

ISSN 2706-719X (Online)  
ISSN 1680-1245 (Print)

SUMQAYIT DÖVLƏT UNIVERSİTETİ  
СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SUMGAYIT STATE UNIVERSITY

---

ELMİ XƏVƏRLƏR

---

НАУЧНЫЕ ИЗВЕСТИЯ

---

SCIENTIFIC NEWS

*Təbiət və texniki elmlər bölməsi*  
*Серия: Естественные и технические науки*  
*Series for Natural and Technology Sciences*

---

*Cild 19*

*2019*

*№ 3*

---



Sumqayıt – 2019

**Sumqayıt Dövlət Universiteti**  
**Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi**

**REDAKSİYA HEYƏTİ**

**ELXAN HÜSEYNOV** *prof., rektor (baş redaktor)*  
**RAMAZAN MƏMMƏDOV** *prof., elm və innovasiyalar üzrə prorektor, (baş redaktor müavini)*  
**ƏKBƏR MƏMMƏDOV** *dos. (məsul katib)*

**REDAKSİYA HEYƏTİNİN ÜZVLƏRİ**

**Fizika. Riyaziyyat**

**Albert Qilmutdinov**, *akad. (Rusiya)*, **Seong – Cho Yu**, *prof. (Cənubi Koreya)*, **Ferdinand Şolts**, *prof. (Almaniya)*, **Süleyman Özçelik**, *prof. (Türkiyə)*, **Kazimir Yanuşkeviç**, *prof. (Belarusiya)*, **Semyon Blyumin**, *prof. (Rusiya)*, **Andrey Fursikov**, *prof. (Rusiya)*, **Kamil Sabitov**, *prof. (Rusiya)*, **Barxal Barxalov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Fikrət Feyziyev**, *prof. (Azərbaycan)*, **Məhəmmədli Zərbəliyev**, *prof. (məsul redaktor, Azərbaycan)*, **Həmidulla Aslanov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Məmməd Yaqubov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Vaqif Salmanov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Tamella Əhmədova**, *dos. (Azərbaycan)*, **Zəfər Hüseynov**, *dos. (Azərbaycan)*.

**Kimya elmləri**

**Ramil Baxtizin**, *akad. (Rusiya)*, **Vaqif Abbasov**, *akad. (Azərbaycan)*, **Dilqəm Tağıyev**, *akad. (Azərbaycan)*, **Abasqulu Quliyev**, *prof. (Azərbaycan)*, **Məhəmməd Babanlı**, *prof. (Azərbaycan)*, **Jiri Malek**, *prof. (Çex Respublikası)*, **Tatyana Prosoçkina**, *prof. (Rusiya)*, **Eldar Əhmədov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Əkbər Ağayev**, *prof. (Azərbaycan)*, **Qafar Ramazanov**, *prof. (məsul redaktor, Azərbaycan)*, **Muxtar Səmədov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Mahal Muradov**, *dos. (Azərbaycan)*.

**Biologiya elmləri**

**Elşad Qurbanov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Pənah Muradov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Vladimir Prokofyev**, *prof. (Rusiya)*, **Əli Əliyev**, *prof. (Azərbaycan)*, **Ulduz Həşimova**, *prof. (Azərbaycan)*, **Selia Bell**, *dos. (Böyük Britaniya)*, **Arzu Baxşaliev**, *dos. (məsul redaktor, Azərbaycan)*.

**Coğrafiya elmləri**

**Vladimir Kozodyorov**, *prof. (Rusiya)*, **Anatoliy Yamaşkin**, *prof. (Rusiya)*, **Tahir Ağayev**, *prof. (Azərbaycan)*, **Yaqub Qəribov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Məhəmməd Abduev**, *dos. (Azərbaycan)*, **İlham Mərdanov**, *dos. (Azərbaycan)*.

**Texnika elmləri**

**Telman Əliyev**, *akad. (Azərbaycan)*, **Nail Koşapov**, *prof. (Rusiya)*, **Nikolay Korovkin**, *prof. (Rusiya)*, **Yevgeniy Moşev**, *prof. (Rusiya)*, **Aleksandr Qolenişev-Kutuzov**, *prof. (Rusiya)*, **Viktor Kureyçik**, *prof. (Rusiya)*, **Leonid Ponomarenko**, *prof. (Ukrayna)*, **Vladimir Qvozdev**, *prof. (Rusiya)*, **Aybars Uğur**, *prof. (Türkiyə)*, **Mehmet Emin Dalkılıç**, *prof. (Türkiyə)*, **Ağası Məlikov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Aqil Hüseynov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Məhəmməd Əhmədov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Nadir Kazımov**, *prof. (Azərbaycan)*, **Cavanşir Məmmədov**, *prof. (məsul redaktor, Azərbaycan)*, **İqor Korşunov**, *dos. (Rusiya)*, **Qadir Mənsurov**, *dos. (Azərbaycan)*, **Ulduz Ağayev**, *dos. (Azərbaycan)*.

**Sumgayit State University**  
**Scientific News. Series for Natural and Technology sciences**

**EDITORIAL STAFF**

**ELKHAN HUSEYNOV** *prof., rector (chief editor)*  
**RAMAZAN MAMMADOV** *prof., vice-rector for Science and Innovations (deputy chief editor)*  
**AKBAR MAMMADOV** *dos. (executive secretary)*

**MEMBERS OF EDITORIAL STAFF**

**Physics. Mathematics** **Albert Gilmutdinov**, *acad. (Russia)*, **Seong – Cho Yu**, *prof. (South Korea)*, **Ferdinand Sholts**, *prof. (Germany)*, **Suleyman Ozchelik**, *prof. (Turkey)*, **Kazimir Yanushkevich**, *prof. (Belarus)*, **Semyon Blyumin**, *prof. (Russia)*, **Andrey Fursikov**, *prof. (Russia)*, **Kamil Sabitov**, *prof. (Russia)*, **Barkhal Barkhalov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Fikrat Feyziyev**, *prof. (Azerbaijan)*, **Mahammadali Zarbaliyev**, *prof. (executive editor, Azerbaijan)*, **Hamidulla Aslanov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Mammad Yagubov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Vagif Salmanov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Tamella Ahmadova**, *assoc.prof. (Azerbaijan)*, **Zafar Huseynov**, *assoc.prof. (Azerbaijan)*.

**Chemical sciences** **Ramil Bakhtizin**, *acad. (Russia)*, **Vagif Abbasov**, *acad. (Azerbaijan)*, **Abasgulu Guliyev**, *acad. (Azerbaijan)*, **Dilgam Taghiyev**, *acad. (Azerbaijan)*, **Mahammad Babanli**, *prof. (Azerbaijan)*, **Jiri Malek**, *prof. (Czech Republic)*, **Tatyana Prosochkina**, *prof. (Russia)*, **Eldar Ahmadov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Akbar Aghayev**, *prof. (Azerbaijan)*, **Gafar Ramazanov**, *prof. (executive editor, Azerbaijan)*, **Mukhtar Samadov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Mahal Muradov**, *assoc.prof. (Azerbaijan)*.

**Biological sciences** **Elshad Qurbanov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Panah Muradov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Vladimir Prokofyev**, *prof. (Russia)*, **Ali Aliyev**, *prof. (Azerbaijan)*, **Selia Bell**, *ass.prof. (Great Britain)*, **Ulduz Hashimova**, *d.b.s. (Azerbaijan)*, **Arzu Baxshaliyev**, *assoc.prof. (executive editor), (Azerbaijan)*.

**Geographical sciences** **Vladimir Kozodyorov**, *prof. (Russia)*, **Anatoliy Yamashkin**, *prof. (Russia)*, **Tahir Aghayev**, *prof. (Azerbaijan)*, **Yagub Garibov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Mahammad Abduyev**, *assoc.prof. (Azerbaijan)*, **Ilham Mardanov**, *assoc.prof. (Azerbaijan)*.

**Technical sciences** **Telman Aliyev**, *acad. (Azerbaijan)*, **Nail Koshapov**, *prof. (Russia)*, **Nikolay Korovkin**, *prof. (Russia)*, **Yevgeniy Moshev**, *prof. (Russia)*, **Aleksandr Golenishev-Kutuzov**, *prof. (Russia)*, **Viktor Kureychik**, *prof., (Russia)*, **Leonid Ponomarenko**, *prof. (Ukraine)*, **Vladimir Gvozdev**, *prof. (Russia)*, **Aybars Ughur**, *prof. (Turkey)*, **Mehmet Emin Dalkilich**, *prof. (Turkey)*, **Aghasi Malikov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Agil Huseynov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Mahammad Ahmadov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Nadir Kazimov**, *prof. (Azerbaijan)*, **Javanshir Mammadov**, *prof. (executive editor), (Azerbaijan)*, **Iqor Korshunov**, *assoc.prof. (Russia)*, **Gadir Mansurov**, *assoc.prof. (Azerbaijan)*, **Ulduz Aghayev**, *assoc.prof. (Azerbaijan)*.

**Təsisçi: Sumqayıt Dövlət Universiteti**

“Elmi Xəbərlər” jurnalı Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin 27.10.2000-ci il tarixli, 991 sayılı əmrinə əsasən nəşr edilir.

Azərbaycan Respublikası Ədliyyə Nazirliyi tərəfindən qeydiyyatda alınmışdır.

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının qərarı ilə elmi nəşrlər siyahısına daxil edilmişdir.

**Учредитель: Сумгаитский государственный университет**

Журнал «Научные Известия» издается на основании приказа 991 Министерства Образования Азербайджанской Республики от 27.10.2000-го года.

Зарегистрирован Министерством Юстиции Азербайджанской Республики.

Включен в список научных изданий Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики.

**Founder: Sumgayit State University**

The Journal of "Scientific News" is published due to the order № 991 of the Ministry of Education of the Republic of Azerbaijan from 27.10.2000.

It has been registered by the Ministry of Justice of the Republic of Azerbaijan.

It has been included to the list of scientific publications of the Supreme Attestation Commission under President of the Republic of Azerbaijan

Məqalələrin tərtibatı qaydaları ilə Elmi xəbərlər jurnalının rəsmi saytında

<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az> tanış olmaq olar.

С правилами оформления статей можно ознакомиться на официальном сайте журнала Научные известия

<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az>.

Please, see the website <https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az> in order to be familiar with the proper design of the articles.

© Sumqayıt Dövlət Universiteti, 2019

УДК 517.956

## ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОДНОГО ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ 3D БИАНКИ С НЕГЛАДКИМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ ПРИ УСЛОВИЯХ НА АРИФМЕТИЧЕСКОЙ СЕРЕДИНЕ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>МАМЕДОВ ИЛЬГАР ГУРБАТ ОГЛУ<sup>2</sup>АБДУЛЛАЕВА АЙНУРА ДЖАББАР ГЫЗЫ*Институт систем управления НАН Азербайджана, Баку, 1-профессор**Сумгаитский государственный университет, 2-докторант*[ilgar-mamedov-1971@mail.ru](mailto:ilgar-mamedov-1971@mail.ru); [aynure\\_13@mail.ru](mailto:aynure_13@mail.ru)

**Ключевые слова:** принцип максимума Л.С.Понтрягина, интегро-дифференциальное уравнение, условия оптимальности, уравнение 3D Бианки, уравнения с негладкими коэффициентами.

**Введение.** К настоящему времени для различных задач оптимального управления, описываемых гиперболических уравнений, а также уравнений математической физики получены ряд необходимых и достаточных условий оптимальности, при различных предположениях. Возникновение и развитие теории оптимального управления привело к полномасштабному ее применению к практическим задачам, таким как управление управляемых объектов, оптимизации динамических систем и др. Многие из этих задач оптимального управления описываются гиперболическими уравнениями, решениям которых посвящены многочисленные работы. Задачи оптимального управления системами с распределенными параметрами имеют многочисленные применения.

Принцип максимума Понтрягина, являющийся фундаментальным результатом теории необходимых условий оптимальности первого порядка, первоначально был доказан (в линейном случае Р.В. Гамкрелидзе, в нелинейном случае В.Г. Болтянским) для задачи оптимального управления, описываемой обыкновенными дифференциальными уравнениями. В дальнейшем появились работы, посвященные выводу необходимых условий оптимальности в более сложных задачах управления с сосредоточенными и с распределенными параметрами. Задачи оптимального управления, описываемые гиперболическими уравнениями при условиях Гурса ведут свое начало с работ А.И. Егорова [1]. В дальнейшем различные аспекты задач оптимального управления процессами, описываемые системами Гурса-Дарбу, были исследованы в работах К.Т. Ахмедова и С.С. Ахиева [2], М.Дж. Марданова [3], К.Б. Мансимова [4-5], М.Дж. Марданова и Т.К. Меликова [6], Т.К. Меликова [7-9], Ф.П. Васильева [10], В.И. Плотникова и В.И. Сумина [11], Р.А. Бандалиева, В.С. Гулиева, И.Г. Мамедова и А.Б. Садыгова [12], Р.А. Бандалиева, В.С. Гулиева, И.Г. Мамедова и Я.И. Рустамова [13] и др.

В качественной теории оптимальных процессов особое место занимают корректные разрешимости рассматриваемой краевой задачи Гурса. Задачи Гурса для гиперболических уравнений с разрывными коэффициентами при неклассических краевых условиях исследованы в работах С.С. Ахиева [14-15] и И.Г. Мамедова [16-19]. Краевая задача для интегро-дифференциального уравнения 3D Бианки с негладкими коэффициентами при условиях на геометрической середине области впервые исследованы в работах И.Г. Мамедова и А.Дж. Абдуллаевой [20- 21]. Заметим, что эта задача по постановке обобщает задачу Гурса для интегро-дифференциального уравнения 3D Бианки с негладкими коэффициентами, т.е. рассмотренная краевая задача в частном случае совпадает с задачей

Гурса. Специальная краевая задача для интегро-дифференциального уравнения 3D Бианки с негладкими коэффициентами при условиях на арифметической середине области рассмотрены в работе И.Г. Мамедова и А.Дж. Абдуллаевой [22]. Особо нужно отметить, что из литературы известно, что задача оптимального управления для интегро-дифференциального уравнения 3D Бианки с негладкими коэффициентами при условиях на арифметической середине области до сих пор не исследованы. Именно, поэтому предлагаемая работа посвящена выводу необходимых условий оптимальности типа принципа максимума Л.С. Понтрягина для одного задача оптимального управления с распределенными параметрами, описываемого интегро-дифференциальных уравнений 3D Бианки  $L_p$ -коэффициентами при условиях на арифметической середине области.

Полученные результаты могут быть использованы в теории оптимальных процессов для распространения принципа максимума Л.С. Понтрягина на различные управляемые процессы, описываемые интегро-дифференциальными уравнениями 3D Бианки с разрывными коэффициентами (иначе говоря, с  $L_p$ -коэффициентами) в изотропных пространствах С.Л. Соболева с доминирующими смешанными производными. В данной работе, при некоторых предположениях, это продемонстрировано для одного модельного случая.

**1. Постановка задачи.** Пусть управляемый объект описывается интегро-дифференциальным уравнением 3D Бианки:

$$\begin{aligned} (V_{1,1,1}u)(x, y, z) \equiv & u_{xyz}(x, y, z) + A_{0,0,0}u(x, y, z) + A_{1,0,0}u_x(x, y, z) + \\ & + A_{0,1,0}u_y(x, y, z) + A_{0,0,1}u_z(x, y, z) + A_{1,1,0}u_{xy}(x, y, z) + A_{0,1,1}u_{yz}(x, y, z) + \\ & + A_{1,0,1}u_{xz}(x, y, z) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^x \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^y \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^z [K_{0,0,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z)u(\tau, \xi, \eta) + K_{1,0,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) \times \\ & \times u_x(\tau, \xi, \eta) + K_{0,1,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z)u_y(\tau, \xi, \eta) + K_{0,0,1}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) \times \\ & \times u_z(\tau, \xi, \eta) + K_{1,1,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z)u_{xy}(\tau, \xi, \eta) + K_{0,1,1}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) \times \end{aligned} \quad (1)$$

$$\times u_{yz}(\tau, \xi, \eta) + K_{1,0,1}(\tau, \xi, \eta; x, y, z)u_{xz}(\tau, \xi, \eta)] d\tau d\xi d\eta = \varphi(x, y, z, v), \quad (x, y, z) \in G = G_1 \times G_2 \times G_3,$$

при следующих условиях арифметической середины области

$$\left\{ \begin{aligned} V_{0,0,0}u &\equiv u\left(\frac{x_0+x_1}{2}, \frac{y_0+y_1}{2}, \frac{z_0+z_1}{2}\right) = \varphi_{0,0,0}, \\ (V_{1,0,0}u)(x) &\equiv u_x\left(x, \frac{y_0+y_1}{2}, \frac{z_0+z_1}{2}\right) = \varphi_{1,0,0}(x), \\ (V_{0,1,0}u)(y) &\equiv u_y\left(\frac{x_0+x_1}{2}, y, \frac{z_0+z_1}{2}\right) = \varphi_{0,1,0}(y), \\ (V_{0,0,1}u)(z) &\equiv u_z\left(\frac{x_0+x_1}{2}, \frac{y_0+y_1}{2}, z\right) = \varphi_{0,0,1}(z), \\ (V_{1,1,0}u)(x, y) &\equiv u_{xy}\left(x, y, \frac{z_0+z_1}{2}\right) = \varphi_{1,1,0}(x, y), \\ (V_{0,1,1}u)(y, z) &\equiv u_{yz}\left(\frac{x_0+x_1}{2}, y, z\right) = \varphi_{0,1,1}(y, z), \\ (V_{1,0,1}u)(x, z) &\equiv u_{xz}\left(x, \frac{y_0+y_1}{2}, z\right) = \varphi_{1,0,1}(x, z), \end{aligned} \right. \quad (2)$$

где  $\varphi_{0,0,0} \in R$  является заданным числом, а остальные  $\varphi_{i,j,k}$  являются заданными функциями, удовлетворяющими условиям:

$$\varphi_{1,0,0}(x) \in L_p(G_1), \varphi_{0,1,0}(y) \in L_p(G_2), \varphi_{0,0,1}(z) \in L_p(G_3), \varphi_{1,1,0}(x, y) \in L_p(G_1 \times G_2),$$

$$\varphi_{0,1,1}(y, z) \in L_p(G_2 \times G_3), \varphi_{1,0,1}(x, z) \in L_p(G_1 \times G_3); \quad G_1 = (x_0, x_1), G_2 = (y_0, y_1), G_3 = (z_0, z_1).$$

Здесь предполагается, что коэффициенты  $A_{i,j,k}(x, y, z)$  и  $K_{i,j,k}(\tau, \xi, \eta; x, y, z)$  являются негладкими функциями, удовлетворяющими лишь следующим условиям:

$$A_{0,0,0}(x, y, z) \in L_p(G), A_{1,0,0}(x, y, z) \in L_{\infty,p,p}^{x,y,z}(G), A_{0,1,0}(x, y, z) \in L_{p,\infty,p}^{x,y,z}(G),$$

$$A_{0,0,1}(x, y, z) \in L_{p,p,\infty}^{x,y,z}(G), A_{1,1,0}(x, y, z) \in L_{\infty,\infty,p}^{x,y,z}(G), A_{0,1,1}(x, y, z) \in L_{p,\infty,\infty}^{x,y,z}(G),$$

$$A_{1,0,1}(x, y, z) \in L_{\infty,p,\infty}^{x,y,z}(G), K_{i,j,k}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) \in L_\infty(G \times G).$$

Кроме того, предполагается, что  $\varphi(x, y, z, v)$  заданная функция на  $G \times R^r$ , удовлетворяющая условиям Каратеодори  $G \times R^r$  (т.е.  $\varphi(x, y, z, v)$  измерима по  $(x, y, z)$  на  $G$  для всех заданных  $v \in R^r$  и непрерывна по  $v$  на  $R^r$  почти для всех заданных  $(x, y, z) \in G$ ) и для любого положительного числа  $\delta > 0$  существует функция  $\varphi_\delta^0(x, y, z) \in L_p(G)$  такая, что  $|\varphi(x, y, z, v(x, y, z))| \leq \varphi_\delta^0(x, y, z)$  почти для всех  $(x, y, z) \in G$  и всех  $v \in R^r$  для которых  $\|v\| = \sum_{i=1}^r |v_i| \leq \delta$ ;  $v(x, y, z) = (v_1(x, y, z), \dots, v_r(x, y, z))$  –  $r$ -мерная управляющая вектор-функция.

Пусть вектор-функция  $v(x, y, z) = (v_1(x, y, z), \dots, v_r(x, y, z))$  измерима и ограничена на  $G$  и почти во всех точках  $(x, y, z) \in G$  принимает свои значения из некоторого заданного множества  $U \subset R^r$ . Тогда эту вектор-функцию мы будем называть допустимым управлением. Множество всех допустимых управлений обозначим через  $U_\delta$ .

Теперь рассмотрим следующую задачу оптимального управления: найти допустимое управление  $v(x, y, z)$  из  $U_\delta$ , для которого решение  $u \in W_p^{(1,1,1)}(G) \equiv \{u \in L_p(G) / D_x^i D_y^j D_z^k u \in L_p(G); i, j, k = 0, 1, 1 \leq p \leq \infty\}$  задачи (1)-(2) доставляет наименьшее значение многоточечному функционалу

$$S(v) = \sum_{k=1}^N [a_k^{(1,0,0)} u(x_k^{(1)}, y_1, z_1) + a_k^{(0,1,0)} u(x_1, y_k^{(1)}, z_1) + a_k^{(0,0,1)} u(x_1, y_1, z_k^{(1)})], \quad (3)$$

где  $(x_k^{(1)}, y_k^{(1)}, z_k^{(1)}) \in \bar{G}$  – заданные точки;  $a_k^{(1,0,0)}, a_k^{(0,1,0)}, a_k^{(0,0,1)} \in R$  – заданные числа. Заметим, что норму в пространстве С.Л. Соболева  $W_p^{(1,1,1)}(G)$  будем определять равенством

$$\|u\|_{W_p^{(1,1,1)}(G)} = \sum_{i,j,k=0}^1 \|D_x^i D_y^j D_z^k u\|_{L_p(G)}.$$

**2. Формула приращения критерия качества в интегральном виде и условия оптимальности.** Для получения необходимых и достаточных условий оптимальности сначала найдем приращения функционала (3). Пусть  $v(x, y, z)$  и  $v(x, y, z) + \Delta v(x, y, z)$  – различные допустимые управления, а  $u(x, y, z)$  и  $u(x, y, z) + \Delta u(x, y, z)$  – соответствующие им решения задачи (1)-(2) в пространстве  $W_p^{(1,1,1)}(G)$ . Тогда приращение функционала (3) будет иметь вид

$$\Delta S(v) = \sum_{k=1}^N [a_k^{(1,0,0)} \Delta u(x_k^{(1)}, y_1, z_1) + a_k^{(0,1,0)} \Delta u(x_1, y_k^{(1)}, z_1) + a_k^{(0,0,1)} \Delta u(x_1, y_1, z_k^{(1)})]. \quad (4)$$

Очевидно, что при этом вектор-функция  $\Delta u \in W_p^{(1,1,1)}(G)$  является решением уравнения

$$(V_{1,1,1} \Delta u)(x, y, z) = \Delta \varphi(x, y, z), \quad (5)$$

удовлетворяющее тривиальным условиям арифметической середины области

$$\begin{aligned}
 V_{0,0,0}\Delta u &= \Delta u\left(\frac{x_0+x_1}{2}, \frac{y_0+y_1}{2}, \frac{z_0+z_1}{2}\right) = 0, & V_{1,0,0}\Delta u &= \Delta u_x\left(x, \frac{y_0+y_1}{2}, \frac{z_0+z_1}{2}\right) = 0, \\
 V_{0,1,0}\Delta u &= \Delta u_y\left(\frac{x_0+x_1}{2}, y, \frac{z_0+z_1}{2}\right) = 0, \dots, & V_{0,1,1}\Delta u &= \Delta u_{yz}\left(\frac{x_0+x_1}{2}, y, z\right) = 0, \\
 V_{1,0,1}\Delta u &= \Delta u_{xz}\left(x, \frac{y_0+y_1}{2}, z\right) = 0,
 \end{aligned} \tag{6}$$

где

$$\Delta\varphi(x, y, z) = \varphi(x, y, z, \nu(x, y, z)) + \Delta\nu(x, y, z) - \varphi(x, y, z, \nu(x, y, z))$$

Оператор  $V = (V_{0,0,0}, V_{1,0,0}, V_{0,1,0}, V_{0,0,1}, V_{1,1,0}, V_{0,1,1}, V_{1,0,1}, V_{1,1,1})$  задачи (1)-(2) действует из  $W_p^{(1,1,1)}(G)$  на  $E_p^{(1,1,1)} \equiv R \times L_p(x_0, x_1) \times L_p(y_0, y_1) \times L_p(z_0, z_1) \times L_p(G_1 \times G_2) \times L_p(G_2 \times G_3) \times L_p(G_1 \times G_3) \times L_p(G)$ . Заметим, что в пространстве  $E_p^{(1,1,1)}$  норму будем определять естественным образом, при помощи равенства

$$\begin{aligned}
 \|\varphi\|_{E_p^{(1,1,1)}} &= \|\varphi_{0,0,0}\|_R + \|\varphi_{1,0,0}\|_{L_p(x_0, x_1)} + \|\varphi_{0,1,0}\|_{L_p(y_0, y_1)} + \|\varphi_{0,0,1}\|_{L_p(z_0, z_1)} + \|\varphi_{1,1,0}\|_{L_p(G_1 \times G_2)} + \\
 &+ \|\varphi_{0,1,1}\|_{L_p(G_2 \times G_3)} + \|\varphi_{1,0,1}\|_{L_p(G_1 \times G_3)} + \|\varphi_{1,1,1}\|_{L_p(G)}.
 \end{aligned}$$

Показано, что этот оператор имеет сопряженный оператор

$V^* = (\omega_{0,0,0}, \omega_{1,0,0}, \omega_{0,1,0}, \omega_{0,0,1}, \omega_{1,1,0}, \omega_{0,1,1}, \omega_{1,0,1}, \omega_{1,1,1})$  который действует в  $E_q^{(1,1,1)}$  и удовлетворяет условию

$$\begin{aligned}
 f(Vu) &= \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} f_{1,1,1}(x, y, z)(V_{1,1,1}u)(x, y, z) dx dy dz + f_{0,0,0}(V_{0,0,0}u) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} f_{1,0,0}(x)(V_{1,0,0}u)(x) dx + \\
 &+ \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} f_{0,1,0}(y)(V_{0,1,0}u)(y) dy + \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} f_{0,0,1}(z)(V_{0,0,1}u)(z) dz + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} f_{1,1,0}(x, y)(V_{1,1,0}u)(x, y) dx dy + \\
 &+ \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} f_{0,1,1}(y, z)(V_{0,1,1}u)(y, z) dy dz + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} f_{1,0,1}(x, z)(V_{1,0,1}u)(x, z) dx dz = \\
 &= u\left(\frac{x_0+x_1}{2}, \frac{y_0+y_1}{2}, \frac{z_0+z_1}{2}\right)(\omega_{0,0,0}f) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} u_x\left(x, \frac{y_0+y_1}{2}, \frac{z_0+z_1}{2}\right)(\omega_{1,0,0}f)(x) dx + \\
 &+ \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} u_y\left(\frac{x_0+x_1}{2}, y, \frac{z_0+z_1}{2}\right)(\omega_{0,1,0}f)(y) dy + \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} u_z\left(\frac{x_0+x_1}{2}, \frac{y_0+y_1}{2}, z\right)(\omega_{0,0,1}f)(z) dz + \\
 &+ \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} u_{xy}\left(x, y, \frac{z_0+z_1}{2}\right)(\omega_{1,1,0}f)(x, y) dx dy + \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} u_{yz}\left(\frac{x_0+x_1}{2}, y, z\right)(\omega_{0,1,1}f)(y, z) dy dz + \\
 &+ \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} u_{xz}\left(x, \frac{y_0+y_1}{2}, z\right)(\omega_{1,0,1}f)(x, z) dx dz + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} u_{xyz}(x, y, z)(\omega_{1,1,1}f)(x, y, z) dx dy dz \equiv \\
 &\equiv (V^*f)(u),
 \end{aligned} \tag{7}$$

где

$$\begin{aligned}
 f &= (f_{0,0,0}, f_{1,0,0}(x), f_{0,1,0}(y), f_{0,0,1}(z), f_{1,1,0}(x, y), f_{0,1,1}(y, z), f_{1,0,1}(x, z), f_{1,1,1}(x, y, z)) \in \\
 &\in E_q^{(1,1,1)} \equiv R \times L_q(x_0, x_1) \times L_q(y_0, y_1) \times L_q(z_0, z_1) \times L_q(G_1 \times G_2) \times L_q(G_2 \times G_3) \times L_q(G_1 \times G_3) \times L_q(G),
 \end{aligned}$$



произвольный линейный ограниченный функционал на  $E_p^{(1,1,1)}$ , т.е.  $1/p+1/q=1$  а  $u$  произвольная функция из  $W_p^{(1,1,1)}(G)$ .

Теперь в равенстве (7) функцию  $u(x, y, z) \in W_p^{(1,1,1)}(G)$  выберем как решение задачи (5), (6), т.е. положим вместе  $u$  функцию  $\Delta u$ . Тогда получим, что справедливо равенство

$$\begin{aligned} f(V\Delta u) &\equiv \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} f_{1,1,1}(x, y, z) \Delta \varphi(x, y, z) dx dy dz = \\ &= \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} (\omega_{1,1,1} f)(x, y, z) \Delta u_{xyz}(x, y, z) dx dy dz \equiv (V^* f)(\Delta u), \end{aligned} \quad (8)$$

для всех  $f \in E_q^{(1,1,1)}$ . Иначе говоря,

$$\begin{aligned} - \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} f_{1,1,1}(x, y, z) \Delta \varphi(x, y, z) dx dy dz + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} (\omega_{1,1,1} f)(x, y, z) \Delta u_{xyz}(x, y, z) dx dy dz = 0, \\ \forall f \in E_q^{(1,1,1)}. \end{aligned} \quad (9)$$

Функция  $\Delta u(x, y, z)$  как элемент пространства  $W_p^{(1,1,1)}(G)$  удовлетворяет тривиальным условиям (6). Используя интегральное представление функций [23] из  $W_p^{(1,1,1)}(G)$ :

$$\begin{aligned} u(x, y, z) &= u\left(\frac{x_0+x_1}{2}, \frac{y_0+y_1}{2}, \frac{z_0+z_1}{2}\right) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^x u_x\left(\alpha, \frac{y_0+y_1}{2}, \frac{z_0+z_1}{2}\right) d\alpha + \\ &+ \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^y u_y\left(\frac{x_0+x_1}{2}, \beta, \frac{z_0+z_1}{2}\right) d\beta + \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^z u_z\left(\frac{x_0+x_1}{2}, \frac{y_0+y_1}{2}, \gamma\right) d\gamma + \\ &+ \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^x \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^y u_{xy}\left(\alpha, \beta, \frac{z_0+z_1}{2}\right) d\alpha d\beta + \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^y \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^z u_{yz}\left(\frac{x_0+x_1}{2}, \beta, \gamma\right) d\beta d\gamma + \\ &+ \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^x \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^z u_{xz}\left(\alpha, \frac{y_0+y_1}{2}, \gamma\right) d\alpha d\gamma + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^x \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^y \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^z u_{xyz}(\alpha, \beta, \gamma) d\alpha d\beta d\gamma \end{aligned}$$

получим, что

$$\begin{aligned} a_k^{(1,0,0)} \Delta u(x_k^{(1)}, y_1, z_1) + a_k^{(0,1,0)} \Delta u(x_1, y_k^{(1)}, z_1) + a_k^{(0,0,1)} \Delta u(x_1, y_1, z_k^{(1)}) = \\ = \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} R_k(x, y, z) \Delta u_{xyz}(x, y, z) dx dy dz \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} R_k(x, y, z) &= a_k^{(1,0,0)} \theta(x_k^{(1)} - x) + a_k^{(0,1,0)} \theta(y_k^{(1)} - y) + a_k^{(0,0,1)} \theta(z_k^{(1)} - z), \\ \theta(t) &= \begin{cases} 1, & t > 0 \\ 0, & t \leq 0 \end{cases} - \text{функция Хэвисайда.} \end{aligned}$$

Поэтому приращение (4) функционала (3) можно представить в виде

$$\Delta S(v) = \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} \sum_{k=1}^N R_k(x, y, z) \Delta u_{xyz}(x, y, z) dx dy dz$$

или

$$\Delta S(v) = \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} R(x, y, z) \Delta u_{xyz}(x, y, z) dx dy dz, \quad (10)$$

где

$$R(x, y, z) = \sum_{k=1}^N R_k(x, y, z).$$

Теперь используя (9) приращение (10) запишем в виде

$$\begin{aligned} \Delta S(v) = & \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} [R(x, y, z) + (\omega_{1,1,1}f)(x, y, z)] \Delta u_{xyz}(x, y, z) dx dy dz - \\ & - \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} f_{1,1,1}(x, y, z) \Delta \varphi(x, y, z) dx dy dz. \end{aligned} \quad (11)$$

Очевидно, что равенство (11) справедливо для всех  $f \in E_q^{(1,1,1)}$ . Выражение оператора  $\omega_{1,1,1}$  зависит только от одного элемента  $f$ , т.е. от  $f_{1,1,1}$ :

$$\begin{aligned} (\omega_{1,1,1}f)(x, y, z) \equiv & f_{1,1,1}(x, y, z) + \\ & + \int \int \int_{x, y, z} f_{1,1,1}(\alpha, \beta, \gamma) [A_{0,0,0}(\alpha, \beta, \gamma) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{\alpha} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{\beta} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{\gamma} K_{0,0,0}(\tau, \xi, \eta; \alpha, \beta, \gamma) d\tau d\xi d\eta] d\alpha d\beta d\gamma + \\ & + \int \int_{y, z} f_{1,1,1}(x, \beta, \gamma) [A_{1,0,0}(x, \beta, \gamma) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^x \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{\beta} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{\gamma} K_{1,0,0}(\tau, \xi, \eta; x, \beta, \gamma) d\tau d\xi d\eta] d\beta d\gamma + \\ & + \int \int_{x, z} f_{1,1,1}(\alpha, y, \gamma) [A_{0,1,0}(\alpha, y, \gamma) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{\alpha} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^y \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{\gamma} K_{0,1,0}(\tau, \xi, \eta; \alpha, y, \gamma) d\tau d\xi d\eta] d\alpha d\gamma + \\ & + \int \int_{x, y} f_{1,1,1}(\alpha, \beta, z) [A_{0,0,1}(\alpha, \beta, z) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{\alpha} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{\beta} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^z K_{0,0,1}(\tau, \xi, \eta; \alpha, \beta, z) d\tau d\xi d\eta] d\alpha d\beta + \\ & + \int_z f_{1,1,1}(x, y, \gamma) [A_{1,1,0}(x, y, \gamma) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^x \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^y \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{\gamma} K_{1,1,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, \gamma) d\tau d\xi d\eta] d\gamma + \\ & + \int_x f_{1,1,1}(\alpha, y, z) [A_{0,1,1}(\alpha, y, z) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{\alpha} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^y \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^z K_{0,1,1}(\tau, \xi, \eta; \alpha, y, z) d\tau d\xi d\eta] d\alpha + \\ & + \int_y f_{1,1,1}(x, \beta, z) [A_{1,0,1}(x, \beta, z) + \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^x \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{\beta} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^z K_{1,0,1}(\tau, \xi, \eta; x, \beta, z) d\tau d\xi d\eta] d\beta. \end{aligned}$$

Поэтому равенство (11) справедливо для всех  $f_{1,1,1} \in L_q(G)$ . Для упрощения выражения (11) введем уравнение

$$(\omega_{1,1,1}f_{1,1,1})(x, y, z) + R(x, y, z) = 0, \quad (x, y, z) \in G, \quad (12)$$

которое назовем сопряженным уравнением для задачи оптимального управления (1)-(3).

Теперь выберем функцию  $f_{1,1,1}(x, y, z)$  как решение уравнения (12) в  $L_q(G)$ . Тогда формула (11) примет простой вид:

$$\Delta S(v) = - \int_{\frac{x_0+x_1}{2}}^{x_1} \int_{\frac{y_0+y_1}{2}}^{y_1} \int_{\frac{z_0+z_1}{2}}^{z_1} f_{1,1,1}(x, y, z) \Delta \varphi(x, y, z) dx dy dz. \quad (13)$$

Теперь рассмотрим следующую игольчатую вариацию допустимого управления  $v(x, y, z)$ :

$$\Delta v_\varepsilon(x, y, z) = \begin{cases} \hat{v} - v(x, y, z), & (\tau, \xi, \eta) \in G_\varepsilon \\ 0, & (x, y, z) \in G \setminus G_\varepsilon \end{cases} \quad (14)$$

где  $\hat{v} \in U_\delta$  и  $(\tau, \xi, \eta) \in G$  фиксированные точки,  $\varepsilon > 0$  достаточно малый параметр, а

$$G_\varepsilon = \left( \tau - \frac{\varepsilon}{2}, \tau + \frac{\varepsilon}{2} \right) \times \left( \xi - \frac{\varepsilon}{2}, \xi + \frac{\varepsilon}{2} \right) \times \left( \eta - \frac{\varepsilon}{2}, \eta + \frac{\varepsilon}{2} \right).$$

Управление  $v_\varepsilon(x, y, z)$ , определяемый равенством

$$v_\varepsilon(x, y, z) = v(x, y, z) + \Delta v_\varepsilon(x, y, z)$$

является допустимым управлением для всех достаточно малых  $\varepsilon > 0$  и всех  $\hat{v} \in U_\delta$ ,  $(\tau, \xi, \eta) \in G$ .

Это управление называется игольчатым возмущением заданного управления  $v(x, y, z)$ .

Очевидно, что

$$\begin{aligned} S(v_\varepsilon) - S(v) &= \\ &= - \iiint_{G_\varepsilon} f_{1,1,1}(x, y, z) [\varphi(x, y, z, v(x, y, z) + \Delta v_\varepsilon(x, y, z)) - \varphi(x, y, z, v(x, y, z))] dx dy dz = \\ &= - \iiint_{G_\varepsilon} f_{1,1,1}(x, y, z) [\varphi(x, y, z, \hat{v}) - \varphi(x, y, z, v(x, y, z))] dx dy dz. \end{aligned} \quad (15)$$

Так как задача оптимального управления линейна, то из (15) вытекает следующая **Теорема.** Пусть  $f_{1,1,1}(x, y, z) \in L_q(G)$  решение сопряженного уравнения (12). Тогда для оптимальности некоторого допустимого управления  $v(x, y, z)$  необходимо и достаточно, чтобы выполнялось условие максимума

$$\max_{\hat{v} \in U_\delta} H(x, y, z, f_{1,1,1}(x, y, z), \hat{v}) = H(x, y, z, f_{1,1,1}(x, y, z), v(x, y, z))$$

почти для всех  $(x, y, z) \in G$ , где  $H(x, y, z, f_{1,1,1}, v) = f_{1,1,1} \cdot \varphi(x, y, z, v)$  функция Гамильтона-Понтрягина.

**Доказательство.** Если управление  $v(x, y, z)$  из  $U_\delta$  доставляет наименьшее значение функционалу (3), то из (15) имеем

$$- \iiint_{G_\varepsilon} [H(x, y, z, f_{1,1,1,1}(x, y, z), \hat{v}) - H(x, y, z, f_{1,1,1,1}(x, y, z), v(x, y, z))] dx dy dz \geq 0, \quad (16)$$

Разделяя обе части равенства (16) на  $\varepsilon^3$  и перейдя к пределу при  $\varepsilon \rightarrow +0$ , получим

$$H(\tau, \xi, \eta, f_{1,1,1}(\tau, \xi, \eta), v(\tau, \xi, \eta)) - H(\tau, \xi, \eta, f_{1,1,1}(\tau, \xi, \eta), \hat{v}) \geq 0, \quad (17)$$

почти для всех  $(\tau, \xi, \eta) \in G$  и для всех  $v \in U_\delta$ . Таким образом, для оптимальности управления  $v(x, y, z) \in U_\delta$  необходимо, чтобы выполнялось условие (17).

Кроме того, равенство

$$\Delta S(v) = -\iiint_{G_\varepsilon} \Delta H(x, y, z, f_{1,1,1}(x, y, z), v(x, y, z)) dx dy dz$$

показывает, что выполнение этого условия также достаточно для оптимальности управления  $v(x, y, z)$ , где,  $\Delta H(x, y, z, f_{1,1,1}, v) = H(x, y, z, f_{1,1,1}, v + \Delta v) - H(x, y, z, f_{1,1,1}, v)$ .

Теорема доказана.

Эта теорема показывает, что для решения задачи оптимального управления (1)-(3), достаточно найти решение  $f_{1,1,1}(x, y, z) \in L_q(G)$  интегрального уравнения (12). Тогда оптимальное управление  $v(x, y, z)$  можно найти как точку из  $U_\delta$ , которая доставляет максимальное значение функции  $H(x, y, z, f_{1,1,1}(x, y, z), v)$  на  $U_\delta$  относительно  $v$ .

Следует отметить, что сопряженное уравнение (12), введенное в работе для задачи оптимального управления, (1)-(3) является более естественным чем сопряженные задачи классического вида.

Уравнение (12) представляет собою трехмерное интегральное уравнение. В частном случае, когда  $K_{i,j,k}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) \equiv 0$ , а функции  $A_{i,j,k}(x, y, z)$  являются достаточно гладкими (т.е. имеют суммируемые производные  $D_x^i D_y^j D_z^k A_{i,j,k}(x, y, z)$ ) то из уравнения (12) можно перейти также к сопряженной задаче классического вида, задаваемой посредством формально сопряженного дифференциального оператора.

**3. Заключение.** Полученный результат могут быть использованы для изучения локальных и нелокальных задач оптимального управления, связанные с нелокальными задачами [24-25] для уравнений 3D Бианки с негладкими коэффициентами. Кроме того, полученный результат, подобным образом может быть использован также для получения необходимых условий оптимальности в нелинейных задачах оптимального управления системами, описываемыми нелинейными уравнениями 3D Бианки аналогичных видов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А.И. Об оптимальном управлении процессами в некоторых системах с распределенными параметрами // Автоматика и телемеханика, 1964, т.25, №5, с.613-623
2. Ахмедов К.Т., Ахиев С.С. Необходимые условия оптимальности для некоторых задач теории оптимального уравнения. // ДАН СССР, 1972, т. 28, №5, с. 12-16
3. Марданов М.Дж. Необходимые условия оптимальности второго порядка в системах с распределенными параметрами // Изв. АН Азерб. ССР, Серия физ.-техн. и матем. наук, 1987, №4, с.181-187
4. Мансимов К.Б. Условия оптимальности второго порядка в системах Гурса-Дарбу при наличии ограничений // Дифференц. урав., 1990, №6, с.954-965
5. Мансимов К.Б. Интегральные необходимые условия оптимальности квазиособых управлений в системах Гурса-Дарбу // Автомат. и телемех., 1993, №5, с.36-43
6. Марданов М.Дж., Меликов Т.К. К необходимым условиям оптимальности в системах с запаздыванием // Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-техн. и мат. наук, 1979, №6, с.47-51
7. Меликов Т.К. Особые в классическом смысле управления в системах Гурса-Дарбу. Баку: Элм, 2003, 96 с.
8. Melikov T.K. Necessary optimality conditions of quasi-singular controls in Goursat-Darboux systems // Transaction of NAS of Azerbaijan, 2004, v.XXIV, №1, pp.257-266
9. Melikov T.K. On conditions of Kelley type optimality in Goursat-Darboux systems // Proceeding of IMM of NAS of Azerbaijan, 2004, v.XXI, pp.229-236
10. Васильев Ф.П. Методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1980, 400 с.
11. Плотников В.И., Сумин В.И. Оптимизация объектов с распределенными параметрами, описываемых системами Гурса-Дарбу // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 1972, т.12,

№1, с.61-77

12. Bandaliyev R.A., Guliyev V.S., Mamedov I.G., Sadigov A.B. The optimal control problem in the processes described by the Goursat problem for a hyperbolic equation in variable exponent Sobolev spaces with dominating mixed derivatives // Elsevier: Journal of Computational and Applied Mathematics, 2016, v.305, pp. 11-17
13. Bandaliyev Rovshan A., Guliyev Vagif S., Mamedov Ilgar G., Rustamov Yasin I. Optimal Control Problem for Bianchi Equation in Variable Exponent Sobolev Spaces// Springer: Journal of Optimization Theory and Applications, 2019, v.180, Issue 1, pp. 303-320
14. Ахиев С.С. Функция Римана уравнения с доминирующей смешанной производной произвольного порядка // ДАН СССР, 1985, т. 283, №4, с.783-787
15. Ахиев С.С. Фундаментальные решения некоторых локальных и нелокальных краевых задач и их представления // ДАН СССР, 1983, т. 271, №2, с.265-269
16. Мамедов И.Г. Задача Гурса нового типа для нагруженных Вольтерро-гиперболических интегро-дифференциальных векторных уравнений четвертого порядка с негладкими матричными коэффициентами // Известия НАН Азерб., сер. Физ.- техн. и матем.наук, 2006, т. XXVI, № 2, с.74-79
17. Мамедов И.Г. Об одной задаче Гурса в пространстве Соболева // Известия высших учебных заведений. Математика, 2011, №2, с.54-64
18. Мамедов И.Г. Формула интегрирования по частям неклассического типа при исследовании задачи Гурса для одного псевдопараболического уравнения // Владикавказский математический журнал, 2011, т. 13, № 4, с. 40-51
19. Мамедов И.Г. Неклассический аналог задачи Гурса для одного трехмерного уравнения со старшей производной // Математические заметки, 2014, т. 96, вып. 2, с.251-260
20. Mamedov Ilgar G., Abdullayeva Aynura J. One 3D in the Geometrical Middle Problem in the Non-Classical Treatment for one 3D Bianchi integro-differential Equation with Non-Smooth Coefficients // Caspian journal of applied mathematics, ecology and economics, v.6, №1, 2018, pp.73-81
21. Мамедов И.Г., Абдуллаева А.Дж. О корректной разрешимости краевой задачи в неклассической трактовке, заданной на геометрической середине области для одного интегро-дифференциального уравнения 3D Бианки // Сумгаитский государственный университет. Научные известия. Серия: Естественные и технические науки, 2018, т.18, №3, с.4-13
22. Мамедов И.Г., Абдуллаева А.Дж. О корректной разрешимости краевой задачи в неклассической трактовке, заданной на середине области для одного интегро-дифференциального уравнения 3D Бианки // Journal of Contemporary Applied Mathematics, 2018, v. 8, No 1, pp.69-80
23. Ахиев С.С. Об общем виде линейных ограниченных функционалов в одном функциональном пространстве типа С.Л.Соболева // Докл. АН Азерб. ССР, 1979, т. 35, №6, с.3-7
24. Мамедов И.Г. Задача оптимального управления в процессах, описываемых нелокальной задачей с нагружениями для гиперболического интегро-дифференциального уравнения // Известия НАН Азерб, сер. Физ.-техн. и мат.наук, 2004, т. XXIV, № 2, с.74-79
25. Мамедов И.Г. Условия оптимальности некоторых процессов, описываемых псевдопараболическим уравнением при нелокальных краевых условиях // Сборник Математическое и компьютерное моделирование. Серия: физико-математические науки, Каменец-Подольский Национальный Университет, Институт Кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, Украина, 2008, с.133-141

**XÜLASƏ**  
**OBLASTIN ƏDƏDİ ORTASINDAKI ŞƏRTLƏR DAXİLİNDƏ QEYRİ-HAMAR ƏMSALLI**  
**BİR İNTEQRO-DİFERENSİAL 3D BİANKİ TƏNLIYI ÜÇÜN OPTİMAL İDARƏETMƏ**  
**MƏSƏLƏSİ**

*Məmmədov İ.Q., Abdullayeva A.C.*

*Açar sözlər: L.S.Pontryaginın maksimum prinsipi, inteqro-diferensial tənlik, optimallıq şərtləri, 3D Bianki tənliyi, qeyri-hamar əmsallı tənliklər.*

Bir inteqro-diferensial üçtərtibli,  $L_p$  əmsallı 3D Bianki tənliyi üçün oblastın ədədi ortasında verilmiş üçölçülü sərhəd məsələsi ilə təsvir olunan optimal idarəetmə məsələsinin tədqiqində L.S.Pontryaginın maksimum prinsipi formasında zəruri və kafi optimallıq şərtləri alınmışdır. Əldə edilmiş nəticə qeyri-lokal tapşırıqların 3D Bianki tənlikləri üçün hamar olmayan əmsallı optimal idarəetmənin lokal və qeyri-lokal məsələlərinin öyrənilməsi üçün istifadə edilə bilər. Bundan başqa, əldə edilmiş nəticə, həmçinin 3D Bianki analogi növün qeyri-xətti tənlikləri ilə təsvir olunan sistemlərin optimal idarə edilməsinin qeyri-xətti məsələlərində optimallıq üçün zəruri şərait əldə etmək üçün də bu cür istifadə edilə bilər.

