

UOT 517.1

VURUQLARA AYIRMA ÜSULU İLƏ BƏZİ KUB TƏNLİKLƏRİN HƏLLİ**AĞAYAROV MƏTLƏB HÜSEYNQULU oğlu***Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent*abdullayev_ayxan@list.ru*Açar sözlər: kub tənlik, vuruqlara ayırma, qeyri-müəyyən əmsallar üsulu, sərbəst həddin bölənləri*

Kvadrat tənliyin xüsusi növlərini hələ babillilər 4000 il əvvəl həll etməyi bacarırdılar. Qədim yunan riyaziyyatçıları kvadrat tənliklərin ayrı-ayrı növlərini həndəsi qurmalara gətirməklə həll edirdilər.

IX-XV əsrlər ərəb riyaziyyatçılarının əsərlərində birdərəcəli və ikidərəcəli tənliklərin və tənliklər sisteminin həllindən başqa, kub tənliklərin xüsusi şəkillərinin həllərini nəzərdən keçiriblər. Amma həmin tənliklərin həll üsulları köklərin təqribi qiymətlərinin tapılmasına gətirirdi. Kub tənliklərin təsnifatı, həndəsi həllinin ümumi nəzəriyyəsi və köklərinin araşdırılması sahəsində Ö.Xəyyamın (1048-1131) böyük rolu olmuşdur. Üçdərəcəli və dördüddərəcəli tənliklərin həlli sahəsində sonrakı inkişafda əsas rolu XVI əsr italyan riyaziyyatçıları oynamışlar.

$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0 (a \neq 0)$ tənliyinin yeni dəyişən daxil etməklə $x^3 + px + q = 0$ şəklinə gətirilə bilməsi hələ çox əvvəllərdən məlum idi.

$x^3 + px = q (p > 0, q > 0)$ tənliyinin müsbət kökünün tapılması üçün düsturu ilk dəfə S.Del-Ferro (1465-1526) çıxarmışdı və bunu gizli saxlayırdı. Bununla eyni vaxtda üçdərəcəli tənliklərin həlli ilə N.Tartalya (1499-1597) da məşğul idi.

Tartalya $x^3 + px = q, x^3 + qx = p, x^3 + p = qx$ şəklində tənliklərin və $x^3 + px^2 = -p$ ($p > 0, q > 0$ tənliyinin xüsusi hallarının həlli üsullarını tapmışdı. 1539-cu ildən kub tənliklərinin həlli ilə C.Kardano (1501-1576) məşğul olmağa başlayır. Onun 1545-ci ildə çap olunmuş kitabında kub tənliklərin ümumi həll üsulları nəzərdən keçirilmişdir. Bu kitaba o, həm də şagirdi L.Ferrarinin (1522-1565) dördüddərəcəli tənliklərin həlli metodu haqqında kəşfini də daxil etmişdi.

Lakin nə Tartalya, nə də Kardano kub tənliklərin həllini tam tədqiq etməmişlər.

Üçdərəcəli və dördüddərəcəli tənliklərin həlli ilə bağlı məsələnin tam şərhini F.Viyet (1540-1603) vermişdir. Kvadrat tənliyin kökləri düsturunda kök işarəsindən (radikal) istifadə olunur. Üç və dördüddərəcəli tənliklərin kökləri də radikallarla (iki, üç və dördüddərəcəli köklər) ifadə edilir. Sonrakı 300 ilə yaxın vaxt ərzində istənilən dərəcəli tənliklərin həll düsturlarının tapılmasına cəhdlər edildi. XIX əsrin 20-ci illərində Norveç riyaziyyatçısı N.Abel (1802-1829) isbat etdi ki, beş və daha yüksək dərəcəli tənliklərin kökləri ümumi halda radikallarla ifadə edilə bilməz. Fransız riyaziyyatçısı E.Qalua (1811-1832) radikallarla həll edilə bilən cəbri tənliklər sinfini müəyyənləşdirdi. Cəbri tənliklərin həlli sahəsində əldə olunmuş nailiyyətlər həqiqi ədədlərin daha incə təsnifatını verməyə imkan yaratdı. Tam əmsallı cəbri tənliklərin kökləri olan ədədləri cəbri ədədlər adlandırmağa başladılar. Cəbri ədəd olmayan ədədləri transendent ədədlər adlandırıdılar. Məlum oldu ki, irrasional ədədlər çoxluğunda transendent ədədlər cəbri ədədlərdən xeyli çoxdur (transendent ədədlərdən biri π ədədidir). Eləcə də həqiqi olmayan ədədlər (kompleks ədədlər) ideyası yaranmağa başladı.

İstənilən üçdərəcəli tənliyin heç olmasa bir həqiqi kökü var, digər iki kökü isə ya həqiqi, ya da qoşma kompleks ədədlərdir.

Ona görə də istənilən kub tənliyin sol tərəfini vuruqlarından biri xətti, digəri isə kvadratik ifadə olan iki vuruğun hasili şəklində göstərmək olar:

$$p(x) = (x - x_0)(a_3x^2 + bx + c).$$

Öz növbəsində $a_3x^2 + bx + c$ ikidərəcəli çoxhədlisinin iki müxtəlif həqiqi kökü, bir həqiqi kökü və iki qoşma kompleks kökü ola bilər.

Ona görə də $p(x)$ çoxhədlisi üçün aşağıdakı ayrılışlar mümkündür:

1. $p(x) = a_3(x - x_0) \cdot (x - x_1) \cdot (x - x_2)$,
2. $p(x) = a_3(x - x_0) \cdot (x - x_1)^2$,
3. $p(x) = a_3(x - x_0)^3$,
4. $p(x) = (x - x_0) \cdot (a_3x^2 + bx + c)$, əgər $b^2 - 4a_3c < 0$ olarsa.

Beləliklə, hər bir hal üçün ayrılışın hər bir vuruğunu sıfıra bərabər etməklə kub tənliyin bütün köklərini tapmaq olur.

Vuruqlara ayırma üsulu ilə bəzi kub tənliklərin həllinə baxaq.

Misal 1. $x^3 - 3x^2 - 4x + 6 = 0$ tənliyini həll edək.

Həlli. Tənliyin sərbəst həddinin (6-nın) bölənləri $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6$ ədədləridir. Deməli, kökləri bu ədədlər arasında axtarmaq lazımdır. Asanlıqla əmin ola bilərik ki, 1 ədədi verilən tənliyin həllidir. Deməli, verilən tənlik $(x - 1) \cdot (a_3x^2 + bx + c) = 0$ tənliyi ilə eynigüclüdür. $a_3x^2 + bx + c$ çoxhədlisini tapmaq üçün verilən tənliyin sol tərəfini $(x - 1)$ -ə bölmək lazımdır. Çoxhədlini ikihəddiyə bölmək üçün Hörner sxemini tətbiq edək.

$$\begin{array}{r} 1 \qquad \qquad -3 \qquad \qquad -4 \qquad \qquad 6 : 1 \\ +0 \qquad \qquad 1 \cdot 1 = 1 \qquad -2 \cdot 1 = -2 \qquad -6 \cdot 1 = -6 \\ \hline 1 \qquad \qquad -2 \qquad \qquad -6 \qquad \qquad 0 \end{array}$$

Beləliklə, alırıq ki, $x^3 - 3x^2 - 4x + 6 = (x - 1)(x^2 - 2x - 6)$. Deməli, verilən tənlik $(x - 1)(x^2 - 2x - 6) = 0$ tənliyinə eynigüclüdür. Bircə o qalır ki, $x^2 - 2x - 6 = 0$ tənliyini həll edək. Bu tənliyi həll etsək, $x_1 = -1 + \sqrt{7}, x_2 = -1 - \sqrt{7}$ köklərini tapırıq.

Kub tənlikləri vuruqlara ayırma üsulu ilə həll etmək üçün bir üsul da qeyri-müəyyən əmsallar üsuludur. Bu üsul kifayət qədər mürəkkəb olsa da bəzən müxtəlif növ kub tənliklərin həllində çox faydalı olur.

Yuxarıda qeyd etdik ki, ixtiyari üçdərəcəli çoxhədlini $p(x) = (x - x_0)(a_3x^2 + bx + c)$ şəklində vuruqlara ayırmaq olar. Mötərizələri açıb onu standart şəkilli çoxhəddiyə gətirək:

$$p(x) = a_3x^3 + x^2(b - a_3x_0) + x(c - bx_0) - cx_0.$$

x -in uyğun dərəcələrinin əmsallarını bərabərləşdirməklə, dörd a_3, b, c və x_0 məchullarından ibarət ibarət dörd tənlik alırıq. Bu üsulun tətbiqinə aid misala baxaq.

Misal 2. $x^3 + 2x^2 - 5x - 6 = 0$ tənliyini həll edək.

Həlli. İstənilən üçdərəcəli çoxhədlini $a_3x^3 + x^2(b - a_3x_0) + x(c - bx_0) - cx_0$ şəklində göstərmək mümkün olduğundan x -in uyğun dərəcələrinin əmsallarını bərabərləşdirməklə aşağıdakı tənliklər sisremini alırıq:

$$\begin{cases} a_3 = 1, \\ b - a_3x_0 = 2, \\ c - bx_0 = -5, \\ -cx_0 = -6 \end{cases} \quad \text{və ya} \quad \begin{cases} b - x_0 = 2, \\ c - bx_0 = -5, \\ -cx_0 = -6. \end{cases}$$

Sistemin birinci tənliyindən $x_0 = b - 2$ tapıb, onu digər iki tənlikdə nəzərə alsaq:

$$\begin{cases} c - b(b - 2) = -5, \\ -c(b - 2) = -6 \end{cases}$$

tənliklər sistemini alırıq. Burada birinci tənlikdən c -ni tapıb, ikinci tənlikdə yerinə yazaq və alınan tənliyi həll edək:

$$\begin{aligned} (b(b - 2) - 5)(b - 2) &= 6 \Leftrightarrow b^3 - 4b^2 - b + 4 = 0 \Leftrightarrow (b^3 - 4b^2) - (b - 4) = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow (b - 4)(b^2 - 1) = 0 \Leftrightarrow (b - 4)(b - 1)(b + 1) = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} b = 4, \\ b = 1, \\ b = -1. \end{cases} \end{aligned}$$

Əgər $b = 4$ olarsa, onda $c = 3, x_0 = 2$ olar.

Deməli, $x^3 + 2x^2 - 5x - 6 = (x - 2)(x^2 - 4x + 3) = (x - 2)(x - 1)(x - 3)$.

Əgər $b = 1$ olarsa, onda $c = -6$, $x_0 = -1$ olar.

Deməli, $x^3 + 2x^2 - 5x - 6 = (x + 2)(x^2 + x - 6) = (x + 2)(x + 3)(x - 2)$.

Əgər $b = -1$ olarsa, onda $c = -2$, $x_0 = -3$ olar.

Deməli, $x^3 + 2x^2 - 5x - 6 = (x + 3)(x^2 - x - 2) = (x + 3)(x - 2)(x + 1)$.

Beləliklə, alırıq ki, verilən tənlik $(x + 3)(x - 2)(x + 1) = 0$ tənliyi ilə eynigüclüdür.

Onda verilən tənliyin həlli $x = -3$, $x = 2$, $x = -1$ kimi olur.

Kub tənliklərdən biri olan qayıtma tənliyin həlli üçün məlum üsullardan biri də aşağıdakı kimidir.

Məlumdur ki, $ax^3 + bx^2 + bx + a = 0$ tənliyi üçdərəcəli qayıtma tənlik adlanır. Burada a, b əmsallardır. Bu tənliyi sol tərəfini vuruqlara ayırmaqla həll edək.

$$ax^3 + bx^2 + bx + a = 0 \Leftrightarrow (ax^3 + a) + (bx^2 + bx) = 0 \Leftrightarrow a(x^3 + 1) + b(x^2 + x) = 0 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow a(x + 1)(x^2 - x + 1) + bx(x + 1) = 0 \Leftrightarrow (x + 1)(ax^2 + (b - a)x + a) = 0.$$

Aydındır ki, bu tənliyin həmişə $x = -1$ kimi həlli var, digər köklər isə

$ax^2 + (b - a)x + a = 0$ kvadrat tənliyindən tapılır.

Misal 3. $5x^3 - 8x^2 - 8x + 5 = 0$ tənliyini həll edək.

Həlli. $5x^3 - 8x^2 - 8x + 5 = 0 \Leftrightarrow 5(x^3 + 1) - 8(x^2 + x) = 0 \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow 5(x + 1)(x^2 - x + 1) - 8x(x + 1) = 0 \Leftrightarrow (x + 1)(5x^2 - 13x + 5) = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = -1, \\ x_2 = \frac{13 + \sqrt{69}}{10}, \\ x_2 = \frac{13 - \sqrt{69}}{10}. \end{cases}$$

Elə tip kub tənliklər var ki, onların sol tərəfini müxtəsər vurma düsturunun köməyi ilə vuruqlara ayırmaq olur. Məsələn, tutaq ki, $8x^3 - 36x^2 + 54x - 27 = 0$ tənliyin həll etmək lazımdır. Tənliyin sol tərəfini vuruqlara ayırmaqla onu həll edək:

$$8x^3 - 36x^2 + 54x - 27 = 0 \Leftrightarrow (2x)^3 - 3 \cdot (2x)^2 \cdot 3 + 3 \cdot (2x) \cdot 3^2 = 0 \Leftrightarrow \\ (2x - 3)^2 = 0 \Leftrightarrow 2x - 3 = 0 \Leftrightarrow x = \frac{3}{2}.$$

Başqa bir misala baxaq.

$$5x^3 - x^2 - 20x + 4 = 0 \Leftrightarrow (5x^3 - 20x) - (x^2 - 4) = 0 \Leftrightarrow 5x(x^2 - 4) - (x^2 - 4) = 0 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow (x^2 - 4)(5x - 1) = 0 \Leftrightarrow (x - 2)(x + 2)(5x - 1) = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} x = 2, \\ x = -2, \\ x = 0,2. \end{cases}$$

$a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0 = 0$ kub tənliyinin sol tərəfini vuruqlara ayırmaq mümkün deyilsə, bu tənliyi başqa üsulla həll etmək olar: tənliyin rəşional kökünü seçməklə (əgər varsa). Bunun üçün aşağıdakı təkliflərdən istifadə etmək olar:

1. Əgər $a_3 + a_2 + a_1 + a_0 = 0$ olarsa, verilən tənliyin $x = 1$ kökü var.

2. Əgər $a_3 + a_1 = a_2 + a_0$ olarsa, verilən tənliyin $x = -1$ kökü var.

3. Tutaq ki, a_3, a_2, a_1, a_0 tam ədədlərdir. Onda əgər tənliyin $\frac{p}{q}$ şəklində rəşional kökü varsa, onda a_0 p -yə, a_3 isə q -yə bölünür.

Misal 4. 1) $7x^3 + 3x^2 - x - 9 = 0$ tənliyinin əmsalları cəmi $7 + 3 - 1 - 9 = 0$ olduğundan, $x = 1$ verilən tənliyin köküdür (yeganə olmaya da bilər);

2) $4,5x^3 - 3x^2 - 0,5x + 7 = 0$ tənliyi üçün $4,5 - 0,5 = -3 + 7$ olduğundan, $x = -1$ verilən tənliyin köküdür;

3) $2x^3 + 5x^2 + 3x - 3 = 0$ tənliyinin əmsalları tam ədədlərdir. Ona görə kökü sərbəst həddin $(-3) \pm 1; \pm 3$ bölənləri içərisindən seçmək olar. Baş əmsalın, yəni 2-nin bölənləri isə $\pm 1; \pm 2$ -dir. Deməli, rəşional köklərin bütün mümkün kombinasiyaları $\pm 1; \pm \frac{1}{2}; \pm 3; \pm \frac{3}{2}$

ədədləridir. Növbə ilə bu ədədləri tənlikdə yerinə yazsaq, alarıq ki, $x = \frac{1}{2}$ verilən tənliyin həllidir. Doğrudan da, $2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 + 5 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 + 3 \cdot \frac{1}{2} - 3 = 0 \Leftrightarrow 0 = 0$. Qeyd edək ki, əgər tənliyin əmsalları rəasional ədədlədirsə, onda onun hər tərəfini əmsalların ortaq məxrəcinə vurmaqla, onu tam əmsallı tənliyə gətirmək lazımdır. Məsələn, $\frac{1}{2}x^3 + \frac{1}{6}x + 2 = 0$ tənliyinin hər tərəfini 6-ya vurmaqla, onu $3x^3 + x + 12 = 0$ tənliyinə gətirmək olar.

Vuruqlara ayırma üsullarına əsaslanaraq bəzi kub tənliklərin müxtəlif üsullarla həlli verilmişdir. Mövcud dərsliklərdə bu mövzu kifayət qədər verilmədiyindən baxılan problemin tədqiqinin nəticələri kub tənliklərin təliminin intensivləşdirilməsində aktualıq kəsb edir. Tədqiqatın nəticələrindən riyaziyyatı dərindən öyrənən siniflərdə və olimpiadalara hazırlıq üçün istifadə edilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Əkbərov M.S. Cəbr və ədədlər nəzəriyyəsi. Bakı: Nurlar, 2005, 896 s.
2. Виленкин Н.Я. и др. Алгебра и математический анализ для 10 класса. Уч. пособие. М.: Просвещение, 1995, 335 с.
3. <https://shkolkovo.net/catalog/reshenie-uravnenij-2/kubicheskie>.

РЕЗЮМЕ

РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ КУБИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ РАЗЛОЖЕНИЯ НА МНОЖИТЕЛИ

Агаяров М.Г.

Ключевые слова: кубическое уравнение, разложение на множители, метод неопределенного коэффициента, делители свободного члена.

В статье рассматривается решение некоторых кубических уравнений. С этой целью использовался метод разложения на множители, метод неопределенного коэффициента и поиск рационального корня уравнения.

SUMMARY

SOLUTION OF SOME CUBIC EQUATIONS WITH FACTORIZATION METHODS

Aghayarov M.H.

Key words: cubic equation, factorization, method of undetermined coefficient, the divisors of the free term.

The article deals with the solution of some cubic equations. For this purpose, the factoring method, the indeterminate coefficient method and the search for a rational root of the equation were used.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	13.02.2019
	Son variant	24.06.2019

УДК 547.9

ПАВ НА ОСНОВЕ КУКУРУЗНОГО МАСЛА КАК РЕАГЕНТЫ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

³ИСМАИЛОВ ИСМАИЛ ТЕЮБ оглу⁴АЛИЕВА ГЮНАЙ ГАБИЛ гызы⁵АБДУЛЛАЕВА МИНАЯ БИЛАЛ гызы⁶АГАМАЛИЕВА ГЮНЕЛЬ ТЕЮБ гызы¹АББАСОВ ВАГИФ МАХАРРАМ оглу²АГАЕВ АКБЕР АЛИ оглу*Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева НАНА,**1-академик, директор, 3-д.х.н., главный технолог, 4-химик, 6-экономист**Сумгаитский государственный университет,**2-профессор, зав.кафедрой, 5-младший научный сотрудник, диссертант**ismayil999@gmail.com; irapon.sdu@mail.ru*

Ключевые слова: кукурузное масло, этаноламины, анионные поверхностно-активные вещества, антикоррозионные реагенты, нефтесобирающие средства, разливы нефти

Синтезированы анионные ПАВ – Na^+ , K^+ , NH_4^+ , $-\text{NH}_2^+-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ и $-\text{NH}^+(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH})_2$ соли сульфатпроизводных высших карбоновых кислот на основе кукурузного масла. Методом ИК-спектроскопии идентифицирована структура и определены физико-химические характеристики продуктов реакции, а также изучены их основные параметры мицеллообразующих и поверхностно-активных свойств. Полученные продукты испытаны в качестве реагентов – ингибиторов коррозии и средств, собирающих тонкую нефтяную пленку на водной поверхности.

Каждую минуту в мире добываются тысячи тонн нефти и газа. Последствия интенсивной добычи этих природных ресурсов приводят к экологическим загрязнениям в нефтяной промышленности, которая с каждым днем напоминает о себе все больше и чаще. Только за XX век было истощено большее количество нефтяных запасов нашей планеты и ущерб, который был нанесен за этот сравнительно короткий отрезок времени, не сравнится ни с одной катастрофой, произошедшей за всю историю человечества [1, 2].

Особенно безрассудно загрязняет человек водные бассейны планеты. Ежегодно в Мировой океан по тем или иным причинам сбрасывается от 2 до 10 млн. т нефти. Аэрофотосъемкой со спутников зафиксировано, что уже почти 30% поверхности океана покрыто нефтяной пленкой [3].

Основное количество нефти попадает в окружающую среду при транспортировке нефти в результате многочисленных аварий на нефтяных трубопроводах. При общей динамике аварийности, по оценкам экспертов, причин разрывов трубопроводов несколько, из них главными можно считать следующие: коррозия металла, динамические нагрузки (пульсации давления, и связанные с ними вибрации, гидроудары и т.д.), заводской брак в трубах, дефекты, связанные со строительно-монтажными работами при ошибочных действиях обслуживающего персонала, механические повреждения и другие. В связи с тем, что подавляющее большинство аварий при эксплуатации магистральных нефтепроводов происходит в результате коррозии, весьма актуальны вопросы защиты от коррозии оборудования нефтегазодобывающей, перерабатывающей и транспортирующей отраслей, металлоемкости резервуаров хранения нефтепродуктов и прочих сооружений [4-7].

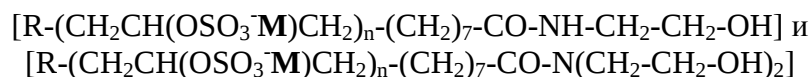
Причем, особую опасность представляют аварии на территории мирового океана, поскольку нефтяное загрязнение, обусловленное аварией, отличается от многих других тем, что оно дает не постепенную, а, как правило, «залповую» нагрузку на среду, вызывая быструю ответную реакцию [8-10].

Сбор и ликвидация разлитой нефти с поверхности воды представляют собой весьма сложную проблему. Наиболее приемлемым с точки зрения уменьшения влияния вредных последствий разлива нефти на флору и фауну водоемов пока остаются методы и средства механического сбора. Оперативность механических методов сбора низка, применение же плавающих заграждений-бонов не всегда возможно. При этом необходимо также отметить, что существующие методы и средства механического сбора нефти с поверхности воды пока еще малоэффективны и не в состоянии обеспечить необходимую степень очистки [11, 12].

Устранение нефтяного загрязнения с поверхности водоемов с помощью нефтесобирающих средств является одним из эффективных физико-химических направлений ликвидации аварийных разливов нефти [13-15].

Данная работа посвящается исследованию эффективности действия в качестве ингибиторов сероводородной коррозии, анионных ПАВ, полученных автором [16] аминолизом на основе кукурузного масла и этаноламинов (моно- и диэтаноламин), которые уже испытаны по нескольким функциональным нефтепромысловым направлениям.

Экспериментальная часть. Из кукурузного масла последовательно аминолизом с этаноламинами (моно- и диэтаноламин), сульфатированием с разбавленной серной кислотой и воздействием с основаниями получены анионные ПАВ – реагенты со следующими основными компонентами:



где $n = 1-3$; $M - Na^+, K^+, NH_4^+, -NH_2^+-CH_2-CH_2-OH$ и $-NH^+-(CH_2-CH_2-OH)_2$.

Реагенты условно обозначены: $NM_I, NM_{II}, NM_{III}, NM_{IV}, NM_V, ND_I, ND_{II}, ND_{III}, ND_{IV}$ и ND_V . N указывает на кукурузное масло, M – амидсодержащий состав синтезирован на основе кукурузного масла и моноэтаноламина (МЭА), D – амидсодержащий состав синтезирован на основе кукурузного масла и диэтаноламина (ДЭА), I- Na^+ , II- K^+ , III- NH_4^+ , IV- $MЭА^+$, V- $ДЭА^+$.

Аминолизом кукурузного масла с этаноламинами (МЭА и ДЭА) синтезированные промежуточные продукты – амидсодержащий (моно- и диэтаноламид высших карбоновых кислот) состав и полученные после сульфатирования их сульфатпроизводные охарактеризованы такими физико-химическими показателями, как кислотное число и йодное число. Кислотное число амидсодержащего состава составляет 0 мг КОН/г. После сульфатирования кислотное число увеличивается, а йодное число снижается до 0 г $I_2/100г$, т.е. реакция с йодом не идет, что указывает на полное удаление связи $C=C$ в процессе реакции сульфатирования [16].

Идентификация состава и структуры промежуточных продуктов также проведена методом ИК-спектроскопии в спектральной области $4000-500 \text{ см}^{-1}$. ИК спектры регистрировали на ИК-Фурье спектрофотометре ALPHA (фирма BRUKER Германия) на кристалле SeZn. Расшифровка ИК-спектров [16], показывает, что после сульфатирования исчезают п.п. характерные со связями $C-H$ в группах $HC=CH$. Эти данные подтверждают, что в результате реакции происходит сульфатирование и серная кислота присоединяется к $C=C$ связи.

Синтезированные сульфатпроизводные высших карбоновых кислот использованы в качестве исходного сырья для получения анионных поверхностно-активных солей – реагентов. При получении солей были использованы 20%-ные водные растворы щелочей NaOH, KOH и NH₄OH, а также моно- и диэтаноламин в эквимольном соотношении. Полученные продукты, как правило, вязкие жидкости. В результате исследований растворимости солей установлено, что образцы полностью растворяются в изопропиловом спирте и частично растворяются в воде, а также хорошо растворяются в смеси вода: изопропиловый спирт в разных соотношениях.

Сталагмометрическим методом на межфазной границе вода-керосин изучена поверхностная активность полученных реагентов. Известно, что межфазное натяжение на этой границе раздела фаз в отсутствие поверхностно-активных реагентов при 22-24°C составляет 46,0-46,5 мН/м. Полученные данные поверхностной активности при 25°C свидетельствуют о достаточно высокой поверхностной активности реагентов. Так, реагент NM_I на основе Na⁺- соли сульфатпроизводных высших карбоновых кислот, синтезированных на основе кукурузного масла и МЭА при концентрации 0,175 % (мас.) снижает поверхностное натяжение на границе вода-керосин до 0.39 мН/м, а реагент ND_I на основе Na⁺- соли сульфатпроизводных высших карбоновых кислот, синтезированных на основе кукурузного масла и ДЭА при концентрации 0,175 % (мас.) снижает поверхностное натяжение на границе вода-керосин до 3.50 мН/м. Максимальную поверхностную активность при всех концентрациях в интервале 0,005-0,2 % (мас.) демонстрирует реагент NM_I [16].

Синтезированные соли исследованы в качестве антикоррозионных реагентов ингибирующих углекислотной и сероводородной коррозии. Испытания солей в качестве ингибиторов углекислотной коррозии проводились методом сопротивления линейной поляризации на установке АСМ GILL AC при температуре 50°C в CO₂-насыщенном 1% р-ре хлорида натрия в условиях турбулентности потока жидкости с различными концентрациями реагентов в течение 20 ч по методике [14]. В отсутствие реагента скорость коррозии в течение первых 20 часов имеет тенденцию к увеличению с течением времени и составляет между 3.4217 и 5.0373 мм/год. При введении 100 ppm реагентов эффективность ингибирования составляет больше 90,0 % [16].

Изучение защитной эффективности реагентов от сероводородной коррозии стали марки Ст3 было проведено гравиметрическим методом при комнатной температуре с использованием шлифованных образцов в двухфазной системе керосин-вода (1:9) при перемешивании в течение всего опыта магнитной мешалкой. В качестве водной фазы использовали воду насыщенную сероводородом. Сероводород 500 мг/л в растворе образовывался по реакции рассчитанного количества Na₂S с избытком HCl. Продолжительность эксперимента составляла 5 часов. Интенсивное перемешивание коррозионной среды вызывает увеличение скорости коррозии в сероводородсодержащих средах в 5 раз. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Степень защиты (IE, %) солей была рассчитана в соответствии со следующим уравнением:

$$IE, \% = (CR_0 - CR_i) \times 100 / CR_0$$

где CR_0 - скорость коррозии без ингибитора и CR_i - скорость коррозии в присутствии ингибитора.

Как видно из данных таблицы 1, скорость сероводородной коррозии уменьшается в присутствии всех реагентов и возрастает эффективность защиты с увеличением концентрации ингибитора.

Таблица 1.

Влияние реагентов на скорость коррозии стали в сероводород содержащей среде

Условное обозначение реагента	Сероводородная коррозия		
	Концентрация, ppm	Скорость коррозии, г/см ² ч	Степень защиты, %
1	2	3	4
Без ингибитора	0	3,6	
NM _I	50	2,2392	37,8
	100	1,2312	65,8
	200	0,8568	76,2
	250	0,36	90,0
	300	-	100,0
NM _{II}	100	1,008	72,0
	150	0,2232	93,8
	200	0,072	98,0
NM _{III}	100	1,3428	62,7
	150	0,8928	75,2
	200	0,558	84,5
	250	-	100,0
NM _{IV}	50	0,8568	76,2
	100	0,36	90,0
	150	-	100,0
NM _V	50	0,144	96,0
	100	-	100,0
ND _I	100	1,44	60,0
	200	0,792	78,0
	400	0,288	92,0
ND _{II}	100	1,296	64,0
	200	0,576	84,0
	400	0,072	98,0
ND _{III}	100	1,296	64,0
	300	0,216	94,0
ND _{IV}	100	0,288	92,0
	150	-	100,0
ND _V	50	0,072	98,0
	100	-	100,0

Тормозящее действие реагентов можно отнести к адсорбции этих молекул на поверхности металла. Адсорбция молекулы ингибитора на металлических поверхностях – квази процесс замещения, где адсорбированные молекулы воды на металлических поверхностях замещены молекулами ингибитора. С увеличением концентрации ингибитора возрастает адсорбция и покрытие поверхности, вследствие чего поверхность металла эффективно защищается от воздействия среды.

Эффективность торможения этих пленок зависит от таких различных факторов, как число активных центров, электронная плотность и размер молекул. Большой размер молекул и высокая электронная плотность на адсорбционных центрах может обусловить высокую антикоррозионную эффективность соединений.

С использованием биолюминесцентного метода были определены минимальные ингибирующие концентрации реагентов, вызывающие снижение численности бактерий, развивающих биокоррозию в образцах до не детектируемого уровня. Оказалось, что все полученные реагенты обладают биоцидными свойствами по отношению к клеткам, катализирующим коррозионные процессы [17].

Исследована способность этих реагентов собирать или диспергировать нефтяную пленку из месторождений Пираллахи, Балаханы и Нафталан на поверхности морской и обычной вод. Среди синтезированных реагентов максимальную нефтесобирающую активность нефти из месторождения Пираллахи показывает ND_V ($K_{\text{макс.}}=27,8$, $\tau=48$ ч) в среде морской воды, а в обычной воде ND_{II} ($K_{\text{макс.}}=29,0$, $\tau=24$ ч); Балаханской нефти реагент NM_{IV} ($K_{\text{макс.}}=25,0$, $\tau=96$ ч) в среде морской воды и в среде обычной воды реагент ND_{III} ($K_{\text{макс.}}=25,6$, $\tau=48$ ч); Нафталанской нефти в среде морской и обычной вод хорошую нефтесобирающую способность проявляет реагент ND_{III} [16].

ЛИТЕРАТУРА

1. Брагинский О.Б., Шлихтер Э.Б. Мировая нефтепереработка: экологическое измерение. М.: Academia, 2003. 262 с.
2. Изтелеуова М.Б. Современные проблемы нефтяной экологии // Нефть и газ. № 1, 2002, с. 48-51
3. Самсонов Р.О., Казак А.С., Башкин В.Н. Применение методов системного анализа для оценки геоэкологических рисков в газовой отрасли // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. №2, 2007, с.25-35
4. Овсяник А.И., Песков А.В., Брык Д.И. Оценка опасности участков газопроводов, проходящих через морские акватории / Актуальные проблемы регулирования природной и техногенной безопасности. X Международная научно-практическая конференция, М., 2005, с. 262-267
5. Lin G.F., Zheng M.S., Bai Z.Q., Zhao G. ., Effect of Temperature and Pressure on the Morphology of Carbon Dioxide Corrosion Scales// Corrosion, 2006, v.62 (6), pp. 501-507
6. Koch G.H., Brongers M.P.H., Thompson N.G., Virmani Y.P., Payer J.H.. In Handbook of Environmental Degradation of Materials. (Edited M. Kutz). William Andrew Publ., New York, 2005, p. 3
7. Roberge P.R. Corrosion Engineering: Principles and Practice, McGraw-Hill, New York, 2008.
8. Мовсумов Ш.Н., Голубчиков С.Н. Последствия нефтеразливов на Каспии // Журнал Энергия, №3, 2005, с. 26-33
9. Эфендиева И.М. Аварийный разлив нефти и борьба с ними // Азербайджанское нефтяное хозяйство, №10, 2011, с. 70-80
10. Mariano A.J., Kourafalou V.H., Srinivasan A. et al. On the modeling of the 2010 Gulf of Mexico Oil Spill // Dynamics of Atmospheres and Oceans, v.52. 2011, pp. 322-340
11. Мочалова О.С., Гурвич Л.М., Антонова Н.М. Методы борьбы с аварийным загрязнением водоёмов нефтью // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. № 3, 2004, с. 20-25
12. Понов Н.А. Борьба с разливами нефти в море // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. № 3. 1994, с. 24-26
13. Asadov Z.H., Ahmadova G.A., Rahimov R.A., Mammadova Kh.A. Colloidal-chemical parameters of petroleum-collecting and dispersing surfactants based on vegetable oil acid fractions and 2-(chloromethyl) oxirane // Journal of the Korean Chemical Society, 2011, vol.55, No.6, pp. 1012-1017
14. Исмаилов И.Т. Анионные поверхностно-активные соли этаноламидов олеиновой кислоты в качестве антикоррозионных реагентов с нефтесобирающей и нефтесодержащей способностью // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, том 17, № 2(62). 2015, с. 101-105
15. Asadov Z.H., Tantawy A.H., Zarbaliyeva I.A., Rahimov R.A. Petroleum-collecting and dispersing complexes based on oleic acid and nitrogenous compounds as surface-active

- agents for removing thin petroleum films from water surface // Journal of Oleo Science, 2012, Vol. 61, pp. 621-630
16. Исмаилов И.Т. Создание новых многофункциональных антикоррозионных реагентов с биоцидной активностью на основе экологически приемлемого сырья. Докт. дис. хим. наук. - Баку: ИХХП НАНА, 2017, 361 с.
17. Ismayilov I.T., Stepanov N.A., Efremenko E.N., Abbasov V.M. Evaluation of biocidal properties of vegetable oil-based corrosion inhibitors using bioluminescent enzymatic method // Moscow University Chemistry Bulletin, Vol. 70, No. 4. 2015, pp. 197-201

XÜLASƏ

QARĞIDALI YAĞI ƏSASINDA SƏTHİ-AKTİV MADDƏLƏR NEFT SƏNAYESİNDƏ EKOLOJİ PROBLEMLƏRİN HƏLLİNDƏ REAGENTLƏR KİMİ

*İsmayilov İ.T., Əliyeva G.H., Abdullayeva M.B., Ağamaliyeva G.T.,
Abbasov V.M., Ağayev A.Ə.*

Açar sözlər: qarğıdalı yağı, etanolaminlər, anion tipli səthi-aktiv maddələr, korroziyaya qarşı reagentlər, neft yığıcı vasitələr, neftin dağılması

Qarğıdalı yağı əsasında anion tipli SAM – ali karbon turşularının sulfat törəmələrinin Na^+ , K^+ , NH_4^+ , $-\text{NH}_2^+-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ и $-\text{NH}^+-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH})_2$ duzları sintez olunmuşdur. Reaksiya məhsullarının strukturu İK-spektroskopiya metodu ilə identifikasiya edilmiş və fiziki-kimyəvi xarakteristikaları təyin olunmuşdur, eyni zamanda onların əsas misellaəmələgətirmə parametrləri və səthi-aktivlik xassələri öyrənilmişdir. Alınmış məhsullar korroziya inhibitoru və su səthindən nazik neft təbəqəsini yığıcı reagentlər kimi sınaqdan keçirilmişdir.

SUMMARY

SURFACTANTS ON THE BASIS OF CORN OIL AS REAGENTS IN THE SOLUTION OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN OIL INDUSTRY

*İsmayilov I.T., Aliyeva G.H., Abdullayeva M.B., Aghamaliyeva G.T.,
Abbasov V.M., Aghaev A.A.*

Key words: corn oil, ethanolamines, anionic surfactants, anticorrosive reagents, petroleum-collecting agents, oil slick

Anionic surfactants - Na^+ , K^+ , NH_4^+ , $-\text{NH}_2^+-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ и $-\text{NH}^+-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH})_2$ salts of sulphate derivatives of higher carboxylic acids on the basis of corn oil were synthesized. For the reaction products using IR spectroscopy the structure was identified and the physico-chemical characteristics were determined, and their main parameters of micellization and surface-active properties were studied. The obtained products as corrosion inhibitors and petroleum-collecting agents a thin oil film on the water surface were tested.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	16.01.2019
	Son variant	24.06.2019

UOT 541.13

DURU XLORİD TURŞUSUNDA C₃ – C₄ DOYMAMIŞ BİRLƏŞMƏLƏRİN VƏ FENOLUN XLORLAŞDIRILMASI (İcmal)

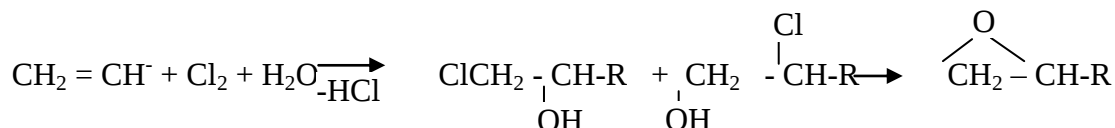
MURADOV MAHAL MAIL oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

mailoglu@mail.ru

Açar sözlər: propilen, izobutilen, allil xlorid, propilenxlorhidrin, izobutilenxlorhidrin, 1,3-dixlor-2-metil propanol-2, dixlorhidrin qliserin, titan üzərinə çökdürülmüş rutenium oksidi, xlorhidrinləşmə, fenol, xlorfenol, xlorid turşusu.

Klassik alınma üsuluna görə doymamış birləşmələrin xlorlu su ilə reaksiyası nəticəsində xlorhidrinlər alınır ki, onlar da qələvi ilə neytrallaşdırılaraq epoksid tərkibli birləşmələrin alınmasında xammal kimi istifadə olunur [1]. Həmin reaksiyanı ümumi halda yazmaq olar:



Funksional qrup əvəzləyicisinin təbiətindən asılı olaraq, xlorhidrinlərin izomer qarışıqlarının tərkibi müxtəlif olur.

Bu reaksiyaların XIX əsrin axırlarından və XX əsrin əvvəllərindən bəri təqdim olunmasının səbəbi də, şübhəsiz, onların neytrallaşma reaksiyalarının əsasında müvafiq epoksidlərinin alınmasıdır [2]. Çünki doymamış birləşmələrin oksidləşdiricilərlə epoksidləşməsi ekoloji cəhətdən daha maraqlı olduğuna baxmayaraq, həmin reaksiyanı yalnız bir neçə halda tətbiq etmək mümkün olur [3]. O cümlədən etileni və qismən də propileni çıxmaqla, digər olefinləri epoksidləşdirmək üçün havanın oksigeni və yaxud hidropersoksidlərdən istifadə etmək mümkün olmur. Xüsusilə də polyar funksional qruplar olduqda yüksək temperaturda epoksidləşmə zamanı ikiqat rabitə ilə yanaşı, funksional qrupların da oksidləşməsi baş verir. Ona görə də funksional qrupa malik epoksibirləşmələrin alınmasında hipoxlorit turşusundan və yaxud xlorlu sudan istifadə edilir.

Ancaq xlorlu su ilə epoksibirləşmələrin istehsalında bir sıra ekoloji problemlər vardır. O cümlədən istifadə olunan xlorun yarısı zəif qatılığa malik xlorid turşusuna çevrilir. Odur ki, həmin prosesin təkmilləşdirilməsi istiqamətində elmi araşdırmaların aparılmasına ehtiyac var.

Təqdim olunan material məhz tərkibində funksional qruplar olan doymamış birləşmələrin epoksidləşmə reaksiyalarının analizinə həsr edilmişdir.

Son dövrlərdə müşahidə olunan ədəbiyyat materialları onu göstərir ki, hipoxlorlaşma reaksiyaları ekoloji baxımdan əlverişli olmadığı üçün olefinlərin, eləcə də allil tipli xlorlu olefinlərin birbaşa epoksidləşdirilməsi sahəsinə daha çox diqqət yetirilir. Burada xlorlu üsuldən fərqli olaraq epoksidləşdirici reagent kimi hidrogen-peroksiddən, havanın oksigenindən istifadə olunur. Şübhəsiz ki, həmin reaksiyalar xüsusi şəraitdə, o cümlədən katalitik sistemlər iştirakında aparılır. Həmin proseslər ona görə diqqəti cəlb edir ki, burada tullantısız olmaqla yanaşı, epoksi birləşmələri istehsal etmək mümkündür. Ancaq burada əlverişli katalizatorların seçilməsi, selektivliyinin artırılması və təhlükəsizliyinin təmin edilməsi tələb olunur.

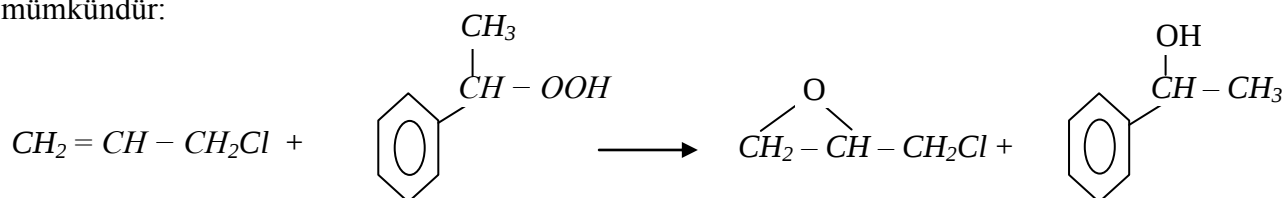
Propilenin hidrogen-peroksiddə epoksidləşdirilməsi seolit üzərinə hopdurulmuş Mo və yaxud Ti tərkibli katalizatorun iştirakı ilə metanol həlledicisində aparılması təklif olunur [4-6]. Maraqlıdır ki, propilenin oksigen ilə də Mo və Au katalizatorunun iştirakı ilə epoksidləşdirilməsinin xüsusi şəraitdə mümkün olması göstərilir [7,8]. Zənnimizlə, propilen oksidin hidrogen-peroksiddə daha

təhlükəsiz şəraitdə [9] aparılması diqqətəlayiqdir. Bu baxımdan propilenin hidroperoksid kumol ilə epoksidləşdirilməsi də praktiki cəhətdən əlverişli hesab olunur [10]. Odur ki, dünyada istehsal olunan propilen oksidin, demək olar ki, yarısı hidroperoksid üsulu ilə, qalan yarısı isə hələlik hipoxlorid üsulu ilə istehsal olunur.

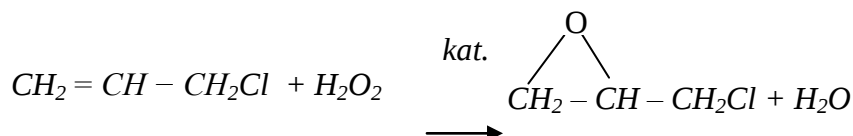
Bütün bunlara baxmayaraq, son on illiyin ədəbiyyat materiallarının analizi göstərir ki, hazırda propilenin [11-14], eləcə də digər olefinlərin katalitik sistemdə birbaşa epoksidləşdirilməsi üsulları [15,16] ilə yanaşı, allil xloridin də epoksidləşdirilməsi sahəsində çox intensiv elmi araşdırmalar aparılır.

Burada nəzərə almaq lazımdır ki, doymamış birləşmələrin birbaşa epoksidləşdirilməsi hələlik iki üsulla tədqiq edilir. Birinci üsul olefinlərin hidroperoksidlə reaksiyasıdır. Etilenbenzolun ikili hidroperoksidi ilə reaksiyası nəticəsində katalitik sistemdə son məhsul olaraq epoksid birləşmə ilə yanaşı, metil-fenil-karbinol da alınır ki, sonuncunun dehidratasiyası nəticəsində stirool alınır. Odur ki, stiroolun tələb olunduğu proseslərdə yanaşı məhsul kimi, epoksibirləşmələr istehsal olunur [17]. Hazırda belə proseslər içərisində propilen-oksidin istehsalı daha geniş yayılmışdır. Verilən məlumatlara görə dünyada istehsal olunan propilen-oksidin yarısı həmin üsulla alınır.

Artıq demək olar ki, hidroperoksid üsulu ilə allil xloridin də birbaşa epoksidləşdirilməsi mümkündür:



Ancaq etiraf etmək lazımdır ki, həmin reaksiya nisbətən az tədqiq olunur. Bu, şübhəsiz ki, yanaşı məhsulun alınması ilə əlaqədardır. Ona görə də allil xloridin hidrogen-peroksid ilə katalitik sistemdə epoksidləşdirilməsi praktiki cəhətdən aralıq məhsulların alınmamağı baxımdan olduqca əlverişlidir. Bu cür tədqiqat işlərinə daha tez-tez rast gəlmək olur [18-21]. İlk baxışdan reaksiya çox sadə görünür:



Hidrogen-peroksid vasitəsilə doymamış birləşmələrin, eləcə də allil xloridin epoksidləşdirilməsində H₂O₂ -nin qatılığı şəraitdən asılı olaraq 30-50 % ola bilər. Bu katalitik sistem kimi, dəyişkən valentli metallardan, o cümlədən titan, molibden, volfram, qalay, silisiumun oksid tərkibli birləşmələri, əsasən silikogel üzərində çöküntüləri istifadə edilir. Onların ölçüləri 0,5 mikron ətrafında olmalıdır. Həlledici kimi spirtlər, ketonlar, nitrillər və başqaları istifadə olunur. Sistemdə həmçinin, müxtəlif tərkibli azot və yaxud fosfor tərkibli birləşmələrdən də istifadə olunur. Epoksidləşmə prosesinin aparmaq üçün xüsusi reaktorlardan istifadə olunur. Proses, bir qayda olaraq, maye fazada aparılır. Bu məqsədlə temperaturun bir qədər yüksək olduğu hallarda təzyiq də yaradıla bilər.

Beləliklə, doymamış birləşmələrin, eləcə də allil xloridin katalitik sistemdə hidrogen-peroksidlə epoksidləşdirilməsi prosesinin bəzi texnoloji parametrləri haqqında az da olsa, materiallar təqdim olunsada, həmin reaksiyaların baş verməsinin mexanizmi və kinetikasi haqqında praktiki olaraq məlumatın olmamağı onların hələlik tətbiq olunmasını əsaslandırmağa imkan vermir. Ona görə də indiki dövrdə olefinlərin və allil tipli birləşmələrin epoksibirləşmələrinin kütləvi surətdə istehsalı hələlik hipoxlorlaşma reaksiyasına əsaslanır. Odur ki, bu sahədə elmi araşdırmaları davam etdirməyi məqsədəuyğun sayırıq.

1. Propilenin ORTA elektrodda xlorhidrinləşdirilməsi. Propilenin elektrokimyəvi üsulla xlorhidrinləşdirilməsi üçün şaquli istiqamətdə yerləşdirilmiş diafraqmasız elektroliz

vannasından istifadə olunur. Vannada olan elektrolizin temperaturunu tənzimləmək üçün vannanın köynəyinə termostat vasitəsilə su verilir. Anod ORTA-dan (titan üzərinə çökdürülmüş rutenium oksidi anodu) katod qrafitdən ibarət olub vannanın dibinə bərkidilir. Vannanın oturacağına Şotta filtri yerləşdirilir. Propilen bu filtr vasitəsilə asanlıqla səpələnir. Sabit cərəyan elektroliz sisteminə cərəyan düzləndiriciləri vasitəsilə verilir.

Cərəyanın parametrlərini voltampermetr vasitəsilə ölçülür. Laboratoriyada istifadə olunan elektroliz vannası şüşədən hazırlanır. İşçi həcmi 200-250 l olan vannanın hündürlüyü 0,5 m, diametri 40 mm vanna damcı qıfı və əks soyuducu ilə də təmin edilmişdir. Anod və katod materiallarının ölçüləri 10-0.5 sm-dir.

Elektroliz vannasına hər hansı qatılığa malik hesablanmış miqdarda xlorid turşusu yerləşdirilir. Lazımi temperatura qədər qızdırırıq. Sistemə eyni zamanda cərəyan düzləndirici vasitəsilə sabit cərəyan veririk və Şotta filtrindən propilen veririk. Reaksiyanın axırına qədər elektrolitin temperaturu termostatin köməyi ilə sabit saxlanılır. Cərəyan şiddəti ampermetr, gərginlik isə voltmetr vasitəsilə ölçülür. Cərəyan miqdarını tənzimləmək üçün reostatdan istifadə edilir.

Hesablanmış miqdarda elektrik cərəyanı verildikdən sonra elektrolit məhlulu ayırıcı qıfı keçirilir, aşağıda üzvi təbəqə yığılır. Su təbəqəsini üzvi təbəqədən ayırdıqdan sonra hər biri ayrılıqda analiz olunur. Xlorhidrin su fazasında olduğu üçün onu titrləmə vasitəsilə müəyyən edirlər.

Reaksiya nəticəsində alınan xlorhidrinin miqdarına əsasən onun cərəyana görə və çevrilən maddəyə görə çıxımlarını hesablayırıq.

Digər tərəfdən alınmış xlorhidrini ekstraksiya vasitəsilə məhluldan çıxarıb onun fiziki-kimyəvi xassələrini müəyyən edirik. Alınmış xlorhidrin aşağıdakı göstəricilərə malikdir: qaynama dərəcəsi 126-127 °C, şüa sındırma əmsalı 1,4392, xüsusi çəkisi 1,1082-dir.

Su fazasından ayrılmış üzvi təbəqə əvvəlcə xromatoqrafiya vasitəsilə analiz edilmişdir. Onun tərkibi, əsasən 1,2-dixlorpropan və tetraxloridpropil efirindən ibarətdir. Təmizləmə vasitəsilə 1,2-dixlorpropan həmin qarışıqdan çıxarılmışdır. Onun fiziki-kimyəvi xassələri aşağıdakı kimidir: qaynama temperaturu – 97 °C, şüasındırma əmsalı – 1,4382, xüsusi çəkisi – 1,1633-dür.

