

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**FASILƏSİZ PROSESLƏRDƏ İSTEHSAL GÜCÜNÜN
VERİLMİŞ PLANLAŞDIRMA PERİODU ÜZRƏ OPTİMAL
BÖLÜŞDÜRÜLMƏSİ (YAĞLARIN HİDROTƏMİZLƏNMƏ
PROSESİ NÜMUNƏSİNDƏ)**

İxtisas: 3338.01 – Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın
işlənməsi

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Firuzə Allahqulu qızı Əliyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2021

Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin “Proseslərin avtomatlaşdırılması” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

texnika elmləri doktoru, professor
Əli Həsən oğlu Nağıyev

Rəsmi opponətlər:

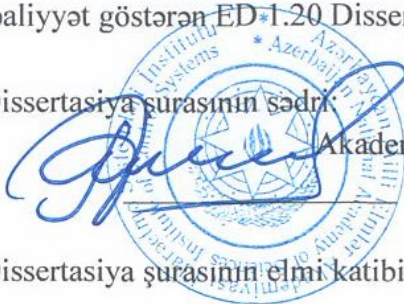
texnika elmləri doktoru, professor
Sayəddin Məşədi oğlu Cəfərov

texnika elmləri doktoru, dosent
Baləmi Qasım oğlu İsmayilov

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Yadigar Nəsim oğlu İmamverdiyev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının AMEA İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED*1.20 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



Akademik, texnika elmləri doktoru, professor
Əli Məhəmməd oğlu Abbasov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

texnika elmləri doktoru, prof.
Nailə Fuad qızı Musayeva

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru, dosent,
Fəhrad Heydər oğlu Paşayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Fasiləsiz axında həyata keçirilən istehsal proseslərinin böyük bir hissəsi üçün xarakterik olan bir cəhət vardır ki, bu da texnoloji qurğunun cari yükləndirilməsinin azaldılması hesabına məhsulun keyfiyyətinin xeyli dərəcədə yüksəltməyin mümkün olmasıdır. Bir qayda olaraq bu asılılıq dərəcəsi hər hansı xarici təsir faktoru ilə sıx surətdə bağlı olur. Məhz buna görə maksimal keyfiyyət ilə istehsal həcmi arasında kompromiss axtarışına demək olar ki, həmişə ehtiyac yaranır.

Bu kompromiss axtarışı qurğunun istehsal həcmnin planlaşdırma periodu ərzində xammal keyfiyyətindən asılı olaraq emal gücünün (yükləndirilməsinin) idarə olunmasını bir aktual elmi-texniki problem kimi qarşıya qoyur. Avtomatik idarəetmə nəzəriyyəsi baxımından qarşıya qoyulan bu məsələ stoxastik məsələ olub, bilavasitə optimal idarə strategiyası axtarışı problemini əhatə edir.

Qeyd etməliyik ki, optimal idarəetmənin stoxastik məsələlərinin geniş dairədə təsnifatının mövcud olduğuna baxmayaraq bu günə qədər konkret olaraq məhz bu məsələnin analizi elmi ədəbiyyatda toxunulmamış olaraq qalmışdır. Xeyli dərəcədə əhatəli surətdə apardığımız elmi ədəbiyyat təhlili belə bir məsələnin qarşıya qoyulduğunu aşkar etməmişdir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti aşağıdakı xüsusiyyətləri daşıyan fasiləsiz istehsal prosesləridir ki, onlarda:

- cari istehsal intensivliyi, yəni texnoloji qurğunun yükləndirilmə dərəcəsi keyfiyyəti müəyyən edən əsas idarə təsiridir;

- texnoloji qurğunun sari yükləndirmə dərəcəsi nəticə etibarı ilə planlaşdırma periodu ərzində ümumi istehsal həcmi müəyyən edir;

- məhsulun keyfiyyəti xarici həyəcanlandırıcı təsir faktorundan asılıdır.

Neft emalı sənayesinin aparıcı sahəsini təşkil edən yağların hidrotəmizləmə prosesi tədqiqat işində məhz ona görə nümunə kimi diqqəti cəlb etmişdir ki, bu sənaye qurğusunun xammalla yükləndirilməsi məhsulun keyfiyyətinə güclü təsir göstərir və bu determinik əlaqənin sıxlığı xarici təsir amilindən, yəni xammalın tərkib göstəricisindən çox asılıdır. Bu prosesdə xüsusi elmi maraq doğuran cəhət isə onunla bağlıdır ki, burada yükləndirmənin periodik (harmonik

və ya impulsiv) olması ilə bir sıra müsbət effektlərin mövcudluq ehtimalı vardır. Fasiləsiz maddi axın rejimli əksər modellərdə ehtimal olunan bu effektlər yağların hidrotəmizlənmə prosesində özlərini daha qabarıq əks etdirirlər.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri.

1. İdarə təsirinə planlaşdırma periodu üzrə qurğunun cari yüklənilməsinə görə inteqral məhdudiyyət şərtinin qoyulduğu stoxastik optimal idarəetmə məsələsinin riyazi qoyuluşunun işlənməsi.

2. Məsələnin həll metodunun işlənməsi.

3. Hidrotəmizləmə prosesinin nümunə obyektini kimi modelləşdirilməsi, keyfiyyət funksiyasının tərtib edilməsi və həyəcanlandırıcı təsirin paylanma funksiyasının nəzərə alınması ilə optimal idarəetmə məsələsinin həlli.

Tədqiqat metodları: Tədqiqat əsasən statistik təhlil, riyazi modelləşdirmə, statistik verilənlər əsasında parametrik identifikasiya, komputer eksperimenti, imitasiya moelləşdirilməsi metodologiyalarına istinadən həyata keçirilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Xarici təsir faktorunun paylanma funksiyasının nəzərə alınması ilə verilmiş çəki əmsalları nisbətində keyfiyyətə görə optimallıq, istehsal həcminə görə əlçatanlıq kriterilərinə cavab verən optimal yükləndirmə strategiyasının təyini üçün optimal əks əlaqə funksiyasının hesablanma məsələsi;

2. Axtarılan optimal əks əlaqə funksiyasının təsadüfi xarici təsir faktorunun generasiyası ilə yaradılan imitasiya modeli.

3. Fasiləsiz axında neft yağlarının hidrotəmizlənməsi prosesi nümunəsində yüksək keyfiyyəti təmin edən və kvartal üzrə istehsal tapşırığını təmin edən idarə strategiyası.

4. Hidrotəmizlənmə prosesinin periodik dəyişən yükləndirmə rejimlərinin optimallıq göstəricilərinin riyazi modelləşdirmə əsasında nümayişi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi kimi aşağıdakılar göstərilə bilər: `

1. İstehsal həcmi planlaşdırılması periodu üzrə sari istehsal gücünün inteqral qiymətinə bərabərlik şəklində məhdudiyyət şərtinin mövcud olduğu stoxastik idarəetmə məsələsinin həyəcanlandırıcı təsirin paylanma funksiyasının nəzərə alınması ilə həlli.

2. Məsələnin həllini təmin edən əks rabitə funksiyasının imitasiya

modelləşdirilməsi yolu ilə təyini.

3. Hidrotəmizləmə proseslərinin nümunə obyektı kimi xammalın keyfiyyətinin dəyişməsi şəraitində optimal yüklənmə strategiyasının təyin edilməsi.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyətini əks etdirən əsas argumentlər kimi aşağıdakıları qeyd etmək olar:

- Fasiləsiz istehsal proseslərində həyəcanlandırıcı təsirlərin nəzərə alınması ilə istehsal həcmının planlaşdırma periodu üzrə optimal bölüşdürmə məsələsinin həlli ilə əlaqədar iqtisadi səmərəliliyin əldə edilməsi;
- Sürtgü yağlarının hidrotəmizləmə proseslərində xammalın kükürdlülük göstəricisinin paylanma funksiyası əsasında yükləmə strategiyasının müəyyən edilməsi.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işi ilə əlaqədar əldə edilmiş elmi nəticələr aşağıdakı konfranslarda müzakirə edilmişdir: Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları” mövzusunda II Respublika Elmi Konfransı(Sumaqayıt 2012), “Energetikanın müasir Elmi-Texniki və Tətbiqi problemləri” Beynəlxalq elmi konfransı (Sumqayıt, 2015), Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının 70 illik yubileyinə həsr olunmuş Doktorantların və Gənc Tədqiqatçıların XIX Respublika Elmi Konfransı (Azərbaycan İqtisad Universiteti, 2015), Bakıda 2016-cı ildə keçirilmiş “Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management” (of the series Advances in Intelligent Systems and Computing) Beynəlxalq konfransda iki məruzə, AMEA-nın həqiqi üzvü əməkdar elm xadimi, fizika-riyaziyyat elmlər doktoru, professor M.L.Rəsulovun 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Nəzəri və Tətbiqi riyaziyyatın aktual məsələləri” respublika elmi konfransı(Şəki-2016), 3rd International E-Conference On Mathematical Advances And Its Applications (Istanbul / Turkey 2020), Abstracts of the 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications(Baku 2020).