**SUMMARY**  
**OPTIMAL CONTROL PROBLEM FOR ONE INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATION**  
**OF 3D BIANCHI WITH NON-SMOOTH COEFFICIENTS ON THE ARITHMETIC**  
**MIDDLE OF THE DOMAIN**

*Mammadov I.G., Abdullayeva A.J.*

*Key words: L.S. Pontryagin maximum principle, integro-differential equation, optimality conditions, 3D Bianchi equation, equations with non-smooth coefficients.*

In this paper received necessary and sufficient conditions for optimality in the form of the L.S. Pontryagin maximum principle in the study of the optimal control problem described by a three-dimensional boundary-value problem defined on the arithmetic middle of the domain for a third-order integro-differential 3D Bianchi equation with  $L_p$ -coefficients. The obtained result can be used to study local and nonlocal optimal control problems related to nonlocal problems for 3D Bianchi equations with nonsmooth coefficients. In addition, the obtained result can be similarly used to obtain the necessary optimality conditions in nonlinear problems of optimal control of systems described by nonlinear 3D Bianchi equations of similar types.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	15.06.2019
	Son variant	25.09.2019

УДК 538.91

**НЕГАТРОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ  $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$** **АГАЕВА УЛЬКЕР МАХАМЕДАЛИ ГЫЗЫ***Сумгаитский государственный университет, Азербайджан*[ulker.567@mail.ru](mailto:ulker.567@mail.ru)

*Ключевые слова:* негatronные эффекты, твердые растворы, напряжение порогового переключения

Негатроника является одним из последних достижений электроники. Это направление связано с теорией и практикой создания и применения негatronов – электронных приборов, имеющих в определенном режиме отрицательное значение основного дифференциального параметра активного сопротивления, емкости, индуктивности. Устройства на основе негatronов являются потенциально неустойчивыми и при измерении их параметров особое место занимает вопрос устойчивости. Использование различных физических эффектов внутри полупроводниковых структур при получении отрицательного сопротивления, обеспечивает прямое преобразование различных видов энергии внутри кристалла, что снижает энергетические затраты и при определенных условиях обеспечивает режим сверхчувствительности к различным энергетическим воздействиям [1-3]. Автор работы [2], рассуждая о дальнейшей перспективе развития негатроники, отмечает, что негatronы останутся основным элементом СВЧ генераторов и усилителей. По мнению автора, можно возражать, что современные успехи транзисторной технологии позволяют строить усилители и генераторы на транзисторах, например со структурой Шоттки, способных усиливать и генерировать сигналы на частотах в нескольких десятках гигагерц. Это действительно так. Но известно, что транзистор на таких частотах становится потенциально - неустойчивым, т.е. при определенных нагрузках между его электродами наблюдается отрицательное динамическое сопротивление, т.е. он по существу становится негatronом. Динамические негatronы имеют отрицательное значение основного дифференциального параметра в некотором определенном диапазоне частот. У статических негatronов на основной характеристике ( вольт - амперная для R- негatronов, кулон - вольтная для C- негatronов, вебер-амперная для L-негатронов) наблюдается падающий участок, где значение основного дифференциального параметра является отрицательным. Статические негatronы по форме основной характеристики делятся на негatronы N- и S- типа. Бистабильные халькогенидные переключатели работают на основе двух эффектов: переключение и образование памяти, т.е. стабильного канала повышенной проводимости сохраняющего свои свойства при отключении питания. Эффект переключения, сопровождающееся образованием канала с большой плотностью тока в однородном полупроводниковом веществе, хорошо изучен теоретически и экспериментально [5-7]. Считается, что образование памяти происходит в перегретой вестви шнура тока и связано и с фазовым переходом первого рода из аморфного состояния в поликристаллическое, которое является термодинамически устойчивым и обеспечивают более высокую проводимость канала относительно аморфной среды. Такая модель основана на результатах физико- химических исследований вещества канала памяти халькогенидных переключателей. Однако существуют некоторые экспериментальные факты, необъяснимые с единственной точки зрения чисто термического фазового перехода. В последнее время бистабильное переключение наблюдалось также в различных монокристаллических веществах, в сложных полупроводниках, в диодных структурах на

основе поликристаллов. Обнаруженное в ряде экспериментов влияние на процессы запоминания температуры образца магнитного поля, механическое давление и интенсивности света, нарушение симметричности вольт- амперных характеристик при различных контактах также не объясняются температурными эффектами в исследуемых веществах.

Доклад посвящен исследованию особенностей поведения электронной подсистемы в процессе возникновения и формирования канала памяти в твердых растворах  $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$  ( $0 \leq x \leq 0,08$ ). Объектами исследования являлись поликристаллы твердых растворов системы  $TlInTe_2$  -  $TLYbTe_2$  взаимодействие в которой исследовано в работах [8-10], из которых следует, что в этой системе на основе исходного соединения  $TlInTe_2$  образуются твердые растворы при  $0 \leq x \leq 0,10$  мол. %  $TLYbTe_2$ . Режим синтеза твердых растворов и отжига их для получения равновесного состояния подробно описан в работах [8-11].

Экспериментальные ВАХ в статическом и динамическом режимах снимались по стандартной методике. В качестве исследуемых образцов применялись планарные и пленочноторцевые диодные структуры, представляющие собой слой исследуемых материалов, нанесенный на полированную графитовую подложку методом термического испарения. В качестве материала для контактов планарных структур применялись медь или железо, нанесенные методом конденсации металлической плазмы на поверхность полупроводника. Толщина халькогенидного слоя варьировалась в пределах 5-50 мкм, однородность состава по толщине проверялась рентгенографическом микроанализом.

Исследование показало, что зависимости напряжения порогового переключения ( $U_{mn}$ ) от толщины образцов носит экспоненциальный характер:  $E_n(d) = const \cdot \exp(-ad)$ , где  $d$ - толщина образца. Такой характер зависимости  $V_{nn}(d)$  свидетельствует о том, что в исследуемых образцах проявляется как электронная, так и тепловая природа механизма переключения. Такая модель позволяет объяснить наличие области ОС, наличие задержки перед переключением, образование нитевидных каналов и формирование электрической памяти в исследуемых объектах.

Методика эксперимента для экспериментального исследования особенностей поведения электронной подсистемы в процессе возникновения и формирования канала памяти основана на наблюдении и исследовании флуктуаций плотности тока при переключении их корреляции с процессами запоминания. Стационарные шумы, для которых среднеквадратичная величина амплитуды не зависит от времени в процессах обратимого переключения и шунтирования тока, исследовались в работах [5-7] для различных механизмов отрицательного дифференциального сопротивления. Настоящее исследование отличается тем, что в данном случае шунтирование тока сопровождается необратимыми процессами запоминания.

Зависимость амплитуды шума от силы тока через образец при уменьшении тока обладает стабильной ветвью, и при этом необратимые процессы не наблюдаются. Важно отметить, что переход к необратимым изменениям канала памяти происходит с определенной пороговой величины тока, с которой мы прерываем процесс расширения канала памяти. Таким образом, расширение канала памяти можно представить как флуктуационное развитие некоторого нелинейного электронного механизма, обладающего пороговой величиной плотности тока. Из исследований выяснения роли температурных эффектов в наблюдаемом явлении можно сделать вывод о том, что наблюдаемое явление расширения канала памяти не обусловлено температурным механизмом, а определяется плотностью тока в канале [8].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Серьезнов А. Н., Филинюк Н. А., Касимов Ф.Д. и др. Негатроника. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение РАН, 1995, 314 с.



2. Филинюк Н.А. Достижения негатроники и перспективы ее развития / Труды третьей международной научно-технической конференции МЭПП, Баку-Сумгаит, 2001, с. 31-33
3. Филинюк Н.А., Касимов Ф.Д. Негатроника в XXI – столетии / Труды межд. конф. Научно-технический прогресс и современная авиация. Баку, 2009, с.15-18
4. Пашаев А. М., Касимов Ф.Д. Классификация негатронов и их параметров / Труды пятой международной научно-технической конференции Актуальные проблемы физики. Баку, 2008, с. 5-10.
5. Костылев С. А., Шкут В. А. Электронное переключение в аморфных полупроводниках. Киев: Наукова думка, 1978, 203 с.
6. Михайловский С.С., Виноградов М.С. О механизме образования «памяти» в аморфных халькогенидных переключателях // ФТП. 14, В.9, 1988, с.1720-1723
7. Костылев С.А., Шкут В.А. Структура, физико-химические свойства и применение некристаллических полупроводников. Кишинев, 1989, с.280-284
8. Зарбалиев М.М. Особенности механизмов образования памяти и появления ОДС в твердых растворах  $TlIn_{1-x}Sm_xSe_2$ . / АзТУ. Elmi əsərlər. Fundamental Elmlər. Bakı, 2007, с.VI (21), №1, s.36-38
9. Зарбалиев М.М., Годжаев Э.М., Алиев Ф.Ф. Полупроводниковые халькоиндианаты таллия и сплавы на их основе с редкоземельными элементами / Материалы межд. научн. конф. Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики. Сумгаит, 2018, с.22-27
10. Aliev F.F., Agayeva U. M., Zarbaliev M.M. Energy Spectrum of Charge in  $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$  / Solid Solutions. Semiconductors, 2016, Vol. 50, №.10, pp.1273-1279.
11. Aliyev F.F., Eminova V.I., Zarbaliev M.M. Agayeva U.M., Ismailov M.H. Thermoelectric Figure of Merit in Solid Solution of  $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$  ( $0 \leq x \leq 0,10$ ) / International Journal of Engineering Science Invention (IJESI). Vol.8, Issue 04, Series II, april 2019, pp.60-67

#### XÜLASƏ

#### $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ BƏRK MƏHLULLARINDA NEQATRON EFFEKTLƏR Ağayeva Ü.M.

*Açar sözlər:* neqatron effektlər, bərk məhlullar, astana gərginliyi

Məqalədə  $TlInTe_2$  -  $TlYbTe_2$  sisteminin bərk məhlullarında yaddaşın meydana gəlməsi və formalaşması prosesində elektron alt sisteminin davranışlarının nəticələri araşdırılır. Onların hamısının yaddaşlı çevirmə xüsusiyyətlərinə malik olduğu müəyyən edilmişdir. Onlarda mənfi müqavimət oblastının mövcudluğu, çevirmədən əvvəl müşahidə olunan gecikmələr, sapvari kanalların meydana gəlməsi və elektrik yaddaşının formalaşması həm elektron, həm də istilik mexanizmləri nöqtəyi-nəzərindən izah oluna bilər.

#### SUMMARY

#### NEGATRONIC EFFECTS IN SOLID SOLUTIONS $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ Aghaeva U.M.

*Key words:* negatron effects, solid solutions, threshold switching voltage

The paper presents the results of studies of the behavior of the electronic subsystem in the process of the emergence and formation of memory in solid solutions of the  $TlInTe_2$ - $TlYbTe_2$  system. It is established that they all have switching properties with memory. The presence in them of a region of negative resistance, the observed delays before switching, the formation of threadlike channels and the formation of electric memory can be explained by both the electronic and thermal nature of the switching mechanism.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	27.07.2019
	Son variant	25.09.2019

УДК 66.091

**ПОДБОР ПРИРОДНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА**<sup>1</sup>АББАСОВ ВАГИФ МАХАРРАМ оглу<sup>4</sup>МАМЕДОВ САЛЕХ АРШАД оглу<sup>2</sup>ГУЛИЕВ АКИФ ДАРЬЯХ оглу<sup>3</sup>САФАРЛИ ГЮНЕЛЬ ИСКЕНДЕР ГЫЗЫ*Институт нефтехимических процессов им.Ю.Г. Мамедалиева НАНА,**1-академик, 2-руководитель лаборатории, к.х.н., 3-н.с.,**Государственное агентство автомобильных дорог Азербайджана, 4-директор**[akif\\_quliyev\\_1946@gmail.com](mailto:akif_quliyev_1946@gmail.com)*

**Ключевые слова:** наполнитель, асфальтобетон, природные минералы, карбонат кальция

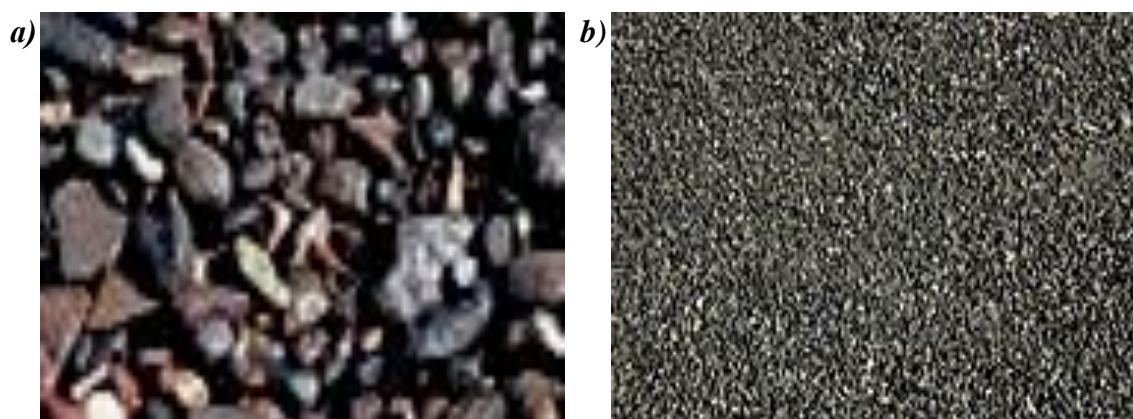
*Исследованы природные минералы – образцы речного гравия с реки Гил-гил чай и реки Ата чай в качестве наполнителей в асфальтобетон. Физико-химическими методами анализа установлено, что образцы состоят в основном из карбоната кальция и оксида кремния и могут быть использованы в качестве наполнителей.*

Строительство новых и расширение уже имеющихся дорог требует все больших объемов производства асфальтобетона. Это, в свою очередь, ставит задачу вовлечения новых эффективных наполнителей в асфальтобетон. Ранее нами были исследованы в качестве таковых различные природные наполнители - вулканический пепел месторождения «Умбақы», известняк «Карвансарай», вулканический пепел «Балахань», и известняки с карьеров «Сангачал», «Сангаргая», «Шахгая» [1] и крошка от камнедобычи [2]. В настоящей статье изучены образцы речного гравия с реки Гил-гил чай и образцы щебня различной грануляции, приготовленные на основе речного гравия с реки Ата чай. С помощью атомного анализатора “OXFORD Instruments” с точностью до 0.01% масс. был определен элементный состав образцов. Атомный анализатор был совмещен со сканирующим электронным микроскопом “Hitachi S-3400N”, что позволило получить более объективную картину по составу анализируемых образцов как относительно больших участков анализируемой пробы, так и отдельных включений, видимых под микроскопом. Под микроскопом рассматривалась также морфология составляющих минералов, что способствовало более объективному общему анализу. Были проанализированы образцы речного гравия Гил-гил чай – (1) и Гил-гил чай – (2) и три образца щебня фракций 0-5, 5-15 и 15-25 мм, приготовленных из гравия реки Ата чай.

На рис.1 показан внешний вид речного гравия с реки Гил-гил чай и щебня фракции 5-15, приготовленного из речного гравия реки Ата чай.

Кроме того, в образцах имеются алюминий, железо и в незначительных количествах калий, натрий и магний. Эти элементы могут находиться как в виде простых оксидов, так и в виде фаз, представляющих более сложные соединения. Во всех образцах Ата чай содержание алюминия и железа меньше, чем в образцах Гиль-гиль чай. В образце Гиль-гиль чай-2 очень высоко содержание алюминия и железа, которые могут образовать полуторные оксиды  $Al_2O_3+Fe_2O_3$  в количествах значительно превышающих допустимые нормы, регламентированные межгосударственными нормами [3,4]. Этот образец может быть использован в качестве наполнителя в асфальтобетонь после предварительной очистки от вышеупомянутых полуторных оксидов, которые являются основной причиной набухаемости

(во влажной среде) материалов, приготовленных из смеси минеральных порошков с битумом.



**Рис.1** . Гравий с реки Гил-гил чай - **a)** и щебень фракции 5-15, приготовленный из речного гравия реки Ата чай - **b)**.

Значения элементного анализа изученных образцов приведены в таблице 1.

Из данных таблицы видно, что основу образца составляют углерод, кислород, кальций и кремний.

**Таблица 1**

*Элементный состав образцов Гил-гил чай -1, Гил-гил чай -2, и щебня фракций 0-5, 5-15 и 15-25 мм, приготовленных из гравия реки Ата чай*

Элементы %, масс.	Названия образцов				
	Гил-гил- чай-1	Гил-гил- чай-2	Ата-чай 0-5 мм	Ата-чай 5-15 мм	Ата-чай 15-25 мм
C	14.63	18.06	25.92	21.53	13.03
O	50.08	48.76	44.77	47.03	48.88
Na	0.25	1.32	0.08	0.33	0.25
Mg	0.46	0.74	0.45	0.24	0.23
Al	2.09	3.97	1.61	1.40	1.81
Si	8.25	13.60	6.93	6.65	6.98
K	0.97	0.94	0.55	0.54	1.05
Ca	20.99	6.37	18.02	20.55	25.88
Fe	2.27	6.23	1.66	1.72	1.90
Сумма	100	100	100	100	100

С целью выяснения фазового состава образцов был проведен их рентгенофазовый анализ с использованием дифрактометра “PANanalytical EMPYREAN” при следующих условиях съемки: Goniometer = Theta/Theta; Minimum step size 2Theta:0.0001; Minimum step size Omega:0.0001; Sample stage = Reflection-transmission spinner; Minimum step size Phi:0.1; Diffractometer system = EMPYREAN

Start Position [°2θ]: 5.0117  
 End Position [°2θ]: 69.9857  
 Step Size [°2θ]: 0.0130  
 Measurement Temperature [°C]: 25.00  
 Anode Material: Cu

K-Alpha1 [Å]: 1.54060  
K-Alpha2 [Å]: 1.54443  
K-Beta [Å]: 1.39225  
K-A2 / K-A1 Ratio: 0.50000  
Generator Settings: 40 mA, 40 kV

На рис.2 показана дифрактограмма образца «Ата чай 0-5 мм». Как видно из дифрактограммы в спектре присутствуют в основном линии, принадлежащие карбонату кальция ( $d = 3.03313, 2.28122$  и др.) и оксиду кремния ( $d = 3.34313, 4.26015$  и др.).

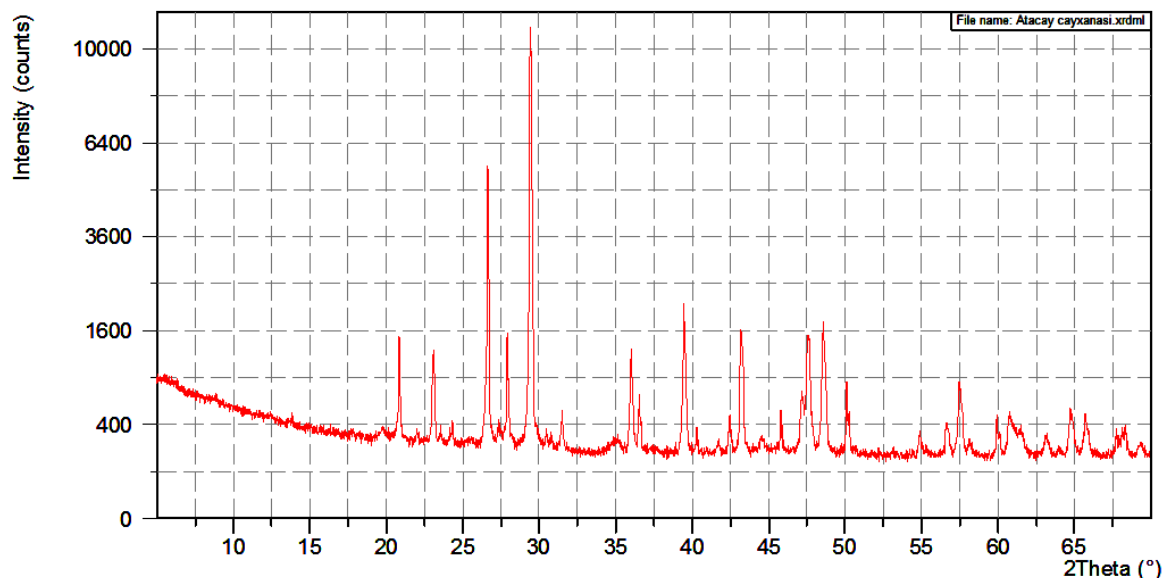


Рис.2 Дифрактограмма образца Ата чай, 0-5 мм

Результаты анализа подтверждены сходимостью штрихдиаграмм анализируемого и стандартных образцов (Рис.3).

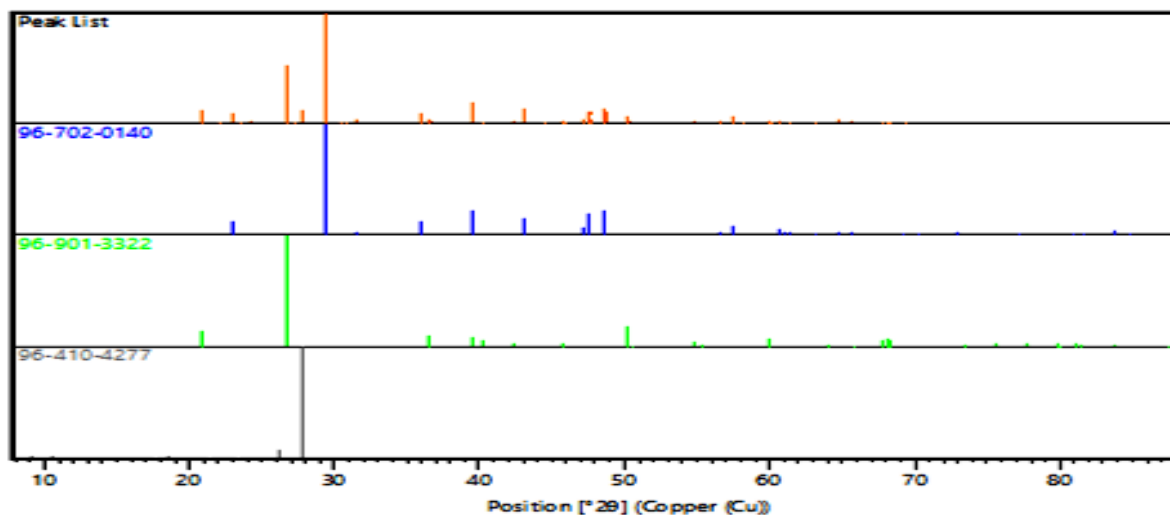


Рис.3 Штрихдиаграммы анализируемого и эталонных образцов

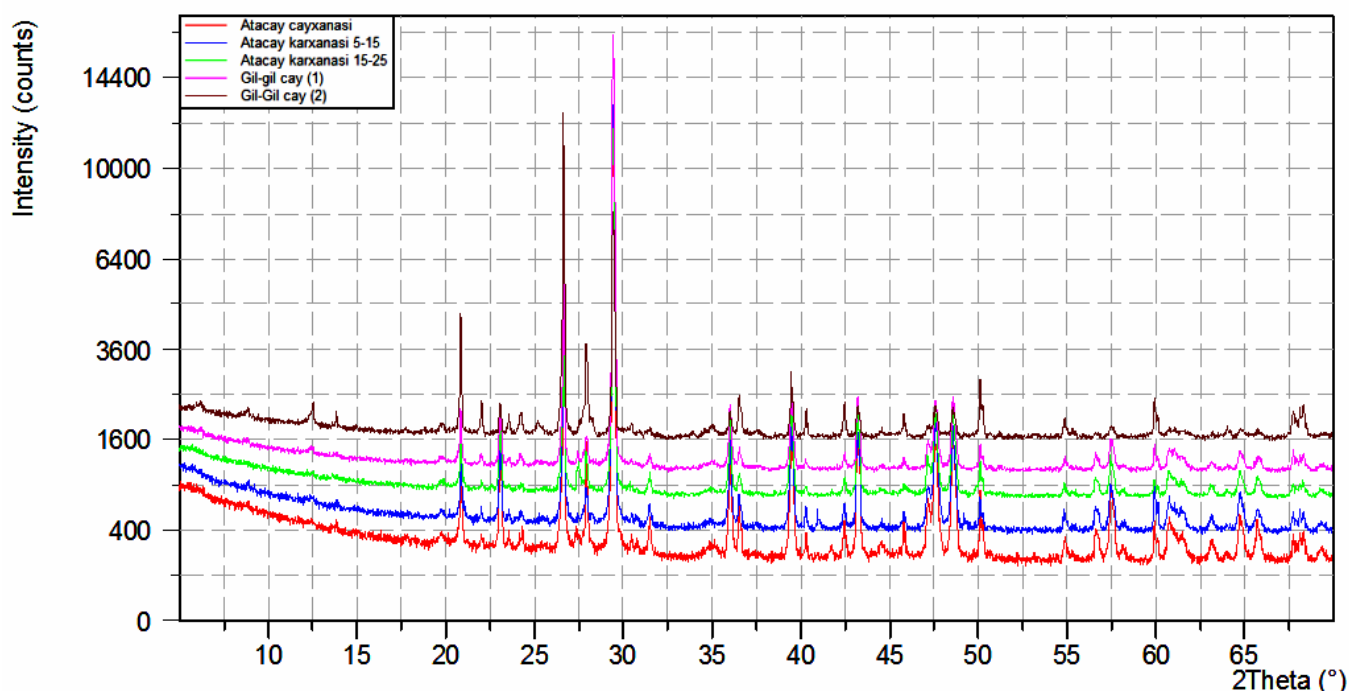


Рис.4 Дифрактограммы всех образцов, указывающих на сходство и различия в содержании основных фаз

Таким же образом были проведены анализы средних проб остальных образцов. Для лучшего восприятия сходства и разницы фазового состава образцов на рис.4 приведены совмещенные дифрактограммы проанализированных образцов.

Анализ дифрактограмм показал, что основную массу образцов составляют карбонат кальция и оксид кремния. Наибольшее количество карбоната кальция обнаружено в образце Гиль-гиль чай-1 ~73%, наименьшее – в образце Гиль-гиль чай-2. В образце Гиль-гиль чай-2 содержание кварца выше, чем карбоната кальция, в то время как во всех остальных образцах, карбонат кальция превалирует над оксидом кремния и содержание его находится в пределах 63-73%. Кроме того, в образце Гиль-гиль чай-2 в виде отдельной фазы обнаруживается альбит, отсутствующий в других образцах.

Результаты анализов указывают на то, что исследованные образцы (за исключением Гиль-гиль чай-2) могут быть использованы в качестве наполнителей к асфальтобетону, поскольку карбонаты кальция являются ценными добавками в асфальтобетоны [5].

#### Выводы.

1. Определен элементный и фазовый состав образцов щебня, приготовленного из речного гравия Ата чай и Гиль-Гиль чай.
2. Образцы щебня с реки Ата-чай и образец Гиль-гиль чай-1 состоят в основном из карбоната кальция (до 73%, масс.) и оксида кремния и могут быть использованы в качестве наполнителя к асфальтобетону.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аббасов В.М., Мамедов С.А., Гулиев А.Д., Исмаилов Т.А., Гасанов Э.К., Исмаилов И.Т., Юсубов Ю.А., Абдуллаев М.И., Гусейнова М.Э. Подбор природных наполнителей для асфальтобетона, Журнал химические проблемы, 2018, №3(16), с.390-399
2. Аббасов В.М., Исмаилов Т.А., Мамедов С.А., Гасанов Э.К., Гулиев А.Д., Гусейнова М.Э., Гусейнова М.Б., Синтез реагента для придания гидрофобности наполнителю асфальтобетона // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, 2015, том 16, №4(64), с.366-373

3. ГОСТ 1015-2002 Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичный. Технические условия.
4. ГОСТ Р 52129-2003 Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия.
5. Левченко Е.С. Влияние минеральных наполнителей на свойства и состав битума. Дис.канд. техн. наук: 02.00.13 СПб., 2005, 127 с.

#### XÜLASƏ

#### ASFALT-BETON ÜÇÜN TƏBİİ QATQILARIN SEÇİLMƏSİ

*Abbasov V.M., Məmmədov S.A., Quliyev A.D., Səfərli Q.İ.,*

*Açar sözlər: qatqı, asfalt-beton, təbii minerallar, kalsium karbonat*

Asfalt-betona qatqı kimi təbii minerallar – Gilgilçay və Ataçaydan götürülmüş çınqıl nümunələri tədqiq olunmuşdur. Fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə müəyyən olunmuşdur ki, nümunələr əsasən kalsium karbonat və silisium oksiddən ibarət olub və qatqı kimi istifadə oluna bilər. Ataçay və Gilgilçay çayından götürülmüş çınqıl nümunələrinin elementar və faza tərkibi müəyyən edilmişdir. Ataçaydan çınqıl nümunələri və Gilgilçay-1 nümunəsi əsasən kalsium karbonatından (73%-ə qədər kütlədən ibarətdir) və silikon oksidi asfalt beton üçün bir doldurucu kimi istifadə edilə bilər.

#### SUMMARY

#### SELECTION OF NATURAL FILLERS FOR ASPHALT CONCRETE

*Abbasov V.M., Mammadov S.A., Guliyev A.D., Safarli G.I.*

*Key words: filler, asphalt concrete, natural minerals, calcium carbonate*

Natural minerals – samples of river gravel from the Gilgilchay river and the Atachay river as fillers in asphalt concrete are investigated. By physic-chemical methods of the analysis it is established that samples consist generally of a calcium carbonate and silicium oxide and can be used as fillers. Determined the elemental and phase composition of the samples of gravel made from river gravel Atachay and GilGilchay river. Samples of crushed stone from the Atachai river and the Gilgilchay-1 sample consist mainly of calcium carbonate (up to 73%, wt.) and silicon oxide and can be used as a filler to asphalt concrete.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	01.03.2019
	Son variant	25.09.2019

УДК 546(656.87.21.22)

**РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БИНАРНЫХ ЦИНК-МЕДЬ, ХРОМ-МЕДЬ И ЦЕРИЙ-МЕДЬ ОКСИДНЫХ СИСТЕМ**<sup>1</sup>МАМЕДОВА САЛИМА ГУСЕЙН ГЫЗЫ<sup>2</sup>БАГИЕВ ВАГИФ ЛАЧИН ОГЛУ*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан**1- диссертант, 2-профессор*[yagif\\_bagiev@yahoo.com](mailto:yagif_bagiev@yahoo.com)

**Ключевые слова:** рентгенофазовый анализ, бинарные катализаторы, окись меди, твердые растворы, химические соединения.

**Введение.** Ранее нами было показано, что этанол с высокой конверсией превращается в такие продукты как уксусная кислота, уксусный альдегид ацетон и др. на ряде бинарных медьсодержащих катализаторах [1-3]. Показано, что направление реакции превращения этанола зависит как от температуры реакции, так и от состава катализатора медьсодержащих катализаторов. Это может быть обусловлено изменением фазового состава бинарных медьсодержащих катализаторов. В связи с этим в данной работе нами было проведено рентгенографическое исследование бинарных медьсодержащих катализаторов.

**Методика эксперимента.** Медьоксидные катализаторы готовили смешением водных растворов азотнокислых солей меди, цинка, хрома и церия. Полученный маточный раствор выпаривали и высушивали при температуре 100°C, после чего переносили в фарфоровую чашку и прокаливали при температуре 200-300°C до полного выделения оксидов азота. После этого катализатор прокаливали при температуре 550°C в течение 10 часов.

Таким образом, в каждой каталитической системе Zn-Cu-O, Cr-Cu-O и Ce-Cu-O были приготовлены 9 образцов в различных соотношениях компонентов, удовлетворяющих следующим условиям:

$$mA/nB, \text{ где } A-\text{Zn, Cr и Ce; } B-\text{Cu; } m, n = 1 \div 9; m+n = 10.$$

Рентгенографические исследования были проведены на автоматическом порошковом дифрактометре «D2 Phaser» фирмы «Bruker» ( $\text{CuK}\alpha$ -излучение, Ni-фильтр,  $5 \leq 2\theta \leq 75^\circ$ ).

**Результаты и их обсуждение.** Результаты рентгенографических исследований показали, что в системе Zn -Cu- O образуются две фазы: ZnO и CuO, кристаллографические характеристики которых, представлены в таблице 1. На рисунке 1 представлены дифракционные картины всех девяти соотношений Zn/Cu собранных вместе. В начале и в конце этих дифракционных картин также представлены оксиды ZnO и CuO. Анализ рентгенограмм показывают, что все образцы состоят из трех фаз и во всех сохраняется процентное соотношение компонентов, чему свидетельствует закономерное изменение интенсивностей рефлексов на дифракционных картинках.

Исследования системы Ce-Cu-O показали, что кроме соотношения Ce/Cu=1/9 во всех соотношениях образуются CeO<sub>2</sub> и CuO. При соотношении Ce/Cu=1/9 образуется CeO<sub>2</sub> и элементарный Cu. Кристаллографические характеристики полученных фаз приводятся в таблице 1.

Анализ и интерпретация дифракционных картин в системе Cr -Cu- O показал, что во всех соотношениях (mCr/nCu) образцы состоят из трех фаз, а именно из Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO и CuCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.



Таблица 1.

Кристаллографические характеристики фаз, образующихся  
в Zn-Cu-O, Cr-Cu-O и Ce-Cu-O системах

Соединение	Сингония	Пространственная группа	Параметры решетки				Z, число молекул	Литература
			a, Å	b, Å	c, Å	Угол,		
ZnO	Гексагональная	P6 <sub>3</sub> mc	3.248	-	5.204	-	2	4
CuO	Моноклинная	Cc	4.692	3.428	5.137	99.54	4	5
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ромбоэдрическая	R $\bar{3}$ c	4.960	-	13.59	-	6	6
CuCr <sub>2</sub> O	Тетрагональная	I $\bar{4}$ 2d	6.04	-	7.78	-	4	7
CeO <sub>2</sub>	Ромбическая.	Fm $\bar{3}$ m	5.411	-	-	-	4	8

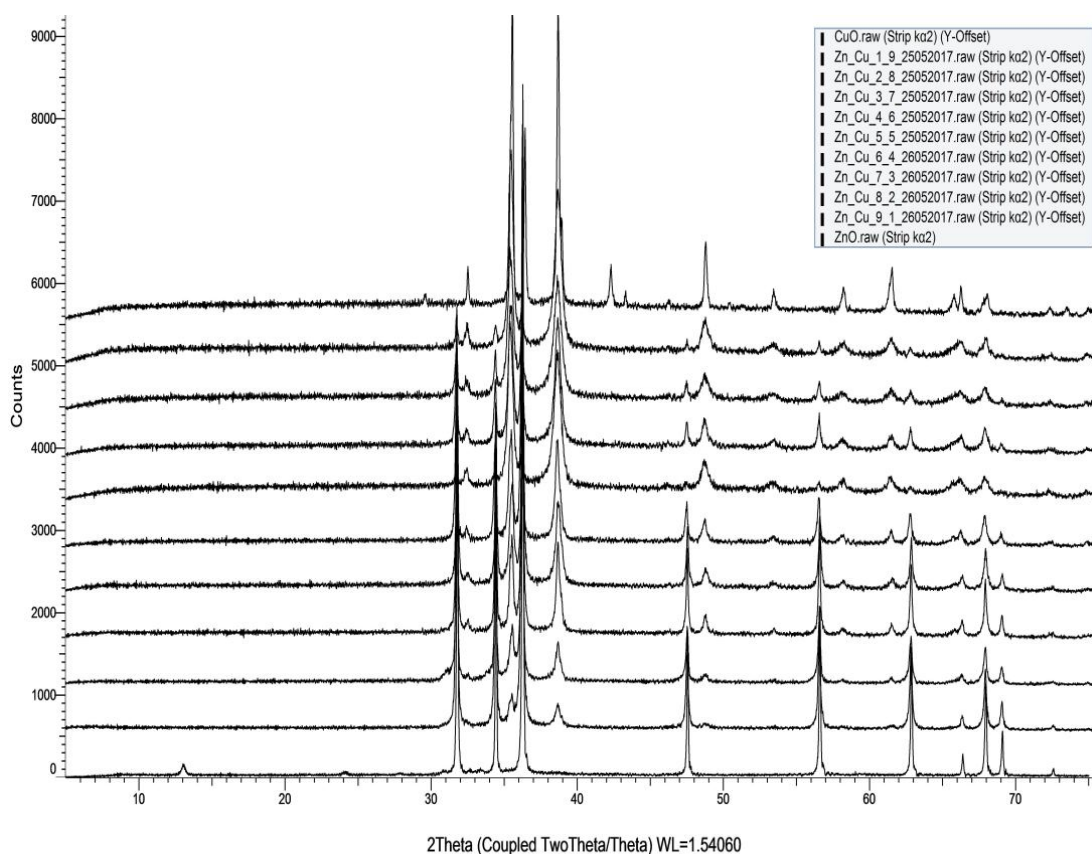
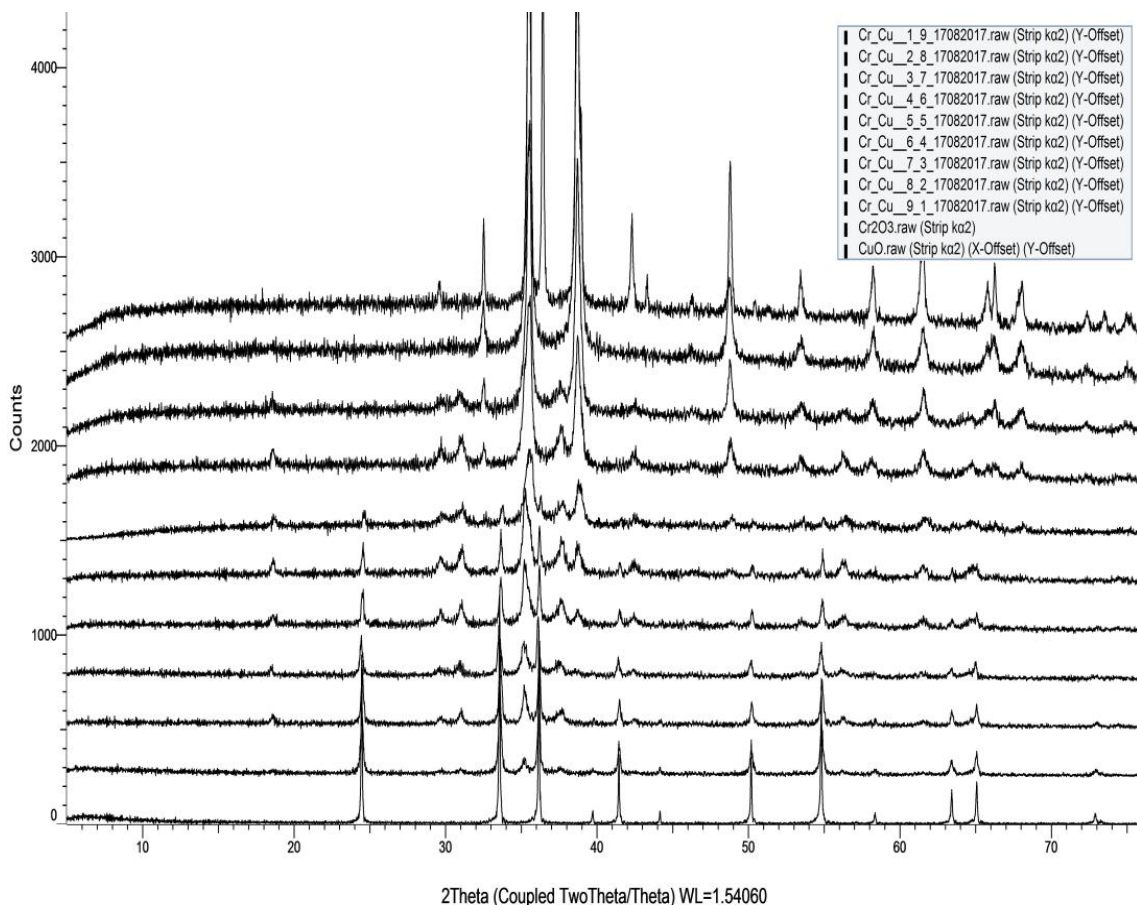


Рис. 1. Дифрактограммы оксидов цинка и меди, а также всех девяти Zn-Cu-O катализаторов. I - (Zn/Cu=9/1), II - (Zn/Cu=8/2), III - (Zn/Cu=7/3), IV - (Zn/Cu=6/4), V - (Zn/Cu=5/5), VI - (Zn/Cu=4/6), VII - (Zn/Cu=3/7), VIII - (Zn/Cu=2/8), IX - (Zn/Cu=1/9)

На рисунке 2 представлены рентгенограммы всех девяти соотношений (mCr/nCu), собранные вместе. Для сравнительного анализа в начале и в конце этих дифракционных картин также представлены рентгенограммы Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CuO. Анализ рентгенограмм показывает, что все образцы состоят из двух фаз, а именно из Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CuO. Во всех образцах сохраняется процентное соотношение компонентов, чему свидетельствует закономерное изменение интенсивностей рефлексов на дифракционных картинках.





**Рис. 2.** Дифрактограммы оксидов хрома и меди, а также всех девяти Cr-Cu-O катализаторов. I- (Cr/Cu=9/1), II - (Cr/Cu=8/2), III - (Cr/Cu=7/3), IV- Cr/Cu=6/4), V- (Cr/Cu=5/5), VI - (Cr/Cu=4/6), VII - (Cr/Cu=3/7), VIII - (Cr/Cu=2/8), IX- (Cr/Cu=1/9)

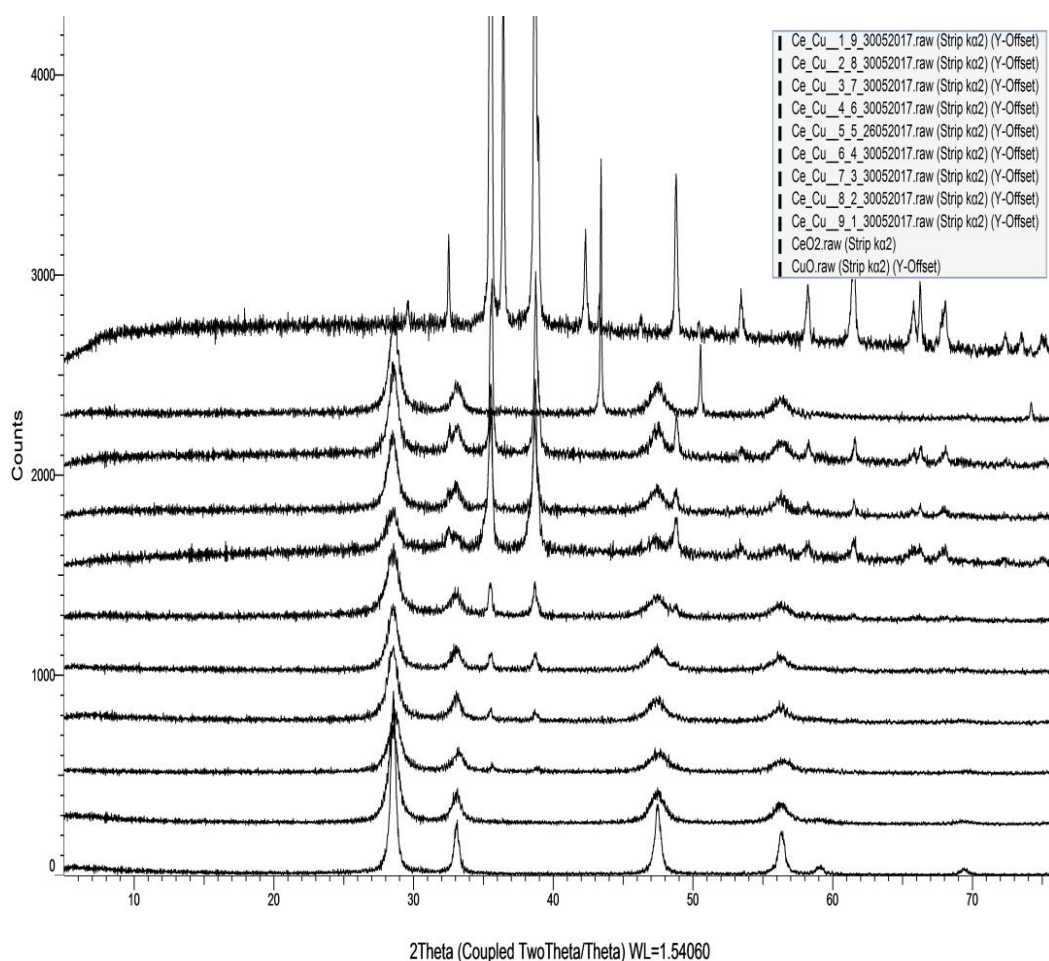
Образующиеся в системе Ce–Cu–O фазы приведены в таблице 2.

**Таблица 2.**

*Фазы, образующиеся в системе Ce-Cu-O.*

Соотношение компонентов	Образующиеся фазы
1 Ce – 9Cu	CeO <sub>2</sub> и Cu
2 Ce – 8Cu	CeO <sub>2</sub> и CuO
3 Ce – 7Cu	CeO <sub>2</sub> и CuO
4 Ce – 6Cu	CeO <sub>2</sub> и CuO
5 Ce – 5Cu	CeO <sub>2</sub> и CuO
6 Ce – 4Cu	CeO <sub>2</sub> и CuO
7 Ce – 3Cu	CeO <sub>2</sub> и CuO
8 Ce- 2Cu	CeO <sub>2</sub> и CuO
9 Ce – 1Cu	CeO <sub>2</sub> и CuO

На рисунке 3 приводятся дифракционные картины всех девяти соотношений (mCe/nCu) собранных вместе. В начале и в конце этих дифракционных картин также представлены рентгенограммы CeO<sub>2</sub> и CuO.



**Рис.3.** Диффрактограммы оксидов церия и меди, а также всех девяти Ce-Cu-O катализаторов. I - (Ce/Cu=9/1), II - (Ce/Cu=8/2), III - (Ce/Cu=7/3), IV- Ce/Cu=6/4), V- (Ce/Cu=5/5), VI - (Ce/Cu=4/6), VII - (Ce/Cu=3/7), VIII - (Ce/Cu=2/8), IX- (Ce/Cu=1/9)

**Таблица 3.**

*Кристалличность образцов в системах Zn -Cu- O, Cr -Cu- O и Ce -Cu- O.*

Система Zn-Cu-O	Кристалличность, %	Система Cr-Cu-O	Кристалличность, %	Система Ce-Cu-O	Кристалличность, %
1Zn-9Cu	42.9	1Cr-9Cu	41.6	1Ce-9Cu	66.7
2Zn-8Cu	43.9	2Cr-8Cu	41.9	2Ce-8Cu	59.1
3Zn-7Cu	54.9	3Cr-7Cu	50.2	3Ce-7Cu	63.00
4Zn-6Cu	44.2	4Cr-6Cu	57.3	4Ce-6Cu	52.7
5Zn-5Cu	71.3	5Cr-5Cu	64.4	5Ce-5Cu	62.5
6Zn-4Cu	75.3	6Cr-4Cu	67.1	6Ce-4Cu	70.4
7Zn-3Cu	78.1	7Cr-3Cu	69.7	7Ce-3Cu	67.9
8Zn-2Cu	81.3	8Cr-2Cu	73.3	8Ce-2Cu	64.6
9Zn-1Cu	93.8	9Cr-1Cu	71.2	9Ce-1Cu	71.2

Нами также по программе DIFFRAC.EVA на приборе «D2 Phaser» рассчитаны степени кристалличности всех образующихся фаз, результаты которых представлены в таблице 3. Как видно из таблицы 3, кристалличность Zn -Cu -O и Ce -Cu- O систем практически не меняется с изменением состава, в то время как для Cr -Cu- O системы кристалличность снижается от 79,2% на образце 1Cr - 9Cu до 62% на образце 9Cr - 1Cu

**Выводы.** Таким образом на основании проведенных рентгенографических исследований можно сказать что в цинк-медь оксидной системе образуются фазы оксидов

ZnO və CuO, xrom-mis oksid sistemləri üç faza, xüsusən də  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , CuO və  $\text{CuCr}_2\text{O}_4$ . Binar ceriy-mis oksid sistemləri üçün əlavə olaraq cerium və mis oksidləri və misin elementar fazası müşahidə edilir.

### LİTERATURA

1. Mammadova S.H., Garaybayli S.A., Baghiyev V.L. The reaction of ethanol conversion over cerium copper catalysts // European Journal of Technical and Natural Sciences. № 3. 2016, pp.101-104
2. Мамедова С.Г., Багиев В.Л. Активность бинарных медь-хром оксидных катализаторов в реакции превращения этанола // Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, Екатеринбург, 2016, тезисы докладов, с.120
3. Мамедова С.Г., Надиров П.А., Багиев В.Л. Активность бинарных церий-медных оксидных катализаторов в реакции превращения этанола // Материалы II Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Актуальные проблемы адсорбции и катализа» 28 июня – 30 июня, Плещ, 2017, с. 236
4. Yoshio K., Onodera A., Satoh H., Sakagami N. & Yamashita H. Crystal structure of ZnO:Li at 293 K and 19 K by x-ray diffraction. Ferroelectrics. 2001, 264, p.133
5. Asbrink S. and Waskowska A. CuO: CuO: X-ray single-crystal structure determination at 196 K and room temperature. Journal of Physics: Condensed Matter 1991, v.3, №42, p.8173
6. Baster M., Bouree F., Kowalska A., Latac, Z. The change of crystal and exchange parameters in the vicinity of TN in  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Journal of Alloys and Compounds. 2000, 296, pp.1-5
7. Prince, E. Crystal and magnetic structure of copper chromite. Acta Crystallogr. 1957, 10, p.554
8. Varez A., Garcia-Gonzalez E., Jolly J., Sanz J. Structural characterization of  $\text{Ce}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) samples prepared at 1650C by solid state reaction. A combined TEM and XRD study. J.Eur.Ceram.Soc. 2007, 27, p.3677

### XÜLASƏ

#### BİNAR ZİNK-MİS, XROM-MİS VƏ SERİUM-MİS OKSİD SİSTEMLƏRİNİN RENTGENOQRAFİK TƏDQIQI

*Mammadova S.H., Bağıyev V.L.*

*Açar sözlər:* rentgenfaza analizi, binar katalizatorlar, mis oksid, bərk məhlullar, kimyəvi birləşmələr.

Binar mis katalizatorlarının rentgen tədqiqatları aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, Zn–Cu–O sistemində bütün nümunələrdə iki faza müşahidə olunur: ZnO və CuO. Cr–Cu–O sisteminin nümunələrinin rentgenoqrammalarının təhlili göstərir ki, bu sistem nümunələrində fərdi oksidləri  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , CuO və kimyəvi birləşmə  $\text{CuCr}_2\text{O}_4$  yaranır. Ce–Cu–O sistemində Ce: Cu-1:9 nümunəsindən başqa, bütün digər katalizator üçün CeO<sub>2</sub> və CuO fazaları əmələ gəlir. Cu-1:9 nümunəsinin tərkibində CeO<sub>2</sub> və CuO-nun fərdi oksidləri və eləcə də elementar mis fazası vardır.

### SUMMARY

#### X-RAY STUDY OF BINARY ZINC-COPPER, CHROMIUM-COPPER AND CERIUM-COPPER OXIDE SYSTEMS

*Mammadova S.H., Baghiyev V.L.*

*Key words:* X-ray phase analysis, binary catalysts, copper oxide, solid solutions, chemical compounds.