Xromatoqrafiya vasitəsilə eyni zamanda müəyyən edilmişdir ki, alınmış xlorhidrinin tərkibinin izomer qarışığı 95 : 5-dir. Burada α-izomer üstünlük təşkil edir.

Kimyəvi üsulla propilenxlorhidrinin alınma texnologiyası əsrimizin 20-ci illərində hazırlanmışdır. Hazırda həmin üsul propilen oksidin istehsalı üçün öz əhəmiyyətini hələlik itirməmişdir.

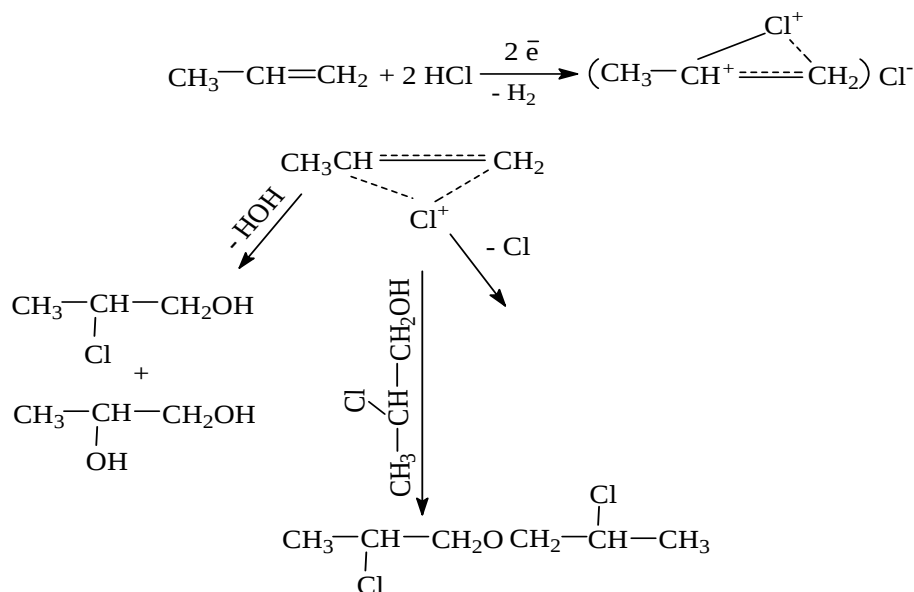
Propilenxlorhidrinin kimyəvi üsulla alınmasında başlıca çatışmayan cəhətlərdən biri xlorun iki dəfədən də çox artıq istifadə olunmasıdır. Burada sərf olunan xlorun yarısı xlorid turşusuna çevrilir, o da zəhərli sənaye tullantısıdır.

Həm bu üsuldən, həm də digər xlorüzvi birləşmələr sənayesində tullantı kimi, külli miqdarda xlorid turşusu alınır ki, bu da ekoloji cəhətdən zərərli olduğu üçün zərərsizləşdirilir. Bu da əlavə xərc tələb edir.

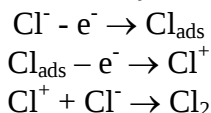
Proses diafraqmasız elektroliz vannasında aparılır. Elektrod materialı kimi ORTA-dan istifadə edilir. Prosesin əsas məqsədi xlorüzvi birləşmələr sənayesinin tullantısı olan abqaz xlorid turşusunu istifadə etmək məqsədini daşıyır.

Nəzərə alsaq ki, propilenoksidin illik istehsalının həcmi hər il 5 % artır, onda bunu inkişaf etmiş ölkələrdə elektrik enerjisinin kifayət qədər istehsalı ilə də əlaqələndirmək olar.

Bizim fikrimizcə, propilenxloridinin elektrokimyəvi üsulla alınması iki mərhələdən ibarətdir. Birinci mərhələdə anodda sərbəst xlor alınır, o da anod zonasına daxil edilmiş propilenlə reaksiyaya girərək əvvəlcə müvafiq kompleks əmələ gətirir, sonra isə reaksiyanın həcmində həmin kompleks su molekulları ilə heterolitik parçalanma nəticəsində müvafiq xlorhidrinlər alınır. Eyni zamanda alınmış kompleks xlor anionları və həmçinin propilenxlorhidrinlə də reaksiyaya girərək əlavə məhsullar əmələ gətirir:



Qeyd etmək lazımdır ki, o, reaksiyanın başlanğıc mərhələsində xlorid turşusunun elektrolizi nəticəsində anodda xlorun ayrılması aşağıdakı ardıcıl üç mərhələdən ibarətdir:



Odur ki, reaksiya nəticəsində elektrodada adsorbsiya olunmuş olefin əsasında xlor tərkibli karbohidrogenlər alınır. Xlorhidrinin alınması isə yalnız elektrolitin həcmində baş verə bilər. Çünki, molekulyar xlor suda asanlıqla həll olaraq hipoxlorit turşusuna çevrilir. Eyni zamanda suda qismən həll olmuş propilenlə elektrofil birləşmə nəticəsində uyğun xlorhidrinlər əmələ gətirir.

Beləliklə, propilenin elektrokimyəvi xlorhidrinləşmə prosesi iki mərhələdən ibarət olub, elektrolitin həcmində və yaxud elektrolitin elektroda yaxın olan sahələrində baş verir.

Qeyd etmək lazımdır ki, propilenin xlorid turşusu mühitində elektrokimyəvi xlorhidrinləşmə prosesinə bir sıra faktorların təsiri vardır. Bu məqsədlə prosesə xlorid turşusu qatılığının, anodda cərəyan sıxlığının, elektrolitin temperaturunun, xlorhidrinin məhluldakı qatılığının və s. təsiri öyrənilmişdir. Xlorid turşusu qatılığının elektroliz prosesinə təsiri anodda cərəyan sıxlığı 10 A/dm² və temperatur 35 °C-də öyrənilmişdir. Propilenin verilmə sürəti 1,5 l/saat, reaksiya müddəti 5 saatdır.

Alınan nəticələrə görə, xlorid turşusunun aşağı qatılıqlarında xlorhidrinin çıxımının artması müşahidə olunur. Belə ki, qatılıq 5 % olduqda xlorhidrinin çıxımı cərəyana görə 83 %, reaksiyaya girən propilenə görə 98 %, ancaq turşunun qatılığı 15 %-dən -20 %-ə çatana qədər əsas məhsulun çıxımı 35 %-ə qədər azalır. Əksinə, bu zaman 1,2-dixlorpropanın çıxımı getdikcə artır.

Bir halda ki, xlorhidrin xlorid turşusunun aşağı qatılıqlarında nisbətən yuxarıdır, onda anodda cərəyan sıxlığının təsiri turşunun qatılığı 5 % olduqda öyrənilmişdir.

Bu zaman əsas məhsulun çıxımı anodda cərəyan sıxlığı 2,5-5 A/dm² olduqda 86-87 %-ə çatır. Ancaq anodda cərəyan sıxlığının sonrakı artması xlorhidrinin çıxımının getdikcə azalmasına səbəb olur. Bu səbəb yuxarı cərəyan sıxlıqlarında molekulyar oksigenin və xlorun oksigenli birləşmələrinin alınması ilə izah edilir.

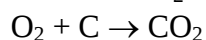
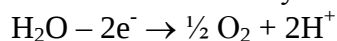
Anodda cərəyan sıxlığının artması xlorun alınma sürətini artırır. Nəticədə, vahid həcmdə olan sərbəst xlorun qatılığı artır. Odur ki, belə şəraitdə həm xlorlaşma reaksiyasının miqdarı artır, həm də reaksiyada iştirak etməyən xlorun itkisi müşahidə olunur.

Elektrolitin temperaturunun da prosesə təsiri öyrənilmişdir. Bu zaman xlorid turşusunun qatılığı 5 %, anodda cərəyan sıxlığı 10 A/dm² saxlanılmışdır.

Aldığımız nəticələrə görə, temperaturun artması xlorhidrinin çıxımına təsir göstərir. Belə ki

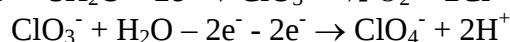
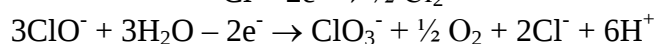
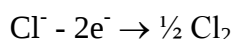
35-50 °C temperaturda xlorhidrinin çıxımı 83-84 % təşkil edir.

Yuxarı temperatur və yuxarı cərəyan sıxlıqlarında əsas məhsulun çıxımının azalması onunla əlaqədardır ki, anodda oksigenin ayrılmasına sərf olunan cərəyanın miqdarı getdikcə artır.

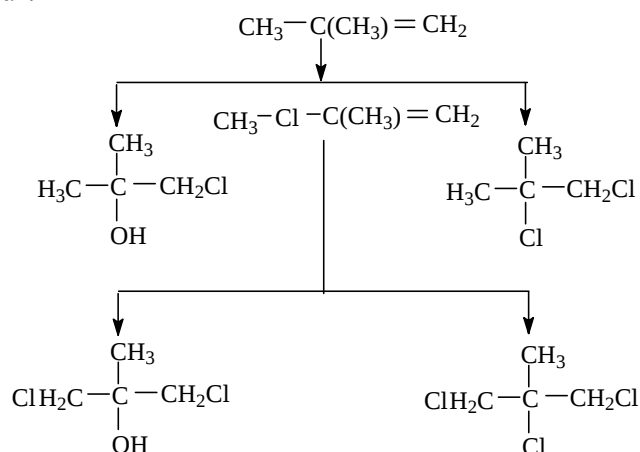


Həmin reaksiyaların nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, xlorhidrinin çıxımının maksimal səviyyəsi aşağıdakı rejimdə ödənilir. Elektrolitin temperaturu 35-50 °C, xlorid turşusunun qatılığı 5-10% və anodda cərəyan sıxlığı 5-10 A/dm²-dir. Həmin şəraitdə xlorhidrinin cərəyana görə çıxımı 85-87 % və çevrilən maddəyə görə 98% təşkil edir. Qeyd etməliyik ki, məhlulda xlorhidrinin qatılığı 40-50 q/l olur. Bu da onun istehsaldakı səviyyəsinə yaxındır. Aldığımız nəticələr göstərir ki, elektrokimyəvi üsul daha yüksək qatılığa malik məhlulların alınmasına imkan verir.

Eyni zamanda elektroliz müddətini artırmaqla qatılığın artması halı müəyyən edilmişdir. Burada verilmiş şəraitdə elektroliz müddətindən asılı olaraq, xlorhidrinin çıxımı arasında asılılıq öyrənilmişdir. Alınan nəticələrə görə, xlorhidrinin məhlulda faizlə qatılığı 10 %-ə çatana qədər cərəyana görə çıxım 83 %-dən 40 %-ə enir. Bunun səbəbini aydınlaşdırmaq üçün elektrolitin tərkibi analiz edilmişdir. Alınan nəticəyə görə, cərəyanın bir hissəsi xlorun oksigenli birləşməsinin alınmasına sərf olunur. Xlorun oksigenli birləşmələrinin alınması aşağıdakı reaksiyaların getməsi ilə izah edilir:

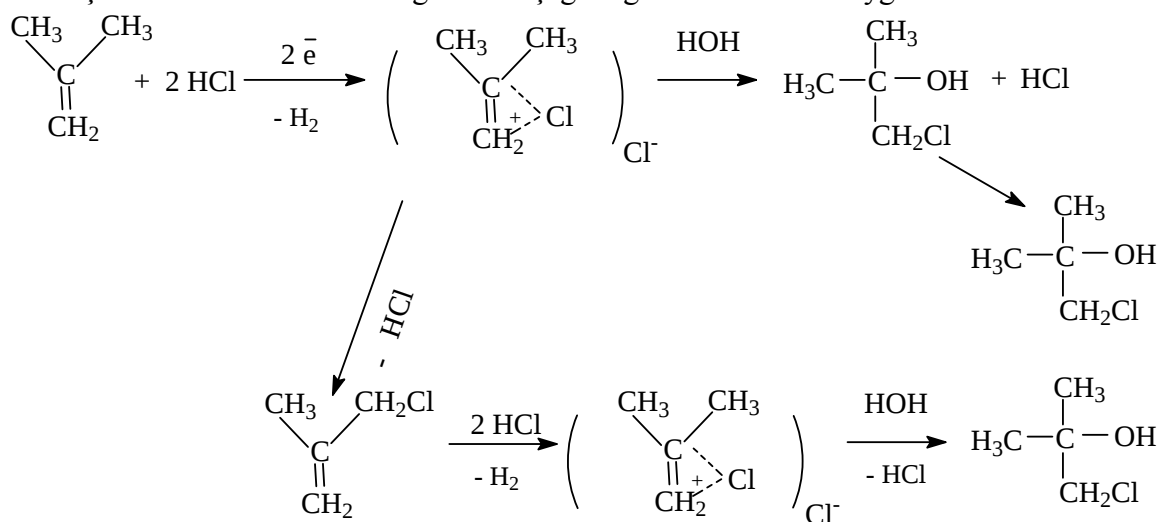


2. İzobutilenin ORTA elektrodda hipoxlorlaşdırılması. Doymamış karbohidrogenlərin elektrokimyəvi xlorhidrinləşməsi çərçivəsində tədqiqatların davamı həm praktik, həm də nəzəri nöqteyi-nəzərdən propilənxlorhidrinin elektrokimyəvi üsulla sintezi şəraitində izobutilenin xlorhidrinləşmə reaksiyasını öyrənməyə maraq yarandı. Belə müəyyən olunmuşdur ki, xlorid turşusu mühitində izobutilenin elektrokimyəvi xlorhidrinləşməsi zamanı suda həll olan üzvi spirtlər, həmçinin, həll olmayan məhsullar alınır. Alınmış qarışıqın analizi göstərdi ki, sulu təbəqə tərkibində 73:27 çəki nisbətində olan 1-xlor-2-metilpropanol-2 və 1,3-dixlor-2-metilpropanol-2 saxlayır. Üzvi hissə uyğun olaraq faizlə çəki nisbətləri 3:10:19.5:28.5:39 olan metallilxloriddən, 1,2-dixlor-2-metilpropandan, 1,3-dixlor-2-metilpropanol-2-dən və 1.2.3-trixlor-2-metilpropandan, 1-xlor-2-metilpropanol-2-dən ibarətdir. İzobutilenin elektrokimyəvi xlorhidrinləşməsi reaksiyası aşağıdakı sxemlə ifadə olunur:



Sxemdən göründüyü kimi, xlorid turşusunun elektrolizi şəraitində alınmış izobutilenin xlorhidrinləşməsi məhsulları tərkibinə görə praktiki olaraq hidrogen-peroksid iştirakı ilə kimyəvi üsulla alınmış məhsullardan fərqlənmir. Bu, belə bir mühakimə yürütməyə əsas verir ki, izobutilenin elektrokimyəvi xlorhidrinləşməsi reaksiyasında xlorlaşdırıcı agent kimi sintez zamanı xlorid turşusundan regenerasiya olunan molekulyar xlorndan istifadə olunur.

Deməli, əsas xlorlaşdırıcı agent son məhsul olan Cl_2 -dir və belə mühakimə yürütmək olar ki, o, elektrolitin həcmində olefin və su qarşılıqlı təsirdə olaraq metallixlorid və izobutilenin xlorhidrinləşmə məhsullarının əmələ gəlməsi aşağıda göstərilən sxemə uyğundur:



Müəyyən olunmuşdur ki, izobutilenin elektrokimyəvi xlorhidrinləşməsi məhsulları reaksiya şəraitindən asılıdır. Xlorhidrinin yüksək çıxımını təmin edən və üzvi təbəqənin yaranması ehtimalı izobutilenin elektrokimyəvi xlorhidrinləşməsi prosesinə xlorid turşusunun qatılığı, anod cərəyan sıxlığı və elektrolitin temperaturu təsir göstərir.

Xlorid turşusunun aşağı qatılıqlarında (5-10%) xlorhidrinlərin çıxımı 48-51 % -ə bərabər olur ki, bu da oksigen və tərkibində oksigen saxlayan xlor birləşmələrinin yaranması ilə əlaqədardır. Xloratların yaramasının ekoloji nəticələri propilen və xlorid turşusu əsasında propilensexlorhidrinin elektrokimyəvi sintez üsulu nəticəsində də əldə oluna bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, xlorid turşusunun yuxarı qatılıqlarında (20-30 %) izobutilenin xlorhidrinlərinin çıxımı aşağı düşür (18-59 % cərəyan görə). Bu fakt əldə edilmiş xlorun xlorid turşusunun qatılığının yüksəlməsi, molekulyar xlorun və xlorid turşusunun qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranan (hansı ki, sonra anod oksidləşməsinə uğrayır) Cl_3^- polixlorid kompleksin yaranması ilə izah olunur. Bununla əlaqədar olaraq, mühitdə həll olmuş xlor atomunun qatılığı nə qədər çox olarsa, onun adsorbsiya ehtimalı və xlorlaşmanın oksidləşməsi bir o qədər çox olar. Bundan başqa, xlorid turşusunun qatılığının yüksəlməsi ilə izobutilenin xlorhidrinlərinin çıxımının aşağı düşməsi xlorlu birləşmələrin elektrokimyəvi sintezi ilə əlaqədardır.

Müəyyən olunmuşdur ki, anodun cərəyan sıxlığı izobutilenin xlorhidrinləşmə məhsulları çıxımına 15%-li xlorid turşusunun 30 °C temperaturda iştirakı zamanı təsir edir. Xlorhidrinlərin maksimal çıxımı 20 A/dm² anod cərəyan sıxlığında cərəyana görə 96,6% olduğu təsdiq edilmişdir. Cərəyan sıxlığının sonrakı artımı cərəyana görə çıxımın aşağı düşməsinə səbəb olur ki, bu da xloratların və oksigenin əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır.

Beləliklə, izobutilenin xlorhidrinlərinin 15%-li xlorid turşusu iştirakında elektrolitin 25-30 °C temperaturunda və 20 A/dm² anod cərəyan sıxlığında çıxımın miqdarı yüksək olur. Alınmış nəticələrə əsasən bu temperatur optimal hesab olunur. Onun qiymətinin sonrakı artımı izobutilenin xlorhidrinlərinin çıxımının azalmasına səbəb olur. Müəyyən olunmuş optimal şəraitlərdə enerji 1580 KVt/saat məhsul qarışığının alınmasına sərf olunur. Bu zaman 1-xlor-2-metil-2-propanol və 1,3-dixlor-2-metil-2-propanol (çəki nisbətləri 73:27) təşkil edir.

3. Allilxloridin ORTA elektrodla xlorhidrinləşdirilməsi. Bu məqsədlə istifadə olunan elektroliz qurğusu silindrik formadadır. Elektrodlar elektroliz vannasının dibinə bərkidilir. Vannanın temperaturunu tənzimləmək üçün onun köynəyi vardır. Həmin köynəkdən gələn suyun temperaturu UR-2 tipli aparatla tənzim edilir. Elektroliz qurğusunun hündürlüyü 200 mm, işçi həcmi 250 ml, diametri 40 mm-dir. Elektrod materialı ORTA-dan ibarətdir. Onun ölçüləri 10·0.7

sm-dir. Katod materialı iki qrafit çubuqlardan ibarət olub elektroliz vannasına yerləşdirilir. Allilxlorid vannanın yuxarisından damcı qıfı vasitəsilə verilir. Elektrolit məhlulunu effektiv qarışdırmaq üçün mexaniki qarışdırıcıdan istifadə edilir. Reaksiyanın temperaturundan asılı olaraq, buxarlanan allilxloridi kondensləşdirmək üçün soyuducudan istifadə edilir. Elektrolit məhlulunu sistemdən boşaltmaq üçün vannanın aşağısında kran qoyulmuşdur.

Allilxloridi ikinci varianta görə sistemə daxil etmək üçün Şott tipli filtdən istifadə edilir. Həmin filtr vannanın aşağısında yerləşdirilir. Allilxlorid isə vannaya hidrogen dozatorunun (MED-2) köməyi ilə verilir.

İstifadə etdiyimiz elektroliz qurğusunun gücü 10 A cərəyan şiddətinə nəzərdə tutulmuşdur.

Elektroliz vannasında 250 ml müxtəlif qatılığa malik xlorid turşusu məhlulu yerləşdirilir. Həmin məhlul istənilən temperatura çatdırıldıqdan sonra sistemə cərəyan verilir. Sabit cərəyanın gücü ampermetr vasitəsilə ölçülür və reostat vasitəsilə tənzimlənir. Elektroliz vannasında yaranan gərginlik voltmetr vasitəsilə ölçülür.

Elektroliz vannasına allilxlorid maye halda ölçüsü olan qıfın köməyi ilə daxil edilir. Onun sürəti elektrolizin müddətinə görə hesablanır. Elektroliz qurtardıqdan sonra məhlul vannadan çıxarılır və otaq temperaturuna çatana qədər ayırıcı qıfda saxlanılır. Üzvi təbəqə ayırıcı qıfın aşağısında toplanır. Onları ayırdıqdan sonra hər biri ayrılıqda analiz edilir.

Dixlorhidrinqliserin suda həllolma qabiliyyətinə malikdir. Odur ki, reaksiya məhsulu əsasən su fazasında olur. Reaksiyanın sonunda dixlorhidrin qliserinin miqdarı analiz vasitəsilə müəyyən edilir. Onun məhluldakı qatılığı argentometrik titrləmə üsulu vasitəsilə müəyyən edilir. Bu üsula görə əvvəlcə məhluldakı sərbəst xlorun miqdarı qələvi ilə titrlənir. Sonra nümunə götürülür. Onun üzərinə hesablanmış miqdarda qələvi əlavə edilir və əks soyuducu ilə qaynadılır (3 saat müddətində). Sonra onun üzərinə ammonium-rodanid əlavə etməklə qələvinin artığı xlorid turşusu vasitəsilə titrlənir. Titrləmə nəticəsində alınan xlorun miqdarı birinci titrləmədən alınan xlorun miqdarından çox olur. Çünki birinci titrləmədə ancaq xlor ionları iştirak edir. İkinci titrləmədə isə həm xlor ionları, həm də üzvi birləşmələrin tərkibinə daxil olan xlor ionları iştirak edir. Onların fərqi əsasən üzvi birləşmənin tərkibində olan xlorun miqdarı müəyyən edilir və ona əsasən dixlorhidrinqliserinin məhluldakı qatılığı hesablanır.

Dixlorhidrinqliserin eyni zamanda su fazasından ekstraksiya yolu ilə ayrılmışdır. Ekstraksiya vasitəsilə sudan çıxarılmış dixlorhidrinqliserinin fiziki-kimyəvi xassələri aşağıdakı kimidir:

1,3-dixlorpropanol-2: qaynama temperaturu – 173-174 °C, şüasındırma əmsalı – 1,4810, xüsusi çəkisi – 1,35.

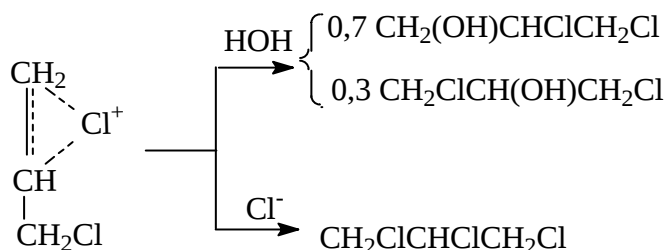
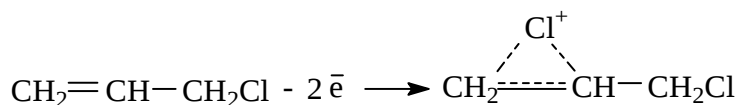
1,2-dixlorpropanol-3: – 183-184 °C, şüa sındırma əmsalı – 1,4855, xüsusi çəkisi – 1,3570.

Həmin birləşmələr su fazası ilə yanaşı, həm də üzvi təbəqədə olur. Onun tərkibini müəyyən etmək üçün xromatoqrafiya üsulundan istifadə edilir. Analizə görə üzvi təbəqənin tərkibi allilxloriddən, trixlorpropanoldan və xlorefirdən ibarətdir. Üzvi təbəqənin tərkibində 1,2-dixlorpropanol təmiz halda qovulma vasitəsilə təmizlənmişdir. Onun fiziki-kimyəvi xassəsi belədir: qaynama temperaturu – 156-157 °C, şüa sındırma əmsalı – 1,4845, xüsusi çəkisi – 1,3825. Xlorefir öz tərkibinə görə üzvi təbəqənin kiçik hissəsini təşkil edir. Onun varlığı xromatoqrafiya üsulu vasitəsilə müəyyən edilmişdir.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, elektrokimyəvi metod halogen üzvi birləşmələrin, o cümlədən xlorhidrinlərin alınmasında perspektiv hesab edilir. Çünki bu üsulda tullantı xlorid turşusundan istifadə edilir. Xlorüzvi birləşmələr içərisində dixlorhidrinqliserin çox tonnajlı məhlul kimi xüsusi yer tutur. O, epixlorhidrin və qliserinin alınmasında istifadə edilir. İstehsalatda dixlorhidrinqliserin üçün hələlik kimyəvi üsulla xlorlu su istifadə etməklə istifadə olunur. Həmin üsulun mənfi cəhətini yuxarıda göstərmişik. Bu baxımdan dixlorhidrinqliserinin elektrokimyəvi üsulla alınması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Müəyyən edildiyinə görə xlorid turşusu olan reaksiya zonasına allilxlorid əlavə edildikdə anodda elektroliz nəticəsində ayrılan xlor alınma momentində allilxloridlə reaksiyaya girir və aşağıdakı sxem üzrə əvvəlcə aralıq kompleks əmələ gətirir. Sonrakı məhsullar isə aralıq kompleksin

mühitdə olan kimyəvi reagentlər vasitəsilə parçalanması nəticəsində əmələ gəlir. Həmin reaksiyaları ümumiləşdirərək aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:



Müəyyən edilmişdir ki, alınan əsas və əlavə məhsulun çıxımı reaksiyanın aparılma şəraitindən asılıdır. Burada reaksiyanın gedişinə təsir göstərən amillər aşağıdakılardır:

1. Anod materialının təbiəti;
2. Xlorid turşusunun qatılığı;
3. Anodda cərəyan sıxlığı;
4. Elektrolitin temperaturu.

Elektroliz rejimini müəyyən etmək üçün prosesə təsir edən faktorları, o cümlədən xlorid turşusunun qatılığı, anodda cərəyan sıxlığı və elektrolitin temperaturu öyrənilmişdir.

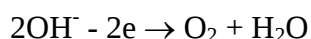
Xlorid turşusunun qatılığının əsas və əlavə məhsulların çıxımına təsiri öyrənilmişdir. Bu məqsədlə turşunun qatılığı elektroliz prosesində 5-10 % arasında dəyişdirilmişdir. Bu zaman cərəyana görə sıxlıq və temperatur sabit olmuş, daha doğrusu, cərəyan sıxlığı 10 A/dm², temperatur 35 °C olmuşdur.

Alınan nəticələrə görə, xlorid turşusunun qatılığı 3-5% olduqda dixlorhidrinqliserinin çıxımı çevrilmiş maddəyə görə 86-95%, cərəyana görə 80-85% olur. Qatılıq artdıqca xlorhidrinin çıxımı getdikcə azalır. Əksinə, trixlorpropanın çıxımı xlorid turşusunun qatılığı artdıqca çoxalır. Turşunun qatılığı 35% olduqda trixlorpropanın çıxımı maddəyə görə 85%, cərəyana görə 60%-ə çatır.

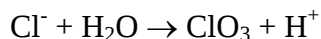
Elektrolitin temperaturunun allilxloridin xlorhidrinləşmə prosesinə təsiri sabit cərəyan sıxlığında (10 A/dm²) və xlorid turşusunun qatılığı 5% olduqda, aldığımız nəticələrə görə xlorhidrinin çıxımının bir qədər artması müşahidə edilir.

Dixlorhidrinqliserin elektrokimyəvi sintezi prosesini intensivləşdirmək üçün anodda cərəyan sıxlığının prosesə təsiri turşunun qatılığı 5% və elektrolitin temperaturu 35°C olduqda öyrənilmişdir. Alınan nəticələrə görə, anodda cərəyan sıxlığı 5-15 A/dm² olduqda, xlorüzvi birləşmələrin birgə çıxımı 80-85%-ə çatır. Həmin qarışıqda dixlorhidrinqliserinin çıxımı 50-55%-dən artıq olmur. Ancaq cərəyan sıxlığını getdikcə artırıqda xlorüzvi birləşmələrin, həmçinin dixlorhidrinqliserinin cərəyana görə çıxımı getdikcə azalır. Bunun səbəbi onunla izah edilir ki, yuxarı cərəyan sıxlıqlarında xlorid turşusunun qatılığı az olduğu üçün ORTA anodu üzərində əsas reaksiyalarla yanaşı, əlavə proseslər də baş verir və elektrik cərəyanının xeyli hissəsi əlavə reaksiyalara sərf olunur. Anodda gedən əlavə reaksiyalar aşağıdakılardır:

1. Anodda oksigenin ayrılması:



2. Xlor atomlarının oksidləşməsi:



Həmin reaksiyaların hesabına elektroliz prosesindən çıxan qazların tərkibində oksigenin miqdarı getdikcə artır. Məhlulda isə xlorat ionları toplanır.

Yuxarıda göstərdiyimizlə yanaşı, elektroliz müddətində alınan məhsulların çıxımına təsiri vardır. Burada ən çox nəzərə çarpan odur ki, elektroliz müddətindən asılı olaraq, dixlorhidrinqliserinin cərəyanı görə çıxımı getdikcə azalır. Əgər elektrolizin əvvəlində, yəni birinci saatdan sonra xlorhidrinin çıxımı 55%-ə, ikinci saatda onun çıxımı 30%-ə qədər enirsə, bu zaman ümumi məhsulların miqdarı da azalır. Bunun səbəbi onunla izah edilir ki, reaksiya zonasına daxil olan allilxlorid və reaksiya məhsulları, o cümlədən dixlorhidrinqliserin və trixlorpropan ORTA anodunda adsorbsiya olunaraq getdikcə onu passivləşdirir.

Beləliklə, aldığımız nəticələrə görə, elektroliz prosesinə yuxarıda göstərilən faktorlar əsaslı dərəcədə təsir göstərir.

4. Aromatik birləşmələrin ORTA elektrodda halogenləşdirilməsi. Üzvi birləşmələrin elektrokimyəvi sintezinin əsas istiqamətlərindən biri də aromatik karbohidrogenlərin xlorlu törəmələrinin alınmasıdır. Hal-hazırda kimya sənayesində tətbiq olunan xlorüzvi birləşmələrin alınması üsulu başlıca olaraq molekulyar xlorun uyğun üzvi maddələrlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində həyata keçirilir [27]. Alkilaromatik karbohidrogenlərin istehsalı əsas üzvi sintez məhsullarına aiddir. Alkilaromatik karbohidrogenlərdən alkil qrupunda xlor olan xlor-törəmələr daha böyük praktiki əhəmiyyətə malikdirlər. Bunlardan benzilxlorid, benzotrixlorid, n-ksilolxlorid, n-ksilendixlorid, heksaxlor-m- və heksaxlor-p-ksilolları göstərmək olar. Onlar turşu korroziyasının inhibitorlarının alınması üçün, kauçukun vulkanlaşması agentləri kimi, istiyədavamlı plastiklərin alınması üçün və s. istifadə olunur.

Bütün bu məhsullar uyğun karbohidrogenlərin toluol və ksilolların yan zəncirində adi radikal-zəncir prosesi ilə həyata keçirilir.

Alkilbenzolların maye fazada xlorlaşmasında yan zəncirdə və nüvədə eyni vaxtda ardıcıl və paralel əvəzlənmə reaksiyaları baş verir [28].

Fotokimyəvi üsulla yan zəncirdə aparılan xlorlaşmada olan bəzi çatışmazlıqlar (vahid gücə malik böyük tutumların yaradılması, xüsusi işıq mənbələrinin hazırlanması və istismarının hazırlanmasındakı çətinliklər, prosesdə əmələ gələn qarışıqların yanğın törətməsinin yüksək olması) onun sənayedə geniş tətbiq olunmasını məhdudlaşdırır [29].

Daha çox qəbul olunan metod sərbəst halogenlə halogenləşdirmə metodudur ki, onu da həmişə tətbiq etmək olmur. Birincisi, ona görə ki, sərbəst halogenlə halogenləşmə hidrogenxloridin ayrılması ilə müşahidə olunur, bu isə asidofob birləşmələr üçün adi metodikaların istifadəsini istisna edir. İkincisi bütün təhlükəsizlik tədbirlərinin (durulaşdırma, soyudulma və s.) görülməsinə baxmayaraq, sərbəst halogenlə halogenləşdirmə həddən artıq şiddətli getdiyi üçün halogenləşmiş maddələrin tamamilə dağılmasına gətirir.

Son iki-üç onillikdə aparılan çoxsaylı işlərdən halogen tərkibli birləşmələrin halogenləşmə üsulları yaradılmış və maraqlı halogenləşdirici agentlər təklif olunmuşdur ki, bunlardan çoxlu üzvi və qeyri-üzvi halogen tərkibli birləşmələr istifadə olunur.

Aktiv Hal⁺ - ionu yaxud halogen atomu mənbəyi olan, halogenləşmədə istifadə olunan maddələr halogenləşdirici agentin əlavə aktivləşməsinin vacibliyini aradan qaldırır.

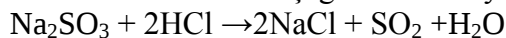
Bundan başqa, bu zaman halogenləşmə reaksiyası kifayət qədər daha sakit və yumşaq gedir, belə ki, halogenləşmə istiliyinin bir hissəsi reagentin dissosiasiyasına sərf olunur.

p-ksilolda 50 °C-də C-H əlaqəsi üçün hidrogen atomunun əvəzlənməsi göstərir ki, CH₃ qrupunda yerləşən xlor atomu radikal xlorlaşmada C-H əlaqəsinin reaksiya qabiliyyətini azaldır. Əvəzlənmə CH₃- qrupunun özündə getdikcə daha çox nəzərə çarpır. Bunun p-ksilol məhsulunun xlorlaşmasından alınan p-ksilidendixloridin qeyri-simmetrik dixlor törəmələrinin az miqdarının n-ksilidendixloridlərin simmetrik xloridləri ilə müqayisəsindən də aydın görmək olar.

Ksilolların aromatik nüvələrində metil qruplarının müxtəlif vəziyyətlərdə yerləşməsi onların reaksiya qabiliyyətlərini müqayisə etmək üçün böyük maraq doğurur.

p-ksilolun yan zəncirində xlorlaşması SO₂Cl₂, inisiator profor, həlledici olaraq CCl₄ -dən istifadə etməklə aparılmışdır. Xlorlaşma reaksiyası termostat, qarışdırıcı, cərəyan mənbəyi ilə təchiz olunmuş silindrik elektrolizdə aparılır. Elektrod olaraq qrafitdən istifadə olunmuşdur.

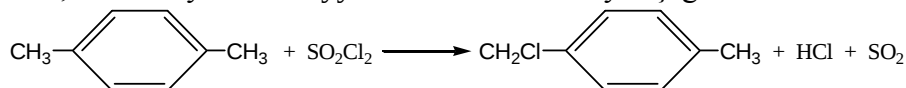
Yuxarıda qeyd olunan elektroliz qurğusuna 73 ml 30%-li xlorid turşusu, 63 q natrium sulfit, katalizator olaraq, aktiv kömür və 30 ml CCl_4 (həlləddici) əlavə olunur. Reaksiya qarışığı 40°C temperaturda, $p=100\text{Vt}$ közərmə lampası ilə işıqlandırılır, sonra qarışdırılmaqla reaksiyanın gedishinə nəzarət olunur. Prosesin birinci mərhələsində aşağıdakı reaksiya nəticəsində SO_2 alınır.



İkinci mərhələdə reaksiya qarışığına 15ml p-ksilol, 1,81q (0,1 çəki hissə), 2,2' - azobisizobutironitril əlavə olunur və 75°C -də, 60 dəq. müddətində, 6 A cərəyan verilir.

Elektroliz qurtardıqdan sonra üzvi təbəqə sulu hissədən ayrılır, CaCl_2 ilə qurudulduqdan sonra xromotoqrafik analiz edilir. Analiz nəticəsində məlum olmuşdur ki, 11,5q p-ksilolxlorid (çıxım ~74%), 0,5q monoxlor -p- ksilol (çıxım 3,18%) və 1,7q reaksiyaya daxil olmayan p-ksilol alınmışdır, digərləri isə yüksək xlorlaşma məhsullarıdır. p-ksilolun elektrokimyəvi xlorlaşmasında elektrolitin temperaturu da əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. p-ksilolun xlorlaşmasının temperaturdan asılılığı 30%-li xlorid turşusunda, 32 A/dm^2 cərəyan sıxlığında öyrənilmişdir.

Reaksiyanı CCl_4 -ün qaynama temperaturunda apardıqda nüvədə xlorlaşma məhsulları kifayət qədər azalır və bu da p-ksilolun güclü ekzotermik xlorlaşmasında istiliyin kənarlaşdırılması probleminin həllini təmin etməyə imkan verir. Temperaturun azalması SO_2 ilə reaksiya girən xlorun miqdarının azalmasına gətirir. Həmçinin kükürd və xlorun CCl_4 -də həll olması temperaturun artması ilə azalır ki, bu da böyük əhəmiyyət kəsb edir. Reaksiya aşağıdakı sxem üzrə baş verir.



p-ksilolun elektrokimyəvi xlorlaşması prosesinə təsir edən faktorların biri də temperaturdur. Temperaturun xlorlaşmanın cərəyanına görə çıxımına, təsiri 30 %-li HCl turşusu iştirakında, 32 A/dm^2 cərəyan sıxlığında aparılmışdır.

Aparılmış təcrübələr göstərmişdir ki, p-ksilolun xlorlaşması ilə alınan ksililxloridin çıxımına, temperatura, cərəyan sıxlığı və aparılan reaksiyanın mühiti mühüm təsir göstərir. Aralıq məhsulların miqdarının azaldılması üçün reaksiyanı $\text{pH} > 7$ mühitində aparmaq daha əlverişlidir.

Aparılan proses üçün optimal şərait $70-75^\circ\text{C}$ temperatur, $25-35\text{ A/dm}^2$ cərəyan sıxlığı, $\text{pH} > 7$ olan mühitdir. Alınan məhsulun çıxımı ~ 78% təşkil edir.

Katalizatorlar (alminium xlorid, dəmir 3-xlorid, fosfor 5-xlorid və s.) iştirak etdikdə benzolun homoloqlarının xlorlaşması da asanlaşır. Maraqlıdır ki, Sb, Bi, Fe, Mo, Al, Te və Se xloridləri nüvədə xlorlaşmaya əlverişli şərait yaradır, bu vaxt P, As, Mg xloridləri xlorun yan zəncirə daxil olmasına səbəb olur. Məsələn p-ksilol sulfuril xloridlə alüminium xlorid iştirakında 2-xlor-p-ksilola qədər, m-ksilol fosfor 5-xloridlə m-ksilolxloridə qədər xlorlaşır.

Sulfuril xlorid fenol və onun törəmələri üçün daha effektiv, sadə reagentdir. Bu zaman alınan məhsullar elementar xlorun təsiri ilə alınan məhsuldan fərqlənir, ancaq reaksiya daha yavaş getdiyi üçün prosesə nəzarət etmək asan olur. Fenol xlorlaşdıqda 4 və 2-xlorfenollar alınır. Həmçinin o-, m- və p-krezollar, ksilenollar, timol və s. də asanlıqla xlorlaşır.

Naftolların xlorlaşması xlorform yaxud hidrogen sulfid iştirakında, yüksək temperaturda aparılır, xlor-törəmələrinin çıxımı az olur. Məsələn 1-xlor 2-oksinaftalinin β -naftoldan, 2-xlor və 4-xlor -1-oksinaftalinin α -naftoldan alınmasında ümumi çıxım 60%-ə qədər olur.

Əvəzetmə prosesinin getməsində temperaturun rolu bütövlükdə əhəmiyyətlidir. Bir sıra xlorlaşma prosesində temperaturun az miqdarda artırılması ($40-60^\circ\text{C}$) əvəzetmə prosesini asanlaşdırır.

Çox yüksək temperaturlarda əvəz olunma məhsulları aralıq məhsulları alındığı üçün azalır. Elektrokimyəvi xlorlaşmada temperaturun artması ilə oksidləşmə prosesi güclənir, bundan başqa yüksək xlorlaşma məhsullarının alınması üstünlük təşkil edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Малиновский М.С. Окиси олефинов и их производные. М.: Хим. лит., 1961, 553с.
2. Трегер Ю.А. Научные основы и перспективы развития процессов многотоннажного хлорорганического синтеза//Химическая промышленность. 1981, №12, с. 10-15
3. Дымент О.Н., Казанский К.С., Мирошников А.М. Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. М.: Химия, 1976, 373с.
4. Пат. 2388755 (РФ). Способ эпоксидирования пропена / Геббел Ханс-Георг, Басслер Петер, Телеш Шаокич, Энрике Рудольф Петер, Мюллер Удריך, Формин Анна, Щульц Мальте, Вайденбах Майнольф. МПК C07D30/32. Оpubл. 10.05.2010.
5. Данов С. М., Сулимов А.В., Овчаров А.А. Влияние условий получения титансодержащего цеолита на его каталитическую активность в процессе эпоксидирования пропилена H₂O₂ в среде метанола // Химическая промышленность, 2010, №1, с.17-24
6. Данов С. М., Сулимов А.В., Овчаров А.А. Влияние природы растворителя на процесс эпоксидирования пропилен пероксидом водорода на силикалите титана // Химическая промышленность сегодня, 2008, с.26-30
7. Suo Zhanghuai, Jin Mingshan, Lin Jiqinq, Wei Zhaobin, Li Can. Прямое газообразное эпоксидирование пропилен до ПО воздухом в присутствии Au на носителе в качестве катализатора // J.Natur. Gaz. Chem, 2008, 17, №12, с.184-190, № 19. 19H29.
8. Kelman Elias, Dietzsch Enrico, Schwars Thomas, Kruppa Thomas. Прямое газообразное эпоксидирование пропена перекисью водорода на цеолите TS-1// Ind. And Eng.Chem.Res.2008, 47, №6, с.2086-2090
9. Пат. 2372343 (Россия). Способ получения пропиленоксида из пропилен и пероксида водорода / Савельев А.Н., Савельев Н.И. МПК C07D301/12 (2006.01). Оpubл. 10.11.2009.
10. Пат. 7449590 (USA). Процесс получения пропиленоксида / Tsuji Junpei, Jshino Masaru. МКП C07 D301/02 (2006.01) Оpubл. 15.08.2006.
11. Пат. №7193094 (США). Процесс и система эпоксидирования олефина / Chipman Peter Ingraham, Rabbe Jeffrey Michael, Rao Anjan Yan Te, Rubinstein Leonid Isaakovich, Vandermilp Brjan Scott. Оpubл. 20.08.2007. НПК 549/536.
12. Пат. №7102022 (США). Способ получения пуска процесса эпоксидирования и процесс эпоксидирования олефинов / Evans Wayne Errol, Yockemener John Robert, Rekers Dominicuz Maria, Te Rao Arenol Yan. Оpubл.05.09.2006.
13. Пат. №2320650 (Россия). Способ эпоксидирования олефинов / Брасе Клаудиа, Хас Томас, Хофен Вили, Штохиноль Гуидо, Вилль Вольфганг. МКП C07 D301/12 (2006.01) Оpubл. 27.03.2008.
14. Пат. №6972337 (США). Катализаторы эпоксидирования олефинов / Onimus Vilson H., Cooker Bernard. Оpubл. 06.12.2005. НПК 549/533
15. Пат. №102005002821 (Германия). Способ эпоксидирования олефинов перекисью водорода на Ru-содержащих катализаторах. Оpubл. 03.08.2006. МПК C07 D301/12 (2006.01)
16. Пат. №7238817 (США). Процесс прямого эпоксидирования. Оpubл. 03.07.2007, МПК C07 D301/03 (2006.01)
17. Пат. №2822442 (Россия). Способ эпоксидирования олефинов // Дегусса Аг, Уде Гмбх, Бергес Хосе, Брагие Клаудиа, Хаос Томас, Хафел Вили, Поль Вернер, Тиле Георг.- Оpubл. 20.04.2008, МПК C07 D301/12 (2006.01)
18. Пат. №2002032558 (Япония). Способ получения эпоксидирования / Hirata Masaji, Hagiya Kaji. Оpubл. 11.07.2006. НПК 549/531
19. Пат. №2006072574 (Япония). Способ получения эпоксидирований Tanaka Shinya, Hibino Hiroaki. Оpubл.26.11.2008. МПК C07 D303/30 (2006.01)
20. Пат. №200500994 (Испания). Способ и катализаторы эпоксидирования олефиновых соединений в присутствии O₂ // Оpubл. 09.01.2008, МПК C07 D301/04 (2006.01)

21. Bernat T., Brösel S. // Chem.Eng. and Technol. 2009, 32, №8, pp.1189-1194. –РЖХим, 2010, №9 19Н.47
22. Нейланд О.Я. Органическая химия. М.: Высш.шк.,1990, 751с.
23. Реми Генрих. Курс неорганической химии. Том 1. / Пер. с нем. XI изд. Акад. А.В.Новоселовой. М.: Мир, 1972, с.700-701
24. Патент RU 2256644 С1 (С 07 С 39/06, 37/16). Способ селективного получения о-алкилфенолов. Тальбирский Йорг, Фурман Эдгар, Брюгге-манн Вольфганг. Оpubл. в БИ, 20.07.2005, бюл. №20.
25. Мурадов М.М., Гусейнова И.Г., Гатамов М.М., Агаев А.А., Электрохимическое хлорирование м-крезола в солянокислом растворе. Colloquium-journal. Miedzynarodowe czasopismo naukowe. № 2(13) 2018, Czes'c' 1. s.58-61
26. Мурадов М.М., Гусейнова И.Г., Гатамов М.М., Агаев А.А. Евразийский союз ученых (ЕСУ). №8 (53)/2018, 3 часть. М., 2018, с.49-52
27. Ушакова И.П., Брагина Н.А., Миронов А.Ф. Методы галогенирования в тонком органическом синтезе. Уч.пособие. М.: МИТХТ им. М.В.Ломоносова, 2005, с. 35-36
28. Huntress E.H. Organic chlorine compounds. N-Y., 1948, p. 295, 1192.
29. Ворожцов Н.Н. мл., Хим. пром.1947, №6, 21, 22

РЕЗЮМЕ

ХЛОРИРОВАНИЕ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ C₃-C₄ И ФЕНОЛА В РАЗБАВЛЕННОЙ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЕ (Обзор)

Мурадов М.М.

Ключевые слова: пропилен, изобутилен, хлористый аллил, пропиленхлоргидрин, изобутиленхлоргидрин, 1,3-дихлор-2-метилпропанол-2, дихлоргидрин-глицерин, окиснорутениевый титановый анод, хлоргидринирование, фенол, хлорфенол, соляная кислота.

При электрохимическом хлорировании низкомолекулярных непредельных соединений в разбавленном (до 5-6 %) солянокислом растворе с применением окиснорутениевого титанового анода (ОРТА) в качестве основных продуктов образуются соответствующие хлоргидрины и моноклорфенол с выходом по току 80-85 % и по веществу 95-98 %.

SUMMARY

CHLORINATION OF C₃-C₄ UNSATURATED COMPOUNDS AND PHENOL IN LIQUID CHLORIDE ACID (Review)

Muradov M.M.

Key words: propylene, isobutylene, allyl chloride, propylene chlorohydrin, isobutylene chlorohydrin, 1,3-dichloro-2-methylpropanol-2, di-chlorohydrin glycerine, ruthenium oxide precipitated on titanium, chlorohydration, phenol, chlorophenol, chloride acid

Propylene chlorohydrins, isobutylene chlorohydrins and 1,3-dichloro-2-methylpropanol-2 (in the ratio 73:27 percent), 80-85% of dichlorohydrin glycerine (with output by current) are obtained as the main product in the electrolyses of liquefied (up to 5-6%) chloride acid using ruthenium oxide anode precipitated on titanium in the chlorination reaction of propylene, isobutylene and allyl chloride, and it is possible to obtain appropriate epoxides on their basis. In obtaining chlorohydrins as the result of the chlorination reaction of phenol, the output of monochlorophenol by current is 80%.

Daxilolma tarixi:	Ilkin variant	06.02.2019
	Son variant	24.06.2019

УДК 541.12

ПОЛУЧЕНИЕ АММОНИЙНОЙ ФОРМЫ ЦЕОЛИТОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА ИХ ПОЛНОЙ ДЕГИДРАТАЦИИ

¹АХМЕДОВ ВЕЛЯДДИН НУСРАТ оглу²САМЕДОВ МУХТАР МАМЕД оглу³МИРЗАИ ДЖАБРАИЛ ИСРАФИЛ оглу*Сумгаитский государственный университет, 1- доцент, 2-профессор**Бакинский государственный университет, 3-профессор*ahmedov-61@inbox.ru

Ключевые слова: цеолиты, дегидратация, термическая стабильность, гидроксилсодержащие, аммонийная форма

Проведены экспериментальные исследования получения аммонийной формы натролита парофазным методом. На основе ИК спектральным, гравиметрическим и калориметрическим анализом изучены отдельные стадии дегидратации. Экспериментальным путем установлено, что вхождение ионов NH_4^+ в структуру натролита способствует увеличению термической стабильности, то есть аммонийный натролит при температуре 500°C в достаточной степени сохраняет адсорбционную способность.

Известно, что исходную цеолитную структуру можно рассматривать как равновесную систему: алюмосиликатный каркас-обменные катионы-молекулы воды. При частичном или же полном удалении воды из цеолита, из-за нарушения вышеуказанного равновесия, это система должна приспосабливаться к условиям дегидратации. Характер этого приспособления должен определяться как особенностью алюмосиликатной структуры, так и природой обменных катионов [1].

Катионной формой цеолитов является их аммонийная форма, которая при дегидратации переходит в водородную, т.е. гидроксилсодержащую форму. Известно, что при кислотной обработке неустойчивых к кислоте цеолитов, сразу получается практически аморфизированная форма, которая не может быть использована для исследования влияния процесса образования гидроксильных групп на характер структурных изменений [2].

Целью настоящей работы является получение парофазным методом аммонийной формы натролита, установление характера полной дегидратации. На основе ИК-спектральных, гравиметрических и калориметрических данных необходимо качественно и количественно оценить отдельные стадии дегидратации и выявить их влияние на регидратационную способность цеолита. В работе использовались монокристаллы природных цеолитов. Химический анализ проводился методом рентгеноспектрального анализа на приборе СПМ-18, укомплектованным С УВМ-СМ-1.