İddiəçinin şəxsi töhvəsi. Dissertasiya işində öz əksini tapan elmi nəticələrin hamısı ya şəxsən iddiaçının fəaliyyəti, ya da elmi rəhbərin ideya istiqamətinin və məsələnin prinsipial qoyuluşunun konkret tədqiqat obyektinə tətbiqinin nəticəsidir.

Müəllifin elmi nəşrləri. Dissertasiya işinin mövzusu üzrə 21 elmi iş, onlardan 13 məqalə, 8 konfrans materialıdır. İki konfrans materialı

Springer nəşriyyatının buraxdığı məcmuə daxilində xaricdə dərc olunmuşdur.

Ümumilikdə **Web of Science** indeksli elmi nəşrlərin sayı **5**-dir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Sumqayıt Dövlət Universiteti.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işinin ümumi həcmi – 224000 işarədir (titul, mündəricat və giriş – 16000 işarə), birinci fəsil – 16000 işarə, ikinci fəsil – 46000 işarə, üçüncü fəsil – 102000 işarə, dördüncü fəsil – 44000 işarə). Dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, nəticə, 98 adda ədəbiyyat siyahısından və 5 əlavədən ibarətdir. Dissertasiya işinə 131 səhifəli mətn, 36 şəkil və 3 cədvəl daxil edilmişdir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə fasiləsiz axında həyata keçirilən proseslərdə cari istehsal gücünün idarəetmə strategiyasının xarici təsir faktorunun paylanma funksiyası əsasında müəyyən edilmə məsələsinin ənənəvi parametrik optimallaşdırma məsələlərindən prinsipial fərqi ilə əlaqədar müzakirəyə toxunulur. Qeyd olunur ki, verilmiş planlaşdırma periodu üzrə istehsal tapşırığının mövcud olması məsələyə stoxastik optimal idarəetmə məsələsi kimi baxılma zərurətini yaradır. Qeyd edilir ki, bu məsələdə həyəcanlandırıcı təsir faktorunun olması təsadüfi kəmiyyətlərin əsas statistik xarakteristikası olan paylanma funksiyasının da nəzərə alınmasını bir zərurət kimi qarşıya qoyur.

Birinci fəsildə fasiləsiz istehsal proseslərinin terminal kriterili optimallaşdırma məsələləri sahəsində elmi ədəbiyyatın icmalı verilir. Göstərilir ki, istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərində fasiləsiz texnoloji proseslərdə əksər hallarda idarəetmə məsələsi statik optimallaşdırma xarakterli olur, yəni fasiləsiz proses sabit axın sürəti şəraitində statik asılılıqlarla təsvir olunur. Belə texnoloji proseslərin riyazi yazılışı üçün çoxölçülü reqressiya tənliklərindən müvəffəqiyyətlə istifadə oluna bilər.

Elmi ədəbiyyatın təhlilindən çıxarılan əsas nəticə kimi göstərilir ki, statik optimallaşdırmada idarəetmənin verilmiş planlaşdırma periodu

üzrə integral qiymətinə bərabərlik şəklində irəli sürülən məhdudiyyət şərtli stoxastik optimallaşdırma məsələsinin qarşıya qoyulduğu, yaxud müzakirə edildiyi aşkar edilməmişdir.

Bununla yanaşı göstərilmişdir ki, dissertasiya işində nümunə obyektini kimi istifadə olunmuş hidrotəmizləmə proseslərinin modelləşdirilməsi və optimal idarə olunması praktikasında statik yanaşma üstünlük təşkil edir. Xammalın keyfiyyət göstəricilərinin dəyişgən olduğu şəraitdə hidrotəmizləmə qurğusunun optimal yüklənmə strategiyasının təyin etmə məsələsi elmi ədəbiyyatda öz əksini tapmamışdır. Elmi ədəbiyyat təhlilindən çıxarılan bu nəticələr əsasında dissertasiya işində həll ediləcək məsələlər dairəsi müəyyən olunmuşdur.

İkinci fəsil fasiləsiz istehsal proseslərinin xarici təsirlərdən asılı olan optimal yüklənmə strategiyasının təyini məsələsinin riyazi qoyuluşuna və həll metodunun işlənməsinə həsr edilmişdir.

Fasiləsiz istehsal proseslərinin idarəetmə praktikasında xarici təsir faktoru, planlaşdırma periodu və yüklənmə strategiyası ilə bağlı olan bir neçə işlək termini diqqətə çatdıraraq və istifadə edəcəyimiz işarələməni qeyd edək:

-İstehsalın həcmi - $g(t); t \in (0, T];$

-Cari istehsal gücü (baxılan məsələdə idarəedici parametrlər)-

$$u(t) = \frac{d}{dt} g(t); u \in U;$$

-Planlaşdırma periodu $(0, T]; t \in (0, T];$

-İstehsal tapşırığı $G = g(T);$ İstehsal tapşırığı üçün $G = g(T) = \int_0^T u(t) dt$

integralı mövcuddur.

Məsələnin riyazi qoyuluşu.

Fərz edək ki, hər hansı bir fasiləsiz istehsal prosesində məhsulun keyfiyyətini xarici həyəcanlandırıcı təsir və idarəetmə parametri ilə əlaqələndirən aşağıdakı funksiya mövcuddur:

$$F = F(x, u),$$

harada ki, x – həyəcanlandırıcı təsirdir və nəzərdə tutulur ki, onun üçün paylanma funksiyası məlumdur, yəni $0 < x < \infty$ intervalında təyin olunmuş $y = \varphi(x)$ – paylanma funksiyası məsələdə verilənlərdən birini

təşkil edir. Digər tərəfdən idarəetmə funksiyası olan u üçün (qurğunun cari yükləndirilməsi) $u \in U$ oblastı və planlaşdırma periodunun sonu olan T zaman anında ümumi istehsal həcmi G (əlçatanlıq kriterisi) verilmiş kəmiyyətlərdir.

Digər tərəfdən həyəcanlandırıcı təsir zamandan asılı olaraq dəyişir, və həmin təsadüfi funksiyanın ixtiyari $x(t), t \in (0, T]$ realizasiyası $u(t)$ realizasiyasının formalaşmasına səbəb olur. Qəbul edilir ki, idarə edici orqan (avtomat, yaxud insan) mövcuddur və o, $u(t)$ - realizasiyasını $x(t)$ realizasiyası ilə $F(x, u)$ keyfiyyətinin maksimallığı şərtinə görə bilavasitə əlaqələndirmiş olur. Ona görə də ixtiyari $t \in (0, T]$ anında $u(t) = \arg \max_{\tilde{u} \in U} F[x(t), \tilde{u}]$ funksiyası müəyyən edilmiş olur və

beləliklə müvafiq $u(t)$ realizasiyası formalaşır. Qəbul edilir ki, $(0, T]$ intervalı kifayət qədər genişdir və T/τ nisbəti kifayət qədər böyük ədəddir. Burada τ – təsadüfi xarici təsir kəmiyyətinin avtokorelyasiya funksiyasının sönmə müddətidir. Yəni qəbul edilir ki, müşahidə müddətinin kifayət qədər böyük olması məsələyə statistik yanaşmanı əsaslandırır.

