

ISSN-1680-1245

SUMQAYIT DÖVLƏT UNIVERSITETİ  
СУМГАЙТСКИЙ 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 18*

*2018*

*№ 3*

---



Sumqayıt – 2018

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

**REDAKSIYA HEYƏTİ**

**ELXAN HÜSEYNOV**

***Baş redaktor***

*fəlsəfə üzrə fəlsəfə doktoru, professor, rektor*

**RAMAZAN MƏMMƏDOV**

***Baş redaktor müavini***

*filologiya üzrə elmlər doktoru, professor,  
elm və innovasiyalar üzrə prorektor*

**ƏKBƏR MƏMMƏDOV**

***Məsul katib***

*fizika və riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent*

**REDAKSIYA HEYƏTİNİN ÜZVLƏRİ**

***Fizika və riyaziyyat elmləri üzrə***

**Barxal Barxalov**

*fizika və riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor*

**Fikrət Feyziyev**

*fizika və riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor*

**Hamlet Quliyev**

*fizika və riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor*

**Həmidulla Aslanov**

*fizika və riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor*

**Məhəmmədli Zərbəliyev**

*fizika və riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor (məsul redaktor)*

**Məmməd Yaqubov**

*fizika və riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor*

**Polad Qəhrəmanov**

*fizika və riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor*

**Vaqif Salmanov**

*fizika və riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor*

**Tamella Əhmədova**

*texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent*

**Zəfər Hüseynov**

*fizika və riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent*

***Kimya elmləri üzrə***

**Abasqulu Quliyev**

*AMEA-nın müxbir üzvü, kimya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Məhəmməd Babanlı**

*AMEA-nın müxbir üzvü, kimya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Dilqəm Tağıyev**

*akademik, kimya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Vaqif Abbasov**

*akademik, kimya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Dursun Aşurov**

*kimya üzrə elmlər doktoru, professor (məsul redaktor)*

**Eldar Əhmədov**

*kimya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Əkbər Ağayev**

*kimya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Qafar Ramazanov**

*kimya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Muxtar Səmədov**

*kimya üzrə elmlər doktoru, professor*

***Biologiya elmləri üzrə***

**Elşad Qurbanov**

*AMEA-nın müxbir üzvü, biologiya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Pənah Muradov**

*AMEA-nın müxbir üzvü, biologiya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Əli Əliyev**

*biologiya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Məmməd Salmanov**

*biologiya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Nəriman İsmayılov**

*biologiya üzrə elmlər doktoru, professor*

**Ulduz Həşimova**

*biologiya üzrə elmlər doktoru*

**Arzu Baxşaliev**

*biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent (məsul redaktor)*

**Mahal Muradov**

*kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent*

***Texnika elmləri üzrə***

**Telman Əliyev**

*akademik, texnika üzrə elmlər doktoru, professor*

**Aqil Hüseynov**

*texnika üzrə elmlər doktoru, professor*

**Cavanşir Məmmədov**

*texnika üzrə elmlər doktoru, professor (məsul redaktor)*

**Məhəmməd Əhmədov**

*texnika üzrə elmlər doktoru, professor*

**Nadir Kazımov**

*texnika üzrə elmlər doktoru, professor*

**Qadir Mənsurov**

*texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent*

**Ulduz Ağayev**

*texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent*

**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 qeydiyyatla 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 SDU-nun rəsmi saytında [www.sdu.edu.az](http://www.sdu.edu.az) tanış olmaq olar.

С правилами оформления статей можно ознакомиться на официальном сайте СГУ [www.sdu.edu.az](http://www.sdu.edu.az).

Please, see the website SSU [www.sdu.edu.az](http://www.sdu.edu.az) in order to be familiar with the proper design of the articles.

© Sumqayıt Dövlət Universiteti, 2018

УДК 517.956

## О КОРРЕКТНОЙ РАЗРЕШИМОСТИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ В НЕКЛАССИЧЕСКОЙ ТРАКТОВКЕ, ЗАДАННОЙ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕРЕДИНЕ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОДНОГО ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ 3D БИАНКИ

<sup>1</sup>МАМЕДОВ ИЛЬГАР ГУРБАТ оглу<sup>2</sup>АБДУЛЛАЕВА АЙНУРА ДЖАББАР гызы

1- Институт систем управления НАН Азербайджана, профессор

2- Сумгаитский государственный университет, докторант

[ilgar-mamedov-1971@mail.ru](mailto:ilgar-mamedov-1971@mail.ru); [aynure\\_13@mai.ru](mailto:aynure_13@mai.ru)

**Ключевые слова:** уравнение 3D Бианки, уравнения с разрывными коэффициентами, гомеоморфизм, краевая задача.

В данной статье выявлен гомеоморфизм между определенными парами банаховых пространств при исследовании трехмерной краевой задачи, заданной на геометрической середине области для одного интегро-дифференциального 3D Бианки третьего порядка с  $L_p$ -коэффициентами на основе сведения этой задачи к эквивалентному интегральному уравнению Вольтерра.

Представленная работа посвящена корректной разрешимости краевой задачи на геометрической середине области для интегро-дифференциальных уравнений 3D Бианки с доминирующей смешанной производной третьего порядка с негладкими коэффициентами. При этом важным принципиальным моментом является то, что рассматриваемое уравнение обладает, негладкими коэффициентами которые удовлетворяют только некоторым условиям типа  $P$ -интегрируемости и ограниченности т.е. рассмотренный интегро-дифференциальный оператор не имеет традиционного сопряженного оператора. Поэтому функция Римана для таких уравнений не может быть исследована классическим методом характеристик.

Трехмерные краевые задачи в настоящее время являются интенсивно развивающимся разделом теории дифференциальных уравнений. Теория краевых задач возникла из-за потребностей современной науки и техники. Проблемы современной науки и техники выдвинули на первый план решение более реальных практических задач, связанных с исследованием разнообразных классов математических моделей. Математическое моделирование многих биологических и технологических процессов приводит к изучению некоторых специальных краевых задач для различных классов дифференциальных уравнений.

К числу нелокальных задач относятся также задачи, связанные с уравнениями «нелокального характера», например, с интегро-дифференциальными, если даже краевые условия для них являются локальными.

За последние десятилетия существенно повысился интерес к трехмерным локальным и нелокальным краевым задачам для уравнений Бианки [1-3]. Это связано с их появлением в различных задачах прикладного характера. В работах В.И.Жегалова [4-5] исследовано уравнение с доминирующей смешанной производной  $u_{,xyz}(x, y, z)$ . Такого типа уравнение находит применение в моделях процессов вибрации, а также немаловажное значение имеет в теории аппроксимации. Актуальность исследований, проводимых в этой области,

объясняется появлением многомерных локальных и нелокальных задач для уравнений Бианки с негладкими коэффициентами, связанными с различными прикладными задачами. Задачи такого типа возникают при исследовании вопросов фильтрации жидкости в трещиноватых средах, влагопереносом в грунтах, распространением импульсных лучевых волн, в различных биологических процессах и в теории обратных задач. Поэтому тематика данной работы весьма актуальна для решения многих теоретических и практических задач.