Ионный обмен проводился как в мягких условиях (в растворе), так и по парофазной методике. Процесс обмена отражался на снятых соответствующих рентгенограммах при достаточном вхождении катиона в структуру. По парофазной методике получены NH_4 -формы натролита. При этом очищенные под микроскопом крупные кристаллы цеолитов перемешивались с порошком NH_4Cl и помещались в толстостенную ампулу. Смесь откачивали при 180 - 200°C (температурный предел обратимой области дегидратации цеолита) и в условиях вакуума нагревали при температуре возгонки NH_4Cl (200°C). После

катионного обмена цеолиты тщательно отмывались горячей водой до отрицательной реакции на ион хлора.

Известно, что натролит характеризуется высокой термической устойчивостью среди цеолитов группы 5 по Бреку [3]. При его дегидратации имеет место лишь существенная обратимая деформация структуры. Восстановление структуры при регидратации может сопровождаться образованием вторичной пористости [4]. При этом более удобным и «информативным» должно было являться получение кальциевой формы натролита и исследование ее термической стабильности. Однако, как хорошо известно из литературы, приведение гетеровалентного замещения ($2\text{Me}^+ \leftrightarrow \text{Me}^{++}$), в натролите невозможно из-за трудности распределения компенсирующего каркаса заряда в узких каналах, с сохранением допустимых для каркаса градиентов кристаллического поля [3]. Поэтому для получения гидроксилсодержащей формы натролита исходный натриевый цеолит был предварительно переведен в аммонийную форму. Известно, что при прокаливании аммонийная форма переходит в водородную т.е. гидроксилсодержащую форму. Следует отметить, что с точки зрения постановки задачи методика получения водородных форм цеолитов путем их обработки материальными кислотами в данном случае не может быть применена. Потому что при кислотной обработке неустойчивых к кислоте цеолитов, каким является и натролит [5], сразу получается практически аморфизированная форма, которая не может быть использована для исследования влияния процесса образования гидроксильных групп на характер структурных изменений при дегидратации. В литературе описаны некоторые характерные свойства аммонийного натролита [6]. Имеются также фрагментарные сведения о его термическом поведении. Детальное ИК-спектральное исследование характера его дегидратации и регидратации изучено недостаточно.

NH_4 -натролит откачивали при температурах от 25 до 600°C с интервалами 60°C. На рис. 1 представлены ИК-спектры поглощения NH_4 -натролита после различных обработок. Полосы поглощения в области 1420-1480 см^{-1} дополнительно к химическому и рентгенографическому анализам свидетельствуют о вхождении ионов аммония в структуру натролита. ИК-спектроскопическое изучение ионообменной формы натролита показало [6], что независимо от типа катиона в области 1630-1640 см^{-1} наблюдается только одна полоса поглощения деформационного колебания воды.

В исходном натролите в области 3000-3700 см^{-1} наблюдаются интенсивные полосы поглощения максимумами 3350 и 3500 см^{-1} [7]. А в NH_4 -натролите в области 3000 и 3500 см^{-1} наблюдаются три полосы поглощения мало интенсивных полос при 3260 см^{-1} и одна интенсивная полоса при 3570 см^{-1} . Полоса поглощения в области 3260 см^{-1} имеет низкочастотное, слабое плечо при 3260 см^{-1} тогда как, в исходном натролите это низкочастотная полоса наблюдается при 3230 см^{-1} .

Подобно исходному натролиту [7] откачка NH_4 -натролита при комнатной температуре приводит к смещению полос поглощения до 3250-3560 см^{-1} . Полоса поглощения при 3310 см^{-1} после откачки при комнатной температуре остается неизменной. Такое же смещение наблюдается и в области деформационного колебания. Смещение полос поглощения по-видимому, связано с уходом незначительного количества молекул воды, слабо связанных с поверхностью цеолита, что также подтверждается гравиметрическими данными [8].

Начиная с 150°C, происходит уменьшение полосы поглощения ионов NH_4^+ при 1430 см^{-1} . Регидратация откаченных при 150 и 200°C образцов цеолита восстанавливает интенсивность полос поглощения 1420 и 1480 см^{-1} и 1660 см^{-1} . Необходимые структурные изменения начинаются лишь после откачки выше 200°C. Дело в том, что регидратация NH_4 -натролита, откачанного при 250°C, не приводит к восстановлению спектральной

картины в области $1400-1700\text{ см}^{-1}$. Полученные гравиметрические данные также указывают на уменьшение регидратационной способности NH_4 -натролита после 250°C .

Полное исчезновение полос поглощения деформационного колебания молекул воды происходит после откачки при 300°C и с последующей регидратацией в спектре появляется лишь имеющая значительную интенсивность полоса при 1660 см^{-1} . После же 500°C в спектре регидратационного цеолита отсутствует и эта полоса поглощения.

ИК-спектры NH_4 -натролита, снятые после его откачки выше 200°C , показывают, что в области $3000-3700\text{ см}^{-1}$ наблюдается сильная широкая полоса поглощения гидроксильных групп, образующихся при удалении молекулярного аммиака. Эти гидроксилы остаются в структуре цеолита до 400°C . Выше 400°C в ИК-спектрах в области деформационных и валентных колебаний никаких полос не наблюдается.

Сравнение полученных экспериментальных данных NH_4 -натролита с природным натролитом показывает, что вхождение ионов NH_4^+ в структуру натролита уменьшает его термическую стабильность. Натролит термоустойчив до 600°C [7], тогда как NH_4 -натролит сохраняет свою термическую стабильность вследствие чего и исходную сорбционную емкость до 200°C . Если сравнить NH_4 -натролит с другими образцами цеолитов групп натролита, такими как сколецит, мезолит и томсонит, то можно заключить, что NH_4 -натролит более термоустойчив, чем эти цеолиты [10]. В литературе имеются ограниченные сведения о термическом поведении NH_4 -натролита [6].

На рис. 2 представлены кривые де- и регидратации, а также зависимости $Q = f(T_{\text{дег}})$ для NH_4 -натролита.

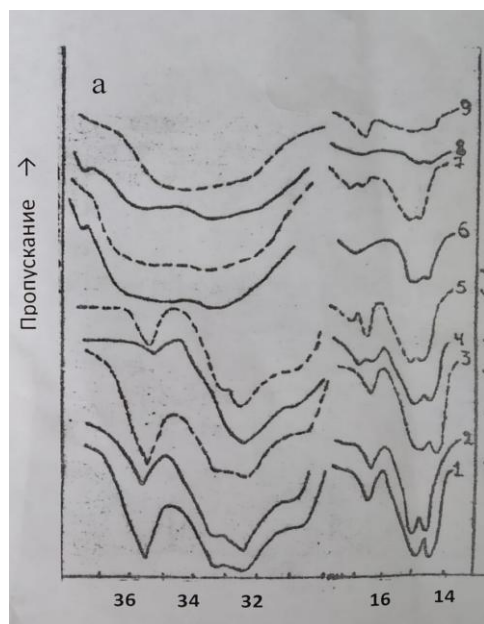


Рис. 1. ИК-спектры поглощения NH_4 -натролита: 1-исходный, откачан при: 2-150, 4-250, 6-300, 8-400 $^\circ\text{C}$; регидратирован после откачки при: 3-150, 5-250, 7-300, 9-40 $^\circ\text{C}$

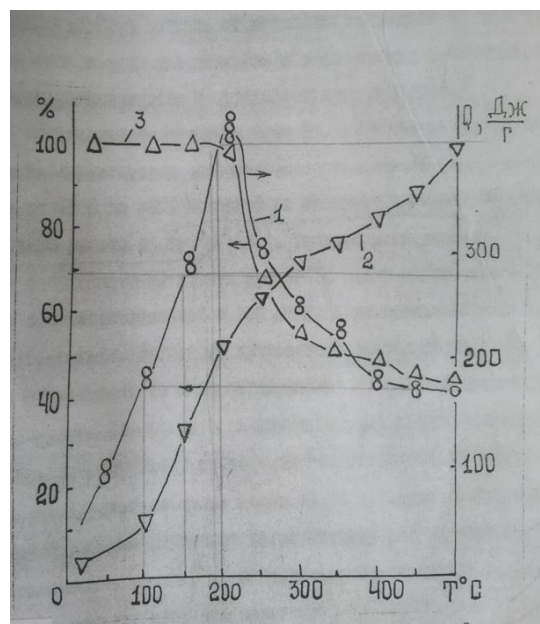


Рис. 2. Зависимость теплоты регидратации при 25°C (1), величины регидратации (2), величины регидратации (3) (при $P/P_s=0,5$) NH_4 -натролита от температуры предварительной откачки (время откачки 4 ч.)

Как видно из этого рисунка, дегидратация NH_4 -натролита происходит в широком температурном интервале $25-500^\circ\text{C}$. С повышением температуры от $25-150^\circ\text{C}$ увеличивается количество удаляемой воды и в соответствии с этим растет теплота

регидратации NH_4 -натролита до 250 дж/г, в то время как в исходном натролите в этом температурном интервале максимальное значение $Q_{\text{рег}}$ -составляет 165 дж/г [10]. Нужно подчеркнуть, что в отличие от NH_4 -натролита в исходном натролите при температурном интервале 25-180 °C вся вода полностью уходит, тогда как для NH_4 -натролита потеря массы при 180 °C составляет на 0,5% больше, чем при 150 °C и адсорбция воды обратимая. Еще одним отличительным свойством NH_4 -натролита от исходного натролита является то, что у NH_4 -натролита в температурном интервале 25-500 °C не наблюдается постепенное увеличение сорбционной способности в процессах дегидратации и регидратации, обусловленное разрушением агрегатов монокристаллов и увеличением их внешней поверхности, на которой протекают процессы мономолекулярной адсорбции, а также и процессы капиллярной конденсации [9]. Еще одним интересным фактом является то, что в NH_4 -натролите при 100 °C теплота регидратации составляет 195 дж/г, а в исходном натролите – около 10 дж/г.

Установлено, что с повышением температуры выше 200 °C потеря массы NH_4 -натролита увеличивается и адсорбционная способность его резко уменьшается от 100% до 68%. Исходный натролит является термически стабильным вплоть до 650 °C [10]. Теплоты регидратации NH_4 -натролита и исходного натролита при 200 °C имеют максимальные значения, равные соответственно 415 и 330 дж/г. В интервале 200-400 °C теплота регидратации исходного натролита остается постоянной. Кривая же зависимости теплоты регидратации NH_4 -натролита от температуры вакуумной обработки в данном интервале носит экстремальный характер, как это имеет место в случае сколецита, мезолита и томсонита. Другими словами, после 200 °C с ростом температуры происходит уменьшение теплот регидратации NH_4 -натролита. Кривую зависимости $Q_{\text{рег.}} = f(T^\circ\text{C})$ и регидратации без учета преадсорбированной воды в интервале температур 25-500 °C можно условно разделить на три участка: 25-200 °C, 200-350 °C и 350-500 °C. На первом участке наблюдается увеличение теплоты регидратации, которая уменьшается на втором участке. На третьем же участке ее значение относительно постоянно. Практически симбатно с кривой $Q_{\text{рег.}} = f(T^\circ\text{C})$ меняется и кривая зависимости полного содержания регидратируемой воды от температуры предварительной обработки.

Происхождение необратимых структурных изменений при термовакуумной обработке выше 200 °C по-видимому связано с разложением иона NH_4^+ . Этот факт характерен для аммонийных форм других, более термически стабильных цеолитов, как NaX, NaY клиноптилолита и т.д. [1]. Образующиеся при разложении NH_4^+ цеолита протоны, соединяясь с кислородом каркаса, образуют H^+ -форму. Проведение ИК-спектрального исследования непосредственно подтверждает, что после частичной дегидратации в спектре NH_4 -натролита наблюдается широкая полоса поглощения ОН-групп, отсутствующая в соответствующем спектре исходного натролита [10].

Анализируя вышеизложенное, можно прийти к такому выводу, что с вхождением ионов NH_4^+ в структуру натролита он ведет себя, как кальциевые цеолиты натролитной групп. Однако, по сравнению с ними NH_4 -натролит более термостабилен. NH_4 -натролит даже при 500 °C почти на 45% сохраняет адсорбционную способность, тогда как в кальцийсодержащих цеолитах группы натролита происходит полное разрушение структуры.

Полученные данные по термической стабильности NH_4 -натролита показывают, что при образовании гидроксильных групп в натролите происходит необратимая деформация его структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брек Д.Ки. Цеолитовые молекулярные сита. Пер. с англ. М.: Мир, 1976, 781 с.
2. Foster M.D. Composition of zeolites of the natrolite group. // U.S. Geol. Surv. Pros. Paper. 504, 1965. pp. D₁-D₇.
3. Merr G.M. The crustal structure of natrolite-Z. Krust. 1960. Vol. 119. pp. 430-444.
4. Белицкий И.А. Термография катионзамещенных форм (Li, Ag, K, NH₄, Te, Rb, Cs) природного натролита // Зап. всесоюз. мин. обр. 1972, I-Cl.-B.I. с. 52-61
5. Халилов Э.Н., Багиров Р.А. Природные цеолиты, их свойства, производство и применение. Баку: Элм, 2002, 350с.
6. Мирзай Д.И. Физико-химические закономерности дегидратации и регидратации природных цеолитов. Дисс. докт., Баку, 1989, 280с.
7. Османзаде Ш.Д. Мирзай Д.И. Об образовании вторичной пористости в натролите при его дегидратации // Матер. закл. конф. по адсорбции и хроматографии. Тез. докл. Баку, 1982, с. 128
8. Богданова В.И., Белицкий И.А. Устойчивость природных цеолитов в соляной кислоте. // АН. АССР. СО Геология и геофизика. 1968, с. 44-53
9. Мирзай Д.И. Исследование регидратационной способности цеолитов групп натролита методом ИК-спектроскопии. // ИФХ, 1987, 25, с. 1246-1252
10. Кулиев Т.М., Исикирин А.А., Мирзай Д.И., Сершинский В.В. Энергия регидратации натролита и скелечита // Изв. АН АССР, сер. хим., 1966, 27, с. 1484

XÜLASƏ

AMMONIUM FORMALI SEOLİTLƏRİN ALINMASI VƏ ONLARIN TAM DEHİDRATLAŞMASI XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN MÜƏYYƏNLƏŞDİRİLMƏSİ

Əhmədov V.N., Səmədov M.M., Mirzai C.İ.

Açar sözlər: *seolİtlər, dehidratlaşma, termiki dayanıqlıq, hidroksİltərkİbli, ammonİumlu forma*

Buxar fazalı üsulla ammonium formalı natrolitin alınması prosesinin eksperimental tədqiqi aparılmışdır. İQ-spektroskopik, qravimetrik və kalorimetrik analizlərlə dehidratlaşmanın ayrı-ayrı mərhələləri öyrənilmişdir. Təcrübi yolla müəyyənləşdirilmişdir ki, natrolit tip seolitın strukturuna NH₄⁺ ionlarının daxil olması onun termiki davamlılığını yüksəldir. Yəni ammonium natrolit hətta 500°C temperaturda adsorbsiya etmək xassəsini kifayət qədər saxlamış olur.

SUMMARY

OBTAINING AMMONIUM FORM OF ZEOLITES AND DETERMINATION OF THE CHARACTER OF THEIR FULL DEHYDRATATION

Ahmedov V.N., Samedov M.M., Mirzai J.I.

Keywords: *zeolites, dehydration, thermal stability, hydroxyl-containing, ammonium form*

An experimental study was conducted to obtain the ammonium form of the natrolite using the vapor phase method. On the basis of IR spectral, gravimetric and calorimetric analysis, separate stages of dehydration were studied. It was established experimentally that the incorporation of NH₄⁺ ions into the natrolite structure contributes to an increase in thermal stability, that is, ammonium natrolite at a temperature of 500 °C sufficiently retains its adsorption capacity.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	11.06.2019
	Son variant	24.06.2019

UOT 543.42(542.61:546.98)

NORSULFAZOL FRAQMENTLİ POLİMER SORBENTLƏ PALLADIUM (II) İONUNUN QATILAŞDIRILARAQ TƏDQIQI¹HƏŞİMOVA ESMİRA NAZİM qızı²ƏBİLOVA ÜLVİYYƏ MÜRŞİD qızı³ÇİRAQOV FAMIL MUSA oğlu

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, 1-dissertant

Bakı Dövlət Universiteti, 2-k.f.d., e.i.,3-professor

esmira.hashimova@mail.ru*Açar sözlər:* sorbsiya, norsulfazol, qatılaşıdırma, malein anhidridi, sopolimer, sintetik polimer

Metal ionlarının mikromiqdarlarının təyini zamanı ayırma və qatılaşıdırma metodlarından istifadə olunur. Bu məqsədlə müxtəlif təbii və sintetik polimer sorbentlərdən istifadə etmək daha əlverişlidir. Tərkibində müxtəlif amin fraqmenti saxlayan sintetik polimer sorbentlərdən palladium (II) ionunun sorbsiyasının tədqiqində geniş istifadə olunur. Çünki təbii sorbentlərdən fərqli olaraq, sintetik sorbentlərin sorbsiya xassələri daha yüksək olur. Malein anhidridi stirol sopolimeri əsasında formaldehid və norsulfazol amin fraqmentinin iştirakı ilə yeni polimer sorbent sintez edilmişdir. Sintez olunmuş sorbent İQ metodu ilə identifikasiya edilmişdir. Sorbentin və onun metalla əmələ gətirdiyi polixelatların temperatura qarşı davamlılığı termogravimetrik analiz metodu ilə müəyyən olunmuşdur. Optimal şəraitdə Pd (II) ionlarının sorbsiya və desorbsiyası müəyyən edilmişdir.

Giriş. Elementlərin mikromiqdarlarının təyini zamanı həssaslığı artırmaq üçün seçici qatılaşıdırma və ayırmada tərkibində xelatəmələgətirici funksional analitik qrup saxlayan polimer sorbentlərin tədqiqi və analitik tətbiqi araşdırılır. Xelatəmələgətirici iondəyişdiricilər haqqında ədəbiyyatda kifayət qədər məlumat var [1-3]. Ədəbiyyatdan məlumdur ki, polimer xelat sorbentlər təyinatın sadəliyi, sürətli və yüksək effektivliyinə görə daha çox əhəmiyyətə malikdir. Polimer xelat sorbentlər matrisada olan kimyəvi aktiv qrup ilə xarakterizə olunur. Bu kimyəvi aktiv qruplar məhlulda olan metal ionlarla xelatlar və ion assosiatları yaratmaq xassəsinə malikdir. Kompleksəmələgətirici sorbentlərdə sorbsiya prosesi əsasən nəcib metal ionlarının funksional qruplarla kompleks əmələ gətirməsilə yaranır [4-6]. Məlumdur ki, palladium ionu digər metallardan fərqli olaraq, turş mühitdə tərkibində azot və kükürd saxlayan liqandlarla daha davamlı kompleks əmələgətmək xassəsinə malikdir. Bununla yanaşı, palladium(II)-un sorbsiyası üçün nəzərdə tutulan heterotsklik azo və aminoqruplar saxlayan sorbentlərdir [7-9].

Sorbentin seçiciliyi funksional qrupun təbiətindən və onun məhluldakı formasından asılıdır. Sorbsiya xassəsi və sorbentin selektivliyinə təsir edən amillərdən biri də polimer xelat sorbentlərin sintezi üsuludur. Son zamanlar geniş yayılan üsullardan biri də sopolimerə müxtəlif amillərin modifikasiyası üsuludur. Bu məqsəd ilə malein anhidridi-stirol sopolimerinə norsulfazol amin fraqmenti kimyəvi modifikasiya edilərək yeni sorbent sintez edilmişdir. Alınmış sorbent İQ metodu ilə identifikasiya edilmişdir. Sorbentin sorbsiya xassələri-mühitin turşuluğunun təsiri, prosesin zamandan asılılığı, ion qüvvəsinin və desorbsiya prosesinin təsiri öyrənilmişdir.

Təcrübi hissə.

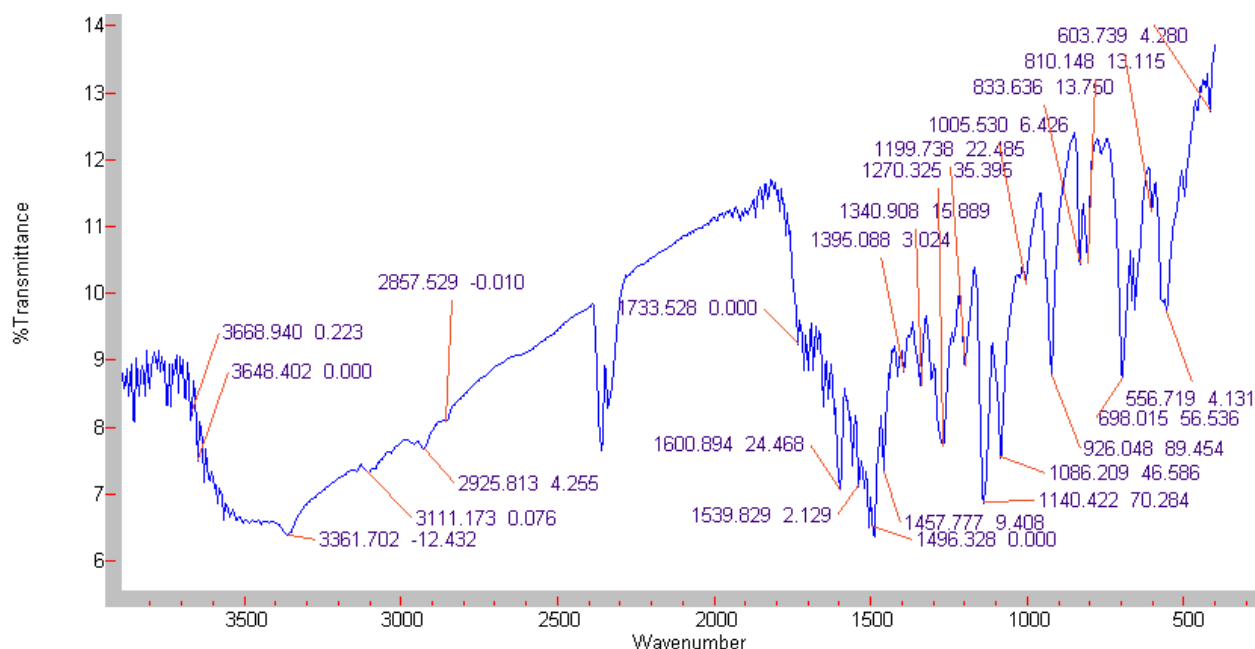
Cihazlar və məhlullar. 10^{-3} mq/l qatılıqlı Pd(II) ionunun məhlulu PdCl₂ (k.t.) duzundan hazırlanmış və qatılığı standartlarla müqayisə edilərək dəqiqləşdirilmişdir. Pd(II) ionunun məhlulda tarazlıq qatılığı pirohallol əsaslı 2,2,3,4 tetrahidroksi 3[/]sulfo 5[/] xlorazobenzol reaktivi ilə spektrofotometrik metodla təyin edilmişdir. Mühitin pH-nı sabit saxlamaq üçün ammonium-

asetat bufer məhlulundan (pH 3- 11) və HCl fiksantından (pH 0-2) istifadə edilmişdir. KOH məhlulu KOH-in hesablanmış kütləsinin distillə suyunda həll edilməsi ilə hazırlanmış və standart HCl məhlulu ilə titrlənərək qatılığı dəqiqləşdirilmişdir. Məhlulların optiki sıxlıqları KFK- 2 fotokalorimetrində ($\lambda=490$ nm-də) ölçülmüşdür. Məhlullara pH-na pHS-25 markalı şüşə elektrodlu ionomer vasitəsilə nəzarət edilmişdir. "Varian 3600 FI- IR" -də sorbentin İQ-spektri və "STAPT 1600" cihazında termogramması öyrənilmişdir.

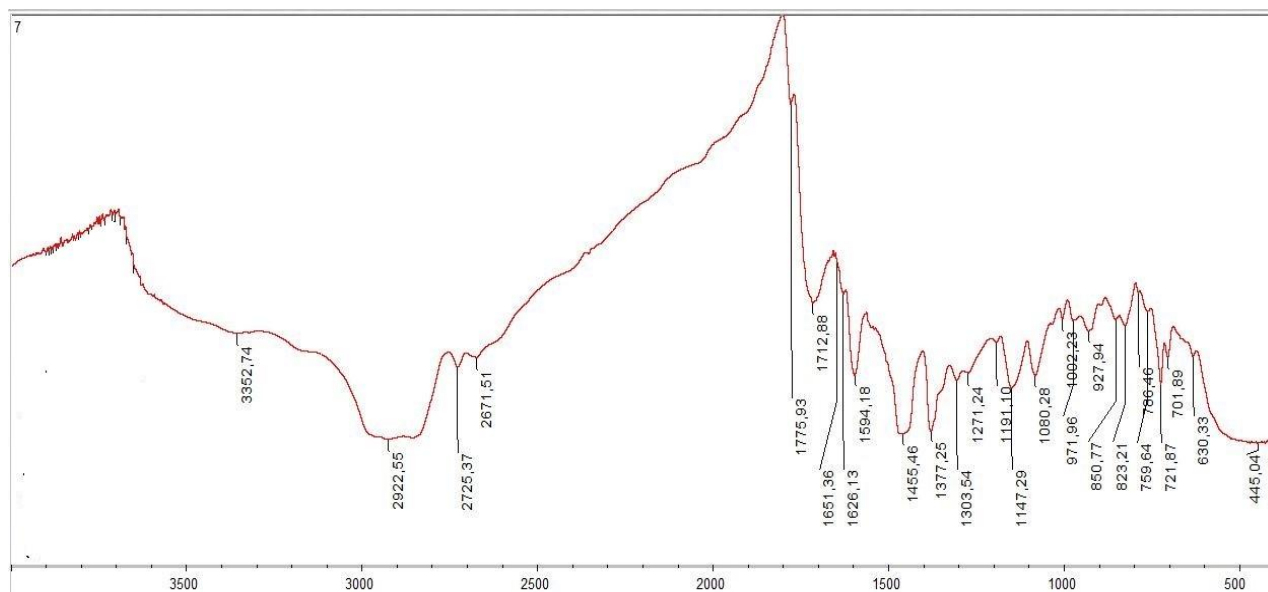
Metodika. Yeni norsulfazol fraqmentli xelatəmələgətirci polimer sorbent sintez olunmuşdur. Bunun üçün məlum metodika ilə malein anhidridinin (k.t.) stirolla (k.t.) benzol məhlulunda, su hamamında [80-85°C, 120 dəq] radikal sopolimerləşməsi aparılmışdır. Alınmış sopolimer vakuumda qurudulmuşdur. Alınmış sopolimerin üzərinə formaldehid və norsulfazol hesablanmış miqdarı (suda həll edilərək) əlavə edilmişdir. Alınmış sorbent su ilə yuyularaq 50°C-də vakuumda sabit çəkiyə qədər qurudulur. Pd(II) ionunun udulmuş miqdarını müəyyən etmək üçün fotometrik metoddan istifadə edilmişdir. Tarazlıq halında palladium (II) ionunun qatılığı fotometrik sorbsion analiz metodu ilə müəyyən edilmişdir. Pd(II) pH 4-də turş mühitdə TSXAB (2,2, 3,4 tetrahidroksisulfoxlorazobenzol) reaktivləri ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq (maksimum işıq udması $\lambda=490$ nm dalğa uzunluğunda) rəngli kompleks əmələ gətirir [12].

Nəticələr və onların müzakirəsi.

Sorbentin identifikasiyası. Alınmış sorbent İQ-spektroskopiya metodu ilə identifikasiya olunmuşdur [10-11]. Benzol halqasının C–H deformasiya ($603, 739, 810, 833, 1005$ cm^{-1}) və valent rəqsləri (2857 cm^{-1}); CH və CH_2 qruplarında olan C–H rabitəsinin deformasiya (145 cm^{-1}) və valent rəqsləri (2925 cm^{-1}); N–H əlaqəsi deformasiya ($1539, 1600$ cm^{-1}) və valent rəqsləri ($3111-3361$ cm^{-1}); Turşu qrupunda olan C=O valent rəqsləri (1733 cm^{-1}); turşu qrupunda olan C–O valent rəqsləri (1270 cm^{-1}); Mürəkkəb efir qrupunda olan C=O valent rəqsləri (1733 cm^{-1}); Mürəkkəb efir qrupunda olan C–O valent rəqsləri ($1005, 1199$ cm^{-1}); $\text{C}_{\text{ar}}\text{--N}$ rabitəsində olan valent rəqsləri (1340 cm^{-1}); $\text{SO}_2\text{--N}$ rabitəsində olan valent rəqsləri (1270 cm^{-1}).



Şəkil 1. Norsulfazol fraqmentli sorbentin İQ spektri



Şəkil 2. Norsulfazol fraqmentli sorbentlə Pd(II) ionunun İQ spektri

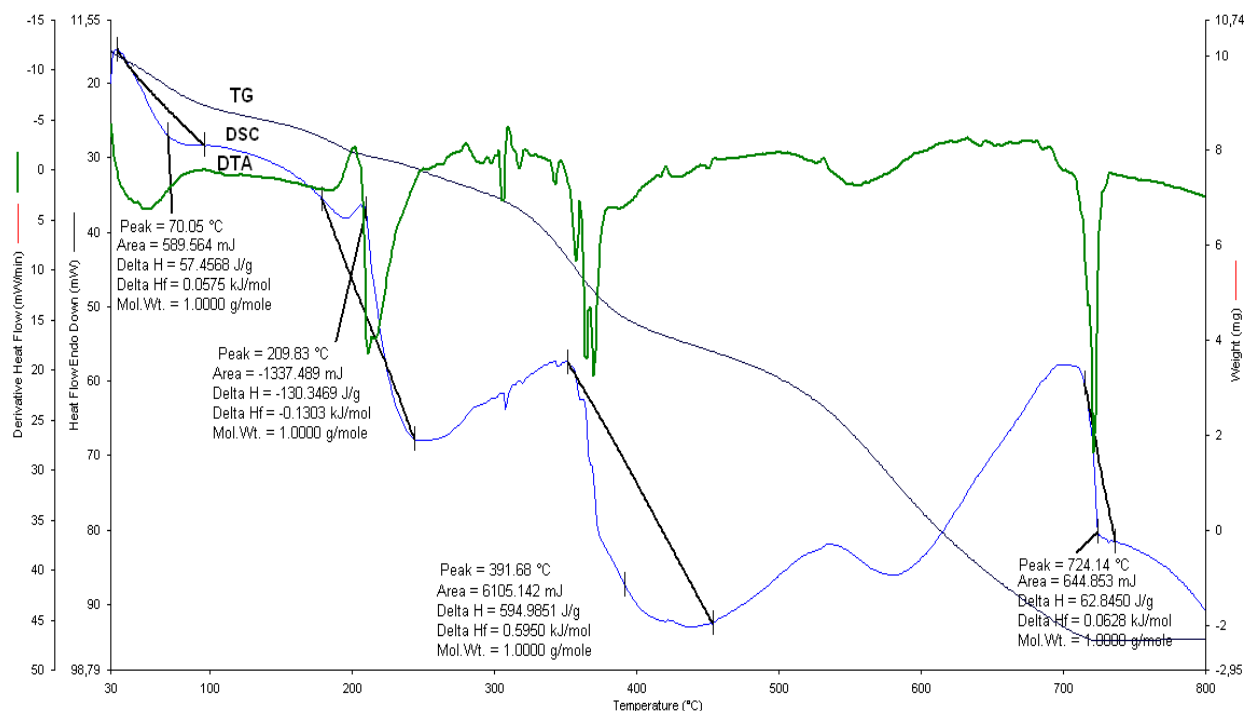
Sorbentin İQ spektrində 3352-2725 sm^{-1} [karboksil qrupundakı -OH qrupunun valent rəqsləri, həmçinin -NH qrupunun valent rəqsləri (2922-2724 sm^{-1})], 1775-821 Ssm^{-1} (karboksil qrupundakı -C=O qrupunun valent rəqsləri), 1775-1455 sm^{-1} (C-H valent rəqsləri və N-H qrupunun deformasiya rəqsləri), 1594-1455 sm^{-1} (benzol halqasında C-C valent rəqsləri), 721-850 sm^{-1} (benzol həlqəsində C-C deformasiya rəqsləri) tezliklərdə udulması müşahidə olunur.

Şəkil 1 və 2-də İQ spektroskopıyanın nəticələrindən aydın olur ki, sorbent bidentant liqand kimi koordinasiya olunur.

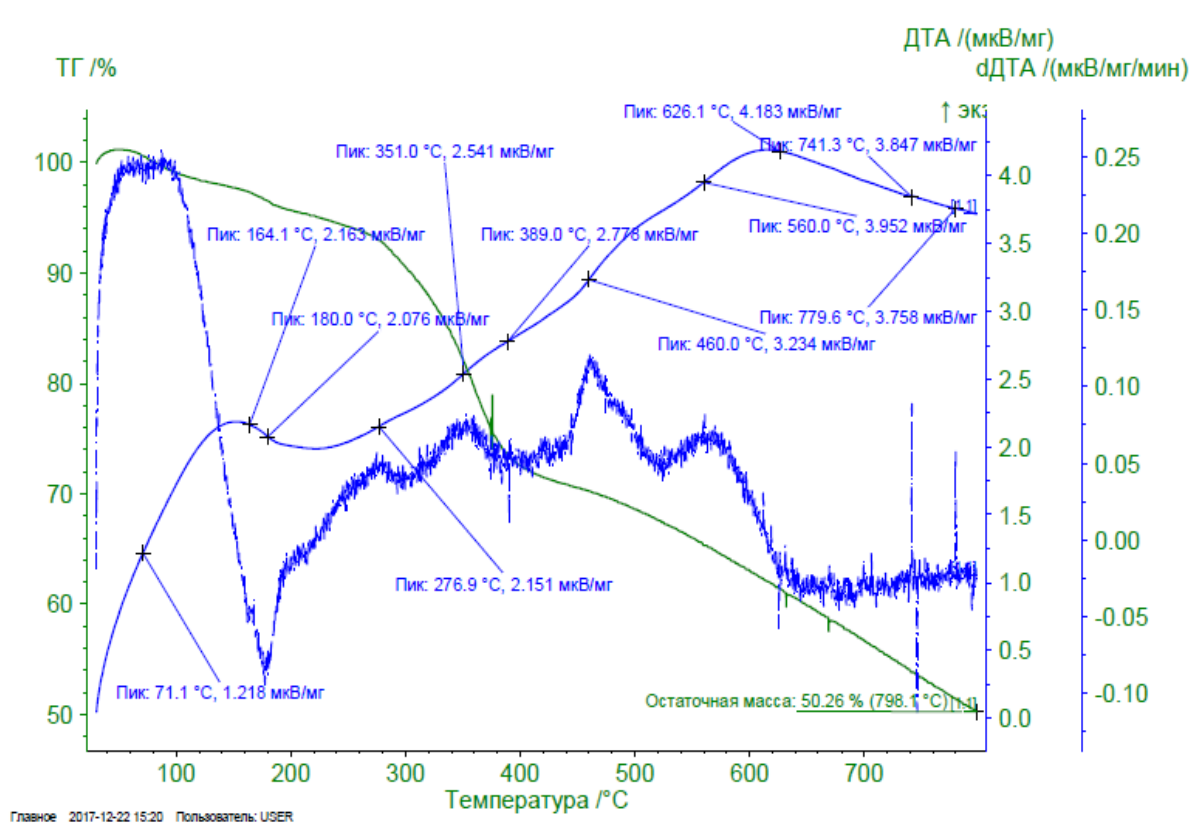
Sorbentin temperatura qarşı davamlılığı termoqrammetrik metodla aparılmışdır. Sorbentin onun Pd(II) ionu ilə əmələ gətirdiyi polixelatın temperatura qarşı davamlılığının müqayisəsi göstərir ki, polixelatlar sorbentə nisbətən temperatura qarşı daha davamlıdır. Sorbentin termoqrammasından (şək. 3) məlum olur ki, 150°C-də endotermik effektlə müşahidə olunan suyun və digər qarışıqların ayrılması baş verir (kütlə azalması-17,04%), 70-209°C temperatur intervalında zəif endotermik effektlə müşahidə olunan makromolekulun destruksiya və destruksiya olunmuş fraqmentlərin oksidləşməsi (və ya yanması) hesabına kütlə azalır (kütlə azalması-42,67%), 391-724°C temperatur intervalında güclü ekzotermik effektlə müşahidə olunan polimerin tam yanması baş verir (kütlə azalması-35%). Sorbent-Pd(II) polixelatının termoqrammasından (şək. 4) məlum olur ki, 100 °C-də endotermik effektlə müşahidə olunan suyun və digər qarışıqların ayrılması baş verir (kütlə azalması-8,8%), 164-351°C-də zəif endotermik effektlə müşahidə olunan makromolekulun destruksiya və destruksiya olunmuş fraqmentlərin oksidləşməsi (və ya yanması) hesabına kütlə azalması zəif sürətlə baş verir və sorbentin özü ilə müqayisədə kütlə azalması 35,34% azdır (kütlə azalması-16,8%). Bu sorbent fazada davamlı xelat tsikllərinin əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır. 350-700°C temperatur intervalında güclü ekzotermik effektlə müşahidə olunan yanma baş verir (kütlə azalması-62,4%). Prosesin sonunda götürülmüş kütlənin 50,26%-i qalıq (PdO) şəklində qalır.

pH-in sorbsiya prosesinə təsiri. Xelatəmələgətirici sorbentlərin turşu-əsas xassələri onların vacib xarakteristikalarından biridir və əhəmiyyətli dərəcədə sorbentlərin selektivliyini müəyyən edir. Xelat sorbentlər çox vaxt mürəkkəb kimyəvi quruluşa malik olurlar, yəni polimer sorbentin tərkibində xelatəmələgətirici qruplardan başqa digər kimyəvi aktiv qruplar ola bilər və xelatəmələgətirici sorbentin sorbsiya xassələrinə onun tərkibində olan bütün ionogen qrupların vəziyyəti təsir göstərir. Alınmış sorbentin ($\text{pH}_{\text{opt}}=6$) dalğa uzunluğunda müşahidə edilir.

Norsulfazol fraqmentli xelatəmələgətirici sorbent ilə Pd(II) ionunun sorbsiya prosesinə mühitin pH-nın təsiri öyrənilmişdir



Şəkil 3. Norsulfazol fraqmentli sorbentin termoqramması



Şəkil 4. Norsulfazol fraqmentli sorbentlə Pd(II) ionunun termoqramması.

Təcrübə göstərir ki, tədqiq olunan heterogen sistemdə turş mühitdən zəif turş və neytral mühitə doğru Pd(II) ionlarının paylanma əmsalının qiyməti artır. Maye fazanın pH-nın aşağı qiymətlərində (pH 0-3) paylanma əmsalının qiymətinin kiçik olması makromolekullarda olan funksional qrupların protonlaşmış formada olması və polimer sorbentin şişmə dərəcəsinin kiçik olması ilə əlaqədardır. Sulu məhlulda pH-4 intervalında göstərilən metal ionları ilə yanaşı, hidrosokomplekslər şəklində də mövcud olur. Tədqiq edilən metal ionlarının optimal sorbsiya pH-ın 4-6 intervalında olması sorbsiyanın əsasən ionlaşmış forma (HR^- , R^{2-}) ilə getdiyini göstərir. Alınmış sorbentin optimal pH-ı pH-6 intervalında müşahidə olunur.

Sorbsiya prosesinin zamandan asılılığı. Statik şəraitdə optimal pH mühitində (pH-6) ion qüvvəsinin sabit qiymətində sorbsiya təcrübəsi qoyulmuş və müxtəlif zaman fasilələrində maye fazadan alikvot hissə götürülərək məhlulda metal ionunun qatılığı təyin edilmişdir. Təcrübə göstərir ki, malein-anhidridi stirol sopolomeri əsasında alınmış norsulfazol fraqmentli xelatəməmləgətirici sorbenti ilə sorbsiya tarazlığı 1,5 saat ərzində yaranır.

Qatılığın təsiri: Pd(II) ionunun sorbent ilə udulmasının maksimum qatılığı 80 mq/ml-dir. ($ST_{max}=451,160\text{mq/q}$).

Cədvəl 2.

Pd(II) ionunun sorbentlə əmələ gətirdiyi sorbsiya prosesinin metalın qatılığından asılılığı

C(Pd ²⁺) mq/ml	2	4	8	10	20	40	60	80
A	-	-	53,200	49,653	134,418	281,960	382,330	451,160

İon qüvvəsinin təsiri: Sorbsiya prosesinin məhlulun ion qüvvəsindən asılılığı tədqiq edilmişdir. Məlumdur ki, ion qüvvəsinin aşağı qiymətində polimer matrisada olan funksional aktiv qrupların bir-biri ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində titrləmə əyrisində sıçrayış sahəsi qeyri-dəqiq olur və ya ümumiyyətlə olmur. Buna görə də sorbentin potensiometrlik titrləməsi indifferant elektrolit - KCl fonunda ion qüvvəsinin sabit $\mu=1$ mol/l qiymətində aparılmışdır. Maye fazanın ion qüvvəsinin 0,8 mol/l qiymətinə qədər artması sorbsiya dərəcəsinə ciddi təsir etmir. İon qüvvəsinin sonrakı artımı Pd(II) ionun sorbsiya dərəcəsinin azalmasına səbəb olur.

Desorbsiyanın təsiri: Tutumu və forması eyni olan qablara tərkibində eyni miqdarda metal ionu olan bərabər kütləli sorbent nümunələri əlavə edilir. Maye fazanın həcmi və turşuların qatılıqlarını dəyişməklə desorbsiya təcrübələri qoyulmuşdur. Uduşmuş Pd(II) ionunun polimer sorbentdən desorbsiyasına müxtəlif mineral turşuların ($HClO_4$, HNO_3 , H_3PO_4 , HCl) və onların qatılığının təsiri öyrənilmişdir. Təcrübə göstərir ki, $HClO_4$ turşusu daha yaxşı desorbsiya etmək qabiliyyətinə malikdir. Desorbsiya prosesində perxlorat turşusunun optimal qatılığını müəyyən etmək üçün turşunun müxtəlif qatılığında desorbsiya təcrübələri qoyulmuşdur. Desorbsiyadan sonra adsorbent öz sorbsiya xassəsini itirmir. Alınmış sorbentdən təkrar qatılaşdırmada istifadə etmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Аналитическая химия металлов платиновой группы. / Сост. и ред. Ю.А. Золотев, Г.М. Варшал, В.М. Иванов. М.: Едиториал'УРСС, 2003, 592 с.
2. Симанова С.А., Бурмистрова Н.М., Афонин В.М. Экстракционное концентрирование и спектрофотометрическое определение палладия с 4-(2-пиридилазо)-резорцином с водорастворимыми экстрагентами // Рос.хим.ж. (Ж.Рос.хим.об-ва им. Д.И.Менделеева). т. L, № 4. 2006. с.19-25
3. Мясоедова Г.В., Саввин С.Б. Хелатообразующие сорбенты. М.: Наука, 1984, 173 с.
4. Цизин Г.И., Золотов Ю.А. Проточные сорбционно-спектроскопические методы анализа // Журн. аналит. химии. т.57. № 7. 2002, с. 678.

5. Салдадзе К.М., Копылова-Валова В.Д. Комплексообразующие иониты. М.: Химия, 1980, 336 с.
6. Захарченко Е.А. Дис.канд.хим.наук: Динамическое концентрирование палладия и платины волокнистыми "наполненными" сорбентами: Дис. канд. хим. наук : 02.00.02. М., 2005, 113 с. РГБ ОД, 61:06-2/318
7. Саввин С.Б., Дедкова В.П., Швоева О.П. Сорбционно-спектроскопические и тест-методы определения ионов металлов на твердой фазе ионообменных материалов. // Успехи химии, т.69, 2000, с.203.
8. Алиева Р.А., Абилова У.М., Чырагов Ф.М. // Тез. докл. V региональной конференции молодых ученых «Теоретическая и экспериментальная химия жидкофазных систем» (Крестовские чтения). Иваново, 2010, с.46.
9. Алиева Р.А., Гамидов С.З., Чырагов Ф.М., Азизов А.А. Предварительное концентрирование кадмия и цинка на хелатообразующем сорбенте перед определением пламенным атомно-абсорбционным методом. // Журн. аналит. химии. т.60. № 12. 2005, с.1251-1254
10. Корреляции и прогнозирование аналитических свойств органических реагентов и хелатных сорбентов. Отв. ред. Я.Я. Басаргин, Э.И. Исаев, М.: Наука, 1986, 199 с.
11. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М.: Мир, 1965, 214 с.
12. Алиева Р.А., Абилова У.М., Чырагов Ф.М. Спектрофотометрическое определение палладия в висмута-полиметаллической руде // Аналитика и контроль. т.15, № 4. 2011. с. 457-462

РЕЗЮМЕ

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНОВ ПАЛЛАДИЯ (II) С ПОМОЩЬЮ ПОЛИМЕРНОГО СОРБЕНТА, СОДЕРЖАЩЕГО ФРАГМЕНТЫ НОРСУЛЬФАЗОЛА

Гашимова Э.Н., Абилова У.М., Чырагов Ф.М.

Ключевые слова: сорбция, норсульфазол, сгущение, малеинового ангидрида, сополимер, синтетический полимер

На основе сополимера стирола малеинового ангидрида в присутствии формальдегида и норсульфазола был синтезирован новый полимерный сорбент. Полученный сорбент был идентифицирован методом ИК-спектроскопии.

SUMMARY

STUDYING PALLADIUM (II) ION BY CONCENTRATION WITH NORSULFAZOLE FRAGMENTED POLYMER SORBENT.

Hashimova E.N., Abilova U.M., Chiragov F.M.

Key words: sorption, norsulfazole, thickening, maleic anhydride, copolymer, synthetic polymer

Based on a copolymer of styrene maleic anhydride in the presence of formaldehyde and norsulfazole a new polymeric sorbent was synthesized. The obtained sorbent was identified by the method of IR-spectroscopy.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	04.12.2019
	Son variant	24.06.2019

UOT 547.592.12'313.2:542.941.7+542.941.8

ETİLBENZOLDA 4-VİNİLSİKLOHEKSANIN VƏ PLATİN-QALIUMFOSFOR SAXLAYAN PENTASİLDƏ STİROLUN OKSIDLƏŞDİRİCİ DEHİDROGENLƏŞMƏ PROSESİNİN OPTİMAL ŞƏRAİTDƏ APARILMASI

RƏHİMOVA NURLANƏ MƏRİF qızı*AMEA Y.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, dissertant*
nurlana-r@rambler.ru*Açar sözlər: oksidləşdirici dehidrogenləşmə, etilbenzol, stirol, pentaasil, dayanıqlılıq.*

Giriş. Məlumdur ki, sənayedə stirolun əsas alınma üsulu müxtəlif seolit və oksidləşdirici katalizatorların iştirakı ilə etilbenzolun [1] dehidrogenləşməsi və metilfenil-karbinolun [2] dehidratlaşmasıdır.

Stirolun alınması üçün xammal bazasını alternativ artırma yollarından biri butadienin 4 vinilsikloheksenə (4-VTH) dimerləşməsi və sonuncunun modifikasiya olunmuş seolitlərin iştirakı ilə dehidratlaşması sayılır[3].

Məqalədə Pt, Ga/HNa YMS katalitik sisteminin iştirakı ilə, NTE oksidləri ilə modifikasiya olunmuş 4-VTH dehidratlaşma reaksiyalarının kinetik qanunauyğunluq tədqiqatlarının nəticələri, həmçinin prosesin adiabatik reaktorda modelləşdirilməsi və lahiyələndirilməsi verilmişdir.

Təcrübi hissə. Tədqiqat üçün verilmiş üsula əsasən Pt-Ga-M-O/HNa YMS (M-qələvi və ya nadir torpaq elementi) katalitik sistemlərdən istifadə olunmuşdur. Modifikasiyadan sonra istifadə olunan NTE birləşmələrinin təmizliyini və HNaYMS (ZSM-5 strukturlu) kristallik quruluşunun qorunub saxlanması rentgen-faza analizi üsulu vasitəsilə təyin edilmişdir.

İlkin 4-VTH üsuluna əsaslanaraq sintez olunmuş [5] və onun fiziki-kimyəvi sabitləri ədəbiyyat mənbəyinə uyğundur [6].

Reaksiyanın kinetik qanunauyğunluq tədqiqatı 0.7-0.8 q-sm³ tökmə çəkili, qranulunun ölçüsü 0.5-1.5 mm olan 3-5 ml katalizatorun iştirakı ilə qeyri-qradient reaktorlu laborator təcrübə qurğusunda aparılmışdır.

Katalizatorun müxtəlif nümunələrinin aktivliyi axın reaktorlu standart kimi qəbul olunmuş şərtlərdə (T=470°C, v=0.5 saat⁻¹) laborator təcrübə qurğusunda 4-VTH oksidləşdirici dehidrogenləşmə reaksiyası ilə təyin olunmuşdur. Təcrübə qoyulmamışdan əvvəl katalizator nümunələri 500°C-də 2 saat ərzində hava axınında aktivləşdirilmişdir.

Reaksiyanın getməsi qaz-maye xromatoqrafiyası üsulu vasitəsi ilə yoxlanılmışdır. Maye məhsullar alov-ionlaşma detektorlu, SE-30 (T_{kol}-140°C, T_{buxar}-180°C) markalı 10 kütlə % Silikon elastomerli 2400×6 mm kalonkalı və 5kütlə% bis-(2-sianoetil)sulfid tərkibli N-AW-HMDS xromotonomlu (T_{kol}-80°C, T_{ərimə}-170°C), daşıyıcı qaz - azot olan "Xrom-3" xromatoqrafında analiz olunmuşdur. Müxtəlif komponentlərin tərkibi kalibrəmə əyrisi üsulu ilə müəyyən olunmuşdur[7].

Tədqiqatlar prosesin iki paralel marşrutlarla getdiyini göstərir: oksidləşdirici dehidroizomerləşmə və ilkin karbohidrogenin dehidrogenləşməsi ilə.

Buradakı elmi maraq əlavə məhsulların nəzərəcarpacaq dərəcədə az alınacaq, etilbenzol (EB) və stirolun çıxımını daha çox edə biləcək optimal layihələndirmə və idarəetmə sisteminin yaradılmasındadır.