X-ray studies of binary copper catalysts were carried out. It is established that in all samples of Zn–Cu–O system, two phases are observed: ZnO and CuO. Analysis of the X-ray patterns of the Cr–Cu–O system showed that individual oxides of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  and CuO, as well as the chemical compound  $\text{CuCr}_2\text{O}_4$ , are formed in the samples of this system. In the Ce–Cu–O system, in addition to the sample of Ce:Cu-1:9, CeO<sub>2</sub> and CuO are formed for all other ratios. In the composition of the sample: Cu-1:9 there are both individual oxides of CeO<sub>2</sub> and CuO, as well as the phase of elemental copper.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	04.12.2018
	Son variant	25.09.2019

UOT 665.1-621.892

## AZƏRBAYCAN NEFTLƏRİNDƏN MÜHƏRRİK BAZA YAĞLARININ ALINMASI YOLLARI

**ABDULLAYEV SƏNAN ELMAR oğlu**

*AMEA akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, Bakı, Azərbaycan  
t.e.n., böyük elmi işçi  
[lab.21@mail.ru](mailto:lab.21@mail.ru)*

*Açar sözlər: özlülük, özlülük indeksi, özlülük aşqarı, sıxlıq, donma temperaturu*

*Məqalədə Azərbaycanın naften əsaslı və azparafinli neftlərindən üç müxtəlif tərkibli mühərrik yağ distillatı ayrılmış, turşu-qələvi-kontakt üsulu ilə aromatik karbohidrogenlərdən 8-9%-ə qədər təmizlənmiş, xassəsi tədqiq edilməklə, özlülük indeksindən başqa, bütün göstəriciləri mühərrik baza yağlarına olan tələbata (ГОСТ 9490-75) cavab vermişdir. Baza yağlarına özlülük aşqarı (Viscoplex 2-670 və Шелвис 50) əlavə edilməklə, bu göstərici 66,6-dan 94,0-a qədər artmışdır. Aşqar əlavə edildikdən sonra yağın oksidləşməyə qarşı davamlılığı 0,18-0,32% həddində olmuşdur (tələbat  $\leq 0,5$ -dir).*

**Giriş.** Hələ iyirminci əsrin ortalarında Balaxanı, Binəgədi və Neft Daşları neftlərindən alınan yağ fraksiyalarını selektiv təmizləyib parafinsizləşdirdikdən sonra alınan baza yağları Avropa bazarlarında yüksək qiymətləndirilirdi. [1-3]

Bakı neft yataqlarından çıxarılan naften əsaslı neftlərdən ayrılan yağ distillatları aşağı və orta özlülük indeksinə malik olsalar da, yaxşı yuyuculuq qabiliyyətinə, aşağı donma temperaturuna və oksidləşməyə qarşı yüksək stabilliyə malikdir.

Özlülük indeksi göstəricisinə görə bu yağlar dörd qrupa bölünür: aşağı özlülük indeksli (50-dən aşağı), orta özlülük indeksli (50-93), yüksək özlülük indeksli (93-115) və çox yüksək özlülük indeksli (>115). [1]

Hazırda respublikamızın emal zavodunda selektiv təmizləmə və parafinsizləşmə qurğuları fəaliyyətə yararsız halda olduğu üçün turşu-qələvi-kontakt üsulundan istifadə etməklə, transformator və turbin yağlarının istehsalı mümkündür. Turşu-qələvi-kontakt üsulu ilə istehsal olunan turbin yağları bəzi göstəricilərinə görə mühərrik baza yağlarına olan tələbata cavab versə də, əsas göstəriciləri (özlülük indeksi, oksidləşməyə qarşı davamlılığı və s.) aşağıdır. Bu göstəricilərin tələbata uyğun səviyyəyə çatdırmağın bir yolu da, həmin yağlara yüksək indeksli sintetik yağların əlavə edilməsidir, baxmayaraq ki, bu halda yağın maya dəyəri xeyli yüksəlidir. Özlülük indeksinin artırmağın bir yolu da, özlülük aşqarlarından istifadə etməkdir.

Son illər özlülük indeksini artırmaq üçün istifadə edilən proseslərdən biri də, hidrokrekinq prosesidir. Rusiya Federasiyasında yüksək özlülük indeksli yağ istehsalı üçün bu prosesdən geniş istifadə edilir. [4-7]

Hidrokrekinq prosesi keçməklə baza yağlarının özlülük indeksini 130-150 həddinə çatdırmaq olur. Bu səviyyədə özlülük indeksi olan mühərrik baza yağları almaq üçün istifadə olunan xammalın tərkibində aromatik karbohidrogenlərin miqdarı 20%-dən çox olmamaqla, parafinli neftlərdən ayrılmış 340-560°C-də qaynayan fraksiyalardan istifadə edilməlidir.

Bu yolla alınan mühərrik baza yağlarına keyfiyyətli və düzgün tərkibdə aşqarlar paketi seçməklə çox yüksəkkeyfiyyətli mühərrik yağları almaq mümkündür. [8]

**Məsələnin qoyuluşu.** Məqalədə qarşıya qoyulan məqsəd, naften əsaslı Bakı neftlərindən alınmış aşağı özlülük indeksli yağ distillatlarına, yüksək özlülük indeksli komponentlərdən (ПАОМ-4, ПАОМ-12, МС-20) və özlülük aşqarlarından (Viscoplex 2-570, Шелвис 50) əlavə etməklə, yüksək özlülük indeksli baza mühərrik yağlarının alınmasından ibarətdir.

**Həlli üsulları.** Məlumdur ki, aşağı özlülük indeksli baza yağlarına yüksək özlülüyə malik sintetik yağlar əlavə etməklə, baza yağının özlülük indeksini 100-ə qədər artırmaq olur, baxmayaraq ki, bu yolla alınan baza yağının maya dəyəri yüksək olur. Alınmış baza yağına aşqarlar paketi seçməklə, tələbata cavab verən mühərrik yağları almaq olur.

Müasir şəraitdə mühərrik baza yağlarının keyfiyyətinə çox yüksək tələbatlar qoyulmuşdur. Amerikanın Neft İnstitutunda (API) baza yağına qoyulmuş tələbata görə, yağın tərkibində doymuş karbohidrogenlərin miqdarı  $\geq 90\%$  olmalıdır.

Nəzərə alsaq ki, yağ istehsalı üçün keyfiyyətli sayılan Balaxanı neftindən alınan yağlarda aromatik karbohidrogenlərin miqdarı 20-23%-dir, onda həmin fraksiyalardan mühərrik baza yağı almaq üçün, onun tərkibində olan aromatik karbohidrogenlərin miqdarını 10%-dən aşağı saxlamaq lazımdır. Bunun üçün turşu-qələvi-kontakt üsulundan istifadə edilmişdir. Seçilmiş optimal şəraitdə 70-75% çıxımla, tərkibində 8-9% aromatik, 91-92% doymuş karbohidrogenlər olan yağ distillatı almaq mümkün olmuşdur.

Turşu-qələvi-kontakt üsulu ilə alınmış baza yağının fiziki-kimyəvi xassələri cədvəl 1-də verilmişdir.

**Cədvəl 1.**

*Bakı neftlərindən alınmış, aromatiksizləşmiş komponentlərin göstəriciləri.*

Göstəricilər	Tərkib 1	Tərkib 2	Tərkib 3
1. Sıxlıq, 20°C-də, kq/m <sup>3</sup>	874,9	887,8	883,2
2. Kinematik özlülük, mm <sup>2</sup> /s:			
100°C-də	7,6	16,27	8,72
40°C-də	67,2	225,0	25,69
3. Özlülük indeksi	67	65	63,6
4. Donma temperaturu, °C	-28	-10	-25
5. Turşu ədədi, mq KOH/q	yox	0,02	yox
6. Qaynama həddi, °C:			
q.b.	251	298	251
50%	408	-	
q.s. (93%)	448	522	522
7. Kokslaşma, %	0,04		0,04
8. Küllülük, %	yox	yox	yox
9. Kükürdün miqdarı, %	0,08	0,04	0,08

*Tərkib 1 – Balaxanı neftindən alınan baza yağ komponenti;*

*Tərkib 2 – Bakı azparafinli neft qarışığından alınan baza yağ komponenti;*

*Tərkib 3 – Balaxanı baza yağ komponenti (80%) + azparafinli baza yağ komponenti (20%).*

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi, tədqiqat üçün üç müxtəlif yağ komponentindən istifadə edilmişdir. Bu yağlarda, 100°C-də özlülüğü 7,6-16,27 mm<sup>2</sup>/s, özlülük indeksləri isə 65-67 arasında dəyişir, yəni yağlar orta özlülük indeksinə malikdir. Aromatiksizləşmiş yağ komponentlərinin karbohidrogen tərkibi (doymuş karbohidrogenlər 91-92%, aromatiklər isə 8-9%) tələbata cavab versə də, yağın özlülük indeksini və 100°C-də özlülüğünü artırmağa ehtiyac vardır. Yağ komponentinin özlülük indeksini artırmaq üçün istifadə olunan qatılaşdırıcı aşqarların və yüksək özlülük indeksinə malik komponentlərin göstəriciləri aşağıda verilmişdir.

	Lukoil MC-20	ПАОМ-4	Tatneft ПАОМ-12
100°C-də kinematik özlülük, mm <sup>2</sup> /s	22,6	4,3	12,2
Özlülük indeksi	100	116	126
Donma temperaturu, °C	-55	-55	-60

*Özlülük aşqarları: Viscoplex 2-670 – polimetakrilatın olefinlə sopolimeri*

*Шелвус 50 – hidrogenləşmiş stiren-izopren konsentratı*

Bu aşqar və kompaundlarla hazırlanmış baza yağlarının əsas fiziki-kimyəvi göstəriciləri cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2-dən göründüyü kimi, tərkib 3-ə Шелвис 50 özlülük aşqarı (8%) əlavə etməklə yağın özlülük indeksi 66,6-dan (cədvəl 1) 94,2-ə qədər artmışdır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, yağın özlülük indeksinin aşqarla 92,4 həddinə çatdırılması onun başqa göstəricilərinə mənfi təsir etməmişdir. Viscoplex 2-670 aşqarı ilə bu göstəriciyə 1,5% məsrəflə nail olmaq mümkün olmuşdur (93%). Tərkib 1-ə 10% MC-20 və 1% Viscoplex 2-670 əlavə etməklə özlülük indeksi daha yüksək olmuşdur (94).

**Cədvəl 2.**

*Özlülük aşqarının və yüksək indeksli komponentlərin baza yağlarının göstəricilərinə təsiri.*

Göstəricilər	Tərkib 1 – 92% + Шелвис 50 – 8%	Tərkib 1 – 89% + MC- 20 – 10% + Viscoplex 2-670 – 1%	Tərkib 1 – 99% + Viscoplex 2-670 – 1%	Tərkib 3 – 98,5% + Viscoplex 2-670 – 1,5%	Tərkib 2 – 75% + ПАОМ-4 – 25%	Tərkib 3 – 80% + ПАОМ-12 – 20%
1. Kinematik özlülük, mm <sup>2</sup> /s: 40°C	108,0	100,1	84,8	101,7	111,0	86,2
100°C	11,5	10,98	9,58	11,09	11,08	9,42
2. Özlülük indeksi	92,4	94	88	93	81	82
3. Turşu ədədi, mq KOH/q	0,01	yox	0,01	0,02	0,02	yox
4. Donma temperaturu, °C	-25	-18	-20	-26	-25	-25

*Tərkib 2 və 3-ə müvafiq olaraq, 25% və 20% ПАОМ-4 və ПАОМ-12 əlavə etməklə, özlülük indeksini ancaq 81-82 həddinə çatdırmaq mümkün olmuşdur.*

**Nəticə.** Beləliklə, aparılmış tədqiqatların nəticələrinə əsaslanaraq qeyd etmək olar ki, Bakı azparafini və naften əsaslı neftlərindən alınan yağ distillatının tərkibində doymuş karbohidrogenlərin miqdarı 91-92%-ə (turşu-qələvi-kontakt üsulu ilə) çatdırılıb, özlülük aşqarı əlavə etməklə, özlülük indeksini  $\geq 90$  həddinə çatdırdıqdan sonra ondan mühərrik baza yağı kimi istifadə etmək mümkündür.

Təklif olunan baza yağlarından müasir tələblərə cavab verən mühərrik yağları almaq üçün isə baza yağına uyğun aşqarlar paketi seçmək lazımdır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Кулиев Р.Ш. История науки и производства смазочных масел в Азербайджане. Баку: Элм, 2007, 242 с.
2. Кулиев А.М., Кулиев Р.Ш., Алиев М.И. Технология получения и исследование масел из бакинских нефтей. Баку: Азернефтнешр, 1958, 644 с.
3. Самедова Ф.И. Азербайджанские нефти и их компонентный состав. Баку: Элм, 2002, 245 с.
4. <http://ru.convdocs.org/docs/index-310105.html>
5. <http://www.avtonov.svoi.info/oil.html>
6. Лебедев П. VHVI . Каталог марок. // Автоцентр, №5, октябрь 2008.  
<https://www.autocentre.ua/kommercheskie/obzor-kommercheskie/vhvi-cto-eto-takoe-281294.html>
7. <http://ru.convdocs.org/docs/index-310105.html> - сайт API;  
<http://www.gtoil.ru/index.php/tehnicheskaya-informatsiya/kompetentno-o-maslakh.html>
8. Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. М.: Химия, 1972, 358 с.



**РЕЗЮМЕ**  
**ПУТИ ПОЛУЧЕНИЯ БАЗОВЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ИЗ АЗЕРБАЙДЖАНСКИХ НЕФТЕЙ**  
*Абдуллаев С.Э.*

**Ключевые слова:** *вязкость, индекс вязкости, вязкостная присадка, плотность, температура застывания*

В статье показана возможность получения масляной основы из бакинских малопарафинистых нефтей с низким и средним уровнем индекса вязкости, по всем показателям удовлетворяющим стандартам на базовые масла, с содержанием ароматических и насыщенных углеводородов 8-9% и 91-92% масс соответственно. Были исследованы свойства, все показатели, кроме индекса вязкости, отвечают требованиям к базовым маслам двигателя (ГОСТ 9490-75). При добавлении в базовые масла добавки вязкости (Вископлекс 2-670 и Шелвис 50) этот показатель увеличился с 66,6 до 94,0. После добавления добавки устойчивость масла к окислению была в пределах 0,18-0,32% (спрос  $\leq 0,5$ ).

**SUMMARY**  
**THE WAYS OF OBTAINING ENGINE BASE OILS FROM AZERBAIJANI OIL**  
*Abdullayev S.E.*

**Key words:** *viscosity, viscosity index, viscosity additive, density, pour point*

The article shows the possibility of obtaining an oil base from Baku low-paraffin oils with low and medium viscosity index, all indicators meet the standards for base oils, with the content of aromatic and saturated hydrocarbons 8-9% and 91-92% by weight, respectively. The properties were investigated, all indicators, except the viscosity index, meet the requirements for engine base oils (GOST 9490-75). When adding a viscosity additive to the base oils (Viscoplex 2-670 and Shelvis 50), this figure increased from 66.6 to 94.0. After adding the additive, the oxidation stability of the oil was in the range of 0.18-0.32% (demand  $\leq 0.5$ ).

Daхilolma tarixi:	İlkin variant	07.01.2019
	Son variant	25.09.2019

UOT 678.674.742. 22.13.01

## BİOQLİSERİN ƏSASINDA TƏRKİBİNDƏ HALOGEN ATOMLARI SAXLAYAN ALİFATİK QURULUŞLU, ÇOXŞAXƏLİ OLİQOEFİR METAKRİLATLARIN SİNTEZİ VƏ TƏDQIQI

**İSMAYILOVA RAİSƏ İSPƏNDİYAR qızı**

*AMEA Polimer Materialları İnstitutu, dissertant*

*e-mail: [raisaismailova16@mail.ru](mailto:raisaismailova16@mail.ru)*

*Açar sözlər:  $\alpha$ -monoxlor qliserin, propantriol, xlor atomu, metakril turşusu, diqlisid efiri, epoksid qatranı, epoksi(met)akrilat oliqoefirləri, modifikator.*

Müasir dövrdə polimer materialların istehsalının inkişafı, kompleks xassələrə malik yeni polimerlərin alınmasıyla yanaşı, ənənəvi mövcud polimerlərdən daha səmərəli istifadə yollarının axtarılması meyillərinin artması ilə xarakterizə olunur.

Bu istiqamətdə isə polimerlərin fiziki və kimyəvi quruluşunun modifikasiya olunmasına daha çox üstünlük verilir və nəticədə qiymətli xassələrə malik materialların alınmasına nail olunur.

Son zamanlar epoksid qatranları əsasında epoksioliqomerlərdən və doymamış oliqoefirlərdən termoreaktiv kompozisiya materiallarının alınması sahəsində görülən elmi işlər bu istiqamətdə aparılan elmi tədqiqatlara və tətbiqi işlərə marağı xeyli artırmışdır. Bu baxımdan, oliqomer birləşmələrin dəyişməsilə onların sonrakı homopolimerləşməsi və yaxud üçölçülü tikilmə strukturunda, xüsusilə də qarşılıqlı nüfuzetmə torunda sopolimerləşməsi perspektivli modifikasiya metodlarından sayılır [1-3].

Epoksiakrilat oliqoefirlərinin müxtəlif epoksid oliqomerləri ilə qarışması şüşəplastiklər üçün əlaqələndiricilərin və digər maye fazalı kompozisiyaların, tökmə və hopdurucu tərkiblərin geniş diapazon intervalında özlülüyünün, bərkidilmiş halda fiziki–mexaniki xassələrinin yaxşılaşdırılmasını, onların tətbiq sahələrinin genişləndirilməsini tənzimləməyə imkan verir.

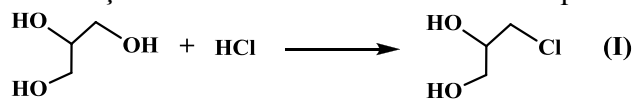
Məlumdur ki, foto- və ultrabənövşəyi şüalara həssas komponentlər və epoksid qatranının modifikatoru kimi tərkibində (met)akrilat fraqmenti olan akrilatlar daha geniş tətbiqə malikdirlər. Onların aşağı özlülüyə malik plastifikatorlar və yüksək reaksiyagirmə qabiliyyətli modifikatorlar kimi istifadə edilməsi yüksək elastikliyə, adgeziyaya və zərbəyə davamlı polimer materiallarının alınmasına zəmin yaradır. Modifikator xassəsinə malik mürəkkəb efir fraqmenti saxlayan kompozisiyalar adətən, kimyəvi strukturlaşma zamanı epoksid qatranının molekulu ilə əlaqəyə girmir və nəticədə də, alınan materialların bəzi göstəricilərinin, əsasən də uzun müddətli istismarı zamanı pisləşməsinə və xassələrinin sabitliyinin azalmasına səbəb olur.

Müasir dövrün tələblərinə cavab verən, xüsusi təyinatlı, kompleks xassələrə malik, o cümlədən odadavamlı və bioloji fəal polimerlərin alınması və onların sintezi prosesinin kinetik qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi dövrün aktual məsələlərindən biridir. Bu nöqtəyi nəzərdən tərkibində xlor atomu saxlayan oliqoefir metakrilatlar həm elmi, həm də praktiki cəhətdən maraq doğurur. Bu birləşmələrin tərkibində xlor atomunun olması həmin maddələrin antipirenlər kimi istifadə olunmasına, epoksid qrupunun metakril fraqmentləri ilə birlikdə olması isə modifikasiya olunan epoksid qatranının amin və anhidrid fraqmentli bərkidicilərin qarışığı ilə bərkidilməsi zamanı kimyəvi əlaqəyə girməsinə səbəb olur [4-6].

Təqdim olunan elmi-tədqiqat işində tərkibində eyni vaxtda həm xlor, həm də metakrilat qrupu olan və asanlıqla həm homo-, həm də sopolimerləşə bilən oliqoefirin sintezi tərəfimizdən həyata keçirilmişdir.



Bu məqsədlə əvvəlcə biomənşəli yanacaqların istehsalında böyük miqdarda yan məhsul kimi alınan qliserinə hidrogen xlorid turşusu ilə təsir etməklə  $\alpha$ -monoxlor qliserin (I) sintez edilmişdir:

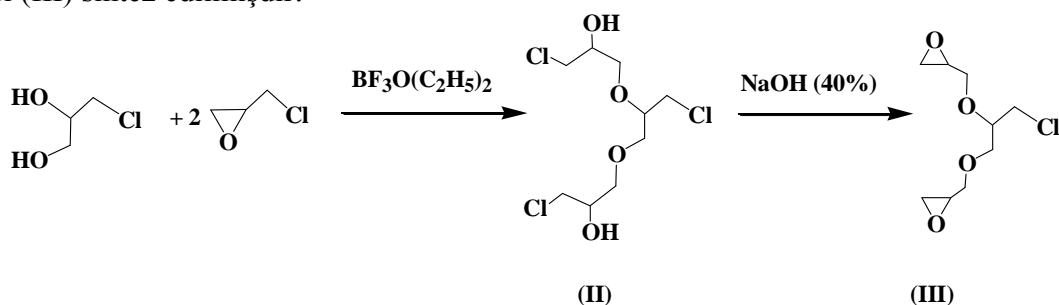


Aparılan çoxsaylı təcrübələrin nəticələrindən aydın olur ki, alınan  $\alpha$ -monoxlor qliserinin çıxımı istifadə edilən HCl turşusunun qatılığından asılı olaraq dəyişir, məhz ona görə də, təcrübələrdə 25, 28, 36%-li xlorid turşularından istifadə olunmuşdur, 36%-li HCl turşusunun iştirakında, 95-100°C temperatura qədər qızdırdıqda  $\alpha$ -monoxlor qliserinin (I) çıxımı 65-70%-ə qədər yüksəlir.

İşimizin davamı olaraq, triflüorborun dietilefirinin  $[BF_3O(C_2H_5)_2]$  iştirakı ilə sintez etdiyimiz  $\alpha$ -monoxlor qliserinlə 3-xlor-1,2-epoksiopropanın kondensləşməsindən monoxlor qliserinin dixlorhidrin efiri (II) sintez olunmuşdur.

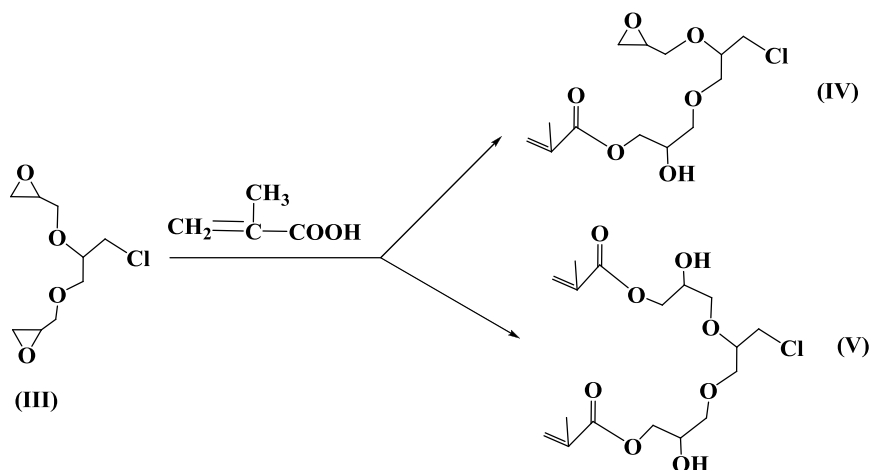
Aparılan təcrübələrin nəticələrinin təhlili göstərmişdir ki, reaksiyanı 303-313K-də 3 saat müddətində və 3-xlor-1,2-epoksiopropanın monoxlor qliserinə olan molyar nisbətini 2,5:1 götürdükdə alınan dixlorhidrin efirinin (II) çıxımı 90% təşkil edir.

Sonrakı mərhələdə, sintez etdiyimiz xlorhidrin efirini (II) ekvimolyar nisbətdə NaOH 40%-li məhlulu ilə 303-313K-də 2 saat müddətində, aseton mühitində qarışdırmaqla  $\alpha$ -monoxlor qliserinin diqlisid efiri (III) sintez edilmişdir:



Epoksiakrilatların sənayedə geniş tətbiq olunması və onlar əsasında yüksək fiziki-mexaniki xassələrə malik polimer materialların alınması epoksiakrilat oliqomerlərinin çeşidinin artırılmasını aktual məsələ kimi ortaya qoyur, yeni epoksiakrilat oliqomerlərinin alınma üsullarının işlənilib hazırlanmasını ön plana çəkir. Odur ki, tərəfimizdən  $\alpha$ -monoxlor qliserinin diepoxid efiri ilə metakril turşusunun efiləşməsindən mono- və diepoksi(met)akrilat oliqoefirinin alınmasının optimal şəraiti və kinetik qanunauyğunluqları öyrənilmişdir.

Təqdim olunan elmi tədqiqat işimizdə qliserin əsasında sintez olunan qlisid efiri (III) ilə metakril turşusunun kondensləşməsi əsasında aşağıda göstərilən oliqoefirlərin sintezi həyata keçirilmişdir:



Sintez olunmuş birləşmələrin (I- IV) strukturları  $^1\text{H}$  NMR və  $^{13}\text{C}$  NMR spektrial analiz üsulu ilə təsdiq edilmişdir. Birləşmələrin (I- IV) İQ-spektrində  $1620\text{ cm}^{-1}$ -də ikiqat rabitəyə uyğun gələn udulma zolaqları vardır.  $1180$  və  $724-748\text{ cm}^{-1}$ -dəki udulma zolaqları C-O-C və C-Cl rabitələrinin varlığını,  $1715\text{ cm}^{-1}$ -dəki xarakterik udulma zolağı isə mürəkkəb efir (IV-V) qrupunun karboksil fraqmentinin varlığını sübut edir.

Sintez olunmuş birləşmələrin  $^1\text{H}$  NMR spektrində ilkin götürülmüş xlorhidrinlərin protonlarının siqnalları ilə bərabər  $1,75$  m.h.-də metil qrupuna, ikiqat rabitənin protonlarına uyğun gələn siqnallar və  $5,2$  m.h. multiplet şəklində, mürəkkəb efir fraqmentinin protonlarına uyğun gələn  $4,16$  m.h.-də siqnallar vardır. IV birləşmənin epoksid qrupunun siqnallarına uyğun gələn  $2,64-2,73$  m.h. zəif intensivliyə malik qrup şəklində siqnallar vardır.

Sintez olunmuş  $\alpha$ -monoxlor qliserinin epoksiakrilat oliqoefirin (IV) PEPA ilə bərkidilməsi prosesi də tərəfimizdən öyrənilmişdir. Bərkimə prosesi termiki analiz üsulu ilə derivatoqraf aparatında  $293-773\text{K}$  temperatur intervalında yerinə yetirilmişdir. Sistemin iş rejimi: temperatur  $1$  dəqiqədə  $5^\circ\text{C}$  artırılmaqla, nümunə çəki  $200$  mq, termoqrametriya şkala əyrisi  $200$  mq, qolvonometrin hissiyatı DTA- $250\text{m}\mu$ , DTG- $1\text{m}\nu$ , proses platin butada adi havada aparılmışdır, əvvəlcə derivatoqrafda TG-əyrisi üzərində PEPA-nın optimal şəraitdə miqdarı təyin edilmişdir, müəyyən edilmişdir ki, oliqomerin hər  $100$  çəki nisbətində  $18\%$  bərkidici istifadə olunur.

#### **Təcrübi hissə.**

##### **$\alpha$ -Monoxlor qliserinin sintezi (I)**

$\alpha$ -monoxlor qliserinin sintezinin optimal şəraitinin işlənilib hazırlanması üçün  $25$ ,  $28$ ,  $36\%$ -li HCl turşusundan istifadə edilmişdir. Reaksiya kolbasına  $100$  qr qliserin,  $200$  qr ( $36\%$ -li) xlorid turşusu və  $15$  qr asetat turşusu tökülür, reaksiya qarışığı əvvəl  $60-70^\circ\text{C}$ -də  $2-3$  saat, sonra isə  $90-95^\circ\text{C}$ -də  $5-6$  saat qızdırılır. Reaksiya başa çatdıqdan sonra, qarışığın fraksiyalara ayrılması üçün vakuuma verilir.

I-frak.  $101-103/11\text{mm}$ ; II frak.  $105-110/11\text{mm}$ ; III frak.  $115-180/11\text{mm}$ .

Fraksiyaların tərkibi tərəfimizdən müəyyənləşdirilir və belə nəticəyə gəlinir ki, I fraksiya HCl məhlulu, III fraksiya reaksiyaya girməyən qliserinin qalıqı, II fraksiya isə əsas maddədir (I) və ona görə də yenidən vakuumda qovulur:  $T_{\text{qay.}}=89-91^\circ\text{C}/5\text{mm}$ ,  $n_D^{20}=1,4775$ ,  $d_4^{20}=1,3092$ . Sonra xlorun faizlə miqdarı və maddənin özlülüyü təyin edilir: Cl- $34\%$ ,  $\eta_{40} = 49\text{SST}$ .  $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{Cl}$ . Çıxım  $78$  qr ( $65\%$ ).

Analoji üsullarla xlorid turşusunun digər qatılıqlarında ( $25\%$  və  $28\%$ ) aparılan təcrübələrdə alınan məqsədli məhsulun çıxımı uyğun olaraq  $50$  və  $58\%$  olmuşdur.

##### **Monoxlor qliserinin dixlorhidrin efirinin sintezi (II)**

Mexaniki qarışdırıcı, termometr, əks-soyuducu və damcı qıfı ilə təchiz olunmuş üçboğazlı reaksiya kolbasına  $12$  qr ( $0.108\text{mol}$ ) monoxlor qliserin tökülür və üzərinə katalizator kimi  $0.3\text{ml}$   $\text{BF}_3$  efiri əlavə olunur. Sonra damcı qıfı vasitəsilə reaksiya mühitinə  $20\text{qr}$  ( $0.217\text{mol}$ ) epixlorhidrin damcı-damcı verilir, reaksiya temperaturunun  $2-3^\circ\text{C}$  artması müşahidə olunur. Temperaturun  $35-40^\circ\text{C}$ -də sabit qalması üçün qarışığın buzlu su ilə soyudulması həyata keçirilir. Reaksiya qarışığını bu rejimdə  $3-4$  saat müddətində qarışdırmaqla proses davam etdirilir.

Təcrübə başa çatdıqdan sonra reaksiya məhsulu su ilə neytral mühit yaranana qədər yuyulur və toluolla ekstraksiya olunur. Alınmış üzvi hissə  $\text{MgSO}_4$  üzərində qurudulduqdan sonra həlledici qovulur və qalan hissə vakuum nasosunda fraksiyalara ayrılır.  $T_{\text{qay.}}=135-139^\circ\text{C}/9\text{mm}$ ,  $n_D^{20}=1,4760$ ,  $d_4^{20}=1,2860$ . Əsas maddə (II) olaraq  $\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4\text{Cl}_3$ . Çıxım  $17,6$  qr ( $55\%$ ) təşkil edir.

##### **Monoxlor qliserinin diepoksid oliqomerinin sintezi (III)**

Reaksiya kolbasına  $50$  ml toluol tökülür və  $-5^\circ\text{C}$ -ə qədər soyudularaq üzərinə  $64$  qr ( $0.21\text{mol}$ ) dixlorhidrin (II) əlavə olunur. Temperaturu sabit saxlamaqla üzərinə  $39$  qr ( $45\%$ ) NaOH məhlulu damcı qıfının köməyi ilə verilir və  $3$  saat qarışdırılır. Reaksiya sona çatdıqdan sonra su ilə neytral mühitə qədər yuyulur, toluolla ekstraksiya olunur və  $\text{MgSO}_4$  üzərində qurudulur. Həlledici

qovulduqdan sonra əsas maddə vakuumda qovulur.  $T_{\text{qay.}}=175-180^{\circ}\text{C}/9\text{mm}$ ,  $n_D^{20}=1,4770$ ,  $d_4^{20}=1,2610$ ,  $\text{C}_9\text{H}_{15}\text{O}_4\text{Cl}$ . Çıxım 30qr (60%) təşkil edir. Epoksi ədədi 31%, xlor 14,5% tapılmışdır.

#### **$\alpha$ -Monoxlor qliserin əsasında epoksimetakrilat oliqomerinin alınması (IV)**

Mexaniki qarışdırıcı, termometr, əks soyuducu və damcı qığı ilə təchiz olunmuş üçboğazlı reaksiya kolbasına 15qr (0,7mol) monoxlor qliserinin diepoxid efiri (III), 0,2ml piridin, 0,028qr hidroxinon, 50ml toluol və üzərinə 6qr (0,07mol) təzə qovulmuş metakril turşusunun 10ml toluoldakı məhlulu damcı-damcı əlavə olunur və reaksiyanın temperaturu  $35-40^{\circ}\text{C}$ -də saxlanılmaqla 2saat qarışdırılır. Metakril turşusu reaksiya mühitinə verildikdən sonra, reaksiyanın temperaturu  $80-85^{\circ}\text{C}$ -yə qədər qaldırılır və bu rejimdə reaksiya qarışığı 4-5saat qarışdırılır. Proses sona çatdıqdan sonra reaksiya məhsulu su ilə neytral mühitə qədər yuyulur və sonda toluolla ekstraksiya olunur. Alınan maddə  $\text{MgSO}_4$  üzərində qurudulur və həlledici qovulur:  $n_D^{20}=1,4880$ ,  $d_4^{20}=1,2570$ ,  $\text{C}_{13}\text{H}_{21}\text{O}_6\text{Cl}$ . Çıxım 16qr (75%), epoksi ədədi 4.5%.

Analoji üsullarla aparılan təcrübələrdə metakril turşusunun mol miqdarına görə müxtəlif çıxımlarla epoksi(met)akrilat oliqomerləri (0.07 mol) 6qr -70%, (0.09mol) 8 qr -73% alınmışdır.

Sintez olunmuş (I-IV) maddələrin İQ spektrləri «UR-20» markalı spektrometrdə  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  udulma zolağında NaCl, KBr, LiF prizmalarında alınmışdır. Nümunələr vazelin yağında suspenziya və məhlullarda ( $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CHCl}_3$  və s.) hazırlanmışdır.  $^1\text{H}$  NMR spektrlər «Bruker-300» (300 MHz) markalı spektrometrdə AVANCE sistemində,  $\text{CD}_3\text{COCD}_3$  məhlulunda çəkilmiş, daxili standart kimi TMS-dən istifadə olunmuşdur.

Sintez edilmiş maddələrin Kolon xromatoqrafiyasında ayrılması üçün  $\text{Al}_2\text{O}_3$  və silikageldən istifadə edilmişdir. Həmin maddələrin quruluşu İQ- və  $^1\text{H}$  NMR və  $^{13}\text{C}$  NMR spektrləri ilə sübut olunmuşdur.

**Nəticələr və onların müzakirəsi.** Aparılan təcrübələrin nəticələrinin təhlili göstərir ki, sintez olunan  $\alpha$  - monoxlor qliserinin çıxımının yüksək olması istifadə olunan HCl turşusunun qatılığından və optimal şəraitinin seçilməsindən asılıdır:  $\text{C}_{\text{HCl}}=36\%$ ,  $T=95-100^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau=10$  saat olduğu halda çıxım 65-70% olur.  $\alpha$ -monoxlor qliserinlə epixlorhidrinin qarşılıqlı reaksiyasından əvvəlcə dixlorhidrin efiri,  $[\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2]$  iştirakında, 303-313K-də 3 saat müddətində sintez olunmuşdur, reagentlərin ekvimolyar nisbətləri uyğun olaraq 2,5:1 götürülmüş və alınan məhsulun çıxımı 90% təşkil etmişdir.

Alınan diqlisid efirinin metakril turşusu ilə kondensləşməsindən epoksi(met)akrilat oliqoefirləri sintez olunmuş və PEPA ilə bərkidilmə prosesi öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, ED-20 qatranı PEPA ilə bərkidilən zaman həm qatranla PEPA arasında, həm də PEPA ilə modifikator arasında kimyəvi reaksiya gedir, proses bütövlükdə bir temperatur intervalında baş verir. Bərkimə prosesində oliqomerin hər 100 çəki nisbətində 18% bərkidici istifadə olunur.

#### **ƏDƏBİYYAT**

1. Ismailova R.I., Mustafayev A.M., Ishenko N.Ya., Guseinov I.A., Mamedov B.A. Synthesis and use of polyoxychloro-propylen-epoxymethacrylate oligoesters as active modifier of epoxy diene esin Ed-20 // International Journal of Engineering Research & Science (IJOER). V.4, Issue 2, February, 2018, pp.1-6
2. İsmayılova R.İ., Hüseynov İ.Ə., Ramazanov E.A., Mustafayev A.M. Monoxlor qliserin əsasında metakrilat oliqoefirlərinin sintezi və tədqiqi // Akademik Murtuza Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş “Nağıyev qıraətləri” elmi konfransının materialları. AMEA Katliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu, Bakı, 2018, s. 264
3. Бабаңлы Б.Н., Кахраманлы Ю.Н., Мустафаев А.М., Исмаилова Р.И., Гаджиева Р.Ш. Синтез самозатухающих ненасыщенных полиэфирных смол на основе дибромнорборнен дикарбоновых кислот // Akademik Murtuza Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş “Nağıyev qıraətləri” elmi konfransının materialları. AMEA Katliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu, Bakı, 2018, s. 287

4. İsmayılova R.İ., Hüseynov İ.Ə., Ramazanov E.A., Mustafayev A.M. Qliserin əsaslı epoksimetakrilat oliqoefirlərinin və epoksid kompozisiyalarının alınması // BEU. Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq elmi konfransı. 27-28 Aprel, 2018, s. 176.
5. Mustafayev A.M., Gahramanly Y.N., Babanly B.N., Hacıyeva R.Sh., İsmayılova R.I. Fire-proof unsaturated polyesters on basis of anhydride of hexabromobicyclo-[2,2,1]-hept-5-ene-2,3-dicarboxylic acid, glycerin and methacrylic acid // Kimya Problemləri, №1. 2018 (16), s.51-57
6. Mustafayev A.M., İsmayılova R.İ., İşenko N.Y., Şahgəldiyev F.X., Ramazanov E.A., Məmmədov B.Ə. Triqlisidil oliqoefiri və ED-20 qatranı əsasında hibridləşmiş epoksid kompozisiyalarının alınması və tədqiqi // "Kimya Problemləri" jurnalı, № 4, 2018 (16), s.544-549

#### РЕЗЮМЕ

### СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛИФАТИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ, СИЛЬНОРАЗВЕТВЛЕННЫХ ОЛИГОЭФИР(МЕТ)АКРИЛАТОВ, СОДЕРЖАЩИХ АТОМЫ ГАЛОГЕНА НА ОСНОВЕ БИОГЛИЦЕРИНА

*Исмаилова Р.И.*

**Ключевые слова:** *α-монохлор глицерин, пропантриол, атом хлора, метакриловая кислота, диглицидиловые эфиры, эпоксидная смола, эпокси(мет)акриловые олигоэфиры, модификатор.*

В представленной работе получен 3-хлор пропан-1,2-диол на основе глицерина, полученного в качестве побочного продукта при производстве биотоплив из растительных масел. Реакцией взаимодействия 1-хлор-2,3-эпоксипропаном сначала получен хлоргидрин и его диглицидиловые эфиры, затем этими же эфирами на основе конденсации (мет)акриловой кислоты синтезированы хлорсодержащие моноэпокси(мет)акрилатные олигомеры, осуществлены их испытания в качестве модификатора в эпоксидной смоле. Результаты показали, что синтез  $\alpha$ -монохлористого глицерина зависит от концентрации соляной кислоты в гидроксиде и выбора условий среды реакции. Температура 93-1000°C, время реакции 10 часов, выход продукта составляет ~70%, если содержание хлорида водорода 36%.

#### SUMMARY

### SYNTHESIS AND RESEARCH OF AN ALIPHATIC STRUCTURE, STRONGLY BRANCHED OLIGOETHERMETHACRYLATES CONTAINING HALOGEN ATOMS BASED ON BIOGLYCEROL

*Ismailova R.I.*

**Key words:** *α-monochlor glycerol, propanetriol, chlorine atom, methacrylic acid, diglycidyl esters, epoxy resin, epoxymethacrylic oligoesters, modifier.*

In the present work, 3-chlorine propane-1,2-diol is obtained on the basis of glycerol obtained as a by-product in the production of biofuels from vegetable oils. The reaction between 1-chloro-2,3-epoxypropane first received chlorhydrin and diglycidyl esters, then these same esters on the basis of condensation of methacrylic acid synthesized nanoepoxy of chlorine-containingmethacrylate oligomers, carried out their testing as a modifier in epoxy resin. The results showed that the synthesis of  $\alpha$ -glycerol monochloride depends on the concentration of hydrochloric acid in the hydroxy and the choice of the reaction medium conditions. The temperature is 93-1000°C, the reaction time is 10 hours, the product yield is ~70% if the hydrogen chloride content is 36%.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	01.03.2019
	Son variant	25.09.2019

UOT 661.099.2

## TOZŞƏKİLLİ MADDƏLƏRİN DƏNƏVƏRLƏŞMƏSİ PROSESİNİN SİSTEM TƏHLİLİ VƏ RİYAZİ MODELƏRİNDƏ DETERMİNLƏŞMƏ VƏ TƏSADÜFİLİK

**SƏMƏDLİ VÜQAR MUXTAR oğlu**

*AMEA-nın Akademik M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu, Bakı, Azərbaycan, doktorant*  
[vsamadli@nobeloil.com](mailto:vsamadli@nobeloil.com)

*Açar sözlər: dənəvərləşmə, tozşəkilli maddələr, silindrik aparat, sistem təhlil, modelləşdirmə*

Məlumdur ki, tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi prosesi mürəkkəb fiziki-mexaniki proses olaraq müxtəlif təsadüfi, fiziki hadisələrlə müşayiət edilirlər, bu hadisələrə aşağıdakıları göstərmək olar: qranuləmələgəlmə mərkəzlərinin yaranması, qranulların öz aralarında və aparatın divarı arasında qarşılıqlı təsirlər, mexaniki təsir və sürtünmə nəticəsində qranulların aşınması, xarici qüvvələr təsiri altında qranulların sıxlaşdırılması və s. [1-2] Odur ki, çox sayda müxtəlif qüvvələrin təsirinə əsasən qranuləmələgəlmə prosesi təsadüfi və stoxastik xüsusiyyətə malikdir. Bu isə qranulların əmələ gəlməsi zamanı onların müxtəlif ölçülərə malik olması əlaqələndirici maddənin damcılarının təsadüfi ölçüləri və qranullara təsir edən qüvvələrin xassəsi ilə əlaqədardır. Bununla bağlı olaraq, əmələ gələn qranulların aparatda paylanması xüsusiyyəti və təsadüfi xarici qüvvələrin təsirindən sürtünmə və dağılması nəticəsində sıxlaşmasını və yeyilməsini nəzərə alan, aparat boyunca dəyişməsi və böyüməsi proseslərinin tədqiqi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi prosesi kütlə mübadiləsi prosesləri ilə mürəkkəbləşmiş fiziki hadisələrə aiddir. Fiziki hadisələrin mahiyyəti isə müxtəlif qüvvələrin təsiri və əlaqələndirici maddənin iştirakında toz hissəciklərin vahid qranula birləşməsindən ibarətdir. Hadisələrin mürəkkəbliyi və stoxastikliyi dənəvərləşdirmə prosesinin zaman ərzində təhlilini tələb edir, burada prosesə təsir edən bir çox amillər nəzərə alınır [3-4]. Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirməsi prosesinin sistemli analizi müxtəlif fiziki qarşılıqlı əlaqəli hadisələrin iyerarxik qanunauyğunluğu və analizi ilə müəyyən olunur (şəkil) və aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

- qranul ölçülərinin sürətinin dəyişməsinə təyin edən əlaqələndirici maddənin iştirakı ilə dənəvərləşmənin mexanizmi və kinetikasi, həmçinin prosesin kinetikasını təsdiqləyən eksperimental tədqiqatların aparılması. Silindrik aparatlarda qranulların böyümə sürəti aparatın fırlanma tezliyi, əlaqələndirici maddənin qatılığından asılı olan qranulun səthinə tozun laylanma qatılığı, toz hissəciklərin və qranulların cari ölçüləri, qranuləmələgəlmədə nüvələrin (özəklərin) ölçülərini və qranul səthinin islanmasını təmin edən əlaqələndirici maddənin damcılarının ölçüləri ilə müəyyən olunur;

- müəyyən səthi gərginlik əmsalına malik əlaqələndirici maddənin iştirakı ilə qranulların əmələ gəlməsi prosesində səthi gərginlik əmsalı toz hissəcikləri arasındakı van-der-vaals əlaqələrin xassəsinə və qranulların əmələgəlməsinə və tamamlanmasına mühüm təsir göstərir. Müəyyən səthi gərginliyi və digər fiziki xassələri (sıxlıq, özlülük) olan mayenin mövcudluğu əlaqələndirici maddənin damcılarının ölçülərini müəyyən edir. Damcıların ölçüləri müəyyən həddə qədər artdıqca tamamlanmış qranulun son diametri də artır. Əlaqələndirici maddənin damcılarının ölçülərinin paylanması hesabına qranul əmələgəlmə prosesi müxtəlif ölçülü qranulların əmələ gəlməsi ilə müşayiət olunur;

- əmələ gələn qranulların öz aralarında və aparatın divarı arasındakı qarşılıqlı təsirindən onların sıxlaşdırılması, yeyilməsi (aşınması) mümkündür. Qranulların sıxlaşdırılması – əsas amil kimi, onların sıxılmasına və qranulun səthinə doğru əlaqələndirici maddənin sıxışdırılmasına gətirib çıxarır. Qranulun səthi üzərində əlaqələndirici maddənin qatılığı qranulun böyüməsinin və onun tamamlanmasını müəyyən edir. Əlaqələndirici maddə damcılarının ölçülərindən asılı olaraq müxtəlif ölçüdə qranullar əmələ gələ bilər. Əlaqələndirici maddə damcılarının böyük ölçülərdə

olması vahid qranulun əmələgəlmə prosesini poza bilər. Qranulların sıxlaşdırılması dənəvərləşdirmə prosesi zamanı toz hissəcikləri arasında körpücükler şəklində əlaqələrin davamlılığını, onun möhkəmliyini və qranulun sıxlaşmış quruluşunu təmin edir. Eyni zamanda qranulların öz aralarında və aparatın divarı arasında qarşılıqlı təsir nəticəsində onların deformasiyası baş verir ki, bu da kürəcik formasının pozulmasına və quruluşun aşınmasına səbəb olur. Beləliklə, qranulların əmələ gəlməsi prosesində müvafiq rejimin seçilməsi əsas amil hesab olunur, belə ki, həmin rejim nəticəsində sıxlaşdırılmış kürəcikdən qranullar əmələ gələ bilər;

- müxtəlif ölçülü qranulların əmələ gəlməsi baş verərsə, dənəvərləşmə prosesi stoxastik hesab olunur. Bununla əlaqədar olaraq, qranulun tərkibi polidispersliyə malik olur, onların xarakteristikalarını qiymətləndirmək üçün statistik parametrlərdən - əsasən qranulların ölçülərinə görə paylanma funksiyası və ya orta xarakteristikasından istifadə etmək məqsədəuyğundur. Baraban aparatda qranulların əmələ gəlməsi onların aparatda qalma müddətindən asılı olduğu üçün onun xarakteristikaları haqqında rəy aparat daxilində müəyyən zaman ərzində qranulların ölçülərinə görə paylanmasının təkamülü paylanma funksiyası ilə müəyyənləşdirilir. Bu prosesdə təkamülün riyazi təsvirinin əsasını dənəvərləşdirilmə sürətini nəzərə almaqla, Fokker-Plankin stoxastik tənliyi təşkil edir. Məsələnin həllinə belə yanaşma aparatın uzunluğu boyunca prosesin xarakteristikasını qiymətləndirməyə imkan yaradır;

- sistem təhlilin növbəti mərhələsi tozşəkilli maddələrin dənəvərləşdirilməsi prosesinin riyazi modelinin qurulmasından ibarətdir. Buraya prosesin həm kinetikasi, qranullarda əlaqələndirici maddənin kütləköçürməsi, həmçinin qranulların zamana görə paylanması daxildir. Riyazi modelin tərkibinə digər fiziki hadisələr də daxildir, belə ki, tozşəkilli maddənin nəmləndirilməsi, əlaqələndirici maddənin səpilməsi, qranulların sıxlaşdırılması, yeyilməsi və s. hadisələri göstərmək olar. Riyazi model qeyri-xətti, Fokker-Plank tənliyini nəzərə aldıqda isə mürəkkəb quruluşa malikdir, bununla əlaqədar olaraq, onun həlli üçün rəqəmli üsullar və alqoritmlərin işlənməsi tələb olunur. Bundan başqa, qranulların əmələgəlməsinin optimal şəraiti nəzərə alınaraq, optimal kriteriyalar və qranulların verilən intervalda ölçülərini təmin edən müvafiq məhdudiyyətlər qeyd olunur;

- tozşəkilli materialların qranuləmələgəlmə proseslərinin sistemli analizinin son mərhələsi kinetika və prosesin modelləşdirilməsi əsasında aparılmış tədqiqatların optimal parametrlərinin müəyyənləşdirilməsindən, texnologiyasının işlənməsindən və aparatların arasında texnoloji əlaqələrin qurulmasından ibarətdir. Mərhələnin tərkibinə yeni aparatların işlənməsi, müvafiq aqreqlərlə texnoloji sxemin təmin edilməsi, əlaqəli aparatlarda optimal rejimin və əlaqələrin seçilməsi, texnologiyanın iqtisadi və ekoloji effektivliyinin tədqiqi daxildir.

Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi proseslərinin sistem təhlili prosesdə gedən hadisələri sistemləşdirməyə və iyerarxik quruluşlu hər mərhələnin riyazi modelini əsaslandırmağa imkan yaradır. Silindrik tip dənəvərləşdiricilərdə tozşəkilli maddələrin dənəvərləşdirilməsi prosesinin sistemli analizi əsasında determinləşmiş-stoxastik modelləri ehtimal etmək mümkündür. Burada determinləşmə-fenomenoloji təsvirin yaranması ilə ifadə olunur. Stoxastiklik isə alınan nəticələrin paylanma funksiyasının təkamülü formasında təfsirindən (interpretasiya) ibarətdir.