В современной теории дифференциальных уравнений особое значение имеет вопрос о выявлении классов задач, операторы которых осуществляют гомеоморфизм между определенными парами банаховых пространств. Такие гомеоморфизмы выявлены в работах Ю.М.Березанского и Я.А.Ройтберга [6], Ж.-Л. Лионса и Э.Мадженеса [7], С.С.Ахиева [8-9], Н.В.Житарашу [10], В.И.Корзюка [11], И.Г. Мамедова [12-13] и др. для некоторых классов дифференциальных уравнений с частными производными. С этой точки зрения, эта работа посвящена актуальным проблемам математической физики.

**1. Постановка задачи.** В этой работе рассматривается трехмерная краевая задача заданной на геометрической середине области для интегро-дифференциального уравнения 3D (трехмерного) Бианки с  $L_p$ - коэффициентами и доминирующей смешанной производной  $u_{xyz}(x, y, z)$ .

**Рассмотрим интегро-дифференциальное уравнение 3D Бианки**

$$\begin{aligned} (V_{1,1,1}u)(x, y, z) \equiv & u_{xyz}(x, y, z) + A_{0,0,0}u(x, y, z) + A_{1,0,0}u_x(x, y, z) + \\ & + A_{0,1,0}u_y(x, y, z) + A_{0,0,1}u_z(x, y, z) + A_{1,1,0}u_{xy}(x, y, z) + A_{0,1,1}u_{yz}(x, y, z) + \\ & + A_{1,0,1}u_{xz}(x, y, z) + \int_{\sqrt{x_0x_1}}^x \int_{\sqrt{y_0y_1}}^y \int_{\sqrt{z_0z_1}}^z [K_{0,0,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z)u(\tau, \xi, \eta) + K_{1,0,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) \times \\ & \times u_x(\tau, \xi, \eta) + K_{0,1,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z)u_y(\tau, \xi, \eta) + K_{0,0,1}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) \times \\ & \times u_z(\tau, \xi, \eta) + K_{1,1,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z)u_{xy}(\tau, \xi, \eta) + K_{0,1,1}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) \times \\ & \times u_{yz}(\tau, \xi, \eta) + K_{1,0,1}(\tau, \xi, \eta; x, y, z)u_{xz}(\tau, \xi, \eta)]d\tau d\xi d\eta = \varphi_{1,1,1}(x, y, z), \quad (x, y, z) \in G, \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $u = u(x, y, z)$  искомая функция, определенная на  $G$ ;  $A_{i,j,k} = A_{i,j,k}(x, y, z)$  заданные измеримые функции на  $G = G_1 \times G_2 \times G_3$ , где  $G_1 = (x_0, x_1)$ ,  $G_2 = (y_0, y_1)$ ,  $G_3 = (z_0, z_1)$ ;  $\varphi_{1,1,1}(x, y, z)$  заданная измеримая функция на  $G$ .

Уравнение (1) является гиперболическим уравнением, которое обладает тремя действительными простыми характеристиками  $x = const$ ,  $y = const$ ,  $z = const$ . Уравнения подобного вида возникают при описании многих реальных процессов, происходящих в природе и технике. Подобные ситуации имеют место при изучении процессов распространения тепла, влагопереноса в почвогрунтах, фильтрации жидкости в пористых средах, в задачах математической биологии, а также в теории оптимальных процессов.

Кроме того, в литературе до сих пор функцию Римана уравнения (1) удалось построить только для случая 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., когда функции  $A_{i,j,k}(x, y, z)$  непрерывны вместе с производными  $D_x^i D_y^j D_z^k A_{i,j,k}(x, y, z)$  в области  $\bar{G}$ ).

В данной статье уравнение (1) впервые исследовано в общем случае, когда 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:

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

При этих условиях решение  $u(x, y, z)$  уравнения (1) будем искать в пространстве С.Л.Соболева

$$W_p^{(1,1,1)}(G) = \{u \in L_p(G) / D_x^i D_y^j D_z^k u \in L_p(G); \quad i, j, k = 0, 1\},$$

где  $1 \leq p \leq \infty$ . Норму в пространстве  $W_p^{(1,1,1)}(G)$  будем определять равенством

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

Для уравнения (1) условия на геометрической середине области классического вида можно задавать в виде

$$\begin{cases} u /_{x=\sqrt{x_0x_1}} = \Phi(y, z), \\ u /_{y=\sqrt{y_0y_1}} = \Psi(x, z), \\ u /_{\sqrt{z_0z_1}} = g(x, y), \end{cases} \quad (2)$$

где  $\Phi(y, z), \Psi(x, z)$  и  $g(x, y)$  заданные измеримые функции на  $G$ . Очевидно, что в случае условий (2) функции  $\Phi, \Psi, g$  кроме условий

$$\Phi \in W_p^{(1,1)}(G_2 \times G_3), \quad \Psi \in W_p^{(1,1)}(G_1 \times G_3), \quad g \in W_p^{(1,1)}(G_1 \times G_2),$$

должны удовлетворять также следующим условиям:

$$\begin{cases} \Phi(\sqrt{y_0y_1}, z) = \Psi(\sqrt{x_0x_1}, z), \\ \Phi(y, \sqrt{z_0z_1}) = g(\sqrt{x_0x_1}, y), \\ \Psi(x, \sqrt{z_0z_1}) = g(x, \sqrt{y_0y_1}), \end{cases} \quad (3)$$

которые являются условиями согласования.

Наличие условий согласования в постановке задачи (1), (2) означает, что условиями (2) задана также некоторая излишняя информация о решении этой задачи. Поэтому возникает вопрос о нахождении краевых условий, которые не содержат излишней информации о решении и не требуют выполнения некоторых дополнительных условий типа согласования. В связи с этим рассмотрим следующие краевые условия

$$\begin{cases} V_{0,0,0}u \equiv u(\sqrt{x_0x_1}, \sqrt{y_0y_1}, \sqrt{z_0z_1}) = \varphi_{0,0,0} \\ (V_{1,0,0}u)(x) \equiv u_x(x, \sqrt{y_0y_1}, \sqrt{z_0z_1}) = \varphi_{1,0,0}(x), \\ (V_{0,1,0}u)(y) \equiv u_y(\sqrt{x_0x_1}, y, \sqrt{z_0z_1}) = \varphi_{0,1,0}(y), \\ (V_{0,0,1}u)(z) \equiv u_z(\sqrt{x_0x_1}, \sqrt{y_0y_1}, z) = \varphi_{0,0,1}(z), \\ (V_{1,1,0}u)(x, y) \equiv u_{xy}(x, y, \sqrt{z_0z_1}) = \varphi_{1,1,0}(x, y), \\ (V_{0,1,1}u)(y, z) \equiv u_{yz}(\sqrt{x_0x_1}, y, z) = \varphi_{0,1,1}(y, z), \\ (V_{1,0,1}u)(x, z) \equiv u_{xz}(x, \sqrt{y_0y_1}, z) = \varphi_{1,0,1}(x, z), \end{cases} \quad (4)$$