Prosesin statikası: Kütlənin və enerjinin saxlanması qanununun əsasında qurulmuş, oksidləşdirici katalizatorun kütləyə və istiliyə görə sıxışdırmasını ideal qəbul etsək, istilik həcmi və stexiometrik bazis marşrutlarını nəzərə almaqla, əsas komponentlər üçün adiabatik reaktorda 4-VTH-ın oksidləşdirici dehidratlaşma prosesinin statikasının riyazi modeli aşağıdakı şəkildə verilmişdir.

$$c_k g_k \frac{dT_k}{d\tau} = \sum_{j=1}^6 h_j r_j - \alpha F_{ef} (T_g - T_k) \quad (1)$$

$$c_{cm} g_{cm} \frac{dT_g}{d\tau} = \alpha F_{ef} (T_g - T_k) \quad (2)$$

$$\tau=0; C_1(0) = C_{10}, C_2(0) = C_{20} = 0, C_3(0) = C_{30}, C_4(0) = C_{40} = 0, T(0) = T_0, T_k(0) = T_{k0},$$

burada C_1 –4–VTH-ın (vinilsikloheksenin), C_2 –3–EDSH– etilendisikloheksenin, C_3 – EB – etilbenzolun, C_4 – ST –stiroulun, C_5 – oksigenin qatılığıdır.

Katalizatorun ehtimal olunan sıxlığı $\rho = 16430 \text{ kg/m}^3$, qaz qarışığının dinamik özlülüyü $\mu_{sm} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(m.s)}$, bir dənəciyin diametri $d_z = 1,8 \cdot 10^{-3}$, sıxlığı $\rho_{sm} = 0,84 \text{ kg/m}^3$ və qaz qarışığının xətti sürəti $u_{sm} = 0,2 \text{ m/s}$, katalizatorun effektiv istilikvermə səthi $F_{ef} = 965 \text{ m}^2$ qiymətinə bərabərdir.

Katalizatorun bir dənəciyindən qaz qarışığı axınına doğru istilikvermə əmsalının ədədi qiyməti Frosling formuluna görə müəyyənləşdirilmişdir.

$$\frac{\alpha_z d_z}{\lambda} = 2 + 0,6 \left[\frac{c_{sm} \mu_{sm}}{\lambda} \right]^{1/3} \left[\frac{d_z u_{sm} F_{ef}}{\mu_{sm}} \right]^{1/2} = 3,16 \quad (3)$$

harada ki, $\alpha_z = 0,5067 \text{ kC/(m.s.K)}$, axının kütlə sürəti isə $G = 717 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$

Prosesin dinamikası: prosesin dinamikasının riyazi modeli prosesin statikasının riyazi modeli əsasında qurulmuşdur. Bu zaman prosesin sabit sürətdə kütlə və istiliyə görə ideal sıxışdırma rejimində adiabatik reaktorda aparılması nəzərdə tutulur. Axınların yerdəyişməsi, kütlə ötürülməsi, katalizatorun layları üzrə qarışığın sıxlığının dəyişməsi və təzyiqin düşməsi nəzərə alınmır. İstiliyin katalizatordan qaz axınına doğru ötürülməsi istilikvermə əmsalı ilə effektiv istilikalma səthinin hasilı kimi verilmişdir.

Əsas komponentlərdən görünür ki,

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_1}{\partial t} + \varepsilon \frac{\partial C_1}{\partial \tau} &= -r_1 - r_2 - r_5 & \frac{\partial C_4}{\partial t} + \varepsilon \frac{\partial C_4}{\partial \tau} &= r_3 + r_5 \\ \frac{\partial C_2}{\partial t} + \varepsilon \frac{\partial C_2}{\partial \tau} &= -r_2 - r_6 & (1-\varepsilon)c_{sm}\rho_{sm} \frac{dT_k}{d\tau} &= \sum_{i=1}^6 h_j r - \alpha \cdot F_{ef} (T_k - T_g) \\ \frac{\partial C_3}{\partial t} + \varepsilon \frac{\partial C_3}{\partial \tau} &= r_2 - r_3 + r_4 & \varepsilon \cdot \frac{\partial T}{\partial t} + \varepsilon \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} &= \alpha F_{ef} (T_k - T_g) \end{aligned}$$

harada $\varepsilon = 0,4$ – katalizatorun məsaməlik qatındadır.

Laplas çevrilməsinin köməyi ilə optimal temperatur profilinin həssaslığının kinetik parametrlərin dəyişməsinə aid tədqiqat məsələsi qoyulmuşdur, hansı ki, avtomatik idarəetmə sistemləri keçid və impulsu-keçid funksiyalarının alınmasına imkan verir.

Dinamik modeldən sonra p-Laplasa çevirmək əsas komponentlər üçün nisbətən astronomik t-zaman forması var.

$$\begin{aligned} \varepsilon \frac{d\bar{C}_1}{d\tau} &= -\bar{r}_1 - \bar{r}_4 - \bar{r}_5 - p(\bar{C}_1 - C_1) \\ \varepsilon \frac{d\bar{C}_2}{d\tau} &= \bar{r}_2 - \bar{r}_6 - p(\bar{C}_2 - C_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon \frac{d\bar{C}_3}{d\tau} &= \bar{r}_2 - \bar{r}_3 + \bar{r}_4 - p(\bar{C}_3 - C_3) \\ \varepsilon \frac{d\bar{C}_4}{d\tau} &= \bar{r}_2 + \bar{r}_5 - p(\bar{C}_4 - C_4) \\ \varepsilon \cdot c_{sm} \rho_{sm} \frac{dT_g}{d\tau} &= \alpha F_{ef} (T_k - \bar{T}_g) - \varepsilon \cdot c_g \cdot p(\bar{T}_g - T_k) \\ (1 - \varepsilon) c_{sm} \rho_{sm} \frac{dT_k}{d\tau} &= \sum_{j=1}^6 h_j \bar{r}_j - \alpha \cdot F_{ef} \cdot (T_k - \bar{T}_g)\end{aligned}$$

harada ki, xüsusi istilik və qaz qarışığının sıxlığı c_{sm} və ρ_{sm}

Aşağıdakı ilkin və sərhəd şərtlərinə görə

$$p = 0 \div 0.5 \quad \tau = 0 \quad \bar{C}_i(p, 0) = \bar{C}_{i0}(p), \quad \bar{T}(p, 0) = \bar{T}_0(p), \quad T_k(0) = T_{k0}.$$

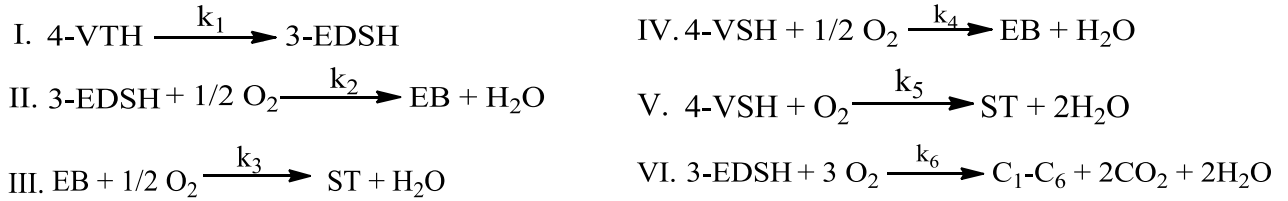
$$\bar{C}_i(0, 0) = C_{i0}, \quad \text{harada } i=1, 6; \quad \bar{T}_g(0, 0) = \bar{T}_{g0}, \quad T_k(0) = T_{k0}.$$

harada r_j -dinamik sürətin $j=1, 6$ marşrutları ilə qaz axını dərəcəsi

$$\begin{aligned}\bar{r}_1 &= k_{10} \exp(-E_1 / RT_g) \bar{C}_1, & \bar{r}_2 &= k_{20} \exp(-E_2 / RT_g) \bar{C}_2, \\ \bar{r}_3 &= k_{30} \exp(-E_3 / RT_g) \bar{C}_3 [\bar{C}_5], & \bar{r}_4 &= k_{40} \exp(-E_4 / RT_g) \bar{C}_1 \bar{C}_5^{0.5}, \\ \bar{r}_5 &= k_{50} \exp(-E_5 / RT_g) \bar{C}_1 \bar{C}_5 & \bar{r}_6 &= k_{60} \exp(-E_6 / RT_g) \bar{C}_2 \bar{C}_5^{0.5}.\end{aligned}$$

Əsas kinetik parametrlər karbohidrogenin müxtəlif temperatur və həcm sürətlərində 4-VTH və O_2 parsial təzyiqlərinin dəyişdirilməsi ilə əldə olunmuşdur, təcrübələr xarici və daxili diffuziya halları istisna olmaqla aparılmışdır.

Qibs və Xariuti[8] qaydalarını nəzərə almaqla, kinetik verilənlərə əsaslanaraq bir-birindən asılı olmayan aşağıdakı marşrutlar cəmi verilmişdir.



Yuxarıda göstərilmiş müstəqil reaksiya yollarının seçimi 4-VTH-nin mərhələli oksidləşdirici dehidratlaşma sxemi ilə uyğunlaşır. Reaksiya sahəsində iştirak edən karbohidrogenlərin bu paralel-ardıcıl çevrilmə yolları katalizatorun müxtəlif aktiv mərkəzlərində də gedə bilər. Yuxarıda göstərilən sxemin digər məlum sxemlərdən fərqi onda 4-VTH-nin oksidləşməsinə və onun CO_2 və H_2O [9] -ya çevrilmə məhsullarını xarakterizə edən yolun olmamasıdır.

Limitləşdirici mərhələlər kimi ilkin karbohidratın bir-birilə qarşılıqlı əlaqəsini, habelə, ikiqat rabitələrin katalizatorun səthinin oksigeni ilə miqrasiyası zamanı alınan məhsulları götürsək, eksperimental verilənlər aşağıdakı Cədvəl 1-də kinetik tənliklər üzrə hesablanmışdır.

Cədvəl 1.

Kinetik tənliklər və sürət sabitlərinin hesablanmış qiymətləri.

Marşrutlar üçün kinetik tənliklər	k_0	E, C/mol	k_i
$r_1 = k_1 P_{4\text{-VTH}}$	$1.65 \cdot 10^3$	28629	$l.l_{km}^{-1} \cdot s^{-1} \cdot lPa^{-1}$
$r_2 = k_2 P_{3\text{-EDTH}} P_{O_2}^{0.5} / 1 + k_\alpha P_{O_2}^{0.5} + k_\beta P_{O_2} + k_\nu P_{H_2O}$	$2.31 \cdot 10^5$	58281	$l.l_{km}^{-1} \cdot s^{-1} \cdot lPa^{-1,5}$
$r_3 = k_3 P_{EB} P_{O_2}^{0.5} / 1 + k_\alpha P_{O_2}^{0.5} + k_\beta P_{O_2} + k_\nu P_{H_2O}$	$1.19 \cdot 10^4$	50561	$l.l_{km}^{-1} \cdot s^{-1} \cdot lPa^{-1,5}$
$r_4 = k_4 P_{4\text{-VTH}} P_{O_2}^{0.5} / 1 + k_\alpha P_{O_2}^{0.5} + k_\beta P_{O_2} + k_\nu P_{H_2O}$	$2.11 \cdot 10^5$	76937	$l.l_{km}^{-1} \cdot s^{-1} \cdot lPa^{-1,5}$

$r_5 = k_5 P_{4-VTH} P_{O_2}^{0.5} / 1 + k_\alpha P_{O_2}^{0.5} + k_\beta P_{O_2} + k_\nu P_{H_2O}$	$5.36 \cdot 10^4$	41450	$l \cdot l_{km}^{-1} \cdot s^{-1} \cdot lPa^{-1.5}$
$r_6 = k_6 P_{3-EDTH} P_{O_2}^{0.5} / 1 + k_\alpha P_{O_2}^{0.5} + k_\beta P_{O_2} + k_\nu P_{H_2O}$	$2.85 \cdot 10^3$	22670	$l \cdot l_{km}^{-1} \cdot s^{-1} \cdot lPa^{-1.5}$

Prosesin riyazi modeli: prosesin riyazi təsviri aşağıdakı fərziyyələrə əsaslanaraq tərtib olunmuşdur;

1. Sistemdə laylar üzrə qarışdırılma yoxdur;
2. Reaktorun en kəsiyində qaz və bərk fazalar eyni temperatura malikdir;
3. İstilik, qaz axını istiqamətində konveksiya vasitəsilə verilir. Laylar üzrə istilik keçiriciliyini nəzərə almamaq olar.

Bunun üçün katalizatorun adiobatik qatında gedən kimyəvi reaksiyada bir neçə fiziki yerdəyişmə proseslərinin qiymətləndirilməsi aparılmışdır. Katalizatorun qatının hündürlüyünün $h=10\text{sm}$, xətti sürətin $n=20\text{sm san}^{-1}$, effektiv diffuziya əmsalının $D_{ef}=0.00359\text{sm san}^{-1}$ $P_e = \frac{h \cdot n}{D_{ef}} = \frac{10 \cdot 20}{0.00359} \geq 1000$ olur ki, bu da ideal sıxışdırılma rejiminə uyğundur[10].

Kinetik tənliklər, maddi və istilik balansları əsasında prosesin riyazi modeli aşağıdakı kimidir:

$$w_1 = -(r_1 + r_2)$$

$$w_5 = -(r_5 + r_6)$$

$$w_2 = r_1 - r_6$$

$$u \frac{dP}{dl} = \sum_{i=1}^6 r_i$$

$$w_3 = r_2 - r_3 + r_4 + r_5$$

$$c_p \frac{dT}{d\tau} = \sum_{i=1}^6 H_i r_i$$

$$w_4 = -(r_4 + r_5)$$

T-reaksiya qarışığının temperaturu, K

r_i -marşrutlar üzrə i-ci reaksiyanın sürəti (1)

c_p -reagentlərin orta istilik tutumu, $139,04 \text{ kCmol}^{-1}$

H_i -i-ci reaksiyanın istilik effekti

P_i -reaksiya komponentlərinin parsial təzyiqi

ω_{in} - reaksiya məhsullarının əmələ gəlmə və çevrilmə sürətləri

Anderson, Bayer və Vatson üsullarına əsasən hesablanmış reaksiyanın istilik effektlərinin qiymətləri aşağıdakı kimidir:[11]

$$1. \Delta H_1 = 6414.072 \text{ kCmol}^{-1}$$

$$4. \Delta H_4 = 9549.93 \text{ kCmol}^{-1}$$

$$2. \Delta H_2 = 8286.37 \text{ kCmol}^{-1}$$

$$5. \Delta H_5 = 4479.97 \text{ kCmol}^{-1}$$

$$3. \Delta H_3 = 4479.97 \text{ kCmol}^{-1}$$

$$6. \Delta H_6 = 3357.23 \text{ kCmol}^{-1}$$

$$\tau=0; \quad C_1(0) = C_{10} = 12.6 \text{ kPa}, \quad C_2(0) = C_{20} = 0, \quad C_3(0) = C_{30}, \quad C_4(0) = C_{40} = 0.$$

$$C_5(0) = C_{50} = 5.1 \text{ kPa}, \quad C_6(0) = C_{60} = 0 \quad T(0) = T_0 = 723 \text{ K}, \quad T_k(0) = T_{k0} = 753 \text{ K}. \quad \rho_{sm} = 0,78 \text{ kg/m}^3.$$

Alınmış riyazi model kompüterdə prosesin temperatur və parsial təzyiq sahələrinin müəyyənləşdirilməsi və reaktorun optimal proektləşdirilməsi məqsədilə öyrənilmişdir.

Cədvəl 2 də müxtəlif temperaturlar, 4-VSH/O₂ molyar nisbətləri və xammalın verilmə sürətlərində ilkin birləşmələrin çevrilmə və reaksiyanın alınma məhsullarının sürətlərinin ortalamə qiymətləri verilmişdir.

Prosesin tam hazırlanmış riyazi modeli eksperimental verilənlərin və rejim parametrlərinin geniş variasiyalar intervalında reaksiya sistemində gedən kimyəvi çevirmələrin cəmini kifayət qədər təsvir edir və optimallaşdırma [12,13] məsələlərinin həlli üçün istifadə oluna bilər.

Tədqiq olunan prosesin temperatur və parsial təzyiq sahələrinin öyrənilməsi məqsədilə alınmış riyazi model kompüter vasitəsilə tədqiq olunmuşdur. Bu məqsədlə özündə müasir hesablama üsullarını tətbiq edən Matlab-7 programından istifadə olunmuşdur[14].

Prosesin nəzəri optimallaşdırılması: nəzəri optimallaşdırma prosesinin hesablanması iki mərhələdə aparılmışdır.

Birinci mərhələdə, Lyapunova görə, dayanıqlığı bilmək üçün qeyri-stasionar kinetik model qurulmuşdur. İkinci mərhələdə prosesin potensial imkanlarını qiymətləndirməyi və reaktorun növünü seçməyə imkan verən nəzəri optimallaşdırma həyata keçirilmişdir. Nəzəri optimallaşdırmanın hesabı, əsasən, katalizatorun vahid həcmində yüksək seçiciliklə əsas məhsul etilbenzolun maksimal çıxımını təmin edən reaksiyanın optimal temperatur profilinin $W(t)=f(P)$ müəyyən olunmasına gətirilirdi, yəni $[15]J = \max [r_2 - r_3 + r_4 + r_5]$ aşağıdakı məhdudiyyətlər ilə $T_* \leq W(t) \leq T^*$ nəzərdən keçirilir.

Cədvəl 2.

Hava oksigeninin iştirakı ilə və 4-VSH-nin dehidratlaşmasında katalizatorun reagentlərin giriş parametrlərindən asılı olaraq parsial tərkibinin dəyişməsi.

P ₀ , kPa					P ₁ , kPa			
4-VTH	O ₂	4-VTH	etiled	C ₁ -C ₆	Etil-benzol	CT	O ₂	CO ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temperatur 370 ⁰ C								
12.6	5.1	6.45	2.4341	1.2631	2.6775	0.7302	4.1	0.426
13.5	4.0	6.8125	2.4939	1.1764	2.4756	0.6873	3.0	0.371
14.4	2.9	7.732	2.8661	1.1895	2.3581	0.4807	1.9	0.389
15.5	1.55	8.6108	3.0878	0.8107	2.2246	0.4842	1.0	0.276
Temperatur 400 ⁰ C								
12.6	5.1	4.7504	2.2924	1.7953	2.8230	1.1110	4.1	0.649
13.5	4.0	5.303	2.4848	1.9172	2.7878	1.0606	3.0	0.694
14.4	2.9	6.211	2.7445	1.8313	2.826	1.0503	1.9	0.488
15.5	1.55	7.496	3.0124	2.0566	2.424	0.8245	1.0	0.420
Temperatur 450 ⁰ C								
12.6	5.1	2.5566	2.4829	1.7573	4.4500	1.5816	4.1	0.5896
13.5	4.0	2.8312	2.7281	1.9036	4.6680	1.6065	3.0	0.5638
14.4	2.9	3.3955	3.3955	2.02047	4.4623	1.600	1.9	0.4612
15.5	1.55	4.1037	3.887	2.2768	4.1807	1.3549	1.0	0.5593
Temperatur 470 ⁰ C								
12.6	5.1	1.2709	2.2033	1.6992	5.1032	2.5357	4.1	0.6796
13.5	4.0	1.977	2.4668	1.7567	5.1045	2.4739	3.0	0.6604
14.4	2.9	3.4609	2.6408	1.6949	4.6168	2.2025	1.9	0.6721
15.5	1.55	4.6234	3.2224	1.6672	4.3642	1.9404	1.0	0.4203
Temperatur 485 ⁰ C								
12.6	5.1	0.8812	0.6286	1.6764	6.2978	3.3981	4.1	0.6173
13.5	4.0	1.1570	1.1703	1.5206	6.6475	3.1709	3.0	0.7495
14.4	2.9	2.2361	2.1933	1.7919	5.7623	2.7419	1.9	0.5667
15.5	1.55	3.7607	2.4306	1.9713	5.4113	2.2495	1.0	0.4527

Verilmiş məsələnin həlli üçün maksimum prinsipindən istifadə etməklə optimal temperatur rejiminin axtarışı üsulu seçilmiş və bu səbəbdən verilmiş şərtlər daxilində

$$\frac{d\psi_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial P_i}$$

Aşağıdakı sistem tənliyinə əsaslanaraq köməkçi funksiyalar qurulmuşdur:

$$\psi_1(t_k) = \psi_4(t_k) = \psi_6(t_k) = 1; \quad \psi_2(t_k) = \psi_3(t_k) = \psi_5(t_k) = \psi_7(t_k) = 0. \quad (4)$$

Beləliklə, $P_i(T)$ ($i=1,2,...,7$) sabit qiymətlərində $T(t) \in (T_*, T^*)$ tənliyinin maksimuma çatması üçün bu şərt

$$H[T(t_{onm}), \vec{P}_{onm}, \vec{\psi}_{onm}] = \max H[T(t_{onm}), \vec{P}_{onm}, \vec{\psi}_{onm}], \quad (5)$$

harada $H = \sum_{i=1}^7 f_i \psi_i = H(P_1; P_2, ..., P_7, T)$ ödənilməlidir.

Katalizatorun layı üzrə temperaturun dəyişməsi daxili istilik mənbəyi olmayan qeyri-standart istilikkeçiriciliyinin tənliyi vasitəsilə təsvir olunur:

$$\frac{\partial T(\tau, h)}{\partial \tau} = \frac{\lambda(T)}{c_p(T)\rho(T)} \cdot \frac{\partial^2 T(\tau, h)}{\partial h^2} \quad (6)$$

$\lambda(T)$ – katalizatorun istilik keçiriciliyi

$c_p(T)$, $\rho(T)$ – uyğun olaraq istilik tutumu və katalizatorun sıxlığı

h , τ – katalizatorun qalınlığı və zaman

Temperatur sahələrinin hesablanması zamanı nəzərə almaq lazımdır ki, katalizatorun temperaturunun dəyişməsi təkcə katalizatorun fiziki xassələrindən (λ, ρ, c) deyil, həm də reaksiyanın ekzotermikliyindən də asılıdır.

Bu halda temperatur sahəsi növbəti tənliyə görə hesablanı bilər:

$$\frac{\partial T(\tau, h)}{\partial \tau} = \frac{\lambda(T)}{c_p(T)\rho(T)} \cdot \frac{\partial^2 T(\tau, h)}{\partial h^2} + \frac{q_{bn}}{c_p(T)\rho(T)} \quad (7)$$

q_{bn} – daxili istilik qaynağının intensivliyi reaksiyanın getmə sürətilə təyin olunur

$$q_{bn} = \Delta H \cdot K(T) \cdot (1 - y(\tau, h))^n \quad (8)$$

ΔH – reaksiyanın istilik effekti, $K(T)$ – reaksiyanın sürət sabiti (Arrenius qanununa tabe olan), n – reaksiya tərtibi [15].

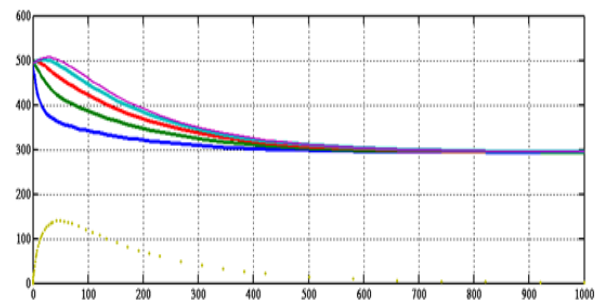
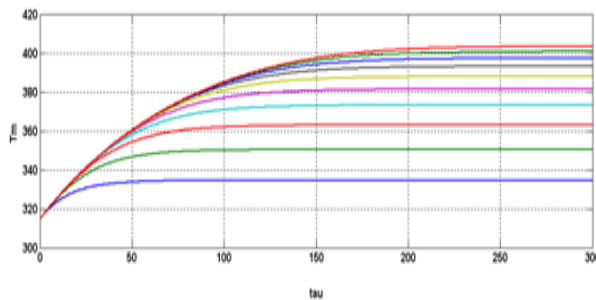
Katalizator dənəciyi üzərində reaksiyanın qeyri-stasionar kinetikasi bu növ

$$\frac{\partial y(\tau, h)}{\partial \tau} = K(T(\tau, h)) \cdot (1 - y(\tau, h))^n \quad (9)$$

diferensial tənliklə təsvir olunur.

Xüsusi törəmələrlə diferensial tənliklərin həlli üçün biz tərəfdən bu bərabərlikləri ilkin verilənli Diferensial tənliklər sisteminə gətirən Koşi üsulundan istifadə olunmuşdur.

Diferensial tənliklərin həlli aşağıdakı qrafiklərdə verilmişdir.



Şəkl.1 Diferensial tənliklərin qrafik həlli

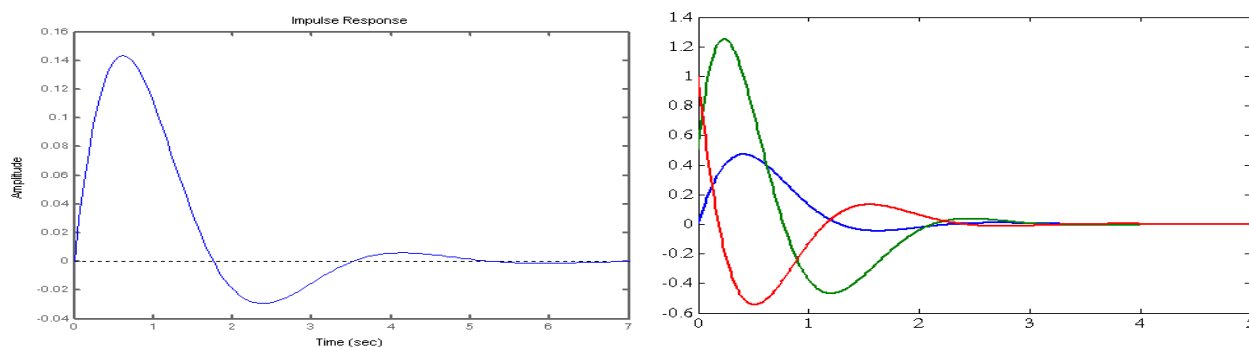
a) *başlanğıc anında reaksiya məhsullarının katalizatorun qatı üzərində paylanması*

b) *katalizatorun qatı üzərindən temperaturun dəyişməsi*

Eyni zamanda Neykvist kriteriyası əsasında reaktorun dayanıqlığı məsələsi həll olunmuşdur. Bu üsul aşağıdakılara imkan yaradır:

- Tədqiqat əsasında şəbəkənin amplitud-faza tezliyi xüsusiyyətlərini təyin etmək;
- Dayanıqlılıq ehtiyatını təmin edən requlyatorun ayarları parametrlərini hesablamaq.

Neykvist kriteriyasına əsaslanaraq reaktorun dayanıqlılığı, girişə pilləli idarəedici təsir edicini çəkməklə müəyyən olunur.



Şəkl. 2. Dayanıqlılıq məsələsinin həlli.

a) ötürülmə funksiyasının amplitud-faza xüsusiyyətləri

b) prosesin dayanıqlılıq məsələsinin həlli (reaktorun girişində həyəcanlanma)

Bütün bunlar göstərir ki, vektor nəzarəti komponentləri traektoriya üzrə stasionar nöqtəyə doğru irəliləyir və rejim parametrlərinin sabilləşməsi sistemi yaranır [16-17].

Nəticələr. Optimallaşdırma məsələsinin həlli göstərir ki, ikiseksiyalı aparatda, təmas müddətinin 0.385-0.9 san ($\tau_1^{min} = 0.45 \text{ san}$, τ_2^{min}) müddətində və katalizatorun vahid həcmində məqsədli məhsul olan etilbenzolun ayrılması maksimal qiymətə malikdir. Təmas müddətinin artırılması ayrılmanın azalmasına gətirib çıxarır ki, bu da katalizatorun qeyri-rasional israfına səbəb olur. Katalizatorun məhsuldarlığını artırmaq üçün birinci seksiyanın sonunda qalan müəyyən miqdar xammal üçün optimal olan yeni hissə oksigen verilməlidir. Seksiyaların sayının artırılması əlavə məhsulların alınmasına və prosesin məhsuldarlığının artmasına səbəb olur.

ƏDƏBİYYAT

1. Ketteler G., Ranke W., Schlogl R. // J.Catal. 2002, v.212, №1. pp.104-111
2. Ламберов А.А., Романова Р.Г., Гибадуллин И.Х., Шмелев И.Г. //ЖПХ, т.73, №11. 2000, с.1850-1855
3. Алимарданов Х.М., Алиева А.А., Абасов С.И., Аббасов М.Ф., Кулиев А.Д. // Нефтехимия, т.52, №2. 2012, с.116-123
4. Maxwell R.C., Downing R.S., Van-Langen S.A.J. // J.Catal. 61. 1980, pp.485.
5. Weast R.C., Astle M.J. Handbook of data on organic compounds. Boca Raton. Florida: CRC press. Inc., 1985. v.1. p.501
6. Царев Н.И., Царев В.И., Катраков И.Б. Практическая газовая хроматография. Барнаул: изд-во Алтайского университета, 2000, с.156.
7. Снаговский Ю.С., Островский Г.М. Моделирование кинетики гетерогенных каталитических процессов. М.: Химия, 1976, с.40
8. Замараев К. И. Химическая кинетика: Курс лекций: в 3 ч. / Под ред. А.Г.Окунева, К.П.Брылякова. ч.1. Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2004, 108с.
9. Мустафина С.А., Валиева Ю.А., Давтшин Р.С., Балаев А.В., Спивак С.И. Оптимальные технологические решения для каталитических процессов и реакторов //Кинетика и катализ, 2005.
10. Коноваленко С.П., Исаев П.П. Оптимальный расчет абсолютной энтропии циклических соединений. //Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2010, № 5, с.56-58.
11. Островский Г.М., Волин Ю.М., Зиятдинов Н.Н. Оптимизация в химической технологии. Казань: Фэн, 2005. 394 с.

12. Ostrovsky G.M., Ziyatdinov N.N., Lapteva T.V. One-stage optimization problem with chance constraints / Chemical Engineering Science. .65. 2010, с.2373-2381
13. Поршнеv С.В. MATLAB 7. Основы работы и программирования. Учебник М.: ООО Бином- Пресс, 2011, 320 с.
14. Милютин А.А., Дмитрук А.В., Осмоловский Н.П. Принцип максимума в оптимальном управлении. Мехмат МГУ, М.: МГУ, 2004, 167 с.
15. Балабанова С.С. Определение энергии активации реакций в растворе. Алт. гос. техн.ун-т, БТИ. Бийск: Алт.гос.техн.ун., 2013, 28 с.
16. Черных И.В. Simulink: Инструмент моделирования динамических систем. 2008, 736 с.
17. Бороденко В.А. Исследование систем управления в среде Matlab. Павлодар: Кереку, 2011, 318 с.

РЕЗЮМЕ

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ДЕГИДРИРОВАНИЯ 4-ВИНИЛЦИКЛОГЕКСАНА В ЭТИЛБЕНЗОЛ И СТИРОЛ НА ПЛАТИННОГАЛЛИЙФОСФОРСОДЕРЖАЩЕМ ПЕНТАСИЛЕ

Рагимова Н.М.

Ключевые слова: окислительное дегидрирование, этилбензол, стирол, пентасил, устойчивость.

Разработана кинетическая модель процесса окислительного дегидрирования 4-винилциклогексана в этилбензол и стирол на платинногаллийфосфорсодержащем пентасиле с учетом правил Гиббса и Хариути. Рассчитаны кинетические константы, проверена адекватность модели, определена лимитирующая стадия процесса. Дано математическое описание и выбран гидродинамический режим.

SUMMARY

OPTIMAL CONTROL OF THE OXIDATIVE DEHYDROGENATION OF 4-VINYLCYCLOHEXANE IN ETHYLBENZENE AND STYRENE IN PLATINUM-GALLIUM PHOSPHORUS-CONTAINING OF PENTASIL

Rahimova N. M.

Key words: oxidative dehydrogenation, ethylbenzene, styrene, pentasil, stability.

Taking into account the rules of Gibbs and Khariuti, kinetic model of oxidative dehydrogenation of ethylbenzene and styrene 4-vinylcyclohexane on platinum-gallium phosphorus pentasil was prepared. Kinetic constants were calculated, the model's adequacy was checked, and the limited stage of the process was determined. Mathematical description is given and hydrodynamic mode is selected. As a result, the mathematical model was used for optimal reactor design.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	23.11.2018
	Son variant	24.06.2019

UOT 661.099.2

SİLİNDRİK TİP DƏNƏVƏRLƏŞDİRİCİLƏRDƏ MİNERAL GÜBRƏ QRANULLARININ FORMALAŞMASININ ƏLAQƏLƏNDİRİCİ MƏHLULUN VERİLMƏ REJİMİNDƏN ASILILIĞI

SƏMƏDLİ VÜQAR MUXTAR oğlu

AMEA-nin M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu, doktorant

samedov-muxtar@mail.ru*Açar sözlər: dənəvərləmə, tozşəkilli materiallar, mineral gübrələr, tamlıq, əmtəə fraksiyası*

Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi prosesi mürəkkəb fiziki-mexaniki proses olub, müxtəlif təsadüfi və fiziki hadisələrlə müşayiət olunur. Bu hadisələrə qranuləmələgəlmə mərkəzlərinin yaranması, qranulların öz aralarında və qranulla aparatın divarı arasında qarşılıqlı təsirlər, mexaniki təsir, sürtünmə nəticəsində qranulların dağılması, xarici qüvvələrin təsiri altında qranulların sıxlaşdırılması və s. aiddir. Beləliklə, çoxlu sayda müxtəlif qüvvələrin təsirinə əsasən qranuləmələgəlmə prosesi təsadüfi və stoxastik xüsusiyyətə malikdir. Bu işə qranulların əmələ gəlməsi zamanı onların müxtəlif ölçülərə malik olması, əlaqələndirici maddənin damcılarının təsadüfi ölçüləri və qranullara təsir edən qüvvələrin xassələri ilə əlaqədardır. Bununla bağlı olaraq, əmələ gələn qranulların aparatda paylanması xüsusiyyəti və təsadüfi xarici qüvvələrin təsirindən sürtünmə və dağılması nəticəsində sıxlaşdırılmasını və yeyilməsini nəzərə alan aparat boyunca dəyişməsi və böyüməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi prosesi kütlə mübadiləsi prosesləri ilə mürəkkəbləşmiş fiziki-kimyəvi hadisələrə aiddir [1, 2].

Silindrik dənəvərləşdiricilərdə qranuləmələgəlmə prosesi tozun ayrı-ayrı hissəciklərinin vahid sistemə (qranula) əlaqələndirici maddə vasitəsilə birləşməsindən ibarətdir və aşağıdakı mərhələlər müəyyən edilir: özəkəmələgəlmə və qranulun bütövlüklə tamamlanmasına qədər hissəciklərin laylanması; diyirlətmə üsulu ilə qranulların sıxlaşdırılması; qranulların bir-biri və aparatın divarı ilə mexaniki sürtünməsi nəticəsində formalaşması; qranulların xırdalanması və s. [3, 4].

Məlumdur ki, molekulyar diffuziyanın sürətinə dənəvərləşdirilən hissəciklərin həcmi və quruluşu mühüm təsir göstərir [5-7]. Lakin burada həmin parametrlərə xüsusi olaraq baxılmır və qranuləmələgəlmə prosesinin inteqral göstəricisi – molekulyar diffuziya əmsalı (D) nəzərə alınır.

Vahid qranulun əmələ gəlməsi zamanı onun saxlama qabiliyyəti bütövlüklə əlaqələndirici maddənin qatılığının radial istiqamətdə paylanması ilə təyin olunur. Əlaqələndirici fazanın radial istiqamətdə ötürülməsi molekulyar diffuziya tənliyi ilə ifadə olunur:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \left(D \frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial C}{\partial r} \right) \quad (1)$$

kənar hədləri xarakterizə edən şərtlər $r = r_r$ olduqda

$$-4\pi r^2 D \frac{\partial C_r}{\partial r} = j_0 \quad (2)$$

alırıq. $t = 0$ olduqda

$$C = C_r^0 \quad (3)$$

olar. Burada C_r və C_r^0 – əlaqələndirici, nəmləndirici və neytrallaşdırıcı məhlulun hazırkı qatılığı və onun ilkin qiyməti; r – qranulun hazırkı radiusu; r_r – retur hissəciklərin ölçüsü; j_0 – diffuziya axını; t – zamandır.

(3) tənliyinə $\vartheta = rC$ daxil etdikdə aşağıdakı tənliyi ala bilərik:

$$D \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial r^2} = \frac{\partial \vartheta}{\partial t} \quad (4)$$

(4) tənliyinə $\eta = \frac{r}{\sqrt{4Dt}}$ daxil etdikdə isə:

$$\frac{d^2 \vartheta}{d\eta^2} + 2\eta \frac{d\vartheta}{d\eta} = 0 \quad (5)$$

olar. (5) tənliyini ikiqat integrallamaqla (4) və (5) tənliyini nəzərə alaraq, aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$\eta = \eta_r = \frac{r_r}{\sqrt{4Dt}}; -2\pi r^2 \frac{D}{\sqrt{Dt}} \cdot \frac{\partial C}{\partial \eta} = j_0$$

$$\eta \rightarrow \infty C = C^0$$

Nəticədə [1] tənliyinin həlli aşağıdakı kimi alınır:

$$\frac{C_{\text{я}}}{C^0} = m^{-1} \{1 - A_1 [\operatorname{erf}(m) - \operatorname{erf}(1,0)]\} \quad (6)$$

burada $m = \frac{\eta}{\eta_r} = \frac{r}{r_r}; A_1 = j_0 / (16\sqrt{\pi Dt / DC_{\text{я}}^0})$

$C_{\text{я}}=0$ və $r = r_k$ olduqda qranuləmələgəlmə prosesi tamamlanırsa və qranulun səthi üzərində əlaqələndirici maddənin qatılığı sıfır bərabər olursa, o zaman aşağıdakı ifadə əmələ gəlir:

$$r_k \approx r_r \left(1 + 16\sqrt{\pi Dt} \frac{DC_{\text{я}}^0}{j_0} \right) \quad (7)$$

(6), (7) tənliklərindən və şəkil 1-dən görünür ki, qranulun tamamlanmasına əlaqələndirici maddənin ilkin qatılığı və retur hissəciklərin ölçüsü mühüm təsir göstərir. $C_{\text{я}}^0$ artdıqca (A_1 azaldıqca) qranulun tamamlanması onun böyük radiuslarında, $C_{\text{я}}^0$ azaldıqca isə onun kiçik radiuslarında müşahidə olunur. Qranulun son ölçüsü return hissəciklərin ölçüsünə və onun qranulda qalma müddətinə düz mütənəsibdir. Şəkil 1-dən göründüyü kimi, su hissəciklərinin ilkin qatılığının kiçik olması qranulların standart ölçülərə (1-4 mm) çatmasına imkan vermir. Lakin suyun qatılığını artırıqda qranulların ölçüləri həddindən artıq böyüyərək yumaqəmələgəlməyə səbəb olur. Böyük marağa səbəb olan – suyun verilməsinin dövrətdirməklə verilmə (rəqsi) rejimidir:

$$C_{\text{я}}(r, t) \Big|_{r=r_r} = A \cos \omega t \quad (8)$$

burada A və ω – rəqslərin amplitudu və tezliyidir.

(1) tənliyini (8) tənliyinin şərti ilə həll edək. Bunun üçün onu (4) tənliyi şəklində, (8) tənliyini isə - aşağıdakı şəkildə yazaq:

$$\vartheta(r, t) = r_r \cdot A \cos \omega t = r_r A e^{i\alpha}, i = \sqrt{-1}$$

(4) tənliyinin həllini aşağıdakı şəkildə aparaq: $\vartheta(r, t) = r_r \cdot A e^{\alpha} + \beta t$. Son ifadəni (4)

tənliyinə daxil etdikdə: $\alpha^2 = \frac{1}{D} \beta, \beta = i\omega$ alınar. Beləliklə, ədəbiyyat [7] dəlillərinə əsasən

$$\alpha = \pm \left[\sqrt{\frac{\omega}{2D}} + i \sqrt{\frac{\omega}{2D}} \right] \text{ alırıq.}$$

Belə olan halda məhdudiyyət şərtlərinə nəzərən aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\vartheta(r, t) = r_r \cdot A e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(r-r_r)} \cos \left[\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(r-r_r) + \omega t \right]$$

İlkin işarələrə keçdikdə alırıq:

$$C_{\pi}(r, t) = \frac{r_r}{r} A e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(r-r_r)} \cdot \cos \left[\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(r-r_r) + \omega t \right]$$

$m = r/r_r$ dəyişənini daxil etdikdə aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$C_{\pi}(m, t) = \frac{A}{m} e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(m-1)r_r} \cdot \cos \left[\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(m-1)r_r + \omega t \right] \quad (9)$$

Rəqslərin amplitudu eksponensial qanuna əsasən azalır (Şək.2).

$$A(m) = \frac{A}{m} \exp \left[-\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(m-1)r_r \right]$$

$T = 0$ olduqda $C_{\pi} = C_{\pi}^0$ və $A = C_{\pi}^0$ -dir. Son ölçüyə catdıqda $r=r_k$ və $t=t_k$ qranulun səthi üzərində suyun miqdarı (qatılığı) sıfıra bərabərdir, yəni $C_{\pi}(r_k, t_k) = 0$ və (9) tənliyindən:

$\cos \left[\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(m-1)r_r - \omega t_k \right] = 0$ alırıq. Ona uyğun gələn şərt aşağıdakı kimi olur:

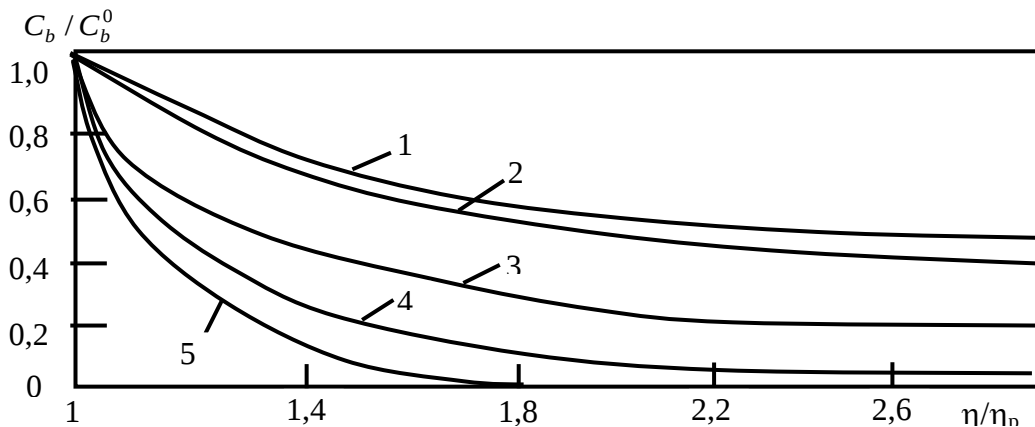
$$\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(m-1)r_r - \omega t_k = \frac{\pi n}{2} \quad (10)$$

burada n – rəqslərin sayıdır.

Sənaye dənəvərləşdiricilərində superfosfatın standart qranullarının ölçüləri 1-4 mm-dir. (10) tənliyindəki r_k aşağıdakı şəkildə olduqda:

$$1 \leq r_k = r_r + \frac{\pi n + \omega t_k}{2\sqrt{\frac{\omega}{2D}}} \leq 4 \quad (11)$$

rəqslərin optimal qiymətlərini ω və ya rəqslərin dövrünü $T = 2\pi/\omega$ təyin etmək olar.



Şək.1. A_1 -in müxtəlif qiymətlərində, nəmləşdirici-neytrallaşdırıcı - əlaqələndirici maddənin qranulda paylanması qatılığı: 1- $A_1=0$; 2- $A_1=0.2$; 3- $A_1=0.6$; 4- $A_1=1.0$; 5- $A_1=1.2$

(11) tənliyində çevrilmə apardıqda alırıq:

$$\frac{1,414}{\sqrt{D}}(1-r_r) \leq \frac{\pi + \omega t_k}{\sqrt{\omega}} \leq \frac{1,414}{\sqrt{D}}(4-t_r)$$

Retur hissəciklərin ölçülərini $r_r=0.5 \text{ mm}$ qəbul etdikdə, aşağıdakı tənliyi alırıq:

$$\frac{0,707}{\sqrt{D}} \leq \frac{\pi + \omega t_k}{\sqrt{\omega}} \leq \frac{4,95}{\sqrt{D}} \quad (12)$$

Beləliklə, rəqslərin optimal tezliyi diffuziyanın zamanından və diffuziya əmsalından asılıdır: $\omega t_k \geq \pi n$ olduqda

$$\frac{0.707}{\sqrt{Dt_k^2}} \leq \sqrt{\omega} \leq \frac{4.95}{\sqrt{Dt_k^2}}$$

Sonuncu hal üçün dispersiya aşağıdakı kimi təyin olunur:

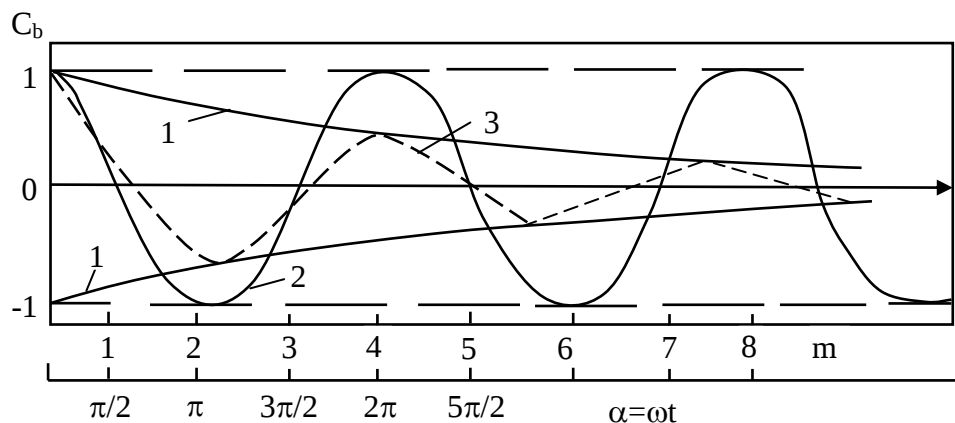
$$\sigma^2 = \int_0^{t_k} (r_k - \mu_a)^2 dt = \int_0^{t_k} \left[r_r + \frac{\omega t}{2\sqrt{\frac{\omega}{2D}}} - \mu_a \right]^2 dt \quad (13)$$

burada μ_a - qranulların orta ölçüsüdür.

Törəməni ω -ya görə təyin etdikdə və sıfıra bərabər etdikdə tezliyin və rəqslərin dövrünün optimal qiymətlərini təyin etmək olar:

$$\omega_{opt.} = \frac{2(\mu_a - r_r)^2}{Dt_k^2}, \quad T_{opt.} = \frac{\pi Dt_k^2}{(\mu_a - r_r)^2} \quad (14)$$

(14) tənliyə əsasən rəqs tezliyinin rəqs rejimini həyata keçirən sənaye prosesinin idarəetmə sistemi tamamlanmış qranulların minimum dispersiyasını təmin edir. Bu da öz növbəsində ehtimal olunan sıxlığın paylanma funksiyasının sahəsini $P_{\max}(r, t) = 1/(\sqrt{2\pi\sigma})$ kiçildərək, standart qranulların çıxımını artırır.



Şəkl.2. Nəmləşdirici-neytrallaşdırıcı-əlaqələndirici maddənin qatılığının rəqsi rejimdə dəyişməsi:

$$1 - \frac{A}{m} e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(m-1)r} ; \quad 2 - C_B(r, t) = A \cos \omega t ; \quad 3 - C_B(r, t)$$

ƏDƏBİYYAT

1. Келбалиев Г.И., Садыхов Ф.М., Мамедов А.Н., Тагиев Д.Б. Теория и практика гранулирования порошкообразных материалов. Баку: «Леман нашрият полиграфия» ООО, 2016, 328 с.
2. Kelbaliyev G.I., Samedli V.M., Samedov M.M. Modeling of granule formation process of powdered materials by the method of rolling. // Powder Technology, 194, 2009, pp. 87-94.
3. Келбалиев Г.И., Гусейнов А.С. Анализ завершенности гранул и колебательных режимов подачи воды в барабанных грануляторах. //Химическая промышленность, 1989, №12, с. 48-49.
4. Рустамов Я.И. Основные пути интенсификации процессов гранулирования суперфосфатов. Баку: Элм, 1985, 86 с.
5. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основные процессы технологии минеральных удобрений. М.: Химия, 1990, 304 с.
6. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. М.: Химия, 1982, 271 с.
7. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1986, 230 с.

РЕЗЮМЕ

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАНУЛ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ГРАНУЛЯТОРЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ ПОДАЧИ СВЯЗУЮЩЕГО РАСТВОРА

Самедли В.М.

Ключевые слова: гранулирование, порошкообразные материалы, минеральные удобрения, завершенность, товарная фракция.

В статье рассматривается процесс грануляции порошкообразных материалов в цилиндрическом аппарате с учетом колебательных режимов подачи увлажняющей и нейтрализующей жидкости. Установлено, что система управления промышленным процессом, реализующая колебательный режим с оптимальной частотой колебаний, обеспечивает минимум дисперсии для завершенных гранул и увеличивает выход стандартного продукта.

SUMMARY

FORMATION OF GRANULES OF MINERAL FERTILIZERS IN CYLINDRICAL GRANULATORS DEPENDING ON THE MODES OF THE BINDING SOLUTION

Samedli V.M.

Key words: granulation, powder-like materials, mineral fertilizers, completeness, commodity fraction.

The process of granulation of powdered materials in cylindrical apparatus, taking into account the oscillatory modes of supplying moisturizing and neutralizing liquid has been studied. It has been established that the industrial control system process that implements an oscillatory mode with an optimal frequency fluctuations, provides a minimum of dispersion for completed granules and increases the yield of the standard products.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	14.03.2019
	Son variant	24.06.2019

UOT 577.472(28)

VƏLVƏLƏÇAYIN HİDROKİMYƏVİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ BİOMÜXTƏLİFLİYİ

¹ƏLİYEV SALEH İLTİZAM oğlu,

²MƏMMƏDOV VAQİF AĞA oğlu

¹QARABƏYLİ OKTAY ZAMAN oğlu

¹SÜLEYMANOVA İRADƏ ƏLİ qızı

1- Bakı Dövlət Universiteti, dosent

2 - AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutu, Geoekologiya şöbəsinin müdiri, c.e.d.

alisaleh56@mail.ru; vmamed@rambler.ru.

Açar sözlər: mikrozoobentos, zooplankton, bentos, biokütlə, fauna.