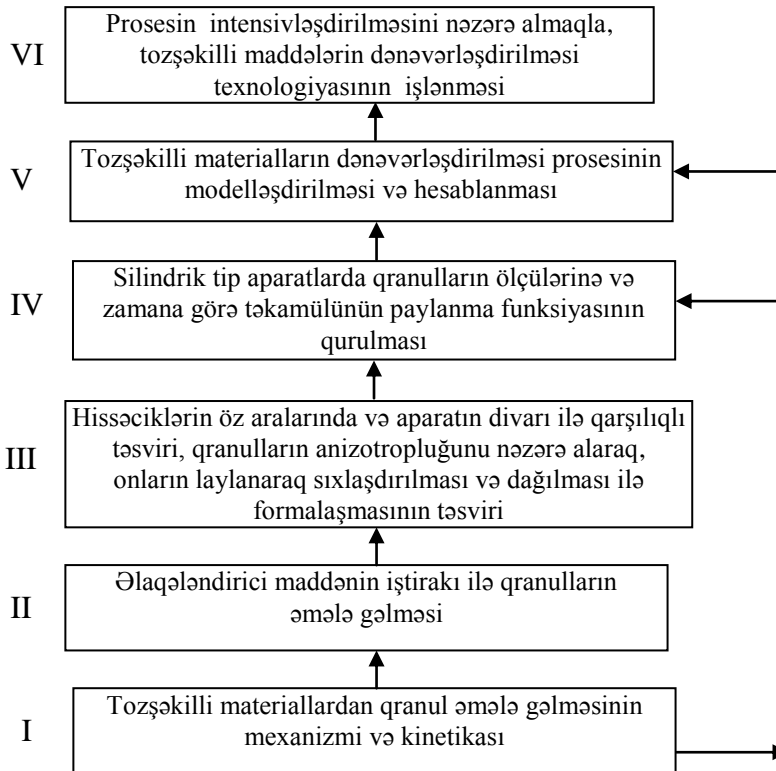
Diskret qoşulmalar hesabına dənəvərləşdirilmə və aqlomerasiya prosesləri diskret-aramsız sistemlərin xassələrini əks etdirirlər və bir çox təsadüfi və determinləşmiş hadisələrlə xarakterizə olunurlar. Beləliklə, dispers sistemlər haqqında eksperimental və nəzəri informasiya determinləşmiş qeyri-təsadüfi proseslərin yığılması nəticəsində formalaşır. Sonuncular əsas hadisələri mürəkkəbləşdirərək fenomenoloji modellərlə və fluktasiya göstəriciləri ilə təsvir olunurlar. Ümumi halda substansiya köçürülmə hadisələrinin klassik modelləri əsasında tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi proseslərinin analizi, tədqiqi və hesablanması üçün yararlı olan fenomenoloji modellər qurula bilər [5]. Parametrik təsadüfi modellərlə müqayisədə aralarında kiçik oxşarlıq olmasına baxmayaraq, belə modellər daha sadə riyazi quruluşa malikdir. Makro qeyri-bircinsli dispers mühitdə determinləşmiş stoxastik modellər üçün  $D_x$ , sahəsində (oblastında) struktur xüsusiyyəti  $X_i$  (hissəciklərin qatılığı və ölçüləri, hissəciklərin təsadüfi sürəti və diffuziya) parametrik təsadüfi sahənin iki toplanana parçalanmasının mümkünüehtimal olunur:

$$\tilde{X}_i(D_x) = \langle X_i(D_x) \rangle + \delta\tilde{X}_i$$

burada  $\langle X_i(D_x) \rangle$ -riyazi gözləmə  $X_i(D_x)$  kimi integrallanan və  $D_x$  oblastında müəyyən edilən determinləşmiş funksiya;  $\delta\tilde{X}_i$ -eksperimental təyin edilmiş statistik xarakteristikalarla birgə  $X_i$  fluktasiyasıdır. Bununla əlaqədar olaraq, dənəvərləşdirilmiş mühidə hadisələrin daha dolğun təsviri determinləşmiş və stoxastik göstəricilərin əsasında qurula bilər. Təcrübələrdən görüldüyü kimi, dispers sistemlər nəzəriyyəsində determinləşmiş və stoxastik modellər bir-birinin əksi olmadığı üçün prosesin maksimal təsvirində bir-birini tamamlayırlar. Əsasən, daha çox ümumiləşmiş parametrik model vasitəsilə dispers sistemlərin determinləşmiş modellərinin tətbiq kriteriyalarını qeyd etmək mümkündür. Belə ki,  $\delta\tilde{X}_i$  real struktur elementlərə təsadüf edirsə, o zaman  $D_x$  oblastında  $\delta\tilde{X}_i$  təxminən lokal xüsusiyyətlərin sahəsi kimi şərh oluna bilər. Bu zaman

$$\frac{|\delta\tilde{X}_i|}{\langle X_i(D_x) \rangle} = \frac{|\tilde{X}_i(D_x) - \langle X_i(D_x) \rangle|}{\langle X_i(D_x) \rangle} = \delta_i \ll 1$$

düsturun qiymətləndirilməsi determinləşmiş modellərin tətbiq kriteriyası olmaqla, məlum olmayan  $\delta\tilde{X}_i$  elementlərin daxili miqyasa görə kiçik şərti də ola bilər. Burada baxılan struktur xarakteristikası  $X_i$  məlum olan xarakteristika ilə müqayisə edilir. Təsadüfi kəmiyyətin bu halda paylanması yalnız hissəciklərin dəyişən ölçülərinə deyil, həmçinin qatılıq, qranulların ölçüləri və onların sürətlərinə aiddir.



**Şəkil.** *Tozşəkilli maddələrin dənəvərləşməsi prosesinin iyerarxik qanunauyğunluğu.*

Beləliklə, hər nəzərdə tutulan real mühit üçün verilən köçürmə prosesinin  $X_i$  xarakteristikalarının ortalanması vasitəsilə hər makrofiziki kiçik həcmdə diskret elementlərin böyük sayına görə riyazi sahə kəmiyyətləri  $X_i$  daxil olunur. Sonuncular müvafiq tamamlanmış mühiti lokal xarakterizə edir. Yəni tamamlanmış mühit kimi real cisimləri (dispers mühitlər) deyil,

onların riyazi modellərini göstərmək məqsədəuyğundur. Dispers mühitdə hadisələrin riyazi təsviri əsasən prosesin elementar xüsusiyyətlərindən təcrid olunmuş təxmini şəkildədir.

Qeyd olunanları ümumiləşdirərək belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, tozşəkili maddələrin dənəvərləşdirilməsi prosesində özək (nüvə) ətrafında hissəciklərin aqlomerasiyası nəticəsində qranulların formalaşmasını və sıxlaşmasını xarakterizə edən qanunauyğunluqların müəyyənləşdirilməsində və dispers mühitdə hadisələrin tamamlanmış determinləşmiş-stoxastik modelinin qurulması üçün stoxastik modelləşdirilmə üsullarından əlavə həmçinin fenomenoloji modellərlə təsvir olunan köçürmə hadisələrini də tətbiq etmək vacibdir. Dispers mühitdə belə əlavələr kimi stoxastik diferensial tənliklər, əsasən də Fokker-Plank tənliyi götürülür. Onlar qranulların ölçülərinə və zamana görə paylanmasının təkamülünü müəyyənləşdirmək məqsədilə, paylanma funksiyalarının qurulması üçün tətbiq edilir.

### **ƏDƏBİYYAT**

- 1.Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. М.: Химия, 1982, 272 с.
- 2.Гусейнов А.С., Келбалиев Г.И. Интенсификация процессов гранулирования суперфосфатных порошков на основе методов системного анализа // Химическая промышленность, 1992, №2, с.53-55
- 3.Гришаев И.Г., Гриневич В.А. Исследование процесса гранулирования в агрегате трубчатый аммонизатор – гранулятор // Химическая промышленность сегодня, 2006, №8, с.33-37
- 4.Gluba T. The effect of wetting droplet size on the growth of agglomerates during wet drum granulation // Powder Technology, 2003, v.130. pp.219-223
- 5.Мамедов М.И., Келбалиев Г.И., Гусейнов А.С. Детерминированно-стохастическое моделирование процессов гранулирования порошкообразных материалов // Теор. основы хим. техн. 1986, т. XX, №4, с.514-520

### **РЕЗЮМЕ**

#### **ДЕТЕРМИНИРОВАНИЕ И СЛУЧАЙНОСТЬ В СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПОРОШКООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ**

*Самедли В.М.*

**Ключевые слова:** *гранулирование, порошкообразные вещества, цилиндрический аппарат, системный анализ, моделирование*

Проведен краткий обзор теоретических и экспериментальных исследований процессов гранулирования порошкообразных материалов в цилиндрическом аппарате, определены основные этапы гранулообразования в зависимости от применяемых добавок, осуществлен системный анализ процесса. Установлено, что процесс гранулирования порошкообразных материалов определяется иерархической структурой и анализом различных физических взаимосвязанных явлений и подразделяется на различные этапы.

### **SUMMARY**

#### **DETERMINATION AND RANDOMNESS IN SYSTEM ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELS OF POWDER GRANULATION PROCESS**

*Samedli V.M.*

**Key words:** *granulation, powdered substances, cylindrical apparatus, system analysis, modeling*

A brief review of theoretical and experimental studies of granulation processes of powdered materials in a cylindrical apparatus was carried out, the main stages of granulation were determined depending on the additives used, a systematic analysis of the process was carried out, the granulation of powdered materials was determined by the hierarchical structure and analysis of various physical interrelated phenomena and divided into various stages.

Daxilolma tarixi: İlkin variant 18.07.2019  
Son variant 25.09.2019



UOT 541.128.3

## 2-METİLFENOLUN METANOLLA ALKİLLƏŞMƏSİ İLƏ 2.6-DİMETİLFENOLUN ALINMA PROSESİNİN KİNETİK MODELİ

**MÜRŞÜDLÜ NƏRMİN AFİQ qızı**

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, doktorant*

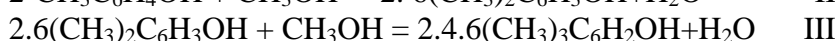
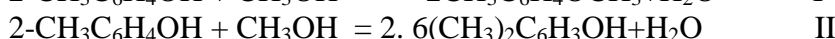
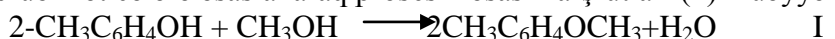
[irapon.sdu@mail.ru](mailto:irapon.sdu@mail.ru)

*Açar sözlər: 2-metilfenol, metanol, alkilləşmə 2.6-dimetilfenol, marşrut, məhdudlaşdırıcı mərhələ, aktivləşmə enerjisi, kinetik model*

2-metilfenolun metanolla alkilləşmə reaksiyasının kinetik tədqiqatları diferensial reaktorlu qurğuda rejim parametrlərinin geniş dəyişmə həddlərində aparılmışdır. T-330-370<sup>0</sup>C, 2-metilfenolun (P<sub>10</sub>) və metanolun (P<sub>20</sub>) başlanğıc parsial təzyiqləri uyğun olaraq P<sub>10</sub>=0.018-0.037 MPa və P<sub>20</sub>=0.007-0.036 MPa götürülmüş, kontakt vaxtı 10 saniyəyə qədər olmuşdur. Təcrübələr azı üç dəfə aparılmış və alınan nəticələrin orta qiyməti hesablanmışdır. Qeyri-katalitik həcmdə kimyəvi çevrilmənin mövcud olub-olmadığını müəyyən etmək üçün xammal qarışığı reaksiya şəraitində katalizatoru olmayan reaktordan buraxılmış və bu zaman 97.5% metanol və 100% o-krezol çevrilməmiş qalmışdır. Digər tərəfdən xüsusi təcrübələr vasitəsilə prosesdə daxili və xarici diffuzion məhdudiyyətlərin olmadığı və 2.6-dimetilfenolun alınma reaksiyasının kinetik sahədə baş verdiyi də təsdiq edilmişdir. Proses zamanı alınan 2.6-dimetilfenol və 2.4.6-trimetilfenol o-krezol və metanolun ümumi və fərdi çevrilmələrinin surətinə praktiki olaraq təsir göstərmir. Temperaturun və kontakt vaxtının artırılması müəyyən şəraitdə (T-400<sup>0</sup>C, τ-4 san) yan reaksiyaları sürətləndirir ki, bu da katalitik səthdə baş verən ardıcıl reaksiyaların olduğunu göstərir (1).

Katalizatın maye məhsullarına 2.6-dimetilfenol, onun metilfenol, 2.4.6-trimetilfenol, çevrilməyən 2-metilfenol, metanol və metilformiat aiddir.

Təcrübi nəticələrə əsaslanaraq prosesin əsas marşrutları (2) müəyyən edilmişdir.



Açar maddələr (3) kimi reaksiyanın 5 iştirakçısı 2-metilfenol (1), metanol (2), 2.6-dimetilfenol (3), 2.4.6-trimetilfenol (4) və 2-metilanol (5) götürülmüş və onların stexiometrik əmsallar cədvəli (cədv. 1) tərtib edilmişdir.

*Cədvəl 1*

*Açar maddələrin stexiometrik əmsallar cədvəli*

Marşrutun №-si	Maddənin nömrəsi				
	1	2	3	4	5
I	-1	-1	0	0	1
II	-1	-1	1	0	0
III	0	-1	-1	1	0
IV	0	-1	0	0	0

Açar maddələrin müşahidə olunan surətləri (w<sub>i</sub>) ilə marşrutların surətləri (r<sub>j</sub>) arasındakı əlaqə aşağıdakı tənliklər sistemində əsaslanır.

$$W_1 = -r_I - r_{II}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= -r_I - r_{II} - r_{III} - r_{IV} \\ W_3 &= r_{II} - r_{III} \\ W_4 &= r_{III} \\ W_5 &= r_I \end{aligned} \quad (1)$$

Modelin ilkin tədqiqi və yoxlanılması məqsədilə 2-metilfenolun alkülləşmə reaksiyasında ferrit katalizatorunun aktivlik və xüsusən də selektivliyinin təhlil edilməsi maraqlıdır (4). Tədqiq olunan temperatur həddlərində 2-metilfenolun görə reaksiyanın selektivliyi kontakt vaxtından da asılı olmur və sabit qiymət alır. 1 sayılı şəkildə 2-metilfenol və metanolun parsial təzyiqlər hasilinin o-krezolun ümumi çevrilmə sürətindən asılılığı verilmiş və göründüyü kimi, təcrübi qiymətlər düz xətlərin üzərinə düşür.

Birinci və ikinci marşrutların sürətlərinin eyni tipli tənliklərlə ifadə olunması alınan nəticələrin uyğun gəlmə dərəcəsini artırır.

Məsələn,

$$r_I = K_I P_1 P_2 \quad (2)$$

$$r_{II} = K_{II} P_1 P_2 \quad (3)$$

onda

$$S_5 = \frac{r_I}{r_I + r_{II}} \quad (4)$$

və ya

$$S_5 = \frac{K_I}{K_I + K_{II}} = \text{const}$$

(2) və (3) tənlikləri reaksiya məhsullarının katalizatorun eynicinsli və ya eksponensial qeyri-eynicinsli səthində kiçik dolma dərəcəsində məhdudlaşma olmadıqda istifadə olunur.

Analoji qaydada

$$r_{III} = K_{III} P_3 P_2 \quad (5)$$

qəbul etsək, onda təcrübi nəticələr (5) kinetik tənliyi ilə yaxşı ifadə olunur və 2.6-dimetilfenolun selektivliyinin onun parsial təzyiqinin 2-metilfenolun parsial təzyiqinə olan nisbətindən asılılığı ilə uyğunlaşır (şək. 2).

Beləliklə, selektivliyin təhlili miqdarı baxımdan kinetik tənliklərin növünü dolayı yolla olsa da, təsdiq edir. Bu təhlil prosesin stexiometrik bazisi (I-IV) və prosesin mərhələli sxemi (cədv. 2) ilə yaxşı uzlaşır.

Cədvəl 2

Prosesin mərhələli sxemi

Mərhələnin № -si	Mərhələlər	Marşrutlar üzrə mərhələlərin stexiometrik ədədləri			
		I	II	III	IV
1	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{ZH} = \text{CH}_3\text{OHZH}$	1	0	0	0
2	$\text{CH}_3\text{OHZH} + 2\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH} = 2\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_2\text{ZH} + \text{H}_2\text{O}$	1	0	0	0
3	$2\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_2\text{ZH} = 2\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_3 + \text{ZH}$	1	0	0	0
4	$2\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH} + \text{ZH} = 2\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OHZH}$	0	1	0	0
5	$2\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OHZH} + \text{CH}_3\text{OH} = 2.6\text{-(CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OHZH} + \text{H}_2\text{O}$	0	1	0	0
6	$2.6\text{-(CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OHZH} = 2.6\text{-(CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH} + \text{ZH}$	0	1	-1	0
7	$2.6\text{-(CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OHZH} + \text{CH}_3\text{OH} = 2.4.6\text{-(CH}_3)_3\text{C}_6\text{H}_2\text{OHZH} + \text{H}_2\text{O}$	0	0	1	0
8	$2.4.6\text{-(CH}_3)_3\text{C}_6\text{H}_2\text{OHZH} = 2.4.6\text{-(CH}_3)_3\text{C}_6\text{H}_2\text{OH} + \text{ZH}$	0	0	1	0
9	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{Z} = \text{CH}_3\text{OHZ}$	0	0	0	1/2
10	$\text{CH}_3\text{OHZ} + \text{CH}_3\text{OH} = \text{HCOOCH}_2\text{Z} + 2\text{H}_2$	0	0	0	1/2
11	$\text{HCOOCH}_2\text{Z} = \text{HCOOCH}_3 + \text{Z}$	0	0	0	1/2
12	$2\text{Z} + \text{H}_2 = 2\text{ZH}$	0	0	0	0

Cədvəl 3

Giriş parametrlərinin 2- metilfenolun metanolla alkillaşma reaksiyasının sürətinə təsiri

$v_1, \text{st}^{-1}$	$P_i^0, \text{MPa} \times 10^{-4}$				$W_i \text{ mol} / \text{sm}^3 (\text{kat}) \text{st} \times 10^{-4}$				$P_i^0, \text{MPa} \times 10^{-4}$			
	$P_{10}$	$P_{20}$	$-W_1$	$-W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
T-603 K												
0.5	2.45	2.45	11.0	19.53	7.47	1.23	1.6	1.87	1.61	0.485		
0.5	3.26	2.54	11.5	19.10	8.80	1.02	1.6	2.34	1.32	0.476		
0.8	2.70	2.05	8.5	14.5	6.20	0.67	1.2	2.00	1.14	0.400		
1.0	2.0	3.45	11.0	21.0	7.40	1.20	1.6	1.30	2.22	0.401		
0.5	2.25	3.50	11.6	21.7	7.70	1.40	1.7	1.62	1.92	0.511		
0.9	3.24	1.24	5.4	8.0	4.20	0.30	0.8	2.62	0.56	0.288		
0.6	2.08	3.11	10.1	20.0	6.90	1.30	1.4	1.32	2.000	0.387		
0.5	2.95	1.29	9.7	15.2	7.50	0.87	1.4	2.34	1.10	0.382		
0.6	3.01	1.89	7.45	12.35	5.40	0.70	1.0	1.96	1.00	0.385		
0.5	3.4	1.29	6.8	9.90	5.60	0.88	0.95	2.78	0.63	0.311		
T-623 K												
0.5	2.45	2.45	14.9	23.18	11.2	1.70	1.11	1.62	1.07	0.733		
0.5	3.1	1.52	9.3	12.60	7.7	0.70	0.70	2.31	0.48	0.521		
0.8	2.24	2.82	13.4	23.2	9.4	2.0	1.0	1.28	1.27	0.681		
0.6	1.8	0.36	14.1	26.46	9.8	1.75	1.05	0.96	1.66	0.580		
0.5	3.38	1.11	7.47	9.7	6.36	0.48	0.55	2.66	0.33	0.439		
0.5	1.96	3.42	14.5	27.2	10.1	1.90	1.1	1.00	1.64	0.602		
0.6	3.25	1.17	8.23	10.83	6.9	0.55	0.6	2.42	0.39	0.407		
1.0	2.45	2.45	21.4	31.2	17.5	1.70	1.60	1.64	1.51	0.45		
0.4	2.72	2.05	15.1	22.65	11.5	1.45	1.1	2.08	0.84	0.81		
0.4	3.50	1.11	8.4	10.72	7.17	0.49	0.63	2.88	0.34	0.52		
T-643 K												
0.5	2.45	2.45	19.18	27.93	15.0	2.18	0.76	1.340	0.760	0.981		
0.6	3.25	1.20	10.87	13.33	9.63	0.62	0.44	2.211	0.254	0.620		
0.5	2.10	3.20	19.70	33.7	13.8	2.8	0.80	0.937	1.150	0.918		
0.8	2.10	3.20	16.90	29.5	12.1	2.30	0.70	0.802	1.140	0.725		
0.5	3.70	0.70	7.30	8.29	6.73	0.21	0.29	0.315	0.117	0.508		
0.9	2.45	2.45	24.90	34.50	20.20	2.70	1.1	1.503	0.911	0.876		
1.0	2.24	2.82	32.90	48.7	26.0	3.90	1.3	1.172	1.455	0.823		
0.5	1.96	3.42	17.37	29.4	12.37	2.65	2.65	0.843	1.115	0.740		
0.7	2.75	1.95	16.9	21.5	14.5	1.3	0.7	2.076	0.442	0.809		
0.4	3.42	1.10	10.45	12.6	9.3	0.53	0.45	2.495	0.229	0.612		

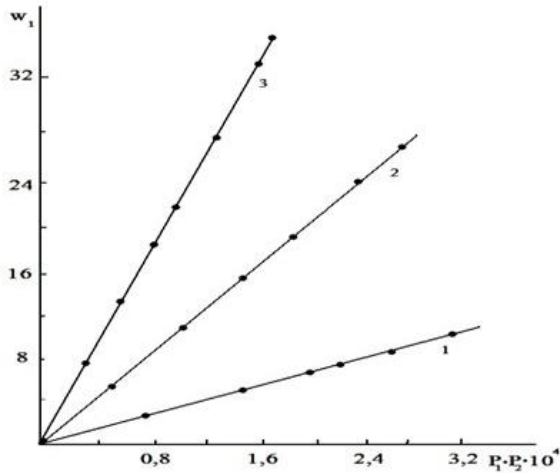
Məhdudlaşdırıcı mərhələlər kimi 2,5,7 və 10-cu seçilmiş, digər aktlar isə tez baş verən və ya tarazlıq mərhələləri qəbul edilmişdir. Katalizatorun iki müxtəlif aktiv mərkəzləri arasındakı tarazlığı nəzərə alan 12-ci mərhələ də mərhələli sxemdə öz əksini tapmışdır.

Dördüncü bazis marşrutunun surəti mərhələli sxemdən (10-cu mərhələ) alınır

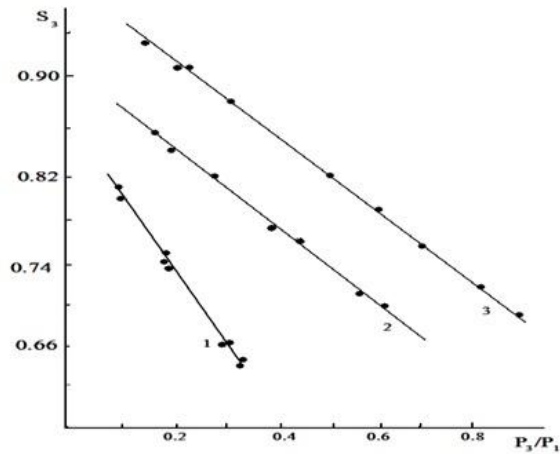
$$r^{IV} = \frac{1}{\nu} K_{IV} P_2 = 2K_{IV} P_2 \quad (6)$$

Nəticədə, seçilmiş məhdudlaşdırıcı mərhələlərin surət sabitləri uyğun marşrutun surət sabitinə uyğun gəlir.

$$K_I = K_2; \quad K_{II} = K_5; \quad K_{III} = K_7; \quad K_{IV} = K_{10}$$



**Şəkil 1.** 2-metilfenolun ümumi çevrilmə surətinin ( $W_1$ ) onun parsial təzyiqi ( $P_1$ ) ilə metanolun parsial təzyiqinin hasilindən ( $P_1 P_2$ ) asılılığı. 1.T-603K; 2.T-623K; 3.T-643K



**Şəkil 2.** 2,6-dimetilfenola görə selektivliyin ( $S_3$ ) onun parsial təzyiqinin ( $P_3$ ) o-krezolun parsial təzyiqinə ( $P_1$ ) nisbətindən asılılığı. 1.T-603K; 2.T-623K; 3.T-643K

3 sayılı cədvəldə verilmiş təcrübi nəticələr və təklif olunan model əsasında surət sabitləri hesablanmış və onların qiyməti ortakvadratik xətlərin minimizasiyası üsulu ilə mövcud proqramlar vasitəsilə dəqiqləşdirilmişdir. Uyğun marşrutlar üzrə aktivləşmə enerjisinin qiyməti aşağıdakı kimi olur.  $E_I=31.2$  kC/mol;  $E_{II}=105.2$  kC/mol  $E_{III}=64.5$  kC/mol.  $E_{IV}=35.5$  kC/mol. Surətlərin orta kvadratik xətləri 4-cü cədvəldə verilmişdir.

**Cədvəl 4.**

*Surətlərin orta kvadratik xətləri*

Surətlər, mol/sm <sup>3</sup> (kat) st	Temperatur K		
	603	623	643
$W_1$	6.5	7.0	7.4
$W_2$	22.0	16.5	13.0
$W_3$	16.0	11.5	10.0
$W_4$	14.0	5.6	4.5

Daha əlverişli bazis almaq üçün (2), (3), (5), (6) tənliklərdəki kinetik tərtiblərin dəyişdirilməsi və stexiometrik əmsallar cədvəlinin yenidən qurulması (5) daha xətalı nəticələrin əldə edilməsinə səbəb olur.

Alınan kinetik model nəzəri cəhətdən əsaslandırılmış və katalizator səthində baş verən marşrutlar cəmini vəsfi və miqdarı səviyyələrdə kafi dərəcədə ifadə edir. O rejim parametrlərinin geniş hüdudlarında özünü doğruldur və sənaye üçün əhəmiyyət kəsb edir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Hoffmann J. Flock W, Petrol E., Bode C. Zur stochiometrischen analyse komplexer reactions systeme // Chem.. Techn. 1997, 49, № 6, pp.304-307.
2. Темкин М.И. Кинетика стационарных сложных реакций В кн. Механизм и кинетика сложных каталитических реакций. М.: Наука, 1970, с. 52-72.
3. Киперман С.Л. Основы химической кинетики в гетерогенном катализе. М.: Химия, 1999, 361с.
4. Агаев А.А. Тагиев Д.Б. Таиров А.З. Кинетические закономерности реакции каталитического алкилирования фенола метанолом // Нефтехимия 1992, т. 32, № 2, с. 212-219.
5. Снаговский Ю.С. Островский Г.М. Моделирование кинетики гетерогенных каталитических процессов М.: Химия, 2004, 278с.

## РЕЗЮМЕ

### КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ 2,6-ДИМЕТИЛФЕНОЛА АЛКИЛИРОВАНИЕМ 2-МЕТИЛФЕНОЛА МЕТАНОЛОМ

*Мурушудлу Н.А*

**Ключевые слова:** 2-метилфенол, метанол, алкилирование, 2,6-диметилфенол, маршрут, лимитирующие стадии, энергия активации, кинетическая модель.

Приводятся результаты кинетических исследований реакции алкилирования 2-метилфенола метанолом в присутствии сложного ферритового катализатора.

Изучение кинетических закономерностей в безградиентной системе с последующим стехиометрическим анализом привело к составлению базиса итоговых маршрутов. Вид кинетических уравнений косвенно подтверждено анализом селективности. Рассчитаны кинетические константы и получена кинетическая модель процесса получения 2,6-диметилфенола, которая удовлетворительно описывает основные и вторичные превращения, протекающие в условиях катализа.

## SUMMARY

### KINETIC MODEL OF THE PROCESS OF OBTAINING 2,6-DIMETHYLPHENOL BY ALKYLATION OF 2-METHYLPHENOL WITH METHANOL

*Murshudlu N.A.*

**Key words:** 2-methylphenol, methanol, alkylation, 2,6-dimethylphenol, route, limiting stages, activation energy, kinetic model.

The results of kinetic studies of the alkylation reaction of 2-methylphenol with methanol in the presence of a complex ferrite catalyst are presented.

The study of kinetic laws in a gradientless system with subsequent stoichiometric analysis led to the formation of a basis for the final routes. The form of kinetic equations is indirectly confirmed by selectivity analysis. Kinetic constants were calculated and a kinetic model of the process for producing 2,6-dimethylphenol was obtained, which satisfactorily describes the main and secondary transformations occurring under catalysis conditions.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	18.07.2019
	Son variant	25.09.2019

UDK 543.49.062:546.56

**EXTRACTION-SPECTROPHOTOMETRIC STUDY ON THE  
COMPLEX FORMATION IN THE COBALT (II) - 2-HYDROXY-  
5-NITROTHIOPHENOL- DIPHENYLGUANIDINE SYSTEM****IBRAHIMOVA SHAHLA ADALAT***Baku State University, Baku, doctoral student*[zalov1966@mail.ru](mailto:zalov1966@mail.ru)**Key words:** cobalt, 2-hydroxy-5-nitrothiophenol, diphenylguanidin, chloroform, solvent extraction.

The interaction of cobalt with 2-hydroxy-5-nitrothiophenol (HHTF) and diphenylguanidine (DPH) produces three-component compounds extracted with chloroform with the ratio Co (II): HHTF: DFH = 1:2:2. The conditions of extraction-photometric determination of cobalt are found. It was found that mixed ligand complexes are formed in a slightly acidic medium ( $pH_{opt}$  2.5–6.0). The maximum in the absorption spectrum is observed at 560 nm. The molar coefficient of light absorption is  $3.8 \cdot 10^4$ . The proposed method is successfully used to determine the content of Co (II) in wastewater, sediment and plants

**1. Introduction.**

Cobalt (II) is a biologically active metal. An excess of cobalt salts causes morphological changes in the cell and thereby turns it into a carcinogen. They play an important role in biological processes occurring in the body, and are an indicator of certain diseases [1]. Therefore, analytical control of their content should be carried out by sufficiently reliable methods.

A wide variety of photometric reagents are known for the determination of cobalt. For the photometric determination of cobalt, sufficiently selective reagents of the o-nitrosophenol group or similar structures with an oxime group are used [2].

The synthesis and characterization of mixed ligand complexes of cobalt (II) with phthalic and heterocyclic amines were synthesized and characterized based on elemental analysis, conductometric, magnetic measurements, UV and IR spectral studies [3].

Complexation and liquid-liquid extraction were studied in a system containing cobalt (II), 4-(2-pyridylazo) resorcinol, 1,4-diphenyl-3-(phenylamino)-1H-1,2,4-triazole (Nt) [4]. The effect of some experimental parameters (pH, shaking time, PAR concentration and Nt concentration) and optimal conditions for the extraction of cobalt in the form of an ion association complex,  $[Co^{3+}(PAR)_2](NtH^+)$  were systematically studied. Complexation and liquid – liquid extraction were studied in the cobalt (II) — 4-(2-thiazolylazo) resorcinol – tetrazolium salt {2,3,5-triphenyl-2H-tetrazolium chloride or 2-(4-iodophenyl) - 3-(4-nitrophenyl) -5-phenyl-2H-tetrazolium chloride} – water – chloroform system [5-6].

Dithiolphenols and hydroxythiophenols [TPh] turned out to be one of the most important reagents for the separation, preconcentration, and determination of cobalt [7–9]. TPh is formed with intensely colored anionic chelates Co (II)  $[Co^{2+}(TPh)_2]^{2-}$ , which can readily react with bulk organic compounds [7–9] to form ternary complexes with good extraction properties and analytical potential.

In this report, we describe the extractive spectrophotometric determination of Co (II) with 2-hydroxy-5-nitrothiophenol (HNTP) in the presence of diphenylguanidine (DPG).

**2. MATERIALS AND METHODS**

**Reagents and instruments.** A stock solution (1  $\mu$ g / mL) of cobalt (II) was purchased from Merck Darmstadt (Germany)  $Co(NO_3)_2$  [10]. The concentration of the cobalt and nickel solution was adjusted gravimetrically. Working solutions of Co(II) were made by diluting the stock solution



to an appropriate volume. HNTP were synthesized according to the procedure [11]. HNTP was recrystallised using aqueous ethanol. Its solution (0.01 M) was prepared in chloroform. Structure of ligand was confirmed by using NMR and IR spectra {NMR: [ $^1\text{H}$  NMR (300,18 MHz,  $\text{C}_6\text{D}_6$ ); 5.16 (s, 1H- OH),  $\delta$  3.25(s, 1H - 1SH),  $\delta$  7.18 (s, 2H Ar-H),  $\delta$  7.41 (s, 1H - Ar-H)], IR: [IR (KBr); 3462  $\text{cm}^{-1}$   $\nu$  (OH), 2564  $\text{cm}^{-1}$   $\nu$  (SH), 3045  $\text{cm}^{-1}$   $\nu$  (CH), 1700  $\text{cm}^{-1}$   $\nu$  ( $\text{NO}_2$ ), 1535  $\text{cm}^{-1}$   $\nu$  ( $\text{C}_6\text{H}_5$ )] [12].

The absorbance of the extracts was measured using a Shimadzu UV1240 spectrophotometer (Japan) and KFK- 2 photocolimenter (USSR). Glass cells with optical path of 10 or 5 mm were used. pH of aqueous phase was measured using an I-120.2 potentiometer with a glass electrode. Muffle furnace was used for dissolution of the samples. IR spectra were recorded on a spectrophotometer "Specord M80" (Germany).  $^1\text{H}$ -NMR spectra were recorded on "Bruker" Fourier Transform (300,18 MHz) in  $\text{C}_6\text{D}_6$ .

**Procedure for establishing the optimum operating conditions.** An aliquot containing no more than 90  $\mu\text{g}$  of cobalt was placed in a calibrated tube with ground-glass stopper. Then chloroform solutions of HNTP (0.8 mL) and DPG (0.6 mL) were added and the chloroform phase was adjusted to 5 mL; the volume of the aqueous phase and pH were adjusted to 25 mL and 5.0, respectively. After 10 min of shaking, a portion of the organic extract was transferred through a filter paper into a cell and the absorbance was read at  $\lambda=540$  nm against chloroform. The cobalt content was found from a calibration graph.

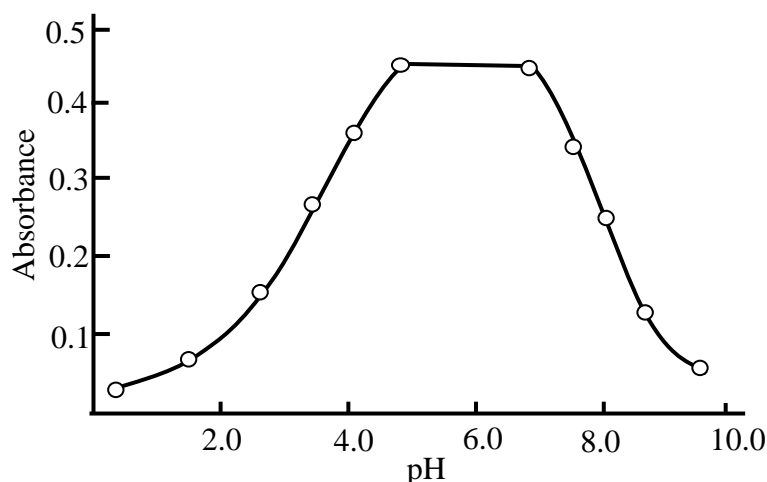
**Determination of Co (II) in sewage water and Bottom sediments.** 1l taken for analysis of waste water is evaporated to obtain a precipitate, do not boil. The precipitate was dissolved in 5 ml of  $\text{HNO}_3$ , was transferred to a 50 ml flask and diluted to the mark with water.

**Determination of Co (II) in plants.** A portion of beans (10 g) was crushed and dried in a porcelain dish at  $120^\circ\text{C}$ . The dry residue is heated in a muffle furnace at  $500^\circ\text{C}$ . The ash was dissolved in diluted (1:1)  $\text{HNO}_3$  and evaporate to moist salts, which are then dissolved in water, filtered into a volumetric flask of 100 ml. The cobalt content is determined with HNTP and DPG.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

**Choice of Solvent.** The following organic solvents were tested in our experiments: chloroform, 1,2-dichloroethane, carbon tetrachloride, benzene, chlorobenzene, toluene, xylene, *iso*-butanol and *iso*-pentanol. The distribution coefficients and extraction rates with these solvents were evaluated. The best ones were chloroform (extraction rate of 97.6%), 1,2-dichloroethane, and carbon tetrachloride. All further investigations were performed with chloroform. The extraction equilibrium with this solvent is achieved for ca. 6-7 min, but we carried out the extraction for 10 min.

**Effect of pH.** The effect of pH on the extraction of the ternary species is represented on Figure 1.



**Fig. 1.** Absorbance of mixed-ligand complexes as a function of the pH of the aqueous phase.  $C_{\text{Co}}=2.035 \times 10^{-5}$  M;  $C_{\text{HNTP}}=1.2 \times 10^{-3}$  M,  $C_{\text{DPG}}=2.0 \times 10^{-3}$  M,  $\lambda=540$  nm,  $\ell=0.5$  cm

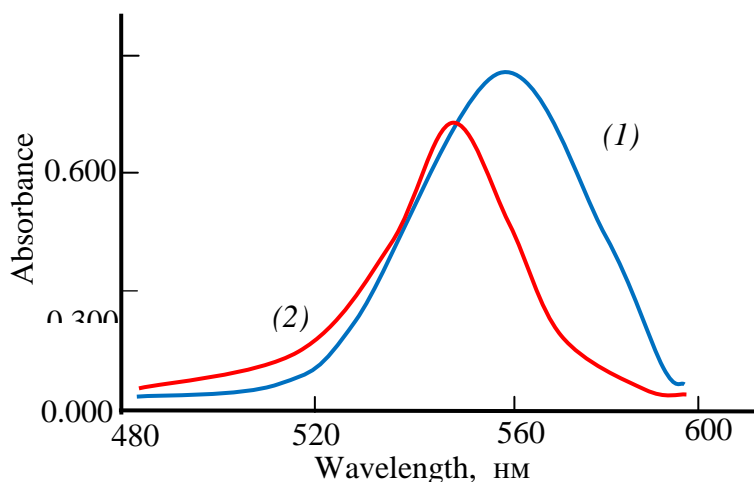
Studying of dependence of a complex formation from pH showed that, the exit of complexes of cobalt is maximum at pH 5.1 – 6.9. Extraction of Co(II) enhanced with the increase in the acidity of the initial solution; the further increase in acidity lead to the gradual decrease of recovery, which was obviously associated with a decrease in the concentration of the ionized form of HNTP. Probably, it is present in the solution in the non-dissociated state. At  $\text{pH} \geq 9.8$ , the complexes were hardly extracted, obviously because of the decrease in the degree of DPG protonation. The effect of pH on the intensity of the color reaction is shown in the Fig. 1. Existence of one maximum of absorbance in the specified limits pH confirms the assumption of formation of one complex connection.

**Absorption spectra.** Spectra of the extracted in chloroform ternary Co(II)-HTBA-DPG complex are shown in Figure 2. The absorption measurements were made in the spectral range 360–750 nm. The absorption maximum of the ternary complex lies at  $\lambda=560$  nm, while the maximum of HNTP is at  $\lambda=296$  nm. Therefore the colour reaction is very contrast (bathochromic shift of 264 nm). It is shifted to 13 nm as compared to the maximum of the binary Co(II)- HNTP chelate existing in aqueous medium (in the pH interval from 3.0 to 9.8). Close values of maxima of light absorption allow to draw a conclusion that the formed complexes were ionic associates. The corresponding molar absorptivity was  $\varepsilon_{560}=3.8 \times 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ .

**Effect of reagent concentration and of shaking time.** It was also found that there was no adverse effect of excess reagent concentration. Therefore 60-100 fold excess of reagent was suggested in general procedure to ensure complete complexation of Co (II).

The optimum concentrations of the reagents in the organic phase are  $1.2 \times 10^{-3} \text{ M}$  (HNTP) and  $2.0 \times 10^{-3} \text{ M}$  (DPG). The adherence to Beer's law was studied under the optimum extraction-spectrophotometric conditions. The following straight line equation was obtained for the concentration interval  $0.5 - 12 \text{ mg mL}^{-1}$  Co(II):  $y=0.1252x+0.054$  ( $R^2=0.9975$ ).

In present investigation 5 minute shaking time was recommended for quantitative extraction of Co(II) in organic phase. The colour of the chloroform extract was found to be stable at least 48 hrs at room temperature.



**Fig. 2.** Absorption spectra of the complexes Co- HNTP -DPG (1) and Co- HNTP (2)  
 $C_{\text{Co}}=2.035 \times 10^{-5} \text{ M}$ ;  $C_{\text{HTBA}} = 1.2 \times 10^{-3} \text{ M}$ ,  $C_{\text{DPG}}=2.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ ,  $\text{pH} 5.5$ , Shimadzu UV1240,  
 $\ell = 1.0 \text{ cm}$

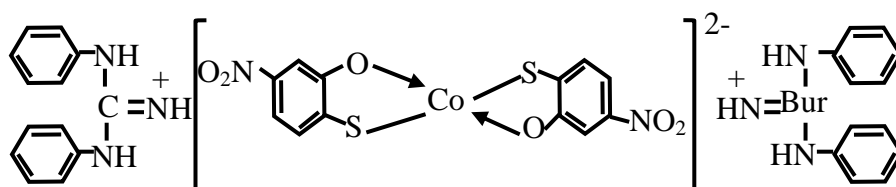
**Composition of the complexes and structure formulae.** The molar ratios between the components of the ternary complex were found by several methods: Starik–Barbanel relative yield method, straight line method, equilibrium shift method and crossed lines method [13]. The results suggest the complex composition of 1:2:2 (Co: HNTP:DPG).



The existence of clearly defined absorption bands at 2410 - 2415  $\text{cm}^{-1}$  in the IR-spectrum of the complex indicates the coordination of the DFG in the protonated form. The disappearance of the band at 2580  $\text{cm}^{-1}$ , characteristic for the spectrum of HNTP, and appearance of corresponding bands in the spectrum of the complex, which are shifted toward lower frequency, suggests that the sulphur atoms are involved in complex formation. The observed decrease in the intensity of the absorption bands at 3200-3600  $\text{cm}^{-1}$  with a maximum at 3460  $\text{cm}^{-1}$  and the appearance of a broad band in the region of 3050-3150  $\text{cm}^{-1}$  shows that the hydroxyl group participates in the formation of a coordination bond [12].

It was found using the Nazarenko method that Co(II) in the complexes was present in the form of  $\text{Co}^{2+}$ . The number of protons replaced by Co(II) in one HNTP molecule appeared to be one [14]. Additional experiments by the Akhmedly's method [15] showed that the complex exists in monomeric form in the organic phase (the obtained coefficient of polymerization  $\gamma$  was equal to 1.12).

The obtained results, some conclusions and our previous experience with similar systems [16] suggest that Co(II) no oxidised to Co(III) by the atmospheric oxygen during the complex formation. In acidic medium, HNTP exhibit reducing properties. Hence, we propose the following formula of the ternary compound:  $[\text{Co}(\text{HNTP})_2](\text{DPGH})_2$ ; in this formula DPG is in its protonated form (DPGH)<sup>+</sup>. Proceeding from the obtained data, we propose the following structure for the extracted ternary complex:



**Influence of interfering ions.** To evaluate the complex applicability for photometric determination of cobalt, we examined the influence of foreign ions and reagents. The results showed that great excesses of alkali, alkali earth, and rare earth elements, as well as  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  do not interfere determination of cobalt with HNTP and DPG. Interference of most cations masked by the addition of complexone III. Tartrate mask the milligram quantities of Ta, Ti, W and Mo. Zr fluorides should mask, and copper-thiourea.

**Comparative characteristics of the procedures for determining of cobalt.** The proposed method compares favourably with the existing ones (Table 1) and offers the advantages of better simplicity, rapidity, sensitivity and selectivity.

**Table 1.**

*Comparative characteristics of the procedures for determining of cobalt*

Reagent	pH ( solvent)	$\lambda$ , nm	$\epsilon \times 10^4$ $\text{L mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$	Beer's law range ( $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ )	Ref.
Nitroso-R-salt	weakly acidic medium	415	3.5	0.2-6.2	[2]
2,3,5-triphenyl-2H-tetrazolium chloride	5.2-5.8	525	4.26	0.2 - 1.5	[4]
1-nitroso-2-naphtol	4.5-8.9	415	2.9	0.4-3.6	[2,17]
2-nitroso-1-naphtol	4.0-9.3	365	3.7	0.8-5.9	[2,17]
HNTP - DPG	5.1-6.9 ( $\text{CHCl}_3$ )	542	3.8	0.5-12.0	

#### 4. APPLICATION

The proposed method was successfully applied for the determination of Co(II) in the sewage water, Bottom sediments and plants.. The results found to be in good agreement with those obtained by the standard known method (Table 2 and 3).

**Table 2.**Determination results of cobalt (II) in the Sewage water and Bottom sediments ( $n = 6, P = 0.95$ )

Analysis object	Added, $\mu\text{g}$	Found, $\mu\text{g}$	Found in the sample, $\mu\text{g} / \text{kg}$ $\bar{X} + \frac{t_P \times S}{\sqrt{n}}$	RSD(%)
Sewage water				
Sample 1	3.0	3.45	0.45±0.06	5
Sample 2	4.0	4.17	0.17±0.12	6
Bottom sediments				
Sample 1	4	5.29	1.29±0.04	7
Sample 2	4	5.95	1.95±0.05	4

**Table 3.**The results of the cobalt (II) in plants ( $n = 6, P = 0.95$ )

Sample	Method	Found in the sample, mg / kg	Recovered (%)	RSD,%	$\bar{X} + \frac{t_P \times S}{\sqrt{n}}$
<i>Beans</i>	Formaldoksim	0.27	0.51	2.9	0.27±0.005
	8- Mercaptoquinoline	0.32	0.40	2.3	0.32 ±0.005
	HNTP +DPG	0.30	0.45	1.9	0.30±0.004
<i>Peas</i>	Formaldoksim	0.19	0.44	3.5	0.19±0.0041
	8- Mercaptoquinoline	0.20	0.29	3.8	0.20±0.0052
	HNTP + DPG	0.15	0.35	2.6	0.15±0.0033

## REFERENCES

1. Садовникова Л. К., Орлов Д. С., Лозановская И. Н. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. М.: Высш. шк., 2006, 334 с.
2. Умланд Ф., Янсен А., ТиригД., ВюншГ. Комплексные соединения в аналитической химии. Теория и практика применения. М.: Мир, 1975, 531 с.
3. Banu L.A. et al. Studies on synthesis and characterization with antimicrobial activity of mixed ligand coordinating Co (II) Complexes with phthalic acid and heterocyclic amines // IJCS. 2015, Vol. 2, № 6, pp.38-41
4. Divarova V.V., Stojnova K.T., Racheva P.V.et al. Liquid–liquid extraction of ion-association complexes of cobalt(II)–4-(2-pyridylazo)resorcinol with ditetrazolium salts. J. Serb. Chem. Soc. 2014, Vol. 79, pp.1-12.
5. Divarova V.V., Racheva P.V., Lekova V., Gavazov K.B., Dimitrov A..N. Spectrophotometric determination of cobalt (II) in a liquid-liquid extraction system containing 4-(2-thiazolyazo) resorcinol and 2,3,5-triphenyl-2H -tetrazolium chloride. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2013, Vol. 48, № 6, pp. 623-630.
6. Divarova V.V., Gavazov K.B., Lekova V.D., Dimitrov A.N. Spectrophotometric investigations on liquid-liquid extraction systems containing cobalt, 4-(2-pyridylazo)-resorcinol and tetrazolium salts. Chemija. 2013, Vol. 24, № 2, pp.81-87
7. Kuliyeв K.A., Verdizade N.A. Spectroscopic Investigation Complex Formation of Vanadium Using 2,6-Dithiolphenol and Hydrofob Amins //American Journal of Chemistry, 2015, Vol. 5, № 1, pp.10-18.
8. Кулиев К.А., Вердизаде Н.А. Спектрофотометрическое определение тяжелых металлов в почвах// Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2019, т.85, № 5, с.18-27
9. Zalov A. Z., Amanullayeva G. I. Spectrophotometric determination of cobalt (II) in a liquid-liquid extraction system containing 2- hydroxy-5-iodothiophenol and diphenylguanidine. Journal Of Applied Science. 2016, Vol. 2, № 7, pp.17-25
10. Коростелев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М.: Изд-во АН СССР, 1964. 401 с.

11. Kuliev A.M., Aliev S.R., Mamedov F.N., Movsumzade M. Synthesis of aminomethyl derivatives of 2-hydroxy-5-tert-alkylthiophenols and their cleavage by thiols. Zhurnal Organicheskoi Khimii, 1976, Vol. 12, № 2, pp. 426-431
12. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М.: Изд-во иностранной литературы, 1963, 592 с.
13. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1986, 432 с.
14. Назаренко В.А. Взаимодействие ионов многовалентных элементов с органическими реагентами // Тр. комиссии по аналитической химии АН СССР. М.: Наука, 1969, т. 17, с. 22-27
15. Ахмедли М.К., Клыгин А. Е., Иванова Л.И., Баширов Э.А. О химизме взаимодействия ионов галлия с некоторыми сульфогталинами // Журн. Неорган. химии. 1974. т. 19, № 8, с.2007–2012.
16. Aliyev S.G., Zalov A.Z., Verdizadeh N.A., Suleymanova G.S., Ibrahimova Sh.A. Extraction-photometric determination of cobalt (II) with o-Hydroxythiophenol derivatives and hydrophobic amines. International Journal of Chemical Studies, 2017, Vol. 5, № 3, pp. 382-386
17. Марченко З., Бальцежак М. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007, 711 с.

#### XÜLASƏ

#### **KOBALT(II) - 2-HİDROKSI-5-NİTROTIÖFENOL - DİFENİLQUANİDİN SİSTEMİNDƏ KOMPLEKSƏMƏLƏGƏLMƏNİN EKSTRAKSİYALI-SPEKTROFOTOMETRİK TƏDQIQI** *İbrahimova Ş.Ə.*

*Açar sözlər:* kobalt, 2-hidroksi-5-nitrotiofenol, difenilquanidin, xloroform, həlledicilərlə ekstraksiya.

Kobalt(II) 2-hidroksi-5-nitrotiofenol (HNTF) və difenilquanidin (DFQ) ilə qarşılıqlı təsirdə olduqda Co(II):GNTF: DFG =1:2:2 tərkibində üçkomponentli birləşmə əmələ gətirir. Kobaltın ekstraksiyalı-fotometrik təyininin optimal şəraiti müəyyən edilmişdir. Müxtəlifliqandlı kompleks birləşmə zəif turş mühitdə (pH<sub>opt</sub> 2.5-6.0) əmələ gəlir. Maksimum işıqudma 560 nm dalğa uzunluğunda baş verir. Molyar işıqudma əmsalı  $3.8 \times 10^4$  bərabərdir. Təklif olunan metodika suda və bitkidə kobaltın təyininə tətbiq edilmişdir.

#### РЕЗЮМЕ

#### **ЭКСТРАКЦИОННО-СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ КОБАЛЬТА (II) - 2-ГИДРОКСИ-5- НИТРОТИОФЕНОЛ-ДИФЕНИЛГУАНИДИН**

*Ибрагимова Ш. А.*

*Ключевые слова:* кобальт, 2-гидрокси-5-нитроттиофенол, дифенилгуанидин, хлороформ, экстракция растворителем.

