasionar idarə funksiyası termini istifadə etdikdə elə periodik $u(t) = a + \varphi(t + nT); n = 1, 2, 3..$ funksiya nəzərdə tutulacaq ki, onunla idarə olunan prosesdə aşağıdakı integral ekstremal qiymət almış olsun.

$$I^* = \underset{u(t) \in G}{\text{ext}} \int_0^T F[x_0, x(t), u(t)] dt$$

harada ki, x, x_0, u – dinamik sistemin vəziyyət dəyişəni, sistemin başlanğıc vəziyyəti vektoru və idarə təsiridir; $F(\cdot)$ – idarəetmə prosesinin keyfiyyət göstəricisi, G – tətbiq üçün nəzərdə tutulan periodik idarə təsirləri çoxluğunu ifadə edir.

Şək. 1-də belə periodik idarə təsirləri olaraq bir neçə nümunə göstərilmişdir.



Şək.1. Qeyri-stasionar rejim yaratmaq məqsədi daşıyan periodik (impulsiv) funksiyalar.

Aydındır ki, şəkildə göstərilən periodik (həm də impuls xarakterli) idarə təsirlərinin riyazi quruluşunu xeyli artırmaq mümkündür. Bu və ya digər formalı idarə təsirlərinin konkret məsələ ilə əlaqəli şəkildə müəyyən edilməsi qeyri-stasionar rejimli idarə strategiyasının seçilməsində təbii yoldur. Bu məsələ bilavasitə obyektlərin fiziki mahiyyəti və texnoloji məzmunu ilə bağlı həll edilməli olur. Lakin bununla yanaşı olaraq texnoloji aspektləri ehtiva etməyən seçimlər də bir çox hallarda özünə haqq qazandıra bilər. Bu zaman qabaqcadan nəzərdə tutulmuş periodik funksiyalar çoxluğu müəyyənləşdirilir, bu funksiyaların parametrlərinin dəyişmə oblastları təyin edilir. Sonrakı mərhələ kompüter eksperimenti metodlarının tətbiqi əsasında ilk növbədə nəzərdə tutulmuş hər növ periodik funksiya üçün optimal parametrlər təyin edilir. Yalnız bundan sonra optimal nəticə yadda saxlanılaraq digər variant periodik təsir funksiyası həmin qaydada tədqiq olunur.

Qeyd edək ki, əgər optimallaşdırma sadə seçmə üsulu əsasında həyata keçiriləcək olursa və diskretləşdirmə M sayda variantı əhatə edərsə, digər tərəfdən periodik funksiyalar çoxluğu N saylıdırsa, məsələnin həlli $M \times N$ sayda variant içərisində seçim həyata keçirmə sayəsində əldə oluna biləcəkdir. Məsələnin ölçülürünün çox böyük olmadığı hallarda məsələnin həllinə bu cür yanaşma özünü doğrulda bilər.

Lakin hesab edirik ki, konkret məsələnin fiziki (texnoloji) mahiyyəti nəzərə alınan hallarda təklif etdiyimiz metod daha çox müsbət nəticələrə yol açar bilər.

Şəkillərdə göstərilmiş periodik funksiyaların kompüter hesablama proseslərində istifadə edilməsinə xidmət edən riyazi yazılışları aşağıdakı formada qeyd edə bilərik:

$$u(t) = a + \varphi(t - nT); n = t // T;$$

harada ki, “//” işarəsi kəsr ədədin tam hissəsini ifadə edir.

Konkret periodik funksiyalara gəldikdə aşağıdakı funksiyaları qeyd edə bilərik:

1. Sinusoidal formalı periodik təsir:

$$u(t) = a + B \sin(\omega t + \beta); \quad n = t // T;$$

harada ki, ω – bucaq tezliyi, B – amplituda, β – sürüşmə bucağıdır.