Giriş. Mənbəyini Baş Qafqaz suayırıcı silsiləsinin şimal-şərq yamacında, Babadağ yaxınlığında 2920 m yüksəklikdən başlayan Vəlvələçay 98 km məsafə qət edəndən sonra sularını Çay Qaraqaşlı kəndinin şərqində Xəzər dənizinə çatdırır və deltanın dəniz hissəsində sualtı bar əmələ gətirir. 628 km² olan sutoplayıcı hövzə sahəsinin çox hissəsi Quba rayonu, az hissəsi Xaçmaz rayonu ərazisindədir. Hövzə ərazisinin >70%-i 1000 m-dən yüksəkdə yerləşir. Hövzənin orta yüksəkliyi 1495 m, orta eni 6.4 km, çay şəbəkəsinin orta sıxlığı 0.84 km/km²-dir, meşələr hövzə sahəsinin 12-13 %-ni əhatə edir [1]. Vəlvələçay Qonaqkəndin aşağı hissəsinə-də sağdan Cimiçay (uzunluğu 29 km) və soldan Dərkçayın (uzunluğu 10 km) qovuş-ması nəticəsində formalaşır. Yuxarı axında çayın dərinliyi 0.1-0.3 m, axın sürəti 1.5-2.0 m/san olub, çay yatağı çaqıl və daha böyük ölçülü zəif cilalanmış daşlardan ibarət-dir. Aşağı axın zonasında çayın dərinliyi 0.1-0.3 m, axın sürəti 0.3-0.5 m/san (qıt sulu dövrdə daha az) olub, məcrası kiçik ölçülü çınqıl və qumlardan ibarətdir.

Vəlvələçayın su təchizatı ilə yanaşı, həm də balıqçılıq təsərrüfatının inkişaf etdirilməsində əhəmiyyəti vardır. Keçici və yarımkeçici balıqlar kürülmək üçün dənizdən çaya daxil olurlar. Eyni zamanda çayda onurğasız heyvanların genofondu qorunub saxlanılır. Bu baxımdan çayın hidroloji, hidrokimyəvi və hidrofəunasının öyrənilməsinin mühüm elmi və praktiki əhəmiyyəti vardır. Hidrobiontlar suyun təbii biofiltratorları olub, suyun bioloji yolla təmizlənməsində fəal iştirak edirlər və onların bəzi növləri bioindikator orqanizmlərdir, yəni suyun üzvi maddələrlə çirklənmə dərəcəsini göstərirlər. Həmin orqanizmlər balıq, balıq körpələrinin və su-bataqlıq quşlarının yem bazasının əsasını təşkil edərək, ekosistemdə qida zəncirinin bir halqasını yaradır. Orqanizmlərin bir sıra növləri parazitlərin 1-ci və ya 2-ci aralıq sahibi olurlar.

Material və metodika. Vəlvələçaydan biomüxtəlifliyə dair materiallar 2015-ci ildə fəsillər üzrə toplanmışdır. Toplanmış materiallar mikrozoobentos (sərbəst yaşayan kirpikli infuzorlar), zooplankton, makrozoobentosa aid olmuşdur. Materiallar çayın müxtəlif hissələri və biotoplarından toplanmışdır. Materialların toplanması və işlənilməsi hidrobiologiyada qəbul olunmuş ümumi metodlar əsasında [5; 6; 8] yerinə yetirilmişdir.

Çay sularının kimyəvi tərkibi, dib çöküntülərinin mikroelement (Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Sr, Ba, Pb, V, Cr, Co) və mineraloji (kvars, çöl şpatı, kalsit, kaolinit, illit, montmorillonit, gips, halit, dolomit, hematit) tərkibinə aid nümunələr 2016-cı ilin yay mövsümündə götürülmüşdür. Dib çöküntülərindəki mikroelementlərin miqdarı onların klark ədədləri ilə müqayisə olunmuşdur. Hidrokimyəvi qiymətləndirmə O.A.Alyokinin (1970) təsnifatına, rejimi haqqında parametrlər isə hidrometeoroloji monitoring məlumatlarına əsaslanır.

Məlumatların müzakirəsi. Vəlvələçay müxtəlif mənbələrdən qidalanır, Təngialtı məntəqəsində axımın 35%-ni qar, 27 %-ni yağış və 38 %-ni yeraltı sular təşkil edir. İllik axımın 11.7%-i qışda (XII-II), 38.8 %-i yazda (III-V), 31.2 %-i yayda (VI-VIII) və 18.3 %-i payızda (IX-XI) keçir [3]. Orta çoxillik su sərfi $4.81 \text{ m}^3/\text{san}$, maksimum $256 \text{ m}^3/\text{san}$ (05.05.1963-cü ildə), asılı gətirmələr sərfi $25 \text{ kq}/\text{san}$, orta illik bulanıqlıq $5100 \text{ q}/\text{m}^3$ -dir.

Çay suyunun orta aylıq temperaturları qışda $0.7-1.7^\circ\text{C}$, yazda $3.1-11.7^\circ\text{C}$, yayda $15.7-18.2^\circ\text{C}$ və payızda $14.5-5.2^\circ\text{C}$ arasında dəyişir. Maksimal temperatur 29.8°C (29.07.1957-ci ildə) olub. Qış aylarında iki aya yaxın müddətdə sahil buzları müşahidə olunur.

Çayın suyu kimyəvi tərkibinə görə hidrokarbonatlı sular sinfinə aid olub, minerallaşma dərəcəsi təxminən $300-600 \text{ mq}/\text{dm}^3$ arasında dəyişir. Vəlvələçay və onun qollarından 2016-cı ilin iyul-avqust aylarında götürdüyümüz su nümunələrinin minerallaşma dərəcəsi orta çoxillik göstəricilərdən qismən fərqlənərək aşağıdakı kimi olmuşdur:

Cimiçay-Qonaqkənd – $457 \text{ mq}/\text{dm}^3$, Dərkçay-Dərk- $492 \text{ mq}/\text{dm}^3$, Talışçay-

Talış- $1179 \text{ mq}/\text{dm}^3$, Yerfiçay-Yerfi- $546 \text{ mq}/\text{dm}^3$, Babaçay-Nohurdüzü- $455 \text{ mq}/\text{dm}^3$, Vəlvələçay-Təngialtı- $462 \text{ mq}/\text{dm}^3$, Vəlvələçay-mənsəb- $1413 \text{ mq}/\text{dm}^3$.

Göründüyü kimi, çay sularının minerallaşma dərəcəsi ümumən mənbədən mənsəbə doğru artır və bu artımın miqdarı ilin fəsillərindən asılı olaraq fərqlənir. Babaçayın sol sahil qolu olan Talışçayda suyun minerallaşmasının $1179 \text{ mq}/\text{dm}^3$, temperaturunun isə 24.8°C olması bu çayın mənbə zonasında yerləşən isti sulu mineral bulaqlarla qidalanmasını bildirir.

Dib çöküntülərində süxurəmələgətirici komponentlərdən əsas yeri SiO_2 (40-50%) və CaO (10-23%) təşkil edir ki, bu da hövzəni təşkil edən süxurların litoloji tərkibi ilə sıx əlaqəlidir. Mineraloji tərkibdə də müvafiq olaraq kvars və kalsit çoxluq təşkil edir. Dib çöküntü nümunələrinin əksərində mikroelementlərdən nikel, kadmium, xrom və kobaltın miqdarı onların çökmə süxurlardakı klark ədədindən yüksəkdir. Ağır metalların (Cu, Pb, V, Fe və s.) miqrasiya qabiliyyəti zəif olduğundan onların miqdarı çayın mənbəyindən mənsəbinə doğru azalır və bəzən bu qanunauyğunluq lokal antropogen təsirlə pozula bilər.

Vəlvələçayın mənbə zonasından mənsəbə doğru sudakı mikroelementlərin miqdarının dəyişməsinə nəzərdən keçirək:

Artır: molibden (3.9 dəfə), uran və dəmir (3.2 dəfə), qurğuşun (2.8 dəfə), mis (2.7 dəfə), nikel (1.3 dəfə), vanadium (1.1 dəfə);

Azalır: manqan (3.8 dəfə), arsen (1.8 dəfə), barium (1.7 dəfə).

Vəlvələçayın Nohurdüzü məntəqəsindən yuxarıda olan hissəsində yura sisteminin orta və qisməndə üst mərtəbələrini təşkil edən boz, boz-qara rəngli gilli-şistli süxurlarında təbii radioaktivlik ətraf ərazilərdən 1.5-2.5 dəfə artıq olsada yol verilən həddi keçmir.

Çay sularının codluğu zəif və ya mülayimdir, həll olmuş oksigenin miqdarı hidrobiontlar üçün kifayət dərəcədə olub əksərən $\geq 80-90\%$ -dir [4].

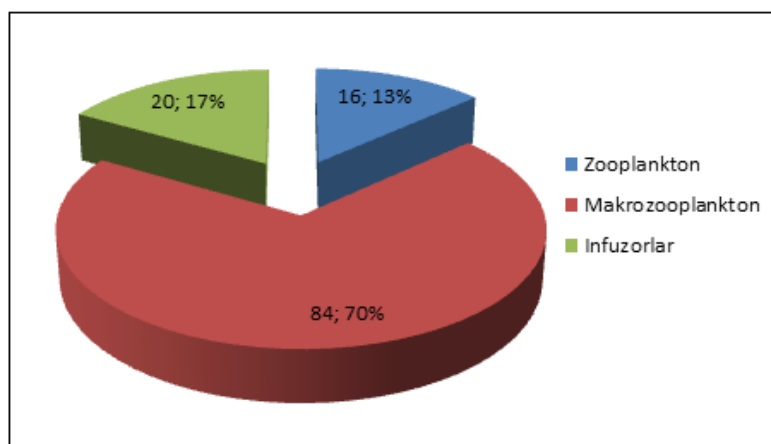
Çaydan biomüxtəlifliyə dair 15 sistematik qrupa daxil olan 120 növ onurğasız heyvan qeydə alınmışdır. Aşkar olunan orqanizmlərin 20 növü sərbəst yaşayan kirpikli infuzorlara, 16 növü zooplanktona, 84 növü isə makrobentik orqanizmlərə aiddir (şəkil 1).

Şəkil 1-dən göründüyü kimi orqanizmlərin maksimal inkişafı yaz və yay fəsillərində müşahidə olunur. Bu fəsillərdə növlərin sayı 92-116 arasında dəyişmişdir.

Qış fəslində növlərin sayı az olmuşdur ki, bu da suyun temperaturu ilə əlaqəlidir. Aşkar olunan növlərin çoxu çayın aşağı axınında qeydə alınmışdır. Bu dövrdə rastgəlmə intensivliyinə görə *Trichocerca elongata*, *Synchaeta pectinata*, *Asplanchna priodonta*, *Dero dorsalis*, *Nais communis*, *Costatella acuta*, *Helius sp.*, *Tabanus sp.* və s. növlər fərqlənilir. Çayın yuxarı hissəsində *Tabanus sp.*, *Helius sp.* növlərinə daha çox rast gəlinir.

Yaz və yay fəsillərində orqanizmlərin gur inkişafı müşahidə edilir. Bu dövrlərdə zooplankton orqanizmlərin sayı 14-16, infuzorların sayı 18-20, makrobentik orqanizmlərin sayı isə 60-80 növ arasında dəyişmişdir. Növlərin intensiv inkişafı çayın orta və aşağı hissələrində müşahidə olunur. Tədqiq olunan qruplar zooplankton orqanizmlərdən *şaxəbığcıqlı xərçənglər* və *kürəkayaqlı xərçəngləri*, makrobentik orqanizmlər isə *az qilli- qurdları*, *zəliləri*, *molyuskaları*,

yanüzən xərçəngləri, su gənələrini, iynəcə sürfələrini, gündəcələri, sərtqanadlıları, yarımşərtqanadlıları, bulaqçıları, xironomid sürfələrini əhatə etmişdir. İlin isti mövsümündə növlərin rastgəlmə intensivliyinə görə *Brachionus quadridentatus*, *B. leydii*, *B. calyciflorus*, *Keratella cochlearis*, *Euplotes patella*, *Aspidisca costata*, *Vorticella nebulifera*, *Daphnia magna*, *D. longispina*, *Simocephalus patulus*, *Alona rectirostris*, *Macrocyclus fuscus*, *Eucyclops secrrulatus*, *Dero dorsalis*, *Nais communis*, *Lymnaea auricularia*, *Costatella acuta*, *Gammarus lacustris*, *Palingenia longicauda*, *P. fuliginosa*, *Eonumus tenellus*, *Oecetis furva*, *Lestes virens*, *Coenagrion hastulatum*, *Peltodutes caesus*, *Noterus crassiconis*, *Corixa punctata*, *C. affinis*, *Helius sp*, *Tabanus sp*, *Stempelina bausei*, *Micropsectra praecox*, *Culex pipienus* və s. növlər fərqlənmişlər.



Şəkil 1. Vəlvələçayın onurğasızlar faunasının biomüxtəlifliyinin qruplar üzrə faizlə nisbəti.

Məlumatların təhlili göstərir ki, orqanizmlərin fəsillər üzrə inkişafı müxtəlif olmuşdur. Belə ki, qış fəslində 36, yazda 92, yayda 116, payızda isə 76 növ qeydə alınmışdır (cədvəl).

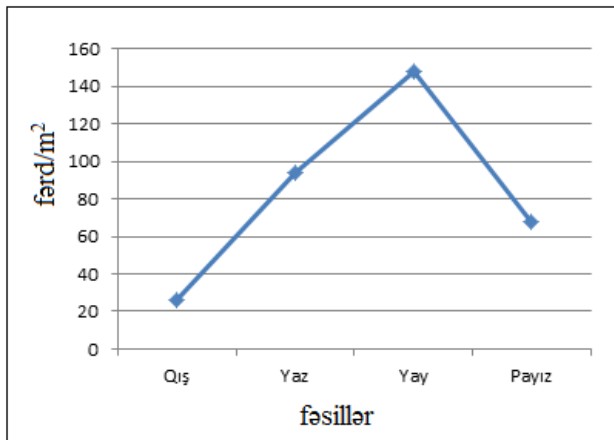
Cədvəl .

Vəlvələçayın biomüxtəlifliyi (2015-ci il)

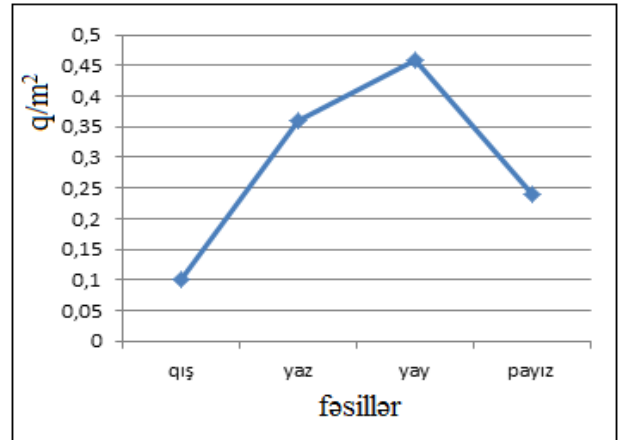
Qruplar	Fəsillər üzrə fərdlərin sayı			
	Qış	Yaz	Yay	Payız
Mikrozoobentos(İnfuzorlar)	10	18	20	16
Zooplankton	6	14	16	12
Makrozoobentos	20	60	80	48
Cəmi	36	92	116	76

Qeyd etmək lazımdır ki, yaz-yay fəsillərində makrozoobentosa dair aşkar olunan növlərin 65,4 %-i su həşəratlarına aiddir. Su həşəratlarından da 1-ci yeri xironomid sürfələri tutur (18 növ). Digər qruplar 3-5 növlə təmsil olunmuşlar. Bir sıra növlər isə, məsələn: *Nais communis*, *Lymnaea auricularia*, *Costatella acuta*, *Helius sp*, *Tabanus sp* və s. ilin bütün fəsillərində rast gəlinir.

Makrobentik orqanizmlərin sayı 26-148 fərd/m², biokütləsi isə 0,10-46 q/m² arasında dəyişmişdir (şəkil 2).

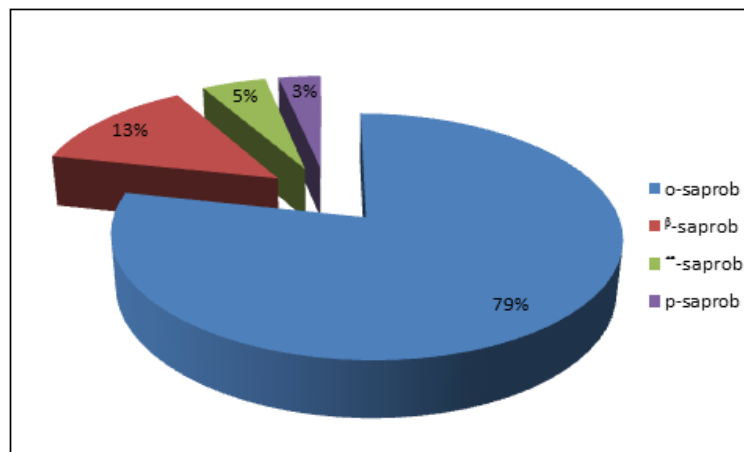


Şəkil 2. Vəlvələçayın makrozoobentosunun fəsilələr üzrə say dinamikası.



Şəkil 3. Vəlvələçayın makrozoobentos biokütləsinin fəsilələr üzrə dəyişməsi.

Çayda hidrobiontların miqdarca inkişafı müxtəlif olmuşdur. Maksimal inkişaf sərbəst yaşayan kirpikli infuzorlara və makrobentik orqanizmlərdə müşahidə olunur (şəkil 3).



Şəkil 4. Vəlvələçayın saprobluq göstəriciləri (%-lə nisbəti).

Çayda orqanizmlərin biosenozlar üzrə formalaşmasına abiotik amillərdən olan səviyyəsinin intensiv tərəddüdü, sel və daşqın hadisələri, suyun bulanıqlığının artması və s. təsir edir. Müəyyənləşdirilib ki, çayın yuxarı hissəsində litofil, aşağı hissəsində isə fitofil biosenozlar üstünlük təşkil edir.

Su hövzələrində aşkar olunan növlərin indikator rolu müəyyən olunmuşdur [7]. Məlum olmuşdur ki, aşkar olunan növlərin hamısı indikator orqanizmlərdir. Orqanizmlərin saprob zonalar üzrə yayılması da araşdırılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, aşkar olunan növlərin 94-ü (78.3%-i) oligosaprobulara, 16-sı (13.3%-i) β-mezosaprobulara, 5-i (6%-i) α-mezosaprobulara və 4-ü (3,3 %-i) polisaprobulara aiddir (şəkil 4). Tədqiqat obyektində biomüxtəlifliyin maksimal inkişafı makrobentik orqanizmlərdə, minimal inkişaf isə zooplanktona daxil olan qruplarda müşahidə olunur.

Müəyyən olunmuşdur ki, çaylarda biomüxtəliflik fəsilərdən asılı olaraq dəyişir, biosenozlərin ekoloji şəraiti və su kütləsinin fiziki-kimyəvi parametrlərinin rolu da bu prosesdə böyükdür.

ƏDƏBİYYAT

1. Материалы по гидрографии СССР. Реки Азербайджанской ССР, том III, вып.3, часть 2 (редактор С.Г.Рустамов). Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1957, 301 с.
2. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970, 444 с
3. Рустамов С.Г., Кашкай Р.М. Водные ресурсы Азербайджанской ССР. Баку: Элм, 1989, 180 с.
4. Məmmədov V.A. Azərbaycan Respublikası çay hövzələrinin radiogeokimyəvi vəziyyətinin geokoloji qiymətləndirilməsi. ETN, AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun fondu. Bakı, 2016, 95 s.
5. Киселев И.А. Методы исследования планктона. В кн.: "Жизнь пресных вод СССР". т. 4, ч.2, 1956, с.183-203
6. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. М.-Л; Наука, 1969, 653 с
7. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. Л., 1974, 60с.
8. Жадин В.И. Методика изучения донной фауны водоемов и экологии донных беспозвоночных. В кн.: "Жизнь пресных вод СССР", т. 4, ч.2. 1956,с.226-288.
9. Семерной В.П. Санитарная гидробиология. Ярославль: Изд-во ЯГУ, 2002, 140с.
10. Танкевич В.П. Санитарная и техническая гидробиология. Керчь: Изд-во КГМТУ, 2008, 80 с.
11. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view. Ergev. 1973, Limnol. 7.
12. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том VII, Азербайджанская ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1987, 264 с.

РЕЗЮМЕ

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ РЕКИ ВЕЛВЕЛЕЧАЙ

Алиев С.И., Мамедов В.А., Гарабейли О.З., Сулейманова И.А.

Ключевые слова: микрозообентос, зоопланктон, бентос, биомасса, фауна.

В статье представлены сведения об исследовании в 2015 году биологического и гидрохимического режима воды реки Велвелечай, в результате которых было установлено, что химические параметры воды соответствуют норме.

В то же время в статье представлена подробная информация о зоопланктоне, инфузориях и макробоентозе, которые являются одним из групп биоразнообразия. Было установлено, что развитие биоразнообразия меняется в течение сезонов. Максимальное развитие было весной и летом, а минимальные значения – зимой и осенью.

SUMMARY

HYDROCHEMICAL FLATURES AND BIODIVERSITY OF VELVELECHAY RIVER

Aliyev S.I., Mammadov V.A., Garabeyli O.Z., Suleymanova I.A.

Key words: microbenthos, zooplankton, benthos, biomass, phauna

The article provides information about research of biological and hydrochemical regime of Velvelechay River. As a result of the research it was established that the chemical parameters of water correspond to the norm.

At the same time, the article provides detailed information on zooplankton, infusoria and macrobenthose, which is one of the biodiversity groups. It was found that the development of biodiversity varies during the seasons. The maximum development was in spring and summer, and the minimum values were in winter and autumn.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	13.12.2019
	Son variant	24.06.2019

UOT 582.5

KSİLOTROF MAKROMİSETLƏR BİOTEXNOLOGİYANIN PERSPEKTİVLİ OBYEKTİ KİMİ

¹BUNYATOVA LALƏ NOVRUZ qızı²HƏSƏNOVA ARZU RƏSUL qızı³ƏLİZADƏ KƏMALƏ SEYFƏDDİN qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1- dosent, 2- baş müəllim, 3- assistent

examplless@mail.ru ; arzu.h85@mail.ru

Açar sözlər: *bioloji aktiv maddələr, fermentlər, produsent, ksilotrof makromisetlər*

Bioloji sistemlərin texnoloji əsaslarla praktiki məqsədlər üçün istifadəsini özündə əks etdirən biotexnologiya müasir elmin nisbətən cavan sahələrindəndir. Buna baxmayaraq, biotexnologiya XXI əsrdə elmi-texniki tərəqqinin prioritet istiqamətlərindən biridir, dünya iqtisadiyyatının dinamik inkişafda olan sahəsidir və istənilən dövlətin iqtisadi siyasətinin ön mühüm göstəricisidir. Heç də təsadüfi deyil ki, bu gün bütün sahələrdə biotexnologiyadan və ya onun məhsullarından istifadə edilir.

Biotexnologiyanın obyektı olan bioloji sistemlər bütün taksonomik qruplara, yəni bu gün canlıların aid olduğu bütün 5 aləmə (*Vira*, *Monera*, *Mycota*, *Plantae* və *Animalia*) aiddir və hazırda onların hamısından praktikada geniş istifadə edilir. Lakin bitki və heyvanların biotexnologiyanın obyektı kimi əhəmiyyəti getdikcə azalır və onların yerini bakteriya və göbələklər tutur. Bu da onunla əlaqədardır ki, bitki və heyvanlardan fərqli olaraq mikroorqanizmlər, o cümlədən göbələklərin yüksək böyümə sürətinə malik olmaları, ətraf mühit amillərindən asılı olmayan texnoloji sxemin həyata keçirilməsinin mümkün olması, becərilmə üsullarından istifadə edilən mühitlərin ucuz başa gəlməsi, biosintetik qabiliyyətlərinin geniş spektrli olması və s. ilə bağlıdır.

Biotexnologiyanın obyektı kimi, göbələklərdən, o cümlədən onların ksilotrof növlərindən istifadə keçən əsrin ortalarından başlansa da, biotexnoloji məqsədlərlə istifadə üçün ilk olaraq göbələklərin yeməli olması faktı daha mühüm rol oynamışdır. Heç də təsadüfi deyil ki, bu gün dünyanın əksər ölkələrində göbələklərin bu xüsusiyyətindən istifadə edilir. Belə ki, göbələklərin sənaye üsulu ilə istehsalı ekoloji cəhətdən təmizdir və tullantısız başa gəlir. Təkcə onu demək kifayətdir ki, bu gün müstəqil istehsal sahəsi – göbələkçilik yaranıb ki, hər ildə bu sahənin istehsal etdiyi yeməli göbələyin miqdarı 5 milyon tondur. İstehsal edilən göbələklərin arasında birinci yeri şampinyon (*Agaricus bisporus*), sonrakı yerləri isə ksilotrof makromisetlərin *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus* və *Flammulina velutipes* kimi növlər tutur [3, s.15-18].

Yeməli göbələklərin vətəni Uzaq Şərq və Cənubi-Şərqi Asiya (Yaponiya, Çin, İndoneziya Hindistan və s.) hesab edilir. Tibbi əhəmiyyət kəsb edən ksilotrof makromisetlərin süni yaradılmış şəraitdə becərilməsi bu ölkələrdə 2000 il bundan əvvəl başlanıb, yalnız *P.ostreatus* göbələyi XX əsrdə Avropada becərilməyə [1] başlamışdır. Hazırda MDB ölkələrində, o cümlədən Azərbaycanda sənaye miqyasında *A.bisporus* və *P.ostreatus* göbələkləri becərilir və hər il min tonlarla məhsul əldə edilir. İldən-ilə göbələklərə olan tələbat artır və bu da öz növbəsində becərilən göbələklərin assortimentinin genişləndirilməsini zəruriləşdirir. Bu eyni zamanda təkcə qida keyfiyyətləri daşıyan yeməli göbələkləri deyil, eyni zamanda bioloji aktivliyə malik olanları da əhatə edir. Belə ki, ksilotrof göbələklər müxtəlif funksiyalı BAM-ların da aktiv produsentləri kimi artıq həyata vəsiqə almışdır.

Belə BAM-lardan biri də bioloji katalizatorlar, yəni fermentlərdir. Zülmət təbiətli birləşmələrə aid olan fermentlər canlıların bütün taksonomik qrupları tərəfindən sintez olunur və onlarda baş verən maddələr mübadiləsi reaksiyalarını kataliz edir. Lakin onların əlverişli produsenti kimi göbələr, o cümlədən ksilotrof makromisetlər son dövrlərdə aparılan çoxsaylı tədqiqatların predmetinə çevrilmişdir. Ümumiyyətlə, qeyd etmək yerinə düşərdi ki, göbələr ilk olaraq elə fermentlərin aktiv produsenti kimi tədqiqatçıların diqqətini cəlb etmişdir. Bunun da əsasında keçən əsrin ortalarında yeni bir sahənin yaranması dayanır. Bu, bioloji konversiyadır. Belə ki, hər il müxtəlif istehsal prosesləri nəticəsində külli miqdarda məqsədli məhsula aid olmayan və ümumi şəkildə tullantı adlanan materiallar da alınır. Bunların arasında liqnosellüloza tərkibli bərpa olunan tullantılar həcminə görə daha çox olur. Əmələ gələn bu tipli materiallar ya nizamsız şəkildə ətraf mühitə atılır, ya yandırılır, ya da effektiv olmasa da müxtəlif məqsədlərdə istifadə edilir. Tullantılara bütün bu münasibətin forması nəticə etibarilə yeni ekoloji problemlərin yaranmasına, eləcə də ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olur. Bunun da qarısının alınması üçün müxtəlif, yəni mexaniki-fiziki, kimyəvi və bioloji yanaşmalardan istifadə edilir. Bunların arasında bioloji yanaşma daha əlverişli hesab edilir ki, onun da iki: mikrobioloji və enzimoloji forması var. Bu iki prosesin cəmini özündə əks etdirən biokonversiyanın yaranması məhz keçən əsrin ikinci yarısından sonraya şamil edilir. Ksilotrof makromisetlər də məhz bu sahənin yaranmasından sonra diqqət mərkəzinə keçən obyektlərdən hesab edilə bilər. Ksilotrof makromisetlərə olan da marağında onların sellüloza və liqnin kimi mürəkkəb polimerlərin parçalanmasını kataliz edən ferment sisteminə malik olmalarıdır.

Amilolitik fermentlərin produsentləri arasında həm bitkilərə, həm heyvanlara, həm də mikroorqanizmlərin bütün taksonomik qruplarının nümayəndələrinə rast gəlinir, lakin sənaye miqyasında onun alınması üçün bakteriya (*Bacillus subtilis*) və mikromisetlərdən (*A.niger*, *A.awamori*) istifadə edilir. Yuxarıda deyilənlərə müvafiq olaraq, bu tip produsentlərin də müəyyən çatışmazlıqlara malik olduğundan, ksilotrof makromisetlər bu aspektdən də diqqəti cəlb edir və aparılan bəzi tədqiqatlarda ksilotrof makromisetlərin arasında amilolitik fermentlərin də aktiv produsenti müəyyən edilmişdir. Məsələn, aparılan tədqiqatlarda müəyyən edilmişdir ki, *Coriolus (Trametes) versicolor* göbələyinə aid ştammlar amilolitik fermentləri də intensiv şəkildə sintez etməyə qabildir və fermentin sintezi onlarda induktiv yolla baş verir. Eyni zamanda, bu göbələklərdən alınan texniki ferment preparatları buğdanın tərkibində olan nişastanın fermentativ hidrolizində uğurla istifadəyə yararlıdır ki, bu da nişastadan funksional təyinatlı dietik məhsulların hazırlanmasına imkan verir.

Proteolitik fermentlərin alınma mənbələri, yəni produsentləri canlıların bütün spektrini [8, s.10,16], yəni bitkiləri, heyvanları, bakteriyaları və göbələri əhatə edir. Müasir dövrdə sənaye miqyasında istifadə edilən və müxtəlif tənzimlənmə dərəcəsinə malik olan fermentlər bütün mənbələrdən alınır və onların sənaye miqyasında alınması üçün produsent kimi hələ ki *Bacillus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Streptomyces*, *Pseudomonas* və başqa cinslərə aid mikroorqanizmlərdən, yəni bakteriya və mikromisetlərdən istifadə edilməsi məqsədəuyğun hesab edilir.

Ksilotrof makromisetlərin ferment sisteminə də proteolitik fermentlər önəmli yer tutur və onlar proteolitik fermentlərin müxtəlif tiplərini sintez etmək qabiliyyətinə malikdir və aparılan tədqiqatlar ksilotrof makromisetlərin hamısında onların sintezi konstitutiv yolla baş verir. Məsələn, aparılan tədqiqatlardan məlum olmuşdur ki, *Coprinus lagopides* və *Cerrena sp.* kimi göbələklərin ferment sisteminə südü pıxtalaşdırmaq qabiliyyətinə malik olan fermentlər də daxildir və onlardan bəzi başa gələn qursaq fermentlərinin əvəzləyicisi kimi istifadə edilməsi daha əlverişlidir [5].

Mikromisetlərlə bağlı onu qeyd etmək olar ki, onlar böyümənin vegetativ fazasında bol miqdarda spor əmələ gətirir. Bu hal da sanitar-gigiyenik baxımdan müəyyən problemlər yaradır.

Son olaraq həm bakteriyalar, həm də mikromisetlərlə bağlı bir məsələni də qeyd etmək yerinə düşərdi ki, bu da onların mənfi yöndən xarakteristikasına əsas verir. Belə ki, hazırda

istehsalat səviyyəsində fermentlərin produsentləri kimi istifadə edilən bakteriya və mikromisetlər məqsədli məhsullardan əlavə, müxtəlif metabolitlər də əmələ gətirir. Belə metabolitlərin arasında toksiki təsirə (mikotoksinlər, endotoksinlər) malik olanları da var [17]. Bunların da məhsulda olması arzu edilən deyil və onların canlılar, o cümlədən insan üçün təhlükəli olması haqqında kifayət qədər ədəbiyyat məlumatları var. Bir sözlə, bakteriya və mikromisetlərdən alınan məhsullar, o cümlədən fermentlər toksikoloji-gigiyenik baxımdan da problemlidir.

Deyilənlərə müvafiq, bazidili göbələklərə, o cümlədən onların ksilotroflara aid növlərinə yanaşsaq aydın olar ki, bu qrupdan olan göbələklərdə qeyd edilən çatışmamazlıqlar müşayət olunmur. Belə ki, ksilotrof makromisetlər böyümənin vegetativ fazasında spor əmələ gətirmirlər.

İkincisi, bazidili göbələklərin əmələ gətirdiyi biokütlənin, o cümlədən zülallı maddələrin tərkibində nuklein turşularının miqdarı bakteriyalarla müqayisədə kifayət qədər azdır və biokütlənin quru çəkisinin 1%-dən az hissəsini təşkil edə bilər.

Deyilənlərə onu da əlavə etsək ki, ksilotrof makromisetlərin bir sıra növləri yeməlidir, bir sıra növləri uzun illərdir ki, xalq təbabətində istifadə edilir və indiyə kimi bunların toksiki təsiri ilə bağlı hər hansı bir ədəbiyyat məlumatlarına rast gəlinmir.

Baxmayaraq ki, son onilliklərdə bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlar ksilotrof makromisetlərin biotexnologiyanın ən perspektivli produsentlərindən hesab edilməsini əyani şəkildə göstərmişdir, lakin hələ də ksilotrof makromisetlərdən fermentlərin produsentləri kimi praktikada geniş istifadə hallarına rast gəlinmir. Bu da yuxarıda qeyd edilənlərlə yanaşı, yüksək bioloji aktivliyə malik ştammların azlıq təşkil etməsi, əldə edilən məhsulların maya dəyərinin yüksək olması, göbələklərdə ferment sintezinin mexanizminin tam axıra kimi açılmaması və s. ilə bağlıdır. Bundan başqa, aparılan tədqiqatlarda aktiv produsent kimi seçilən göbələklər də ştamm səviyyəsində belə morfoloji və metabolitik xarakterli fərqlərin olmasını da göstərmiş, eyni zamanda təbii şəraitdəki ekolo-trofik uyğunlaşmasının onların ferment sisteminə təsirinin xarakterinin də açılması tədqiqatlardan kənarda qalmışdır. Bu səbəbdən də, yeni təbii ştammların axtarılması, onların təbii məskunlaşma yerlərindəki trofik əlaqələrinin ferment sistemi ilə əlaqəsinin aydınlaşdırılması, ayrılan kulturalarla seleksiya işlərinin aparılması (mühitin optimallaşdırılması) və s. bu qrupa aid olan orqanizmlərin potensialının müxtəlif aspektlərdə biotexnoloji cəhətdən tam açılması üçün məqbul yanaşmalardan hesab edilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Бабицкая В.Г., Трухоновец В.В., Осадчая О.В. и др. Физиологически активные соединения плодовых тел грибов *Flammulina velutipes* и *Ganoderma lucidum* // Успехи медицинской микологии, т. 7, 2006, с.222-225
2. Бойко М.И., Просянок М.В., Терещенко Г.С., Али М. И. Утилизация лигносульфоната дереворазрушающими грибами // Современная микология в России. М., 2008, 324 с.
3. Галынкин В.А., Заикина Н.А., Коваленко А.Е. и др. Основы биотехнологии высших грибов. СПб: Проспект науки, 2007, 336 с.
4. Горбатова О.Н. Деградация гербицида атразина базидиальными грибами и их ферментами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.б.н., М., 2007, 24с
5. Дмитриева Т.А. Изучение молокосвертывающей активности высших базидиомицетов. Диссертация.....к.т.н. СПб, 2011, 167 с.
6. Древаль К.Г., Бойко С.М. Динамика экзо- и эндоглюканазной активности некоторых высших дереворазрушающих грибов в зависимости от источника углерода в питательной среде // Иммунопатология, аллергология, инфектология, № 1, 2009, с. 77.
7. Клечак И.Р., Антоненко Л.А., Крысюк Ю.С. Активность внеклеточных ферментов дереворазрушающих базидиомицетов *Coriolus QUEL* (*Trametes FR;*) на различных источниках углерода и азота // Иммунопатология, аллергология, инфектология. № 1, 2010, с. 253.

8. Лысова А.С. Судник О.А. Изучение характеристики двустворчатого моллюска *Dreissena polymorpha Pallas* как нового источника ферментсодержащего сырья // Рыбная промышленность, №1. 2007, с.20-22
9. Никитина О.В. Внеклеточные оксидоредуктазы лигнолитического комплекса базидиального гриба *Trametes pubescens (Shumach.) Pilât.*: Автореф. на соискание канд. биол. наук. М., 2006, 26 с.
10. Паршина В.В. Активность амилалитических и протеолитических ферментов химуса у коров при действии кормовых добавок с адсорбционными свойствами // Сельскохозяйственная биология, № 2, 2008, с. 72-77
11. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. М.: Лес. пром., 1967, 275 с.
12. Рабинович М. Л., Мельник М. С. Прогресс в изучении целлюлолитических ферментов и механизм биodeградации высокоупорядоченных форм целлюлозы.//Успехи биологической химии, т.40. 2000, с.205-266
13. Рагимова М.М., Мурадов П.З. Биосинтез окислительных ферментов ксилотрофными, базидиальными грибами семейства Coriolaseae // Иммунопатология, аллергология, инфектология. № 1, 2010, с. 264-265
14. Русинова Т.В., Сальцова И.Ю., Батуринец А.А. Изучение влияния индукторов на синтез лакказы промышленным штаммом *Trametes hirsuta* 216. CF-28 // Иммунопатология, аллергология, инфектология, № 2. 2009, с. 204-205
15. Соломко Э.Ф., Ломберг М.Л., Балагура А.Н. Альтернативные субстраты для культивирования лекарственных грибов // Успехи медицинской микологии, т. 5. 2005, с. 223-226
16. Судник О.А. Лысова А.С., Мезенова О.Я. Протеолитические ферменты дрейссены и технология их получения // Известия вузов (РФ). Пищевая технология, № 4, 2009, с. 54-56
17. Шеина Н.И. Токсиколого-гигиеническая оценка биотехнологических штаммов микроорганизмов. // Вестник РГМУ, №3 (56), 2007, с.66
18. Chang S.T. Global impact of edible and medicinal mushrooms on human welfare in the 21th century: non green revolution. // Int. J. Med: Mushr., vol. 1, № 1, 1999, pp. 1-7

КСИЛОТРОФНЫЕ МАКРОМИЦЕТЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

Буньятова Л.Н., Гасанова А.Р., Ализаде К.С.

Ключевые слов: биологически активные вещества, ферменты, продуценты, ксилотрофные макромицеты

В результате анализа информации, полученной на основании исследований, проведенных в различных научных центрах, обосновано, что ксилотрофные макромицеты являются выгодными объектами для получения биологически активных веществ, в том числе ферментов, с широким спектром гидролитического и окислительного типа действия.

XYLOTROPHIC MACROMYCETES AS PERSPECTIVE OBJECT OF BIOTECHNOLOGY

Bunyatova L.N., Hasanova A.R., Alizadeh K.S.

Key words: biologically active substances, enzymes, producers, xylotrophic macromycetes

As a result of analysis of the information obtained on the basis of studies conducted in various research centers, substantiated that xylotrophic macromycetes are beneficial objects for biologically active substances, including enzymes, with a wide range of hydrolytic and oxidative type of action.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	11.05.2018
	Son variant	24.06.2019

UOT 658.5.012

KONSEPTUAL MODEL LƏR ƏSASINDA BİLİKLƏR BAZASININ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ SİNTEZİNİN PROQRAM VƏSAİTLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ

¹HÜSEYNOV AQİL HƏMİD oğlu,²TALİBOV NATİQ HƏSƏN oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1 - t.e.d., professor, 2- dosent

aqil.55@mail.ru

Açar sözlər: biliklər bazası (BB), konseptual model, ekspert sistemi, servisin arxitekturası, biliklərin təsvir dili, generasiya modulu.

Biliklərin idarə olunması (Knowledge Management) [1] və süni intellektin tətbiqi proqram sistemlərinin, xüsusən də ekspert sistemlərinin (ES) yaradılması sahələrində yeni üsul və yanaşmaların hazırlanması aktual problemlərdəndir. Bu baxımdan intellektual sistemlərin yaradılmasında ən mürəkkəb mərhələ bilik bazalarının (BB) identifikasiyası (alınması), konseptuallaşması (strukturlaşması) və formalaşması (təqdim olunması) üzrə məsələlərdən ibarət bilik bazalarının təşkili mərhələsidir ki, ES-in layihələndirilməsinin “ən çətin” yeri hesab olunur [2;3]. Bu mərhələdə qarşıya çıxan müxtəlif məsələlərin həllində, xüsusən də biliklərin (Knowledge Acquisition) [3] ayrı-ayrı mənbələrdən (məlumat bazasından, mətnlərdən, web-resurslardan və s.) həmçinin konseptual modellərdən alınması (əldə olunması) effektivliyinin artırılması aktual məsələlərdəndir. Bu zaman müxtəlif formatda təqdim olunan informasiya (konseptual) modellərinin daha sonra BB proqram kodunun avtomatik generasiyası (sintezi) prosesi ilə təkrar istifadəsi (transformasiyası) xüsusi marağa səbəb olur.

Məqsəd BB hazırlanması prosesinin effektivliyini artırmaqdır. Buna müxtəlif proqram vasitələri ilə yerinə yetirilmiş tətbiq sahələrinin konseptual modellərinin avtomatlaşdırılmış təhlili yolu ilə nail olunur. Qoyulmuş məqsədə çatmaq üçün xüsusişədirilmiş servis-təyinatlı sistem (platforma) şəklində təqdim olunan alqoritm və proqram təminatının işlənilməsi hazırlanması təklif olunur.

Konseptual modellərin əsas mənbəyi kimi aşağıda göstərilənləri istifadə etmək təklif olunur:

- Vahid modelləşdirmə dili UML (Unified Modeling Language) [5] vasitəsi ilə qurulmuş və XMI (XML Metadata Interchange) standartına uyğun XML formatında saxlanılan diaqramlardan;

- Web Ontology Language (OWL) [6] dili vasitələri ilə qurulmuş tətbiq sahəsinin ontologiyasından;

- IHMC Camp Tool [7] proqram vasitəsi ilə qurulmuş və ya XML Topic Maps (XTM) [8] formatında təqdim olunmuş konseptual (koqnitiv) bilik kartlarından BB proqramlaşdırılmasının məqsədli dili C Language Integrated Production System (CLIPS) seçilmişdir [9].

1.Məsələnin qoyuluşu. Konseptual (ontoloji) modelləşmənin nəticələri əsasında BB işlənməsi bilik mühəndisliyi sahəsində perspektivli istiqamətlərdəndir (Knowledge Engineering). Biliklərin alınması (əldə olunması), strukturlaşması və formalaşması probleminin təhlili [3] onu göstərir ki:

1.Tədqiqatçılar biliklərin alınmasının avtomatlaşdırılmış metodlarına daha çox maraq göstərir. Buna səbəb konseptual modellərdə toplanmış məlumatın böyük həcmdə olmasıdır.

2.UML və OWL şəklində, həmçinin intellekt-kartlarda (bilik kartlarında) təqdim olunan həmçinin konseptual modellər tətbiq sahəsinin münasibəti və anlayışları haqqında məlumatın təqdim olunması üçün ən geniş yayılmış və perspektivli qaydadır.

3. Müxtəlif çevrilmələri reallaşdıran xüsusilaşdırılmış alqoritm və proqram təminatı mövcuddur: UML məntiqi ifadələrə [7], OWL CLIPS-ə, Jess-ə [9], UML OWL-ə [7], konseptkartları OWL-ə [9] və s.

4. Konseptual modellərin yaradılmasını və müxtəlif formatlarda müxtəlif hesabat sənədlərinin generasiyasını təmin edən proqram təminatları qurulmuş modellərin hər hansı bir biliyin təsvir dilinə (BTD) çevrilməsini nəzərdə tutmur və yaxud bu çevirmə məhdudlaşdırılmışdır (natamam çevirmə və ya vahid BTD). Bu isə öz növbəsində ekspert sistemlərinin işlənməsi zamanı qurulmuş modellərin təcrübi istifadə olunma imkanlarını məhdudlaşdırır.

5. İstifadəçilərin internet şəbəkəsində müştərək, bərabər paylanmış işini təmin edən sistemlər (servislər), demək olar ki yoxdur.

BB-da müxtəlif məlumat mənbələrinin fərqli çevirmə modulları üçün mərkəzləşdirilmiş icazə platforması qismində çıxış edən xüsusilaşdırılmış servis-təyinatlı proqram sisteminin yaradılması perspektivli iş hesab olunur. Beləliklə, təklif olunur ki, həm müəyyən BTD-də BB-ni sintez etməyə şərait yaradan, həm də istifadəçi proqram modullarının hesabına dəstəklənən transformasiyaların genişlənmə imkanını təmin edən servis-təyinatlı sistem (platforma) yaradılsın. Hazırlanan servis aşağıdakı əsas funksiyaları yerinə yetirməlidir: konseptual modellərin importu (yüklənməsi), onların təhlili və vahid formata çevrilməsi (genişləndirilmiş ontologiya), alınan məhsulun modelləşdirilməsi və onların xüsusi Rule Visual Modeling Language (RVML) notasiyası vasitəsi ilə redaktə olunması, BTD-də kodun generasiyası (məsələn, CLIPS). Səbəb-nəticə əlaqəli genişləndirilmiş ontologiyadan istifadə produksiyanın təqdimini unifikasiyalasdırmaq imkanı verəcək.

Servisin miqyasının artırılması, xüsusən də BTD və konseptual modellərin dəstəklənən formatlarının toplusunu genişləndirmək imkanlarını araşdırdıqda onun reallaşması zamanı paylanma modelindən (konsepsiyasından) PaaS-Platform as a Service – “Platforma – xidmət qismində” [10] istifadə etmək təklif olunur. Onun istifadə olunması servisi digər tədqiqatçıların proqram modullarının yerləşməsi üçün platforma (sahə) kimi təqdim etmək imkanı verir. Modulların yerləşdirilməsi üçün iki üsul təklif olunur: modulun servisdə fiziki yerləşməsi (məsələn vahid interfeysləri reallaşdıran PHP- fayl şəklində); fiziki cəhətdən digər resursda yerləşən (REST-tələblər) modulun çağırışı üçün qarşılıqlı fəaliyyət göstərən interfeyslərin təsviri.

Məsələnin qoyuluşunu belə formalaşdırmaq olar. PaaS texnologiyasını aşağıdakı şəkildə göstərək:

$$PaaS = \langle R, S, A \rangle \quad (1)$$

burada R – təqdim olunan resurslar (xidmətlər) toplusu; S – proqram təminatıdır, o resurslara rahat və hərtərəfli şəbəkə icazəsini təmin edir, bu zaman $S = \langle S_M, S_U \rangle$, S_M – işlənilib hazırlanan resursu yerləşdirmək imkanı yaradır, S_U – istifadəçinin resursdan istifadə etmə imkanını təmin edir; A – S proqram təminatının yerləşdirilməsi üçün əsas kimi götürülən aparat təminatıdır.

(1)–dən istifadə etməklə təqdim olunan resursların toplusunu dəqiqləşdirək:

$$R = \langle T, D \rangle \quad (2)$$

burada T – müəyyən BTD-də BB koduna konseptual modellərin transformasiya servisi (xidməti), $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ – burada t – çevirmə moduludur, D – transformasiya modulunu dəstəkləyən istifadəçi servisi. Onun tərkib hissəsindən biri: I_{t-S} istifadəçi modul və servisinin qarşılıqlı fəaliyyətini təmin edən proqram interfeysləridir.

Təqdim olunan işdə T – konseptual modelinin çevirmə operatorunu (2) təyin etmək təklif olunur:

$$T: M \rightarrow Code^{KRL} \quad (3)$$

burada M – tətbiq sahəsinin konseptual modelidir; $Code^{KRL}$ – BTD proqram kodudur.

2.Alqoritm təminatı. Konseptual modellərin (UML sinifli diaqramlar, OWL DL ontologiyalar və s.) məqsədli BTD konstruksiyalarına (elementlərinə) çevrilməsi şəkil 1-də göstərilmiş ardıcıl addımlarla təqdim oluna bilər. Bu zaman konseptual modelin çevirmə operatoru (3) bu şəkildə verilir:

$$T = \langle T_{CM-XML}, T_{XML-ONT}, T_{ONT-Code} \rangle$$

burada T_{CM-XML} – konseptual modelin XML – struktura çevrilməsi operatoru; $T_{XML-ONT}$ – XML-strukturun genişlənmiş ontologiyaya çevrilməsi operatorudur; $T_{ONT-Code}$ – genişləndirilmiş ontologiyanın BTD koduna çevrilməsi operatorudur; M_{XML} – konseptual modelin XML format şəklində təqdim olunmasıdır; M_{ONT} – konseptual modelin genişləndirilmiş ontologiyası şəklində təqdim olunmasıdır.

3.Servisin proqram reallaşması. İşlənmiş alqoritm təminatı BB kodunun sintezi üçün Web-servisin tədqiqat prototipi şəklində reallaşdırılmışdır [6]. Bu sistemin paylanma modeli servis şəklində reallaşması, BB proy ektinin ümumi quruluşuna qoyulan tələb əsasında uyğun və rahat şəbəkə icazəsini təşkil etmək imkanı verir və bununla da produksiya tipli BB yaradılması və modifikasiyası (şəklini dəyişməsi) prosesində istifadəçilərin bərabər və müştərək iştirakını təmin edir.

Bu servisin prototipi PHP-da müxtəlif kitabxanalardan istifadə etməklə reallaşdırılır.

3.1 Servisin təyinatı və əsas funksiyaları. Hazırlanan (işlənən) servisin təyinatı produksiya tipli BB-nin avtomatlaşdırılmış yaranma prosesini dəstəkləməkdir. Buna müxtəlif konseptual modellərin genişləndirilmiş ontologiyaya avtomatik transformasiyası yolu ilə nail olunur. Bu zaman növbəti mərhələdə alınan qaydaların RVML qrafik notasiyadan istifadə etməklə yoxlanması və modifikasiyası imkanının saxlanması da nəzərə alınır.

İstifadəçi modullarının əlavə olunması hesabına çevrilmələrin funksionallıqlarının genişlənməsi imkanı onun əsas xüsusiyyətidir.

Servisin əsas funksiyaları:

1.Daxilində BB işlənməsi baş verən və ayrı-ayrı istifadəçilərin və qrupların icazəsinin sazlanmasına (servislə işin ilk mərhələsi) şərait yaradan BB proektinin yaradılması.