Tələb olunur: Verilmiş $y = \varphi(x)$ paylanma funksiyasına uyğun elə idarəetmə strategiyası təyin edilməlidir ki, keyfiyyət göstəricisinin $(0, T]$ intervalında hesablanmış empirik riyazi gözləməsi maksimal qiymət almış olsun. Beləliklə, keyfiyyət kriterisini riyazi gözləmə kimi qəbul edək :

$$E[F(x, u)] \rightarrow \max \quad (1)$$

Məsələni xarakterizə edən əsas əlamət odur ki, $t \in (0, T]$ intervalında idarəetmə funksiyası üçün aşağıdakı bərabərlik tipli integral məhdudiyyət şərti gözlənilməlidir:

$$\int_0^T u(t) dt = G \quad (2)$$

Burada G – istehsal tapşırığı, verilmiş sabit kəmiyyət olub, məlum T periodunun axırında istehsalın həcmi ifadə edir. Burada (2)

ifadəsi qarşıya qoyulan məsələ üçün əlçatanlıq kriterisi rolunu oynayır. Aydındır ki, həm keyfiyyət, həm də əlçatanlıq kriterilərinin iştirak etdiyi məsələdə bu kriterilərin çəki əmsalları da iştirak etməlidir. Optimallıq və əlçatanlıq kriterilərinin çəki nisbətlerini ifadə edən α əmsalı da məsələnin ilkin verilənləri kimi məlum kəmiyyətdir, $\alpha \in (0,1)$.

Yuxarıda qeyd olunan şərtləri nəzərə alaraq optimal idarəetmə məsələsini aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik:

$$\begin{aligned} I_1 &= E[F(x,u)] \rightarrow \max \\ I_2 &= \left[\int_0^T u(t) - G \right]^2 \rightarrow \min, \\ I &= \alpha I_1 - (1 - \alpha) I_2 \rightarrow \max; \alpha \in (0,1) \end{aligned} \quad (3)$$

harada ki, $E[F(x,u)]$ - keyfiyyət göstəricisinin $t \in [0, T]$ periodu ərzində hesablanmış riyazi gözləməsidir.

Qarşıya qoyulmuş (3) məsələsinin artıq statik optimallaşdırma deyil, məhz optimal idarəetmə məsələsi olduğu aşkardır.

Daha çox əyaniliyi təmin etmək məqsədi ilə diskret zamana keçək: $t_n, n = 1, 2, \dots, N$; $t_n \in [0, T]$.

Laqranjin məhdudiyyətləri “aradan qaldırma” prinsipini əsas tutaraq aşağıdakı əks əlaqə konstruksiyasını daxil edək:

$$u^{\max}(t_n) = \arg \max_{u \in U} \left[F[\varphi^{-1}(y(t_n)), u] - \lambda(t_n) \left(u - \frac{G - \sum_{i=1}^{n-1} u^{\max}(t_i) \Delta t_i}{T - t_{n-1}} \right)^2 \right]; \quad (4)$$

Burada $u^{\max}(t_n)$ - ixtiyari t_n anında (4) funksiyasına maksimum gətirən istehsal gücü (idarəetmə kəmiyyəti); $\varphi^{-1}(y(t_n)) = x(t_n)$ - müvafiq tərs funksiyadır.

Qeyd edək ki, (4) düsturunda əlçatanlıq kriteriyasını ifadə edən ikinci toplananın kəsir hissəsində sürət, yəni $G - \sum_{i=1}^{n-1} u^{\max}(t_i) \Delta t_i$ -fərqi

t_{n-1} anında istehsal planının qalıq hissəsini ifadə edir. Məxrəc, yəni $(T - t_{n-1})$ fərqi planlaşdırma periodunun sonuna qədər qalan vaxtı, kəsrin özü isə, yəni $\frac{G - \sum_{i=1}^{n-1} u^{\max}(t_i) \Delta t_i}{T - t_{n-1}}$ ifadəsi, t_n –dən sonrakı müddət

ərzində əldə edilməli olan orta istehsal gücünü göstərir. Həmin (4) ifadəsində $u \in U$ – variasiya olunan parametrdir.

Nəhayət, $\lambda(t_n)$ axtarılan Laqranj funksiyasıdır, yəni, xarici təsir faktoru $x(t_n)$ –nin paylanma funksiyasından asılı olaraq əks əlaqə dərinliyini zaman üzrə idarə edən funksiyadır. Optimal idarəetmə strategiyasını ifadə edir.

Qeyd olunanları nəzərə alıb, məsələnin qoyuluşunu indi belə ifadə edə bilərik: Verilmiş $y = \varphi(x)$ –yə uyğun elə $\lambda(t_n)$ təyin etmək tələb olunur ki, aşağıdakı optimallıq şərti ödənilə bilsin:

$$I^{opt}[\varphi(x)] = \max_{\lambda(t)} \left\{ \alpha h^{opt} \sum_{n=1}^N F[\varphi^{-1}(y), u^{\max}(t_n)] \Delta t_n - \right. \\ \left. - (1 - \alpha) h^{yet} \left[\sum_{n=1}^N u^{\max}(t_n) \Delta t_n - G \right]^2 \right\}, \quad (5)$$

harada ki, $\Delta t_n, N$ – uyğun olaraq zaman üzrə diskretləşirmə addımı və intervalın bölgülər sayını, h^{opt}, h^{nai} – kriteriləri eyni miqyasa gətirmək üçün normallaşdırıcı əmsalları ifadə edir.

Beləliklə, hər hansı metod tətbiq etməklə elə optimal $\lambda^{opt}(t_n)$ funksiyası təyin olunmalıdır ki, (4) –dən təyin olunan $u^{\max}(t_n)$, $n = \overline{1, N}$ qiymətləri (5) ifadəsinə maksimalıq gətirmiş olsun.

Əgər göstərilən şərtləri ödəyən $\lambda(t)$ funksiyası təyin oluna bilərsə, o zaman $t \in [0, T]$ intervalının ixtifari nöqtəsində (4) ifadəsinə maksimum gətirən u_n ədədlər ardıcılığını (3) məsələsi həlinin statistik yaxınlaşması kimi qəbul etmək olar. Təbiidir ki, planlaşdırma periodu T sonsuzluğa bərabər olduqda, məsələnin trivial həlli meydana çıxır, yəni $T = \infty$, $u = G/T$ əldə edilir.

Beləliklə, görünür ki, məsələnin həlli bilavasitə $x(t)$ –

həyəcanlandırıcı təsirinin tabe olduğu $\varphi(x)$ paylanma funksiyasından asılıdır.

Diskret həyəcanlandırıcı təsir kəmiyyətinin empirik paylanma funksiyası $\varphi[x(t_n)]$ –nın qurulması. Praktikada adətən hidrotəmizləmə xammalının kükürlülük göstəricisinin (həyəcanlandırıcı təsirin, $x(t)$) paylanma funksiyasının diskret zaman intervallarında qiymətləri ilə işləməli oluruq. $E[F(x,u)]$ riyazi gözləməsinin qiymətləndirilməsi üçün $x(t)$ təsadüfi kəmiyyətinin pillə şəkilli olduğunu, yəni davamiyyəti də nəzərə alınan impulsar ardıcılığı variantından istifadə etmək zərurəti meydana çıxır. Analoq siqnullarının diskret variantına keçid üçün adaptiv alqoritm elmi ədəbiyyatda məlumdur və məhdud statistika şəraitində daha yüksək dəqiqliyi təmin edə bilər. Məhz buna görə dissertasiya işində həyəcanlandırıcı təsirin empirik paylanma funksiyasını təyin etmək üçün dəyişən davamiyyətli impulsar şəklində verilmiş təsadüfi siqnalın adaptiv metod əsasında diskret yazılışından istifadə edilmişdir. Riyazi gözləmənin hesablanması üçün tətbiq edilən bu yanaşma nəticədə iki parametrlə statistik massiv meydana gətirmişdir:

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1v} & \dots & w_{1p} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2v} & \dots & w_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{\mu 1} & w_{\mu 2} & \dots & w_{\mu v} & \dots & w_{\mu p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{q1} & w_{q2} & \dots & w_{qv} & \dots & w_{qp} \end{pmatrix}$$

Göstərilən matris təsadüfi impulsar ardıcılığında amplitudların və davamiyyətin müvafiq sətir–sütun kəsişməsinə düşmə ehtimalını xarakterizə edir.

Dissertasiya işində məsələnin həllinə, yəni axtarılan Laqranj funksiyasının təyin edilməsinə bir neçə mövqedən yanaşılmanın mümkün olduğu göstərilə də, konkret həll alqoritmı imitasiya modelləşdirilməsi üzərində qurulmuşdur.