При взаимодействии кобальта с 2-гидрокси-5-нитроттиофенолом (ГНТФ) и дифенилгуанидином (ДФГ) образуются экстрагируемые хлороформом трехкомпонентные соединения с соотношением Co(II):ГНТФ:ДФГ =1:2:2. Найдены условия экстракционно-фотометрического определения кобальта. Было установлено, что разнолигандные комплексы образуются в слабокислой среде (pH<sub>opt</sub> 2.5-6.0). Максимум в спектре светопоглощения наблюдается при 560 нм. Молярный коэффициент светопоглощения равен  $3.8 \cdot 10^4$ . Предлагаемый способ успешно используется для определения содержания Co (II) в сточных водах, донных отложениях и растениях.

Daxilolma tarixi: İlkin variant 23.08.2019  
Son variant

UOT 547-305 + 547-31/-39

## VİNİLOKSI- VƏ (2-VİNİLOKSI)ETOKSI ƏVƏZLİ TSİKLOPROPİL ASETALLARA MONO- VƏ DİTİOLLARIN SƏRBƏST RADİKAL BİRLƏŞMƏSİ

**QARAYEVA ŞƏBNƏM HƏMİD qızı**

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, doktorant*

[Shabnam-1983@mail.ru](mailto:Shabnam-1983@mail.ru)

*Açar sözlər:* viniloksitsiklopropil asetal, tiofenol, etanditiol, radikal birləşmə, addukt.

Viniloksi- və (2-viniloksi)etoksi əvəzli hemdixlorciklopropanların müvafiq alkandiollarla NaOH iştirakında qarşılıqlı təsirindən müvafiq viniloksi- və (2-viniloksi)etoksi əvəzli tsiklopropil asetallar sintez edilmişdir. Tiofenolun və etanditiolun sintez edilmiş tsiklopropilasetallara sərbəst radikal birləşmə reaksiyası aparılmışdır.

Ədəbiyyatda bir sıra tsiklik monomerlər əsasında polimerlərin alınması istiqamətində işlər aparılmışdır. Belə ki, vinilsiklopropanlar əsasında alınan tsiklik asetalların polimerləşməsi sahəsində aparılan tədqiqatlar Endo və əməkdaşları tərəfindən yerinə yetirilmişdir [1]. Müxtəlif müəlliflər tərəfindən göstərilmişdir ki, vinilsiklopropan monomerlərinin polimerləşməsi vinil və tsiklopropan halqasının açılması hesabına gedir və nəticədə, tərkibində pentenamer qrupları saxlayan polimerlər alınır. Tsiklik asetal qrupları saxlayan vinilsiklopropanların polimerləşməsi zamanı asetal tsiklinin açılması isə onların ölçülərindən asılı olaraq baş verir.

Tsiklopropan halqasında tsiklik asetal qrupları saxlayan vinilsiklopropanların sintezi və onların tsiklin açılması ilə radikal polimerləşməsi sahəsində ədəbiyyatda məlumatlar vardır [2-4]. Bu sistemlərdə vinil qrupu ilə tsiklopropan həlqəsi bilavasitə qoşulmuş əlaqələr sisteminə daxildir.

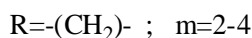
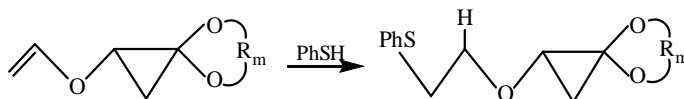
Təqdim olunan işdə tərəfimizdən sintez olunmuş (cədvəl 2) viniloksi və (2-viniloksi)etoksi əvəzli tsiklopropil asetallarla model reaksiya olaraq tiofenolun və etanditiolun sərbəst radikal birləşmə reaksiyası aparılmışdır. Sintez edilmiş monomerlərin molekullarında vinil və tsiklopropil qruplarının bir-birindən oksigen körpüsü ilə təcrid olunmuş formada yerləşməsi onların əsasında makromolekullarında tsiklopropan halqaları və tsiklik asetal qrupları saxlayan polimerlərin alınmasına imkan verir.

**Təcrübi hissə.** Sintez edilmiş mono- və bis-adduktların İQ-spektrləri “Spekord” M-80 cihazında KBr, NaCl və LiF prizmaları diapazonunda nazik təbəqələr şəklində çəkilmişdir. Nüvə-maqrnit rezonansı spektrləri “Tesla” firmasının BS-4878 (80 MHz) markalı spektrometrində (daxili standart heksametildisiloksan) çəkilmişdir. Protonların kimyəvi sürüşmələri  $\delta$  şkalasında (m.h.) verilmişdir. Sintez edilmiş monomerlərin izomer tərkibi və onların təmizlik dərəcəsi qaz-maye xromatoqrafi (QMX) vasitəsilə müəyyən edilmişdir (LXM 8MD). Maye faza kimi Apiezon-L (15%) və karbovaks-20M (15%), daşıyıcı kimi xromaton və tselit-547, qaz-helium istifadə edilmişdir.

Viniloksi- və (2-viniloksi) etoksi əvəzli tsiklopropil asetallar viniloksi- və (2-viniloksi)etoksiəvəzli hemdixlorciklopropanların ümumi formulu  $(\text{CH}_2)_m \begin{matrix} \text{OH} \\ \text{OH} \end{matrix}$  olan alkandiollarla NaOH iştirakında qarşılıqlı təsirindən [5] ədəbiyyatında verilən metodikaya müvafiq sintez edilmişdir.

**Tiofenolun viniloksi- və (2-viniloksi) etoksi əvəzli tsiklopropil asetallara radikal birləşməsi**

*Viniloksi- və (2-viniloksi)etoksi əvəzli tsiklopropil asetallara mono-  
və ditiolların sərbəst radikal birləşməsi*



Birləşmə reaksiyası qapalı ampulda, inert atmosferdə, AİBN (0,5 kütlə.%) iştirakında ilkin maddələrin efir:tiofenol = 1:1.1 nisbətində 1,5 saat müddətində 60-70°C-də aparılmışdır. Reaksiya müddəti başa çatdıqdan sonra tiofenolun artığı sonda yuyulur, qurudulur və efiqlə ekstraksiya olunur. Efir və monomerin artığı (əgər qalıbsa) qovulur. Sintez edilmiş adduktların fiziki-kimyəvi göstəriciləri cədvəl 1-də verilmişdir.

**Etanditiolun viniloksi- və (2-viniloksi) etoksi əvəzli tsiklopropil asetallara radikal birləşməsi.**

Ampula inert qaz (azot) mühitində 0.01 mol etanditiol, 0,5 kütlə.% miqdarında azoizobutironitril (AİBN) və 0,02 mol viniloksiasetal monomerləri yerləşdirilir. Ampulanın agzını bağladıqdan sonra o, termostatda 70°C-də 1,0-1,5 saat qızdırılır. Reaksiya başa çatdıqdan sonra ampul soyudulur, reaksiya məhsulları 3-4 dəfə 10% soda məhlulu ilə yuyulur. Reaksiya məhsulları efiqlə ekstraksiya edilir, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> üzərində qurudulur və efir buxarlandıqdan sonra vakuumda qovulur. Alınan adduktların çıxımları miqdarı yüksək olur.

Sintez edilmiş bis-adduktların fiziki-kimyəvi göstəriciləri cədvəl 1-də verilmişdir.

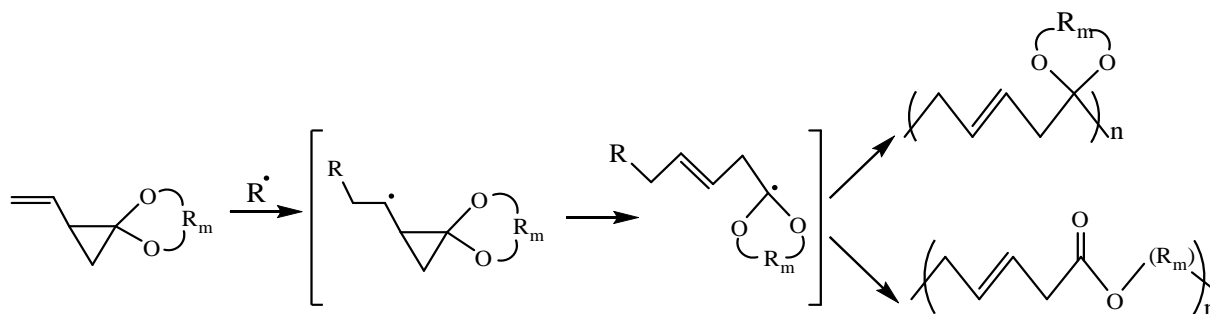
**Cədvəl 1.**

*Mono- və bis-adduktların bəzi fiziki-kimyəvi göstəriciləri.*

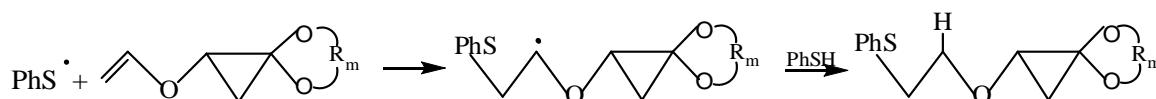
Birləşmə	Empirik formul (molekul kütlə)	Tapılmışdır (Hesablanmışdır)		
		S	H	C
<b>Mono-adduktlar</b>				
<b>3</b>	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O <sub>3</sub> S (252)	12.69	6.34	61.90
<b>4</b>	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub> S (266)	12.03	6.76	63.16
<b>5</b>	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub> S (280)	11.42	7.14	64.29
<b>6</b>	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>4</sub> S (296)	10.81	6.75	60.81
<b>7</b>	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub> S (310)	10.32	7.09	61.94
<b>8</b>	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O <sub>4</sub> S (324)	9.87	7.40	62.96
<b>9</b>	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub> S (254)	12.59	7.08	61.42
<b>10</b>	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub> S (298)	10.73	7.38	60.40
<b>Bis-adduktlar</b>				
<b>3</b>	C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> O <sub>6</sub> S <sub>2</sub> (378)	16.93	6.87	50.79
<b>4</b>	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>6</sub> S <sub>2</sub> (406)	15.76	7.38	53.20
<b>5</b>	C <sub>20</sub> H <sub>34</sub> O <sub>6</sub> S <sub>2</sub> (434)	14.74	7.83	55.30
<b>6</b>	C <sub>20</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> S <sub>2</sub> (466)	13.73	7.29	51.50
<b>7</b>	C <sub>22</sub> H <sub>38</sub> O <sub>8</sub> S <sub>2</sub> (494)	12.95	7.69	53.45
<b>8</b>	C <sub>24</sub> H <sub>42</sub> O <sub>8</sub> S <sub>2</sub> (522)	12.26	8.04	55.18
<b>9</b>	C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> O <sub>6</sub> S <sub>2</sub> (414)	15.50	7.24	46.38
<b>10</b>	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>8</sub> S <sub>2</sub> (470)	13.61	8.09	51.06

**Təcrübi nəticələrin müzakirəsi.** Tərəfimizdən sintez edilmiş viniloksi- və (2-viniloksi) etoksi əvəzli tsiklopropil asetalların polimerləşmə prosesini (reaksiyanın mexanizmini və alınan polimerlərin quruluşlarını) xarakterizə etmək məqsədilə model reaksiya kimi tiofenolun həmin monomerlərə radikal inisiatorun iştirakında sərbəst radikal birləşmə reaksiyası tədqiq edilmişdir.

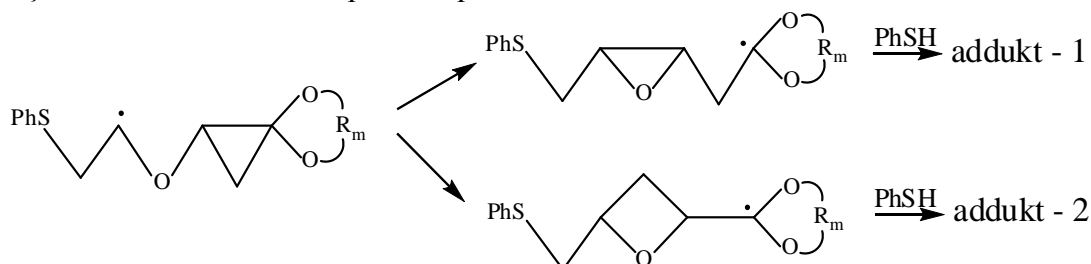
Göstərilmişdir ki, tiofenolun sintez edilmiş monomerlərlə birləşmə reaksiyası tiil radikalının vinil qrupuna birləşməsi ilə başlanır və alınan aralıq addukt-radikalın tiofenoldan proton qoparması ilə başa çatır.



Tərəfimizdən sintez edilmiş viniloksitsiklopropilasetalların radikal tipli inisiyator olan AİBN iştirakında (0,5 kütlə % miqdarında 1,5 saat müddətində) ilkin komponentlərin – monomer : tiofenol = 1: 1,1 nisbətində reaksiyası 70°C-də azot mühitində aparılmışdır. İniyatorun termiki parçalanmasından əmələ gələn radikalın tiofenolla qarşılıqlı reaksiyasından yaranmış tiil radikalları monomerlərin ikiqat rəbitəsinə birləşərək aralıq radikal əmələ gətirir. Sonuncu isə tiofenol molekulundan proton qopararaq monoadduktun əmələ gəlməsinə səbəb olur.

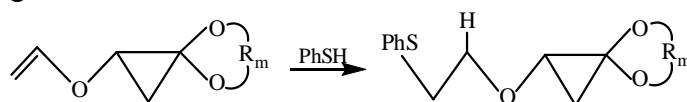


Belə təsəvvür etmək olardı ki, aralıq mərhələdə əmələ gələn radikal tsiklo-propan halqasının açılması hesabına digər bir radikala çevrilsin. Belə olan halda sonda əmələ gələn addukt öz quruluşu etibarilə tamamilə fərqli olacaqdır.



Reaksiya məhsullarının hərtərəfli analizi onu göstərdi ki, tsiklin açılması hesabına əmələ gələcək qeyd olunan adduktlar müşahidə olunmur. Ona görə də birləşmə reaksiyasının əsas istiqaməti tiofenolun 1,2-vəziyyətində birləşməsindən ibarətdir. Bu nəticəni alınan adduktların tərkib və quruluşlarının İQ və NMR-spektroskopiyaya və element analizindən alınan göstəricilərdən görmək olar.

QMX-analizlərin nəticələri göstərir ki, alınan adduktların hamısı fərdi maddələrdir və element analizinin nəticələrinə əsasən tərkib etibarilə tiofenolun monomerlərə birləşməsindən alınan monoadduktlara uyğun gəlir.



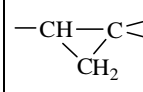
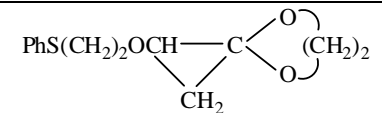
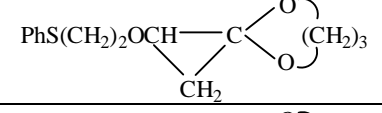
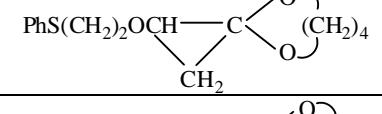
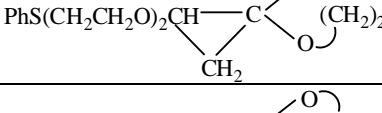
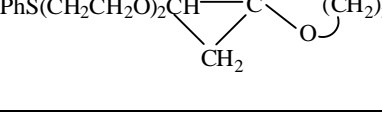
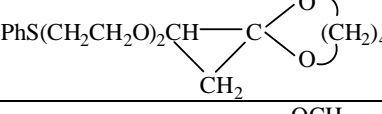
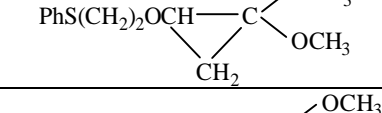
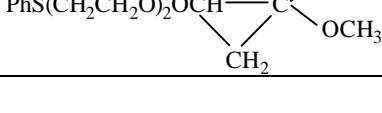
Aparduğumuz tədqiqatların nəticələri göstərir ki, tsiklopropan həlqəsində olan asetallardakı *m*-in qiymətindən (metilen qrupların sayından) asılı olmayaraq alınan adduktların çıxımları 87-93% təşkil edir.

İQ-spektrdən görünür ki, 1020-1040  $\text{sm}^{-1}$ , udma zolağının varlığı tsiklopropan qrupunun olmasına dəlalat edir və tiofenolun birləşməsi yalnız vinil qrupunun iştirakı ilə başa çatır.

Alınan adduktların NMR-spektrlərinin analizi isə göstərir ki, spektrdə  $\delta=5,0-6,0$  m.h.-də ikiqat rəbitənin yanındakı protonlara xas olan siqnalların olmaması, onun əvəzinə  $\delta=3,3-3,4$  m.h.-də  $\text{SCH}_2$  qrupuna aid siqnalların olması reaksiyanın vinil qrupu hesabına getməsinə göstərir.

**Cədvəl 2.**

*Tiofenol ilə viniloksitsiklopropilasetallardan alınan adduktların NMR spektrlərinə görə quruluşları.*

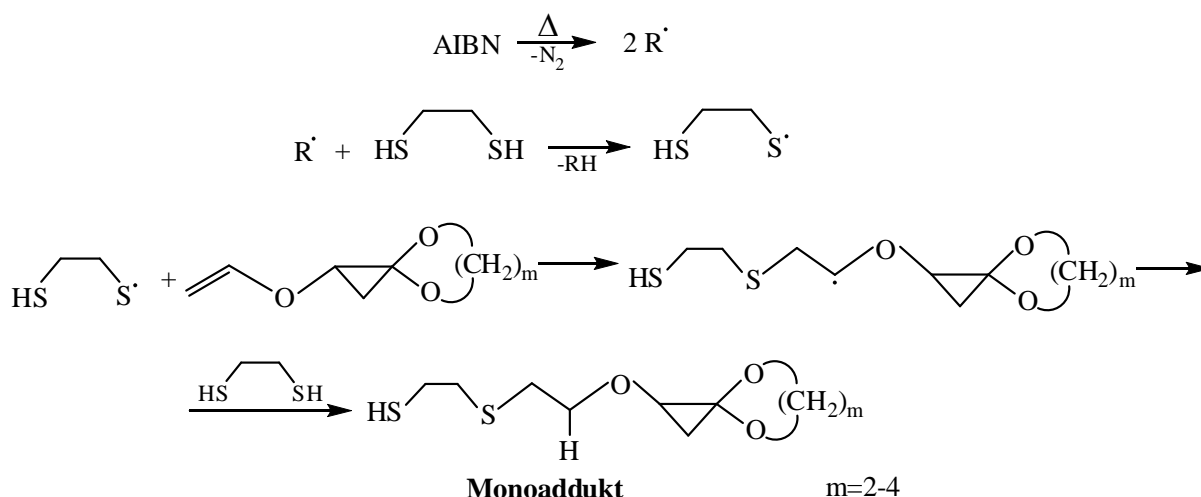
İlkin mono-mer	Monoadduktun struktur formulu	Proton saxlayan qruplarda protonların kimyəvi sürüşmələri (δ, m.h.)					
		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> S-	-SCH <sub>2</sub> -	-OCH <sub>2</sub> -	-OCH <sub>3</sub> -		-O(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> -
<b>3</b>		7.20-7.36 (m)	2.94 (t)	3.71(t)	–	2.21(t); 0.46; 0.73 (m)	3.95-4.05 (m)
<b>4</b>		7.21-7.33 (m)	2.96 (t)	3.71(t)	–	2.22(t); 0.48; 0.71 (m)	3.98-4.08(m); 1.88(m)
<b>5</b>		7.21-7.37 (m)	2.97 (t)	3.71(t)	–	2.21(t); 0.48; 0.71 (m)	3.60-3.70(m); 1.53-1.57(m)
<b>6</b>		7.18-7.34 (m)	3.24 (t)	3.71(t); 3.52(s)	–	2.20(t); 0.48; 0.73 (m)	3.93-4.04(m)
<b>7</b>		7.17-7.33 (m)	3.25 (t)	3.71(t); 3.55(s)	–	2.18(t); 0.48; 0.73 (m)	3.99-4.10(m); 1.87(m)
<b>8</b>		7.19-7.40 (m)	3.25 (t)	3.71(t); 3.56(s)	–	2.16(t); 0.48; 0.73 (m)	3.63-3.71(m); 1.54-1.58(m)
<b>9</b>		7.21-7.35 (m)	3.20 (t)	3.81(t)	3.33 (s)	2.21(t); 0.48; 0.73 (m)	–
<b>10</b>		7.22-7.38 (m)	3.21 (t)	3.80(t); 3.46(s)	3.31 (s)	2.21(t); 0.48; 0.73 (m)	–

Kimyəvi sürüşmənin spin-spin qarşılıqlı təsirinin və xarakterik siqnalların inteqral intensivliklərinin qiymətlərinə görə reaksiyanın yalnız vinil qrupu hesabına getməsi və monoadduktların alınması müəyyənləşdirilmişdir.

Beləliklə, təcrübələrin nəticələri göstərir ki, reaksiya çox rahat həlledicisiz mühitdə reaksiya qarışığını qızdırmaqla gedir və nəticədə, tsiklopropan tərkibli monoadduktlar alınır.

Model reaksiyaların nəticələri göstərir ki, sintez edilmiş monomerlərin radikal inisiyatorların iştirakında polimerləşməsi yalnız vinil qrupunun hesabına baş verməlidir.

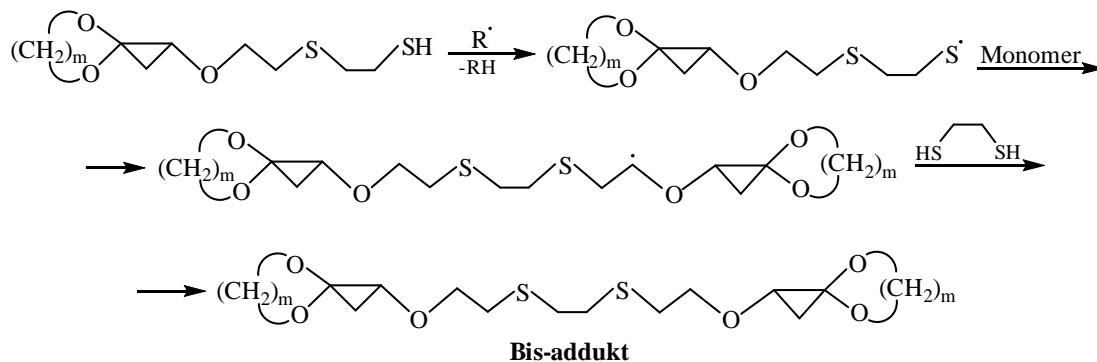
Etanditiolun funksionaləvəzli viniltsiklopropanlara birləşmə reaksiyası zamanı alınan nəticələr göstərdi ki, tsiklopropan halqasında olan funksional qrup əvəzləyici alınan məhsulların çıxımına və reaksiyanın gedişinə heç bir təsir göstərmir. Reaksiya böyük sürətlə və reaksiya məhsullarının miqdarı çıxımı ilə gedir [6].



Etanditiolun (EDT) viniloksitsiklopropil asetallarla birləşmə reaksiyası zamanı əldə edilən nəticələr göstərdi ki, reaksiya vinil qrupu ilə tsiklopropan halqasının eyni vaxtda açılması ilə getmir.

EDT-un funksional əvəzli tsiklopropilvinil efirinə birləşməsi zamanı əmələ gələn adduktlar, ilkin addent və substratın nisbətindən asılı olaraq, mono- və bis- tərkibə malik olur. Viniloksitsiklopropil asetal:EDT = 1:1 və ya 2:1 olur. Bu nəticəyə biz ilkin reagentlərin müxtəlif nisbətlərində reaksiyanı aparmaqla alınan adduktların tərkibinin element analizi vasitəsilə nail olmuşuq.

Reaksiya nəticəsində alınan birləşmələrin quruluşu İQ və NMR spektrlərinin köməyi ilə öyrənilmişdir. Spektrlərin araşdırılmasından alınan nəticələr göstərdi ki, ilkin komponentlərin nisbətindən asılı olaraq, reaksiya ya mono- və yaxud da bis- adduktların alınması ilə başa çatır. Birləşmə reaksiyasında isə regiosektiv olaraq yalnız viniloksitsiklopropil asetalların vinil qrupu iştirak edir:



İQ-spektrdə adduktun tərkibinə daxil olan qrup və fraqmentlərə xas olan udma zolaqlarının olması təklif olunan quruluşu təsdiqləyir. Belə ki, 1020-1040  $\text{sm}^{-1}$  udma zolağının olması tsiklopropan halqasının varlığını və reaksiyanın yalnız ikiqat rəbitədən selektiv olaraq getməsini, başqa sözlə, tsiklopropan halqasının toxunulmaz qalmasını sübut edir.

Birləşmə reaksiyası zamanı alınan adduktun NMR-spektrinin araşdırılması onu göstərdi ki, ilkin substratda ikiqat rəbitənin yanında olan protonlara xas olan kimyəvi sürüşmələr reaksiya zamanı alınan adduktların spektrində olmurlar ( $\delta=5,0-6,0$  m.h.). Bu onu göstərdi ki, reaksiyada yalnız vinil qrupu iştirak edir. Bunlarla yanaşı, spektrdə  $\delta=3,3-3,4$  m.h. sahədə olan siqnallar adduktun quruluşunda  $-\text{SCH}_2-$  fraqmentinin olmasına dəlalət edir. Spektrdə olan qarşılıqlı spin-spin təsirində olmanın xarakteri kimyəvi sürüşmələrin qiymətləri və siqnalları inteqral intensivlikləri təklif olunan mono- və bis- adduktların quruluşu ilə uyğunlaşır.

Beləliklə, təcrübələrin nəticələri göstərir ki, reaksiya həlledicisiz mühitdə reaksiya qarışığını qızdırmaqla gedir və nəticədə tsiklopropan tərkibli monoadduktlar alınır.



### ƏDƏBİYYAT

1. Wei-Fang Su. Ring-Opening Polymerization. Principles of Polymer Design and Synthesis. / Lecture Notes in Chemistry book series (LNC). 2013, v. 82, pp. 267-299
2. Okazaki T., Sanda F., Endo T. Radical ring-opening polyaddition of a bifunctional vinylcyclopropane bearing a spiroacetal moiety with dithiols. // J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem. 1997, v. 35, pp. 2487-2492
3. Sanda F., Takata T., Endo T. Synthesis and radical polymerization of spiroorthocarbonates bearing exo-methylene groups. // Macromolecules. 1993, v. 26, N 4, pp. 737-743
4. Schulze T., Klemm E. New aspects by ring opening polymerization of a spiro ketenacetal. // Polym. Bull., 1993, v.31, N 4, pp. 409-414
5. Qarayeva Ş.H., Şahnəzərli R.Z., Ramazanov Q.Ə., Quliyev A.M. Viniloksitsik-lopropanın tsiklik asetallarının sintezi və polimerləşməsi // Kimya problemləri, № 3. Bakı, 2014, s. 240-246
6. Шахназарли Р.З., Ищенко Н.Я., Назаралиев Х.Г., Мамедов Б.А., Гулиев А.М. Бис-аддукты этандитиола с дихлорзамещенными винил-циклопропанами – замедлители подвулканизации резиновых смесей. // Пластмассы. 2011, № 3, с.31-33

### РЕЗЮМЕ

#### СВОБОДНОРАДИКАЛЬНОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ МОНО- И ДИТИОЛОВ К ВИНИЛОКСИ- И (2-ВИНИЛОКСИ)- ЭТОКСИЗАМЕЩЕННЫМ ЦИКЛОПРОПИЛАЦЕТАЛЯМ

*Гарыева Ш.Г.*

**Ключевые слова:** *винилоксициклопропилацеталь, тиофенол, этандитиол, радикальное присоединение, аддукт.*

Проведено свободнорадикальное присоединение тиофенола и этандитиола к винилокси- и 2-винилоксиэтоксид циклопропилацетальям и показано, что реакция протекает по винильной группе с образованием как моно- (в случае тиофенола), так и бис-аддуктов (в случае этандитиола). Методами спектрального и химического анализов установлена структура синтезированных аддуктов. Таким образом, результаты экспериментов показывают, что реакция идет при нагревании реакционной смеси в нерастворимой среде и в результате получают моноаддукты, содержащие циклопропан.

### SUMMARY

#### FREE RADICAL ADDITION OF MONO- AND DITHIOLS TO VINYLOXY-AND (2-VINYLOXY-) ETOXI SUBSTITUTED CYCLOPROPYLACETALS

*Garayeva Sh.H.*

**Key words:** *vinylloxycyclopropyl acetal, thiophenol, ethanedithiol, radical addition, adduct.*

Free radical addition of thiophenol and ethanedithiol to vinyloxy-and 2-vinyloxyethoxy cyclopropyl acetals was carried out and it was shown that the reaction proceeds along the vinyl group to form both mono- (in the case of thiophenol) and bis-adducts (in the case of ethanedithiol). The structure of synthesized adducts was determined by spectral and chemical analysis. Thus, the experimental results show that the reaction proceeds by heating the reaction mixture in an insoluble medium and the result is monoadducts containing cyclopropane.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	15.07.2019
	Son variant	25.09.2019

UOT 582-1

## AZƏRBAYCAN FLORASINDA QAYMAQÇIÇƏK (RANUNCULUS L.) CİNSİ NÖVLƏRİNİN FITOSENOLOGİYASI

**ƏKBƏRİ TƏRANƏ MAYIL qızı**

*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Şamaxı filiali, dissertant*

[sdu.elmixeberler@mail.ru](mailto:sdu.elmixeberler@mail.ru)

*Açar sözlər: Ranunculus L., fitosenoz, assosiasiya, formasiya, edifikator, növün bolluğu, dominant növlər*

Müvafiq fitosenozlarda ekoloji-fitosenoloji tədqiqatların aparılmasına beynəlxalq elm aləmində geniş yer verilir. Odur ki, floranı hərtərəfli araşdırmaq, eləcə də biosenozun əsası sayılan fitosenozların növ tərkibini və quruluşunu tədqiq etmək, onların qorunması, səmərəli istifadəsi, yaxşılaşdırılması və münbitliyin bərpası, kompleks tədqiqatların aparılması üçün ayrı-ayrı fəsilələrin nümayəndələrinin müasir səviyyədə araşdırılması ən vacib məsələlərdən biridir. Müvafiq fitosenozlarda ekoloji-fitosenoloji tədqiqatların aparılmasına beynəlxalq elm aləmində geniş yer verilir. Ona görə də Azərbaycan florası və bitkiliyinin öyrənilməsi üçün tədqiq edilən *Ranunculus L.* cinsi növlərinin fitosenoloji xüsusiyyətlərinin və populyasiya strukturunun öyrənilməsini qarşımıza məqsəd qoymuşuq.

Tədqiq etdiyimiz ərazilərdə cinsin *R.oxyspermus Willd.*, *R.repens L.*, *R.arvensis L.* və *R.sceleratus L.* növləri digər növlərdən fərqli olaraq, Azərbaycanın bütün botaniki-coğrafi rayonlarında rast gəlinir. Digər növlərə isə özünəməxsus ərazilərdə təsadüf edirlər. Fitosenoloji baxımından botaniki qruplarda edifikatorluq hər növ üçün özünəməxsusdur. Məs. *R.oxyspermus* çoxillik olmaqla yanaşı, bütün torpaq tiplərində və bütün qurşaqlarda məskunlaşa bilir, buna görə də daha çox rast gəlinir və fitosenozlarda edifikator rolu oynayır. O cümlədən, *R.repens* çoxillik bitkidir, lakin ona hər yerdə rast gəlinmir, onlar yalnız düzənlikdən orta dağ qurşağına qədər, əsasən meşəliklərdə və meşə talalarında, bəzən meşədən sonrakı çəmənlərdə çayların ətrafında, sulu dərələrdə bir sözlə rütubətli yerlərdə rast gəlinir. Heliositsiofitlərə aid olduğunu bitki yayılma mərkəzləri ilə təsdiqləyir, belə ki, kölgəyədavamlı bitki olduğu üçün meşədə daha yaxşı inkişaf edir. *R.repens* növü Kiçik Qafqaz ərazisinin Xoşbulaq meşəsində, Naxçıvan Muxtar Respublikasının Tillək meşəsində və Quba-Xaçmaz istiqamətində olan bütün meşələrdə yayılmışdır. Bitkinin bolluğu 3-5 arasında dəyişir. Eləcə də sulu dərələrdə mezofit bitkilərdən olan Baldırqanlıq transektinin qruplaşmasında III dərəcəli subedifikator rolunu oynayır. *R.oxyspermus* növünə də bu yerlərə yaxın rast gəlinmişdir, lakin onlar nisbətən boz-qonur torpaqlarda üstünlük təşkil etmiş, dağ bozqırlarında, qaya töküntülərində, kserofil bitkiliyində də rast gəlinmişdir. Bitkinin bolluğu 2-4 arasındadır. Fitosenozun əsas elementlərindən biridir. Naxçıvan MR dağ kserofit (friqanoid) bitkiliyinin *Zygophylleta atriplicoides* -Sirkənavari həlməlik formasiyasında *Zygophyllumatriplicoides* + *Reaumuria persica* + *R.oxyspermus* + *Atraphax spinosa* assosiasiyasına rast gəlinir. Burada *R.oxyspermus* növü assosiasiyanın elementlərindəndir, lakin Naxçıvan MR Gillənçay hövzəsində rütubətli yerlərdə *R.oxyspermus* artıq *R.repens* ilə əvəz olunur. Meşə bitkiliyi *R.repens* növü üçün xarakterikdir, əsasən Tuqay meşələri, Seyrək arid meşələr, həmişəyaşıl meşələr, Palıd meşələri formasiya sinfinin Ağ söyüdlük,-*Saliceta albae*, Qələmə qovaqlıq- *Populeta gracilis*, Kiçik qaraağaclıq- *Ulmuaeta minor* və Şərq palıdlığı- *Querceta macrantherae* üçün *R.repens* aşağıdakı assosiasiyaların tərkibində rast gəlinir: *Salix alba*+*Elaeagnus angustifolia*+ *herbosum (R.repens)* + *Tamarix meyeri*; *Populus gracilis*+*Salix triandra* + *R.repens* +*herbosum*; *Quercus macranthera*+*Fraxinus exelsior*+*Acer ibericum* + *herbosum (R.repens)*; *Crataegus caucasica*+*Malus orientalis*+*Pyrus salicifolia*+*Quercus macranthera*+ *herbosum (R.repens)*; *Pyrus salicifolia*+*P. caucasica*+*Cotoneaster melanocarpus*+*Rosa rapinii*+*R. canina*+ *herbosum*

(*R.repens*). Meşəaltı müxtəlifotluqda *R.repens* bir-neçə formasıyada dominantlıq edir. Burada 25-45 ədəd bitkiyə rast gəlinir. Ümumi halda bu fitosenozların tərkibinə *Helichrysum plicatum*, *Galium verum*, *Tussilago farfara*, *Hupericum perforatum*, *Teucrium orientale*, *Ziziphora capitata*, *Prangos acaulis*, *Xeranthemum cylindraceum* Sibth., *Acroptilon repens* (L.)DC., *Artemisia absinthium*, *Trifolium pratense*, *Verbascum pyramidatum*, *Potentilla argentea*, *Centaurea glehnii*, *Rumex scutatus* L., *Lotus corniculatus* kimi ot bitkiləri ilə bərabər, *Rhamnus pallasii*, *Salix wilhelmsiana*, *Padus avium*, *Fraxinus excelsior*, *Lonicera iberica* kimi ağac və kol bitkiləri də daxil olur.

Böyük Qafqaz ərazisində olan meşə çəmənliyində cinsin növləri eyni dərəcədə yayılmamışdır. Burada çəmən bitkiləri arasında *Ranunculus baidarae*, *R.crassifolius*, *R. arachnoideus*, *Carex tristis*, *C.polyphylla*, *C.melanostachya*, *Agrostis planifolia*, *A.capillaris*, *Calamagrostis arundinaceae*, *Arrhenatherum elatius*, *Poa nemoralis* və s. dominantlıq edir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, *Ranunculus arachnoideus* növünün Azərbaycanda əsas yayılma mərkəzi Böyük Qafqaz ərazisidir. Növün bolluğu 1-2 baldır.

Kiçik Qafqaz florasının müvafiq bitkiliyində cinsin *R. baidarae*, *R.crassifolius* növü ilə bərabər *R.oreophilus*, *R.elegans* növlərinə subalp çəmənlərə qədər rast gəlinir. *R.elegans* növü bəzən alp çəmənliyində fraqmental görünüş yaradır (Nax.MR. Şahbuz r-n., Ordubad r-n.), lakin ərazidə meşə çəmənliyində *R.strigillosus* növü isə müstəsnaqlıq təşkil edir.

Alp çəmənliyi bitkilərin növ sayına və boy ölçüsünə görə subalp çəmənliyindən geri qalırlar. Subalp çəmənliyi adətən sıx, hündürboylu və növ sayına görə zəngindir. Burada aşağıdakı botaniki qruplarda *Ranunculus* növləri dominantlıq edir: *Alopecureta textilis* –Tülküquyruqluq formasıyada *Alopecurum textilis*+*Phleum pratense* +*herbosum*; Lazistan tarlaotuluq - *Agrosteta lazicae* formasıyada *Agrostis lazica*+*Festuca valesiaca* + *Ranunculus oreophilus*; Cilli-taxıllı müxtəlifotluq formasıya sinfinin Qəmgin cillik- *Carexeta tristis* formasıyada *Carex tristis*+*Festuca chalcophaea*+*Astragalus alpinus* +*herbosum* sonuncuda *Ranunculus elegans* növü tək-tək yayılmışdır. Bolluğu 1-2 baldır.Taxıllı - cilli - müxtəlifotlu və taxıllı - müxtəlifotlu mezofit meşə çəmənliyində *Ranunculus repens* növünün də qatıldığı aşağıdakı assosiasiyalar qeydə alınmışdır: *Poterium lasiocarpum*+*Bromus racemosus*+ *R.repens*; *Potentilla recta*+*Poa araratica*+*Artemisia absinthium*+*R.repens*; *Carex tristis*+*Echinochloa crusgalli*+*Aeluropus repens*+ *R.repens*. Assosiasiyalarda növün bolluğu 1-3 bal arasında dəyişir.

Mezofit çəmənliyində tipik çəmən bitkiləri ilə bərabər, qonşu qruplaşmalardan (meşə, bozqır və bataqlıq) daxil olan bitki növlərinin hesabına yaranmış şərait az-çox dərəcədə bitkilərin müxtəlifliyinə səbəb olur. Bu senozlarda cil və taxıl bitkiləri üstünlük təşkil edir: *Carex tristis*, *C.polyphylla*, *C.melanostachya*, *Agrostis planifolia*, *A.capillaris*, *Calamagrostis arundinaceae*, *Arrhenatherum elatius*, *Poa nemoralis* və s. Senozlarda bitkilərin vegetasiya müddətlərinin davamlılığı, çiçəkləmə vaxtlarındakı fərqlilik, müxtəlif dərinlikdə kök sistemlərinə malik olmaları, növlərin bir-birindən fərqli hündürlükləri, az-çox dərəcədə sıxlıq, müəyyən fitoiklimin formalaşmasına səbəb olur. *Ranunculus arvensis* və *R.sceleratus* növləri birillik bitkilərdir, onlar bütün botaniki coğrafi rayonlarda rast gəlinir və xüsusən belə qarışıq bitkiliklərdə az və ya çox dərəcədə nəzərə çarpır. Erkən yaz florası özünəməxsus gözəlliyə və xüsusiyyətə malikdir. Terofit qaymaqçiçəklilərdən olan *Ranunculus arvensis* və *R.sceleratus* erkən yaz florasının peyklərindəndir.

Meşədaxili çuxur yerlərdə və suətrafi ərazilərdə, bataqlıq kənarlarında tərkibində hidrofıt elementlər olan kiçik talalar şəklində çəmənliklərə rast gəlinir. Bu çəmənliklərin tərkibində *Ranunculus strigillosus*, *Orchis mascula*, *Alopecurus arvensis*, *Muscari tenuiflorum*, kimi xarakterik bitkilər yayılmışdır. Çox zaman çəmənliklərin tərkibinə *Rosa boissieri*, *Crataegus sanguinea*, *Prunus divaricata* kimi kol bitkiləri də daxil olur. Belə botaniki qruplaşma yalnız Naxçıvan Muxtar Respublikası ərazisindədir.

Qayalıq və töküntü bitkilik tipi bütün dağlıq qurşaqları əhatə edir, onlar 2 formasıya sinfində (qaya və töküntü bitkiliyi) yayılmışdır. Burada *Juniperis*, *Crataegus* və *Rosa* cinsinin növlərinə rast gəlinir. Dayanıqlı töküntülərin tərkibində *Cirsium tomentosum*, *Jurinella subacsulis*, *Ranunculus illyricus*, *R.glandiflorus*, qismən hərəkətli hissəsində isə *Oxyria digyna*, *Sibbaldia semiglabra* və s. növlər xüsusilə seçilir. Göründüyü kimi, *Ranunculus* növləri fitosenozlarda dominantlıq edir.

Beləliklə, *Ranunculus* növlərinin fitosenoloji xüsusiyyətləri və senopopulyasiyalarının öyrənilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Azərbaycan florasında bu bitkilər bütün qurşaqlar və bitkiliklər üçün xarakterikdir, o cümlədən səhra və yarımsəhralarda *R. chius*, *R. cornutus*, *R. ophioglossifolius* növləri yayılmışdır. Aşağı dağ qurşaqlarından dağətəyi və orta dağ qurşağına qədər növlərin sayı və yayılma tezliyi daha çoxdur: *R. lingua*, *R. sceleratus*, *R. repens*, *R. meyerianus*, *R. muricatus*, *R. arvensis*, *R. oxyspermus*, *R. cicutarius*, *R. illiricus*, *R. trichophyllus*, *R. rioni*. Orta və yüksək dağ qurşağı üçün cəmi 4 növə rast gəlinir ki, bunlardan *R. grandiflorus* əsasən Böyük Qafqaz ərazisində (Şamaxı və İsmayılı rayonlarında), *R. polyrhizos* növü isə Naxçıvan MR florasında rast gəlinir. Yüksək dağ qurşağı üçün isə *R. buhsei*, *R. aucheri* növləri bəzən edifikator rolu oynasa da, əsasən fitosenozlarda dominantlıq edir.

Subalp və alp qurşağının əsas növləri: *R. strigillosus*, *R. oreophyllus*, *R. baidarae*, *R. crassifolius*, *R. arachnoideus* və *R. elegans*. Ərazilərdə yayılma tezliyinə görə fərqlənən *R. elegans* növüdür.

### ƏDƏBİYYAT

1. Работнов Т. А. Фитоценология. 2-е изд. М.: МГУ, 1983, 292 с.
2. Животовский Л.А. Онтогенетические спектры, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. № 1, 2001, с.3-7
3. Смирнова О.В., Заугольнова Л.Б., Ермакова И.М. и др. Ценопопуляции растений (основы понятия и структура). М.: Наука, 1976, 217 с.
4. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии) М.: Наука, 1988, 184 с.
5. Əkbəri T.M., Qaraxani P.X. Azərbaycanca *Ranunculus* L. cinsi növlərinin təyinedici cədvəli // AMEA-nın xəbərləri, Biologiya elmləri, №2, 2016
6. Əsgərov A.M. Azərbaycan florasının konspekti. Bakı: Elm, 2011, 267 s.
7. Меницкий Ю.Л., Попова Т.Н. и др. Конспект флоры Кавказа. В 3 томах: т.3. СПб.-М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008

### РЕЗЮМЕ

#### ФИТОЦЕНОЛОГИЯ СЕМЕЙСТВА ЛЮТИКОВЫХ (*Ranunculus* L.) В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ФЛОРЕ

Акбери Т.М.

**Ключевые слова:** *Ranunculus* L., фитоценоз, ассоциация, формация, эдификатор, обилие вида, доминантные виды

В статье изучены фитоценологические особенности видов рода *Ranunculus* L. Определены обилие видов, эдификаторы, состав растительных ассоциаций в растительных сообществах. Проведение эколого-фитоценологических исследований в соответствующих фитоценозах занимает важное место в международном научном мире. Поэтому была поставлена цель изучить фитоценологические особенности половых видов и структуру популяций *Ranunculus* L., для исследования и изучения флоры Азербайджана.

### SUMMARY

#### PHITOCENOLOGY OF THE FAMILY RANUNCULACEAE (*Ranunculus* L.) IN THE AZERBAIJAN FLORA

Akberi T.M.

**Key words:** *Ranunculus* L., phytocenosis, association, formation, edifier, species abundance, dominant species

The article studies the phytocenological features of the species of the genus *Ranunculus* L. The abundance of species, edifiers, composition of plant associations in plant communities are determined. Conducting ecological and phytocenological studies in relevant fitocenose occupies a wide place in the international scientific world. Therefore, the aim was to study the phytocenological features of sexual species and the population structure of *Ranunculus* L., for the study of the flora of Azerbaijan.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	27.02.2019
	Son variant	25.09.2019

UOT 519.67

## LAYİHƏLƏNDİRMƏ PROSESİNDƏ SİTUASİYALI KONSEPTUAL MODELİN ELEMENTLƏRİNİN MODELLEŞDİRİLMƏSİ

**TALİBOV NATİQ HƏSƏN oğlu**

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent*

[natiq1965@bk.ru](mailto:natiq1965@bk.ru)

*Açar sözlər: tətbiqi avtomatlaşdırılmış sistem, situasiyalı modelləşdirmə, konseptual model, biliklər bazası, qrafik informasiya sistemi*

*İşdə dinamik fəza obyektlərinin tədqiqi üçün situasiyalı konseptual modelin qurulması məsələlərinə baxılmışdır. Baxılan yanaşmanın əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, modelləşdirmə prosesinin yerinə yetirilməsi üçün ekspert biliklərindən istifadə ardıcılığı işlənmiş, qrafik informasiya sisteminin formalaşdırılması məsələlərinə baxılmışdır.*

Tətbiqi avtomatlaşdırılmış sistemlərin sənaye üsulları əsasında təşkilinin layihələndirilməsi metodologiyası aşağıda qeyd olunanlardan təşkil olunmaqla, [1]-də əsaslandırılmışdır:

- Təyin olunmuş mərhələlər toplusundan ibarət işlənmə prosesi;
- Mərhələlərin yerinə yetirilməsi metodikası;
- Hər bir mərhələnin giriş və çıxış informasiyalarının təsviri qaydaları.

Təklif olunan metodologiya əsasında və formalaşdırılan model təsvirləri nəzərə alınmaqla layihələndirmə prosesinə aşağıdakı mərhələlər daxildir: layihələndirmədən əvvəlki tədqiqat, tətbiq sahəsinin məsələlərinin konseptual modelləşdirilməsi, tətbiq sahəsinin məsələlərinin informasiya məntiqi modelləşdirilməsi.

Tətbiq sahəsinin məsələlərinin layihələndirmədən əvvəlki mərhələdə həlli prosesinin aparılan analizi məsələnin altməsələlərə dekompozisiyasını, informasiyanın sistemləşdirilməsi və seçilmiş məsələnin tam halda və onun tərkibi olan altməsələlərin hər birinin təsnifatının aparılmasının yerinə yetirilməsinə imkan verir. Bu mərhələnin yerinə yetirilməsi üçün giriş verilənləri predmet sahəsi üçün ekspertdən və sənədləşdirilmiş mənbələrdən toplanır.

Məsələlərin dekompozisiya prosesinin fərqləndirici xüsusiyyəti baza və tipləşdirilmiş alqoritmik konstruksiyalara əsaslanan dekompozisiyanın vahid prinsip və qaydalarının tətbiqindən ibarətdir. Bu mərhələnin nəticəsi xüsusi quruluşlu diaqramlar şəklində və diaqramların təsvirini əks etdirən və məsələlərdə istifadə olunan informasiyaların spesifikasiyası şəklində sənədləşdirilir.

Predmet sahəsinin konseptual modelləşdirilməsi imkan verir ki, predmet sahəsinin bilikləri sistemləşdirilsin və diaqram və spesifikasiyaların köməyi ilə konseptual model şəklində qeyd edilsin.

Öyrənilən məsələlərin informasiya məntiqi modelləşdirilməsi onların proqram – texniki vəsaitlərdən asılı olmayan verbal təsvirinin formalaşdırılmasını təmin edir və onun da diaqram və spesifikasiya formasında qeydiyyatına imkan yaradır.

Göründüyü kimi, predmet sahəsinin məsələlərinin həll prosesinin analizi avtomatlaşdırılmanın vacib mərhələlərindən biridir. Bu zaman sonrakı mərhələlərin keyfiyyəti və nəticələri, həmçinin tam halda avtomatlaşdırmanın müvəffəqiyyəti informasiyanın, tətbiq olunan üsulların tamlığından və doğruluğundan, analitik – mütəxəssislərin təcrübə və kvalifikasiyalarından asılıdır.

Qeyd olunan tələbləri əlaqələndirmək və mütəxəssislərin imkanlarını nəzərə almaqla predmet sahəsi üzrə məsələlərin təsvir modellərini elə formalaşdırmaq zəruridir ki, aşağıdakılar mümkün olsun:

- Məsələlərin həll prosesi proqramçıya və tətbiq sahəsi üzrə mütəxəssisə aydın olan baza alqoritmik konstruksiyasının minimal sayının kombinasiyası kimi verilməlidir;
- İstifadə olunan məlumat, verilənlərin təsnifatı və tərkibi;
- Sadə əməliyyatların və onlardakı informasiyaların minimal əlaqələndirilməsi zəruriliyi.

Ona görə də predmet sahəsi üzrə məsələlərin təsviri formalaşdırılan zaman onları həllinin ənənəvi prosesi predmet sahəsinin quruluşu və sadə əməliyyatların əhatəli xarakteristikaları şəklində qeyd olunur.

Predmet sahəsinin məsələlərinin modellərinin təsvirinin təşkili məsələlərin informasiya və funksional tərkib hissələrinin təsvirini və emalını, həmçinin onların qarşılıqlı əlaqəsinin təmin edir. Bu tələb edir ki, predmet sahəsinin məsələlərinin modelinin təsviri üçün metodiki sistem işlənsin, hansı ki, onun köməyi ilə məsələlərin modelləşdirilməsi və onların təsvirinin formalaşdırılması mümkündür.