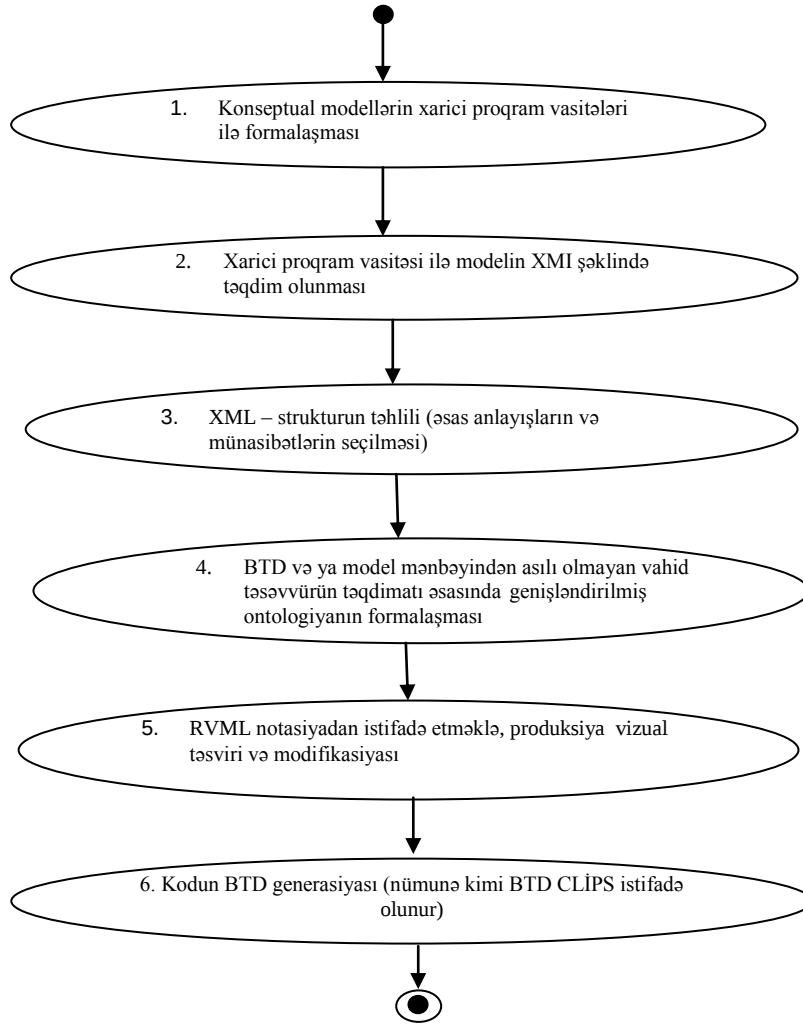
2.Tətbiq sahəsinin genişləndirilmiş ontoloji modelinin konseptual modellərin əsasında avtomatlaşdırılmış formalaşmasının təhlili. Konseptual modellərin UML diaqram sinifləri; XMI UML formatı; OWL DL formatında təqdim olunmuş ontologiyalar; XTM və ya IHMC Camp sistemi ilə (servisin təqdim etdiyi model çevrilməsinin standart imkanları) təqdim olunmuş koqnitiv modellər şəklində təqdim olunması.

3.Xüsusi interfeys vasitəsi ilə (servisin təqdim etdiyi bütün mənbələrin genişləndirilmiş çevrilmə imkanları) müxtəlif məlumat mənbələrinin (konseptual modellərin, MB, ontologiyaların, mətnlərin, sənədlərin və s.) istifadəçi transformasiya modullarının genişləndirilmiş ontologiyaya yerləşdirilməsi.

4.Genişləndirilmiş ontologiyanın və onların qraf şəklində təqdim olunmuş (məlumatlarla iş qatı) münasibətlərinin vizuallaşdırılması və modifikasiyası

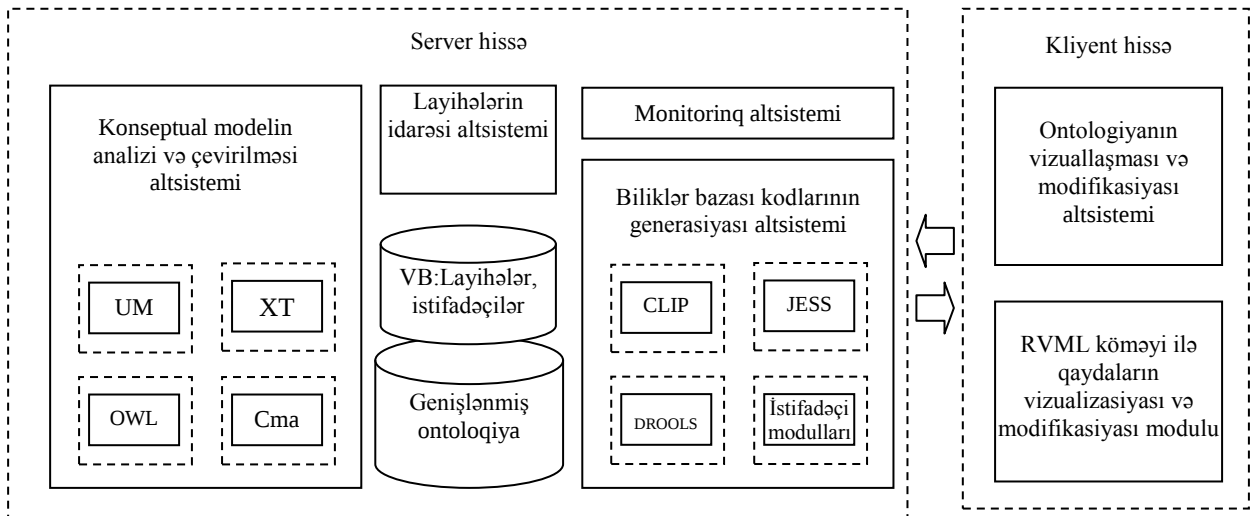
5.RVML notasiyalardan istifadə etməklə (biliklərlə iş qatı) genişləndirilmiş ontologiyanın səbəb-nəticə əlaqələrinin (qaydalarının) alınmasının vizuallaşması və modifikasiyası (əlavə olunma və yoxlanma).

6.Alınan genişləndirilmiş ontologiya əsasında (servislə işin yekun mərhələsi) BB kodunun müəyyən BTM formatında (əsas məqsədli BTM qismində CLIPS istifadə olunub) avtomatlaşdırılmış generasiyası.



Şəkil 1. *Konseptual modellər əsasında BB kodunun sintezinin ümumi alqoritmi.*

3.2. Servisin konseptual arxitekturası (quruluşu). Funksiyanın reallaşması məqsədilə servisin konseptual quruluşu işlənmişdir, bura server və müştəri hissələri daxildir (şəkil 2).



Şəkil 2. *Servisin konseptual quruluşu.*

Əsas server modulları və onların təyinatı:

1. Genişləndirilmiş ontologiyanın modifikasiyası və vizuallaşması altsistemi – tətbiq sahəsinin anlayışlarının və onlar arasındakı münasibətlərin qraf şəklində təqdim olunması yolu ilə vizual əks olunmasını təmin edir.

2. RVML notasiyalar vasitəsi ilə qaydaların vizuallaşma və modifikasiya modulu RVML notasiyasında təqdim olunmaqla alınan produksiyaların dəyişməsi və əks olunması imkanını təmin edir.

3. Standart konseptual modellərin və ontologiyaların (XML, UML, OWL DL, XTM və IHMC Cmap) importunu dəstəkləmə altsistemi – faylların XML formatında importunu təmin edir.

4. İstifadəçi transformasiya modullarının importunun dəstək modulu - müxtəlif məlumat mənbələrinin istifadəçi transformasiya modullarının genişləndirilmiş ontologiyada yerləşməsinə təmin edir.

5. BB kodunun generasiya modulu – yaradılan genişləndirilmiş ontologiya əsasında BB faylının CLIPS formatında və ya başqa (məsələn, Jess, Drools və s.) formatda avtomatik yaradılmasını təmin edir.

6. Layihələri idarə etmə altsistemi – istifadəçilərin və ya istifadəçi qrupların BB layihələri ilə müştərək işini təmin edir.

7. Genişləndirilmiş ontologiya – biliklərin vahid şəkildə saxlanılmasını və təqdim olunmasını təmin edir. Hazırlanmış model produksiyasının BB reallaşması zamanı (məsələn CLIPS, Jess, Drools və s.) istifadə edilən müxtəlif proqramlaşdırma dillərində produksiyaların təsviri xüsusiyyətlərindən abstraktlaşmağa və bilikləri müstəqil formatında saxlamağa imkan yaradır.

3.3.İstifadəçi transformasiya modullarının genişlənməsi. İstifadəçi transformasiya modullarının genişlənməsinə (əlavə olunmasına) dəstək altsisteminin əsas məqsədi digər informasiya mənbələrindən fərqli formatda olan konseptual modellərdən, BB-dən, mətnlərdən, sənədlərdən, rəqləmələrdən və s. bilik əldə etməsi imkanının genişləndirilməsidir.

İstifadəçinin transformasiya modulunun iki növü fərqləndirilir:

1. Hibrid (inteqrasiya olunmuş) modul – son nəticədə müəyyən BTD-də BB kodunu yaradan məlumat mənbələrinin tətbiqi sahəsinin genişləndirilmiş ontologiya konstruksiyalarına çevrilməsini təmin edir.

2. Müstəqil modul – müxtəlif məlumat mənbələrinin bilavasitə müəyyən BTD konstruksiyalarına (elementlərinə) keçirilməsini təmin edir.

Öz növbəsində hibrid (inteqrasiya olunmuş) modul təmin edə bilər:

- BB kodunun CLIPS dilində generasiya olunmasını nəzərə almaqla, kod yaratmanı dəstəkləyən standart servis vasitəsi ilə bütün məlumat mənbələrinin genişləndirilmiş ontologiyaya çevrilməsi imkanı.
- Tətbiq sahəsinin genişləndirilmiş ontologiya modelinin hər hansı bir başqa BTD çevrilməsi imkanı.

Hibrid modulun müstəqil moduldan əsas fərqi genişləndirilmiş ontologiyadan istifadə etməsidir ki, bu da import olunmuş (alınmış) məlumatları və onların münasibətlərini vizual şəkildə əks etdirmək və birgə modifikasiya etmək imkanı verir.

Transformasiya modulunun yerləşdirilməsi üçün iki üsul təklif olunur:

1. Modulun servisdə fiziki yerləşdirilməsi (vahid şəkllə salınmış interfeysləri həmçinin genişləndirilmiş ontologiyaya icazəni reallaşdıran PHP – fayl şəklində);

2. Fiziki cəhətdən digər resurslarda (REST –tələbatlar) yerləşən modulun çağırışı üçün təsviri.

Beləliklə, (2)-dən istifadəçi transformasiya modullarının genişləndirmə operatorunu dəqiqləşdirək:

$$D = \langle D_G, D_A \rangle,$$

burada, M_G – transformasiyanın hibrid (inteqrasiya olunmuş) moduludur; M_A – transformasiyanın müstəqil moduludur.

$$M_G = \langle T_{US-ONT}, T_{ONT-Code} \rangle,$$

burada T_{US-ONT} - istifadəçi məlumat mənbələrinin genişləndirilmiş ontologiya modelinə çevrilməsi operatorudur; $T_{ONT-Code}$ ontologiyanın BTD koduna çevrilməsi operatorudur.

Nəticə. Konseptual modellərin təkrar istifadəsi əsasında Ekspert sistemlərin yaradılmasının effektivliyinin artırılması problemi aktualdır və xüsusişdirilmiş alqoritm və proqram təminatının yaradılmasını tələb edir. Bununla bağlı təqdim olunan işdə yeni müddəalar və nəticələr aşağıda göstərilənlərdir:

1. Qrafik primitivlər əsasında proqram kodunun avtomatik formalaşması və konseptual modellərin təhlili. Alqoritmlərin proqram vasitəsi ilə reallaşması əl ilə kodlaşdırma zamanı yarana biləcək səhvlərin olmayacağına zəmanət verir.

2. Bulud texnologiyalarından istifadəyə əsaslanan servis konsepsiyası BB-nin formalaşması prosesi üzərində istifadəçilərin müştərək bərabər paylanmış işinə imkan verməklə yanaşı, hazırlanan bulud servisin miqyasının genişləndirilməsini, xüsusən də BTD-nin və konseptual modellərin dəstəklənən formatlar toplusunun genişlənməsini təmin edir.

3. Konsepsiyanın əsas müddəalarını və transformasiya alqoritmlərini reallaşdıran servisin tədqiqat prototipi.

Gələcəkdə bu servisin funksiyalarına istifadəçi transformasiya modulları altsisteminin əlavə olunması, generasiya olunmuş BB testləşdirmə modulunun hesabına genişləndirilməsi və servisin generativ proqramlaşdırılması əsasında produksiya tipli ES yaradan vasitələrlə inteqrasiyasını həyata keçirmək planlaşdırılır.

ƏDƏBİYYAT

1. Abdullah M.S., Kimble C., Benest I., Paige R. Knowledge-based systems: a re-evaluation // Journal of Knowledge Management. №3. 2006, pp.127-142
2. Luger G.F. Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving (6th Edition), Addison-Wesley, 2008, 784 p.
3. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000, 384 с.
4. Giarratano J.C., Riley G. Expert Systems: principles and Programming (4th Edition). Thomson Course Technology, 2005, 288 p.
5. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Использование диаграмм классов UML для формирования продукционных баз знаний // Программная инженерия. №4, 2015, с.3-9
6. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Web-сервис для автоматизированного формирования продукционных баз знаний на основе концептуальных моделей // Программные продукты и системы. №4. 2014, с.103-107
7. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. The Unified Modeling Language User Guide (2nd Edition), Addison-Wesley Professional, 2005, 496 p.
8. Grau B.C., Horrocks I., Motik B., Parsia B., Patel-Scheneisder P.F., Sattler U. OWL 2: The next step for OWL // Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web. №4. 2008, pp. 309-322
9. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. СПб.: БХВ-Петербург, 2003, 608 с.
10. Грищенко М.А., Юрин А.Ю., Павлов А.И. Разработка экспертных систем на основе трансформации информационных моделей предметной области // Программные продукты и системы. №3, 2013, с.143-147

РЕЗЮМЕ

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА
БАЗЫ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ**

Гусейнов А.Г., Талыбов Н.Г.

Ключевые слова: база знаний, концептуальные модели, экспертные системы, архитектура сервиса, язык представления знаний, модуль генерации.

В статье рассматривается возможность использования концептуальных моделей для автоматизированного формирования (синтеза) продукционных баз знаний (БЗ) на определенном языке программирования (представления знаний). Повышена эффективность процесса разработки продукционных БЗ путем автоматизированного анализа концептуальных моделей предметных областей, выполненных при помощи различных программных средств. Для достижения поставленной цели предлагается осуществить разработку алгоритмического и программного обеспечения, представленного в виде специализированной сервис-ориентированной системы.

SUMMARY

**DEVELOPING PROGRAM RESOURCES OF AUTOMATED SYNTHESIS
OF KNOWLEDGE BASE ON CONCEPTUAL MODELS**

Huseynov A.H., Talibov N.H.

Key words: knowledge base, conceptual model, expert system, service architecture, knowledge representation language, generation module.

The article discusses the possibility of using conceptual models for the automated formation (synthesis) of production knowledge bases in a specific programming language (knowledge representation). Increased efficiency of the development of production KB, by automated analysis of conceptual models of subject areas, made using various software tools. To achieve this goal, it is proposed to carry out the development of algorithmic and computer software, presented in the form of a specialized service - oriented system.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	05.04.2019
	Son variant	24.06.2019

UOT 519.95

PARALEL FƏALİYYƏTLİ İSTEHSAL MODULLARININ MODELLƏŞDİRMƏ ÜSULLARI İLƏ TƏDQIQININ MÜASİR VƏZİYYƏTİNİN TƏHLİLİ

¹ƏHMƏDOV MƏHƏMMƏD AYDIN oğlu²ZEYNALABDIYEVA İRADƏ SƏMƏD qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-professor, 2-dissertant

irada0907@mail.ru

Açar sözlər: *modelləşdirmə, çevik istehsal sistemləri, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər.*

İstənilən xarakterli obyektin layihələndirilməsi və yaradılmasında olduğu kimi, paralel fəaliyyətli modullar toplusundan formalaşdırılan diskret xarakterli prosesin layihələndirmə fəaliyyətində də aşağıdakı məsələlər öz həllini tapmalıdır: spesifikasiya, yəni obyektin spesifik xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsi və dəqiqləşdirilmiş təsnifi; göstərilən sahə üzrə mövcud vəziyyətin xülasəsi və nəticələrin analizi; layihələndirmə mərhələləri; realizasiya və layihə həllərinin yerinə yetirilməsinin yoxlanılması (verifikasiya).

Məlum olduğu kimi, istənilən öyrənilən tədqiqat obyektini iki bir-biri ilə bağlı şəkildə təsvir olunur: struktur və dinamik. Struktur model statik xarakterli olmaqla, obyektin onun tərkibindəki komponentlərin toplusu və onlar arasındakı əlaqələrlə təsvir edilir. Dinamik model obyektin müəyyən zaman intervalında fəaliyyətini, davranışını (prosesi) təsvir edir. İkinci halda hadisələr obyektin strukturu nöqteyi-nəzərindən deyil, onun xarici mühitlə qarşılıqlı əlaqədəki fəaliyyətində baş verən prosesləri nəzərdə tutur, struktur isə obyektin spesifik davranışını müəyyən edir. Odur ki, göstərilən ikili yanaşma diskret hesablayıcı və idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsinin fundamental aləti hesab olunur.

[1]-də göstərilirdi ki, hesablama texnikasının inkişaf mərhələləri bir-biri ilə zəif qarşılıqlı əlaqədə olan iki elmi istiqamət: avtomatlar və proqramlaşdırma nəzəriyyəsinin “semantik uyğunsuzluğu” şəraitində baş vermişdir və bu gün də davam etməkdədir. Belə ki, bu iki istiqamət o səviyyədə avtonom şəkildə inkişaf edir ki, son məqsədə nail olmaq üçün birlikdə işləməyə məhkum olan proqram təminatı (software) və texniki təminat (hardware) üzrə mütəxəssislər əksər hallarda bir-birini çətinliklə başa düşürlər.

Görkəmli riyaziyyatçı D. Gilbert (1862-1949) göstərmişdir ki, istənilən fiziki və ya riyazi nəzəriyyə üç inkişaf fazasından keçir: sadələşmə, formal və böhranlı (kritik). Avtomatlar nəzəriyyəsinin element bazasının sütünə inkişafı nəticəsində göstərilən nəzəriyyə birinci iki fazanı, demək olar ki, keçmişdir və böyük, ifrat inteqral sxemlərin, mikroprosessor, mikroelektronika və kristallar əsasında sistemlərin yaranması ilə artıq onun üçüncü fazaya keçdiyini göstərmək olar. Eyni zamanda proqramlaşdırma nəzəriyyəsi də simvol tipli proqramlara əsaslanan və “paralel proqramlaşdırma” adı altında qarşılıqlı əlaqədə olan ardıcıl proseslər nəzəriyyəsinin vasitəsilə inkişafının formal fazasına keçmişdir.

Avtomatlar nəzəriyyəsinin inkişafında funksional imkanlarına görə sonlu avtomatlar və Turing maşını arasında aralıq yer tutan modellərin öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb etdi. Belə modellərə Petri şəbəkələrini aid edirlər. Petri şəbəkələri hesablama və idarəetmə sistemlərinin, xüsusən də çoxprosessorlu və paylanmış xarakterli proseslərin davranış dinamikasının modelləşdirilməsi üçün əlverişli vasitədir. Petri şəbəkələrinin davamlı öyrənilməsi və inkişafı

digər bir elmi istiqaməti- ümumi şəbəkələr nəzəriyyəsini yaratdı. Təcrübə göstərir ki, paralel proqramlaşdırma məsələlərinin əksəriyyəti şəbəkə yanaşması terminləri ilə interpretasiya olunur, eyni zamanda paralel proqramların adekvatlığının yoxlanması üçün Petri şəbəkəsi ən əlverişli aparat hesab edilir. Göstərilir ki, avtomatlar və proqramlaşdırma nəzəriyyələrinin ideya və yanaşmalarının bir-birinə yaxınlaşması və onlar arasındakı “semantik uyğunsuzluğun” azaldılması aktuallıq kəsb edir ki, o da öz növbəsində bəzi proqram vasitələrinin yeni prinsiplə, yəni aparat vasitəsilə realizasiyasına əsas verir. Bu halda öyrənilən obyektin spesifik xüsusiyyətlərini paralel asinxron modellərin terminləri dili ilə realizə etmək olur. Göstərilən modellərin əsas vacib xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onlarda zaman faktoru bir parametrlə kimi rol oynayır və onların fəaliyyətində zamanla əlaqə hadisələr arasındakı “səbəb-nəticə” münasibətləri ilə həyata keçirilir.

Qeyd olunur ki, çoxlu sayda abstrakt modelləri misal göstərmək olar ki, onlar ya paralel proqramlaşdırma vasitələri ilə (xüsusən çox nüvəli prosessorların inkişafının aktuallığı ilə əlaqədar), ya da asinxron qarşılıqlı əlaqəli paralel işləyən proseslərin aparat vasitələri ilə realizə olunur. Birinci halda müasir hesablama modelləri birmənalı proqram təminatına oriyentasiya olunur və resursların tələbatı nöqteyi-nəzərindən real fiziki mexanizmlərdən ayrılıqda yaradılır. İkinci halda, yəni model yanaşmada dinamik paralel proseslərin aparat vasitələri ilə realizasiyası enerji səmərəliliyinə qoyulan tələbatların yüksək olduğu şəraitdə daha aktualdır.

Qeyd olunduğu kimi, diskret hesablayıcı və idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsi üçün ilk əvvəl obyektin statik (struktur) və dinamik (davranış) xüsusiyyətlərini adekvat ölçüdə əks etdirən işçi modelləri yaratmaq lazımdır. Bu halda həmin işçi modellərində mümkün paralellik və qarşılıqlı əlaqəli altsistemlərinin asinxronluq prinsiplərinin göstərilməsi vacibdir, eyni zamanda işçi modellərin formallığı (riyazi formalizasiyası) vacib əhəmiyyət kəsb edir.

Riyazi model dedikdə xüsusi mühitin hər hansı bir sinfə aid hadisələrinin riyazi simvolika ilə yaxınlaşdırılmış (təqribi) yazılışı nəzərdə tutulur [2]. Bu növ modellərdə ümumi xarakterli xüsusiyyətlərin olması metodoloji nöqteyi- nəzərdən əlverişli olan “metamodel” anlayışından istifadə edilir. Diskret xarakterli proseslərin modelləşdirilməsi üçün belə metamodel kimi “asinxron proses” terminindən istifadə etmək səmərəli hesab olunur.

Məlum olduğu kimi, fiziki qurğular iki əsas sinfə bölünür: sinxron və asinxron avtomatlar. Sinxron avtomatlarda onların vəziyyətlərinin dəyişməsi takt impulsları generatorundan daxil olan takt signalları vasitəsi ilə yerinə yetirilir.

Asinxron avtomatlarda alqoritmin növbəti addımının yerinə yetirilməsinin başlanması avtomatın giriş vəziyyətinin dəyişməsi ilə əlaqədardır və fiziki vaxt avtomatın sxemində keçid proseslərinin başa çatmasının signalları ilə kvantlaşdırılır. Bu növ avtomatlar ənənəvi asinxron avtomatlardan fərqlənir. Belə ki, ənənəvi asinxron avtomatlarda giriş signallarının dəyişməsi ən pis hal üçün hesablanmış takt impulsları ilə, yəni asinxron avtomatlarda olduğu kimi yerinə yetirilir.

Uzlaşdırılmış (uyğunlaşdırılmış) asinxron avtomatlarda takt impulslarının sürəkliliyi sabit deyildir və onlarda takt generatorlarından istifadə etmək tələb olunmur. Bu halda sistem vaxtı (məntiqi vaxt) sistemdəki hadisələr arasındakı səbəb-nəticə münasibətləri ilə təyin olunur.

Çoxlu sayda paralel işləyən asinxron avtomatlardan yaradılmış obyektlərin idarə edilməsində onların qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyətlərinin sinxronlaşdırılması və koordinasiya problemi yaranır.

Təcrübə göstərir ki, diskret xarakterli mürəkkəb sistemlərin yaradılmasının əsas ideyasını paralel fəaliyyətli asinxron avtomatların kompleks şəkildə fəaliyyəti təşkil edir və bu növ sistemlər maşınqayırmada, dəzgahqayırmada, müxtəlif təyinatlı istehsalların robototexniki və çevik istehsal sistemlərində (ÇİS) və s. geniş tətbiq sahələrinə malikdirlər.

Müxtəlif təyinatlı istehsal sistemlərinin inkişaf mərhələlərini “qeyri-müəyyənlik dərəcəsi” və tərkibinin “müxtəlifliyi” nöqteyi-nəzərdən təkamülünün sadədən çox mürəkkəb sistemlərə kimi inkişaf etdiyi görünür: avtomatik xəttlər, çevik texnoloji modellər; çevik istehsal sistemləri; kompüterləşdirilmiş, inteqrallaşdırılmış istehsallar və virtual istehsallar [3]. Təbiidir ki, istehsal

sisteminin mürəkkəbliyi artdıqca onun səmərəliliyi də yüksəlir [4]. Bu halda diskret mürəkkəb sistemin layihələndirmə mərhələlərinə əlavə tələbatlar qoyulur. Təcrübə göstərir ki, mürəkkəb sistemlərin, eyni zamanda bu kateqoriyaya aid edilən ÇİS-lərin layihələndirilməsinin ilkin mərhələlərində layihə edənlərin ilkin ideyaları son nəticədə özünü doğrultmur, xüsusən də layihə məhsulunun sınaq və tətbiq mərhələlərində. Odur ki, layihələndirmə mərhələlərinin bəzilərinin təkrarən yerinə yetirilməsi problemi qarşıya çıxır. Bu isə öz növbəsində əlavə məsrəflər tələb etməklə layihələndirmə prosesinin yerinə yetirilməsi müddətini artırır və bəzi hallarda layihə məhsulunun son nəticədə fiziki və mənəvi “qocalması” ilə nəticələnə bilər [5]. Problemin həlli üçün perspektiv istiqamət kimi layihələndirmə proseduralarının bütün mərhələlərinin müasir informasiya texnologiyalarından, modelləşdirmə üsullarından istifadə edilməsi aktuallıq kəsb edir [6].

ÇİS-lərin layihələndirilməsi, yaradılması və tətbiqi təcrübəsi göstərir ki, ilk növbədə layihələndirmənin texniki tapşırığına əsasən onların konseptual modeli formalaşdırılmalı və ona əsasən ÇİS-in struktur-kinematik sxemi işlənəlidir. ÇİS-lər mürəkkəb xarakterli diskret sistemlər kateqoriyasına aid edildiyindən, onların kompleks şəkildə birbaşa layihələndirilməsi çətinləşir, hətta bəzi hallarda mümkünsüz olur. Çıxış yolu kimi onların struktur modellərinin [1]-də göstərildiyi kimi məntiqi başa çatdırılmış konkret funksiyaları yerinə yetirən və bir-biri ilə son məqsədə nail olmaq üçün qarşılıqlı əlaqədə olan, paralellik prinsipi gözlənilməklə fəaliyyət göstərən ÇİM-lərə (çevik istehsal modullarına) bölməklə tədqiq etməkdir. Bu halda hər bir ÇİM-ə asinxron avtomat (metamodel) kimi baxmaq olar və səmərəli modelləşdirmə aparatlarından istifadə etməklə kompüter eksperimentləri ilə layihələndirilməsinin məqsədəuyğunluğu qiymətləndirilə bilər.

Kompüter texnikasının inkişafının müasir vəziyyəti və perspektivləri son vaxtlar riyazi modelləşdirmə üsullarının geniş istifadəsini aktuallaşdırır. Riyazi modelləşdirmə analitik və imitasiya modelləşdirilməsi şəklində iki hissəyə bölünür [3,7]. Analitik modelləşdirmə öz növbəsində fasiləsiz və diskret xarakterli prosesləri tədqiq etmək nöqtəyi-nəzərindən iki hissəyə bölünür. ÇİS-lər diskret xarakterli sistemlər kateqoriyasına aid edildiyindən, onların tədqiqi üçün əsasən aşağıdakı riyazi aparatlardan istifadə olunur; sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, semantik şəbəkələr, Freym və məntiqi modellər, produksiya modelləri, Petri şəbəkəsi və s.

Təcrübə göstərir ki, sadalanan modelləşdirmə aparatlarından ÇİS-lərin modelləşdirilməsində geniş istifadə edilənlər aşağıdakılardır: sonlu avtomatlar [8], paralel fəaliyyətli asinxron proseslər [9], produksiya modelləri [10] və Petri şəbəkələri [11]. [3]-də göstərilən modelləşdirmə aparatlarının müqayisəli analizi verilmiş, hər birinin üstün və çatışmayan xüsusiyyətləri və tətbiq sahələri göstərilmişdir. Məsələn, göstərilir ki, sonlu avtomatlar tərkibində azsaylı mexatron qurğular olan ÇİM-in tədqiqi üçün səmərəli hesab olunur. ÇİM-in tərkibi nisbətən mürəkkəb xarakter daşıdıqda sonlu avtomatlardan istifadə səmərəli hesab edilmir.

Paralel fəaliyyətli asinxron proseslər əsasən tsiklik rejimdə fəaliyyət göstərən mexatron qurğuların modelləşdirilməsi və tədqiqində səmərəli hesab edilir. Mexatron qurğuların nisbətən mürəkkəb qarşılıqlı əlaqələrdə fəaliyyəti proseslərində göstərilən modelləşdirmə aparatı arzu olunan nəticələrə nail olmağa imkan vermir. Produksiya modellərinin əsas üstün cəhəti onların strukturunun sadəliyi, sadə şəkildə qavranılması və layihələndirilməsi və həm də işçi rejimlərdə təkmilləşdirilməsi imkanına malik olmasıdır. Bu modelləşdirmə aparatının əsas çatışmayan cəhəti produksiya alqoritmlərinin səhvlərinin tətbiq mərhələlərində aşkarlanmasıdır ki, bu da həmin mərhələnin müddətinin artırılması ilə müşayiət olunur.

[2]-də göstərildiyi kimi Petri şəbəkələri ÇİS-lərin modelləşdirilməsi və idarəedilməsində iki əsas formada istifadə edilir: ÇİS-in idarə edilməsində idarə alqoritm kimi; ÇİS-dən kənarda onun ayrı-ayrı modullarının Petri şəbəkəsi ilə modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi üçün Petri şəbəkəsi göstərilən modelləşdirmə aparatları ilə müqayisədə daha universal alətdir və bu aşağıdakılarla izah olunur: çox da mürəkkəb olmayan ÇİS-in birbaşa Petri şəbəkəsinin terminləri ilə modelləşdirilməsi və idarəedilməsi, nəticələrin qrafiki üsullarla təsviri; layihələndirilən obyektin məqsədəuyğunluğunun Petri şəbəkəsinin əsas xüsusiyyətlərinin analizi

nəticəsində qiymətləndirilməsi. Petri şəbəkəsinin universallığı imkan verir ki, göstərilən modelləşdirmə aparatları ilə təsvir edilən modelləri Petri şəbəkəsinin əsas xüsusiyyətlərini analiz etməklə ÇİS kompleks şəkildə kompüter eksperimentləri ilə tədqiq olunsun [12].

Bu halda aşağıdakı məsələlər həll edilməlidir [13]: ÇİS-in modullarının təyinatından asılı olaraq, uyğun modelləşdirmə aparatları – sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, produksiya modelləri ilə təsvirinin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsi alqoritmlərinin işlənməsi; ÇİS-in Petri şəbəkəsi şəklində formalaşdırılmış modelinin Petri şəbəkəsinin əsas xassələrini analiz etməklə, kompleks şəkildə kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi və ÇİS-in layihələndirilməsinin məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsi.

[14]-də ÇİS-in kompleks şəkildə modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqini həyata keçirən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin (ALA) arxitekturası təklif edilir. Arxitektura ÇİS-in struktur modelinin və dinamik davranış alqoritminin avtomatlaşdırılmış modelləşdirmə üsulları ilə tədqiqi nəzərdə tutulur. Göstərilir ki, ÇİS-in struktur modelinin yaradılması, kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi imitasiya modelləşdirilməsi üsullarından istifadə edilməklə, imitasiyanın nəticələrinin təsviri isə animasiya üsulları ilə həyata keçirilməlidir [4].

ÇİS-in dinamik davranış alqoritminin avtomatlaşdırılmış modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi üç səviyyədə - biliklər bazalarının tədqiqat obyektinə səviyyəsində, müxtəlif təyinatlı modelləşdirmə aparatları ilə formalaşdırılan giriş informasiyası, ÇİS-in fəaliyyətinin Petri şəbəkəsi formasında ilkin riyazi modeli və proqram məhsulu səviyyəsində yaradılması nəzərdə tutulur.

ALA-nın əsas komponentlərindən biri kimi əlaqə interfeysini, yəni müxtəlif təyinatlı modelləşdirmə aparatları vasitəsi ilə təsvir olunan giriş informasiyasının Petri şəbəkəsi modelinə çevirən alqoritmləri göstərmək olar. Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlar nəticəsində sonlu avtomatlar şəklində modelin və produksiya qaydaları şəklində modelin Petri şəbəkəsinə çevrilməsi alqoritmləri işlənmişdir [15,16]. Digər modelləşdirmə aparatları ilə təsvir edilmiş giriş informasiyalarının da Petri şəbəkəsi modelinə çevrilmə alqoritminin işlənməsi ALA-nın funksional imkanlarını artırmağa imkan yaradır.

ALA-nın riyazi səviyyəsində Petri şəbəkəsinin əsas xassələri- məhdudluq (sistemin ayrı-ayrılıqda vəziyyətinin sonlu olması), təhlükəsizlik (vəziyyətin sayı vahiddən çox deyil), mümkünlülük (Petri şəbəkəsini M_0 vəziyyətindən M^1 vəziyyətinə gətirən keçidlər ardıcılığı mövcuddur), yaşarlılıq (şəbəkənin fəaliyyəti prosesində çıxılmaz vəziyyətin olmaması) və saxlanıqlıq (əlavə resursların yaranması və ləğv olunmasının mümkünsüzlüyü), analiz olunur, əgər tələb olunan xassələr ödənilərsə, onda davranış alqoritminin adekvatlığı məqbul hesab olunur və proqram səviyyəsində idarə alqoritminin proqramı formalaşdırılır [12].

Göstərilən modelləşdirmə üsulları və yanaşmalar determinə olunmuş mühitdə fəaliyyət göstərən diskret xarakterli paralel fəaliyyətli istehsal modullarının modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi üçün səmərəli hesab olunur. Qeyri-müəyyənlik şəraitində və xarici mühitlə qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərən paralel fəaliyyətli diskret xarakterli proseslərin modelləşdirilməsi və tədqiqi üçün geniş istifadə edilən modelləşdirmə aparatlarının modifikasiyalarından istifadə edilməsi perspektiv istiqamət hesab edilir. Xüsusən də universal modelləşdirmə aparatı hesab edilən Petri şəbəkəsinin genişlənmələrindən istifadə edilməsi vacib aktuallıq kəsb edir.

Analizin nəticələrini ümumiləşdirərək, aşağıdakıları göstərmək olar:

1. İstehsal sistemlərinin evolyusiyasının çevik istehsal sistemləri mərhələsi və ondan sonrakı mərhələlərdəki inkişaf perspektivləri göstərir ki, proseslərin “qeyri-müəyyənlik dərəcəsi” və “müxtəliflik” xarakteristikaları o səviyyədə mürəkkəbləşir ki, onların ənənəvi üsullarla layihələndirilməsi çətinləşir, hətta əksər hallarda mümkünsüz olur. Odur ki, yeni, səmərəli yanaşmaların işlənməsi aktuallıq kəsb edir.

2. Təcrübə göstərir ki, bu halda layihə edənlərin layihələndirmənin ilkin mərhələlərindəki ideyaları, son nəticədə, xüsusən də sınaq və tətbiq mərhələlərində özünü doğrultmur. Odur ki, layihə proseduralarının təkrarən yerinə yetirilməsi tələb olunmaqla əlavə resurslara ehtiyac yaranır və layihələndirmə mərhələlərinin müddəti süni şəkildə artırılır, layihə məhsulunun istismarda olma müddəti azalır, bəzi hallarda isə layihələndirilən obyekt fiziki və mənəvi cəhətdən sınaq mərhələsində “qocalmış” hesab edilir.

3. Geniş istifadə edilən modelləşdirmə aparatlarının hər birinin özünə məxsus üstün və çatışmayan cəhətləri və səmərəli tətbiq sahələri vardır. Onlardan səmərəli istifadə edilməsi layihələndirmə proseduralarının səmərəliliyinin yüksəltməsini təmin edir. Səmərəliliyin yüksəldilməsinin digər yolu kimi layihələndirmənin bütün mərhələlərində modelləşdirmə aparatlarından istifadə etmək və kompüter eksperimentləri ilə layihələndirilən obyektin yaradılmasının məqsəduyğunluğunun qiymətləndirilməsidir.

4. Diskret xarakterli mürəkkəb sistemlərin ilkin layihələndirmə mərhələsində modelləşdirilməklə kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi üçün konseptual model əsasında onun struktur sxemini ayrı-ayrı məntiqi başa çatdırılmış funksiyaları yerinə yetirən modullara bölmək, onları qarşılıqlı əlaqədə paralel fəaliyyət göstərən asinxron avtomatlar kimi struktur modellərini imitasiya modelləşdirmə üsulları ilə, dinamik davranış alqoritmini isə analitik modelləşdirmə üsullarından istifadə etməklə kompüter eksperimentləri ilə tədqiq etmək səmərəli yanaşma hesab edilir.

5. Petri şəbəkəsi modelinin universallığını nəzərə alaraq və onun özündə paralellik və asinxronluq prinsiplərini əks etdirildiyini əsas götürərək, paralel fəaliyyətli asinxron proseslərin kompleks şəkildə kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi və layihələndirilən obyektin ilkin layihələndirmə mərhələsində məqsəduyğunluğunun qiymətləndirilməsi aktual yanaşmadır.

6. Qeyri-müəyyənlik şəraitində xarici mühitlə qarşılıqlı əlaqəli fəaliyyət göstərən diskret xarakterli mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi üçün mövcud modelləşdirmə aparatlarının modifikasiyalarından, xüsusən də Petri şəbəkəsinin genişlənmələrindən istifadə edilməsi aktualıq kəsb edir.

Məqalənin davamında mövcud modelləşdirmə aparatlarının, xüsusən də Petri şəbəkələrinin, modifikasiyalarının qeyri-müəyyənlik şəraitində qarşılıqlı əlaqədə paralel fəaliyyət göstərən asinxron avtomatların modelləşdirilməsinə və idarəedilməsinə tətbiqi məsələlərinə həsr olunması nəzərdə tutulur.

ƏDƏBİYYAT

1. Мараховский В.Б., Розенблюм Л.Я., Яковлев А.В. Моделирование параллельных процессов. Сети Петри. СПб.: Профессиональная литература, 2014, 400 с.
2. Математическая энциклопедия, т.3, М.: Советская энциклопедия, 1982, 574 с.
3. Əhmədov M.A., Məhəmmədli H.M. İnformasiya sistemlərinin avtomatlaşdırılmış modelləşdirilməsi və tədqiqi üsulları. Sumqayıt, 2015, 135 s.
4. Емельянов В.В., Ясиновский С. И. Имитационное моделирование систем. М.: МГТУ им. Н.Э Баумана, 2009, 584 с.
5. Буля А.П., Кононюк А.Е., Куценко Г.П. и др. Справочник по САПР / Под.ред. В.И.Скурихина. Киев: Техника, 1988, 375 с.
6. Ахмедов М.А., Ахмедова С.М. Разработка архитектуры инструмента автоматизированного проектирования имитационной модели гибкого производственного модуля // Системы управления и информационные технологии. Научно-технический журнал, №4, 1(62), 2015.
7. Зиновьев В.В. Компьютерная имитация и анимация / Кузбас гос. тех. университет. Кемерово, 2009
8. Каган Б.М. Электронные вычислительные машины и системы. 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1991, 592 с.

9. Автоматное управление асинхронными процессами в ЭВМ и дискретных системах./ Гл. ред. физ.-мат. лит., Под. ред. В.В. Варшавского. М.: Наука. 1986, 400с.
10. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. М.: Наука, 1988, 280с.
11. Лескин А.А., Мальцев П.А., Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении. Л.: Наука, 1985, 133 с.
12. Ахмедов М.А., Мустафаев В.А. Автоматизация моделирования с применением сетей Петри. Баку: Элм, 2007, 144 с.
13. Ахмедов М.А., Ахмедова С.М., Ахмедова Х.М. Автоматизированное проектирование гибких производственных систем с применением сети Петри // «Научные известия» Сумгаитского государственного университета. Том 2, №1. Сумгаит, 2002, с.47-50
14. Кязимов Н.М., Магомедли Х.М. Архитектура инструмента автоматизированного проектирования гибких производственных систем // Информационные технологии моделирования и управления. №3 (62). Воронеж: Научная книга, 2010, с.371-378
15. Sadıqov Z.Ə., Məhəmmədli H.M. Produksiya modelləri ilə təsvir edilmiş giriş informasiyasının Petri şəbəkəsinə çevrilməsi alqoritmi. / Труды шестой Международной научно-технической конференции «Микроэлектронные преобразователи и приборы на их основе». Баку-Сумгаит, 2002, с.155-156
16. Мамедов Дж.Ф. Магомедли Х.М. Моделирование ГПМ в виде конечных автоматов и исследование анализом основных свойств сети Петри / Сборник трудов по итогам XVI Международной открытой конференции «Современные проблемы информатизации в моделировании и социальных технологиях». вып.16, Воронеж: Научная книга, 2011, с.260-264.

РЕЗЮМЕ

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНО ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОДУЛЕЙ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ахмедов М.А., Зейналабдыева И.С.

Ключевые слова: *моделирование, гибкие производственные системы, параллельно-функционирующие асинхронные процессы.*

В работе проанализированы современное состояние моделирующих аппаратов дискретных производственных систем, вообще, и параллельно-функционирующих производственных модулей, в частности показано, что для комплексного исследования параллельно-функционирующих дискретных процессов целесообразным моделирующим аппаратом являются сети Петри с различными расширениями.

SUMMARY

ANALYSIS OF MODERN STATE OF RESEARCHING PARALLEL FUNCTIONING PRODUCTION MODULES BY MODELING METHODS

Ahmedov M.A., Zeynalabdiyeva I.S.

Key words: *modeling, flexible production systems, parallel-functioning asynchronous processes.*

The paper analyzes the current state of modeling devices of discrete production systems, in general, and in particular, parallel-functioning production modules. It is shown that for a comprehensive study of parallel-functioning discrete processes, a suitable simulating apparatus is Petri nets with various extensions.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	08.04.2019
	Son variant	24.06.2019

UOT 519.95

MEXANİKİ EMAL MƏRKƏZİNDƏ NƏQLİYYAT MANİPULYATORLARININ FƏALİYYƏTİNİN SİNXRONLAŞDIRILMASI MODELİ

SALMANOVA MƏLAHƏT NƏSİMAN qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, baş müəllimmalaxat_70@mail.ru*Açar sözlər: nəqliyyat manipulyatoru, rəngli zaman Petri şəbəkəsi, mexaniki emal mərkəzi, markerləşmə, modelləşdirmə.*

Mürəkkəb paylanmış sistemlərin modelləşdirilməsi zamanı simulyasiya edilən obyektin təsviri üçün lazım olan mövqelər və keçidlərin sayı əhəmiyyətli dərəcədə artaraq, modelləşdirmə prosesini mürəkkəbləşdirir. Belə sistemlərin modelləşdirilməsi zamanı ənənəvi Petri şəbəkəsinin genişlənmələrindən biri olan rəngli zaman Petri şəbəkəsinin (RZPŞ) tətbiqi daha aktualdır. Təqdim olunan məqalədə RZPŞ-in tətbiqi ilə mexaniki emal mərkəzində paralel fəaliyyətdə olan emaledici qurğuların giriş və çıxış saxlayıcılarının detallarla uyğun olaraq yüklənməsi və boşaldılması əməliyyatlarını icra edən nəqliyyat manipulyatorlarının hərəkətinin sinxronlaşdırılması modelinin işlənməsinə baxılmışdır.

Mexaniki emal mərkəzində sadalanan prosesləri yerinə yetirmək üçün dörd nəqliyyat manipulyatoru (NM) fəaliyyət göstərir. NM-nun fəaliyyətinin sinxronlaşdırılması modeli RZPŞ şəklində təsvir olunur. RZPŞ-nin tətbiqi şəbəkənin strukturunu mürəkkəbləşdirmədən, mövqe və keçidlərin sayını əhəmiyyətli dərəcədə azaldaraq modelləşdirilmə prosesini sürətləndirir[1,2].

Ümumiləşmiş RZPŞ formal olaraq $C = (N, R, \Lambda, \Phi, \Psi, Z, S, \mu_0)$ toplusu şəklində təyin olunur[3,4]. Burada $N = (P, T, I, O)$ – rəngli Petri şəbəkəsinin strukturudur; $P = \{p_i\}$, $(i = 1, \dots, n; n - \text{mövqelərin sayı})$ – mövqelərin boş olmayan çoxluğu; $T = \{t_j\}$, $(j = 1, \dots, m; m - \text{keçidlərin sayı})$ – keçidlərin boş olmayan çoxluğu; $I : P \times T \rightarrow \{0, 1, \dots\}$; $O : T \times P \rightarrow \{0, 1, \dots\}$ – keçidlərin uyğun olaraq giriş və çıxış funksiyaları; $R = \{r_i\}$, $(i = 1, \dots, k; k - \text{rənglərin sayı})$ – mövqelərin və markerlərin boş olmayan rənglər çoxluğu; $\Phi : (P \times R) \times T \rightarrow (0, 1)$ və $\Psi : T \times (P \times R) \rightarrow (0, 1)$ – uyğun olaraq keçidlərin giriş və çıxış mövqelərində markerlərin rənglərinin paylanma funksiyaları; Λ – şəbəkənin mövqelərində rənglərin paylanma funksiyası; $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ – mövqelərdə markerlərin zamana görə gecikmə parametrləri vektoru; $S = (s_1, s_2, \dots, s_m)$ – icazəli keçidlərin yerinə yetirilmə müddəti parametrləri vektoru; μ_0 – şəbəkənin başlanğıc markerləşməsidir. Φ və Ψ funksiyaları keçidlərin yerinə yetirilməsi qaydalarını təyin edir və şəbəkənin fəaliyyəti zamanı markerlərin rənglərinin mövqelər üzrə paylanmasını müəyyənləşdirir.

Şəbəkənin mövqelərindəki markerlər iki vəziyyətdə ola bilər: buraxılan və buraxılmayan, yəni mövqelərdəki markerlərə zamana görə gecikmə parametrləri təsir edir. Gecikmə müddəti başa çatdıqda, icazəli t_j keçidinin giriş və çıxış mövqelərindəki markerlər s_j müddətində aşağıdakı qaydalara uyğun yerini dəyişir[5]:

hər bir giriş mövqeyi üçün:

$$\mu^{k+1}(p_i, r_l) = \mu^k(p_i, r_l) - \varphi(p_i, r_l) \cdot I(p_i, t_j), \quad i = 1, \overline{|I(t_j)|}, \quad l = \overline{1, k};$$

hər bir çıxış mövqeyi üçün:

$$\mu^{k+1}(p_i, r_l) = \mu^k(p_i, r_l) + \varphi(p_i, r_l) \cdot O(t_j, p_i), \quad i = \overline{1, |O(t_j)|}, \quad l = \overline{1, k}.$$

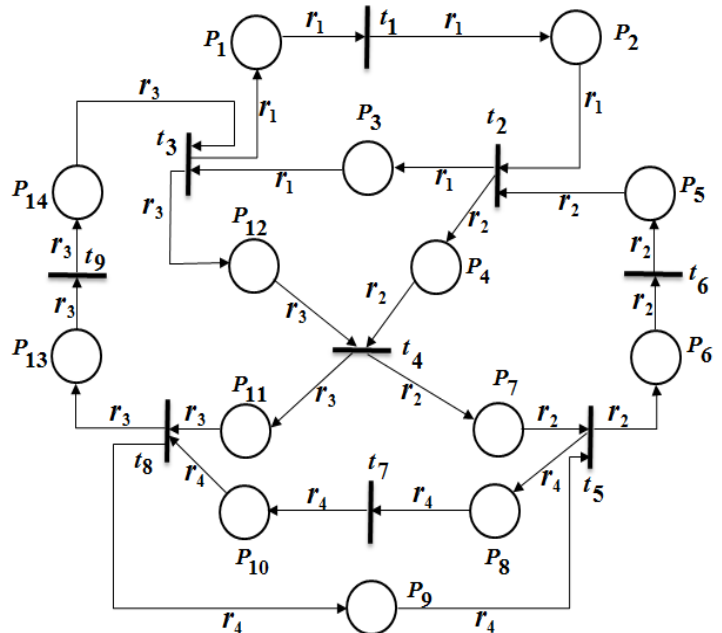
Növbəti keçidin yerinə yetirilməsi üçün $p_i \in I(t_j)$ mövqesindən $p_r \in O(t_j)$ mövqeyinə yerini dəyişən hər bir marker p_r mövqeyində z_r zaman müddətində buraxılan olmayacaq (z_r – markerin p_r mövqeyində bloklanma müddətidir, bu müddət sona çatdıqda marker yenidən buraxılan olur).

Şəbəkənin fəaliyyəti, keçidlərin yerinə yetirilməyə başlanması və sona çatması nəticəsində onun markerləşməsinin dəyişməsi prosesini ifadə edir. Keçidin yerinə yetirilməsi onun yerinə yetirilməyə başlamasından τ_{t_j} zaman taktı keçdikdən sonra başa çatır. Zaman mütləq kəmiyyət kimi deyil, saat, dəqiqə, saniyə, nanosaniyə və s. zaman vahidləri kimi qəbul edilir. Yuxarıda şərh olunanları nəzərə alaraq, RZPSŞ-nin fəaliyyət alqoritmi işlənmişdir[6].