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

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

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

Если функция  $u \in W_p^{(1,1,1)}(G)$  является решением задачи с условиями на геометрической середине области классического вида (1), (2), то она является также решением задачи (1), (4) для  $\varphi_{i,j,k}$  определяемых следующими равенствами

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_{0,0,0} = \Phi(\sqrt{y_0 y_1}, \sqrt{z_0 z_1}) = \Psi(\sqrt{x_0 x_1}, \sqrt{z_0 z_1}) = g(\sqrt{x_0 x_1}, \sqrt{y_0 y_1}), \\ \varphi_{1,0,0}(x) = \Psi_x(x, \sqrt{z_0 z_1}) = g_x(x, \sqrt{y_0 y_1}), \\ \varphi_{0,1,0}(y) = g_y(\sqrt{x_0 x_1}, y) = \Phi_y(y, \sqrt{z_0 z_1}), \\ \varphi_{0,0,1}(z) = \Phi_z(\sqrt{y_0 y_1}, z) = \Psi_z(\sqrt{x_0 x_1}, z), \\ \varphi_{1,1,0}(x, y) = g_{xy}(x, y), \\ \varphi_{0,1,1}(y, z) = \Phi_{yz}(y, z), \\ \varphi_{1,0,1}(x, z) = \Psi_{xz}(x, z), \end{array} \right. \quad (5)$$

Легко доказать, что верно и обратное. Иначе говоря, если функция  $u \in W_p^{(1,1,1)}(G)$  является решением задачи (1), (4), то она является также решением задачи (1), (2), для следующих функций  $\Phi, \Psi, g$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi(y, z) = \varphi_{0,0,0} + \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \varphi_{0,1,0}(\beta) d\beta + \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z \varphi_{0,0,1}(\gamma) d\gamma + \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z \varphi_{0,1,1}(\beta, \gamma) d\beta d\gamma, \\ \Psi(x, z) = \varphi_{0,0,0} + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \varphi_{1,0,0}(\alpha) d\alpha + \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z \varphi_{0,0,1}(\gamma) d\gamma + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z \varphi_{1,0,1}(\alpha, \gamma) d\alpha d\gamma, \\ g(x, y) = \varphi_{0,0,0} + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \varphi_{1,0,0}(\alpha) d\alpha + \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \varphi_{0,1,0}(\beta) d\beta + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \varphi_{1,1,0}(\alpha, \beta) d\alpha d\beta \end{array} \right. \quad (6)$$

Отметим, что, при этом, функции (6) обладают одним важным свойством, связанным с тем, что для них условия согласования (3) выполняются автоматическим образом при всех  $\varphi_{i,j,k}$ , обладающих вышеуказанными свойствами. Поэтому равенства (6) можно рассматривать также как общий вид всех функций

$$\Phi(y, z) \in W_p^{(1,1)}(G_2 \times G_3), \Psi(x, z) \in W_p^{(1,1)}(G_1 \times G_3), g(x, y) \in W_p^{(1,1)}(G_1 \times G_2),$$

удовлетворяющих условиям согласования (3).

Итак, задачи с условиями на геометрической середине области классического вида (1), (2) и вида (1), (4) в общем случае эквивалентны. Однако задача (1.1), (1.4) по постановке более естественна, чем задача (1), (2). Это связано с тем, что в постановке задачи (1), (4) на правые части краевых условий никаких дополнительных условий типа согласования не требуется. Поэтому задачу (1), (4) можно рассматривать как задачу с условиями на геометрической середине области нового типа.

**2. Операторный вид краевой задачи заданной на геометрической середине области и некоторые структурные свойства пространства С.Л.Соболева.** Задачу (1), (4) мы будем исследовать методом операторных уравнений и при этом будем следовать схемы работы [13]. Предварительно задачу (1) запишем в виде операторного уравнения

$$Vu = \varphi, \quad (7)$$

где  $V$  есть векторный оператор, определяемый посредством равенства

$V = (V_{0,0,0}, V_{1,0,0}, V_{0,1,0}, V_{0,0,1}, V_{1,1,0}, V_{0,1,1}, V_{1,0,1}, V_{1,1,1}) : W_p^{(1,1,1)}(G) \rightarrow E_p^{(1,1,1)}$  а  $\varphi$  есть заданный векторный элемент вида  $\varphi = (\varphi_{0,0,0}, \varphi_{1,0,0}, \varphi_{0,1,0}, \varphi_{0,0,1}, \varphi_{1,1,0}, \varphi_{0,1,1}, \varphi_{1,0,1}, \varphi_{1,1,1})$  из пространства

$$E_p^{(1,1,1)} \equiv R \times L_p(x_0, x_1) \times L_p(y_0, y_1) \times L_p(z_0, z_1) \times L_p(G_1 \times G_2) \times L_p(G_2 \times G_3) \times L_p(G_1 \times G_3) \times L_p(G).$$

Заметим, что в пространстве  $E_p^{(1,1,1)}$  норму будем определять естественным образом, при помощи равенства

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

Прежде всего отметим, что интегральные представления функций из пространств типа  $W_p^{(1,1,1)}(G)$  (из соболевских пространств с доминирующими смешанными производными общего вида) изучены в работах Т.И. Аманова [14], С.М. Никольского [15], П.И. Лизоркина и С.М. Никольского [16], О.В. Бесова, В.П. Ильина и С.М. Никольского [17], А.Д. Джабраилова [18], С.С.Ахиева [19], А.М.Наджафова [20], И.Г.Мамедова [21] и др. Но из них мы будем использовать модифицированное интегральное представление из [19], по которому любая функция  $u(x, y, z) \in W_p^{(1,1,1)}(G)$  единственным образом представима в виде

$$\begin{aligned} u(x, y, z) = (Qb)(x, y, z) &\equiv b_{0,0,0} + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x b_{1,0,0}(\alpha) d\alpha + \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y b_{0,1,0}(\beta) d\beta + \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z b_{0,0,1}(\gamma) d\gamma + \\ &+ \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y b_{1,1,0}(\alpha, \beta) d\alpha d\beta + \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z b_{0,1,1}(\beta, \gamma) d\beta d\gamma + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z b_{1,0,1}(\alpha, \gamma) d\alpha d\gamma + \\ &+ \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z b_{1,1,1}(\alpha, \beta, \gamma) d\alpha d\beta d\gamma \end{aligned} \quad (8)$$