Məsələnin imitasiya modeli əsasında həlli

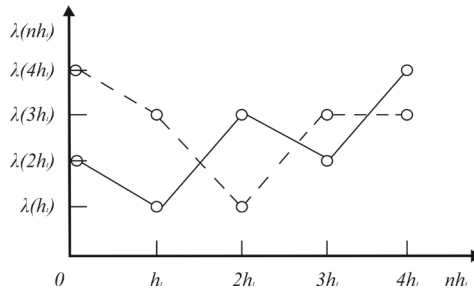
Məsələnin həllinin imitasiya alqoritmının əsasını $\varphi(x)$ paylanma funksiyasına malik $x(t_n)$ təsadüfi kəmiyyətinin generasiyası və

hesablama eksperimenti ilə bu təsadüfi ardıcılığa müvafiq $\lambda^{opt}(t_n)$ –nin optimal variantının seçilməsi təşkil edir. Generasiya edilmiş $x(t_n)$ xarici təsirinə müvafiq olaraq (4) ifadəsinə görə $u(t_n); t_n \in [0, h, 2h, \dots, nh, \dots, T]$ ardıcılığını təyin etmək və bundan sonra “empirik seçmə” prinsipi əsasında $\lambda^{opt}(t_n); t_n \in [0, h, \dots, T]$ optimal yaxınlaşmasını əldə etmək mümkündür. Beləliklə, qarşıya imitasiya modelləşdirilməsi yolu ilə həll edilməsi nəzərdə tutulmuş cari istehsal gücünün optimal idarə olunması məsələsi qoyulmuşdur.

İmitasiya modelləşdirilməsi metodu verilmiş statistik xarakteristikaya malik təsadüfi ədədlər generatorunun sintez edilməsini tələb etmişdir. Belə generatoru yaratmaq üçün dolayı yoldan, yəni əvvəlcə bərabər paylanma funksiyasına malik və vahid diapazonda $[0, 1]$ ədədlər hasil edən generator götürülmüş, sonra isə ondan istifadə edərək lazımi xarakteristikalı generator sintez edilmişdir. Məsələnin proqramlaşdırılması zamanı MATLAB-ın standart proqramlar külliyyatının RAND funksiyasından psevdotəsadüfi ədədlər generatoru kimi istifadə edilmişdir.

Məsələnin diskret həyəcandırıcı təsir variantının həlli üçün ixtiyari paylanma funksiyasını realizə edə bilən təsadüfi siqnal generatoru işlənmişdir. Alqoritm əsasını tərs funksiya istifadə etmə metodu təşkil edir. Verilmiş paylanma funksiyaları üçün tərs funksiyalar yazılmış, generatorun siqnalları çevrilmə operatorunun (qeyri-xətti) təsiri altına gətirilmiş və belə çevrilmədən sonrakı siqnalların paylanma funksiyası təyin edilmişdir. Əldə edilmiş generatorun paylanma funksiyasının tələb olunan dəqiqliyi RAND standart generatorunun dəqiqliyindən aşağı olmadığı və qarşıya qoyulmuş tələbə tam cavab verə bildiyi müəyyən edilmişdir.

Göstərilən alqoritm üzrə həyata keçirilmiş impulsar generasiyası alqoritm əsasında həll edilən məsələnin alqoritmləşdirilməsi həyata keçirilmişdir. Başqa sözlə, $\lambda^{opt}(t) \in L$ optimal funksiyanın variantlar çoxluğundan sadə yolla seçilməsi üçün alqoritm işlənmişdir. Bu alqoritmə uyğun olaraq $\lambda(t)$ funksiyası (6×4) nöqtədə (uyğun olaraq t və λ dəyişənləri üçün) diskretləşdirilmiş və variantlar sayının 7776 –ya bərabər olduğu variant qənaətbəxş qəbul edilmişdir. Şəkil 1-də diskretləşdirilmiş $\lambda(t)$ funksiyasının iki variantı təsvir olunmuşdur.



Şəkil 1. Tənzimləyici Laqranj funksiyasının (6x4) ölçüdə diskretləşdirilməsi.

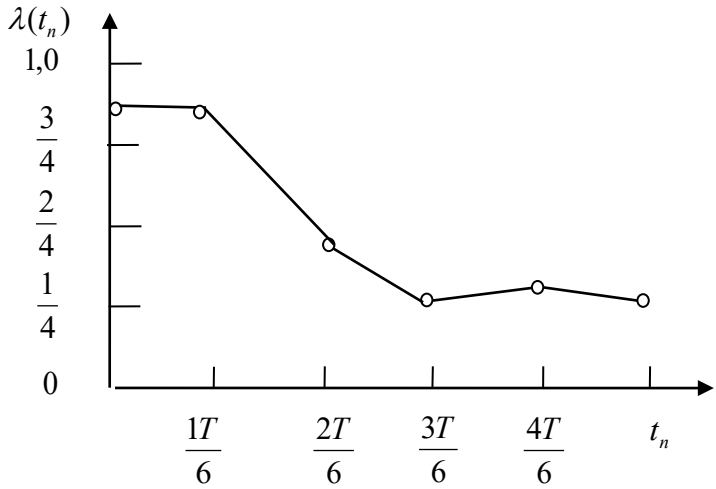
Məsələnin sadə nümunədə həlli. Axtarılan $\lambda^{opt}(t)$ stabilizirici Laqranj funksiyasının təyin olunma məsələsi üçün işlənən alqoritm sadə nümunədə, aşağıdakı keyfiyyət funksiyası üçün yoxlanılmışdır:

$$F = \frac{1}{(1+x)^u}; \quad 0.6 < u < 2; \quad 0 < x < 1; \quad G=1, T=1 \quad (6)$$

Burada x – həyəcanlandırıcı təsir; u – işə idarə təsiri olub, T – periodu ərzində integralı G –yə bərabər olan funksiyanı ifadə edir.

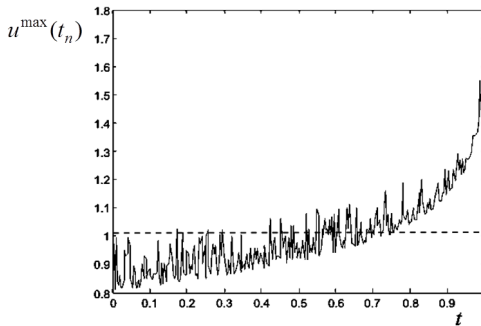
(6) məsələsinin hesablama eksperimenti metodu ilə imitasiya (medelləşdirilməsi prinsipi əsasında) həlli $[0, T]$ intervalının 18796 hissəyə bölünməsi ilə əldə edilmişdir. Paylanma funksiyası kimi Qaus normal paylanması götürülmüşdür.

Təsadüfi ədədlər generatoru kimi **randn** paylanma qanununa tabe olan standart funksiya istifadə olunmuşdur. $\lambda(t_n)$ -funksiyasının diskretləşdirilməsi nəticəsində əmələ gələn 7776 variantda stabilizasiya funksiyaları içərisində optimal variant təyin edilmişdir. Həmin funksiya şəkil 2.-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Nümunə kimi götürülmüş (6) məsələsinin həllini təmin edən stabiləşdirici Laqranj funksiyasının optimal variantı.

Nümunə məsələnin həllinin müqayisəsi üçün ən yaxşı üsul olaraq $\lambda(t_n) = \text{const}$; $\forall \lambda = \lambda^{\text{opt}}(t_n)$ funksiyalarından istifadə etməklə alınmış nəticələrin təhlilindən istifadə edilmişdir. Müqayisə $\lambda(t_n) = \ell$; harada ki, $\ell \in [0.2; 5]$ - intervalının ən yaxşı variantına ($\ell = 1$ olduğu variantı) nisbətə aparılmış və müvafiq yükləmə diaqramları (ossilloqramlar) tutuşdurulmuşdur.



Şəkil 3. **randn** standart generatorunun hasil etdiyi həyəcanlandırıcı təsir şəraitində $\lambda(t_n) = 1$ variantına uyğun gələn $u^{\text{max}}(t)$ maksimallaşdırıcı idarə kəmiyyətinin əmələ gətirdiyi ossilloqram.