İşlənmiş modeldə nəqliyyat manipulyatorlarının vəziyyəti aşağıdakı mövqelər çoxluğu ilə təsvir olunur: p_1 – NM1-in tutqac qurğusunda NM3-ün ötürdüyü detal var və tutqac qurğusu bağlıdır; p_2 – NM1-in tutqac qurğusu bağlıdır, NM1 detalı NM2-yə ötürmə rejimindədir; p_3 – NM1-in tutqac qurğusu bağlıdır, NM1 detalı NM3-ə ötürmə rejimindədir; p_4 – NM2-in tutqac qurğusu bağlıdır, NM2 detalı NM3-ə ötürmə rejimindədir; p_5 – NM2-in tutqac qurğusu bağlıdır, NM2 detalı NM1-ə ötürmə rejimindədir; p_6 – NM2-in tutqac qurğusunda NM4-ün ötürdüyü detal var və tutqac qurğusu bağlıdır; p_7 – NM2-in tutqac qurğusu bağlıdır, NM2 detalı NM4-ə ötürmə rejimindədir; p_8 – NM4-ün tutqac qurğusunda NM2-in ötürdüyü detal var və tutqac qurğusu bağlıdır; p_9 – NM4-ün tutqac qurğusu bağlıdır, NM4 detalı NM2-yə ötürmə rejimindədir; p_{10} – NM4-ün tutqac qurğusu bağlıdır, NM4 detalı NM3-ə ötürmə rejimindədir; p_{11} – NM3-ün tutqac qurğusu bağlıdır, NM3 detalı NM4-ə ötürmə rejimindədir; p_{12} – NM3-ün tutqac qurğusu bağlıdır, NM3 detalı NM2-yə ötürmə rejimindədir; p_{13} – NM3-ün tutqac qurğusunda NM4-ün ötürdüyü detal var və tutqac qurğusu bağlıdır; p_{14} – NM3-ün tutqac qurğusu bağlıdır, NM3 detalı NM1-ə ötürmə rejimindədir.

Şəkil 1-də mexaniki emal mərkəzində NM-in fəaliyyətinin sinxronlaşdırılması qraf-modeli verilmişdir. NM-nun hərəkət trayektoriyalarının kəsişmə zonası onların bir-birinə detalların qarşılıqlı ötürülməsi prosesinin icra olunmasını ifadə edir. Şəbəkənin keçidlərinin çıxış qövslərindəki rənglər, NM-in hər birinin öz qapalı trayektoriyaları ilə kəsişməyən zonalarda sərbəst hərəkətini təsvir edir.

Moduldakı mümkün hadisələr aşağıdakı keçidlər çoxluğu ilə təsvir edilir: t_1 – NM1 detalın ötürmə mövqeyi istiqamətində yerdəyişməsini icra edir; t_2 – NM1 ilə NM2 arasında detalların qarşılıqlı ötürmə əməliyyatı icra edilir; t_3 – NM1 ilə



Şəkil 1. Mexaniki emal mərkəzində nəqliyyat manipulyatorlarının fəaliyyətinin sinxronlaşdırılmasının qraf-modeli

NM3 arasında detalların qarşılıqlı ötürmə əməliyyatı icra edilir; t_4 – NM2 ilə NM3 arasında detalların qarşılıqlı ötürmə əməliyyatı icra edilir; t_5 – NM2 ilə NM4 arasında detalların qarşılıqlı ötürmə əməliyyatı icra edilir; t_6 – NM2 detalı ötürmə mövqeyi istiqamətində yerdəyişməsinə icra edir; t_7 – NM4 detalın ötürmə mövqeyi istiqamətində yerdəyişməsinə icra edir; t_8 – NM3 ilə NM4 arasında detalların qarşılıqlı ötürmə əməliyyatı icra edilir; t_9 – NM3 detalın ötürmə mövqeyi istiqamətində yerdəyişməsinə icra edir.

Tədqiq edilmiş modeldə dörd rəng $R = (r_1, r_2, r_3, r_4)$ verilmişdir: r_1 – NM1 ; r_2 – NM2; r_3 – NM3; r_4 – NM4.

Mövqelər çoxluğunun (9×14) ölçülü $D^-(9,14)$ giriş və keçidlər çoxluğunun (9×14) ölçülü $D^+(9,14)$ çıxış insidentlik matrisləri uyğun olaraq aşağıdakı kimi təsvir edilir:

$$D^-(9,14) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad D^+(9,14) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Keçidlərin giriş və çıxış mövqelərində markerlərin rənglərinin paylanma funksiyaları uyğun olaraq $\Phi(9,4)$ və $\Psi(9,4)$ matrisləri ilə təsvir olunur:

$$\Phi(9,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \Psi(9,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Mövqelərdə rənglərin paylanması $\Lambda(14,4)$ və ilkin markerləşmə $\mu^0(14,4)$ matrisləri uyğun olaraq aşağıdakı kimi təsvir edilir:

$$\Lambda(14,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \mu^0(14,4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Mövqelərdəki markerlərin zamana görə gecikmə parametrləri vektorunun və icazəli keçidlərin yerinə yetirilmə müddəti parametrləri vektorunun elementləri aşağıdakı kimi verilir:

$$Z = (3,4,3,5,7,6,3,4,7,5,4,6,3,4); S = (5,2,4,6,3,7, 4,4,6).$$

İlkin verilənlərə əsasən kompüter eksperimenti aparılmış və aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

$$\mu^0(14,4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \mu^1(14,4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \mu^2(14,4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}; \mu^3(14,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mu^4(14,4)=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \mu^5(14,4)=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \mu^6(14,4)=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \mu^7(14,4)=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mu^8(14,4)=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \mu^9(14,4)=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$\mu_{2,1}^0 = \mu_{5,2}^0 = \mu_{9,4}^0 = \mu_{13,3}^0 = 1$ başlanğıc markerləşməsindən yerinə yetirilən $\sigma = (t_2, t_9, t_3, t_4, t_5, t_7, t_8, t_6, t_1)$ keçidlər ardıcılığı alınmışdır. Verilmiş başlanğıc markerləşməyə uyğun olaraq, NM1 ilə NM2, NM1 ilə NM3, NM2 ilə NM3, NM2 ilə NM4 və NM3 ilə NM4 arasında detalların qarşılıqlı ötürülməsi prosesi icra edilir. Matrislərdə markerlərin dəyişməsi cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.

Matrislərdə markerlərin dəyişməsi

Yerinə yetirilən keçidlər	Keçidlərin yerinə yetirilmə momentləri	Markerləşmələr
t_2	$\tau_{t_2} = 9$	$\mu_{3,1}^1 = 1, \mu_{3,2}^1 = 1, \mu_{4,1}^1 = 1, \mu_{4,2}^1 = 1, \mu_{9,4}^1 = 1, \mu_{13,3}^1 = 1$
t_9	$\tau_{t_9} = 18$	$\mu_{3,1}^2 = 1, \mu_{3,2}^2 = 1, \mu_{4,1}^2 = 1, \mu_{4,2}^2 = 1, \mu_{9,4}^2 = 1, \mu_{14,3}^2 = 1$
t_3	$\tau_{t_3} = 26$	$\mu_{1,1}^3 = 1, \mu_{1,3}^3 = 1, \mu_{3,2}^3 = 1, \mu_{4,1}^3 = 1, \mu_{4,2}^3 = 1, \mu_{9,4}^3 = 1, \mu_{12,1}^3 = 1, \mu_{12,3}^3 = 1$

t_4	$\tau_{t_4} = 38$	$\mu_{1,1}^4 = 1, \mu_{1,3}^4 = 1, \mu_{3,2}^4 = 1, \mu_{4,1}^4 = 1, \mu_{7,2}^4 = 1, \mu_{7,3}^4 = 1,$ $\mu_{9,4}^4 = 1, \mu_{11,2}^4 = 1, \mu_{11,3}^4 = 1, \mu_{12,1}^4 = 1$
t_5	$\tau_{t_5} = 48$	$\mu_{1,1}^5 = 1, \mu_{1,3}^5 = 1, \mu_{3,2}^5 = 1, \mu_{4,1}^5 = 1, \mu_{6,2}^5 = 1, \mu_{6,4}^5 = 1,$ $\mu_{7,3}^5 = 1, \mu_{8,2}^5 = 1, \mu_{8,4}^5 = 1, \mu_{11,2}^5 = 1, \mu_{11,3}^5 = 1, \mu_{12,1}^5 = 1$
t_7	$\tau_{t_7} = 56$	$\mu_{1,1}^6 = 1, \mu_{1,3}^6 = 1, \mu_{3,2}^6 = 1, \mu_{4,1}^6 = 1, \mu_{6,2}^6 = 1, \mu_{6,4}^6 = 1,$ $\mu_{7,3}^6 = 1, \mu_{8,2}^6 = 1, \mu_{10,4}^6 = 1, \mu_{11,2}^6 = 1, \mu_{11,3}^6 = 1, \mu_{12,1}^6 = 1$
t_8	$\tau_{t_8} = 65$	$\mu_{1,1}^7 = 1, \mu_{1,3}^7 = 1, \mu_{3,2}^7 = 1, \mu_{4,1}^7 = 1, \mu_{6,2}^7 = 1, \mu_{6,4}^7 = 1,$ $\mu_{7,3}^7 = 1, \mu_{8,2}^7 = 1, \mu_{9,3}^7 = 1, \mu_{9,4}^7 = 1, \mu_{11,2}^7 = 1, \mu_{12,1}^7 = 1,$ $\mu_{13,3}^7 = 1, \mu_{13,4}^7 = 1$
t_6	$\tau_{t_6} = 78$	$\mu_{1,1}^8 = 1, \mu_{1,3}^8 = 1, \mu_{3,2}^8 = 1, \mu_{4,1}^8 = 1, \mu_{5,2}^8 = 1, \mu_{6,4}^8 = 1,$ $\mu_{7,3}^8 = 1, \mu_{8,2}^8 = 1, \mu_{9,3}^8 = 1, \mu_{9,4}^8 = 1, \mu_{11,2}^8 = 1, \mu_{12,1}^8 = 1,$ $\mu_{13,3}^8 = 1, \mu_{13,4}^8 = 1$
t_1	$\tau_{t_1} = 86$	$\mu_{1,3}^9 = 1, \mu_{2,1}^9 = 1, \mu_{3,2}^9 = 1, \mu_{4,1}^9 = 1, \mu_{5,2}^9 = 1, \mu_{6,4}^9 = 1,$ $\mu_{7,3}^9 = 1, \mu_{8,2}^9 = 1, \mu_{9,3}^9 = 1, \mu_{9,4}^9 = 1, \mu_{11,2}^9 = 1, \mu_{12,1}^9 = 1,$ $\mu_{13,3}^9 = 1, \mu_{13,4}^9 = 1$

Nəticə. İşlənmiş algoritmin tətbiqi ilə, RZPŞ şəklində sinxronlaşdırma modelinin struktur elementləri matris şəklində təsvir olunmuş, konflikt vəziyyətində olan icazəli keçidlərin yerinə yetirilməsi məsələsi həll edilmiş, şəbəkənin mövqe və keçidlərinin sayı azalaraq modelləşdirmə prosesi sadələşmiş və sürətlənmişdir. Delphi 7.0 sistemində proqram təminatı işlənmiş, belə ki, onun tətbiqi kifayət qədər böyük ölçülü matrislərə malik məsələləri həll etməyə imkan verir, bu da mürəkkəb paylanmış sistemlərin modelləşdirilməsi tələblərinə tam cavab verir.

ƏDƏBİYYAT

1. W.M.P. Van Der Aalst, Stahl C. Modelling Business Possesses—A Petri Net—Oriented Approach by. //The MIT Press. 2011.400 p.
2. Lopez-Mellado E. Analysis of discrete event systems by simulation of timed Petri net models. // Mathematics and Computers in Simulation, Vol 61 No. 1, 2002, pp.53-59
3. Jensen K., Kristensen L. M. Coloured Petri Nets: Modelling and Validation of Concurrent Systems. // Lst Springer Publishing Company. Incorporated. 2009. 384 p.
4. Holliday M.A., Vernon M.K., A Generalized Timed Petri Net Model For Performance Analysis. // IEEE TRANSACTIONS ON SOFTWARE ENGINEERING, vol. Se-13, No. 12, 1987.
5. Пантюшин С.В., Назаретов В.М., Тягунов О.А. и др. Моделирование робототехнических систем и гибких автоматизированных производств. М.: Высшая школа 1986, с.164-170
6. Мустафаев В.А., Салманова М.Н. Модель функционирования производственной системы механообработки в виде раскрашенных временных сетей Петри // Электротехнические и информационные комплексы и системы, № 2, т. 14, Уфа, 2018, с.37-45

РЕЗЮМЕ
МОДЕЛЬ синхронизации функционирования транспортных манипуляторов в центре механообработки

Салманова М.Н.

Ключевые слова: *транспортный манипулятор, раскрашенная временная сеть Петри, механический обрабатывающий центр, маркирование, моделирование*

Модель синхронизации функционирования транспортных манипуляторов в центре механообработки представлена в виде раскрашенных временных сетей Петри. Показано, что принятые правила срабатывания переходов полностью описывают процесс функционирования РВСП.

SUMMARY
SYNCHRONIZATION MODEL OF FUNCTIONING OF TRANSPORT MANIPULATORS IN THE CENTER OF MECHANICAL PROCESSING

Salmanova M.N.

Key words: *transport manipulator, colored timed Petri net, mechanical machining center, marking, modeling*

The synchronization model of functioning of transport manipulators in the center of mechanical processing presented in the form of colored timed Petri nets. It is shown that the simple rules for triggering transitions completely describe the process of functioning CTPN.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	28.11.2018
	Son variant	24.06.2019

UOT 519.16

DATA MINING TEXNOLOGİYASINDAN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ QƏRARI DƏSTƏKLƏMƏ SİSTEMLƏRİNİ İNKİŞAF ETDİRMƏ PROSESİ

¹MƏMMƏDOVA TAMİLLA ABUSƏİD qızı,²HACIYEVA RƏNA FƏRƏMƏZ qızı

1,2- assistant

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı,

mammadova1965@gmail.com, renahajiyeva3@gmail.com

Açar sözlər: DATA MINING texnologiyası, qərarı dəstəkləmə sistemi, qərar alqoritmləri, neyron şəbəkələr.

Qərarı Dəstəkləmə Sistemi (QDS) anlayışı uzun zamandır ki, mövcuddur, anlayış olaraq isə qeyd etmək lazımdır ki, informasiya texnologiyalarının inkişafından asılı olaraq dəyişməkdədir [1].

Bir neçə araşdırmaya baxdığımız zaman görürük ki, Moore və Chang adlı ixtiraçılar bu sistemi “genişlənən sistem” olaraq təyin etmişdir. Onlar araşdırmalarından çıxan nəticəni belə ifadə etmişlər: “Planlı və plansız zamanlarda bu sistemin analizi və qərarı modelləşdirmə bacarığı gələcəyə doğru pozitiv olaraq diqqətimizi çəkdi. Also Carlson və Sprague isə fərqli yanaşaraq qərarı dəstəkləmə sistemləri anlayışını belə irəli sürmüşlər: “Strukturlaşdırılmış və yarı strukturlaşdırılmış iqtisadi problemlərin həllində istehsalçılara məlumat və modelləri istifadə edərək köməklik göstərən interaktiv sistemlər” 1998-ci ildə Turban adlı ixtiraçı Qərarı Dəstəkləmə Sistemini "interaktiv, çevik və uyğunlaşa bilən bir sistem" olaraq təyin edir və idarəetmə problemlərinin həlledici prosesi kimi qiymətləndirilir. Sistem məlumatları (daxili və xarici) və modelləri istifadə edərək sadə və asan istifadə olunan interfeyslə təmin edir. Beləliklə, qərar qəbul edən qərarı prosesinə nəzarət edir. QDS bütün qərar prosesinin mərhələlərində dəstək verir [2,3,4].

Bu tədqiqat işində araşdırmalar göstərir ki, Qərarı Dəstəkləmə Sisteminin müəyyənləşdirilməsi prosesi QDS-in məqsədlərinin necə əldə oluna biləcəyi ideyasından başlayıb. QDS-in komponentləri son istifadəçiyə verilmiş xüsusiyyətlər və belə bir sistemin nə edə biləcəyi (qərar vermə prosesində dəstək vermək, strukturlaşdırılmış və konstruktiv olmayan problemləri həll etmək üçün) qəbul etməsindən ibarətdir [5,6].

Qərar alqoritmləri. DATA MINING texnologiyasında qərar alqoritmləri qoşulma olaraq da bilinən ağac görünüşü formasını təsvir edir. Ağacların yaradılması mexanizmi analitikin qəbul etdiyi bütün dəyişənləri toplamaqdan ibarətdir və qərarların qəbul edilməsinə böyük rol oynayır. Nəticələri qiymətləndirmək üçün göstərdiyi təsiri nəzərə alaraq təhlil edir.

Tətbiq sahəsi olaraq qərar alqoritmləri məlumatların çeşidlənməsinə əsaslanaraq, dəyişənlərin hansılarından ən vacib olduğunu müəyyən edir. DATA MINING-də qərar alqoritmləri biznes sahələrində kredit tələbinin çeşidlənməsi, müxtəlif mövqelər üzrə ərizəçilərin sıralaması kimi sahələrdə tətbiq olunur.

Neyron şəbəkələr. Neyron şəbəkələr DATA MINING-də ən çox istifadə olunan üsullardan biridir. Bu metod müşahidə qrupu adlanan qövslü qovşaqlar vasitəsilə bağlı sistemə yerləşdirilir. Bu fikir neyronların insan beyninin içində hərəkət etməsinə əsaslanır. Neyron şəbəkələri, adətən, ən azı üç qatlı, qeyri-xətti əlaqələri əks etdirən sabit kompleks bir quruluşa malikdir. Hər giriş məlumatı birinci qatdakı qovşağa, çıxış məlumatlarını isə sonuncu qata yerləşdirir və nəticəni əks etdirir. Neyron şəbəkə modelini təsnif etmək üçün, şəbəkədəki son qatda (çıxışını ehtiva edən) hər bir kateqoriya üçün müvafiq bir qovşaq var. Çox hallarda bu tip

şəbəkələrin modelinə mürəkkəblik əlavə edən orta qovşağa (gizli) malikdir. Alınan nəticələr hədəf olanlarla müqayisə edilir, qovşağın qiymətində düzəlişlər baş verir və yenidən sistemə daxil edilir. Şəbəkə giriş məlumatlarını düzgün çeşidləyənə qədər proses tam dövrü yaddaşda saxlayır.

Qərarı Dəstəkləmə Sistemlərinin inkişafı, yüksək gəlirlər, insan resursları səyləri və sistemin uğuru aşağıdakı kimi bir çox riskdən təsirlənə bilər:

Sistem dizaynı, məlumat keyfiyyəti və texnologiya köhnəlməsi. Qərarı Dəstəkləmə Sistemlərinin məqsədi, rəhbərlərə kömək etmək və xüsusilə ictimai fondlar halında büdcə vəsaitlərinin hərəkəti və maliyyə planlaşdırılması zamanı sərmayəçilərin xeyrinə qərar verməkdir.

Hal-hazırda, bir çox şirkətlər verilənlər bazasının qurulmasına yüksək miqdarda sərmayə qoyur. Analitik hesabat fəaliyyətinin səmərəliliyi və performansını artırmaq niyyətindədir. Belə ki, təklifləri təhlil etmə, bəzi gələcək planları və işin təkamülünü proqnozlaşdırma xüsusiyyətinə malik bahalı proqramlar mövcuddur. Bunlardan bəzilərinə statistika baxımından və ya neyron şəbəkələrdən istifadə edərək təhlil etmək mümkündür. Araşdırmaya əsaslanaraq, Qərarı Dəstəkləmə Sisteminin səmərəli qurulması üçün təhlilin dəqiqliyinin təkmilləşdirilməsinə imkan verən bir sıra üsullar və metodlar birləşdirilməlidir ki, buna da əsasən iki əsas perspektivdən yanaşmaq lazımdır – dəqiq məlumatlar və proqnozlardan. Bu tələbin reallaşması üçün məlumatların saxlanması, OLAP (Online Analytical Processing), DATA MINING və iş zəkası vasitələrini birləşdirərək, hesabatların daxil edilməsi mümkün olan çevik bir arxitektura sahib olmaq lazımdır. Bir məlumat modelinin səviyyəsində verilənlər bazasında məlumatların təmizlənməsi və yüklənməsi üçün ETL (Extract, Transform, Load) prosesi tətbiq edilməlidir. Tətbiq səviyyəsində isə tarixi və proqnozlaşdırma təhlili üçün birləşdirilə biləcək analitik modellərin tətbiqi üçün OLAP və məlumatların tanınması metodları tətbiq edilir. İnterfeys səviyyəsində isə biznes imkanlarının dəyərləndirilməsinə əsaslanaraq, hesabatlar və cədvəllər tətbiq olunur.

Bu işdə QDS-nin arxitekturasının dizaynı ilə bağlı müzakirə olunacaq və məlumat bazasının daxilində DATA MINING-in integrasiyası üsulları və metodları təsvir olunacaq. Bu araşdırmada müəlliflər biznes məlumat sistemi üçün bir sıra inkişaf mərhələləri təklif edir: *texniki-iqtisadi əsaslandırma, layihə planlaması, təhlil, dizayn, inkişaf və istehsal buraxılma*.

Bu mərhələlər Qərarı Dəstəkləmə Sistemlərinə uyğunlaşdırıla və tətbiq oluna bilər, lakin inkişaf dövründə ümumi sistem modelləşdirilməsi və qərar dəstəyi sistemlərinin modelləşdirilməsi arasında fərqlərin tətbiq edilməsində müvəffəqiyyətli biznes tələbləri əldə etmək üçün ayrı-ayrılıqda müalicə edilməlidir.

Mərhələ 1. Texniki-iqtisadi əsaslandırma tələblərin və iş imkanlarının müəyyənəndirilməsindən və qərarların qəbul edilməsi prosesinin təkmilləşdirilməsindən ibarətdir. Təklif olunan həllərin hər biri nəzərdə tutulan xərclər və faydalarla əsaslandırılmalıdır.

Mərhələ 2. Layihənin planlaşdırılması layihənin davamlılığı imkanlarını qiymətləndirməkdən, mövcud infrastruktur komponentlərini və gələcək ehtiyaclarını indentifikasiya etməkdən ibarətdir. Bu fəaliyyətin nəticəsi layihənin planı ilə yekunlaşır. Təsdiq edildikdən sonra layihə effektiv başlanğıc götürə bilər.

Mərhələ 3. İş imkanlarının təhlili mərhələsində təşkilati idarəetmə qrupunun ilkin tələblərini prioritetləşdirmək və ətraflı təhlil etməkdən ibarətdir. Ümumiyyətlə, tələblər rəhbərlər və layihə işçiləri tərəfindən aparılan müsahibələr əsasında indentifikasiya olunur. Bu tələblər layihə zamanı kiçik dəyişikliklərə səbəb ola bilər, lakin inkişaf qrupu rəhbərləri QDS-in imkanları və məhdudiyyətləri barədə xəbərdar etməlidirlər. Bu da öz növbəsində mümkün olmayan biznes tələblərinin riskini azaldır.

Məlumatın təhlili - qərarların dəstəklənməsi sisteminin inkişafı layihəsinin ən böyük hissəsidir ki, burada zəruri məlumatların müəyyən edilməsi, onun məzmununu və digər məlumatlarla necə əlaqələndirilməsi həyata keçirilir. Məlumatın təhlili ənənəvi metodologiya-

larda yerinə yetirilən sistem analizindən çox biznes təhlili ilə bağlıdır. İlk öncə məlumatların təmizlənməsi işi aparılır.

Məlumatların təmizlənməsi, təhlil modulunun hazırlanmasında istifadə etmək üçün məlumat mənbələrinin dəyişdirilməsini və süzülməsini nəzərdə tutur. Bu proses aşağıdakı kimi baş verir:

- funksional modullardan lazımi məlumatları müəyyənləşdirmək;
- seçilmiş məlumat mənbələrinin məzmununu təhlil etmək;
- layihə üçün müvafiq məlumatların seçilməsi;
- əlaqəli spesifikasiyaları süzgəcləşdirən məlumatların tətbiqi;
- filtrasiya/təmizləmə prosesində istifadə ediləcək vasitələrin seçilməsi.

Mənbənin seçim prosesi zamanı bir neçə əsas aspekt nəzərə alınmalıdır: məlumatların bütövlüyü, həssaslıq, dəqiqlik və məlumat formatı. Bu proseslər yeni ETL prosesinin uğurları baxımından vacibdir. Böyük məlumatların təhlili bütün müəyyən edilmiş tələblərin böyük məlumatların strukturuna və dəyişməsinə əsasən dəyişəcəyi mühüm bir fəaliyyətdir və böyük məlumatlar lüğətində saxlanılır. Böyük məlumatlar lüğəti, layihədə nəzərdə tutulan məlumatlara dair kontekstli məlumatları əhatə edir. Sistem analiz mərhələsi funksional xüsusiyyətlərin qiymətləndirilməsi üçün rəhbərlərə və layihə işçilərinə təqdim ediləcək bir prototip qurmaqla sona çatdırıla bilər. Sürətli inkişaf vasitələrinin mövcudluğu analiz modelinə əsaslanan yeni interfeyslər yaratmağa imkan verir.

Bu mərhələdə əhəmiyyətli bir addım sistemin sonunda hazırlanan prototipin inkişafında istifadə edilən texnologiyaları seçməkdir. Layihə üzrə hər bir texnologiyanın gətirdiyi üstünlükləri və mənfi cəhətləri barədə müqayisəli təhlil əsasında müxtəlif yanaşmalar nəzərə alınmalıdır: məlumat bazasının istifadəsi, OLAP funksiyalarının daxil edilməsi, məlumatların çıxarılması alqoritmlərinin istifadəsi, məlumat mənbəyi inteqrasiya vasitələri və ya, son mərhələdə və sistemin qurulmasına paralel bir yanaşma olduğunu nəzərə alaraq, ərizə inteqrasiya vasitələrinin istifadəsi nəzərə alınmalıdır.

Mərhələ 4. Sistem dizaynı. Verilənlər bazasının dizaynı. Sistemin tələblərinə görə, zəruri məlumatlar həm aşağı səviyyədə, həm də ümumi səviyyədə saxlanılacaq, buna görə də əlaqəli, obyektiv və ya çoxölçülü dizayn qurulması vacibdir. Bu hissədə məntiqi məlumat modeli əsasında menecerlərin hesabat və analiz tələblərini təmin etmək üçün zərif və ətraflı yeni sistem hazırlanmışdır.

Məlumatların təhlili prosesində, proses əməliyyat modullarından gələn məlumat mənbələrinə (məlumatın girişi və ya məlumatın çıxışı) yönəldilmişdir. Bu mərhələdə hədəflər və ya məlumatlar hesabatlar, təhlil və sorğulara yönəldilmişdir. Buna görə də ən yaxşı təcrübələrin siyahısı nəzərə alınmalıdır:

Yuxarıda göstərilən aspektlər səbəbindən idarəetmə və məlumatların emalının həllinə yönəlmiş mərkəzləşdirilmiş məlumat bazası təşkilati səviyyədə saxlanılır. Məntiqi və fiziki kriteriyalardan sonra məlumat bazası, vahid səviyyədə məlumat hissələrinə bölünür və eyni xüsusiyyətlərdən sonra ayrı komanda tərəfindən saxlanılması və inkişaf etdirilməsi asanlaşdırılır.

ETL (çıxarma / dəyişmə / yüklənmə) prosesinin dizaynı - bu mərhələ layihənin həyat dövrünün ən mürəkkəb hissəsidir və birbaşa məlumat mənbələrinin keyfiyyətindən asılıdır. Biz hədəf verilənlər bazalarının vahid mühitdə inteqrasiyasını və ETL prosesinin qurulmasını təklif edirik. Bu zaman hər bir hədəf modulunun ayrılmasının qarşısı alınır, beləliklə, fərqli məlumatlar riski azaldılır. Eyni mühitdə məlumatların qurulması strategiyası da mövcuddur, ancaq bunlar artıq zənginləşdirilmişdir. Burada vacib olan bir faktır ki, ETL prosesi bütün səviyyələrdə eyni olmalıdır (bir əlaqəli proses prinsipi).

ETL prosesinin dizaynı bir sıra ön şərtlər tələb edir:

- məlumat mənbələrinin ilkin emalı,
- standart formata malik olmaq,
- məlumatların uzlaşması,

- məlumatların kənarlaşdırılması və uyğunsuzluğunun aradan qaldırılması.

ETL prosesinin yaradılması prosesində aşağıdakı addımlar atılır:

1. Müəyyən istiqamətlərə aid mənbələrin dəyişmə xüsusiyyətlərinin (xəritəçəkmə) yaradılması. Bu, matris və ya dəyişmə diaqramı kimi çəkilə bilər.
2. Seçmək və testləşdirmək ETL vasitələrində istifadə olunacaq. Hal-hazırda ETL prosesinin modelləşdirilməsi və tətbiqi vasitələrinin bir neçə növü mövcuddur, ancaq təmin etdikləri xüsusiyyətlərə və eyni dəyişmə prosesində bunlardan birini seçmək məlumat mənbəyi inteqrasiyasının dəstəklənməsinə bağlıdır.
3. ETL prosesinin dizaynı - bir neçə məlumat çıxarma və ötürmə operatoru istifadə olunur ki, bu da verilənlərin modelindən asılıdır (sıralama, birləşmə, qoşulma, bölüşdürən operatorlar və s). Bu proses icra vaxtını minimuma endirmək üçün ayrıca işləyəcək sub-proseslərə bölünə bilər. Prosesin icra vaxtı vaxt diaqramları ilə modelləşdiriləcəkdir.
4. ETL proqramının dizaynı - Məlumatların yükləndiyi proqramdan asılı olaraq, məlumat yüklənməsinin üç mərhələsi tətbiq olunur:
 - ilkin yük - cari əməliyyat məlumatları ilə təyinatların ilkin yükü;
 - Tarixi yük - arxivlənmiş tarixi məlumatlarla təyinatların başlanğıc yükü;
 - artım yükü - əməliyyat sistemlərindən gələn cari məlumatlarla təyinatların müntəzəm yüklənməsi;
 - ETL prosesini idarə etmək üçün ətraf mühitin seçilməsi – xüsusi bir serverdən istifadə edərək, proses hissələrə bölünür və mərkəzləşdirilir. Qərar mövcud resurslardan və emal müddətindən asılıdır, habelə prosesin həyata keçirilməsi planlaşdırıldığı müddətdə.

Bu fəaliyyətlərin nəticələri məlumatların xəritəçəkmə sənədlərində, ETL prosesinin hərəkət diaqramlarında, məlumatların dəyişməsində və bu proseslərin icrasında həyata keçirilir.

Böyük verilənlərin saxlanma yeri dizaynı – saxlanma yeri alındıqda və əvvəlcədən təyin edilmiş şablonlardan istifadə edildikdə, bu alt mərhələdə böyük verilənlərin analizinin alt mərhələsində müəyyən edilmiş tələblərə uyğun olaraq kiçik dəyişikliklər baş verə bilər, amma seçimi xüsusi saxlanma yeri qurmaq olmuşsa, böyük verilənlərin məntiqi modeli məlumatların saxlanması variantlarına əsaslanaraq yeni sistem üçün həyata keçiriləcəkdir və əlaqəli, obyektiv və ya çoxölçülü model tətbiq olunacaq. Əgər seçim xüsusi saxlanma yeri qurmaq olarsa, məntiqi və böyük verilənlərin fiziki modeli tətbiq olanaq.

Mərhələ 5. Sistemin qurulması. Qərarı Dəstəklənmə Sistemlərinin inkişafı üçün istifadə olunan texnologiyalar cari vəziyyətdə ağıllı texnologiyalar kateqoriyasının xüsusi bir hissəsidir və bunlardan ibarətdir: Verilənlər bazası məlumatlarının təşkili texnologiyaları, OLAP (On-Line Analytical Processing) analiz sistemləri, DATA MINING alqoritmləri, çıxarma, dəyişmə və yüklənmə (ETL) prosesi, CASE (Computer Assisted Software Engineering) modelləşdirmə prosesi və web texnologiyaları.

Mərhələ 6. Sistemin istehsalı buraxılması. Bu mərhələdə rəhbərlər və iş adamları üçün təlim sessiyaları keçirilir, lazımi texniki dəstək verilir, məlumat yükləmə prosedurları tətbiq edilir, tətbiqlər quraşdırılır və performans izlənilir. Mərhələnin sonunda sistemin istehsalı tarixcəsinə, nəzər salınır və son layihə sənədlərinin imzalanması ilə başa çatır. Tətbiqi üçün istifadəçi təlimatları verilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Bâra A., Velicanu A., Botha I., Oprea S. V., Solutions for the Data Level's Representation in a Decision Support System in Wind PowerPlants, MAMECTICS'11 International Conference, 1-3 July 2011, Iasi, Romania, Publisher WSEAS Press, ISBN 978-1-61804-011-4
2. Lungu I., Bara A. Executive Information Systems, ASE Publishing House, Bucharest, 2007.
3. Muntean M. Initiation in OLAP technology: theory and practice, ASE Publishing House, Bucharest, 2004.

4. Power D.J. Decision Support Systems: Concepts and Resources, Cedar, Falls, IA: DSSresources.com, <http://dssresources.com/dssbook/>
5. Holsapple C.W, Whinston A.B. Decision Support Systems: A knowledge – Based Approach, West Publishing Company, 1996.
6. Moss L., Atre S. Business Intelligence Roadmap – The complete project lifecycle for decision-support applications, Addison-Wesley, 2004.

РЕЗЮМЕ
ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ DATA MINING

Мамедова Т.А., Гаджиева Р.Ф.

Ключевые слова: технология интеллектуального анализа данных, система поддержки принятия решений, алгоритмы принятия решений, нейронные сети.

Системы поддержки принятия решений - это инструменты компьютеризации, которые помогают принимать решения, способствуя развитию этого процесса. Система учитывает уровень продукта и услуг компании, распределение продуктов с разных точек зрения, вычислительные процессы в разное время и пространство, прогнозирование продукта за соответствующий период и, наконец, график спроса, потенциального и ресурсного производства этого решения. Основная цель работы – создать систему для принятия динамических решений.

SUMMARY
DEVELOPMENT PROCESS OF DECISION SUPPORT SYSTEMS
BY USING DATA MINING TECHNOLOGY

Mammadova T.A., Hacıyeva R.F.

Key words: data mining technology, decision support system, decision algorithms, neural networks.

Decision Support Systems are computerization tools that help decision makers in the decision-making process. This system quickly contributes to the development of the decision-making process. The system takes into account the product and service level of the company, the distribution of products from different perspectives, the computational processes at different time and space, the forecasting of the product for the period concerned, and finally the demand, potential and resource-based production schedule decision. The main goal and purpose of the work is to create a system for making dynamic decisions.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	17.10.2018
	Son variant	24.06.2019

UOT 519.872

HETEROGEN SERVERLƏRİ VƏ MÜXTƏLİF TIPLI SORĞULARI OLAN SİSTEMİN RİYAZİ MODELİNİN QURULMASI

MEHBALIYEVA ESMİRA VİDADİ qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, doktorant

esmira.mehbaliyeva@mail.ru

Açar sözlər: xidmət sistemi, heterogen serverlər, müxtəlif tipli sorğular, xidmətin keyfiyyət göstəriciləri, hesablama alqoritmi

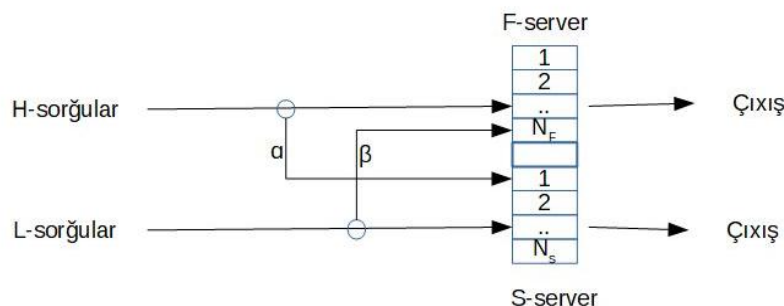
Kompüter-kommunikasiya sistemlərində sorğuların emalı proseslərinin və eləcə də insan əməyindən istifadə olunan sənaye sistemlərində xidmət proseslərinin riyazi modellərinin adekvatlığını artırmaq üçün öyrənilən sistemlərdə müxtəlif sürətli serverlərin olması faktının nəzərə alınması vacib bir problem kimi ortaya çıxır. Bu səbəbdən son illərdə heterogen serverli kütləvi xidmət modelləri geniş tədqiq olunur. Bu istiqamətdə son dövrlərdə alınan nəticələrlə [1-6] məqalələrindən və onların ədəbiyyat siyahısında göstərilən işlər vasitəsilə tanış olmaq mümkündür.

Mövcud ədəbiyyatın analizi göstərir ki, məlum işlərdə əsasən bir tip sorğulara xidmət edən modellər öyrənilmişdir. O cümlədən [7] məqaləsində heterogen serverləri olan və yalnız eyni tipli sorğulara xidmət edən sistemlərin riyazi modelləri tədqiq olunmuşdur. Göstərilən işdə daxil olan sorğuların serverlər arasında paylanması üçün üç sxem təklif olunmuş və onlardan istifadə edildikdə sistemin keyfiyyət göstəricilərinin hesablanması üçün düsturlar tapılmışdır.

Heterogen serverlərin olması təbii olaraq ortaya sorğuların da tiplərə bölünməsi problemini çıxarır. Belə olduqda sistemin iqtisadi göstəricilərini yaxşılaşdırmaq mümkündür, çünki daha sürətli serverdə xidmət olunmaq haqqı aşağı sürətli serverdə xidmət olunmaq haqqından böyük olmalıdır və eyni zamanda nəzərə almaq lazımdır ki, yüksək sürətli serverlərin istismar xərcləri aşağı sürətli serverlərin istismar xərclərindən böyükdür. Bu faktorları nəzərə alaraq müxtəlif səviyyəli prioritetləri olan sorğuların müxtəlif sürətli serverlərdə xidmət olunması proseslərinin səmərəli təşkil olunması aktual problem olaraq ortaya çıxır. Bu tip məsələləri mühəndis intuisiyası əsasında həll etmək çox zaman mümkün olmur, çünki bir qayda olaraq bu tip proseslər stoxastik xarakter daşıyır.

Yuxarıda deyilənlərdən çıxış edərək bu məqalədə heterogen serverlərdə müxtəlif tipli sorğuları emal edən sistemin riyazi modelinin qurulması məsələsinə baxılır.

Öyrənilən sistemin struktur sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Sistemin struktur sxemi.

Bu sistemdə iki tip sorğulara xidmət olunur: yüksək prioritetli sorğular (H-sorğular) və aşağı prioritetli sorğular (L-sorğular). Hər iki tip sorğular sistemə Puasson qanunu ilə daxil olur və H-sorğuların intensivliyi λ_H , L-sorğuların intensivliyi isə λ_L kəmiyyətinə bərabərdir.

Yüksək prioritetli sorğular əsasən yüksək sürətli serverlərdə (F-serverlər) və aşağı prioritetli sorğular isə əsasən aşağı sürətli serverlərdə (S-serverlər) xidmət göstərir. F-serverlərin sayını N_f və S-serverlərin sayını isə N_s ilə işarə edək. Hər bir F-serverdə bir sorğunun orta xidmət müddəti μ_f^{-1} , S-serverdə isə μ_s^{-1} -dir, belə ki $\mu_f > \mu_s$.

Hesab olunur ki, H-sorğu (L-sorğu) sistemə daxil olduqda heç olmazsa bir dənə məşğul olmayan F-server (S-server) varsa, onda H-sorğu (L-sorğu) hər hansı boş F-serverdə (S-serverdə) xidmət göstərməyə başlayır. Əgər H-sorğu (L-sorğu) sistemə daxil olduğu anda hər iki qrupda serverlər məşğuldursa, onda daxil olan sorğu itmiş hesab olunur (yəni xidmət olunmadan sistemi tərk edir).

Əgər H-sorğu sistemə daxil olduğu anda bütün F-serverlər məşğuldursa və S-serverlərdən heç olmazsa biri boşdursa, onda daxil olan H-sorğu Bernulli sxeminə əsasən xidmət olunur və ya sistemi tərk edir, yəni həmin sorğu ya $\alpha, 0 < \alpha \leq 1$, ehtimalı ilə S-serverdə xidmət olunur və ya $1 - \alpha$ ehtimalı ilə xidmət olunmadan sistemi tərk edir. Analoji olaraq, əgər L-sorğu sistemə daxil olduğu anda bütün S-serverlər məşğuldursa və F-serverlərdən heç olmazsa biri boşdursa, onda daxil olan L-sorğu $\beta, 0 < \beta \leq 1$, ehtimalı ilə F-serverdə xidmət olunur və ya $1 - \beta$ ehtimalı ilə xidmət olunmadan sistemi tərk edir.

Təsvir olunan sistemin riyazi modelinin qurulması və onun əsasında sistemin keyfiyyət göstəricilərinin tapılması məsələsinə baxaq. Sistemin keyfiyyət göstəriciləri olaraq sorğuların itməsi ehtimalı və hər bir qrupda serverlərin istifadə əmsalı nəzərdə tutulur.

Sistemin vəziyyətini zamanın istənilən anında iki ölçülü (k_F, k_S) vektoru ilə göstərmək olar, belə ki, bu vektorun komponentləri k_F və k_S uyğun olaraq F-serverlər qrupundakı və S-serverlər qrupundakı məşğul serverlərin sayını göstərir. Bütün bu vektorlar sistemin mümkün vəziyyətlər fəzasını (E) təşkil edir. Bu fəza iki çoxluğun Dekart hasil kimi göstərilə bilər:

$$E = \{0, 1, \dots, N_F\} \times \{0, 1, \dots, N_S\} \quad (1)$$

Daxil olan sorğuların Puasson seli təşkil etdiyini və xidmət müddətinin paylanma funksiyasının üstlü funksiya olduğunu nəzərə alaraq, belə nəticəyə gəlirik ki, baxılan sistemin riyazi modeli vəziyyətlər fəzası (1) çoxluğu ilə təyin olunan iki ölçülü Markov zənciridir.

Bu zənciri doğuran matrisinin elementlərini $q((k_F, k_S), (k'_F, k'_S))$ ilə işarə edək. Sistemin vəziyyətləri arasında aşağıdakı keçidlər mümkündür (şəkil 2). Şəkil 2-də belə işarələmələr qəbul edilmişdir: $x = \lambda_L + \alpha\lambda_H$, $y = \lambda_H + \beta\lambda_L$.

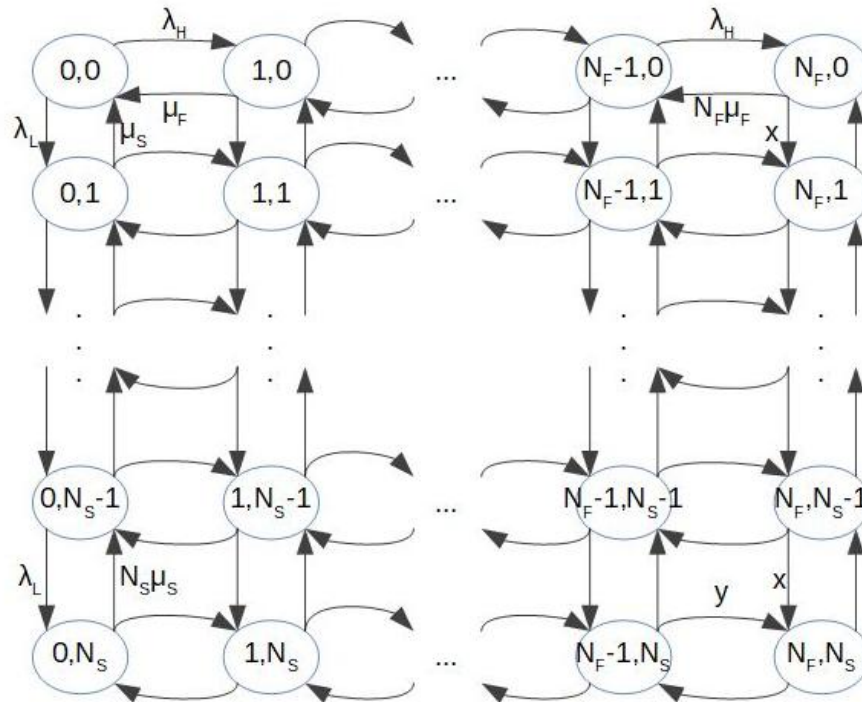
- H-sorğu daxil olduqda sistemin vəziyyəti $(k_F, k_S), k_F < N_F$, olarsa, onda sistem λ_H intensivliyi ilə $(k_F + 1, k_S)$ vəziyyətinə keçir;
- H-sorğu daxil olduqda sistemin vəziyyəti $(N_F, k_S), k_S < N_S$, olarsa, onda sistem $\lambda_H \alpha$ intensivliyi ilə $(N_F, k_S + 1)$ vəziyyətinə keçir;
- L-sorğu daxil olduqda sistemin vəziyyəti $(k_F, k_S), k_S < N_S$, olarsa, onda sistem λ_L intensivliyi ilə $(k_F, k_S + 1)$ vəziyyətinə keçir;
- L-sorğu daxil olduqda sistemin vəziyyəti $(k_F, N_S), k_F < N_F$, olarsa, onda sistem $\lambda_L \beta$ intensivliyi ilə $(k_F + 1, N_S)$ vəziyyətinə keçir;
- F-serverlər qrupunda sorğunun xidməti bitdiyi anda sistemin vəziyyəti (k_F, k_S) , olarsa, onda sistem $k_F \mu_F$ intensivliyi ilə $(k_F - 1, k_S)$ vəziyyətinə keçir;

• S-serverlər qrupunda sorğunun xidməti bitdiyi anda sistemin vəziyyəti (k_F, k_S) , olarsa, onda sistem $k_S \mu_S$ intensivliyi ilə $(k_F, k_S - 1)$ vəziyyətinə keçir.

Beləliklə, yuxarıda qeyd olunan keçidləri nəzərə alaraq, baxılan zəncirin doğuran matrisinin müsbət elementlərini tapmaq üçün aşağıdakı münasibətləri alırıq:

$$q((k_F, k_S), (k'_F, k'_S)) = \begin{cases} \lambda_H, & \text{if } k_F < N_F, k'_F = k_F + 1, k'_S = k_S, \\ \lambda_H \alpha + \lambda_L, & \text{if } k_F = N_F, k_S < N_S, k'_F = N_F, k'_S = k_S + 1, \\ \lambda_L, & \text{if } k_S < N_S, k'_F = k_F, k'_S = k_S + 1, \\ \lambda_L \beta + \lambda_H, & \text{if } k_S = N_S, k_F < N_F, k'_F = k_F + 1, k'_S = N_S, \\ k_F \mu_F, & \text{if } k'_F = k_F - 1, k'_S = k_S, \\ k_S \mu_S & \text{if } k'_F = k_F, k'_S = k_S - 1. \end{cases} \quad (2)$$

Alınmış (2) münasibətlərindən görünür ki, baxılan sonlu ölçülü Markov zəncirinin hər hansı ilkin vəziyyətindən istənilən vəziyyətinə keçmək olar (bax şəkil 2). Buna görə də bu zəncirdə stasionar rejim mövcuddur.



Şəkil 2. Sistemin vəziyyətləri arasındakı keçidlərin qrafı.

Stasionar rejimdə $(k_F, k_S) \in E$ vəziyyətinin stasionar ehtimalını $p(k_F, k_S)$ ilə işarə edək. Bu ehtimallar balans tənliklərinin həlli kimi tapılır. Yuxarıda alınmış (2) münasibətlərindən istifadə edərək balans tənlikləri aşağıdakı kimi yazılır:

$$\begin{aligned} & k_F < N_F, k_S < N_S \text{ halları üçün:} \\ & (\lambda_H + \lambda_L + k_F \mu_F + k_S \mu_S) p(k_F, k_S) = \lambda_H p(k_F - 1, k_S) I(k_F > 0) + \lambda_L p(k_F, k_S - 1) I(k_S > 0) + \\ & + (k_F + 1) \mu_F p(k_F + 1, k_S) + (k_S + 1) \mu_S p(k_F, k_S + 1); \\ & k_F = N_F, k_S < N_S \text{ halları üçün:} \end{aligned} \quad (3)$$

$$(\lambda_H \alpha + \lambda_L + N_F \mu_F + k_S \mu_S) p(N_F, k_S) = (\lambda_H \alpha + \lambda_L) p(N_F, k_S - 1) I(k_S > 0) + \quad (4)$$

$$+ \lambda_H p(N_F - 1, k_S) + (k_S + 1) \mu_S p(N_F, k_S + 1);$$

$k_F < N_F, k_S = N_S$ halları üçün:

$$(\lambda_H + \lambda_L \beta + k_F \mu_F + N_S \mu_S) p(k_F, N_S) = (\lambda_H + \lambda_L \beta) p(k_F - 1, N_S) I(k_F > 0) + \quad (5)$$

$$+ \lambda_L p(k_F, N_S - 1) + (k_F + 1) \mu_F p(k_F + 1, N_S);$$

$k_F = N_F, k_S = N_S$ halı üçün:

$$(N_F \mu_F + N_S \mu_S) p(N_F, N_S) = (\lambda_H \alpha + \lambda_L) p(N_F, N_S - 1) + (\lambda_H + \lambda_L \beta) p(N_F - 1, N_S). \quad (6)$$

(3), (4) düsturlarında $I(A)$ ilə A hadisəsinin indikator funksiyası işarə olunmuşdur.

Yuxarıda alınmış (3)-(6) tənliklərinə normallaşdırıcı şərt əlavə olunur:

$$\sum_{(k_F, k_S) \in E} p(k_F, k_S) = 1. \quad (7)$$

Məlumdur ki, (3)-(7) tənliklər sisteminin yeganə həll var [8]. Bu tənliklər sisteminin həlli tapıldıqdan sonra sistemin axtarılan xarakteristikaları aşağıdakı kimi tapılır.