посредством единственного элемента

$$b = (b_{0,0,0}, b_{1,0,0}, b_{0,1,0}, b_{0,0,1}, b_{1,1,0}, b_{0,1,1}, b_{1,0,1}, b_{1,1,1}) \in E_p^{(1,1,1)}.$$

При этом существуют положительные постоянные  $M_1^0$  и  $M_2^0$  такие, что

$$M_1^0 \|b\|_{E_p^{(1,1,1)}} \leq \|Qb\|_{W_p^{(1,1,1)}(G)} \leq M_2^0 \|b\|_{E_p^{(1,1,1)}}, \quad \text{для любой } b \in E_p^{(1,1,1)} \quad (9)$$

Очевидно, что оператор  $Q: E_p^{(1,1,1)} \rightarrow W_p^{(1,1,1)}(G)$  является линейным ограниченным оператором. Неравенство (9) показывает, что оператор  $Q$  имеет также ограниченный обратный оператор определенную на пространстве  $W_p^{(1,1,1)}(G)$ . Следовательно оператор  $Q$  есть гомеоморфизм между банаховыми пространствами  $E_p^{(1,1,1)}$  и  $W_p^{(1,1,1)}(G)$ . Поэтому решение уравнения (7) эквивалентно решению уравнения

$$VQb = \varphi \quad (10)$$

Уравнение (10) будем называть каноническим видом уравнения (7).

Кроме того, формула (8) показывает, что любая функция  $u \in W_p^{(1,1,1)}(G)$  имеет следы:



$$u(\sqrt{x_0x_1}, \sqrt{y_0y_1}, \sqrt{z_0z_1}), u_x(x, \sqrt{y_0y_1}, \sqrt{z_0z_1}), u_y(\sqrt{x_0x_1}, y, \sqrt{z_0z_1}),$$

$$u_z(\sqrt{x_0x_1}, \sqrt{y_0y_1}, z), u_{xy}(x, y, \sqrt{z_0z_1}), u_{yz}(\sqrt{x_0x_1}, y, z), u_{xz}(x, \sqrt{y_0y_1}, z)$$

и операции взятия этих следов непрерывны из  $W_p^{(1,1,1)}(G)$  в  $R$ ,

$$L_p(x_0, x_1), L_p(y_0, y_1), L_p(z_0, z_1), L_p(G_1 \times G_2), L_p(G_2 \times G_3), L_p(G_1 \times G_3)$$

соответственно. Далее для этих следов справедливы также равенства:

$$u(\sqrt{x_0x_1}, \sqrt{y_0y_1}, \sqrt{z_0z_1}) = b_{0,0,0},$$

$$u_x(x, \sqrt{y_0y_1}, \sqrt{z_0z_1}) = b_{1,0,0}(x),$$

$$u_y(\sqrt{x_0x_1}, y, \sqrt{z_0z_1}) = b_{0,1,0}(y),$$

$$u_z(\sqrt{x_0x_1}, \sqrt{y_0y_1}, z) = b_{0,0,1}(z),$$

$$u_{xy}(x, y, \sqrt{z_0z_1}) = b_{1,1,0}(x, y),$$

$$u_{yz}(\sqrt{x_0x_1}, y, z) = b_{0,1,1}(y, z),$$

$$u_{xz}(x, \sqrt{y_0y_1}, z) = b_{1,0,1}(x, z).$$

**3. Эквивалентное интегральное уравнение для краевой задачи.** Задачу (1), (4) мы будем изучать при помощи интегрального представления (8) функций  $u \in W_p^{(1,1,1)}(G)$ . Формула (8) показывает, что функция  $u \in W_p^{(1,1,1)}(G)$ , удовлетворяющая условиям (4), имеет вид:

$$u(x, y, z) = g_0(x, y, z) + \int_{\sqrt{x_0x_1}}^{x_1} \int_{\sqrt{y_0y_1}}^{y_1} \int_{\sqrt{z_0z_1}}^{z_1} u_{xyz}(\alpha, \beta, \gamma) R_0(\alpha, \beta, \gamma; x, y, z) d\alpha d\beta d\gamma,$$

где

$$g_0(x, y, z) = \varphi_{0,0,0} + \int_{\sqrt{x_0x_1}}^x \varphi_{1,0,0}(\alpha) d\alpha + \int_{\sqrt{y_0y_1}}^y \varphi_{0,1,0}(\beta) d\beta + \int_{\sqrt{z_0z_1}}^z \varphi_{0,0,1}(\gamma) d\gamma +$$

$$+ \int_{\sqrt{x_0x_1}}^x \int_{\sqrt{y_0y_1}}^y \varphi_{1,1,0}(\alpha, \beta) d\alpha d\beta + \int_{\sqrt{y_0y_1}}^y \int_{\sqrt{z_0z_1}}^z \varphi_{0,1,1}(\beta, \gamma) d\beta d\gamma + \int_{\sqrt{x_0x_1}}^x \int_{\sqrt{z_0z_1}}^z \varphi_{1,0,1}(\alpha, \gamma) d\alpha d\gamma$$

и

$$R_0(\alpha, \beta, \gamma; x, y, z) = \theta(x - \alpha)\theta(y - \beta)\theta(z - \gamma),$$

причем  $\theta(z)$  является функцией Хэвисайда на  $R$ , т.е.  $\theta(z) = \begin{cases} 1, & z > 0 \\ 0, & z \leq 0 \end{cases}$ . Тогда после

замены  $u = g_0 + \hat{u}$ , где  $\hat{u}(x, y, z) = \int_{\sqrt{x_0x_1}}^{x_1} \int_{\sqrt{y_0y_1}}^{y_1} \int_{\sqrt{z_0z_1}}^{z_1} R_0(\alpha, \beta, \gamma; x, y, z) u_{xyz}(\alpha, \beta, \gamma) d\alpha d\beta d\gamma$ ,

уравнение (1) можно записать в виде

$$(V_{1,1,1}\hat{u})(x, y, z) = \hat{Z}(x, y, z), \quad (11)$$

где  $\hat{Z} = \varphi_{1,1,1} - V_{1,1,1}g_0$ .