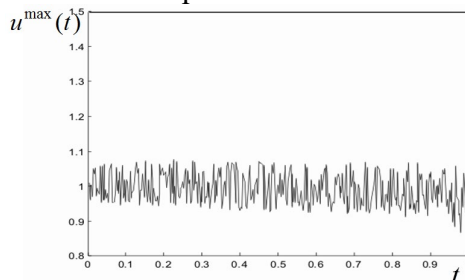
Şək. 3-də $\lambda(t_n) \equiv 1$ variantına uyğun gələn həll göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, intervalın əvvəlində keyfiyyət və əlçatanlıq kriterilərinin verilmiş nisbəti optimal qəbul edilə bilirsə, finala yaxınlaşdıqca idarəetmə parametrlərinin integral göstəricisinin G –dən xeyli dərəcədə geri qalması müşahidə olunur.

Göründüyü kimi həmin ossilloqram $u^{\max}(t)$ funksiyasının period üzrə sabit qalmadığını və periodun sonu yaxınlaşdıqca yüksəlməyə doğru meylini aydın şəkildə göstərir. Bu effekt keyfiyyət funksiyasının u dəyişəninə nəzərən azalan funksiya olduğu ilə əlaqədardır. Başqa sözlə, burada $u^{\max}(x)$ funksiyasının verilmiş intervalda empirik riyazi gözləməsinin $\frac{G}{T}$ –dən kiçik olduğu faktı özünü göstərmiş olur. Yəni:

$$\frac{G}{T} - M[u^{\max}(x)] > 0$$

Ümumi effektivlik göstəricisi intervalın əvvəlində keyfiyyət kriterisinə üstünlük verir, çünki əlçatanlıq kriterisinin rolu hələ kifayət qədər yüksələ bilməmişdir. Intervalın sonuna yaxınlaşdıqca meylətmənin yüksəlməsi səbəbindən əks rəbitə qüvvətlənir və $u(t)$ -nin orta qiyməti yüksəlməyə doğru dəyişir.

Şəkil 4-də təyin olunmuş $\lambda^{opt}(t)$ funksiyasının təsiri hesabına özünü sazlayan prosesin formalaşması göstərilmişdir. Göründüyü kimi, bu halda period üzrə keyfiyyət və əlçatanlıq kriterilərinin zaman üzrə bərabər nisbətdə saxlanılması mümkün ola bilər. Bu zaman $u(t)$ -nin orta qiyməti period üzrə sabit qala bilər.



Şəkil 4. Optimal götürülmüş $\lambda = \lambda^{opt}(t)$ funksiyası istifadə edildikdə $u^{\max}(t)$ funksiyasının ossilloqramı.

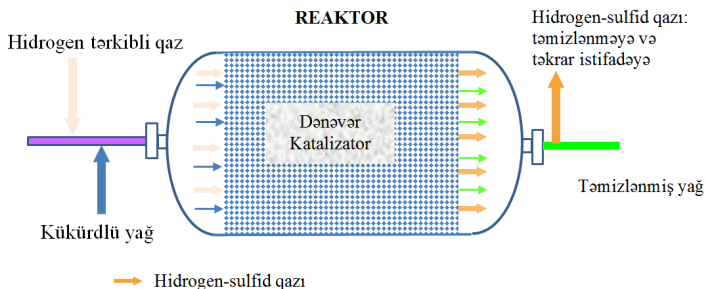
Beləliklə, nümunə üçün həll etdiyimiz məsələnin təhlili o nəticəyə gəlməyə əsas yaradır ki, qarşıya qoyulan istehsal gücünün həyəcanlandırıcı təsir şəraitində verilmiş planlaşdırma periodu ərzində optimal bölüşdürülməsi üçün elə $\lambda^{opt}(t)$ stabilləşdirici əks rabitə funksiyası seçilməlidir ki, $u^{\max}(t)$ təsadüfi funksiyasına görə hesablanmış $E[u^{\max}(t)]$ riyazi gözləməsi $t \in [0, T]$ intervalında sabit qalsın.

Qarşıya qoyulmuş məsələnin sadə seçmə üsulu ilə proqramlaşdırdığımız həllinə təqribən 8 dəqiqə vaxt sərf olunmuşdur (orta hesablama resurslarına malik müasir kompüterimizdə). Bu zaman hər planlaşdırma periodu üzrə həyata keçirdiyimiz hesablama eksperimentində həyəcanlandırıcı impulsların sayı 2470 olmuşdur.

Üçüncü fəsil fasiləsiz axında həyata keçirilən sənaye miqyaslı hidrotəmizləmə prosesinin riyazi modelləşdirilməsinə həsr edilmişdir. Qeyd etdiyimiz kimi, riyazi modelləşdirmədə məqsəd xammalın kükürdlülük göstəricisinin dəyişdiyi ilə əlaqədar optimal yükləmə strategiyasının müəyyən etməkdir. Şək.5-də hidrotəmizləmə prosesinin əsas texnoloji aparatı, stasionar katalizator təbəqəsi olan reaktor göstərilmişdir. Disertasiya işi ilə əlaqədar yalnız reaktor blokunun riyazi modelləşdirilməsi həyata keçirilmişdir. Modelləşdirmə yalnız qarşıya qoyulan optimal yükləndirmə məsələsi mövqeyindən həyata keçirilmiş və bir sıra zəruri özəl cəhətlərin nəzərə alınması ilə aparılmışdır.

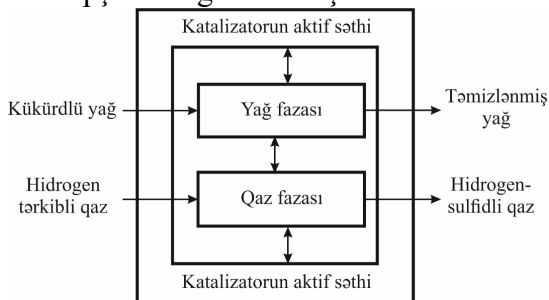
Kükürdlü yağ $350-380^{\circ}\text{C}$ temperatur şəraitində katalizatorun tərənəmzə layında hidrogenlə görüşdürülür. Absorbsiya, adsorbsiya (qazların maye və bərk cisim mühitlərində həll olma prosesləri) proseslərini keçərək hidrogenin katalizator iştirakı ilə kükürd qazını yaratması xammal yağın kükürddən təmirlənməsinə səbəb olur. Adları çəkilən hər iki prosesin sürətlərinin reaktorda maddə axın sürətindən qat-qat çox olduğundan onlar diferensial tənliklər sistemi şəklində olan reaktor modeli miqyasında kvazistasionarlıq şərti adlanan kriteriyə cavab verə bilirlər və buna görə də sistemə statik asılılıq şəklində daxil oluqlarını tam doğrulda bilirlər. Beləliklə, reaktor modeli hidrogenin, kükürdlü birləşmələrin və reaksiya məhsulu hidrogen-sulfidin müvafiq fazalardakı (qaz, maye və bərk fazalar) qatılıqlarına görə tərtib olunmuş xüsusi törəməli diferensial tənlik şəklində yazıla bilər. Sərbəst

dəyişənlər kimi zaman və reaktorun uzunluq koordinatı istifadə olunur.



Şəkil 5. Yağların hidrotəmizləmə reaktorunun ümumiləşdirilmiş sxemi.

Hər üç fazada gedən proseslər və onlar arasında maddə mübadiləsi sxematik olaraq şəkildə göstərilmişlər.



Şəkil 6. Sürtgü yağlarının hidrotəmizləmə prosesində kütlə mübadiləsinin sxematik təsviri.