Yüksək prioritetli sorğular iki halda xidmət olunmadan sistemi tərk edir:

1) H-sorğu sistemə daxil olarkən həm F-serverlər qrupunda, həm də S-serverlər qrupunda bütün serverlər məşğuldursa, onda daxil olan sorğu vahid ehtimalla itir;

2) H-sorğu sistemə daxil olarkən F-serverlər qrupunda bütün serverlər məşğuldursa və S-serverlər qrupunda heç olmazsa bir boş server varsa, onda daxil olan sorğu $1 - \alpha$ ehtimalı ilə itir. Beləliklə, H-sorğularının itməsi ehtimalının hesablanması üçün aşağıdakı düsturu alırıq:

$$PB_H = p(N_F, N_S) + (1 - \alpha) \sum_{k_S=0}^{N_S-1} p(N_F, k_S). \quad (8)$$

Analoji mülahizələrlə L-sorğularının itməsi ehtimalının hesablanması üçün aşağıdakı düsturu alırıq:

$$PB_L = p(N_F, N_S) + (1 - \beta) \sum_{k_F=0}^{N_F-1} p(k_F, N_S). \quad (9)$$

F-serverlər qrupunda və S-serverlər qrupunda məşğul serverlərin orta sayını $\tilde{N}_F$ və $\tilde{N}_S$ ilə işarə edək. Bu keyfiyyət göstəriciləri uyğun təsadüfi kəmiyyətlərin riyazi gözləməsi kimi tapılır:

$$\tilde{N}_F = \sum_{k_F=1}^{N_F} k_F \sum_{k_S=0}^{N_S} p(k_F, k_S); \quad (10)$$

$$\tilde{N}_S = \sum_{k_S=1}^{N_S} k_S \sum_{k_F=0}^{N_F} p(k_F, k_S). \quad (11)$$

Onda (10) və (11) düsturlarından istifadə edərək hər bir qrupda serverlərdən istifadə əmsalı (C_x) tapılır:

$$C_x = \tilde{N}_x / N_x, x \in \{F, S\}.$$

Məqalədə heterogen serverləri olan sistemlərdə iki tip sorğuların xidmət olunması proseslərinin riyazi modeli qurulmuşdur. Fərz olunur ki, yüksək prioritetli sorğular yüksək sürətli serverlərdə, aşağı prioritetli sorğular isə aşağı sürətli serverlərdə xidmət olunurlar, lakin bəzi hallarda yüksək prioritetli sorğular aşağı sürətli serverlərdə, aşağı prioritetli sorğular isə yüksək sürətli serverlərdə də xidmət oluna bilərlər. Göstərilmişdir ki, baxılan sistemin riyazi modeli iki ölçülü Markov zənciridir. Bu zəncirin doğuran matrisi qurulmuş və onun əsasında stasionar

ehtimalların tapılması üçün balans tənlikləri tərtib olunmuşdur. Sistemdə xidmətin keyfiyyət göstəricilərinin hesablanması üçün düsturlar tapılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Isguder H.O., Kocer U.U. Analysis of GI/M/n/n Queuing System with Ordered Entry and no waiting line // Applied Mathematical Modeling. V.38. 2014. pp. 1024-1032
2. Dharmaraja S., Kumar R. Transient Solution of a Markovian Queuing Models with Heterogeneous Servers and Catastrophes // OPSEARCH. V.52. Issue 4. 2015. pp. 810-8217
3. Ammar S.I. Transient Behavior of a Two-Processor Heterogeneous Systems with Catastrophes, Server Failures and Repairs // Applied Mathematical Modeling. V.38. 2014. pp. 2224-2234
4. Krishnamoorthy A., Sreenivasan C. An M/M/2 Queuing Systems with Heterogeneous Servers Including One with Working Vacation // International Journal of Stochastic Analysis. Vol. 2012. Article ID 145867.
5. Sridhar A., Pitchai R.A. Analysis of a Markovian Queue with Two Heterogeneous Servers and Working Vacation // International Journal of Applied Operational Research. V.5. Issue 4. 2015. pp. 1-15
6. Xu J., Liu L., Zhu T. Transient Analysis of Two-Heterogeneous Server Queue with Impatient Behavior and Multiple Vacations // Journal of Systems Science and Information. V.6. Issue 1. 2018. pp. 69-84.
7. Mehbalıyeva E.V. Heterogen serverli xidmət sisteminin bir modeli haqqında // Sumqayıt Dövlət Universiteti. Elmi xəbərlər, Cild 18, №4. Sumqayıt: SDU, 2018, s.18-23
8. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1987, 336 с.

РЕЗЮМЕ

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ С ГЕТЕРОГЕННЫМИ СЕРВЕРАМИ И РАЗНОТИПНЫМИ ЗАЯВКАМИ

Мехбалыева Э.В.

Ключевые слова: система обслуживания, гетерогенные серверы, заявки различного типа, показатели качества обслуживания, алгоритм расчета

В статье изучена система с гетерогенными серверами и разнотипными заявками. Показано, что математической моделью системы является двумерная цепь Маркова. Построена производящая матрица этой цепи и на ее основе разработана система уравнений равновесия. Найдены формулы для вычисления показателей качества обслуживания в системе.

SUMMARY

DEVELOPING THE MATHEMATICAL MODEL OF THE SYSTEM WITH HETEROGENEOUS SERVERS AND REQUEST OF DIFFERENT TYPES

Mehbaliyeva E.V.

Key words: queuing system, heterogeneous servers, calls of different types, quality indicators of service, calculation algorithm

In this paper, system with heterogeneous servers and calls of different types are examined. It is shown that the mathematical model of the system is two-dimensional Markov chain. Infinitesimal matrix of this chain is created and system of balance equations is developed. Formulas to calculate the quality of service metrics are found.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	14.02.2019
	Son variant	24.06.2019

UOT 681.586

İKİÖLÇÜLÜ İNDUKTİV VERİCİNİN ELEKTROMAQNİT SAHƏSİNİN NƏZƏRİ TƏDQIQI

¹SƏTTAROV VAQİF QAFAR oğlu²DADAŞOVA RƏNA BƏHRAM qızı³ABDULLAYEVA ÜLKƏR RƏHİM qızı

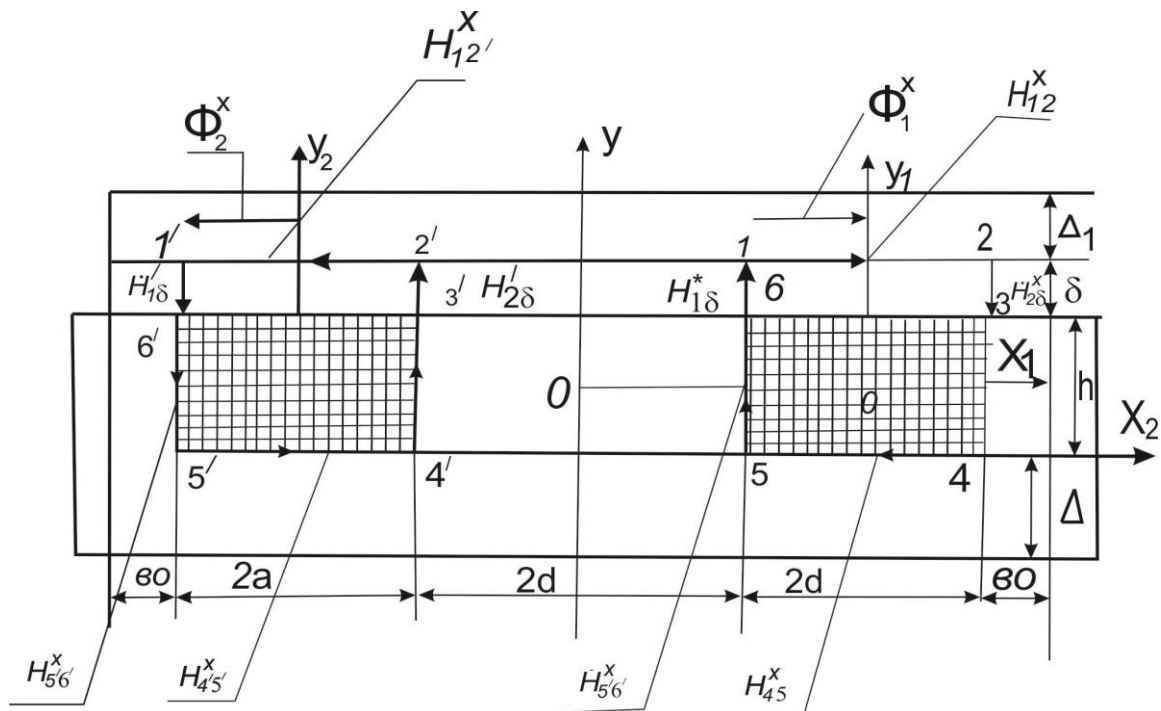
Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1, 2-dosent, 3- laboratoriya müdiri

avdullayeva.ulker@mail.ru*Açar sözlər: elektromaqnit sahəsi, verici, dolaqlar sistemi, maqnit selləri*

Sənayenin müxtəlif sahələrində istifadə olunan birölçülü vericilərin iqtisadi cəhətdən səmərəliliyini artırmaq məqsədilə iki vericini əvəz edən ikiölçülü vericidən istifadə olunması əsas məsələlərdən biridir [1]. Bu məqsədlə ikiölçülü fiziki kəmiyyətlər vericilərinin yaradılması aktual məsələ kimi qarşıda durur.

Vericinin yüksək metroloji xarakteristikaya malik olması üçün onun konstruktiv quruluşu, həndəsi ölçüləri və dolaqların yerləşdirilməsi əsas şərtlərdən biridir. Bu məqsədlə xətti və bucaq yerdəyişmələri ölçməyə imkan verən belə vericinin yuxarıda sadalanan şərtləri özündə əks etdirən çıxış signalının riyazi modelini müəyyənləşdirmək lazımdır. Bunun üçün, ilk növbədə, iki parametrlı vericinin dolaqlar sisteminin maqnit sellərinin analitik ifadələri alınmalıdır.

Yaradılmış vericinin daxilindəki yarımsilindrin açılışı düzbucaqlı şəklindədir [2]. Vericinin işləmə prosesində yuvalarda yerləşdirilmiş təsirlənmə dolağının ətrafında elektromaqnit sahəsi yaranır. Həmin sahə müstəviyə paraleldir və onun maqnit selləri dolaqların ətrafında şəkil 1-də göstəriləndiyi kimi paylanmışdır.



Şəkil. Vericinin xətti yerdəyişmə üçün elektromaqnit sahəsinin təsviri.

Şəkil 1-dən göründüyü kimi, yuva çıxıntılarının orta qalınlığı maqnitkeçiricinin elektromaqnit sahəsinin nüfuz etmə dərinliyinin qiymətinə görə seçilir. Yuvanın orta çıxıntısı ikitərəfli elektromaqnit sahəsində yerləşdiyi üçün onun qalınlığını təqribən (5-6) mm qəbul etmək olar. Real konstruksiyada orta çıxıntının h hündürlüyü sahəsində maqnit selinin səpələnməsi praktiki olaraq yoxdur, buna uyğun olaraq h hündürlüyü üzrə maqnit qüvvə xətləri bir-birinə paralel qəbul olunur və bu hissədə elektromaqnit sahəsi ancaq y oxuna paralel olan H_y - təşkil edicisinə malik olur. Şəkildə təsvir olunan elektromaqnit sahəsi vericinin xətti yerdəyişmələr ölçü dövrəsinə aiddir.

Göründüyü kimi, verici dörd identik yuvaya malikdir. Onların elektromaqnit sahələri eyni olub, müstəviyə paraleldir. Orta çıxıntılarının eni kiçik və sahəsinin müstəviyə paralel olduğunu nəzərə alsaq, tədqiqat üçün dekart - koordinat sistemini seçmək əlverişli olur. Bu halda maqnit sisteminin müxtəlif sahələrindəki maqnit sahə gərginlikləri $\dot{H}_y$ və $\dot{H}_x$ təşkil edicilərinə malik olacaqdır.

Yuvaların dərinliyi və eni müqayisə ediləcək dərəcədə kiçik götürüldüyündən orta çıxıntıda elektromaqnit sahəsi ikinci dərəcəli xətti diferensial tənliklərlə ifadə olunur: [3].

$$\nabla^2 \dot{H}_y = j\omega\gamma\mu\mu_0 \dot{H}_y,$$

$$\nabla^2 \dot{H}_x = j\omega\gamma\mu\mu_0 \dot{H}_x.$$

İfadədəki x -xətti yerdəyişmələr ölçü dövrəsinin işarələndirilməsi, y -isə dəyişən koordinatdır. Tənliklərin həlli aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$\dot{H}_y = A_1 e^{kx} + A_2 e^{-kx} \quad (1)$$

Burada A_1, A_2 - təyin olunacaq integral sabitləridir; $k = \sqrt{j\omega\gamma\mu\mu_0}$, ω - bucaq tezliyi, γ - maqnit keçiricisinin materialının xüsusi keçiriciliyi, μ - nisbi maqnit nüfuz əmsalı, μ_0 - havanın mütləq maqnit nüfuzluğudur.

Yuvanın orta çıxıntısının qalınlığı $2d$ qəbul edilir və koordinat başlanğıcı həmin çıxıntının ortasında götürülür.

Əgər $x = \pm d$ olarsa, (1) tənliyi belə yazılar.

$$A_1 e^{kd} + A_2 e^{-kd} = A_1 e^{-kd} = A_1 e^{-kd} + A_2 e^{kd}.$$

Yuxarıdakı bərabərlik $A_1 = A_2 = A$ olduqda təmin edilir. Bu halda (1) tənliyi aşağıdakı şəkildə alınır:

$$H_y^x = 2A \cosh(kx). \quad (2)$$

$x = \pm d$ olduqda $\dot{H}_y^x = \dot{H}_{56}^x = \dot{H}_{34}^x$ şərtinə görə

$$A = \frac{\dot{H}_{56}^x}{\cosh(kd)} \quad (3)$$

alınır. (3) tənliyini (2)-də nəzərə almaqla xətti yerdəyişmə üçün sahə gərginliyi $\dot{H}_y^x$ aşağıdakı ifadə ilə hesablanır.

$$\dot{H}_y^x = 2 \dot{H}_{56}^x \cdot \frac{\cosh(kx)}{\cosh(kd)} \quad (4)$$

olar.

Orta çıxıntının en kəsiyindən qapanan maqnit seli (4) ifadəsini nəzərə almaqla xətti yerdəyişmə üçün maqnit seli aşağıdakı ifadədən tapılır :

$$\dot{H}_y^x = 2 \dot{H}_{56}^x \cdot \frac{\cosh(kx)}{\cosh(kd)}$$

İntegralı açıdıqdan sonra aşağıdakı düstur alınır:

$$\Phi_y^x = \frac{2\mu\mu_0 \dot{H}_{56}^x \cdot a_0}{k} \cdot th(kd). \quad (5)$$

Yuxarıdakı (5) ifadəsində təyin edilən Φ_y^x maqnit seli şəkil 1-dən göründüyü kimi, Φ_1^x və Φ_2^x maqnit sellərinə budaqlanır. Həmin maqnit sellərini tapmaq üçün dekart-koordinat sistemini (şəkil 1.) hərəkət edən maqnit keçiricisinin xarici səthində yerləşmiş olan O-O₁-sisteminə keçək. Göstərilən səthdə də maqnit sahəsi adi ikinci dərəcəli diferensial tənliklərlə yazılır. Həmin tənliklərin həlli aşağıdakı kimi olur:

$$\dot{H}_{x_1}^x = B_1 e^{ky_1} + B_2 e^{-ky_1}. \quad (6)$$

İkiölçülü vericinin hərəkət edən maqnitkeçiricinin dərinliyində sahə söndüyü üçün $B_1 = 0$ olacaqdır. Bu halda maqnit sahə gərginliyi üçün alınır:

$$H_{x_1}^x = B_2 e^{-ky_1}.$$

Əgər $y_1 = 0$; $x_1 = 0$ olarsa [7], $B_2 = \dot{H}_{12}^x$ olar. Beləliklə, $\dot{H}_{x_1}^x = \dot{H}_{12}^x e^{-ky_1}$ alınır.

Nəticədə, səthdə yaranan maqnit seli Φ_1^x aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\dot{\Phi}_1^x = \mu\mu_0 \dot{H}_{12}^x \int_0^A e^{-ky} a_0 dy. \quad (7)$$

İntegralı açıdıqda

$$\dot{\Phi}_1^x = \mu\mu_0 \dot{H}_{12}^x a_0 (1 - e^{-kA_1}) \cdot \frac{1}{k}. \quad (8)$$

Uyğun olaraq Φ_2^x tapılır.

$$\dot{\Phi}_2^x = \mu\mu_0 \dot{H}_{12}^x \frac{a_0}{k} (1 - e^{-kA_1}) \quad (9)$$

Bir oturacağı $X_1 = 0$ müstəvisində ikincisi isə hava boşluğunda olan elementar boru üçün maqnit selinin arasıkəsilməməzliyi prinsipindən, sahə gərginliyinin divergensiyasından istifadə etməklə bir sıra çevrilmələrdən sonra hava aralığında qapanan maqnit seli aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$\dot{\Phi}_{y_1\delta}^x = \mu\mu_0 \dot{H}_{12}^x \cdot \frac{a}{k} \cdot \arctg [2m_0(b_0 - a + x)]$$

Burada $m_0 = \frac{sh(ky_1)}{b_0}$ olur. Uyğun olaraq dolağın sol tərəfindəki maqnit seli tapılır.

$$\dot{\Phi}_{y_2\delta}^x = \mu\mu_0 \dot{H}_{12}^x \arctg [2m_0(b_0 - a - x)]$$

Burada $x=0$ halı üçün müxtəlif argument iki argtangensin cəmi formulundan istifadə etməklə [3] ikiölçülü vericinin xətti yerdəyişmələr ölçü dövrəsinin dolaqlar sistemini kəsən maqnit selinin ümumi ifadəsi tapılır:

$$\dot{\Phi}_y^x = \mu\mu_0 \cdot \frac{a_0}{k} \dot{H}_{12}^x \arctg \frac{4m_0(b_0 - a)}{1 - 4m_0^2((b_0 - a)^2 - x^2)}.$$

Nəticədə, maqnit sahəsinin nəzəri tədqiqatından alınan maqnit selinin ifadəsi ikiölçülü induktiv vericinin xətti yerdəyişmə üçün çıxış elektrik hərəkət qüvvəsinin analitik ifadəsini almaya imkan verir.

İkiölçülü induktiv vericinin elektromaqnit sahəsinin nəzəri tədqiqi

ƏDƏBİYYAT

1. Мамедов Ф.И., Саттаров В.К. Теоретическое исследование многомерного индуктивного преобразователя перемещений // Изв. вузов, Нефть и газ, № 10, 1984, с. 23-27.
2. Məmmədov F.İ., Səttarov V.Q., Əsədova R.Ş. Xətti və bucaq yerdəyişməli induktiv verici. Bakı, Azərbaycan Respublikası Dövlət Elm və Texnika Komitəsi. Patent. P 990049. 2001
3. Ибрагимзаде Т.М., Касумов Т.А., Мамедов Ф.И. Расчет параметров параметрического преобразователя со сплошным магнитопроводом в нагрузочном режиме // За технический прогресс, №1, Баку, 1980, с.28-30

РЕЗЮМЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДВУХМЕРНОГО ИНДУКТИВНОГО ДАТЧИКА

Саттаров В.Г., Дадашева Р.Б., Абдуллаева У.Р.

Ключевые слова: электромагнитное поле, датчик, система обмоток, магнитные потоки

Получены аналитические выражения магнитных потоков систем обмоток двухмерного индуктивного датчика, позволяющего одновременное измерение угловых и линейных перемещений

SUMMARY

THEORETICAL RESEARCH OF ELECTROMAGNETIC FIELD OF TWO-DIMENSIONAL TRANSMITTER

Sattarov V.G., Dadashova R.B., Abdullayeva U.R.

Key words: electromagnetic field, transmitter, winding system, magnetic floods

Analytical expressions of magnetic floods of winding systems of two-dimensional inductive transmitter, which allows to measure angular and linear displacements, have been obtained.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	24.01.2019
	Son variant	24.06.2019

UOT 621.311

ELEKTROMAQNİT VİBRASIYA QURĞUSUNUN SİMULYASIYA MODELLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİNƏ DAİR

YUSİFOV RAMİL ƏLİ oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dissertant

ramil77.77@mail.ru

Açar sözlər: *vibrotəsirləndirici, simulyasiya, simulyasiya modeli, induktivlik, dəyişən cərəyan, aşağı tezlik*

Məqalədə induktiv sarğacın dövrəsinə ardıcıl kondensator qoşulmaqla aşağı tezlik diapazonunda mexaniki rəqslər əldə etməyə imkan verən elektromaqnit vibrasiya qurğusunun Matlab proqramında Simulink paketinin elektrotexniki qurğuların simulyasiya modellərini qurmağa imkan verən SimPowerSystems bölməsindən istifadə etməklə simulyasiya modelinin qurulması məsələsinə baxılmışdır.

Sənayenin müxtəlif sahələrində mexaniki tezliyin və işçi amplitudanın qiymətlərindən, onların idarə intervalından asılı olaraq, texnoloji proseslərdə müxtəlif vibrotəsirləndiricilərdən istifadə olunur. Belə qurğularda mexaniki tezliyin yuxarı və aşağı qiymətlərdə olması tətbiq yerindən asılı olaraq, çox müxtəlifdir. Texnoloji proseslərin elə sahələri vardır ki, bunlarda aşağı mexaniki tezlik intervalından (20 Hs-dən aşağı) istifadə etmək böyük əhəmiyyət kəsb edir. Hal-hazırda mexaniki sistemi aşağı tezlik intervalında işləyən vibrotəsirləndirici qurğuların yaradılmasına olan tələbat gündən-günə artmaqdadır. Mexaniki tezliyin aşağı tezlik diapazonunda olmasının təmin edilməsi ilə yanaşı, bu qurğular gücə görə də lazımi tələbləri ödəməlidir [1, 2].

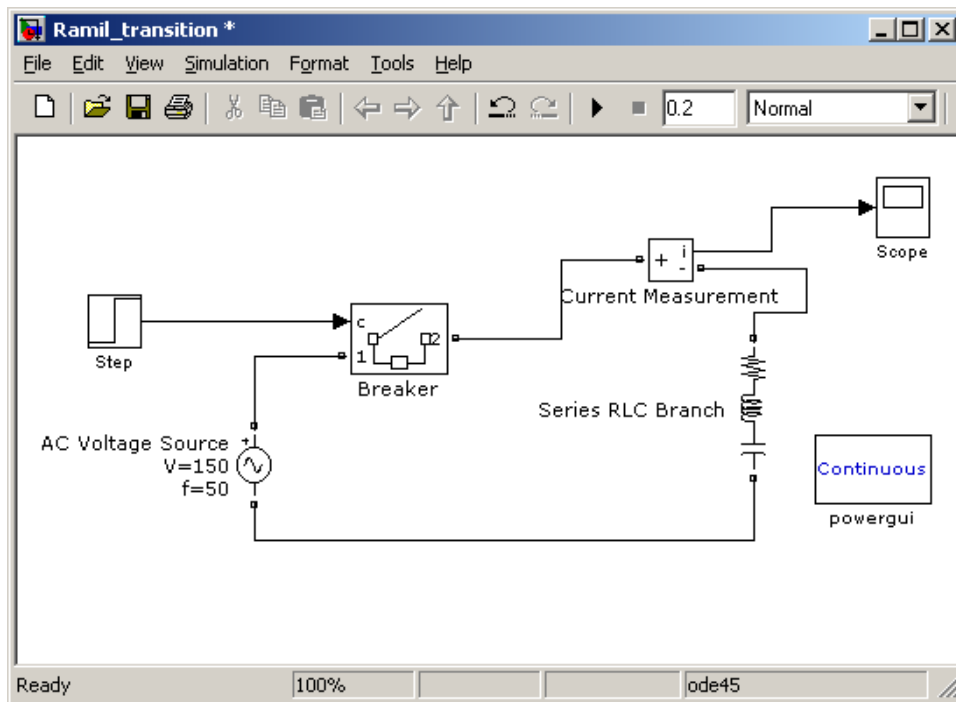
Bu baxımdan belə qurğularda gedən prosesləri daha ətraflı və əyani şəkildə tədqiq etmək üçün qurğunun elektrik dövrəsinin simulyasiya modellərinin qurulması böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Bu məqsədlə Matlab proqramında Simulink paketinin elektrotexniki qurğuların simulyasiya modellərini qurmağa imkan verən SimPowerSystems bölməsindən istifadə etmək mümkündür.

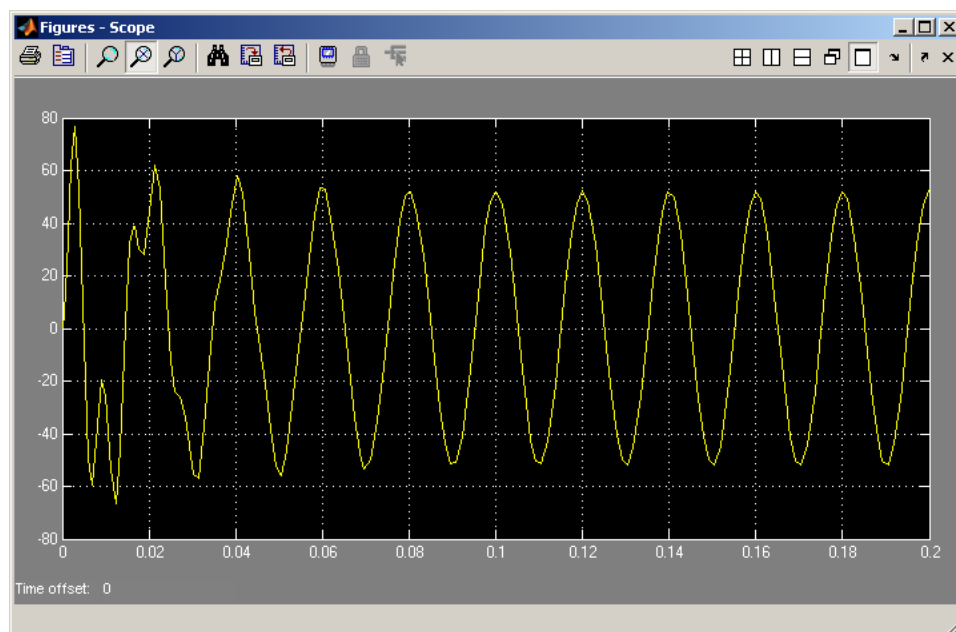
Məlum olduğu kimi, ən sadə və rezonansa yaxın tezliklərdə işləyən vibrasiya qurğusu induktivlik və kondensatorun ardıcıl və ya paralel birləşdirilməsi ilə alınır [3, 4]. Bu baxımdan simulyasiya modellərinin qurulmasına birfazlı elektrotexniki qurğudan başlaya bilərik. Buna görə də təklif edilən qurğunun elektrik sxeminə müvafiq olaraq, induktiv sarğac (dolaq) və kondensatorun ardıcıl birləşməsindən ibarət sxemi quraq. Bu cür elektrotexniki qurğulardan ibarət birfazlı dövrənin simulyasiya modeli şək.1-də göstərilmişdir. Simulyasiya modelinin blok-sxemi giriş gərginliyinin pilləvari artmasını və bu cür qoşulmanı - keçid prosesini təmin edən Step və Breaker bloklarından, gərginliyin amplitudu 150 V və tezliyi 50 Hs olan dəyişən sinusoidal cərəyan mənbəyindən, cərəyanı ölçmək üçün Current Measurement blokundan, güc dövrlərində sazlama və ölçmələrin edilməsini sazlamaq üçün Powergui (continuous) blokundan, virtual ossilloqraf funksiyasını yerinə yetirən Scope blokundan, eləcə də tədqiqatın məqsədi olan əsas elementlərdən R-aktiv müqavimətindən, L-induktivliyindən və C-kondensatorundan ibarətdir. Bütün blokların sazlanması onların xüsusiyyətlər bölməsinə daxil edilməsilə yerinə yetirilir. Virtual ossilloqrafın girişlərin sayını artırmaq üçün onun xüsusiyyətlər bölməsinə daxil olub, uyğun pəncərədə tələb olunan ədədi yazırıq. Simulyasiyanın hazırlanması üçün başlanğıc şərtlər daxil edilir. Simulyasiya müddəti təyin olunur. Baxılan halda bu 0,2 və 5 saniyə təşkil

edir. Simulyasiya müddətinin mənbəyin tezliyi və dövrəyə qoşulmuş elementlərin nominal qiymətlərindən asılıdır.

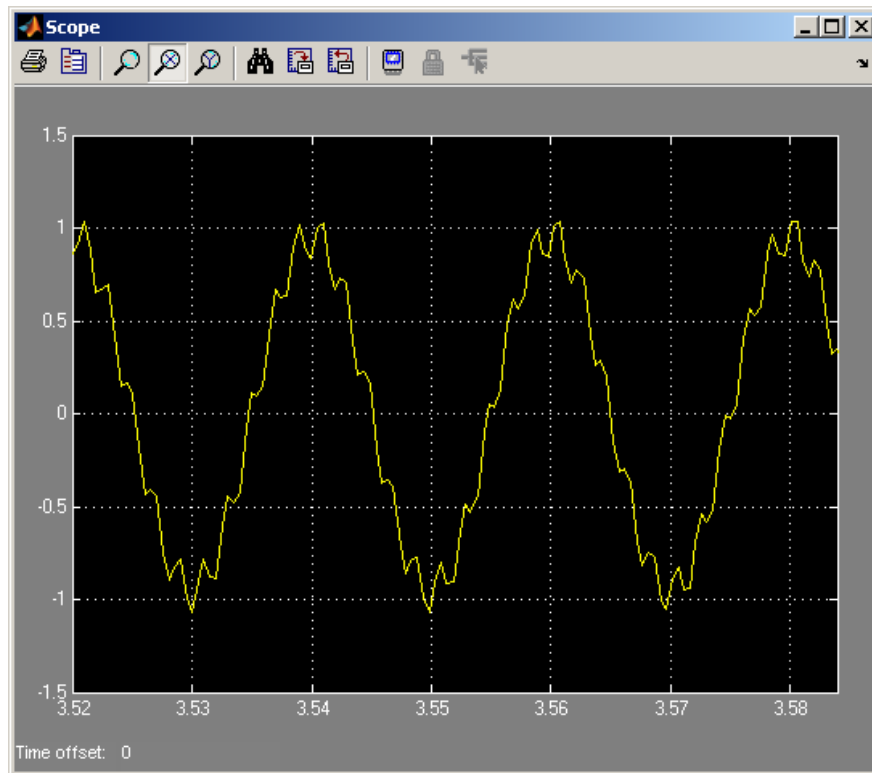
Bu simulyasiya modelinə uyğun kompüter eksperimentlərinin nəticələri qrafiki olaraq şəkl.2-də təqdim edilmişdir. Birinci eksperimentdə induktivliyin qiyməti uyğun olaraq $L = 1$ mHn və ikinci eksperimentdə isə $L = 5$ mHn götürülmüşdür. Şəkildən görüldüyü kimi, induktivliyin qiyməti artdıqca sinusoidal cərəyanın qeyri-xəttiliyi artır və bu qeyri-xəttilik elektromaqnit halında, yəni induktiv sarğacın nüvəsi olduqda daha da artacaqdır. İkinci eksperimentə uyğun əyrilər uyğun olaraq şəkl.3-də göstərilmişdir.



Şəkl.1. Birfazlı dövrənin simulyasiya modeli.

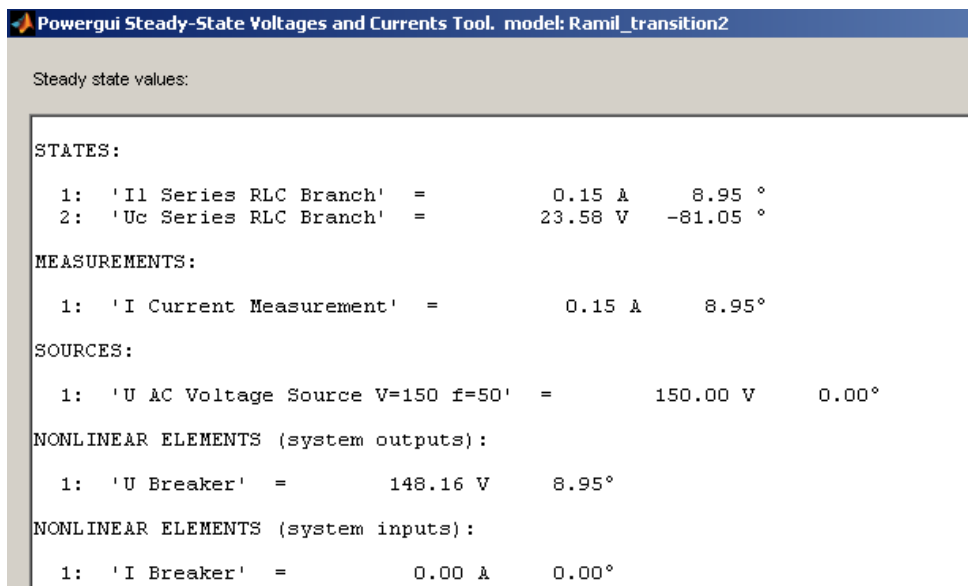


Şəkl.2. Birfazlı dövrədə keçid prosesi (I experiment).



Şək.3. Birfazlı dövrədə keçid prosesi (II experiment).

Powergui (continuous) blokundakı məlumatlardan (şək.4) görünür ki, qərarlaşmış rejimdə induktiv cərəyan 0,15 A olub, gərginliyi $8,95^0$ qabaqlayır, kondensatordakı gərginlik 23,58 V olub, $81,05^0$ geri qalır. Cərəyan və gərginlik arasında faz sürüşməsi $8,95^0 + 81,05^0 = 90^0$ təşkil edir.

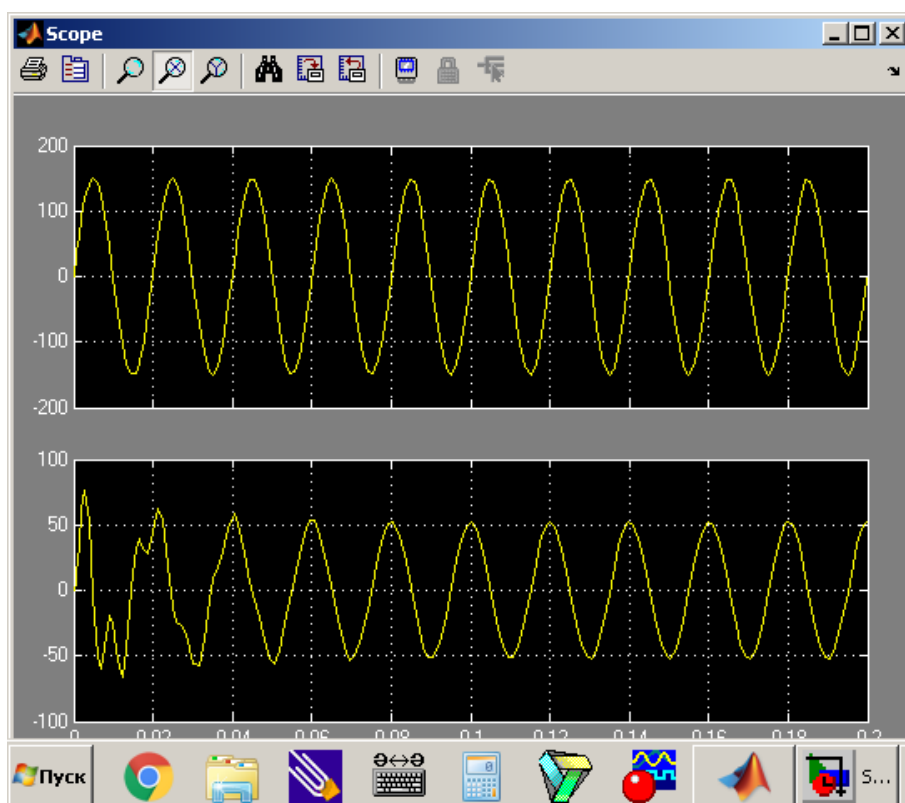


Şək.4. Powergui (continuous) blokunda ölçmə nəticələri.

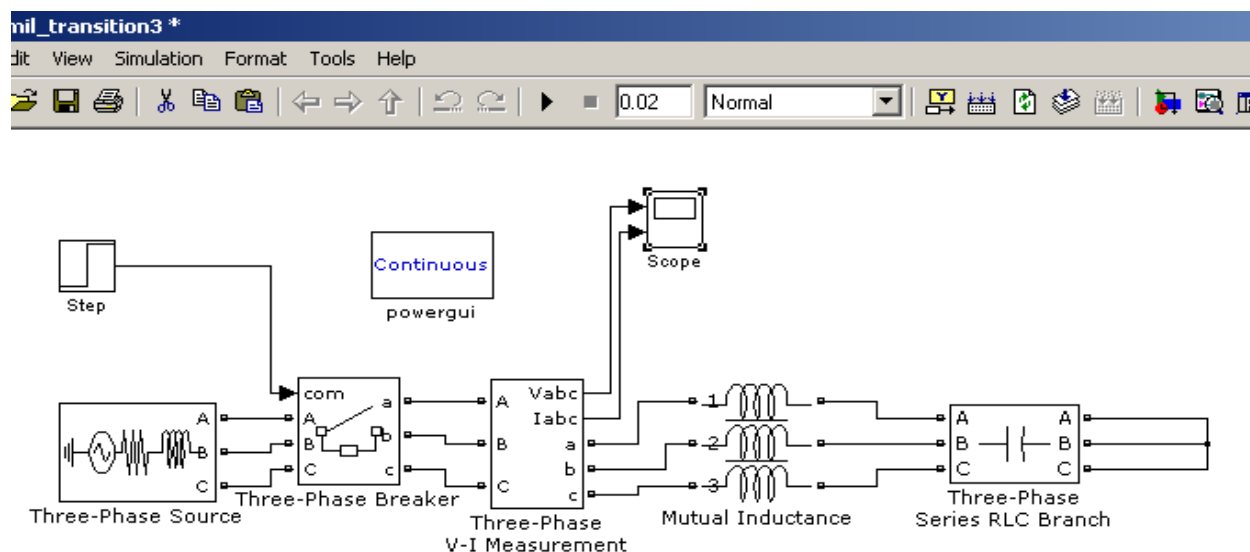
Daha yaxşı vizual görüntüyə nail olmaq, əyaniliyi artırmaq üçün simulyasiya modelinə gərginliyi ölçən bloku - “Voltage measurement” blokunu əlavə edirik. Nəticədə, alınmış

simulyasiya modelinə uyğun simulyasiya nəticələri şək.5-də təqdim edilmişdir.

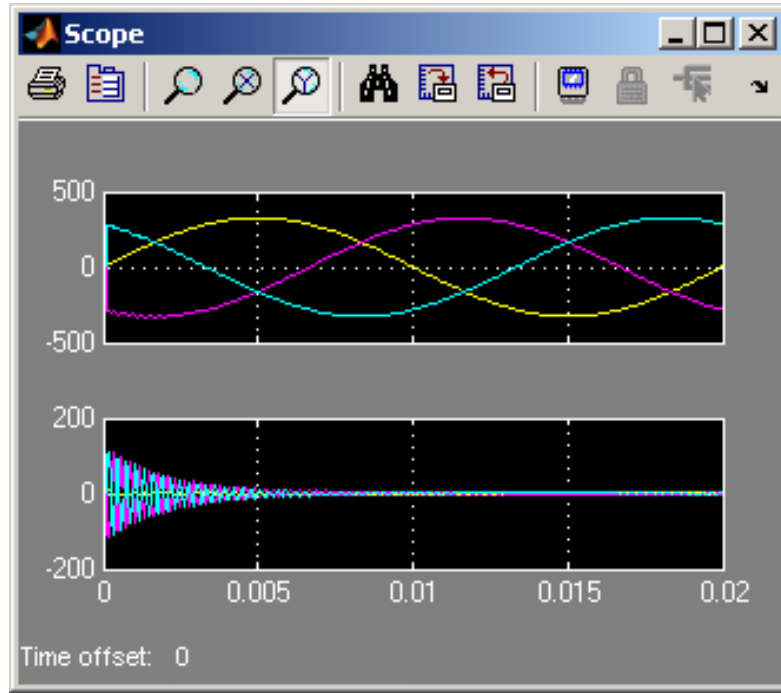
Kompüter eksperimentlərini real təcrübəyə yaxınlaşdırmaq məqsədilə dolaqları arasında qarşılıqlı induktivlik olan üçfazlı dövrənin simulyasiya modelini quraq. Bundan ötrü əvvəlki simulyasiya modelindən fərqli olaraq, üçfazlı dəyişən cərəyan gərginlik mənbəyindən, keçid prosesini təmin edən üçfazlı açar funksiyasını yerinə yetirən “Breaker” blokundan, qarşılıqlı induktivlikli üç dolaqdan və onlara ardıcıl birləşmiş üç kondensatordan istifadə edək. Həmin dövrənin sxemi şək.6-da, kompüter eksperiment nəticələri isə şək.7-də, Powergui (continuous) blokunun köməyiylə qurulmuş histerezis əyrisinin forması şək.8-də göstərilmişdir.



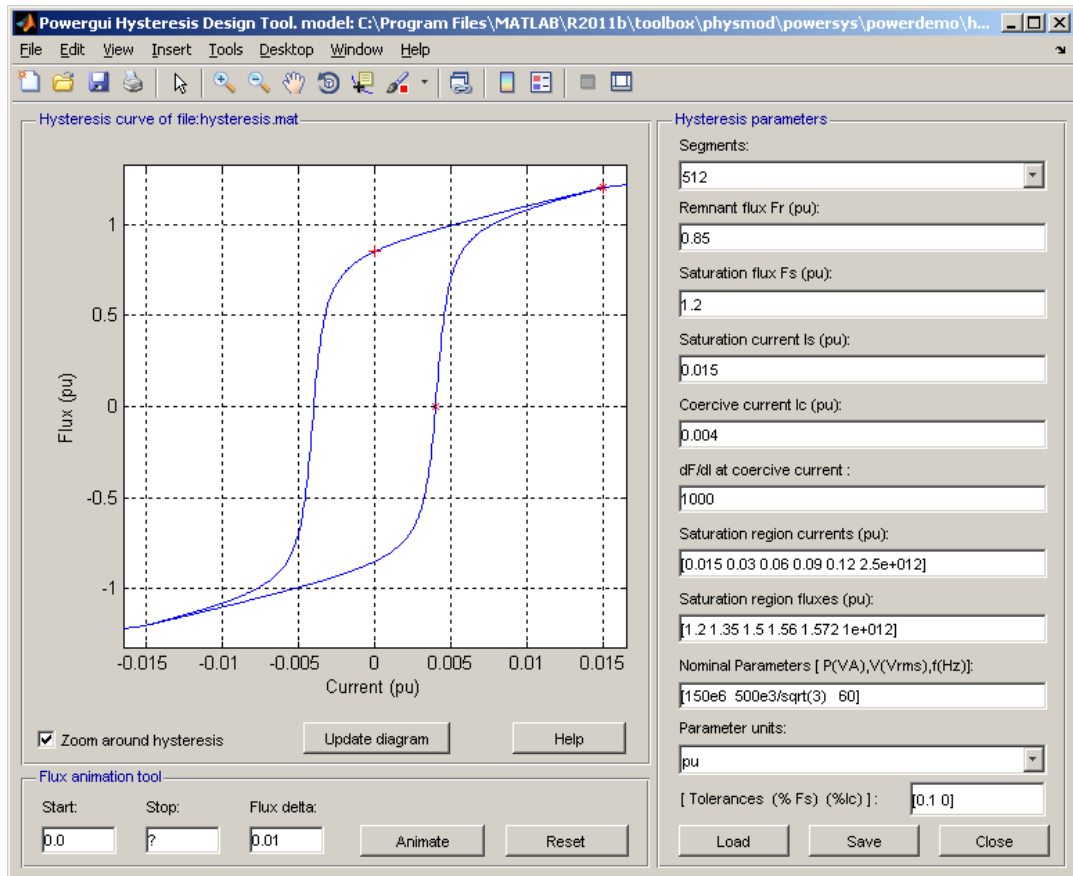
Şək.5. Təkmilləşdirilmiş model üçün gərginlik və cərəyanın forması.



Şək.6. Üçfazlı dövrə üçün simulyasiya modeli.



Şək.7. Üçfazlı dövrənin simulyasiya modeli üçün gərginlik və cərəyan.



Şək.8. Üçfazlı dövrə üçün histerezis əyrisinin forması.

Nəticə. Matlab proqramında Simulink paketinin elektrotexniki qurğuların simulyasiya modellərini qurmağa imkan verən SimPowerSystems bölməsindən istifadə etməklə vibrasiya

qurğusunun ekvivalent elektrik əvəz sxeminə uyğun dövrəsinin simulyasiya modelini asanlıqla qurub, oradakı prosesləri dəyişənlərin müxtəlif qiymətlərində simulyasiya edərək, nəzəri tədqiqatları kompüter eksperimentlərinin nəticələri ilə müqayisə etməklə simulyasiya prosesində alınmış xeyli sayda nəticənin emalı əsasında bu və ya digər dəyişənin qurğunun işinə təsirini tədqiq etmək mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Нитусов Ю.Е., Бабаев И.С., Кулиев З.А. Трехфазный регулируемый электромагнитный возбудитель для вибровоздействующего модуля. ГПС /разработка и внедрение ГПС для механической: Доклад на региональной НТК: Омск, 1987, с.61.
2. Мазенин П.Г., Шерметьев С.В. Расчет вибробункерных устройств на компьютере: Учеб. пособие / Челябинск: Юргу, 1998, с.15.
3. Eriksson P.E. Vibrator of Low-frequency floors: Dynamic forces and response prediction (Doktorsovhondlingar vid chalmers tekn Hogskola.№.S.N 1010) Goteborg 1994, 1 vol (var.pag), ill Bibliogr at the end of the art.
4. Юсифов Р.А. «Аналитическое определение электромагнитных параметров трехфазных вибрационных устройств с низкой механической частотой». Научно-Научно-Техническому Прогрессу в поливно-Энергетическому комплексу. Киев. Новини «Энергетики». 2011, № 1, с. 40-43.

РЕЗЮМЕ

О РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛЕЙ СИМУЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВИБРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА

Юсифов Р.А.

Ключевые слова: вибровозбудитель, симуляция, модель симуляции, индуктивность, переменный ток, низкая частота.

В статье рассматривается построение модели симуляции с использованием раздела Sim Power Systems, позволяющего построить модель симуляции электротехнических устройств пакета Simulink в программе Матлаб электромагнитного устройства вибрации, позволяющего получить механические колебания в низком диапазоне последовательным включением конденсатора в цепь индуктивной обмотки.

SUMMARY

ON THE DEVELOPMENT OF SIMULATION MODELS OF ELECTROMAGNETIC VIBRATION DEVICE

Yusifov R.A.

Key words: vibration exciter, simulation, simulation model, inductance, alternating current, low frequency.

The article discusses the construction of a simulation model using the Sim Power Systems section, which allows you to build a simulation model of electrical devices of the Simulink package in the Matlab program of an electromagnetic vibration device, which allows obtaining mechanical oscillations in a low range by sequentially connecting a capacitor to the inductive winding circuit.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	23.01.2019
	Son variant	24.06.2019

MÜNDƏRİCAT * СОДЕРЖАНИЕ * CONTENTS***Fizika və riyaziyyat***

1. *Ağayarov M.H.* Vuruqlara ayırma üsulu ilə bəzi kub tənliklərin həlli 4

Kimya

2. *Исмаилов И.Т., Алиева Г.Г., Абдуллаева М.Б., Агамалиева Г.Т., Аббасов В.М., Агаев А.А.* ПАВ на основе кукурузного масла как реагенты в решении экологических проблем в нефтяной промышленности 8
3. *Muradov M.M.* Duru xlorid turşusunda C₃ – C₄ doymamış birləşmələrin və fenolun xlorlaşdırılması (İcmal) 14
4. *Ахмедов В.Н., Самедов М.М., Мирзаи Дж.И.* Получение аммонийной формы цеолитов и определение характера их полной дегидратации 26
5. *Həşimova E.N., Əbilova Ü.M., Çıraqov F.M.* Norsulfazol fraqmentli polimer sorbentlə palladium (II) ionunun qatılaşdırılaraq tədqiqi 31
6. *Rəhimova N.M.* Etilbenzolda 4-vinilsikloheksanın və platin-qaliumfosfor saxlayan pentasildə stirolun oksidləşdirici dehidrogenləşmə prosesinin optimal şəraitdə aparılması 37
7. *Səmədli V.M.* Silindrik tip dənəvərləşdiricilərdə mineral gübrə qranullarının formalaşmasının əlaqələndirici məhlulun verilmə rejimindən asılılığı 45

Biologiya

8. *Əliyev S.İ., Məmmədov V.A., Qarabəyli O.Z., Süleymanova İ.Ə.* Vəlvələçayın hidrokimyəvi xüsusiyyətləri və biomüxtəlifliyi 50
9. *Bunyatova L.N., Həsənova A.R., Əlizadə K.S.* Ksilotrof makromisetlər biotexnologiyanın perspektivli obyekt kimi 55

Texnika

10. *Hüseynov A.H., Talıbov N.H.* Konseptual modellər əsasında biliklər bazasının avtomatlaşdırılmış sintezinin proqram vəsaitlərinin işlənməsi 59
11. *Əhmədov M.A., Zeynalabdiyeva İ.S.* Paralel fəaliyyətli istehsal modullarının modelləşdirmə üsulları ilə tədqiqinin müasir vəziyyətinin təhlili 66
12. *Salmanova M.N.* Mexaniki emal mərkəzində nəqliyyat manipulyatorlarının fəaliyyətinin sinxronlaşdırılması modeli 72
13. *Məmmədova T.A., Hacıyeva R.F.* DATA MINING texnologiyasından istifadə etməklə qərarı dəstəkləmə sistemlərini inkişaf etdirmə prosesi 79
14. *Mehbəliyeva E.V.* Heterogen serverləri və müxtəlif tipli sorğuları olan sistemin riyazi modelinin qurulması 84
15. *Səttarov V.Q., Dadaşova R.B., Abdullayeva Ü.R.* İkiölçülü induktiv vericinin elektromaqnit sahəsinin nəzəri tədqiqi 89
16. *Yusifov R.Ə.* Elektromaqnit vibrasiya qurğusunun simulyasiya modellərinin işlənməsinə dair 93

Kompüter yığımı	<i>S.Şahverdiyeva</i>
Texniki redaktor	<i>E.Həsəratova</i>
Dil dəstəyi	<i>Linqvistik Mərkəz</i>

Çapa imzalanmışdır: 24.06.2019-cu il
Mətbəə kağızı, kağızın formatı: 70*108 ¼
Yüksək çap üsulu. Həcmi: 23,18 ş.ç.v.
Sifariş . Tiraj 250 nüsxə.
Qiyməti müqavilə yolu ilə.

Sumqayıt Dövlət Universiteti
Redaksiya və nəşr işləri şöbəsi

Müxbir ünvan:

Azərbaycan, 5008, Sumqayıt, 43-cü məhəllə
Tel: (0-12) 448-08-37
(0-18) 642-15-06
Faks: (0-18) 642-02-70

Web: www.sdu.edu.az
E-mail: sdu.elmixeberler@mail.ru