Очевидно, что производные функции  $\hat{u}$  можно вычислить посредством равенств

$$\hat{u}_x(x, y, z) = \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z u_{xyz}(x, \beta, \gamma) d\beta d\gamma,$$

$$\hat{u}_y(x, y, z) = \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z u_{xyz}(\alpha, y, \gamma) d\alpha d\gamma,$$

$$\hat{u}_z(x, y, z) = \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y u_{xyz}(\alpha, \beta, z) d\alpha d\beta,$$

$$\hat{u}_{xy}(x, y, z) = \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z u_{xyz}(x, y, \gamma) d\gamma,$$

$$\hat{u}_{yz}(x, y, z) = \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x u_{xyz}(\alpha, y, z) d\alpha,$$

$$\hat{u}_{xz}(x, y, z) = \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y u_{xyz}(x, \beta, z) d\beta,$$

$$\hat{u}_{xyz}(x, y, z) = u_{xyz}(x, y, z).$$

Теперь доминирующую производную рассмотрим как неизвестную функцию, иначе говоря, произведем замену  $u_{xyz}(x, y, z) = b(x, y, z)$ . Тогда уравнение (11) можно записать в виде:

$$\begin{aligned} (Nb)(x, y, z) \equiv & b(x, y, z) + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z A_{0,0,0}(x, y, z) R_0(\alpha, \beta, \gamma; x, y, z) b(\alpha, \beta, \gamma) d\alpha d\beta d\gamma + \\ & + \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z A_{1,0,0}(x, y, z) b(x, \beta, \gamma) d\beta d\gamma + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z A_{0,1,0}(x, y, z) b(\alpha, y, \gamma) d\alpha d\gamma + \\ & + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y A_{0,0,1}(x, y, z) b(\alpha, \beta, z) d\alpha d\beta + \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z A_{1,1,0}(x, y, z) b(x, y, \gamma) d\gamma + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x A_{0,1,1}(x, y, z) b(\alpha, y, z) d\alpha + \\ & + \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y A_{1,0,1}(x, y, z) b(x, \beta, z) d\beta + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z \left[ \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^{\tau} \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^{\xi} \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^{\eta} K_{0,0,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) R_0(\alpha, \beta, \gamma; x, y, z) \times \right. \\ & \times b(\alpha, \beta, \gamma) d\alpha d\beta d\gamma + \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z K_{1,0,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) b(\tau, \beta, \gamma) d\beta d\gamma + \\ & + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z K_{0,1,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) b(\alpha, \xi, \gamma) d\alpha d\gamma + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y K_{0,0,1}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) b(\alpha, \beta, \eta) \times \\ & \times d\alpha d\beta + \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^z K_{1,1,0}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) b(\tau, \xi, \gamma) d\gamma + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^x K_{0,1,1}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) b(\alpha, \xi, \eta) d\alpha + \\ & \left. + \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^y K_{1,0,1}(\tau, \xi, \eta; x, y, z) b(\tau, \beta, \eta) d\beta \right] d\tau d\xi d\eta = \hat{Z}(x, y, z), (x, y, z) \in G, \end{aligned} \tag{12}$$

Оператор  $N$  уравнения (12) линеен. Используя условия, наложенные на коэффициенты  $A_{i,j,k}$ , можно доказать, что этот оператор является ограниченным

оператором из  $L_p(G)$  в  $L_p(G)$ ,  $1 \leq p \leq \infty$ .

**Определение.** Если задача (1), (4) для любого  $\varphi = (\varphi_{0,0,0}, \varphi_{1,0,0}, \varphi_{0,1,0}, \varphi_{0,0,1}, \varphi_{1,1,0}, \varphi_{0,1,1}, \varphi_{1,0,1}, \varphi_{1,1,1}) \in E_p^{(1,1,1)}$  имеет единственное решение  $u \in W_p^{(1,1,1)}(G)$  такое, что  $\|u\|_{W_p^{(1,1,1)}(G)} \leq M_1 \|\varphi\|_{E_p^{(1,1,1)}}$ , то будем говорить, что оператор  $V$  задачи (1), (4) (или уравнения (7)) является гомеоморфизмом из  $W_p^{(1,1,1)}(G)$  на  $E_p^{(1,1,1)}$  или задача (1), (4) везде корректно разрешима. Здесь  $M_1$  постоянная не зависящее от  $\varphi$ .

Очевидно, что, если оператор  $V$  задачи (1), (4) является гомеоморфизмом из  $W_p^{(1,1,1)}(G)$  на  $E_p^{(1,1,1)}$ , то существует ограниченный обратный оператор

$$V^{-1} : E_p^{(1,1,1)} \rightarrow W_p^{(1,1,1)}(G)$$

Оператор  $N$  является вольтерровым оператором относительно точки  $(\sqrt{x_0 x_1}, \sqrt{y_0 y_1}, \sqrt{z_0 z_1})$ . Это означает, что если функции  $b_1, b_2 \in L_p(G)$  в области  $G_{(x,y,z)} = (\sqrt{x_0 x_1}, x) \times (\sqrt{y_0 y_1}, y) \times (\sqrt{z_0 z_1}, z)$  удовлетворяют условию  $b_1(\alpha, \beta, \gamma) = b_2(\alpha, \beta, \gamma)$ , то выполняется также условие  $(Nb_1)(\alpha, \beta, \gamma) = (Nb_2)(\alpha, \beta, \gamma)$  почти для всех  $(\alpha, \beta, \gamma) \in G_{(x,y,z)}$ , где  $(x, y, z) \in G$  произвольная точка.

Используя вольтерровость оператора  $N$ , при помощи, например, метода последовательных приближений можно доказать, что уравнение (12) для любой правой части  $\hat{Z} \in L_p(G)$  имеет единственное решение  $b \in L_p(G)$ , где  $1 \leq p \leq \infty$ , и это решение удовлетворяет условию  $\|b\|_{L_p(G)} \leq M_2 \|\hat{Z}\|_{L_p(G)}$ , где  $M_2$  постоянное не зависящее от  $\hat{Z}$ . Далее, очевидно, что если  $\varphi_{1,1,1} \in L_p(G)$ , то  $\hat{Z} \in L_p(G)$ . Кроме того, если  $b \in L_p(G)$  есть решение уравнения (12), то решение задачи (1), (4) можно найти при помощи равенства

$$u(x, y, z) = g_0(x, y, z) + \int_{\sqrt{x_0 x_1}}^{x_1} \int_{\sqrt{y_0 y_1}}^{y_1} \int_{\sqrt{z_0 z_1}}^{z_1} b(\alpha, \beta, \gamma) R_0(\alpha, \beta, \gamma; x, y, z) d\alpha d\beta d\gamma.$$

Поэтому справедлива

**Теорема.** Оператор задачи (1), (4) есть гомеоморфизмом из  $W_p^{(1,1,1)}(G)$  на  $E_p^{(1,1,1)}$ .

**4. Заключение.** Постановка краевой задачи (1), (4) заданной на геометрической середине области, обладает рядом преимуществ:

- 1) в этой постановке не требуется никаких дополнительных условий согласования;
- 2) именно, такая постановка порождает гомеоморфизм между двумя банаховыми пространствами  $W_p^{(1,1,1)}(G)$  и  $E_p^{(1,1,1)}$ ;
- 3) эту задачу можно рассматривать как задачу сформулированную по следам в пространстве С.Л.Соболева  $W_p^{(1,1,1)}(G)$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Уткина Е.А. Задача со смещениями для трехмерного уравнения Бианки // Дифференциальные уравнения, т.46, №4. М.: МАИК, 2010, с.535-539.
2. Миронов А.Н. Некоторые классы уравнений Бианки третьего порядка // Математические заметки, 2013, т.94, вып.3, с.389-400.
3. Миронов А.Н. Задача Дарбу для уравнения Бианки третьего порядка // Математические заметки, 2017, т.102, вып.1, с.63-70.