İlkin model təsvirinin qurulmasının xarakterik xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, məsələlərin dekompozisiyasını mütəxəssis baza və tipləşdirilmiş konstruksiyalar əsasında təşkil edir. Spesifikasiyaların doldurulması prosesi və matris diaqramların qurulması unifikasiyalaşdırılır və dəqiq formalaşdırılmış tələblərə uyğun yerinə yetirilir.

Situasiyalı konseptual modelin formal təsviri. Bu işdə konseptual model texniki sistemin (kompleksin) elementlərinin iyerarxik dekompozisiya quruluşunu əks etdirməklə, və/və ya ağacvari qrafla modelləşdirmə obyektini təsvir etməyə əsaslanır. Situasiyalı modelləşdirmə sistemində verilənlərin birgə məntiqi-hesab emalının dəstəklənməsini təmin etmək üçün emal prosesinin çıxış verilənləri ancaq diskret sonlu çoxluğun verilənlərinin qiymətləri (siyahı tipli) ola bilər. Əgər hansı verilənin qiyməti siyahı tipli sabitdirsə, belə verilən parametr (PAR), ədədi qiymətə malik olanlar dəyişən (VAR) adlandırılır və onlar üzərində müəyyən riyazi əməliyyatlar aparmaq olar. Beləliklə, situasiyalı modelləşdirmə sistemində istifadə olunan verilənlərin adı çoxluğu dəyişənlərin və parametrlərin adları çoxluğuna bölünür:

$$D ::= \langle Var, Par \rangle, Var ::= \{var_i\}, i = \overline{1, N_\gamma} \quad (1)$$

$$Par ::= \{par_j\}, j = \overline{1, N_p},$$

burada:  $N_\gamma$  və  $N_p$  - bu çoxluqların gücüdür. Verilənlər obyekt və proseslərin ehtiyatlarını ifadə edir, dəyişənlər situasiyalı konseptual modelin elementlərinin funksionallıq funksiyasının parametrləri kimi istifadə olunur.

Situasiyalı konseptual modelin obyektləri üç əsas xarakteristikaya malikdir: ad, situasiyalı konseptual modelin korrektiliyinin analizi prosesində istifadə olunan və obyektin strukturasını və funksiyasını təyin edən funksional tip və situasiyalı konseptual modeldəki super obyektlərin adları. Obyektlər ağacındakı vəziyyətə görə konseptual modeldəki obyektlər üç kateqoriyaya bölünür: primitivlər (LEAF kateqoriyası), modelləşmənin qlobal məqsədi nöqtəyi-nəzərdən quruluşca bölünməyən elementar obyektlər (GISC kateqoriyası) və elementar və / və ya tərkib obyektlərindən təşkil olunmuş tərkib elementləri (COMP kateqoriyası). GISC kateqoriyasına daxil olan obyektlərin quruluşu kifayət qədər mürəkkəb ola bilər, ancaq onların bütün altobyektləri eyni bir qrafik əlaqəyə malikdir [2].

Situasiyalı konseptual modelin qurulması tədqiq olunan predmet sahəsi haqqında qeyri-formal biliklərdən onların uyğun formal təsvirinə keçidlə nəticələnir. Situasiyalı konseptual modelin atributlarının modeli kortejlərdən təşkil olunur [3]:

$$A_{CCM} ::= \langle N, T, n, E, Te, t, t_e, Th, t_{ho} \rangle,$$

burada:  $N ::= \langle N_p, N_0, N_r \rangle$  və  $T ::= \langle T_p, T_0, T_r \rangle$  - uyğun olaraq proseslərin, obyektlərin və ehtiyatların adı və tipləri çoxluğudur;

$E ::= \langle E_p, E_0, E_r \rangle$  və  $Te ::= \langle Te_p, Te_o, Te_r \rangle$  - uyğun olaraq proseslərin icraçılarının, obyektlərin və ehtiyatların adları və tiplər çoxluğudur;

$$n ::= \langle n_p, n_0, n_r \rangle; t ::= \langle t_p, t_0, t_r \rangle, t_e ::= \langle t_{ep}, t_{eo}, t_{er} \rangle,$$

burada  $n_p : P \rightarrow N_p; n_0 : O \rightarrow N_0; n_r : D^{cm} \rightarrow N_r;$

$t_p : P \rightarrow T_p; t_0 : O \rightarrow T_0; t_r : D^{CM} \rightarrow T_r;$

$t_{ep} : P \rightarrow T_{ep}; t_{eo} : O \rightarrow T_{eo}; t_{er} : D^{CM} \rightarrow T_{er}$  – funksiyaları situasiyalı konseptual modelin cari

elementlər toplusunu təsvir edir;

$T_n ::= \{\&, \vee, *\} \cup N$  – obyektlər iyerarxiyasının münasibətlərinin tiplər çoxluğudur, təsnifat münasibətləri kimi <<və ya>> dizyunksiyasından istifadə olunur;

$t_{no} : O \rightarrow T_n$  – funksiyası obyektlərin iyerarxik münasibətlərini verir.

Situasiya konseptual modelin sxeminin parametrləşdirilməsinin aparılması tədqiqat obyektinin əsas xarakteristikalarının dəqiqləşdirilməsinə imkan verir [4,5]. Həmçinin qrafik informasiya sisteminin, ES-in predmet sahəsinin verilənlər bazasının və proqram modulları kitabxanasının aid olduğu situasiyalı modelləşdirmə sisteminin əsas altsistemlərini daha dəqiq təsvir edir. İmitasiya zamanı situasiyalı konseptual modelin proses və ehtiyatlarının reallaşdırılmasını təmin edən proqram modulları kitabxanası altsistemi elementar məsələlərinin icraçısı kitabxanası adlanır.

Qrafik informasiya sistemi altsisteminin formalaşdırılması. Baxılan məsələ daxilində qrafik informasiya sisteminin üstünlüyü ondan ibarətdir ki, hər bir qrafik elementlə verilənlər bazasının əlavə sahəsi əlaqələndirilir ki, qrafik atributlardan fərqli xarici hesablaşma modullarının modifikasiyası mümkündür. Xüsusi halda bu sahələri verilən elementə aid konseptual modelin atributları üçün istifadə etmək olar.

Qeyd olunanları nəzərə almaqla, istifadə edilən verilənlər çoxluğunu aşağıdakı şəkildə cüt-cüt kəsişməyən altçoxluqlara bölmək olar:

$$D ::= D^{CM} \cup D^{ES} \cup D^{GIS} \cup D^{DB} \cup D^C ::= D^{LIST} \cup D^{GIS}$$

burada:  $D^{CM}$  – sənaye kompleksinin konseptual modelini təsvir edən verilənlərdir;

$D^{ES}$  – situasiyalı modelləşdirmə sisteminə daxil olan ES-nin daxili verilənləridir;

$D^{GIS}$  – qrafik informasiya sistemindən daxil olan obyektlər modelinin qrafik xarakteristikalarıdır;

$D^{DB} ::= D^{ED} \cup D^{SC}$  – eksperimental və ssenari verilənlərindən ibarət xarici verilənlər;

$D^C$  – situasiyalı konseptual modeldə istifadə olunan ümumi verilənlər altçoxluğu ('common');

$D^{LIST}$  – siyahı formatına malik verilənlər altçoxluğu;

$D^{GIS}$  – çoxluğunun bütün elementləri təyinat üzrə VAR çoxluğuna aiddir, qalan bütün sadalanan altçoxluqların verilənləri həm dəyişənlərə, həm də parametrlərə aid ola bilər.

$D^C$  çoxluğu iki kəsişməyən altçoxluğa bölünür ki, onlardan da birinciyə icraçısı ES olan ehtiyatlar, ikinciyə isə proseslərin giriş və çıxış ehtiyatları daxildir:

$$D^C ::= D^{CR} \cup D^{CP}, D^{CR} \cap D^{CP} = \emptyset$$

burada,  $D^{CR} ::= \{d_k \in D : t_{er}(d_k) = ES\}; D^{CP} ::= \{d_k \in D : \}$

Öz növbəsində axırıncı çoxluğu situasiyalı konseptual modelin giriş və çıxış parametrlərinin iki altçoxluğunun birləşməsi kimi təsvir etmək olar:

$$D^{CP} ::= D_{in}^{CP} \cup D_{out}^{CP}$$

Predmet sahəsinin verilənlər bazasına  $D^{DB}$  altçoxluğunun bütün elementləri,  $D^{CM}$  altçoxluğunun bir sıra elementləri, həmçinin  $D^{GIS}$  çoxluğunun daxil olan elementləri və eksperimental verilənlər daxildir. Xüsusi halda predmet sahəsinin verilənlər bazasında situasiyalı

---

konseptual modelin elementi olan grafik informasiya sisteminin modifikasiya xarakteristikalarını ifadə edən  $D^{CM}$  çoxluğunun elementləri saxlanılır.

Bu parametrlər modelləşdirmənin nəticələrini grafik informasiyalara əsaslanmaqla təsvir etmək üçün istifadə edilir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Новоселова О.В., Волкова Г.Д. Методология проектирования прикладных автоматизированных систем: решение предметных задач, подлежащих автоматизации // Вестник МГТУ. «Станкин». №1 (19), 2012, 104с.
2. Бржезовский А.В., Фильчаков В.В. Концептуальный анализ вычислительных систем. СПб.: ЛИАП, 1991, 78 с.
3. Фридман А.Я., Фридман О.В., Зуенко А.А. Ситуационное моделирование природно-технических комплексов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010, 436 с.
4. Туголоков Е.Н., Ткачев А.Г., Рухов А.В. и др. Проектирование сложных систем. Тамбов: Тамб. гос. тех. ун-т, 2008, 32 с.
5. Бродский Ю.И. Проблема описания и синтеза распределенных имитационных моделей сложных многокомпонентных систем. М., 2015, 343 с.

### РЕЗЮМЕ

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИТУАТИВНОЙ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Талыбов Н.Г.*

**Ключевые слова:** прикладная автоматизированная система, ситуативное моделирование, концептуальная модель, база знаний, графическая информационная система

В работе рассматривается вопрос построения ситуативной концептуальной модели для исследования динамических пространственных объектов. Основная особенность рассматриваемого подхода заключается в том, что для выполнения процесса моделирования разработана последовательность применения экспертных знаний, рассмотрены вопросы формирования графической информационной системы. На основе предложенной методологии и с учетом сформулированных образцовых описаний, в процесс проектирования входят следующие этапы: предварительное исследование проектирования, концептуальное моделирование вопросов прикладной сферы, информационно-логическое моделирование её задач.

### SUMMARY

#### MODELING THE ELEMENTS OF SITUATIONAL CONCEPTUAL MODEL IN DESIGN PROCESS

*Talibov N.H.*

**Key words:** applied automated system, situational modeling, conceptual model, knowledge base, graphical information system.

The paper deals with the construction of a situational conceptual model for the study of dynamic features. The main feature of the considered approach is that the sequence of application of expert knowledge is developed for performance of process of modeling, questions of formation of graphic information system are considered. On the basis of the proposed methodology and taking into account the formulated model descriptions, the design process includes the following stages: preliminary design study, conceptual modeling of applied sphere issues, information and logical modeling of applied sphere problems.

Daxilolma tarixi: İlkin variant 25.12.2018  
Son variant



UOT 658.5.012.1

## İMİTASIYA MODELƏŞDİRİLMƏSİ ALQORİTMİNİN İŞLƏNMƏSİ VƏ ONUN ÇEVİK İSTEHSAL SİSTEMİNİN TƏDQIQINƏ TƏTBİQİ

ƏHMƏDOVA SVETLANA MƏHƏRRƏM qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, baş müəllim

[axmedova60@mail.ru](mailto:axmedova60@mail.ru)

*Açar sözlər:* imitasiya modelləşdirilməsi, avtomatlaşdırılmış layihələndirmə aləti, RAO-studio proqram kompleksi, çevik istehsal sistemləri

Məlum olduğu kimi, istənilən obyektin ənənəvi layihələndirilməsi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir: planlaşdırılma; elmi-tədqiqat işləri; sınaq nümunəsinin və ya ayrı-ayrı komponentlərin fiziki modellərinin hazırlanması; sınaq; istehsal və istismar. Layihələndirilən obyektin “yaşama” dövrü, yəni istismarda qalma müddəti, onun istismara kimi mərhələlərinin yerinə yetirmə müddətlərindən birbaşa asılıdır. Odur ki, istismaraqədərki mərhələlərdə avtomatlaşdırma üsullarından səmərəli istifadə edilməsi layihələndirilən obyektin istismarda olma müddətini yüksəltməyin əsas istiqamətlərindən biri hesab edilir.

Çevik istehsal sistemləri (ÇİS) şəklində obyektlərin layihələndirilməsində göstərilən hal onların tətbiq mərhələlərində daha da mürəkkəbləşir. Belə ki, ÇİS çoxlu sayda bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərən dinamik mexatron qurğuları toplusundan təşkil olunur və layihə edənlərin ilkin mərhələlərdəki ideyaları əksər hallarda natural realizə olunmuş fiziki modellərin sınaqlarında özünü doğrultmur. Odur ki, baş vermiş səhvləri aradan qaldırmaq üçün əlavə məsrəflər və vaxt tələb olunur ki, bu da layihələndirmə mərhələlərinin müddətini süni şəkildə artırır. Göstərilən problemin həlli üçün əsas istiqamətlərdən biri yeni obyektlərin layihələndirilməsi və yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun, sistemotexniki layihələndirmə mərhələsində imitasiya modelləşdirilməsi üsullarından istifadə etməklə qiymətləndirilməsidir.

Məqalədə ÇİS-in imitasiya modelinin (İM) yaradılması və onun kompüter eksperimentləri ilə tədqiqinin İM alqoritminin işlənməsi məsələlərinə baxılır. Göstərilən problemin həlli məqsədi ilə PĐO dilində İM-in işlənməsi və sazlanması üçün işlənmiş RAO-studio proqram kompleksindən istifadə edilir[1].

RAO-studio proqram kompleksi müxtəlif təyinatlı obyektlərin İM üzərində aşağıdakı əsas funksiyaları yerinə yetirməyə imkan verir: obyektlərin dinamikasının kompüterdə təsviri; mürəkkəb idarə sistemləri ilə qərarların qəbulu; obyektlərin sintezi və sistemli analiz məsələlərinin həlli.

[2]-də RAO-studio proqram kompleksinin tələbləri nəzərə alınmaqla, ÇİS-in İM ilə tədqiqinin bəzi məsələlərinə ardıcıl şəkildə baxılmışdır, o cümlədən: tədqiqat obyektini kimi seçilmiş sahənin konseptual modelinin işlənməsi; konkret ÇİS-in struktur-kinematik sxeminin işlənməsi; RAO-studio proqram kompleksinin qoşmalarından istifadə etməklə PĐO dilində ÇİS-in İM-ni yaratmaq üçün avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin (ALA) arxitekturasının işlənməsi; RAO-studio qoşmalarından istifadə etməklə, PĐO dilində modelləşdirmə prosesinin yazılışı. Bu məqalədə görülən işlərin davamı kimi imitasiya modelləşdirilməsinin alqoritminin işlənməsi və konkret ÇİS-in misalında tətbiqi məsələlərinə baxılır.

**1.ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi alqoritminin işlənməsi.** Diskret imitasiya modelləşdirilməsində modelin vəziyyətini diskret zaman momentlərində  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  baş verən hadisələr dəyişir. Bu zaman  $[t_i, t_{i+1}]$  intervalında sistemin vəziyyəti dəyişməz qalır. Hadisələr ani olaraq modelin vəziyyətini dəyişdiyindən onların model vaxtı nöqtəyi-nəzərdən sürəkliliyi olmur.

Mürəkkəb diskret sistemin modelini təsvir etdikdə X giriş təsirləri vektorunun sistemin Y reaksiyasına çevrilməsi prosesi nəzərdə tutulur. İdarə sisteminin modeli produksiya qaydaları şəklində (Əgər...Onda...) V vektoru kimi təsvir olunur. Modeldə xarici mühitlə qarşılıqlı əlaqə də nəzərdə tutulur. Bu əlaqə X giriş təsirləri və xarici təsirlər (E) vektorları ilə həyata keçirilir.

PDO mühitində modelləşdirmədə modelin bir vəziyyətdən digərinə keçid qaydası aşağıdakı kimi verilir:

$$Y_i \xrightarrow{F} Y_{i+1}, \quad i=1,2,\dots,N-1,$$

Burada  $Y_i = (y_1^i, y_2^i, \dots, y_n^i)$  – modelin i momentindəki vəziyyətidir.

İmitasiya modelləşdirilməsində modelin vəziyyətini növbəti zaman müddətində cari zaman momenti, idarəetmə və xarici mühit vektorları ilə F operatorunun köməkliyi ilə aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

$$Y_{i+1} = F(Y_i, X_{i+1}, U_{i+1}, E_{i+1}), \quad i=1,2,\dots,N-1,$$

burada,  $X_i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_m^i)$  – xarici mühitin i momenti zamanında vəziyyətlər vektoru ;

$Y_i = (y_1^i, y_2^i, \dots, y_n^i)$  – i zaman momentində modelin vəziyyət vektoru;

$U_i = (u_1^i, u_2^i, \dots, u_j^i)$  – i zaman momentində idarə vektoru;

$E_i = (e_1^i, e_2^i, \dots, e_q^i)$  – i zaman momentində obyektin nəzarət olunmayan faktorlarının vektoru.

ÇİS-in tədqiqinin imitasiya modelləşdirilməsi alqoritmi şəkil 1-də verilmişdir[3].

İmitasiya modelləşdirilməsi alqoritmindən görüldüyü kimi, 1-ci mərhələdə ÇİS-in imitasiya modeli RAO-studio proqram kompleksinin qoşmalarından istifadə etməklə təklif olunmuş ALA tərəfindən yaradılır. “SMR” qoşması ardıcıl olaraq RAO-studionun uyğun qoşmaları tərəfindən yaradılmış verilənlər, biliklər bazalarını və animasiya təsvirləri modullarını qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyətlərini təmin etməklə imitasiya eksperimentlərini həyata keçirir. İmitasiya eksperimentlərinin təkrarlanma (proqon) tezliyi eksperimenti aparan tərəfindən təyin edilir. Eksperimentlərin, yəni imitasiya modelinin tədqiqinin başa çatması qənaətbəxş nəticələr əldə edilənə kimi iterasiyalı proses şəklində davam etdirilir. İmitasiya modelinin sazlanması və eksperimentləri başa çatdıqdan sonra nəticələrin animasiya üsulları ilə tədqiqi iki ölçülü fəzada həyata keçirilir.

**2. ÇİS-in imitasiya modelinin formaləşdirilməsi.** RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən proqram kompleksinin qoşmalarından istifadə etməklə ÇİS-in imitasiya modelinin ALA-sı vasitəsilə imitasiyanın verilənlər, biliklər və animasiya bazalarının yaradılmasına şəkil 1-də göstərilən kimi yerinə yetirilir.

- ÇİS-in resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazanın və resurslar bazasının yaradılması;

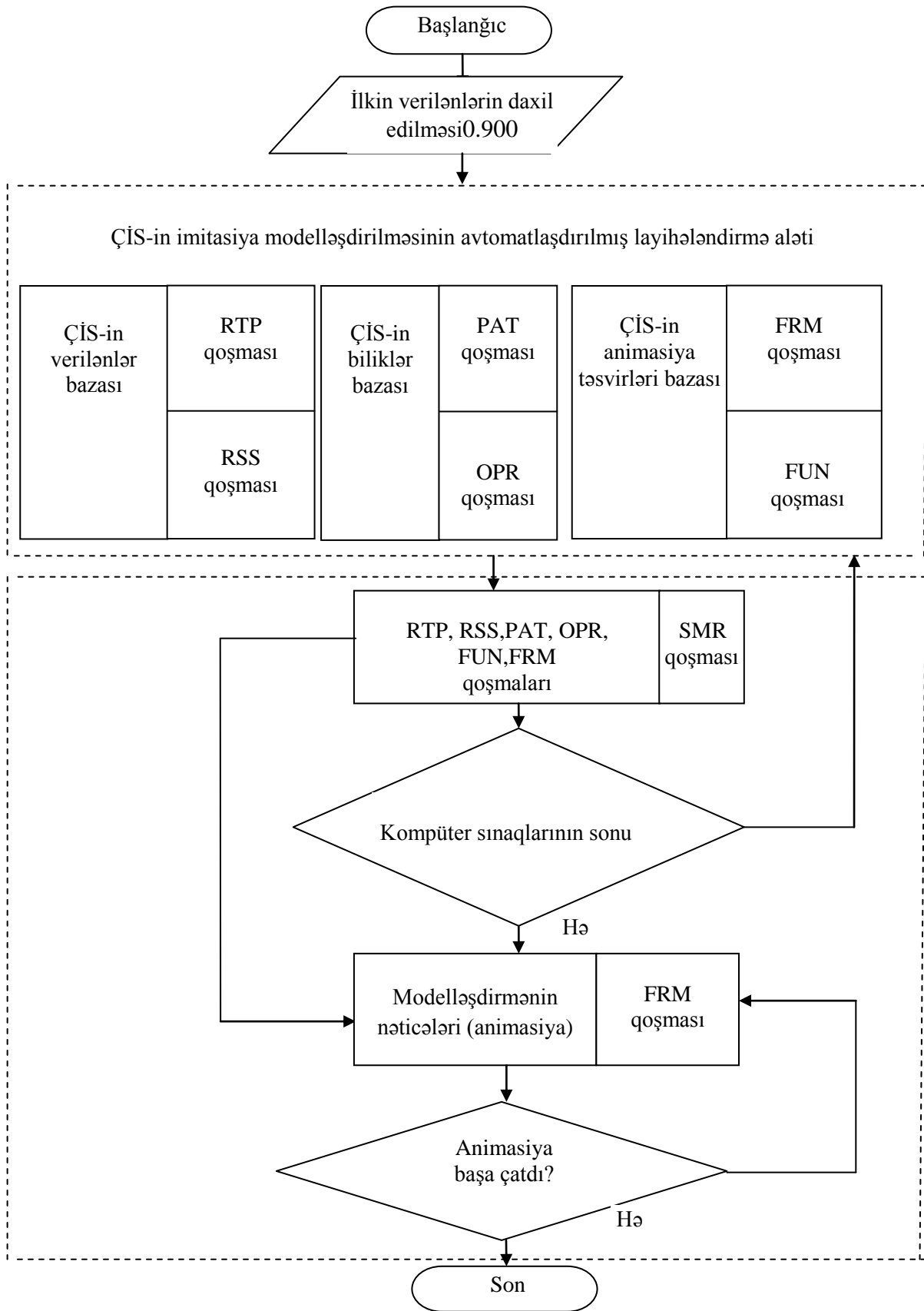
- ÇİS-in hadisələr və əməliyyatlar bazalarının yaradılması;

- ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin yerinə yetirilməsi və təsviretmə bazalarının yaradılması.

**ÇİS-in resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazanın yaradılması.**

Ümumiləşdirilmiş baza RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən RTP qoşması (закладка) ilə həyata keçirilir. Bütün sabit resursların növünə görə ümumiləşdirilmiş bazası analogi olaraq RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən RTP qoşması ilə yaradılmışdır. Qeyd edək ki, bir növ sabit resursdan ÇİS-in tələblərindən asılı olaraq dəyişən parametrlərin qiymətlərinə görə bir-birindən fərqli ümumiləşdirilmiş bazalar yaradıla bilər.

Resursların tipi obyekt modelə daxil edilmiş bütün resursların tipinin təsviri üçündür. Modelləşdirilən ÇİS-in resursları yalnız ona məxsus olan predmet sahəsini təyin edən tiplərdən biri ilə təsvir olunmalıdır. Əgər modelin resursları eyni bir tipə malikdirsə, onda onun parametrləri də eyni tərkibdən ibarət olacaqdır. Obyektdə tədqiqatçıya imitasiya eksperimenti zamanı lazım olan ÇİS-in resurslarının bütün parametrləri təsvir olunmalıdır.



*Şəkil 1. ÇİS-in tədqiqinin imitasiya modelləşdirilməsi alqoritmi*

İmitator ÇİS-in resurslarının bütün tipləri haqda məlumatı resursların tipi obyektindən alır. Hər bir tip üçün obyektə resursun tipinin adı, onun növü – sabit və ya müvəqqəti, həm də parametrlərin tərkibinin təsviri verilir. Hər bir resursun tipi aşağıdakı formatda olur:

```
$Resource_type <tipin_adi > : <resursun_növü>
```

```
$Parameters
```

```
{ <parametrin_təsviri > }
```

```
$End
```

Göstərilən formatla ÇİS-in bütün sabit resurslarının növlərinə görə ümumiləşdirilmiş bazaları yaradılır.

**Dəyişən parametrlərin qiymətlərinə görə ÇİS-in resurslar bazasının yaradılması.** Resursların bütün tipləri təsvir olunduqdan sonra ÇİS -in ayrı-ayrı resursları təsvir olunmalıdır. Hər bir resurs üçün onun adı, mənsub olduğu və parametrlərinin tərkibinin gətirdüyü tipi, həm də resursların tipi obyektində təyin olunmamış parametrlərin qiymətləri təyin olunur. Əgər parametrin qiyməti obyektə susmaya görə tipində təyin olunmuşdursa və istifadəçi bu qiymətlə razıdırsa, onda bu qiymət resurslar obyektində göstərilir və o tiplər obyektindən götürülür. Resurslar proqramın (modelin) qlobal verilənlər bazasının ilkin vəziyyətini göstərir.

Resurslar obyektini aşağıdakı formatda olur:

```
$Resources
```

```
{ <resursun_təsviri> }
```

```
$End
```

Hər bir resursun təsviri aşağıdakı formatda olur:

```
<resursun_adi> : <resursun_tipinin_adi> [trace | no_trace]
```

```
<Parametrin_ilkin_qiyməti>
```

*Resursun\_adi* – sadə bir addır. Adlar bütün resurslar üçün müxtəlif olmalıdır və təyin olunmuş və əvvəl istifadə olunmuş adlarla üst-üstə düşməməlidir.

*Resursun\_tipinin\_adi* – təsvir olunmuş tiplərdən birinin adıdır.

*Parametrin\_ilkin\_qiyməti* – parametrin tiplərinin təsvirində olduğu kimi sıraya uyğun olaraq mövqeli şəkildə verilir. Qiymətlər tam və ya real konstant ədəd kimi ya da parametrin tipinə uyğun qiymətin adı ilə verilir. Obyektə susmaya görə tipində təyin olunmuş parametrdə ilkin qiymət kimi \* (ulduz) simvolu göstərilə bilər. Bu zaman parametr susmaya görə qiymətini qəbul edəcəkdir. Əgər parametr üçün mümkün qiymətlər diapazonu verilmişsə, onda ilkin qiymətin bu diapazona aid olub-olmaması yoxlanılacaqdır.

Resursların təsviri zamanı *Resursun\_tipinin\_adi* - dan sonra trassirovka nişanı qoymaq olar. Bu nişan aşağıdakı kimi verilir:

*trace* – resursların vəziyyətini trassirovka etmək;

*no\_trace* – trassirovka etməmək.

**Hadisələr bazasının yaradılması.** ÇİS -in prosesləri haqqında olan biliklər nümunələr obyektində saxlanılır. Hər bir nümunə modifikasiya olunmuş produksiya qaydalarından, adi produksiya qaydalarından ya da rəqulyar olmayan hadisələrdən ibarətdir. Əməliyyatlarla birlikdə nümunələr PДO dilində olan proqramın prosedür hissəsidir.

Nümunələrin ümumi formatı aşağıdakı kimidir:

```
$Pattern <nümunənin_adi > : <nümunənin_tipi> [ trace | no_trace ]
```

```
[ $Parameters
```

```
{ <nümunənin_parametrinin_təsviri > } ]
```

```
$Relevant_resources
```

```
{ <nümunənin_relevant_resursunun_təsviri > }
```

```
[ <seçim_üsulu> ]
```

```
$Time = <vaxtın_bildirilməsi>
```

```
$Body
```

```
<nümunənin_gövdəsi>
```

```
$End
```

Nümunənin adı sadə bir addır. Bütün nümunələr üçün adlar müxtəlif olmalıdır və əvvəl təyin olunmuş adlarla üst-üstə düşməməlidir. PİO dilində aşağıdakı tiplərin nümunələri mümkündür:

- ✓ *operation* – modifikasiya olunmuş produksiya qaydalarını təmsil edərək əməliyyatları təsvir edən nümunədir;
- ✓ *irregular\_event* – rəqulyar olmayan hadisələri təsvir edən nümunədir;
- ✓ *rule* – produksiya qaydalarını təsvir edən nümunədir;
- ✓ *keyboard* – klaviatura əməliyyatlarını təsvir edən nümunədir.

**Əməliyyatlar bazasının yaradılması.** PİO dilində nümunələrlə birlikdə əməliyyatlar prosedur hissəni təşkil edir. Əməliyyatlar obyektindən imitator nümunələrin parametrlərindən konkret qiymətlər alır. Bu obyektə ÇİS-in bütün əməliyyatları təsvir olunur.

Əməliyyatlar obyektini aşağıdakı formatda olur:

*\$Operations*

{<əməliyyatın\_təsviri >}

*\$End*

Hər əməliyyatın təsviri aşağıdakı formatda olur:

<əməliyyatın\_adi>:<nümunənin\_adi><nümunənin parametrlərinin\_qiymətləri>

Əməliyyatın adı sadə bir addır. Bütün əməliyyatlar üçün adlar müxtəlif olmalıdır və əvvəl təyin olunmuş adlarla üst-üstə düşməməlidir. Hər əməliyyat üçün obyektə ona uyğun nümunənin adı göstərilir- bu əməliyyatların nümunələri obyektində təsvir olunmuş nümunələrdən birinin adıdır. Nümunənin parametrlərinin qiymətləri nümunənin təsviri zamanı tutduğu mövqeyə uyğun olaraq ardıcıl verilir. Qiymətlər tam və ya real ədədi konstanta ilə, ya da parametrlərin tipinə uyğun olaraq qiymətin adı ilə verilir. Susmaya görə verilən qiyməti olan parametrlərdə ilkin qiymət yerinə \*(ulduz) simvolu qoymaq olar. Bu halda parametr susmaya görə olan qiyməti alacaqdır. Əgər parametr üçün mümkün qiymətlər diapazonu verilibsə, onda ilkin qiymətin bu diapazona uyğunluğu yoxlanılacaqdır.

**ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin yerinə yetirilməsi.** Yerinə yetirilmə obyektində proqramın yerinə yetirilməsi üçün müxtəlif verilənlər və rejimlər göstərilir. Bu obyekt iki hissədən ibarətdir. Birinci hissə lazımı obyektlərin adları və yerinə yetirilmə rejimlərindən ibarətdir. Obyektə ilk olaraq *Model\_name* sözü olmalıdır və bu sözdən sonra = işarəsi qoyulur və modelin adı yazılır. Modelin adı sadə bir ad olmalı və əvvəlki adlarla üst-üstə düşməməlidir. Sonra birinci hissədə ixtiyari ardıcılıqla obyektlərin adlarını təsvir edən deskriptorlar yazılmalıdır. Deskriptorların formatı aşağıdakı kimidir:

<rezerv\_söz > = <qiymət >

Aşağıda rezerv sözlərin adları və izahlı mümkün qiymətlər verilmişdir:

*Resource\_file* – resurslar obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz resurslar obyektinin adıdır.

*Oprlev\_file* - əməliyyatlar obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz əməliyyatlar obyektinin adıdır.

*Frame\_file*- kadrılar obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz kadrılar obyektinin adıdır. Əgər deskriptor verilməsə, onda kadrılar yüklənməyəcək və təsvir olunmayacaqdır.

*Statistic\_file* – Nəticə göstəricilərinin təsvir obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz tələb olunan statistika obyektinin adıdır. Əgər deskriptor verilməsə, onda nəticə göstəriciləri toplanmayacaqdır.

*Results\_file* – Nəticə obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz nəticə obyektinin adıdır. Əgər deskriptor verilməsə, onda obyekt yaranmayacaqdır.

*Trace\_file* – Trassirovka obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz Trassirovka obyektinin adıdır. Əgər deskriptor verilməsə, onda obyekt yaranmayacaqdır.

*Show\_mode* – Modelin işə düşməsi vaxtı təsvirəlmə rejimini verir. Rejimlər aşağıdakı kimi verilir:

*NoShow* – təsvirsiz rejim;

*Monitor* – monitorun rejimi ;

*Animation*- vəziyyətlərin təsviri (animasiyası) rejimi.

*Susmaya görə rejim* – *NoShow*.

**ÇİS-in təsviretmə bazalarının yaradılması.** Təsviretmə sisteminin ilkin verilənləri hesab olunan kadrların təsviri ayrı bir qoşmada (FRM) təsvir olunur. Kadr təsvirlərin ekranın düzbucaqlı sahəsində görünən hissəsidir. O, fon şəklindən və tərkibi, forması, ölçüləri və vəziyyəti sistemin vəziyyəti ilə təyin olunan dəyişən elementlərdən (təsviredilmə elementlərindən və ya spraytlardan) ibarətdir, hansılar ki, kadrların baxışı zamanı dəyişə bilər.

Animasiya kadrları obyektə aşağıdakı formatda olur:

```
$Frame <kadrın_adı>  
  [ Show_if <kadrın_göstərilmə_şərti> ]  
$Back_picture = <Fon_şəklinin_təsviri>  
  [ <Vizual_elementlərinin_təsviri > ]  
$End
```

*Kadrın\_adı* sadə bir addır. Bütün kadrlar üçün adlar müxtəlif olmalıdır və əvvəl təyin olunmuş adlarla üst-üstə düşməməlidir. Kadrların göstərilməsi şərti kadrların avtomatik keçidi zamanı istifadə olunur və məntiqi ifadədir. Bu məntiqi ifadə hər bir hadisə zamanı hesablanır. Əgər o doğrudursa, onda kadr təsvir olunur, doğru deyilsə, təsvir olunmur. Əgər növbəti hadisə zamanı ifadənin qiyməti dəyişirsə, onda kadr ya ekranda görünür, ya da yox olur. *Show\_if* <kadrın\_göstərilmə\_şərti> olmaya da bilər. Kadrların verilmiş şərtlərlə təsviri şərti adlanır. Əgər modelləşdirilən sistemin bəzi vəziyyətlərində bir neçə şərti kadrların şərtləri yerinə yetirilirsə, onda kadrların təsviri obyektində o biri obyektlərdən əvvəl verilən təsvir olunacaqdır. Fon şəklinin obyektə rastır qrafikalı təsvir olub, tipi *.bmp* olmalıdır. Belə obyekt Paintbrush, CorelDraw və digər qrafiki redaktorları vasitəsilə yaradıla bilər.

Təsviretmə elementlərini təsviretmə çoxluqlarına bölünür. Çoxluqlar şərti və şərtsiz olur.

Şərti çoxluğun formatı aşağıdakı kimidir:

```
Show_if <təsvirin_şərti> { <təsviretmə_elementi> }
```

Şərtsiz çoxluğun formatı aşağıdakı kimidir:

```
Show { <təsviretmə_elementi> }
```

Kadrdə ixtiyari sayda şərti və şərtsiz çoxluqlar ola bilər. Onlar ixtiyari qaydada yerləşə bilər. Təsviretmə elementlərinin sayı və ardıcılığı ixtiyaridir. Təsviretmənin şərtləri məntiqi ifadədir. Təsviretmənin elementi aşağıdakı formatda olur:

```
<elementin_tipi> "["<elementin_xassəsi> "]"
```

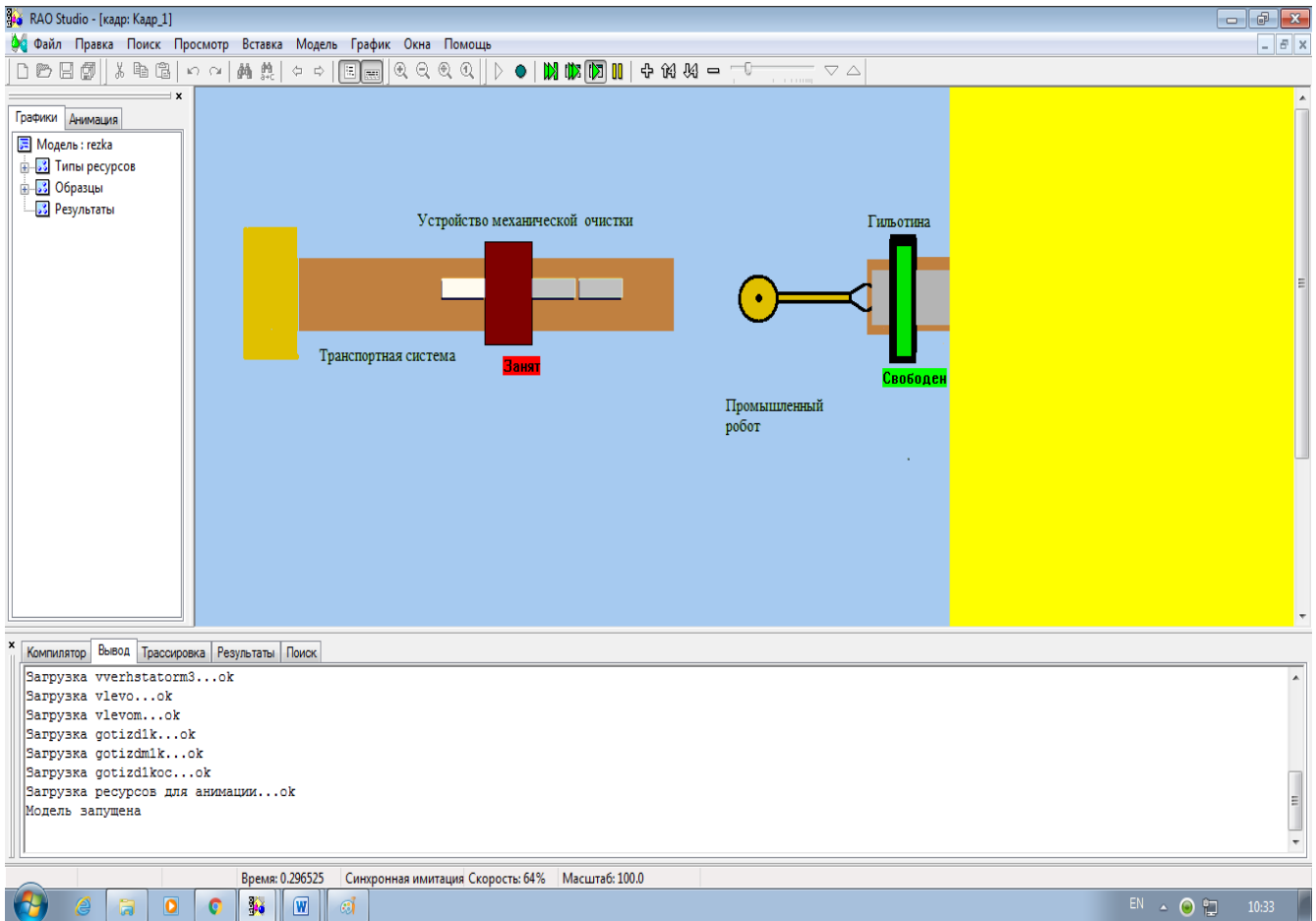
Elementin tipi aşağıdakılardan ibarət ola bilər:

- *text* – mətn elementi;
- *bitmap* – bit kartı;
- *s\_bmp* – miqyaslı bit kartı;
- *rect* – düzbucaqlı;
- *line* – düz xətt parçası;
- *ellipse* – ellips;
- *triangr* – üçbucaq.

Elementlərin yazılış ardıcılığı, sayı və xassələri elementin tipindən asılıdır. Elementlərin xassələri düz mötərizələrdə yazılır və vergüllə ayrılır.

Animasiya verilənlər bazasının mövcud vəziyyətini göstərir. Modellər üçün sazlaşma mexanizmi kimi istifadə olunur. Modelin vəziyyətinin dəyişilməsi zamanı elementin koordinatlarını və ölçülərini təyin edən ifadələrin qiymətləri dəyişir, yəni element ekranda hərəkət edir və ölçüləri dəyişir.

*Модель/Запустить* (F5) əmri verildikdən sonra imitasiya modelinin yerinə yetirilməsi-animasiyası baş verir və şəkil 2-dəki kimi təsvir olunur.



**Şəkil 2.** İmitasiya modelinin yerinə yetirilməsi- animasiyası

**Нәтижə.** 1.ÇİS-in imitasiya modelinin kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi alqoritmi təklif edilmiş və işlənməşdir.

2.RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən ALA-dan istifadə etməklə, ÇİS-in İM-in verilənlər, biliklər və animasiya təsvirləri bazaları yaradılmışdır.

3. RAO-studio program kompleksinin FRM qoşması ilə İM-in nəticələri ikiölçülü fəzada animasiya üsulları ilə dinamik təsvir olunmaqla, İM-in kompüter eksperimentləri ilə sazlanması yerinə yetirilmişdir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Емельянов В.В., Ясиновский С.И. Имитационное моделирование системы. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2009, с.584
2. Ахмедов М.А., Ахмедова С.М. Разработка архитектуры инструмента автоматизированного проектирования имитационной модели гибкого производственного модуля // Системы управления и информационные технологии, №4, 1(62), 2015, с.104-107
3. Ахмедов М.А., Ахмедова С.М. Разработка алгоритма имитационного моделирования гибкой производственной системы с использованием программного комплекса RAO-STUDIO на языке РДО // 62-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета. Астрахань, 23 -27 апреля 2018 года.

**РЕЗЮМЕ**  
**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**  
**И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГИБКОЙ**  
**ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ**

*Ахмедова С.М.*

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, инструмент автоматизированного проектирования, программный комплекс, RAO-studio, гибкие производственные системы

В статье рассматриваются проблемы создания имитационной модели гибкой производственной системы и разработки алгоритма этой имитационной модели. Для решения этих проблем путем использования языка RDO для разработки и регулирования имитационной модели используется программное обеспечение RAO-studio. Разработанный ИАМ имитационной модели, совместные закладки «FRM» и другие программные комплексы RAO-studio для воспроизведения результатов имитационной модели обеспечивают исследование и оценку целесообразности создания ГПС нового назначения на начальном этапе системотехнического проектирования компьютерными экспериментами.

**SUMMARY**  
**DEVELOPMENT OF IMITATION MODELLING ALGORITHM AND ITS APPLICATION**  
**TO RESEARCH OF FLEXIBLE MANUFACTURE SYSTEM**

*Ahmedova S.M.*

**Key words:** simulation modeling, computer-aided design tool, software package, RAO-studio, flexible production systems

The article deals with the problems of creating a simulation model of a flexible production system and developing an algorithm for this simulation model. RAO-studio software is used to solve these problems by using the RDO language to develop and regulate the simulation model. IAM developed a simulation model of shared bookmarks "FRM" and other software systems RAO-studio to reproduce the results of the simulation model provide the research and assess the feasibility of a GPS a new destination at the initial stage of engineering design of computer experiments.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	12.07.2018
	Son variant	25.09.2019



UOT 625.681.5

## BİR STOXAŞTİK İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİNİN İMİTASIYA MODELİ HAQQINDA

ƏLİYEVƏ FİRUZƏ ALLAHQULU qızı

Bakı Dövlət Universiteti, müəllim

[f.aliyevainf@mail.ru](mailto:f.aliyevainf@mail.ru)

*Açar sözlər:* istehsalın planlaşdırılması, stoxastik optimallaşdırma, idarə təsirinə integral məhdudiyətli məsələ

Fasiləsiz axında həyata keçirilən istehsal proseslərinin əksəriyyətində cari istehsal gücünün azaldılması məhsulun keyfiyyətinin yüksəlməsi ilə müşayiət olunduğu bu sinif prosesəri mühüm bir cəhət kimi xarakterizə edir. Bunun bariz nümunəsini fasiləsiz olaraq həyata keçirilən motor yanacaqlarının kükürlü qatışıqlardan təmizlənməsində, yəni hidrotəmizləmə prosesində görmək olar. Xammal çox kükürlüdürsə, reaksiya mühitində (reaktorda) o çox qalmalı, yəni hidrotəmizləmə qurğusunun cari istehsal gücü müvəqqəti olaraq aşağı salınmalıdır [1-3].

İstehsal proseslərinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərində belə prosesərin geniş bir sinif təşkil etdiyini və bir qayda olaraq onların fəaliyyəti xarici təsir faktoru ilə bağlı olduğunu nəzərə alsaq, baxılan sinif obyektərin idarə olunmasında həyəcanlandırıcı faktordan asılı olaraq, cari istehsal gücünün təyin edilməsi üçün optimal strategiya axtarışının dolğun riyazi məsələ təşkil etdiyini aşkar görmək olur [4]. Bu strategiyanın müəyyən edilmə məsələsinin isə bir sıra texnoloji faktorlar ilə, o cümlədən verilmiş planlaşdırma periodu üçün maksimal keyfiyyət, normativ plan tapşırığı və xarici təsir faktorunun statistikasını ilə əlaqəli olduğunu görmək çətin deyildir. Bu sahədə elmi ədəbiyyatın təhlili birmənalı olaraq göstərir ki, qeyd olunan şərtlər daxilində riyazi əsaslandırılmış kompromis axtarışı məsələsinin xarici təsir faktorunun statistik göstəriciləri ilə əlaqəli tərtibi və həll metodunun işlənməsi bu günə qədər elmi ədəbiyyatda öz əksini tapmamışdır.

**Məsələnin qoyuluşu.** Fasiləsiz istehsal prosesləri üçün xarakterik olan bəzi planlaşdırma terminini və müvafiq işarələmələri qeyd edək:

- Cari zaman anı  $t \in (0, T)$  – yə qədər istehsal olunmuş məhsulun həcmi:  $-g(t)$ ;
- Cari istehsal gücü (qurğunun xammalla yükləndirilmə dərəcəsi, idarəedici parametrlər) –

$$u(t) = \frac{d}{dt} g(t); \quad u_1 \leq u \leq u_2 -$$

- planlaşdırma periodu,  $-(0, T]$ ;

- istehsal tapşırığı  $- G = g(T) = \int_0^T u(t) dt$  kimi işarə edilir.

Fərz edək ki, fasiləsiz istehsal prosesində məhsulun keyfiyyətini xarici həyəcanlandırıcı təsir və idarəetmə parametri ilə əlaqələndirən funksiya verilmişdir:

$$F = F(x, u) \quad (1)$$

Burada  $x$  – həyəcanlandırıcı təsir olub, məlum paylanma funksiyasına tabedir:

$$y = \varphi(x), \quad x \in (0, \infty).$$

Digər tərəfdən həyəcanlandırıcı təsir zamandan asılı olaraq dəyişir. Bu dəyişmə və maksimal keyfiyyət tələbi  $u(t)$  təsadüfi funksiyanın hər hansı bir realizasiyasının formalaşmasına səbəb olur:

$$u(t) = \arg \max_{\tilde{u} \in U} F[x(t), \tilde{u}] \quad (2)$$

Qəbul edirik ki,  $(0, T)$  intervalı kifayət qədər genişdir. Yəni  $T$  müddəti  $x(t)$ -nin avtokorelyasiya funksiyasının sönmə müddəti olan  $\tau$  - dan çox-çox böyükdü:  $T \gg \tau$ .

**Tələb olunur:** Verilmiş  $y = \varphi(x)$  paylanma funksiyasına uyğun elə idarəetmə strategiyası təyin edilməlidir ki, keyfiyyət göstəricisinin  $(0, T)$  intervalında hesablanmış riyazi gözləməsi maksimal qiymət almış olsun. Beləliklə, keyfiyyət kriterisi olaraq riyazi gözləmə qəbul edilir[5]:

$$E[F(x, u)] \rightarrow \max \quad (3)$$

Digər tərəfdən nəzərə alınmalıdır ki,  $(0, T)$  intervalında idarəetmə funksiyası üçün aşağıdakı inteqral məhdudiyət şərti gözlənilməlidir:

$$\int_0^T u(t) dt = G \quad (4)$$

(4) ifadəsi nailolma kriterisi kimi qəbul edilərsə, məsələ aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər: verilmiş  $\varphi(x)$  -yə uyğun elə  $u(t)$  idarəetmə strategiyası müəyyən edilməlidir ki, aşağıdakı genişlənmiş  $I$  - kriterisinin maksimumu əldə edilmiş olsun:

$$\begin{aligned} I_1 &= E[F(x, u)] \rightarrow \max \\ I_2 &= \left[ \int_0^T u(t) - G \right]^2 \rightarrow \min, \\ I &= \alpha I_1 - (1 - \alpha) I_2 \rightarrow \max; \alpha \in (0, 1) \end{aligned} \quad (5)$$

harada ki,  $I_1, I_2, I$  - uyğun olaraq keyfiyyət, nailolma və genişləndirilmiş optimallıq kriterilərini təşkil edirlər,  $\alpha$  - keyfiyyət və nailolma kriterilərinin çəki nisbətini müəyyən edir.

Daha çox əyaniliyi təmin etmək məqsədi ilə dikret zamana keçək:

$$t_n \in [0, T] \quad n = 1, 2, \dots, N$$

harada ki,  $\Delta t_n, N$  - uyğun olaraq zaman üzrə diskretləşirmə addımı və intervalın bölgülər sayıdır;  $h^{ke}, h^{na}$  - kriteriləri eyni miqyasa gətirmək üçün normallaşdırıcı əmsallardır.

Laqranj məhdudiyətləri "aradan qaldırma" prinsipini [6] əsas tutaraq aşağıdakı əks-rabitə konstruksiyasını daxil edək:

$$u^{\max}(t_n) = \arg \max_{u \in U} \left[ F[\varphi^{-1}(y(t_n)), u] - \lambda(t_n) \left( u - \frac{G - \sum_{i=1}^{n-1} u^{\max}(t_i) \Delta t_i}{T - t_{n-1}} \right)^2 \right]; \quad (6)$$

harada ki,  $\varphi^{-1}(y(t_n))$  ilə tərs funksiya,  $\lambda(t_n)$  - ilə isə variasiya olunan Laqranj funksiyası ifadə edilmişdir.

Verilmiş  $\varphi(x)$  -ə uyğun elə  $\lambda(t_n)$  təyin etmək tələb olunur ki, optimallıq kriterisi maksimum qiymət almış olsun:

$$I^{opt}[\varphi(x)] = \max_{\lambda(t)} \left\{ \alpha h^{ke} \sum_{n=1}^N F[\varphi^{-1}(y), u^{\max}(t_n)] \Delta t_n - (1 - \alpha) h^{na} \left[ \sum_{n=1}^N u^{\max}(t_n) \Delta t_n - G \right]^2 \right\} \quad (7)$$

harada ki,  $u^{\max}(t_n)$  - funksiyası (6) ifadəsindən təyin olunur.