2. Pilləvari impulsar ardıcılığı:

$$u(t) = a + B - tg\left(\frac{B}{T}\right)(t - nT); \quad n = t // T;$$

3. $u(t) = a + B \exp(-kt); \quad n = t // T;$

4. Düzbucaqlı impulsar ardıcılığı:

Xevisayd funksiyasından istifadə etməklə [2] ədədi üsullar əsasında məsələnin həlli üçün müsbət şərait yaranır:

$$u(t) = a + B \cdot \begin{cases} 0, & (t - nT > t_1) \& (t - nT < T); \quad n = t // T; \\ 1, & (t - nT > 0) \& (t - nT < t_1); \end{cases}$$

Qeyd edək ki, göstərilən periodik funksiyalardan 1, 2 və 3-cü ifadələr üç parametrlı, 4-cü funksiya isə dörd parametrlidir.

2. Karbohidrogenlərin hidrotəmizləmə proseslərinin ümumi riyazi modeli və impulsiv dinamik təsir

Karbohidrogenlərin hidrotəmizləmə prosesləri texnoloji cəhətdən az fərqlidirlər. Riyazi model etibarlı ilə bir-birindən prosesin əsas tərkib hissəsini təşkil edən desulfurlaşma reaksiyalarının sürət əmsalları ilə fərqlənilir. Hidrotəmizləmə proseslərində hədəf təkcə kükürddən təmizləmə olmayıb, bir sıra keyfiyyətə mənfi təsirlərdən də, məsələn, metal qarışıqlardan təmizləmə də özünə yer tapa bilər. Lakin belə hədəflər ümumi hədəf xarakteri daşıyır və idarəetmədə onlara maraq aparıcı rol oynamır [3].

Motor yanacaqlarının hidrotəmizləmə prosesləri Respublikamızın neft emalı sənayesinin aparıcı sahələrindən birini təşkil edir. İstehsal texnologiyasına görə fasiləsiz prosesdirlər. Ciddi sürətdə xarici təsirlərin mövcudluğu ilə xarakterizə olunsalar da, bu təsirlər qurğuların istismarı zamanı aşağı sürətlə dəyişirlər [4]. Xammal keyfiyyətinin dəyişməsi xammal çənlərinin boşalması və yeni çənə keçilməsi səbəbi ilə baş verə bilər. Proses nominal fəaliyyət şəraitində stasionar proses olaraq diqqəti cəlb edir.

Texnoloji proses stasionar katalizator təbəqəsində hidrogen tərkibli qaz və maye yanacaq (sürtgü yağı) fazalarında hidrogen iştirakı ilə kimyəvi prosesləri həyata keçirən reaktor – xüsusi törəməli diferensial tənliklərlə təsvir oluna bilər. Reaktorun fəza koordinatına görə bir ölçülü model yazılışının praktiki olaraq özünü təmamilə doğrultduğunu nəzərə alaraq, həmin yazılış tədqiqatımızda əsas konstruktiv riyazi aparat olaraq qəbul edilmişdir. Reaktorun diffuziyanın nəzərə alınmaması ilə üçfazlı filtrasiyalı axın modeli aşağıdakı kimi tərtib olunmuşdur:

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

Bu model tənliklərində aşağıdakı işarələmələr qəbul edilmişdir:

$$\sigma_q = \frac{S_q}{(1-\sigma_k)S} - \text{yağdaxili qaz qabarcıqlarının tutduğu nisbi sahə; } \sigma_k = \frac{S_0}{S} -$$

reaktorun en kəsiyində katalizatorun 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, γ - filtrasiyalı axında müqavimət əmsalı; w_{qy}^i, w_{yk}^i - qaz-yağ və yağ-katalizator fazaları üçün maddə köçürülmə sürət əmsalları; $k_i(T) = k_i^*(T - 273) + \varepsilon_i^*$; $i = \overline{1,3}$ - $i = \overline{1,3}$; uyğun olaraq hidrogenin, sulfidli birləşmələrin 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.