4. Жегалов В. И. Трехмерный аналог задачи Гурса // Неклассич. уравнения и уравнения смешан. типа, Ин-т матем. Новосибирск: СО АН СССР, 1990, с.94-98.
5. Жегалов В. И. О трехмерной функции Римана // Сиб. матем. журн., 36:5 (1997), с.1074-1079.
6. Березанский Ю.М., Ройтберг Я.А. Теорема о гомоморфизмах и функция Грина для общих эллиптических граничных задач // Укр. мат. журн., 1967, т.19, №5, с.3-32.
7. Лионс Ж.-Л., Мадженес Э. Неоднородные граничные задачи и их приложения. М.: Мир, 1971, 372 с.
8. Ахиев С.С. Фундаментальные решения некоторых локальных и нелокальных краевых задач и их представления // ДАН СССР, 1983, т.271, №2, с.265-269.
9. Ахиев С.С. Функция Римана уравнения с доминирующей смешанной производной произвольного порядка // ДАН СССР, 1985, т.283, №4, с.783-787.
10. Житарашу Н.В. Теорема о полном наборе изоморфизмов в  $L_2$ -теории модельных начальных параболических краевых задач // Мат. исслед. №88. Кишинев: 1986, с.40-59.
11. Корзюк В.И. Граничная задача для уравнения Манжерона третьего порядка // Дифференц. уравнения, 1997, т.33, №12, с.1683-1690.
12. Мамедов И.Г. Фундаментальное решение задачи Коши, связанной с псевдопараболическим уравнением четвертого порядка // Журнал вычислительной математики и математической физики. т.49, № 1. М.: 2009, с.99-110.
13. Мамедов И.Г. Формула интегрирования по частям неклассического типа при исследовании задачи Гурса для одного псевдопараболического уравнения // Владикавказский математический журнал, т.13, № 4. Владикавказ: 2011, с.40-51.
14. Аманов Т.И. Пространства дифференцируемых функций с доминирующей смешанной производной // Наука, Алма-Ата: 1976, 171 с.
15. Никольский С.М. Приближение функций многих переменных и теоремы вложения. М.: Наука, 1969, 455 с.
16. Лизоркин П.И., Никольский С.М. Классификация дифференцируемых функций на основе пространств с доминирующей производной // Труды МИАН СССР, 77, 1965, с.143-167.
17. Бесов О.В., Ильин В.П., Никольский С. М. Интегральные представления функций и теоремы вложения. М.: Наука, 1975, 480 с.
18. Джабраилов А.Дж. О некоторых функциональных пространствах. Прямые и обратные теоремы вложения // Докл. АН СССР, 159 (1964), 254–257.
19. Ахиев С.С. Об общем виде линейных ограниченных функционалов в одном функциональном пространстве типа С.Л.Соболева // Докл. АН Азерб. ССР, 35:6. 1976, с.3-7.
20. Наджафов А.М. Об интегральных представлениях функций из пространств с доминирующей смешанной производной // Вестник БГУ. Сер. физ.-мат. наук, 3 (2005), Баку: БГУ, 2005, с.31-39.
21. Мамедов И. Г. Об одном разложении для непрерывной функции многих переменных // Вестник БГУ. Сер. физ.-мат. наук, 3 (1999). Баку: БГУ, 1999, с.144-152.

**XÜLASƏ**  
**BİR İNTEQRO-DİFERENSİAL 3D BİANKİ TƏNLİYİ ÜÇÜN OBLASTIN HƏNDƏSİ**  
**ORTASINDA VERİLMİŞ QEYRİ-KLASSİK QOYULUŞDA SƏRHƏD MƏSƏLƏSİNİN**  
**KORREKT HƏLL OLUNMASI HAQQINDA**  
*İ.Q.Məmmədov, A.C. Abdullayeva*

*Açar sözlər:* 3D Bianki tənliyi, kəsilən əmsallı tənliklər, homeomorfizm, sərhəd məsələsi.

Bu məqalədə bir inteqro-diferensial üçtərətibli,  $L_p$  əmsallı 3D Bianki tənliyi üçün oblastın həndəsi ortasında verilmiş üçölçülü sərhəd məsələsinin tədqiqində təyin olunan banax fəzalarının cütləri arasında homeomorfizm ekvivalent Volter inteqral tənliyə gətirilmə əsasında aşkar edilmişdir.

**SUMMARY**  
**ON THE CORRECT SOLVABILITY OF THE BOUNDARY-VALUE PROBLEM**  
**IN NON-CLASSICAL TREATMENT ON THE GEOMETRIC CENTER OF THE**  
**DOMAIN FOR A INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATION OF 3D BIANCHI**  
*Mammadov I.G., Abdullayeva A.J.*

*Key words:* 3D Bianchi equation, equations with discontinuous coefficients, homeomorphism, boundary-value problem.

In this paper, we find a homeomorphism between definite pairs of Banach spaces in the study of the three-dimensional boundary value problem given on the geometric center of the domain for one integro-differential third-order 3D Bianchi equation with  $L_p$ -coefficients on the basis of the reduction of this problem to the equivalent Volterra integral equation.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	11.07.2018
	Son variant	28.09.2018

УДК 539.374

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГИБА ДЕФОРМИРУЕМОГО СТЕРЖНЯ С УЧЕТОМ СВОЙСТВА ПОЛЗУЧЕСТИ

<sup>1</sup>КУРБАНОВ НАБИ ТАПДЫГ оглу

<sup>2</sup>АЛИЕВА УЛЬВИЯ САНГАН гызы

*Сумгаитский государственный университет, 1-доцент, 2-ст.преподаватель*

[gurbanov53@mail.ru](mailto:gurbanov53@mail.ru)

**Ключевые слова:** вязкоупругий, стержень, реология, модуль, ядро, ползучесть, момент, изображения, устойчивость.

*В статье исследуется задача об изгибе линейно-деформируемого стержня с учетом ползучести материала стержня с помощью интегрального преобразования Лапласа.*

Задача о динамической устойчивости вязкоупругих систем является одной из основных задач теории вязкоупругости. Задачи устойчивости упругих систем в пределах закона Гука рассмотрены в работах [1,2,3].

Аналогичные задачи с учетом реологических свойств материала исследованы для конкретных ядер наследственности в работах [3,4] или решены численными методами [4,6].