Qarşıya qoyulmuş stoxastik idarəetmə məsələsinin həll metodlarının təhlili göstərir ki, həllin ən effektiv yolu imitasiya modelləşdirilməsi istiqamətindədir.

Stoxastik prosesin statistik xarakteristikalarına hesablama eksperimenti metodları əsasında imitasiya yaxınlaşması və eksperimentlərin nəticələrinin avtomatlaşdırılmış qaydada təhlili naməlum  $\lambda(t_n)$  funksiyasının qurulmasına imkan verə bilər.

İmitasiya alqoritminin əsasını  $\varphi(x)$  paylanma funksiyasına malik təsadüfi  $x(t_n)$  funksiyasının generasiya edilməsi təşkil edir. Verilmiş paylanma funksiyasına malik təsadüfi ədədlər generatorunun yaradılması üçün ən geniş yayılmış üsul standart bərabər paylanma funksiyalı təsadüfi ədədlər generatorlarından istifadə etməyə əsaslanır. Bu zaman verilmiş paylanma funksiyasının tərsi yazılır. Əgər verilmiş funksiyanın tərsi birqiymətli deyildirsə, müvafiq çevrilmə intervalı hissələrə ayırma alqoritmində tərtib edilir.

Qeyd edək ki, (7) düsturunda  $h^{ke}$  və  $h^{na}$  çəki əmsalları aşağıdakı ifadə əsasında müəyyən edilmişdir:

$$h^{ke} = \left[ \begin{array}{c} \max_{\substack{x=E[X] \\ u_1 < u < u_2}} F(x, u) - \min_{\substack{x=E[X] \\ u_1 < u < u_2}} F(x, u) \end{array} \right]^{-1}$$

$$h^{na} = \left[ \begin{array}{c} \arg \max_{\substack{x=E[X] \\ u_1 < u < u_2}} F(x, u) - \arg \min_{\substack{x=E[X] \\ u_1 < u < u_2}} F(x, u) \end{array} \right]^{-2}$$

İmitsiya modelləşdirilməsi əsasında həyata keçirilən ədədi həll alqoritmində şək.1-də blok-sxem vasitəsi ilə verilmişdir. Alqoritm əsas blokları olaraq aşağıdakıları qeyd etmək olar:

1. Bu blokda axtarılan Laqranj funksiyası hissə-hissə xətti funksiya vasitəsilə approksimasiya olunaraq, 1296 variantda müqayisəyə təqdim olunur. Həmin Laqranj funksiyalar çoxluğunu zamana görə diskretləşdirmədə 6, funksiyanın qiymətinə görə diskretləşdirmədə isə 4 kvanta ayırmadan istifadə olunmuşdur. Hər variant  $\lambda_i(t_n); i = \overline{1, 1296}$  sintez olunmuşdan sonra zaman takt generatoru fəaliyyətə başlayır, hesablama prosesləri həyata keçirilir,  $n$  – sayda dövrü hesabatdan sonra genişləndirilmiş  $I$  kriterisinin qiyməti müəyyən olunur.

2. Bərabər uzunluğa malik diskret zaman ardıcılığı generasiya edilir.

3. Verilmiş paylanma sıxlıq funksiyasına müvafiq təsadüfi ədədlər ardıcılığı generasiya olunur.

4. Planlaşdırma periodunu əhatə edən  $N$ -saylı dövrü hesablama prosesi yaradılır.

5. Nailolma kriterisi hər taktı müstəqil olaraq hesablanır.

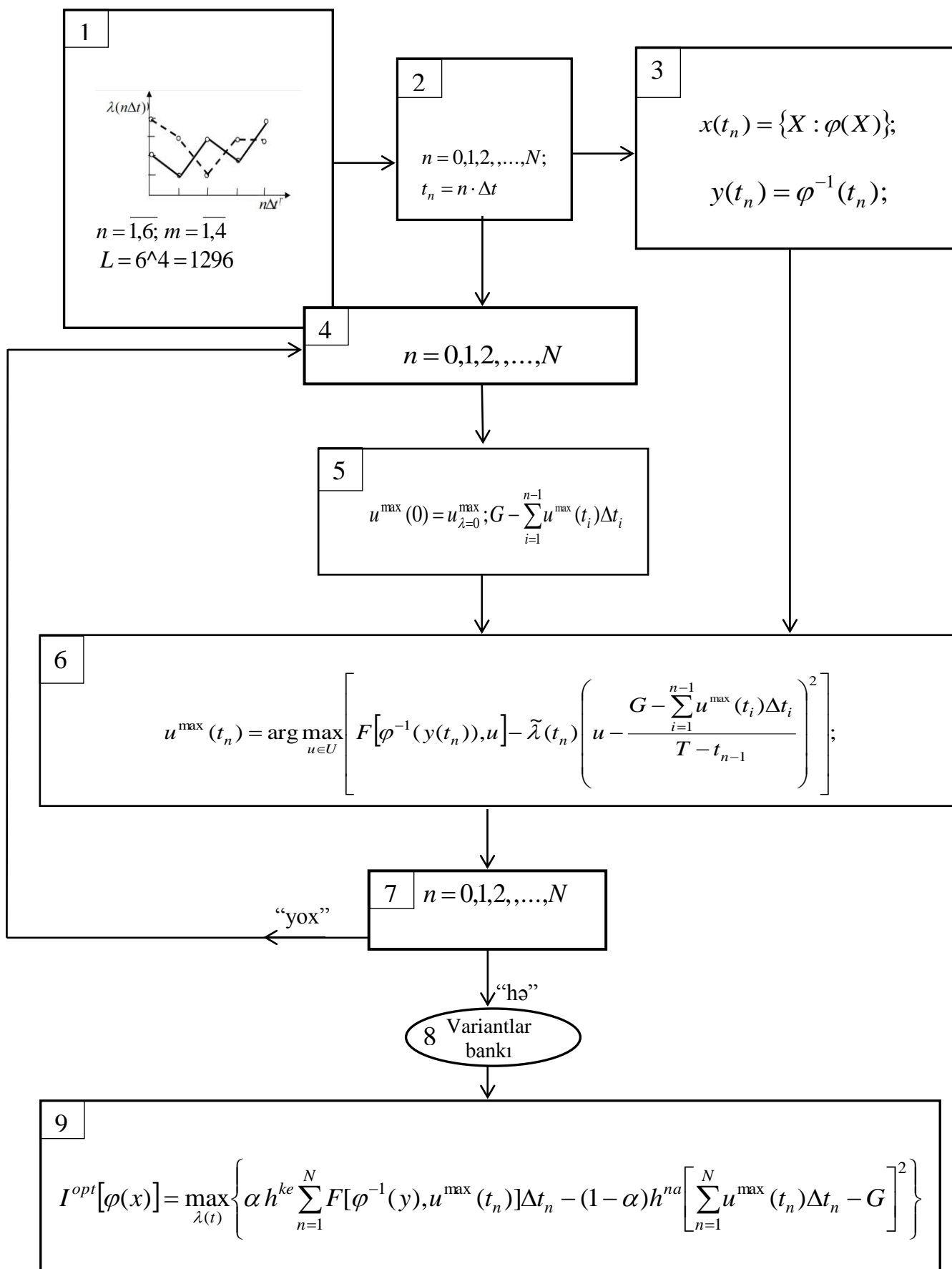
6. Cari variant Laqranj funksiyası  $\tilde{\lambda}(t_n)$  üçün  $t_n$  zaman anındakı maksimallaşdırıcı  $u^{\max}(t_n)$  hesablanır.

7. Dövrün sonu müəyyən edilir.

8. Hər variant  $\lambda(t_n)$  və onun üçün əldə olunmuş effektivlik kriterisinin qiyməti bankda saxlanılır.

9. Bankdan genişləndirilmiş optimallıq kriterisinin qiymətinə görə optimal variant seçilir.

Beləliklə, xarici təsir faktorunun paylanma funksiyası  $\varphi(x)$  –dən asılı olaraq optimal  $\lambda^{opt}(t_n)$  Laqranj funksiyası imitasiya alqoritmində əsasında təyin edildikdən sonra idarəetmə məsələsi zamanın ixtiyari anında (6) ifadəsinin maksimumunun təyin edilməsinə gətirilmiş olur. Qeyd edək ki, məsələnin həllində dəqiqliyi təyin edən əsas faktor yuxarıda qeyd edilmiş  $T \gg \tau$  şərtinin ödənilməsidir ki, məhz həmin şərt daxilində məsələnin həllinə statistik yanaşma özünü doğrulda bilər. Optimal Laqranj funksiyasının imitasiya modelləşdirilməsi ilə təyin edilmə alqoritmində aşağıdakı kimidir.



**Nəticə.** Ehtimalların paylanma funksiyası məlum olan xarici təsir faktorunun nəzərə alınması ilə cari istehsal sürətinin idarə olunma məsələsi stabilləşdirici Laqranj funksiyasını daxil edir. Bu funksiyanın təyin edilməsi üçün analitik çətinlik məsələnin imitasiya modelləşdirilməsi yolu ilə həllini xüsusilə effektiv etmiş olur. İmitasiya modeli iki əsas imitasiya blokunun fəaliyyəti əsasında qurulur ki, bunlardan biri verilmiş paylanma funksiyasına müvafiq təsadüfi kəmiyyətin generasiyasını, digəri isə Laqranj funksiyasının hissə-hissə xətti əvəzləməsinin generasiyasını və optimallıq şərtinin qiymətləndirilməsi bloklarını daxil edir. Təklif olunan alqoritm məqsəd funksiyasından və idarəetmə parametrlərinə qoyulan mövqə məhdudluğu şərtindən asılı olmayaraq eyni həcmdə hesablama resurslarından istifadəni nəzərdə tutur.

### ƏDƏBİYYAT

1. Nagiev A.G., Aliyeva F.A., Nagiev H.A. Numerical Investigation of Oscillatory Modes of Chemical-Engineering Processes with Distributed Parameters Using Hydrofining of Motor Fuels as an Example.// Chemical and Petroleum Engineering. 2017, Springer Verlag, Vol. 53, № 7, pp. 216-222
2. Nagiev A.G., Aliyeva F.A., Nagiev H.A. Problem of Optimal Management of Resources of Industrial Production with Given Statistical Data of Disturbance Parameters// Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer-Verlag Berlin Heidelberg , Vol.502, 2016, pp. 997-1007.
3. Nağıyev Ə.H., Əliyeva F.A., Nağıyev H.Ə. Ümumi istehsal həcminə görə cari istehsal intensivliyinin planlaşdırma periodu üzrə optimal bölüşdürülmə strategiyası haqqında. AMEA-nın Xəbərləri: İnformatika və idarəetmə problemləri seriyası. 2018, №6, s.41-47
4. Александров В.М. Оптимальное по расходу ресурсов управление линейными системами // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 2011, №4, с.562-579
5. Острем К.Ю. Введение в стохастическую теорию управления. М.: Мир, 1973, 324 с.
6. Гилл Ф., Мюррей У. Численные методы условной оптимизации. М.: Мир, 1977, 296 с.

### РЕЗЮМЕ

#### ОБ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОДНОЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ

*Алиева Ф.А.*

**Ключевые слова:** планирование производства, стохастическая оптимизация, задача с интегральными ограничениями на управление.

Рассматривается стохастическая задача оптимального управления с условием выполнения производственного задания на выпуск продукции, качественный показатель которой зависит от некоторого случайного параметра сырья и обратно связан с производительностью установки. Ставится задача определения оптимальной стратегии управления текущей производительностью, обеспечивающей максимизацию среднего качества продукции и учитывающей функцию распределения вероятности случайного фактора – качества сырья. Задача решается на основе метода имитационного моделирования. Приводится блок-схема имитационного алгоритма.

### SUMMARY

#### ON A SIMULATION MODEL OF A SINGLE STOCHASTIC CONTROL PROBLEM

*Aliyeva F.A.*

**Key words:** production planning, stochastic optimization, a problem with integral constraints on control.

The stochastic optimal control problem is considered with the condition of fulfillment of the production task for output, the quality indicator of which depends on some random parameter of the raw material and is inversely related to the capacity of the installation. The task is to determine the optimal strategy for managing current productivity, maximizing the average product quality and taking into account the probability distribution function of a random factor - the quality of raw materials. The problem is solved on the basis of the simulation method. The block diagram of the simulation algorithm is given.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	11.07.2019
	Son variant	25.09.2019

UOT 658.5

## ELEKTRON DÖVRƏLƏRDƏ NASAZLIQLARIN AŞKARLANMASI ÜSULLARI

**HACIYEVA SEVDA ƏLƏKBƏR qızı**

*Sumqayıt Dövlət Universiteti nəzdində Sumqayıt Dövlət Texniki Kolleci, müəllim*

[haciyeva.s@mail.ru](mailto:haciyeva.s@mail.ru)

*Açar sözlər: elektrik, elektron dövrələr, elektrik cihazları, elektron kart, elektroavadanlıq, test cihazları.*

Ölkəmizdə istifadə olunan elektron sistem və cihazların böyük hissəsi, təəssüf ki, xarici mənşəli məhsullardan təşkil olunur. Məsələn, bir fabrikin, istehsal xəttindəki sistemlərdən biri yararsızlaşanda və ya hər hansı bir problem əmələ gələndə təəssüf ki, bu problemin həlli üçün nə sxem təlimatları, nə də xəta aşkarlama kitabçası çox zaman tapılmır. Əksərən bu sistemlərin operator səviyyəsindəki istifadə və təmir kitabçaları belə tam olaraq mövcud olmur.

Bu nasaz sistemlərə kifayət qədər məlumatla sahib olmayan texniki işçilər tərəfindən müdaxilə edilərsə, sadə nasazlıqlar daha da böyük problemlərə çevrilə bilər. Nəticədə, elektron kartın böyük xərc hesabına yenisi alınır və ya istehsalçı firmaya təmirə göndərilir. Bu vəziyyət isə öz növbəsində fabrikin işini, istehsalını həftələrlə axsada bilər.

Yeni texnologiyalı elektron dövrə elementlərini və professional test metodlarını, problemi həll etmək üçün keyfiyyətli lehimləmə və sökmə üsullarını öyrənmək, habelə bu məlumatları ən azı iki ildən bir yeniləmək vacibdir.

Elektron sistemlərin və ya kartların ölkə daxilində milli formada təmiri və mütəmadi saxlama işlərinin aparılması sənaye, tibb, rabitə, avtomobil və hərbi sahələrdə ölkəmizə olduqca yüksək maddi gəlir gətirəcəkdir. Bundan başqa, dünyada hər il getdikcə artan saxta elektron əşya istehsalı ciddi mənada təhdid təşkil edir.

Beynəlxalq elektron bazarı jurnallarının məlumatlarına görə, qlobal elektron bazarının hazırkı 80%-lik hissəsi saxta materialdan ibarətdir, bu barədə mütəxəssislər tərəfindən onlarla məqalə dərc edilmişdir. Saxta bir elektron vəsaitin elektron kart təmirində istifadə edilməsi ciddi mənada maddi və zaman itkisi deməkdir. Daha vacibi, insan həyatına birbaşa təsir edən, məsələn tibbi reanimasiya cihazlarında istifadə edilməsi isə insan həyatının itirilməsinə səbəb ola bilər və həlli kompensasiya edilməsi mümkün olmayan nəticələr verə bilər.

Xaricdən və ya daxili bazardan əldə edilən elektron materiallarının düzgün test metodları ilə saxta olub-olmadığı aşkarlanmalıdır. Ölkəmizdə bu məsələyə diqqətin artması və kritik sistemlərdə istifadə olunan elektron vəsaitlərin orijinal olması barədə arayış, lisenziya verən bir laboratoriyanın qurulmasına ehtiyac gündən-günə artır.

Bu məqalədə hər cür elektron kartın təmiri üçün lazımi aktual metodlar barədə qısaca məlumat veriləcəkdir.

Elektron xəta aşkarlama test cihazlarını iki hissədə araşdırma bilərik:

1) ATE (Automatic Test Equipments), yəni Avtomatik Test Avadanlıqları Sistemləri; elektron cihaz, modul və ya kartları bütövlükdə avtomatik olaraq testdən keçirə bilən test sistemləridir. Elektron kartları istehsal edən firma tərəfindən təkmilləşdirilmiş bahalı test sistemləridir. Test fixture (test üçün nümunə və birləşdiricilər) əlaqələri elektron kartla birləşdirərək test edir. Kompüter proqramı və müvafiq avadanlığı sayəsində elektron kartı simulyasiya edərək, nasaz elektron material və ya elektron bloku müəyyənləşdirir.

2) Elektron material test cihazları: tək-tək elektron kartdakı materialları testdən keçirməyə imkan verərək problemlə parçanı tapmağa kömək edən test cihazlarıdır. ATE sistemləri ilə müqayisə edilməyəcək qədər sərfəlidirlər. Hər cür elektron kartda test edə bilirlər. Elektron kartın dövrə

sxeminə ehtiyac yoxdur. Əksərən öz enerji təchizatını da təmin etməyə ehtiyac duyulmur. Dolayısı ilə kartın öz enerji təchizatı olduqda edilən test xətaləri ilə elektron kartda başqa nasazlıqların əmələ gəlməsi ehtimalı olmur.

Elektron vəsait test cihaz və metodlarından bəziləri barədə aşağıda sırayla bəhs edilir. Dünyada bu test metodlarını və cihazlarını şüurlu istifadə edən elektron təmir atelyələrində elektron kart təmirinin müvəffəqiyyət göstəricisi 100% (yüz faiz) səviyyəsindədir.

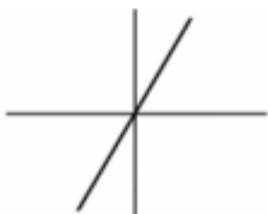


Şəkil 1. Empedans test cihazı  
(EFLVI Tester - TFT)

**Empedans Test:** Hər elektron avadanlığın empedans xarakteristik əyrisi var. Avadanlığın empedans xarakteristik əyrisi düzgün deyilsə, elektron avadanlıqda nasazlıq əmələ gəlmişdir. Empedans əyrilərində volt (V) - axın (I) faizi olduğu üçün ona, qısaca VI əyriləri də deyilir. Elektron kartın təmiri üçün ən təməl test metodlarından biridir.

Empedans test cihazı ilə elektronik kartlardakı nasaz elektron hissəni 90% müvəffəqiyyətlə tapmaq olar. Sadəcə tək bir kart

təmir edilə bilindi ki, iki nasaz kartda da müqayisəli şəkildə bir neçə dəqiqə ərzində nasaz parça müəyyən edilə bilər. Əsas elektron avadanlıq empedans xarakteristik əyriləri; Qrafik 1, Qrafik 2, Qrafik 3 və Qrafik 4-də göstərilmişdir.



Qrafik 1. Müqavimət VI əyrisi



Qrafik 2. 1n4001 Diod VI əyrisi

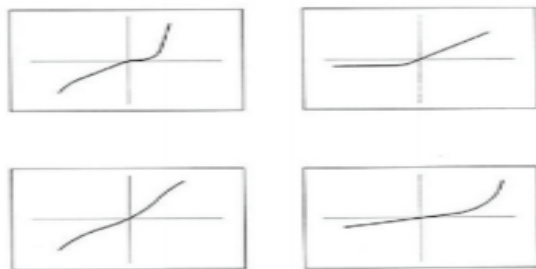


Qrafik 3. Zener Diod VI əyrisi



Qrafik 4. Kondensator VI əyrisi

5-ci Qrafikdə çox qarşılaşılan bəzi elektron inteqralların nasaz VI əyriləri göstərilmişdir.



Qrafik 5. Bəzi nasaz elektron inteqral VI əyriləri



**Proqramlı material test:** Proqramlayıcı istifadə edərək proqramlı materialların testdən keçirilməyi və sistem ehtiyatlarının (back-up) götürülməsidir. Proqram ehtiyatının xəta baş vermədən əvvəl götürülməyi məqsədə uyğundur, çünki ehtiyat götürülsə, kartın təmiri asanlaşır. Hazırda kitabxanasında on minlərlə proqramlana bilən elektron material olan və mütəmadi yeniləmə imkanı təklif edən Universal Programmers (universal proqramçılar) mövcuddur.

Əgər məhdud sayda proqramlayıcı ilə işlənirsə daha münasib, həmin ailəyə məxsus proqramlayıcı almaq daha məntiqə uyğundur. Ailəyə məxsus proqramlayıcılar ISP (In System Programming – sistem daxili proqramlama) xüsusiyyəti ilə materialı sökmədən dövrə daxilində proqramlaya bilirlər. Şəkil 2-də bir ISP proqrammer təsvir olunmuşdur.

**Qısa dövr testi:** Elektron kartda xüsusilə qidalanma (Vcc) və torpaq arasında (Ground-GND) qısa dövrə olan materialların mövcudluğunu təmin edir. Nadir hallarda təsadüf edilən nasazlıq olmağına baxmayaraq, bu metod bəzə də məlumatsızlıq xətanı müəyyən etmək üçün saatlar, hətta günlərlə vaxt ala bilər. LCR ölçü cihazı elektron atelyelər üçün olduqca əhəmiyyətli test cihazlarından biridir. Qatran, kondensator və rezistorları dəqiq testdən keçirir.

R' səviyyəsi 1 milyon olanlar Vcc ilə GND arası qısa dövrə olan materialları müəyyənləşdirir. Ən kiçik müqavimət dəyəri olan material Vcc ilə GND arası qısa dövrə olan materialdır.

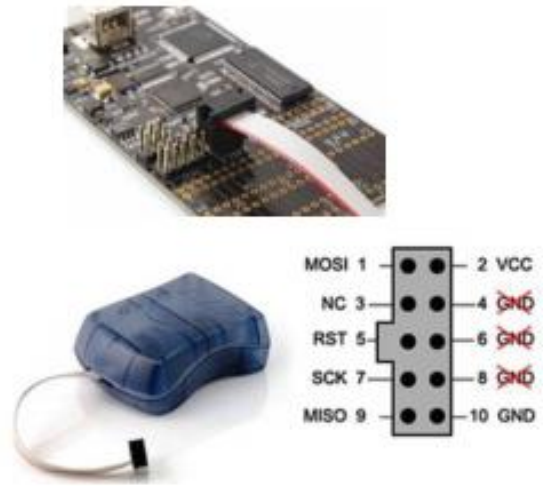
**Funksional test:** Elektron materialların dövrə daxilində və ya xaricində enerji verilərək testdən keçirilməsidir. Bahalı və çoxçeşidli avadanlıqlardır.

**Boundaryscan test:** BGA (Ball Grid Array) örtük formasındakı materialların pinləri (ayaqları) örtüyün altındadır və test edildiyi zaman prop (nümunə) ilə toxundurulmur. Bu və digər mürəkkəb inteqrasiyaları dövrə içində testdən keçirməyə kömək edən metoddur. Həmçinin bu örtük quruluşunda və içərisində proqram təminatı (flash) olan proqramlı materialları dövrdən ayırmaq mümkün deyildir.

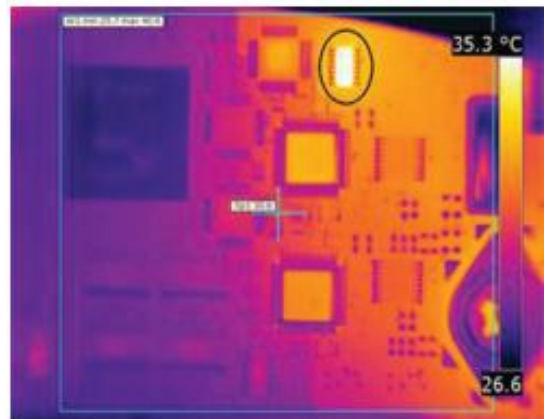
**Termal test (İstilik testi):** Elektron karta öz gücünü müəyyən bir müddətə verib istilik kamerası çəkimi edilir. Eyni əməliyyat sağlam elektron karta da edilir. Kompüter mühitində iki görüntü müqayisə edilərək fərqlər müəyyənləşdirilir. Şəkil 3-də bir elektron nəzarət kartı termal görüntüsü təsvir olunmuşdur. Bu görüntüdə sağlam kartın görüntüsü müqayisəsinə nisbətən daha çox isinmiş elektron inteqral xətası aşkar edilmişdir.

Nasazlığı müəyyənləşdirmə növbəsi ilə; elektron sistem, cihaz, kart və nasaz elektron materiala qədər ayırma metodu ilə müəyyənləşdirilir.

Sistemin bütünündən nasaz parçaya gedərkən hər hansı bir xəta müəyyənləşdirmə alqoritmi istifadə edilməlidir. Xəta müəyyənləşdirmə tamamilə sistemə və ya cihaz nasazlığının kart səviyyəsinə endirildiyini nəzərdə tutaraq elektron



Şəkil 2. ISP (sistem daxili) proqramlayıcı



Şəkil 3. Elektron kartda çox isinən nasaz inteqral



kartda edilməli olan test xətanı tapmaq və aradan qaldırmaq prosesi qısaca aşağıdakı üç addımda cəmləşdirilə bilər. Bu addımlar ilk növbədə edilməsi zəruri olanlara görə sıralanır.

Nasazlıq ən sürətli və mümkün olan ən sadə yanaşmalarla həll edilməlidir. Əgər şikayətin olduğu hissədə nasaz avadanlıq, yaxud bağlantı problemi aşkar edilərsə digər testlər edilmədən son əməliyyatlar addımına keçmək olar.

1. İlk yoxlamalar və tədqiqatlar; Fiziki yoxlama, Konnektor və Bağlantı uclarının təftişi, Sığorta və müdafiə materiallarının yoxlanması, Batareya yoxlanması, Elektron kartdakı bütün materialların Data Sheet-lərinin tapılması və dövrdəki vəzifələrinin öyrənilməsi, Şikayətə görə nasaz material qrupunun yerinin müəyyənəndirilməsi.

2. Elektron avadanlıq testləri; Vcc-GND arası qısa qapanma testi, Enerji verilərək TP nöqtələrinin testi, Empedans (VI) müqayisə testi, Proqramlaşdırılmış material testi, Funksional test, Boundaryscan test, Termal müqayisə testi, LCR metr ilə həssas test.

3. Son əməliyyatlar: Aşkarlanan nasaz avadanlıq yolundakı digər avadanlıqların testi, nasaz və müddətli elektron avadanlıqların dəyişdirilməsi, müddətli avadanlıqların dəyişdirilməsi, yolların yoxlanması və yanıq-qopuq və s. düzəldilməsi, lehim yenilmə, kimyəvi təmizlik, lazımı tənzimləmənin edilməsi, elektron kartın sınılanması. Elektron kart işləməsə, nasazlığın növünə görə müvafiq addımlara geri dönüb əməliyyatların təkrar edilməlidir.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. Robin Pain. Practical Electronic Fault Finding and Troubleshooting. Published May 1<sup>st</sup> 1996 by Oxford: Newnes, 274 p.
2. Muhammad H. Rashid. Power Electronics: Circuits, Devices and Applications. Published August 4<sup>th</sup> 2003 by Prentice Hall, Third Edition, Paperback, 912 p.
3. Theraja B.L. Fundamentals Of Electrical Engineering And Electronics. Published March 1<sup>st</sup> 1997 by Chand (S.) & Co Ltd, India, 736 p.
4. George Loveday. Electronic Fault Diagnosis. Published August 8<sup>th</sup> 1994 by Longman Publishing Group, 144 p.
5. Rudolf F. Encyclopedia of Electronic Circuits, Vol.7, Graf, Published September 21<sup>st</sup> 1998 by McGraw-Hill Education Tab, 1128 p.
6. <http://elektrik.info/main/praktika/11-poleznye-sovety-po-poisku.html>
7. <http://www.djetelectricaltraining.co.uk/electrical-fault-finding.html>
8. <http://elektrica.info/metody-poiska-neispravnostej-v-e-lektricheskikh-shemah-e-lektrrooborudovaniya-kranov/>

### **РЕЗЮМЕ**

#### **МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЯХ**

*Гаджиева С.А.*

**Ключевые слова:** *электричество, электронные цепи, электроприборы, электронная карта, электрооборудование, тестовые приборы*

В статье кратко описаны наиболее необходимые методы ремонта любых электронных карт. Во время использования технологического оборудования, которое становится неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, выявление оригинальности электрооборудования и электронных изделий, поставляемых в страну, также предотвращение использования поддельного и некачественного оборудования в процессе ремонта электронных карт является одним из основных обязанностей по сокращению финансовых и временных потерь в этой области.

**SUMMARY**  
**DETECTION METHODS OF MALFUNCTIONS AT ELECTRONIC CIRCUITS**  
*Hacıyeva S.A.*

**Key words:** *electric, electronic circuits, electrical appliances, electronic cards, electrical equipment, test equipment*

During the use of technological equipments that become inseperable part of our daily life identification of the originality of electrical equipment and electronic hardwares brought to the country, also preventing use of counterfeit and low-quality equipments in the repairing process of electronic cards is one of the main duties reducing financial and time loss in this field. The article will briefly describe the most necessary methods for repairing any kind of electronic cards.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	26.11.2018
	Son variant	25.09.2019

UOT 658.5.012

## İNTELLEKTUAL İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNDƏ BİLİKLƏR BAZASININ GENERASIYASI ÜÇÜN PROQRAM KOMPONENTLƏRİNİN TƏŞKİLİNƏ YANAŞMA KONSEPSİYASI

**MANAFOVA XƏYALƏ İDRİS qızı**

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, doktorant*

[aqil.55@mail.ru](mailto:aqil.55@mail.ru)

*Açar sözlər: proqram komponentlərinin avtomatlaşdırılmış işlənməsi, intellektual sistemlər, konseptual model, biliklər bazası, modellərin çevrilməsi*

Hal-hazırda intellektual sistemlərin (İS) və onların proqram komponentlərinin yaradılmasında yeni metod və yanaşmaların işlənməsi elmi tədqiqatların aparılması üçün perspektivli sahələrdəndir. İS-in işlənməsi prosesinin mürəkkəbliyi əsasən İS-in layihələndirilməsində “çətin sahə” sayılan məlumatların alınması, strukturlaşdırılması və formalaşması, tətbiq sahəsinin modelləşdirilməsinə xidmət edən məlumat bazasının (BB) işlənməsi mərhələlərinin xüsusiyyətlərindən asılıdır [1]. Kənardan müraciətə, müştərək (kollektiv) istifadənin təmin olunmasına, ekspert rəylərinin koordinasiyasına, həmçinin konseptual (informasion) modellər (diaqram, sxem, bilik kartları və s.) də daxil olmaqla, müxtəlif formalarda təqdim olunan toplanmış məlumatın təkrar istifadəsinə ehtiyac yarandıqda qoyulmuş vəzifələrin mürəkkəbliyi daha da artır.

Beləliklə, İS və onların proqram komponentlərinin (həmçinin BB formalaşmasının altsistemlərinin) işlənməsi effektivliyinin artırılması problemi aktualdır və müxtəlif istiqamətlərdə həll olunur: xüsusən metodologiyanın təkmilləşməsindən başlayaraq xüsusi proqram instrumentarisinə qədər. Lakin bütövlükdə konseptual modellərin transformasiyası əsasında BB-nin avtomatlaşdırılmış işini təmin edən İS proqram komponentlərinin işlənilməsi üçün hazırlanmasını dəstəkləmək üçün texnologiyaların (yanaşmanın) yaradılması probleminin həlli ayrıca tədqiqatların aparılmasını tələb edir [2].

Bununla bağlı işin əsas məqsədi konseptual modellərin transformasiyası əsasında BB-nin formalaşması üçün nəzərdə tutulan proqram konseptlərinin yaradılması prosesinin avtomatlaşdırılmasına dair yanaşmanın işlənilməsi və yanaşmanın veb-istiqamətli proqram sistemi formasında reallaşmasıdır. Nəzərdə tutulur ki verilmiş sistem konseptual modellərin elementlərinin transformasiyası yolu ilə müəyyən biliyi təsvir edən dildə (BTD) BB kodunun sintezini (generasiyasını) təmin etməklə yanaşı, bu prosesin xüsusi vizualizasiya vasitələrindən istifadə etməklə BB-nin müştərək (kollektiv) layihələndirməsini də təmin etməlidir.

Konseptual modellərin mənbəyi kimi strukturu XML (eXtensible Markup Language) vasitəsi ilə təsvir edilən modellər qrupunu istifadə etmək təklif olunur.

Bu modellər qrupuna nümunə kimi bunları göstərmək olar: XMI (XML Metadata Interchange) [3] – modellər haqqında informasiya mübadiləsi standartına uyğun təqdim olunan UML (Unified Modeling language) [4] siniflərinin diaqramları; XTM (XML Topic Maps) [5] standartlarına uyğun təqdim olunan konsept-kartlar və s. məqsədli BTD qismində hal-hazırda məhsulun və ontologiyanın təqdim olunmasının ən geniş yayılmış üsulu sayılan CLIPS (C Language Integrated Production System) [6] və OWL (Web Ontology Language) [5] seçilmişlər.

**1.Yanaşma konsepsiyası.** Tətbiq sahələrinin konseptual modellərinin transformasiyası yolu ilə BB formalaşmasını təmin edən İS proqram komponentlərinin yaranması prosesinin avtomatlaşdırılması üçün işlənmiş yanaşmanın əsas elementləri:

- transformasiya modelini əhatə edən ümumiləşdirilmiş proqram komponentinin modeli;
- mövzu istiqamətli deklarativ dil – Transformation Model Representation Language (TMRL) transformasiya modelinin təqdim olunması və saxlanması üçün nəzərdə tutulub;

- ümumiləşdirilmiş proqram komponentinin əsasında proqram komponentlərinin yaradılması metodu və onun transformasiya modelinin əsasında sazlanması (xüsusişdirilməsi);
- veb-təyinatlı proqram sisteminin və onun əsas elementlərinin konseptual arxitekturası (quruluşu).

Yanaşmanın proqram təminatı üçün əlavələrin (prilojeniya) veb-istiqamətli işlənmə prinsiplərindən istifadə etmək təklif olunur. Baxılan veb-istiqamətli proqram sisteminin və tərkibinə yeni proqram komponentlərinin əlavə olunması və genişlənmək qabiliyyəti onun özəl xüsusiyyətidir. Bu proqram komponentləri konseptual modellərin fərqli formatlarının analizi və importunu həmçinin müxtəlif BTD-də BB kodunun generasiyasını təmin edir. Yaradılan proqram komponentləri ayrılıqda digər İS üçün müstəqil altsistem qismində istifadə oluna bilər.

Bu sistem həm də xüsusi qarşılıqlı əlaqələr interfeysi təqdim edir. Onun köməyi ilə xarici proqram vasitələri konseptual modellərin importu və onların əsasında BB prototipinin əldə olunması üçün müvafiq proqram komponentlərinə müraciət edə bilər. Aşağıda işlənilib hazırlanmış yanaşmanın ayrı-ayrı elementlərini daha ətraflı araşdıracağıq.

**2. Ümumiləşdirilmiş (standart) proqram komponentlərinin modeli.** Proqram komponentlərinin işlənməsinin effektivliyini artırmaq üçün aşağıda təqdim olunan ümumiləşdirilmiş proqram komponentinin orijinal modelindən istifadə etmək təklif olunur:

$$M_{TPC} = \langle M_T, A_{IN}, CG_{OUT}, I \rangle \quad (1)$$

burada  $M_T$  – transformasiya modeli;  $A_{IN}$  – giriş modellərinin analizatoru (pasper);  $CG_{OUT}$  – çıxış modellərinin generatoru,  $I$  – xarici İS qarşılıqlı əlaqə interfeysidir.

Eyni zamanda:  $A_{IN} = \langle A_{IN}^{CM}, A_{IN}^{ONT} \rangle$

burada  $A_{IN}^{CM}$  - XML formatında təqdim olunan giriş konseptual modellərin analizatoru;  $A_{IN}^{ONT}$  - ontologiya şəklində təqdim olunmuş giriş konseptual modellərin analizatorudur.

$$CG_{OUT} = \langle CG_{OUT}^{ONT}, CG_{OUT}^{CLIPS-KB}, CG_{OUT}^{OWL-KB} \rangle$$

burada  $CG_{OUT}^{ONT}$  – ontologiyanın çıxış modelinin generatorudur;  $CG_{OUT}^{CLIPS-KB}$  – BTD CLIPS-də BB kodunun generatorudur,  $CG_{OUT}^{OWL-KB}$  – BTD OWL-də BB kodunun generatorudur.

Konseptual modellərdən alınmış biliklərin unifikasiya edilmiş şəkildə təqdim olunması və saxlanması üçün xüsusi işlənilib hazırlanmış ontologiya modelindən (ONT) istifadə etmək təklif olunur. Bu model BB-nin reallaşması zamanı (məsələn CLIPS, JESS, Drools, RuleML, SWRL, OWL, RDF və s.) istifadə edilən müxtəlif BTDbiliklərin təsviri xüsusiyyətlərindən abstraktlaşmağa və bilikləri özünün müstəqil formatında saxlamağa imkan yaradır. Ontologiya modeli həm giriş, həm də çıxış modeli kimi çıxış edə bilər. Modelin ətraflı təsviri [6] göstərilir.

$$I = \{i_1, \dots, i_n, i_j = \text{name}_j, \text{command}_j, j \in 1, n\}$$

burada  $\text{name}_j$  qarşılıqlı əlaqələrin  $j$  üsulunun adı;  $\text{command}_j$  - qarşılıqlı əlaqə metodunu idarə edən komandadır.

Qarşılıqlı əlaqə interfeysi BB müəyyən BTD (CLIPS və ya OWL) avtomatik formalaşması üçün xarici proqram sistemlərinə konseptual modelin ötürülməsi (importu) yolu ilə proqram komponentinə (sorgu vasitəsi ilə) müraciət etmək imkanı verir.

Beləliklə, proqram komponentinin yaranması prosesində ( $M_{TPC}$  ümumiləşdirilmiş proqram komponenti modelinin xüsusişdirilməsi) istifadəçi ilkin konseptual modellərin məqsədli BB-də çevrilməsi (transformasiya ssenarisi) qaydalarını müəyyənləşdirən  $M_T$  transformasiya modelini formalaşdırmalıdır. Həmçinin istifadəçi proqram komponentinin “yığıldığı” müvafiq analiz və generasiya bloklarını da müəyyən etməlidir (seçməlidir).

**2.1. Transformasiya modeli.** (1)-dən istifadə edərək  $M_T$  təyin edək:

$$M_T = \langle MM_{IN}, MM_{OUT}, T \rangle, \quad (2)$$

Burada  $MM_{IN}$  – ilkin (giriş) konseptual modelin metamodelidir;  $MM_{OUT}$  - çıxış modelinin biliyi təqdim etmə (BB) modelinin metamodelidir;  $T$  - modellərin çevrilmə operatorudur.  $M_T$  –nin əsas elementi çevirmə operatorudur ( $T$ ):

$$T: CM \rightarrow KB, \quad (3)$$

burada  $CM$  – ilkin konseptual modeldir;  $KB$  – məqsədli BB. (3) dəqiqləşdirmək üçün [5]-ə əsasən modelləşdirmənin konseptual dillərinin sintaks növlərini və BTD ayrağ. Beləliklə abstrakt (abstract syntax) və konkret (concrete syntax) səviyyələrdə alırıq:

$$T_{AS}:MM_{CM} \rightarrow MM_{KB}, T_{TC}:M_{XML} \rightarrow Code_{KRL}, \quad (4)$$

burada  $MM_{CM}$  – ilkin konseptual modelin metamodelidir;  $MM_{KB}$  – məqsədli BB metamodelidir;  $M_{XML}$  – XML formatında təqdim olunmuş ilkin konseptual modeldir;  $Code_{KRL}$  – məqsədli BTD təqdim olunmuş BB kodudur (Knowledge Representation Language, KRL). Eyni zamanda

$$Code_{KRL} \in \langle Code_{KRL}^{CLIPS}, Code_{KRL}^{OWL} \rangle,$$

burada –  $Code_{KRL}^{CLIPS}$  – BTD CLIPS üzrə məqsədli BB kodudur;  $Code_{KRL}^{OWL}$  – BTD OWL üzrə məqsədli BB kodudur.

(4)-ə əsasən  $Code_{KRL}$ -də  $M_{XML}$  transformasiyası prosesi ilkin  $MM_{CM}$  metamodelin abstrakt elementləri ilə  $MM_{KB}$  – məqsədli metamodel arasında uyğunluqların tapılması yolu ilə həyata keçirilir.

Metamodellərin elementlərinin uyğunluq qaydalarını qeyd etmək üçün (transformasiya qaydalarını)  $R_T$  operatorunu daxil edək:

$$R_T = r_1, \dots, r_n: MM_{CM} \rightarrow MM_{KB},$$

burada  $r_i$  – transformasiya qaydasıdır. Eyni zamanda:

$$r_i = e_i^{in}, e_i^{out}, p_i, i \in 1, n,$$

burada  $e_i^{in}$  –  $MM_{CM}$  metamodelinin ilkin elementidir (qaydanın sol hissəsi);  $e_i^{out}$  –  $MM_{KB}$  metamodelinin məqsədli elementidir (qaydanın sağ hissəsi);  $p_i$  – qaydaların yerinə yetirilməsinin ardıcılığını təmin edən qaydanın yerinə yetirilməsi prioritetidir,  $p_i \in 1, k$ .

**3. Predmet təyinatlı TMRL dili.**  $M_T$  transformasiya modelinin təqdim olunması və saxlanması üçün mövzu istiqamətli dil Domain Specific Language (DSL)- işlənib hazırlanmışdır – Transformation Model Representation Language TMRL). Hazırlanmış TMRL qrammatikası sərbəst kontekstli qrammatikalar sinifinə aiddir (SK-qrammatikalar – LL(1)) [1]. TMRL konstruksiyaları  $M_T$  transformasiya modelinin elementlərini, xüsusi ilə də  $R_T$  metamodellərinin uyğunluq qaydalarını deklarativ şəkildə təsvir etmək üçün imkan yaradır.

**4. Proqram komponentlərinin işlənməsi metodu.** Proqram komponentlərinin işlənməsi metodu ümumiləşdirilmiş proqram komponentinin qurulması və kopyalanması əsasında İS-in proqram komponentinin avtomatlaşdırılmış işlənmə məsələsinin həllinə istiqamətlənən fəaliyyətin sistemləşdirilmiş toplusudur ( $M_{TPC}$  ümumiləşdirilmiş proqram komponenti modelinin  $M_T$  transformasiya modelinin formalaşması yolu ilə ixtisaslaşması və uyğun analiz və generasiya bloklarının seçilməsi). Proqram komponentlərinin yaradılması metodunun əsas prinsipləri aşağıdakılardır:

- Ümumi istifadə üçün nəzərdə tutulan modellərin (məsələn QVT, ATL və s.) ixtisaslaşdırılmış transformasiya dillərindən istifadə etmədən ilkin konseptual modelin metamodelinin elementlərinin məqsədli BB metamodelinin elementlərinə transformasiyası (uyğunluq) qaydalarının vizual quruluşu;

- Transformasiya qaydalarının XSD – strukturların analizi əsasında vizual qurulması prosesi üçün giriş metamodellər elementinin avtomatik ayrılması

- Metamodellərin elementlərinin predmet təminatlı deklarativ dildən (TMRL) istifadə etməklə, uyğunluq qaydalarının təqdim olunması və saxlanması.

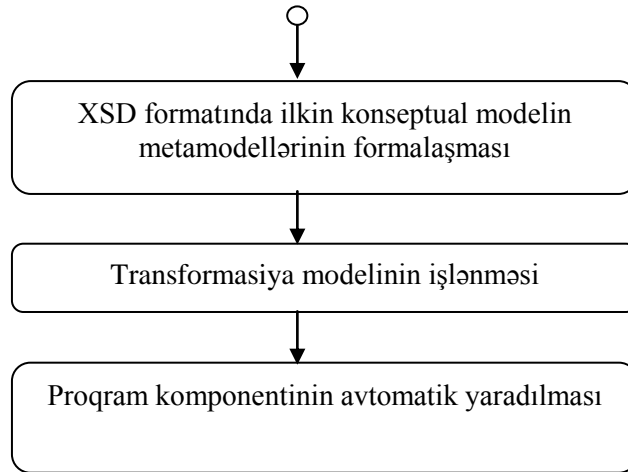
Giriş və çıxış metamodellərinə qoyulan əsas məhdudiyətlər:

- $MM_{CM}$  ilkin konseptual modellərin metamodeli XML – sxem formatında (XML Schema) təqdim olunmalıdır – XML Schema Definition (XSD) [4];

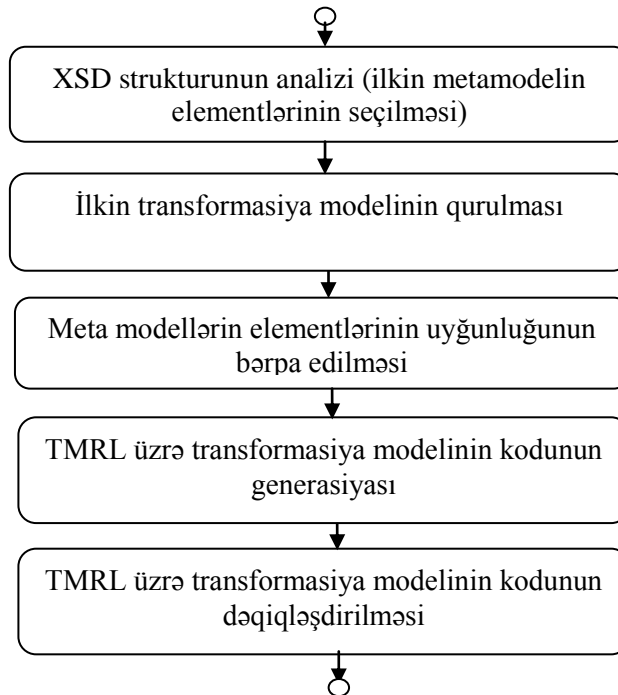
- XML - sxemin avtomatik qurulması üçün müxtəlif layihə şablonları işlənib hazırlanmışdır. Onlardan ən çox yayılanlar: Russian Doll, Salami Slice, Venetian Blind, Garden of Eden. Bu şablonlar istifadə olunan qlobal elementlərin və tiplərin (növlərin) miqdarı ilə fərqlənir. Belə hesab olunur ki, Venetian Blind və Garden of Eden [3] şablonların istifadəsi daha perspektivlidir;

- BTD CLIPS və OWL-də təqdim olunan məqsədli BB  $MM_{KB}$  metamodelləri transformasiya modelinin qeyri-şərtsiz qurulması üçün mövcuddur.

Ümumilləşdirilmiş proqram komponentinin modeli əsasında transformasiya modelinin formalaşması da daxil olmaqla, proqram komponentinin yaradılması metodunun əsas mərhələləri şəkil 1 və 2-də göstərilib.



Şəkil 1. Proqram komponentlərinin yaranma mərhələləri



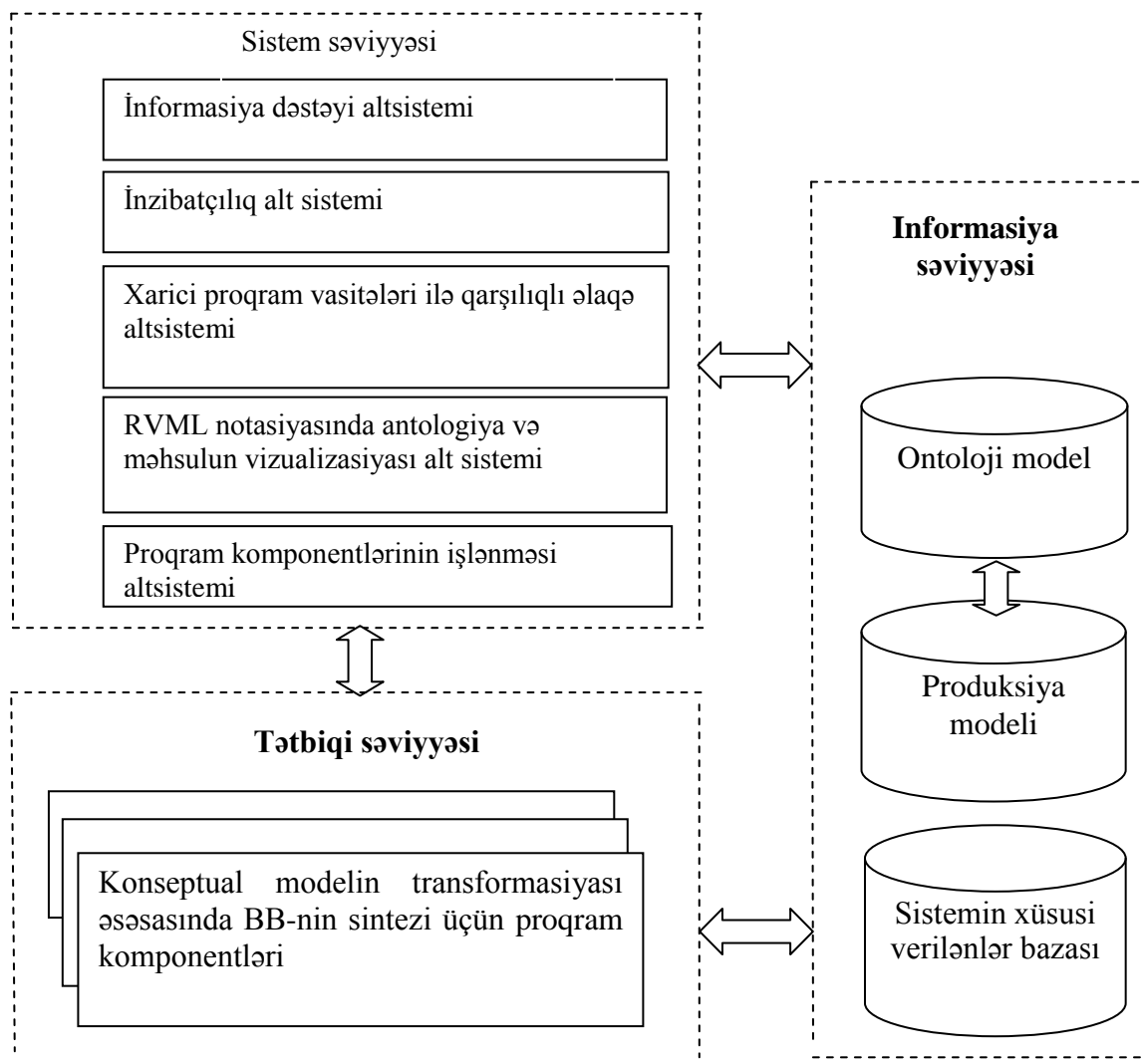
Şəkil 2. Transformasiya modelinin yaradılması mərhələləri

**5.Proqram sisteminin konseptual arxitekturası (quruluşu).** Təklif olunan texnologiyanın proqram təminatını reallaşdırmaq üçün əsas funksional elementləri və onların qarşılıqlı əlaqəsini təsvir edən veb-istiqamətli proqram sisteminin konseptual arxitekturası (quruluşu) işlənilib hazırlanmışdır. Veb-istiqamətli (şək.3) proqram sisteminin konseptual arxitekturası (quruluşu) elementlərinin tərkibi və növləri, həmçinin fəaliyyətinin prinsipial özəllikləri də daxil olmaqla onun strukturunu təsvir etməyə imkan yaradır. Sistemin əsas səviyyələri (hissələri):

- İnformasiya səviyyəsi – proqram sisteminin xidməti məlumatını saxlamaq üçün nəzərdə tutulan və altsistemlər tərəfindən (sistem və tətbiqi səviyyədə) həm öz fəaliyyətinin təmini, həm də BB-nin avtomatlaşdırılmış işlənmə məsələlərinin həlli üçün istifadə olunan bütün informasiya resurslarını əks etdirir;

• Sistem səviyyəsi – həm istifadəçinin veb-istiqamətli proqram sistemi ilə baza əlaqələrini, həm xarici proqram sistemləri ilə (İS) interfeysi təmin edən, həmçinin nümunə proqram komponentinin əsasında tətbiqi proqram komponenti yaratmaq üçün təqdim edən istifadəçinin təklif etdiyi bütün altsistemlərin toplusudur;

• Tətbiqi səviyyə - konseptual modellərin transformasiyası yolu ilə BB avtomatik sintezini təmin edən istifadəçi tərəfindən işlənmiş proqram komponentlərinin toplusudur. Proqram komponentləri nümunə proqram komponentinin əsasında onun “köçürülməsi” (kopyalanması) və xüsusişdirilməsi yolu ilə yaradılır.