Qaz fazasını hidrogen və onunla reaksiya nəticəsində alınan kükürd qazı təşkil edir. Yağ fazası bilavasitə emal olunan yağ, bərk faza isə katalizator təbəqəsindən ibarətdir. Oxşar proseslərdə olduğu kimi burada da diffuziyanın nəzərə alınmaması reaktorda stasionar (tərpənməz) təbəqənin mövcud olması ilə bağlıdır:

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} + \frac{v_q}{\sigma_q \rho_q} \frac{\partial p_i}{\partial x} - w_{qy} \left(\frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) = 0; \quad i = \overline{1,3}; 1-H; 2-S; 3-H_2S$$

$$\frac{\partial y_i}{\partial t} + \frac{v_y}{\sigma_y \rho_y} \frac{\partial y_i}{\partial x} + w_{qy} \left(\frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) + w_{yk}^i (b_{yk}^i y_i - z_i) = 0$$

$$\frac{dP}{dx} = \frac{\gamma}{\sigma_k} (v_y + v_q); \quad (7)$$

$$\frac{\partial z_H}{\partial t} - w_{yk} (a_{yk} y_H - z_h) + 2z_H z_S k_0 \exp(-E/RT) = 0$$

$$\frac{\partial z_S}{\partial t} - w_{yk} (a_{yk} y_S - z_S) + z_H z_S k_0 \exp(-E/RT) = 0$$

$$\frac{\partial z_{H_2S}}{\partial t} - w_{yk} (a_{yk} y_{H_2S} - z_{H_2S}) = 0$$

Başlangıç və sərhəd şərtləri:

$$t = 0 \quad \text{olduqda}$$

$$p_i(x,0) \equiv p_{i0}; \quad y_i(x,0) \equiv y_{i0}; \quad z_i(x,0) \equiv z_{i0}; \quad (9)$$

$i = \overline{1,3}$; 1-hidrogen; 2-kükürlü birləşmələr; 3-hidrogen-sulfid.

$$x = 0 \quad \text{olduqda}$$

$$p_i(0,t) \equiv p_{i0}(t); \quad y_i(0,t) = y_{i0}(t); \quad P(t,0) = P_{gir}(t) \quad (10)$$

Bu model tənliklərində aşağıdakı işarələmələr qəbul edilmişdir:

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

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, z_{H_2S} - hidrogen, kükürd və hidrogen-sulfidlə 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; $k_i(T) = k_i^*(T - 273) + \varepsilon_i^*$; $i = \overline{1,3}$ - 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 kinetik əmsalları və reaksiyanın həyata keçirildiyi temperaturdur.

Riyazi modelin qeyri-stasionar (dinamik) rejimlərinin tədqiqi.

Xarici təsirləri, məsələn, xammalın və ya hidrogen tərkibli qazın reaktora verilmə sürətinin bir idarəedici parametr kimi zaman üzrə dəyişdirilməsini əldə etmək üçün (7)-(11) modelində müvafiq tənliklər aşağıdakı formada yazılmışdır:

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} - \frac{v_{q0}[1 + u_1 \sin(\omega t)]}{S \sigma_q \rho_q} \frac{\partial p_i}{\partial x} - w_{qv} \left(\frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) = 0; \quad i = \overline{1,3} \quad (11)$$

$$\frac{\partial y_i}{\partial t} - \frac{v_{y0}[1 + u_2 \sin(\omega t + \varphi)]}{S \sigma_y \rho_y} \frac{\partial y_i}{\partial x} + w_{qv} \left(\frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) + w_{yk}^i (b_{yk}^i y_i - z_i) = 0$$

harada ki, Z_i – dəyişənləri (8) tənliklər sistemi ilə müəyyən olunurlar.

Dəyişdirilmiş (11) 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. Bu məsələnin ədədi üsullarla həll alqoritmi sonlu fərqlər üsuluna istinad olunaraq işlənmişdir.

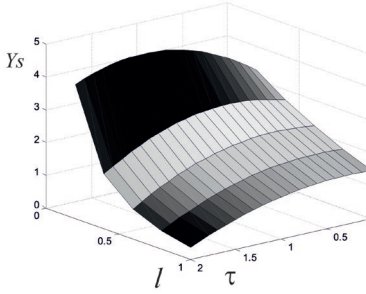
İdarəetmə funksiyasını həyata keçirmək baxımından mühüm üctünlüklərə malik olan üç nöqtəli sol künc şablonu üzrə aşkar sxem əsasında həll alqoritmi tətbiq edilmişdir.

Şəkil 7-də uyğun olaraq xammalın reaktora verilmə sürətinin kiçik qiymətində (şəkildə a -variantı) və nominaldan böyük qiymətində (b -variantı)) reaktor uzunluq koordinatı üzrə paylanma funksiyasının zaman koordinatı boyu dəyişmə dinamikası göstərilmişdir.

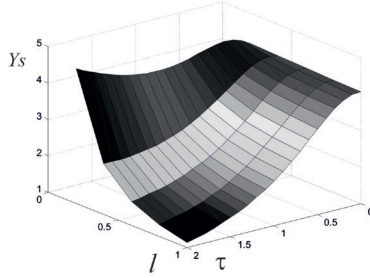
Göründüyü kimi, böyük axın sürətlərində xammalın kükürddən təmizlənmə prosesi başa çatmağa imkan tapmır və çıxışda kükürlü birləşmələrin (γ_s) miqdarı hiss olunacaq dərəcədə çoxdur. Aşağı sürətlərdə yağın katalitik mühitdə qalma müddəti böyük olduğundan yekun təmizlənmə çoxalır. Axın sürətinin kimyəvi proseslərə də təsiri olduğu üçün bu asılılıq mütənəsib olmayıb, daha mürəkkəb formada özünü göstərir. Beləliklə, tərtib olunmuş riyazi modelin fiziki məntiqlə tam uyğunluğu özünü aşkar şəkildə göstərir.

Tərtib olunmuş riyazi modelin adekvatlığını daha dəqiq surətdə müəyyənləşdirmək üçün “aktiv giriş təsirləri” metodundan istifadə

edilmişdir.



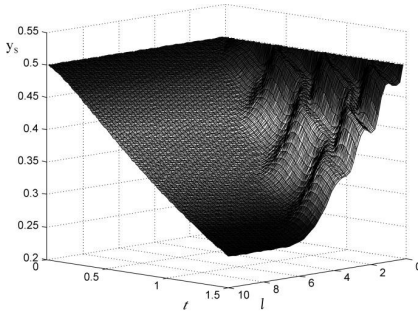
a)



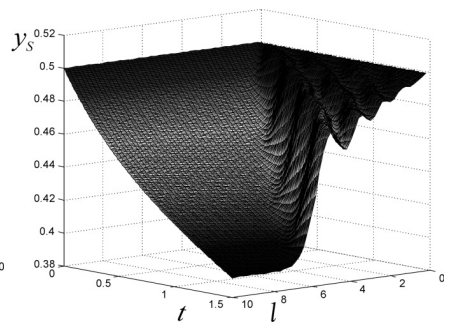
b)

Şəkil 7. Xammalın kükürlülük cöstəricisinin (ℓ, τ) müstəvisində paylanması; a) $u = 0.7$; b) $u = 1.1$

Başqa bir xarakteristikada əvvəlki hesablama eksperimentində olduğundan fərqli olaraq reaktora xammal sabit axın sürəti ilə deyil, periodik dəyişən sürətlə verilmişdir. Reaktorun girişinə xammalı $u(t) = \tilde{u}(1 + u_1 \sin \omega t)$ qanunu ilə verdikdə yaranan qeyri-stasionar rejim şəkil 8-a) və b) –də göstərilmişdir.



a)



b)

Şəkil.8. Kükürlü birləşmələrin parsial təzyiqinin iki müxtəlif qeyri-stasionar rejimə uyğun reaktorboyu paylanması. a) $\omega = 2$ rad/dəq; b) $\omega = 3.5$ rad/dəq.

Şəkildən göründüyü kimi, modelin başlanğıc şərti olaraq reaktorboyu kükürlülük dərəcəsi (yağ fazasında) bərabər paylanma

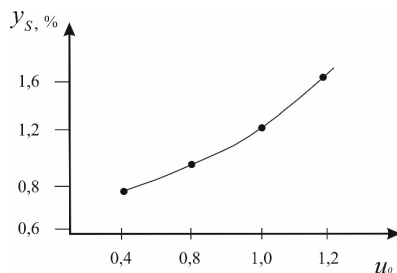
halı qəbul edilmiş və ədədi qiymətcə 0.5-ə bərabər götürülmüşdür. Yağ fazasında kükürlü birləşmələrin miqdarının reaktor boyu dəyişməsi tədrici proses olub, dalğavari xarakter daşıyır. Dalğanın reaktor boyu yayılması zaman üzrə artaraq, reaktorun təxminən 5-6 metrliyində başa çatır. Qrafikdən alınan bu görüntünün səbəbi yalnız zaman oxunun 1.5 dəq qiyməti ilə həddənlənməsi, yəni qrafikin həmin nöqtədə kəsilməsidir. Əslində bu dalğavari proses zaman üzrə sonsuzluğa qədər davam edir. Riyazi fizika modellərində bu proses “qaçan dalğa” adı ilə tanınmışdır.