В данной работе решается задача о динамической устойчивости вязкоупругих стержней для произвольных функций ползучести.

Предположим, что стержень шарнирно оперт по концам и нагружен продольной сжимающей силой  $P = P(t)$ .

В этом случае уравнение изгиба стержня при нагружении продольной сжимающей силой  $P_1(t)$  и поперечной нагрузкой  $P_2(x, t)$  имеет вид:

$$E(t)J \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} = M(x, t) + \int_{t_0}^t M(x, \tau) K(t, \tau) d\tau + \rho \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} \quad (1)$$

где  $u(x, t)$  прогиб стержня,  $K(t)$ - ядро ползучести материала стержня,  $M(x, t)$  - изгибающий момент, который определяется формулой

$$M(x, t) = P_1(t)u(x, t) + M^0(x, t) \quad (2)$$

здесь  $M^0(x, t)$  - изгибающий момент от действия одной только поперечной нагрузки.

Учитывая (2) в (1) получаем:

$$E(t)J \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} + P_1(t)u(x, t) + \int_{t_0}^t P(\tau)u(x, q)K(t, \tau) d\tau + M^0(x, t) + \int_{t_0}^t M^0(x, \tau)K(t, \tau) d\tau = \rho \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} \quad (3)$$

Предположим, что свойства материала стержня не могут заметно измениться и зависимость напряжения от деформации инвариантна во времени. Поэтому  $E(t) = E = const$ ,  $K(t, \tau) = K(t - \tau)$  и при  $t < 0$  стержень находится в естественном состоянии. Тогда при  $P_2(x, t) = 0$ ,  $P_1(x, t) = const = P_0$ . Из уравнения (3) получаем:

$$EJ \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + P_0 u(x,t) + P_0 \int_0^t K(t-\tau) u(x,\tau) d\tau = \rho \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} \quad (4)$$

где  $E$  - модуль упругости,  $J$  - момент инерции сечения стержня.

Если концы стержня закреплены шарнирно, тогда граничные условия будем искать в виде:

$$u(x,t) = 0, \quad \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = 0 \quad \text{при } x = 0. \quad (5)$$

$$u(x,t) = 0, \quad \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = 0 \quad \text{при } x = \ell.$$

Начальные условия нулевые:

$$u(x,t) = 0, \quad \text{при } t = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = 0 \quad \text{при } t = 0.$$

При этом решение для прогибов, удовлетворяющее граничным условиям (5) будем искать в виде

$$u(x,t) = T(t) \sin \frac{\pi x}{\ell} \quad (7)$$

После подстановки (7) в уравнение (4) получаем:

$$T''(t) + \mu^2 T(t) - \lambda^2 \int_0^t K(t-\tau) T(\tau) d\tau = 0 \quad (8)$$

где

$$\mu^2 = \frac{EJ \cdot \alpha^2 - P_0}{\rho}, \quad \lambda^2 = \frac{P_0}{\lambda}.$$

Применяя интегральное преобразование Лапласа по времени к уравнению (8), получаем:

$$\bar{T}(p) = \frac{pT^0 + T'}{p^2 + \mu^2 - \lambda^2 \bar{K}(p)} \quad (9)$$

где  $p$  - параметр преобразования Лапласа, чертой сверху обозначены преобразования Лапласа одноименных функций

$$\bar{f}(p) = \int_0^{\infty} e^{-pt} f(t) dt.$$

Отметим, что при малых значениях времени параметр  $p$  является достаточно большим, а поскольку рассматриваются материалы с мгновенной упругостью, изображение ядра ползучести  $\bar{K}(p)$  с увеличением параметра  $p$  стремится к конечному пределу, поэтому для произвольного  $\lambda$  будет справедливо неравенство

$$\left| \frac{\lambda^2 \bar{K}(p)}{p^2 + \mu^2} \right| < 1.$$

При этих условиях формулу (9) можем представить в следующем виде:

$$\bar{T}(p) = \frac{pT^0 + T'}{p^2 + \mu^2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\lambda^2 \bar{K}(p)}{p^2 + \mu^2}}.$$

Правую часть этого равенства разложим в ряд:

$$\bar{T}(p) = \frac{pT^0 + T'}{p^2 + \mu^2} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left( \frac{\lambda^2 \bar{K}(p)}{p^2 + \mu^2} \right)^n \quad (10)$$

Отсюда видно, что решение поставленной задачи сводится к вычислению оригинала функции  $\bar{T}(p)$ .

С этой целью представим ряд (10) в следующем виде:

$$\begin{aligned} \bar{T}(p) &= \frac{pT_0 + T'}{p^2 + \mu^2} + \frac{pT_0 + T'}{p^2 + \mu^2} \cdot \frac{\lambda \bar{K}(p)}{p^2 + \mu^2} + \dots + \\ &+ \frac{pT_0 + T'}{p^2 + \mu^2} \left( \frac{\lambda \bar{K}(p)}{p^2 + \mu^2} \right)^n + \dots \end{aligned}$$

Введем следующие обозначения:

$$\begin{aligned} \bar{T}_0(p) &= \frac{pT_0 + T'}{p^2 + \mu^2} \\ \bar{T}_1(p) &= \bar{T}_0(p) \frac{\lambda \bar{K}(p)}{p^2 + \mu^2} \\ \bar{T}_2(p) &= \bar{T}_1(p) \frac{\lambda \bar{K}(p)}{p^2 + \mu^2} \\ &\dots \dots \dots \\ \bar{T}_n(p) &= \bar{T}_{n-1}(p) \frac{\lambda \bar{K}(p)}{p^2 + \mu^2}. \end{aligned}$$

Вычислим оригиналы этих функций. Оригинал функции  $\bar{T}_0(p)$  вычисляется по таблицам. Оригиналы остальных функций вычисляются с помощью свертки функций и имеют вид:

$$\begin{aligned} T_1(t) &= \int_0^t T_0(t - \tau) z(\tau) d\tau \\ T_2(t) &= \int_0^t T_1(t - \tau) z(\tau) d\tau \\ &\dots \dots \dots \\ T_n(t) &= \int_0^t T_{n-1}(t - \tau) z(\tau) d\tau \end{aligned}$$

где

$$z(t) = \frac{\lambda \bar{K}(p)}{p^2 + \mu^2}.$$

Тогда решение поставленной задачи в общем виде выражается формулой



$$T(t) = T_0(t) + \int_0^t T_0(t-\tau)z(\tau)d\tau + \int_0^t T_1(t-\tau)z(\tau)d\tau + \dots + \int_0^t T_n(t-\tau)z(\tau)d\tau \quad (11)$$

Отсюда видно, что функция  $T_0(t)$  является решением соответствующей упругой задачи, а остальные члены в (11) проявляются за счет реологических свойств материала.