*Şəkil 3. Veb-təyinatlı proqram sisteminin konseptual arxitekturası*

**Nəticə.** Tədqiqat işində konseptual (informasiya) modellərin transformasiyası yolu ilə CLIPS və ya OWL-də təqdim olunmuş və BB kodunun avtomatik formalaşması üçün nəzərdə tutulan İS proqram komponentlərinin avtomatlaşdırılmış işlənməsinə yanaşma (texnologiya) təklif olunur. Təklif olunan yanaşmanın əsasında: tipləşdirilmiş proqram komponentinin modelindən (transformasiya modeli daxil olmaqla); transformasiya modelinin təqdim olunması və saxlanılması üçün nəzərdə tutulan Transformation Model Representation Language (TMRL) deklarativ dildən; ümumiləşdirilmiş komponentin köçürülməsi və onun sazlanması (xüsusişdirilməsi) əsasında proqram komponentlərinin işlənməsi metodundan; veb-istiqamətli proqram sisteminin konseptual arxitekturasından (quruluşundan) istifadə olunması durur.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ахо А.В., Лам М.С., Сети Р. Ульман Дж.Д. Компиляторы, принципы, технологии и инструментарий. 2-е изд.: Пер. с англ. М.: ООО И.Д. Вильямс, 2008. 1184 с. [Aho A.V, Lam M.S., Sethi R., Ullman J.D. Compilers: principles, Techniques, and Tools. 2<sup>nd</sup> ed. Addison-Wesley, 2006. 1000 p.]
2. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000, 384 с.
3. Документация XML Metadata Interchange (XMI). Режим доступа: <http://www.omg.org/spec/XMI> (дата обращения 10.03.2016).
4. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Использование диаграмм классов UML для формирования продукционных баз знаний // Программная инженерия. 2015. №4. С. 3-9.
5. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Мелов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. СПб.: БХВ-Петербург, 2003, 608 с.
6. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. The Unified Modeling Language User Guide, 2<sup>nd</sup> Edition. Addison-Wesley, New York, 2005, 496 p.

## РЕЗЮМЕ

### КОНЦЕПЦИЯ ПОДХОДА К СОЗДАНИЮ ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТОВ ГЕНЕРАЦИИ БАЗ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ

*Manafova X.I.*

**Ключевые слова:** автоматизация разработки программных компонентов, интеллектуальная система, концептуальная модель, база знаний, трансформация моделей

Работа посвящена проблеме повышения эффективности создания интеллектуальных систем и их подсистем (компонентов). Основную сложность при разработке интеллектуальных систем представляет этап формирования баз знаний. Эффективность данного этапа может быть повышена путем трансформации концептуальных моделей, построенных при помощи различных программных средств онтологического моделирования или CASE- средств, в код баз знаний, представленных на определенном языке представления знаний. При этом актуальным является создание унифицированного подхода (технологии) для поддержки разработки программных компонентов интеллектуальных систем, обеспечивающих формирование (генерацию) баз знаний путем трансформации концептуальных моделей.

## SUMMARY

### CONCEPT OF APPROACH TO CREATING SOFTWARE COMPONENTS FOR GENERATION OF KNOWLEDGE BASES IN INTELLECTUAL CONTROL SYSTEMS

*Manafova Kh.I.*

**Key words:** automation of software components development, intellectual systems, conceptual model, knowledge base, model transformation

The article discusses the problem of improving the process of designing intellectual systems and their components. The main problem in designing of intellectual systems is the stage of creating knowledge bases. The efficiency of this stage can be improved by the transformation of conceptual (information) models into program codes of knowledge bases. In turn the conceptual models can be created with the aid of different CASE tools or software for cognitive and ontological modeling; knowledge bases can be represented by the specific knowledge representation languages. Therefore, the creation of the unified approach (technology) for developing software components of intelligent systems providing generation of knowledge bases by transformation of conceptual models is actual.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	05.04.2019
	Son variant	25.09.2019



УДК 621.311.019.3

## УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

<sup>1</sup>АХМЕДОВ ДИЯР АСЛАН оглу  
<sup>2</sup>АХМЕДОВА АЛМАРА ШЕКЕР гызы  
<sup>3</sup>АХМЕДОВ АСЛАН ДИЯР оглу

*Сумгаитский государственный университет, 1-дисертант, 2-инженер, 3-доцент*

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, диагностика, граф переходов, вероятность состояния, показатели надежности, стационарный режим.

*Рассмотрены принципы учета характера и степени влияния системы диагностирования на показатели надежности асинхронного двигателя в зависимости от метода диагностирования. Получены соотношения, позволяющие оценить эффективность системы диагностирования.*

**Введение.** Характер и степень влияния системы диагностирования на показатели надежности электрических машин необходимо рассматривать с учетом структуры технических средств диагностирования, методов диагностирования и режимов работы машины. При этом необходимо установить взаимосвязь между всеми принятыми к рассмотрению показателями. Большие возможности для решения этой задачи дает построение и анализ модели системы диагностирования в форме графа состояний, представляющего собой описание однородного марковского процесса перехода системы из одного состояния в другое.

**Постановка задачи.** Как известно, асинхронный двигатель [АД], работающий в длительном режиме, можно принять как объект непрерывного действия. При этом принимаем, что АД диагностируется комплексным методом, периодически в режимах холостого хода нагрузки, а также во время невыполнения функциональных физических процессов. Технические средства диагностики абсолютно надежны и в процессе диагностирования дефекты, приводящие к отказу АД, не возникают.

Для построения модели на основе анализа режимов работы АД определены совокупность возможных состояний системы диагностирования  $S=\{S_i\}$ ,  $i=1,n$  и пути переходов. Модель строится в виде ориентированного графа  $G(P,Q)$ , множество вершин которого  $P=\{p_i\}$ ,  $i=1,n$  соответствуют числу  $n$  возможных состояний, а множество ветвей определяет множество возможных переходов. Каждой  $i$ -й вершине графа соответствует вероятность нахождения системы в  $i$ -м состоянии  $P_i(t)$ , операторы ветвей представляют собой интенсивности переходов из  $i$ -го в  $j$ -е состояние. Возможные состояния в процессе эксплуатации АД как система могут быть:

$S_1$ - АД в рабочем режиме работоспособен;

$S_2$  – АД диагностируется, работоспособен;

$S_3$  – АД неработоспособен, восстанавливается и диагностируется.

**Теоретическая часть.** Используя правила приведенной в [1], по графу переходов (рис.1) составляем систему дифференциальных уравнений :

$$\begin{cases} P_1'(t) = \nu P_2(t) + \mu P_3(t) - (\gamma + \lambda)P_1(t); \\ P_2'(t) = \gamma P_1(t) - \nu P_2(t); \\ P_3'(t) = \lambda P_1(t) - \mu P_3(t) \end{cases} \quad (1)$$

где  $\gamma = 1/T_\delta$ ;  $\gamma$ - интенсивность диагностирования;  $T_\delta$  – периодичность диагностирования;  $\nu = 1/T_n$  – средняя интенсивность перевода объекта из режима диагностирования в рабочий;  $\lambda = 1/T_o$  – интенсивность отказа объекта;  $T_o$ -среднее время безотказной работы объекта;  $\mu = 1/T_{в\text{ ср}}$ ;  $\mu$ - интенсивность восстановления объекта;  $T_{в\text{ ср}}$  – среднее время восстановления объекта.

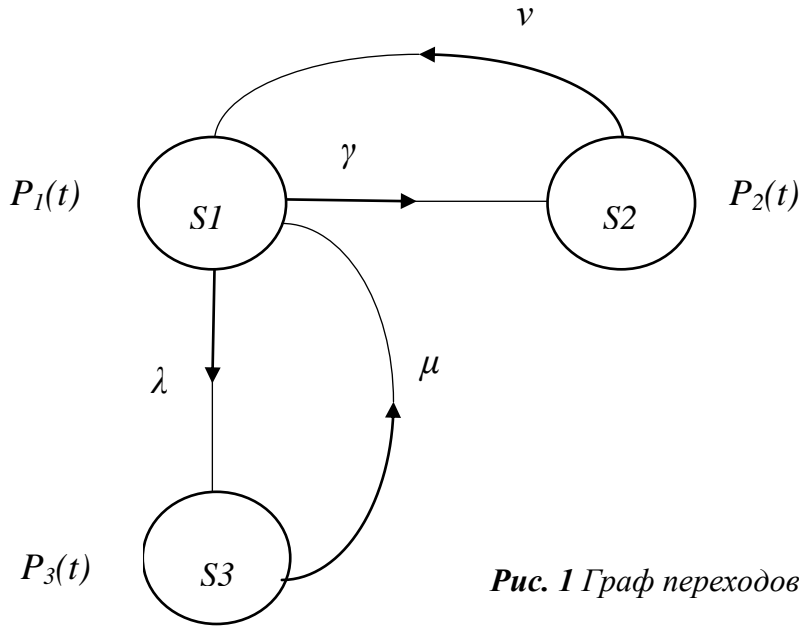


Рис. 1 Граф переходов

Применяя преобразования Лапласа к (1) и учитывая, что в начальный момент  $t=0$  система была исправна, то  $P_1(0)=1$ ,  $P_2(0)=0$ ,  $P_3(0)=0$ , получим уравнения в операторной форме:

$$\begin{cases} (\varepsilon + \gamma + \lambda)P_1(\varepsilon) - \nu P_2(\varepsilon) - \mu P_3(\varepsilon) = 1; \\ -\gamma P_1(\varepsilon) + (\varepsilon + \nu)P_2(\varepsilon) = 0; \\ -\lambda P_1(\varepsilon) + (\varepsilon + \mu)P_3(\varepsilon) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Пользуясь правилом Крамера, определяем  $P_i(\varepsilon) = D_i/D$ , где  $D$ - определитель, а  $D_i$ - его дополнение. После чего в полученном выражении, проведя преобразования, находим:

$$P_1(\varepsilon) = \frac{\mu + \nu}{(\varepsilon - \varepsilon_1)(\varepsilon - \varepsilon_2)} + \frac{\nu \mu}{\varepsilon(\varepsilon - \varepsilon_1)(\varepsilon - \varepsilon_2)} + \frac{1}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon - \varepsilon_1} - \frac{\varepsilon}{\varepsilon - \varepsilon_2} \right) \quad (3)$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – корни характеристического уравнения, значения которых равны

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{-(\lambda + \nu + \gamma + \mu) \pm \sqrt{(\lambda + \nu + \gamma + \mu)^2 - 4(\lambda\nu + \nu\mu + \mu\lambda)}}{2}$$

Путем таких же преобразований определены выражения для  $P_2(\varepsilon)$  и  $P_3(\varepsilon)$

$$\begin{aligned} P_2(\varepsilon) &= \frac{\gamma}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \left( \frac{1}{\varepsilon - \varepsilon_1} - \frac{1}{\varepsilon - \varepsilon_2} \right) + \frac{1}{\varepsilon} * \frac{\gamma \mu}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \left( \frac{1}{\varepsilon - \varepsilon_1} - \frac{1}{\varepsilon - \varepsilon_2} \right) \\ P_3(\varepsilon) &= \frac{\lambda}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \left( \frac{1}{\varepsilon - \varepsilon_1} - \frac{1}{\varepsilon - \varepsilon_2} \right) + \frac{1}{\varepsilon} * \frac{\lambda \nu}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \left( \frac{1}{\varepsilon - \varepsilon_1} - \frac{1}{\varepsilon - \varepsilon_2} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

Пользуясь обратным преобразованием Лапласа [2], находим значения вероятностей  $P_1(t)$ ,  $P_2(t)$  и  $P_3(t)$ :

$$\begin{aligned}
 P_1(t) &= \frac{[\nu(1+\mu)+\mu+\varepsilon_1]e^{-\varepsilon_1 t}-[\nu(1+\mu)+\mu+\varepsilon_2]e^{-\varepsilon_2 t}}{\varepsilon_1-\varepsilon_2} \\
 P_2(t) &= \frac{\gamma(1+\mu)(e^{-\varepsilon_1 t}-e^{-\varepsilon_2 t})}{\varepsilon_1-\varepsilon_2}, \\
 P_3(t) &= \frac{\lambda(1+\nu)(e^{-\varepsilon_1 t}-e^{-\varepsilon_2 t})}{\varepsilon_1-\varepsilon_2}.
 \end{aligned} \tag{5}$$

При длительной эксплуатации, во время которой система проводит в любом из состояний, не зависит от начального периода рассмотрения процесса работы системы. Тогда для установившегося и длительного режима работы системы в пределе значения любой вероятности  $P_i(t)$  будет постоянным  $\lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = P$ . Как известно, рассматриваемая система с АД является ординарной, поэтому можно принять, что события  $P_1, P_2, P_3$  несовместны, так как может иметь место в одно и тоже время только одно из них. В связи с этим можно записать:

$$P_1(\infty)+P_2(\infty)+P_3(\infty)=1.$$

Принимая последние рассуждения и используя (1), составим систему уравнений, описывающих установившийся режим различных состояний системы:

$$\begin{cases}
 -(\lambda + \gamma) P_1(\infty) + \nu P_2(\infty) + \mu P_3(\infty) = 0; \\
 \gamma P_1(\infty) - \nu P_2(\infty) = 0; \\
 \lambda P_1(\infty) - \mu P_3(\infty) = 0; \\
 P_1(\infty) + P_2(\infty) + P_3(\infty) = 1.
 \end{cases} \tag{6}$$

Решая (5) относительно  $P_1, P_2$  и  $P_3$  получим:

$$P_1(\infty) = \frac{\nu\mu}{\lambda\nu + \nu\mu + \gamma\mu}; \quad P_2(\infty) = \frac{\gamma\mu}{\lambda\nu + \nu\mu + \gamma\mu}; \quad P_3(\infty) = \frac{\lambda\nu}{\lambda\nu + \nu\mu + \gamma\mu}. \tag{7}$$

Используя соотношения (7) определяем комплексные показатели надежности системы, коэффициент готовности  $K_2^{\partial}$  и коэффициент технического использования  $K_{ми}$  с учетом системы диагностирования:

$$\partial = P_1(\infty) + P_2(\infty) = \frac{\mu(\nu+\gamma)}{\lambda\nu + \nu\mu + \gamma\mu}; \quad K_{ми} = P_1(\infty) = \frac{\nu\mu}{\lambda\nu + \nu\mu + \gamma\mu}.$$

Для оценки влияния системы диагностирования находим вероятность безотказной работы АД, из (1), приняв условия  $P_2(t)=0, \gamma=0$  и  $\nu=0$ . При этом получим:

$$P_1(t) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} e^{-(\lambda+\mu)t}. \tag{9}$$

Отсюда вероятность отказа АД:

$$P_3(t) = 1 - P_1(t) = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} - \frac{\lambda}{\lambda+\mu} e^{-(\lambda+\mu)t}. \tag{10}$$

При  $t \rightarrow \infty$  имеем :

$$P_1(\infty) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} \quad \text{и} \quad P_3(\infty) = \frac{\lambda}{\lambda+\mu}. \tag{11}$$

Для учета влияния системы диагностирования на показатели надежности АД, было проведено сравнение коэффициентов готовностей полученных с применением и без применения системы диагностирования, задавая значения интенсивностей  $\gamma, \nu, \lambda, \mu$  и показателей  $T_d, T_n, T_o$  и  $T_b$ . При этом получено  $K_r^A > K_r, 0,9954 > 0,9523$ , а также установлено, что при применении системы диагностирования можно повысить и другие показатели надежности АД.

**Заключение.** Полученные соотношения не только позволяют оценить эффективность системы диагностирования, но и дают возможность решить задачу оптимизации для различных вариантов задания показателей надежности исследуемого объекта и показателей диагностирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике Л.: Энергоатомиздат, 1990, 208с.
2. Конторович М.И. Операционное исчисление и процессы в электрических цепях М.: Советское радио, 1975, 320с.

## XÜLASƏ

### **DİAQNOSTİKA SİSTEMİNİN GÖSTƏRİCİLƏRİNİN ASİNXRON MÜHƏRRİKİN ETİBARLILIQ GÖSTƏRİCİLƏRİNƏ TƏSİRİNİN NƏZƏRƏ ALINMASI**

*Əhmədov D.A., Əhmədova A.Ş., Əhmədov A.D.*

*Açar sözlər: asinxron mühərrik, diaqnostika, keçid qrafı, vəziyyətin ehtimalı, etibarlıq göstəriciləri, stasionar rejim.*

Asinxron mühərrikin etibarlılıq göstəricilərinə diaqnostika sisteminin və diaqnostika metodunun təsirinin nəzərə alınma prinsiplərinə baxılmışdır. Diaqnostika sisteminin effektivliyini qiymətləndirilməsinə və məsələnin optimal həllinə imkan verən ifadələr alınmışdır. Alınan əlaqələr diaqnostika sisteminin effektivliyini qiymətləndirməyə, həm də tədqiq olunan obyektin etibarlılıq göstəricilərinin və diaqnostika göstəricilərinin təyin edilməsinin müxtəlif variantları üçün optimallaşdırma məsələsini həll etməyə imkan verir.

## SUMMARY

### **PRINCIPLES OF CONSIDERING FOR THE INFLUENCE OF INDICATORS OF THE DIAGNOSTIC SYSTEM ON THE RELIABILITY INDICATORS OF AN INDUCTION MOTOR**

*Ahmadov D.A., Ahmadova A.Sh., Ahmadov A.D.*

*Key words: asynchronous motor, diagnostics, transition graph, probability state, reliability indicators, stationary mode.*

The principles of taking into account the nature and degree of influence of the system diagnosing on the reliability indicators of an induction motor depending on the method of effectiveness of the diagnostic system are studied in the article. The obtained relations not only allow to evaluate the effectiveness of the diagnostic system, but also make it possible to solve the optimization problem for various options for specifying the reliability of the object under study and diagnostic indicators.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	25.02.2019
	Son variant	25.09.2019

УДК 539.3

## УСТОЙЧИВОСТЬ ПРЯМОГО СТЕРЖНЯ ИЗ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА С ЖЕСТКО ЗАКРЕПЛЕННЫМИ КОНЦАМИ

ЭФЕНДИЕВ ОРХАН ЯГУБ оглу

*Азербайджанский архитектурно-строительный университет, Баку, Азербайджан, докторант*  
[o.efendiyev@mail.ru](mailto:o.efendiyev@mail.ru)

**Ключевые слова:** *устойчивость, пористость, тонкостенность, физическая нелинейность, геометрическая нелинейность, перемещение, деформация, напряжение.*

**Введение.** В статье рассматривается задача о потере устойчивости прямого стержня с прямоугольным поперечным сечением. Концы стержня жестко закреплены. Материал стержня выполнен из пористого материала. Поэтому, связи между деформациями и напряжениями являются нелинейными. Также, учитывается геометрическая нелинейность в одном из поперечных направлений. Таким образом, задача является и физически и геометрически нелинейной, из чего следует что, её решение связано с большими математическими трудностями. Для устранения этих трудностей при решении задачи применен вариационный принцип. Эйлера уравнения предложенного функционала дают систему нелинейных дифференциальных уравнений, которая решена с применением метода Рунге-Кутты четвертого порядка. Графически построены зависимости критических значений сжимающей силы от начального прогиба и относительной толщины.

**Математическая постановка задачи/** Стержень постоянной толщины, из пористого материала, находится в вертикальном положении, причем верхняя опора свободно перемещается в вертикальном направлении и на него действует центрально - сжимающая сила  $P$ . Нижний конец жестко закреплен. Считается, что стержень тонкий. Температура и коэффициент Пуассона считаются постоянными. Требуется определить критическую силу, соответствующую потере устойчивости.

Введем декартову систему координат  $oxuz$  так, чтобы ось  $x$  была направлена по оси стержня и проходила через центр тяжести поперечного сечения, а оси  $y$  и  $z$  направим по главным осям инерции поперечного сечения. Сделаем следующие предположения: 1) Геометрическая нелинейность имеет место только в направлении нормали  $z$ . 2) Сечения, перпендикулярные к оси стержня до деформирования, остаются перпендикулярными к оси стержня и после деформирования. 3) В направлении оси  $y$  точки стержня не получают перемещения и остальные величины не зависят от  $y$ . 4) В направлении оси  $y$  толщина стержня равна единице. 5) Начало системы координат находится на срединной поверхности недеформированного стержня, длина стержня равна  $2l$ , причем  $-l \leq x \leq l$ . 6) В направлении оси  $z$  толщина стержня равна  $2h$ , причем  $-h \leq z \leq h$ .

Тогда компоненты тензора деформаций срединной поверхности и её изгиба выражаются через компоненты вектора перемещения на срединной поверхности следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2; \quad \varpi = -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \quad (1)$$

где  $w$ -перемещения точек срединного слоя в направлении оси  $z$ ,  $\varepsilon(x,t)$ ,  $\varpi(x,t)$ - соответственно, деформация и изменение кривизны на срединной поверхности стержня,  $t$ -время. Уравнение равновесия с учетом геометрической нелинейности, связь между компонентами тензора

деформаций и напряжений и граничные условия в декартовой системе координат имеют следующий вид [1]

$$[\sigma_{ij}(u_{\alpha,i} + \delta_{\alpha i})]_{,j} = 0 \quad (2)$$

$$\varepsilon_{ij} = (1 - k_0) \left( \frac{1+\nu}{E_{сек}} \sigma_{ij} - \frac{\nu I_1}{E_{сек}} \delta_{ij} \right) \quad (3)$$

$$\begin{cases} \sigma_{ij}(\delta_{\alpha i} + u_{\alpha,i}) \cdot n_j = \bar{N}_\alpha & \text{на } S_\sigma \\ u_i = \bar{u}_i & \text{на } S_u \end{cases} \quad (4)$$

где

$$k_0 = \sqrt{\frac{\sigma_m^2}{I_1^2 + 2(1+\nu)I_2} - 1} \quad (5)$$

$\sigma_m$  – максимальное значение нормального напряжения,  $E_{сек}$  – секущий модуль упругости в момент разрыва, которые всегда можно определить из эксперимента на одноосное растяжение.  $\varepsilon_{ij}$ ,  $\sigma_{ij}$  – компоненты тензоров деформации и напряжения,  $\delta_{ij}$  – символы Кронекера,  $I_1, I_2$  – соответственно первый и второй инварианты тензора напряжений, запятые означает дифференцирование по координате с индексом, который следует после запятой,  $u_\alpha$  – компоненты вектора перемещений,  $n_j$  – компоненты вектора нормали,  $\bar{N}_i$  – заданные компоненты вектора поверхностных сил на  $S_\sigma$ ,  $\bar{u}_i$  – заданные перемещения на поверхности  $S_u$ , по повторяющимся индексам идет суммирование от 1 до 3.

Систему (3) перепишем следующим образом:

$$\varepsilon_{ij} = \left( \frac{1-k_0}{E_{сек}} \right) [(1 + \nu)\sigma_{ij} - \nu \cdot I_1 \delta_{ij}] \quad (6)$$

Введем следующее обозначение:

$$K = \frac{1-k_0}{E_{сек}} \quad (7)$$

С учетом (7) в (6) имеем:

$$\varepsilon_{ij} = K[(1 + \nu)\sigma_{ij} - \nu I_1 g_{ij}] \quad (8)$$

Задачу будем решать вариационным методом. Предлагаемый функционал имеет следующий вид [2]:

$$J = \int_V \left\{ \dot{\sigma}_{ij} \dot{\varepsilon}_{ij} + \frac{1}{2} \sigma_{ij} \dot{u}_{\alpha,j} \dot{u}_{\alpha,i} - \dot{\sigma}_{ij} [K((1 + \nu)\sigma_{ij} - \nu I_1 \delta_{ij}) + K((1 + \nu)\dot{\sigma}_{ij} - \nu \dot{I}_1 \delta_{ij})] \right\} dV - \int_{S_\sigma} \dot{N}_i \dot{u}_i ds + \int_{S_u} (\dot{u}_i - \bar{u}_i) \dot{N}_i ds \quad (9)$$

Где точка над величинами означает производную по времени.  $V$  – объем,  $s_u$  – площадь поперечного сечения стержня. При линейном напряженном состоянии  $\sigma_{11} = \sigma$  и остальные компоненты тензора напряжений равны нулю. Из системы (3) получается, что

$$\tilde{\varepsilon} = \left( \frac{1-k_0}{E_{сек}} \right) \tilde{\sigma} \quad (10)$$

Где  $\tilde{\varepsilon} = \varepsilon_{11}$ ;  $\tilde{\sigma} = \sigma_{11}$

$$k_0 = \sqrt{\frac{\sigma_m^2}{\tilde{\sigma}^2} - 1} \quad (11)$$

Из (9) с учетом (10) и (11) получим:

$$J = \int_V \left[ \dot{\tilde{\sigma}} \dot{\tilde{\varepsilon}} + \frac{1}{2} \tilde{\sigma} \left( \frac{\partial \dot{w}}{\partial x} \right)^2 - \dot{\tilde{\sigma}} (K \tilde{\sigma} + K \dot{\tilde{\sigma}}) \right] dV - \int_{S_\sigma} \dot{P} u ds \quad (12)$$

На основе известных соотношений, компонент тензора конечной деформации  $\tilde{\varepsilon}$  в слое стержня, удаленном на расстоянии  $z$  от срединного слоя, имеет вид [3]:

$$\tilde{\varepsilon} = \varepsilon + z \vartheta \quad (13)$$

Компонент тензора напряжений в произвольной точке стержня имеет вид [3]:

$$\tilde{\sigma} = \frac{1}{2h} N(x, t) + \frac{3z}{2h^3} M(x, t) \quad (14)$$

Где

$$N(x, t) = \int_{-h}^h \tilde{\sigma} dz; \quad M(x, t) = \int_{-h}^h z \tilde{\sigma} dz \quad (15)$$

Приравнивая первую вариацию (12) к нулю, имеем:

$$\delta J = \int_V [\dot{\sigma} \delta \dot{\varepsilon} + \dot{\varepsilon} \delta \dot{\sigma} + \dot{\sigma} \frac{\partial w}{\partial x} \delta \frac{\partial w}{\partial x} - (\dot{K} \cdot \dot{\sigma} + 2K \cdot \dot{\sigma}) \delta \dot{\sigma} - \dot{\sigma} \delta \dot{K}] dV - \int_{S_\sigma} \dot{p} \delta u dS = 0 \quad (16)$$

Подставляя (14) и (15) в (16) и раскрывая интегралы по  $z$ , имеем

$$\begin{aligned} \delta J = \int_{-l}^l [\dot{N} \delta \dot{\varepsilon} + \dot{M} \delta \dot{\nu} + \dot{\varepsilon} \delta \dot{N} + \dot{\nu} \delta \dot{M} + N \frac{\partial w}{\partial x} \delta \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{1}{2h} (\dot{K}_0 N + 2K_0 \dot{N} + \dot{K}_1 M + 2K_1 \dot{M}) \delta \dot{N} - \\ - \frac{3}{2h^3} (\dot{K}_0 M + 2K_0 \dot{M} + \frac{h^2}{3} (\dot{K}_1 N + 2K_1 \dot{N})) \delta \dot{M} - (\frac{1}{2h} \dot{N} N + \frac{3}{2h^3} M \dot{M}) \delta \dot{K}_0 - \\ - \frac{1}{2h} (N \dot{M} + M \dot{N}) \delta \dot{K}_1] dx - \dot{P} \cdot \delta u(0, t) = 0 \end{aligned} \quad (17)$$

Граничные условия можем записать в виде

$$w(x, \tau)|_{x=-l, l} = 0; \quad \frac{\partial w}{\partial x}|_{x=-l, l} = 0 \quad (18)$$

**Метод решения задачи.** Исходя из граничных условий (18) и физических соображений, для прогиба  $w(x, \tau)$  примем следующую аппроксимацию:

$$w(x, \tau) = \varphi(\tau) \cdot \cos^2 \frac{\pi x}{2l}; \quad \frac{\partial w}{\partial x} = -\frac{\pi}{2l} \dot{\varphi} \sin \frac{\pi x}{l} \quad (19)$$

где  $\varphi(\tau)$ -неизвестная функция времени. Для  $u(x, \tau)$  выберем следующую аппроксимацию:

$$u(x, \tau) = \psi(\tau)x \quad (20)$$

где  $\psi(\tau)$ -неизвестная функция времени.

Тогда компоненты тензора скорости деформации срединной поверхности имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\varepsilon} &= \frac{\partial \dot{u}}{\partial x} + \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right]' = \dot{\psi}(\tau) + \frac{\pi^2}{2l^2} \cdot \varphi(\tau) \cdot \dot{\varphi}(\tau) \sin^2 \frac{\pi x}{l} \\ \dot{\nu} &= \left[ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right]' = -\frac{\pi^2}{2l^2} \dot{\varphi}(\tau) \cos \frac{\pi x}{l} \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Исходя из уравнения состояния (10) и физических соображений для  $N(x, t)$  и  $M(x, t)$  примем следующие аппроксимации:

$$N(x, t) = N_1(t) + N_2(t) \sin^2 \frac{\pi x}{l}; \quad M(x, t) = M(t) \cos \frac{\pi x}{l} \quad (22)$$

Где  $N_1(t)$ ,  $N_2(t)$ ,  $M(t)$ - неизвестные функции времени.

Упростим выражения для  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $\dot{K}_0$ , и  $\dot{K}_1$ . Для этого разложим выражения этих величин в ряд Тейлора по  $N$ , около точки  $N_0 = 2h\sigma_b$ , где  $\sigma_b$  – предел выносливости и соответствует точке на диаграмме одноосного растяжения, начала криволинейной части диаграммы. В работе [Америка] получено, что  $\sigma_b = \sqrt{2}\sigma_e$ . Тогда:

$$\sqrt{4h^2\sigma_m^2 - N_0^2} = 2h\sigma_b = N_0 \quad (23)$$

Подставляя (23) в (14) и оставляя только линейные члены, получаем:

$$K_0(N_0) = 0; \quad K_0(N) \approx K_0(N_0) + \frac{\partial(K_0(N_0))}{\partial N} = \frac{3}{N_0 E_{cek}} (N - N_0) \quad (24)$$

$$K_1(N_0) = \frac{3M}{E_{cek} h^2 N_0}; \quad \frac{\partial(K_1(N_0))}{\partial N} = 0$$

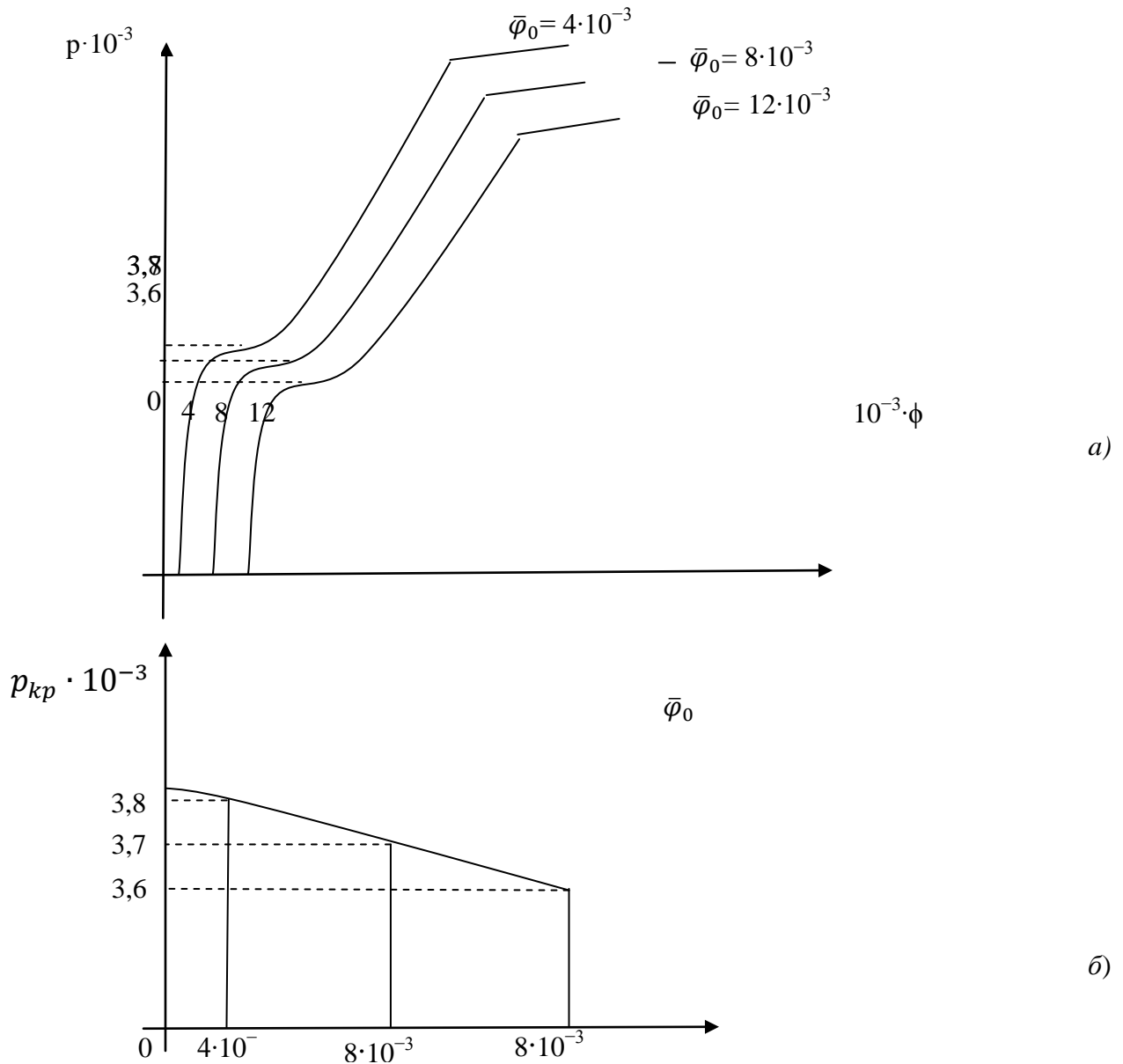
Тогда

$$K_1 \approx \frac{3M}{E_{cek} h^2 N_0} \quad (25)$$

Из (24) и (25)

$$\dot{K}_0 = \frac{3}{N_0 E_{cek}} \dot{N}; \quad \dot{K}_1 = \frac{3\dot{M}}{E_{cek} h^2 N_0} \quad (26)$$

$$\delta \dot{K}_0 = \frac{3}{N_0 E_{cek}} \delta \dot{N}; \quad \delta \dot{K}_1 = \frac{3\delta \dot{M}}{E_{cek} h^2 N_0} \quad (27)$$



**Рис.1.** Зависимость  $p = p(\bar{\varphi})$  в различных значениях начального прогиба  $\bar{\varphi}_0$  (а) и  $p_{кр} = p_{кр}(\bar{\varphi}_0)$  (б) для прямого стержня при  $\gamma=30$

С учетом (24) и (25), (17) получает вид:

$$\int_{-l}^l [\dot{N} \delta \dot{\epsilon} + \dot{M} \delta \dot{\alpha} + N \frac{\partial w}{\partial x} \delta \frac{\partial w}{\partial x} + \left( \dot{\epsilon} - \frac{3}{2E} (4\dot{N}N - 2\dot{N}N_0 + \frac{3}{h^2} M\dot{M}) \right) \delta \dot{N} + \left( \dot{\alpha} - \frac{3}{h^2 E} (3\dot{N}M + 4N\dot{M} - 3N_0\dot{M}) \right) \delta \dot{M}] dx - 2\dot{h}\dot{P} \cdot \delta \dot{u} = 0 \quad (28)$$

Где введено обозначение

$$E = hN_0 E_{сек} \quad (29)$$

Подставим выражения для  $\dot{\epsilon}$ ,  $\dot{\alpha}$ ,  $\dot{N}$ ,  $\dot{M}$  в (28). Тогда из (23):

$$\dot{N} = \dot{N}_1 + \dot{N}_2 \sin^2 \frac{\pi x}{l}; \quad \dot{M} = \dot{M} \cos \frac{\pi x}{l} \quad (30)$$

Подставляя (30) в (28), раскрывая интегралы и приравнивая к нулю коэффициенты независимых вариаций получаем:



$$\begin{cases} 2\dot{n}_1 + \dot{n}_2 - 2p = 0 \\ 2f(4\dot{n}_1 + 3\dot{n}_2) - 8\dot{m} + \dot{f}(4n_1 + 3n_2) = 0 \\ 8n_0\dot{\psi} + 2\pi^2 n_0 f \dot{f} - 12(8n_1\dot{n}_1 + 4n_1\dot{n}_2 + n_2\dot{n}_2 - \\ 16\dot{n}_1 n_0 - 8\dot{n}_2 n_0) + 36\gamma^2 m \dot{m} = 0 \\ 8n_0\dot{\psi} + 3\pi^2 n_0 f \dot{f} - 12(4n_1\dot{n}_1 + 3(n_1\dot{n}_2 + \dot{n}_1 n_2) + 7n_2\dot{n}_2 - \\ 8\dot{n}_1 n_0 - 2\dot{n}_2 n_0) + 36\gamma^2 m \dot{m} = 0 \\ 2\pi^2 \gamma n_0 f + 9\gamma(4\dot{n}_1 m + \dot{n}_2 m - \dot{m}) = 0 \end{cases} \quad (31)$$

Где введены следующие обозначения безразмерных величин:

$$n_1 = \frac{N_1}{hE_{сек}}; n_2 = \frac{N_2}{hE_{сек}}; n_0 = \frac{N_0}{hE_{сек}}; p = \frac{P_0}{E_{сек}}; f = \frac{\varphi}{l}; m = \frac{M}{h^2 E_{сек}}; \gamma = \frac{l}{h} \quad (32)$$

Начальные условия для системы (31) будут: При  $t = 0$ ;

$$f(0) = \bar{f}; \psi(0) = 0; n_1(0) = n_2(0) = n_{10}(0) = n_{20}(0) = m(0) = m_0(0) = 0$$

Где  $\bar{f}$  – безразмерный начальный прогиб стержня.

**Численные результаты.** Система дифференциальных уравнений (31) с учетом начальных условий решена на ЭВМ методом Рунге-Кутты четвертого порядка. Полученные результаты показаны на графиках. На рисунках 1–2 даны зависимости  $p = p(\bar{\varphi})$  для различных значений  $\bar{\varphi}_0$  и  $\gamma$ . Кроме этого, на рисунках даны зависимости критического момента выпучивания от начального прогиба. На рисунке (рис.1,2 б) дана зависимость критической сжимающей силы  $p$  от относительной толщины  $\gamma$ , при данном значении начального прогиба. Как видно из графиков, условная критическая сжимающая сила, значит и условное критическое время  $t_{кр}$ , уменьшается с ростом начального прогиба и относительной толщины  $\gamma$ . При расчетах длину шага брали  $H=10^{-5}$ .

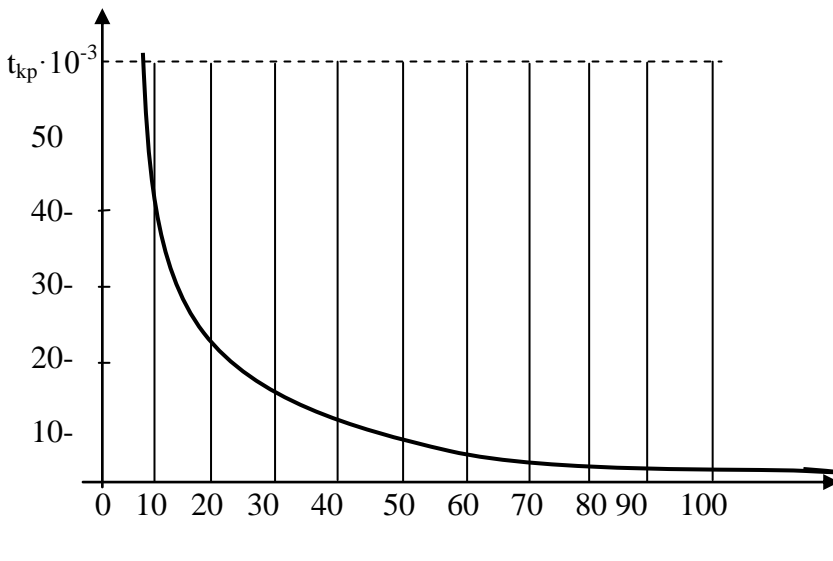


Рис. 2. Зависимость критического момента выпучивания от относительной толщины стержня в данном значении начального прогиба.

Изложим алгоритм, по которому решена система (31). Систему (31) перепишем в следующем виде.

$$\dot{y}_i = f_i(y_1, y_2, y_3, \dots, y_7, t) \quad (33)$$

где  $i=1,2,\dots,5$ .

Если обозначить значения  $y_i$  ( $i=\overline{1,5}$ ) в  $n$ -ом шаге через  $y_i^n$  ( $i=\overline{1,5}$ ), то на  $n+1$ -ом шагу значения этих величин по методу Рунге-Кутты четвертого порядка будут следующие:

$$y_i^{n+1} = y_i^n + \frac{H}{6}(k_{1i} + 2k_{2i} + 2k_{3i} + k_{4i})$$

где  $H$  – длина шага,

$$\begin{aligned}
 k_{1i} &= f_i(y_1^n, y_2^n, \dots, y_7^n, t^n) \\
 k_{2i} &= f_i\left(y_1^n + \frac{H}{2}k_{11}, y_2^n + \frac{H}{2}k_{12}, \dots, y_7^n + \frac{H}{2}k_{17}, t^n + \frac{H}{2}\right) \\
 k_{3i} &= f_i\left(y_1^n + \frac{H}{2}k_{21}, y_2^n + \frac{H}{2}k_{22}, \dots, y_7^n + \frac{H}{2}k_{27}, t^n + \frac{H}{2}\right) \\
 k_{4i} &= f_i(y_1^n + Hk_{31}, y_2^n + Hk_{32}, \dots, y_7^n + Hk_{37}, t^n + H)
 \end{aligned}$$

**Выводы.** Ниже приводится зависимости  $p = p(\bar{\varphi})$  в различных значениях начального прогиба  $\bar{\varphi}_0$  (а) и  $p_{кр} = p_{кр}(\bar{\varphi}_0)$  (б) для прямого стержня при различных значениях относительной толщины  $\gamma$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гасанов Р.А. Общий вид уравнения состояния пористой среды / Р.А. Гасанов, А.С.Гулгезли, А.И.Зейналов // Азербайджанское нефтяное хозяйство. 2016, с.31-33
2. Gulgezli A.S. Variational principle for determining the stresses – strain state of porous bodies / Gulgezli A.S., Efendiyev O.Y. // International journal of Current Research. Issue10, October 2017, V.9.
3. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. М.: Наука, 1972, 432 с.
4. Hasanov R.A. Modeling design and analysis of multi-layer axide fuel cells inb. / Hasanov R.A., Vasylyev O., Smirnova A., Gulgazli A.S. // J.Hydrogen Energi. 36,- №2 2011. pp.1671-1682.

#### XÜLASƏ

#### MƏSAMƏLİ MATERIALDAN HAZIRLANMIŞ, UCLARI SƏRT BƏRKİDİLMİŞ DÜZ ÇUBUĞUN DAYANIQLIĞI

Əfəndiyev O.Y.

**Açar sözlər:** dayanıqlıq, məsaməlilik, nazıkdıvarlı, fiziki qeyri-xəttilik, həndəsi qeyri-xəttilik, yerdəyişmə, deformasiya, gərginlik.

Məqalədə düzbucaqlı en kəsikli çubuğun dayanıqlığını itirməsi məsələsinə baxılır. Çubuğun ucları sərt birləşdirilmişdir. Çubuq məsaməli materialdan hazırlanmışdır, ona görə də deformasiyalar və gərginliklər arasında əlaqələr qeyri-xəttidir. Həmçinin eninə istiqamətlərin birində həndəsi qeyri-xəttilik nəzərə alınır. Bu halda məsələdə həm fiziki, həm də həndəsi qeyri-xəttilik yaranır ki, bu da nəticə etibarilə onun həllində böyük riyazi çətinliklərə gətirib çıxarır. Bu riyazi çətinliklərin aradan qaldırılması üçün məsələnin həllində variasiya prinsipindən istifadə edilir. Təklif olunan funksionalın Euler tənlikləri dördüncü sıra Runge-Kutta üsulu ilə həll edilən qeyri-xətti diferensial tənliklər sistemi verir. Sıxıcı qüvvənin kritik qiyməti ilə başlanğıc əyilmə və nisbi qalınlıq arasındakı asılılıq qrafiki göstərilmişdir.

#### SUMMARY

#### STABILITY OF DIRECT STEERING OF POROUS MATERIAL WITH RIGIDLY FIXED ENDING

Afandiyev O.Y.

**Key words:** stability, porosity, wall thinness, physical nonlinearity, geometric nonlinearity, displacement, deformation, stress.

In the article the problem of the loss of straight rod's stability with a rectangular cross section is considered. The ends of the rod are fixed rigidly. The material of the rod is made of porous material. Therefore, the connections between deformations and stresses are nonlinear. The geometric nonlinearity in one of the transverse directions is also taken into account. Thus, the problem is both physically and geometrically nonlinear, from which it follows that, its solution is associated with great mathematical difficulties. To eliminate these difficulties in solving the problem, a variational principle is applied. The Euler equations of the proposed functional give a system of nonlinear differential equations, which is solved using the fourth-order Runge-Kutta method. The dependencies of the critical values of the compressive force on the initial deflection and the relative thickness are plotted graphically.

Daxilolma tarixi: İlkin variant 06.03.2019  
Son variant 25.09.2019

## MÜNDƏRİCAT \* СОДЕРЖАНИЕ \* CONTENTS

***Fizika və riyaziyyat***

1. *Мамедов И.Г., Абдуллаева А.Дж.* Задача оптимального управления для одного интегро-дифференциального уравнения 3D Бианки с негладкими коэффициентами при условиях на арифметической середине области 4
2. *Агаева У.М.* Негатронные эффекты в твердых растворах  $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$  14

***Kimya***

3. *Аббасов В.М., Мамедов С.А., Гулиев А.Д., Сафарли Г.И.* Подбор природных наполнителей для асфальтобетона 17
4. *Мамедова С.Г., Багиев В.Л.* Рентгенографическое исследование бинарных цинк-медь, хром-медь и церий-медь оксидных систем 22
5. *Abdullayev S.E.* Azərbaycan neftlərindən mühərrik baza yağlarının alınması yolları 27
6. *İsmayilova R.İ.* Bioqliserin əsasında tərkibində halogen atomları saxlayan alifatik quruluşlu, çoxşaxəli oliqoefir metakrilatların sintezi və tədqiqi 31
7. *Səmədli V.M.* Tozşəkilli maddələrin dənəvərləşməsi prosesinin sistem təhlili və riyazi modellərində determinləşmə və təsadüfilik 36
8. *Mürşüdlü N.A.* 2-metilfenolun metanolla alkiləşməsilə 2.6-dimetilfenolun alınma prosesinin kinetik modeli 40
9. *Ibrahimova Sh.A.* Extraction-spectrophotometric study on the Complex formation in the cobalt (ii) - 2-hydroxy-5-nitrothiophenol- diphenylguanidine system 44
10. *Qarayeva Ş.H.* Viniloksi- və (2-viniloksi)etoksi əvəzli tsiklopropil asetallara mono- və ditiolların sərbəst radikal birləşməsi 51

***Biologiya***

11. *Əkbəri T.M.* Azərbaycan florasında qaymaqçiçək (*Ranunculus l.*) cinsi növlərinin fitosenologiyası 57

***Texnika***

12. *Talıbov N.H.* Layihələndirmə prosesində situasiyalı konseptual modelin elementlərinin modelləşdirilməsi 60
13. *Əhmədova S.M.* İmitasiya modelləşdirilməsi alqoritminin işlənməsi və onun çevik istehsal sisteminin tədqiqinə tətbiqi 64
14. *Əliyeva F.A.* Bir stoxastik idarəetmə məsələsinin imitasiya modeli haqqında 72
15. *Hasiyeva S.Ə.* Elektron dövrlərdə nasazlıqların aşkarlanması üsulları 77
16. *Manafova X.İ.* İntellektual idarəetmə sistemlərində biliklər bazasının generasiyası üçün proqram komponentlərinin təşkilinə yanaşma konsepsiyası 82
17. *Ахмедов Д.А., Ахмедова А.Ш., Ахмедов А.Д.* Учет влияния показателей системы диагностирования на показатели надежности асинхронного двигателя 88
18. *Эфендиев О.Я.* Устойчивость прямого стержня из пористого материала с жестко закрепленными концами 92

---

Kompüter yığımı *S.Şahverdiyeva*  
Texniki redaktor *E.Həsəratova*  
Dil dəstəyi *Linqvistik Mərkəz*

Çapa imzalanmışdır: 2019-ci 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) 448-12-74  
(0-18) 644-70-41  
Faks: (0-18) 642-02-70

**Web:** <https://www.ssu-scientificnews.edu.az>

**E-mail:** [sdu.elmixeberler@mail.ru](mailto:sdu.elmixeberler@mail.ru)