Riyazi modelinin qeyri-stasionar rejimlərinin tədqiqindən çıxarılan əsas nəticə.

Çoxsaylı hesablama eksperimenti nəticəsində aşkar şəkildə nümayiş oluna bilir ki, qeyri-stasionar maddi axın daha geniş optimallıq imkanına malikdir.

Beləliklə, aparılan model tədqiqatının nəticəsində belə bir qənaətə gəlmək mümkün ola bilir ki, xamalın verilməsinin impulsiv (qeyri-stasionar) həyata keçirilməsi hesabına prosesin keyfiyyət göstəricisinin sabit saxlanılması şərti daxilində reaktorun yüklənməsinin orta göstəricisinin hiss olunacaq dərəcədə yüksəltmək mümkündür. Həm də reaktorun yüklənmə dərəcəsi nə qədər aşağı götürülürsə, impulsiv rejimlərin tətbiqindən alınan müsbət effekt bir o qədər yüksək olur.

Bu nəticə hidrotəmizləmə prosesinin kinetik qanunauyğunluqlar əsasında modelləşdirilməsi və həmin model əsasında kompüter eksperimentinin həyata keçirilməsindən alınan ən əsas nəticə kimi diqqəti cəlb edir. Bu nəticə faktik olaraq şəkil10-da verilmiş qrafikdə öz əksini tapır.



Şəkil 10. Harmonik dəyişən xammal sürəti şəraitində ($u(t) = u_0 \cdot (1 + 1.44 \sin 2t)$, $0 \leq t \leq 1.5$) hidrotəmizlənmə göstəricisinin sürətin sabit toplananından asılılığı.

Həmin xarakteristikasının approksimasiyası aşağıdakı ifadəni vermişdir:

$$\bar{y}_s = \frac{0.0037}{0.964 + (y_{s0} / y_{s0}^*)^{u_0/v_0^*}}$$

harada ki, y_{s0}, y_{s0}^* – uyğun olaraq emal olunan karbohidrogenlərin kükürdlülük göstəricilərinin cari və nominal qiymətləri ($y_{s0}^* = 0.5\%$), v_0, u_0^* – reaktorun xammala görə yükləndirmə göstəricisidir (reaktorun girişində xammalın orta kütlə sürəti).

Bu ifadə hidrotəmizləmə reaktorunun optimal yükləndirmə məsələsinin həll olunmasında bilavasitə istifadə edilir.

Dördüncü fəsilə hidrotəmizləmə prosesi nümunəsində fasiləsiz istehsal qurğularının optimal yüklənmə məsələsi həllinin alqoritmik işlənməsinə həsr edilmişdir. Burada əsas diqqət iki istiqamətə yönəldilmişdir: - məsələyə imitasiya alqoritmləri mövqeyindən yanaşma və iterasiya alqoritmləri. Hər iki alqoritmın prinsipial əsasını yükləmənin riyazi gözləməsinin planlaşdırma periodu ərzində sabit saxlanması təşkil edir. İterasiya prosesinin qurulmasında sabit saxlanılması həmin riyazi gözləmənin təyini və bu qiymətin sabit qalmasını təmin edən Laqranj funksiyasının sintezi məsələsinin alternativ variantları müzakirə olunur.

Bu yanaşmalardan biri kimi iterativ hesablama prosesinin yaradılması məsələsi müzakirə olunur ki, bu zaman qarşıya çıxan əsas problem kimi iterativ yaxınlaşma prosesində başlanğıc nöqtənin (yaxınlaşmanın) təyin edilməsi göstərilir.

Digər alternativ yanaşma əks rəbitəli sistemlər prinsipidir ki, burada inteqral məhdudiyyət şərtinin nəzərə alınması tənzimləyici mənfi əks əlaqə prinsipi əsasında araşdırılır.

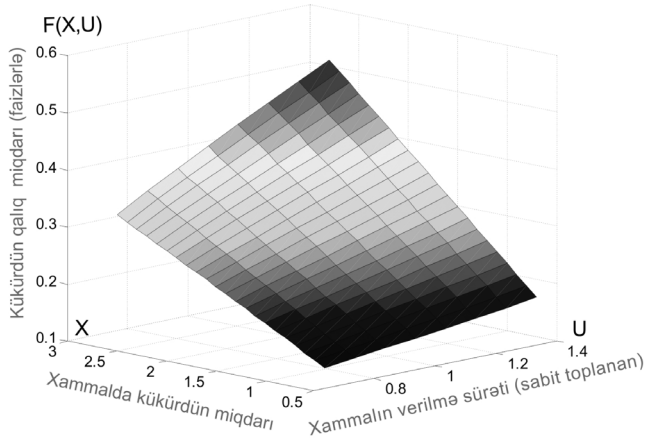
Qeyd olunan həll alqoritmlərinin hidrotəmizləmə nümunəsində verə biləcəyi müsbət nəticələr yalnız bilavasitə konkret məsələnin həlli zamanı özünü büruzə verə bilər.

Hidrotəmizləmə prosesinin qarşıya qoyulan məsələ baxımından modeli (7)-(10) diferensial tənlikləri üzərində həyata keçirilən hesablama eksperimenti əsasında yaradılmışdır. Bu model xammal verilmə sürətinin sabit toplanmasının u_0 - ın dəyişdirilməsinə idarə

olunan obyektin reaksiyasını (effektivlik göstəricisini) əks etdirir:

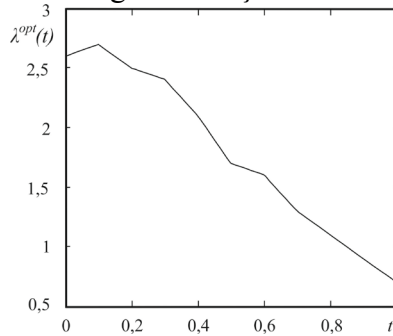
$$F = \frac{0.152}{1.81 + 0.89x^{1.6u_0}} + 0.122xu_0 \quad (12)$$

Şəkil 11-də (12) asılılığı qrafik olaraq göstərilmişdir.



Şəkil 11. Effektivlik funksiyasının $0.75 \leq x \leq 2.85$; $0.7 \leq u_0 \leq 1.5$ oblastında təsviri.

Məsələnin həlli həyəcanlandırıcı faktor, yəni xammalın giriş kükürlülüyü üçün paylanma funksiyasının normal paylanmaya yaxın olan variantında hesablanmışdır. Optimal stabilləşdirici Laqranj funksiyası şəkil 12-də göstərilmişdir.



Şəkil 12. Tənzimləyici Laqranj funksiyasının optimal variantı.

NƏTİCƏ

Dissertasiya üzrə aparılan tədqiqat ilə əlaqədar olaraq aşağıdakı əsas nəticələr əldə edilmişdir.

1. İdarə təsirinə həyəcanlandırıcı təsirin paylanma funksiyasını nəzərə alan bərabərlik tipli integral məhdudiyyət şərtlə stoxastik optimallaşdırma məsələsi qarşıya qoyulmuşdur. Məsələ əks rabitəli sistemlər baxımından riyazi ifadə edilmişdir. Tədqiqatın nəticəsində əldə olunmuşdur ki, əks rabitəni həyata keçirən stabilləşdirici Laqranj funksiyasının optimal variantının seçilməsi ilə həyəcanlandırıcı təsirin verilmiş paylanma funksiyasının nəzərə alınmasına nail olmaq mümkündür.

2. Qeyd olunan optimal əks rabitə funksiyasının təyin olunması üçün imitasiya modelləşdirilməsi alqoritmi təklif olunmuşdur. Verilmiş paylanma funksiyalı təsadüfi xarici təsir faktorunun generasiyası əsasında imitasiya modeli yaradılmış və onun əsasında optimal stabilləşdirici Laqranj funksiyası təyin edilmişdir.

3. Qarşıya qoyulmuş məsələ neft mənşəli yağların hidrotəmizləmə prosesi nümunəsində həll edilərək, konkret nəticələr əldə edilmişdir.