Başlanğıc və sərhəd şərtləri aşağıdakı kimi verilir:

$t = 0$ olduqda

$$p_i(x,0) \equiv p_{i0}; \quad y_i(x,0) \equiv y_{i0}; \quad z_i(x,0) \equiv z_{i0};$$

$x = 0$ olduqda

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

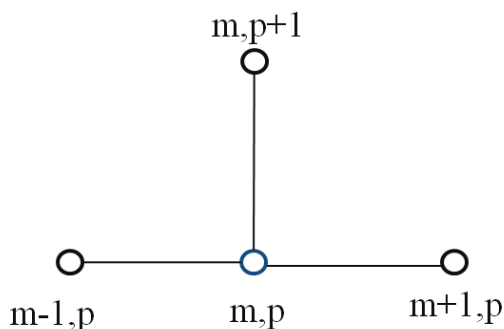
Bu riyazi modelə periodik idarə təsirlərindən yaranan reaksiyanı əks etdirmək imkanı vermək üçün maddə və istilik balans tənliklərinin yazılışına aşağıdakı əlavələr edilmişdir:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p_i}{\partial t} - \frac{v_{q0} [1 + u_1 \sin(\omega t)]}{S \sigma_q \rho_q} \frac{\partial p_i}{\partial x} - w_{qy} \left(\frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) &= 0; \quad i = \overline{1,3} \\ \frac{\partial y_i}{\partial t} - \frac{v_{y0} [1 + u_2 \sin(\omega t + \varphi)]}{S \sigma_y \rho_y} \frac{\partial y_i}{\partial x} + w_{qy} \left(\frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) + w_{yk}^i (b_{yk}^i y_i - z_i) &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

harada ki, Z_i - dəyişənləri (1) tənliklər sistemi ilə müəyyən olunurlar.

Qeyd edək ki, (2) tənliklərində əlavə olaraq dörd variasiya oluna biləcək parametr iştirak edir: - $u_1, u_2, \omega, \varphi$. Bu parametrlər sinusoidal idarə təsirini həm hidrogen tərkibli qaz, həm də xammal üzrə eyni tezliklə, lakin müxtəlif amplituda və faza sürüşməsi ilə həyata keçirməyə imkan verirlər.

Dördnöqtəli aşkar sxem əsasında sonlu fərqlər sisteminin hesablanmasına əsasən model məsələ həll edilmiş və temperatur və kükürlülük göstəricisinin reaktor boyu paylanması zaman üzrə təkamülünü əks etdirən həllər əldə edilmişdir.



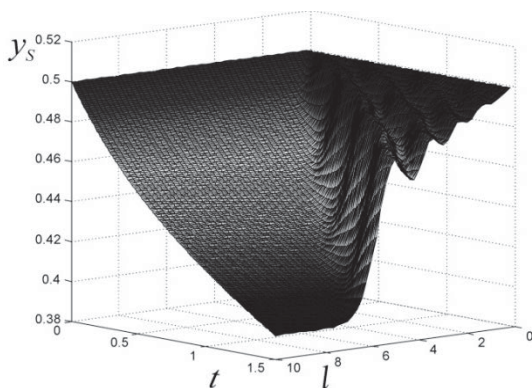
Şək. 2. Aşkar sxem üzrə işləyən dördnöqtəli şablon.

Şək.2-də modelin diferensial tənliklərin hesablaması üçün istifadə olunmuş şablon göstərilmişdir. Bu şablon diffuziya ilə maddə köçürülməsi prosesini əks etdirən modellərin hesablanmasında özünü yaxşı göstərir.