4. Hidrotəmizləmə reaktorunun yüklənməsini periodik funksiyalar sinfində həyata keçirərək qeyri-stasionar rejimlərin effektivliyi təhlil edilmişdir.

Dissertasiya işi üzrə müəllifin dərc olunmuş elmi işlərinin siyahısı:

1. Nağıyev, Ə.H., Həşimova, H.M., Əliyeva, F.A. Dəyişən həcmli realizasiyaları əsasında psevdotəsadüfi ədədlər generatorlarının testləndirilməsinə dair.// -Sumqayıt: Elmi xəbərlər, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -2012. №3, -s. 52-59.
2. Əliyeva, F.A., Nağıyev, Ə.H. İdarə təsiri inteqral mədudiyyətlə bağlı olan bir stoxastik optimallaşdırma məsələsi haqqında. // “Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları” mövzusunda II Respublika elmi konfransı, -Sumqayıt: Elmi xəbərlər, -2012, -s. 97-98.
3. Nağıyev, Ə.H., Əliyeva, F.A. Neft yağlarının hidrotəmizlənmə prosesinin riyazi modelinin parametrik identifikasiyası. //-Bakı: Bakı Universitetinin Xəbərləri, -2013. №3, -s. 103-111.
4. Nağıyev, Ə.H., Əliyeva, F.A. İdarə təsiri inteqral mədudiyyətlə bağlı olan bir stoxastik optimallaşdırma məsələsi haqqında.//- Bakı: Bakı Universitetinin Xəbərləri, -2014. №4, -s. 55-60.
5. Əliyeva, F.A. Fasiləsiz istehsalda istehsal gücünün xammalın keyfiyyət göstəricisinə görə optimal idarə məsələsi. //AMEA-nın 70 illik yubileyinə həsr olunmuş “Doktorantların və gənc tədqiqatçıların” XIX respublika elmi konfransı,-Bakı: Azərbaycan İqtisad Universiteti, -2015, -s.111-112.
6. Алиева, Ф.А. О задаче энергосбережения в производствах гидроочистки топлив и масел // “Energetikanın müasir elmi-texniki və tətbiqi problemləri” adlı Beynəlxalq elmi konfrans, -Sumqayıt: -2015, -s.401-402.
7. Nağıyev, Ə.H., Əliyeva, F.A. Katalitik krekinq sənaye qurğusunun hidrotəmizləmə blokunun dəyişən kükürlülüyə malik xammal emalı şəraitində optimal yükləndirilməsi haqqında.//-Bakı: Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, -2015. №4(98), -s. 69-75.
8. Nagiyev, H.A., Aliyeva, F.A. Mathematical modeling of dynamics of the reactor hydrotreating hydrocarbon oils to control.//Problems of modern science and education, -2016, №18(60), -pp. 23-27.
9. Əliyeva, F.A. Hidrotəmizləmə proseslərinin rəqsi yükləmələr rejimində model tədqiqi. // -Sumqayıt: Elmi xəbərlər, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -2016. № 3, -s. 65-71.
10. Əliyeva, F.A. Standart psevdo təsadüfi ədədlər generatorlarının empirik material əsasında müqayisəli verifikasiyası.// “Nəzəri və tətbiqi

riyaziyyatın aktual məsələləri” AMEA-nın həqiqi üzvü əməkdar elm xadimi, f.r.e.d., professor M.L.Rəsulovun 100 illik yubileyinə həsr olunmuş respublika elmi konfransının materialları, -Şəki: -2016, -s.106-108.

11. Nagiev A.G., Aliyeva F.A., Nagiyev H.A. Problem of Optimal Management of Resources of Industrial Production with Given Statistical Data of Disturbance Parameters. //Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2017, vol. 502. Springer, Singapore.pp. 997-1007. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1837-4_83

12. Nagiev A.G., Aliyeva F.A., Nagiyev H.A. Vibrational Control of Objects with Distributed Parameters Using Hydrotreating of Motor Fuels as an Example.// Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2017, vol 502. Springer, Singapore.pp. 213-222. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1837-4_19

13. Нагиев, Г.А., Алиева, Ф.А. Оптимальное управление загрузкой установок гидроочистки топлив с учетом меняющейся сернистости поступающего сырья.// Изв. вузов. Химия и химическая технология. -2017. т. 60, вып. 2, -с. 91-97.

14. Nagiev, A.G., Alieva, F.A., Nagiyev, H.A. Numerical investigation of oscillatory modes of chemical-engineering processes with distributed parameters using hydrofining of motor fuels as an example // Chemical and Petroleum Engineering. -2017, Springer Verlag, v. 53, № 7, -pp. 441-449.

15. Nağıyev, Ə.H, Nağıyev, H.Ə. Ümumi istehsal həcminə görə cari istehsal intensivliyinin planlaşdırma period üzrə optimal bölüşdürülmə strategiyası haqqında.//Bakı: AMEA-nın Xəbərləri, fizika, texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, İnformatika və idarəetmə problemləri, -2018. c.XXXVIII, №6, -s.59-67.

16. Нагиев А.Г., Алиева Ф.А., Нагиев Г.А. Колебательное управление в одном классе моделей в частных производных по критерию максимума усредненного во времени качества. //-Baku: Proceedings of the Institute of Applied Mathematics, V.7, -2018. №2 -pp. 216-226

17. Əliyeva, F.A. Bir stoxastik idarəetmə məsələsinin imitasiya modeli

haqqında. // -Sumqayıt: Elmi xəbərlər, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -2019. №3, - s.72-76.

18. Нагиев, Г.А., Алиева, Ф.А. Оптимизация среднего качества продукции в заданный период производства с учетом функции распределения фактора возмущения. // -Bakı: Kitabxanaşünaslıq və informasiya. Elmi-nəzəri və praktiki jurnal, İSSN 2219-5882, -2019. №3(30), -с 66-72.

19. Nağıyev, H.Ə., Əliyeva, F.A. Fasiləsiz axında karbohidrogenlərin hidrotəmizləmə proseslərinin qeyri-stasionar təsirli idarə strategiyası. // -Bakı: Bakı Universitetinin Xəbərləri, -2019. №3, -s.65-73.

20. Nagiev, H.A. Aliyeva, F.A. On a problem of choosing the optimal strategy for controlling the intensity of production for a given volume of output. // Abstracts of the 7th International conference on control and optimization with industrial applications. -Baku: -26 -28 August, -2020, -pp. 284-286.

21. Nagiev, H.A., Aliyeva, F.A. On an algorithm for controlling the depth of feedback in an optimization problem taking into account the distribution function of perturbations. //The 3rd International E-conference on mathematical advances and its applications. – Turkey, Istanbul: -24-27 June, -2020, -pp. 100.

Həmmüəlliflərlə birgə işlərdə iddiaçının şəxsi fəaliyyəti:

[1,2]-məsələnin qoyuluşu (həmmüəlliflərlə birlikdə), proqram təminatının işlənməsi, nəticələrin təhlili;

[3]- parametrik identifikasiya məsələsinin həlli;

[4,8,12]-məsələnin qoyuluşunda iştirak, empirik paylanma funksiyalarının hesablanma metodunun işlənməsi, proqramının tərtib olunması;

[7]- tədqiqat məsələsinin qoyuluşu (həmmüəlliflərlə birlikdə), Statistik material əsasında riyazi modelin parametrlərinin təyin edilməsi, Koşi məsələsinin həlli.

[11,13,14]- Riyazi modelin dinamik xassələrinin öyrənilməsi, proqram təminatının yaradılması.

- [15,18]- Optimal idarəetmə məsələsinin həll alqoritminin işlənməsi, ədədi üsulların tətbiqi ilə həlli
- [16,19]- Riyazi modelin həll alqoritminin işlənməsi, parametrik identifikasiya və optimallaşdırmanın kompüter həlli.
- [20,21]-Optimal əks əlaqə metodunun hidrotəmizləmə prosesinə tətbiqi və həlli .

Dissertasiyanın müdafiəsi 12 noyabr 2021-ci il tarixdə saat 14:00-da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.20 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az 1141, Bakı şəhəri, B.Vahabzadə küç., 68

Dissertasiya ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları (<http://www.isi.az>) rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 08.10.2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb:01.10.2021
Kağızın formatı: 60x84 1/16
Həcm: 39931
Tiraj: 100