Qeyd edək ki, yalnız ümumi mülahizələrə istinad edən belə bir mövqə tam əsaslı sayıla bilər ki, qeyri-stasionar rejimlərin, başqa sözlə dinamik sistemlərin zaman üzrə məcburi hərəkətlərinin tədqiqindən irəli gələn optimallıq daha məhdud çərçivədə, yəni yalnız stasionar rejimlər çərçivəsində axtarılan optimallıqdan aşkar üstünlüyə malik olmalıdırlar. Nəzəri baxımdan xüsusi isbatə ehtiyacı olmayan bu müddəanın konkret olaraq bu və ya digər fiziki effektlə əlaqələndirmək hər zaman mümkün olmasa da belə izahların (fiziki cəhətdən interpretasiyanın) verilməsinə həmişə xüsusi maraq mövcud olmuşdur [5]. Kimya texnologiyası proses və aparatları sahəsində çalışan mütəxəssislər iri sənaye obyektlərinin işə buraxılması, dayandırılması zamanı meydana çıxan qeyri-stasionar rejimlərin modelləşdirilməsinə yönəldikləri diqqəti sonralar optimal idarəmə məqsədi daşıyan və məqsədyönlü surətdə dinamik rejimlərin yaradılmasına yönəlmiş oldular [6].

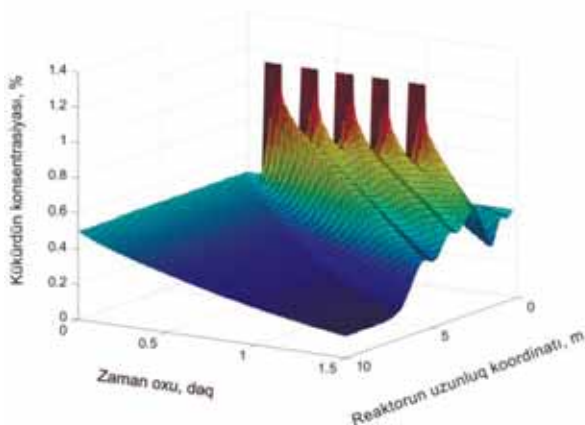
Apardığımız tədqiqatda katalitik sistemdə maddə köçürülmə proseslərinin çox mürəkkəb mexanizm üzrə, yəni adsorbsiya, desorbsiya, kimyəvi reaksiya aktlarının paralel və əlaqəli inkişafı ilə həyata keçdiyini nəzərə alsaq, deyə bilərik ki, optimal rejimlərin dinamikada axtarışı bu proseslər üçün ümumən çox perspektivli olmalıdır.

Şək.3-də hidrotəmizləmə reaktorunun girişinə verilən xammalın həcm sürətinin periodik olaraq dəyişdirilməsindən alınan qeyri-stasionar rejim əks olunmuşdur.



Şək.3. Kükürlü birləşmələrin parsial təzyiqinin qeyri-stasionar rejimə uyğun reaktorboyu paylanması.

Şək. 4-də emal olunan xammalın kükürlülük dərəcəsinin impulsiv dəyişməsindən yaranan qeyri-stasionar rejim göstərilmişdir. Diffuziyanın mövcud olduğu səbəbindən reaktorun girişində impuls forması daşıyan kükürlülük fiziki reaktorun orta hissəsində xeyli hamarlaşmışdır.



Şək. 4. Girişdə emal olunan xammalın kükürlülük dərəcəsinin impulsiv dəyişməsindən yaranan qeyri-stasionar rejim.

Reaktora verilən xammalın sərfinin dəyişdirilməsi idarəetmə baxımından daha çox maraq doğurur. Şəkildə impuls dərinliyi 2-yə bərabər olan periodik təsirdən əldə edilmiş keçid prosesi qrafik olaraq göstərilmişdir.

Beləliklə, karbohidrogenlərin hidrotəmizləmə prosesləri üçün həyata keçirdiyimiz model tədqiqi göstərir ki, qeyri-stasionar (impulsiv) təsirli idarə strategiyası optimallıq amilinin həyata keçirilməsi baxımından yüksək səmərəliliyə malikdir.

Nəticə

Fasiləsiz axında həyata keçirilən dinamik proseslərin qeyri-stasionar rejimləri sahəsində apardığımız təhlil faktlar əsasında o qənaətə gəlməyə əsas vermişdir ki, belə rejimlərin süni surətdə yaradılması müsbət nəticələr verir. Yaradılması texniki baxımdan problemsiz həyata keçirilə bilən bu tip idarə tədbiri fasiləsiz axında həyata keçirilən bir çox dinamik proseslərin idarə olunmasına asanlıqla tətbiq oluna bilər.

Hidrotəmizləmə reaktorunda xammalla yükləməni periodik və impulsiv rejimdə həyata keçirmələr, süni qeyri-stasionar rejimlər yaradaraq, obyektin dinamik xassələrini aşkar etmək qarşıya qoyulan problem baxımından məqsədəuyğundur. Müxtəlif amplituda və tezliklərlə yaradılan qeyri-stasionar rejimlərin yekun göstəricilərinin hiss olunacaq dərəcədə yüksəltdiyi aşkar olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Поляк Б.Т., Хлебников М.В., Рапопорт Л.Б. Математическая теория автоматического управления. М.: URSS, 2019, 500 с.
2. Rüstəmov Q.Ə. Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsi. Bakı: Elm və təhsil, 2012.
3. Юсифов Р.Ю., Мовсумов В.Г., Мамедова Т.К., Нагиев А.Г., Кулиев М.А. Математическое моделирование промышленного процесса гидроочистки нефтяных фракций.// «Азербайджанское нефтяное хозяйство», 1987, № 7, С. 49-51.
4. Слинько М.Г. Математическое моделирование сложных химических систем. Труды конференции «Химреактор-IV», 1971.С.184. 129.
5. Матрос Ю.Ш. Каталитические Процессы в Нестационарных Условиях. Новосибирск: Наука, 1987, 322с.
6. Wilson B., Sherrington D.C., Ni X. Butylation of Phenylacetonitrile in an Oscillatory Baffled Reactor.Ind. Eng. Chem. Res. 2005; 44:8663–8670.

СТРАТЕГИЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ГИДРООЧИСТКИ УГЛЕВОДОРОДОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХСЯ В НЕПРЕРЫВНОМ ПОТОКЕ

Г.А.НАГИЕВ, Ф.А.АЛИЕВА

РЕЗЮМЕ

Предлагается метод нестационарного управления по критерию качества выходного продукта технологического процесса гидроочистки углеводородов нефтяного происхождения. Показывается, что параллельное сосуществование процессов абсорбции, адсорбции и десорбции в трехфазной системе в условиях фильтрационного течения очищаемого сырья через неподвижный слой твердого катализатора повышает эффективность процесса. Вычислительные эксперименты, проведенные с использованием периодически действующих импульсных и гармонических воздействий, может повысить эффективность нестационарных управлений по критерию качества выходного продукта гидроочистки углеводородов.

Ключевые слова: Динамическая система, стратегия нестационарного управления, процесс гидроочистки, критерий оптимизации качества.

STRATEGY FOR NON-STATIONARY CONTROL OF THE PROCESSES OF HYDROCARBON TREATMENT CARRIED OUT IN A CONTINUOUS FLOW ANNOTATION

H.A.NAGIEV, F.A.ALIEVA

SUMMARY

A method of non-stationary control according to the quality criterion of the output product of the technological process of hydrotreating of petroleum origin hydrocarbons is proposed. It is shown that the parallel coexistence of absorption, adsorption and desorption processes in a three-phase system under conditions of filtration flow of the purified raw material through a fixed bed of solid catalyst increases the efficiency of the process. Computational experiments carried out with the use of periodically acting impulse and harmonic actions can increase the efficiency of non-stationary controls in terms of the quality criterion of the output product of hydrocarbon hydrotreating.

Key words: Dynamic system, non-stationary control strategy, hydrotreating process, quality optimization criterion.

Redaksiyaya daxil oldu: 02.07.2019-cu il

Çapa imzalandı: 28.12.2019-cu il