Для исследования полученного решения рассмотрим первые два члена ряда (11).

Для этого вычислим оригинал каждого члена ряда (11) и находим:

$$T_0(p) = \frac{pT^0 + T'}{p^2 + \mu^2} = T_0 \cdot \frac{p}{p^2 + \mu^2} + \frac{T'}{p^2 + \mu^2} \doteq \doteq T_0 \cos \mu t + \frac{T'}{\mu} \sin \mu t$$

или

$$T_0(t) = \sqrt{T_0^2 + \left(\frac{T_0'}{\mu}\right)^2} \sin(\mu t + \varphi) \quad (12)$$

где  $\varphi = \arcsin \left( \frac{T_0}{\sqrt{T_0^2 + \left(\frac{T_0'}{\mu}\right)^2}} \right)$ .

Для функции  $Z(p)$  определяем:

$$\bar{Z}(p) = \frac{\lambda^2 \bar{K}(p)}{p^2 + \mu^2} = \frac{\lambda^2}{\mu} \cdot \frac{\mu}{p^2 + \mu^2} \bar{K}(p) \doteq \doteq \frac{\lambda^2}{\mu} \int_0^t \sin \mu(t-\tau)K(\tau)d\tau = \frac{\lambda^2}{\mu} (K_c \sin \mu t) - K_s \cos \mu t - g(t).$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$K_s = \int_0^\infty K(\tau) \sin \mu \tau d\tau; \quad K_c = \int_0^\infty K(\tau) \cos \mu \tau d\tau.$$

$$g(t) = \int_t^\infty \sin(t-\tau)K(\tau)d\tau.$$

Отметим что, если переменная  $t$  будет достаточно велика, то функция  $g(t)$  будет мала Поэтому при  $g(t) \approx 0$ , для  $Z(t)$  получаем

$$Z(t) = \sqrt{K_c^2 + K_s^2} \sin(\mu t - \alpha) \quad (13)$$

где

$$\alpha = \arcsin \cdot \frac{K_c}{\sqrt{K_c^2 + K_s^2}}.$$

Аналогичным образом можем вычислить остальные слагаемые ряда (10).

Из уравнения (12) и (13) видно, что приближенные решения поставленной задачи определяются формулой

$$T(t) = \sqrt{T_0 + \left(\frac{T'}{\mu}\right)^2} \cdot \sin(\mu t + \varphi) + \frac{\lambda^2}{\mu} \sqrt{k_c^2 + k_s^2} \sin(\mu t - \alpha) \quad (13)$$

Сравнивая полученное решение с решением аналогичной упругой задачи определяем, что в силу наличия вязкоупругого сопротивления расширяется область устойчивости колебаний и сдвиг фазы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бигерман В.Л. Теория механических колебаний. М.: Высшая школа, 1980, 408 с.
2. Островский Л.А., Сатин А.М. Нелинейные упругие волны в стержнях // ПММ. т.41. М.: Наука, 1977, с.531-537.
3. Гольденвейзер А.Л. Качественный анализ свободных колебаний упругой тонкой оболочки // ПММ, т.30. М.: Наука, 1996, с.94-108.
4. Аршинов Г.А. Продольные волны в вязкоупругих стержнях и оболочках // Научный журнал Куб.ГАУ, №1. Краснодар: КубГАУ, 2004, с.1-15.
5. Курбанов Н.Т., Алиева У.С. Исследование колебаний вязкоупругих оболочек при малой вязкости // Динаміка і міцність машин. Вісник НТУ «Харьковський Політехнічний Інститут». Харьков: ХПИ, 2010, с.93-100.
6. Абдикаримов Р.А., Жгутов В.М. Математические модели задач нелинейной динамики вязкоупругих изотропных машин и оболочек // Инженерно-строительный журнал. СПб.: Санкт-Петербург. политехн. унив., 2010, №8.

#### XÜLASƏ

#### SÜRÜŞKƏNLİYİ NƏZƏRƏ ALMAQLA DEFORMASIYAYA UĞRAYAN ÇUBUĞUN ƏYİLMƏSİNİN TƏDQIQI

*Qurbanov N.T., Əliyeva U.S.*

*Açar sözlər:* özlüelastik, çubuq, reologiya, modul, nüvə, sürüşkənlik, moment, təsvir, müqavimət.

Məqalədə Laplasın inteqral çevirməsinin köməyi ilə çubuğun materialının sürünməsinə nəzərə alaraq, xətti-deformasiyalı çubuğun əyilməsi haqqında məsələyə baxılır.

#### SUMMARY

#### INVESTIGATION OF THE BEND OF THE DEFORMABLE ROD CONSIDERING CREEP PROPERTY

*Gurbanov N.T., Aliyeva U.S.*

*Key words:* viscoelastic, rod, rheology, module, core, creep, moment, image, stability.

The problem of the bending of a linearly deformable rod is considered in the article, taking into account the creep of the rod material with the help of the Laplace integral transformation.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	05.07.2018
	Son variant	28.09.2018

UOT 547.35+547.32

**MODİFİKASIYA OLUNMUŞ Zr, H-MORDENİTİN İŞTİRAKI İLƏ ANİZOLUN VƏ 1-METOKSİNAFTALİNİN ALINMASI**<sup>1</sup>AĞAYEV ƏKBƏR ƏLİ oğlu<sup>3</sup>SÜLEYMANOVA PƏRVANƏ VAQİF qızı<sup>2</sup>NƏZƏROVA MÜŞKÜNAZ KİÇMİRZƏ qızı<sup>2</sup>RÜSTƏMOV KAMAL MURTUZA oğlu*Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-professor, 2-dosent, 3- dissertant*

*Açar sözlər:* fenol, 1-naftol, metanol, modifikasiya, sirkonium, H-mordenit, alkillaşma, anizol, 1-metoksinaftalin.

H-mordenitlər və onların nikellə modifikasiya olunmuş nümunələri fenol, krezol, ksilenol və naftolların C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> spirtlərlə alkillaşma reaksiyasında tədqiq edilmiş (1-4) və alkil (C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>) fenollar və alkil (C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>) naftolların alınmasında önəmli nəticələr əldə olunmuşdur. Sirkonium ilə modifikasiya olunmuş mordenitlərin də bu reaksiyalarda kifayət qədər aktivliyə və selektivliyə malik olduqları digər tədqiqatlar (5-6) nəticəsində də müəyyən edilmişdir.

Məqalədə modifikasiya olunmuş sirkonium H-mordenitin iştirakı ilə fenol və 1-naftolun metanolla qarşılıqlı təsirindən anizol və 1-metoksinaftalinin sintezinin müqayisəli nəticələri öz əksini tapmışdır. Təcrübələrin aparılma qaydası və analizlərin metodikası əvvəlki işlərdə (4,7) göstərilmişdir.

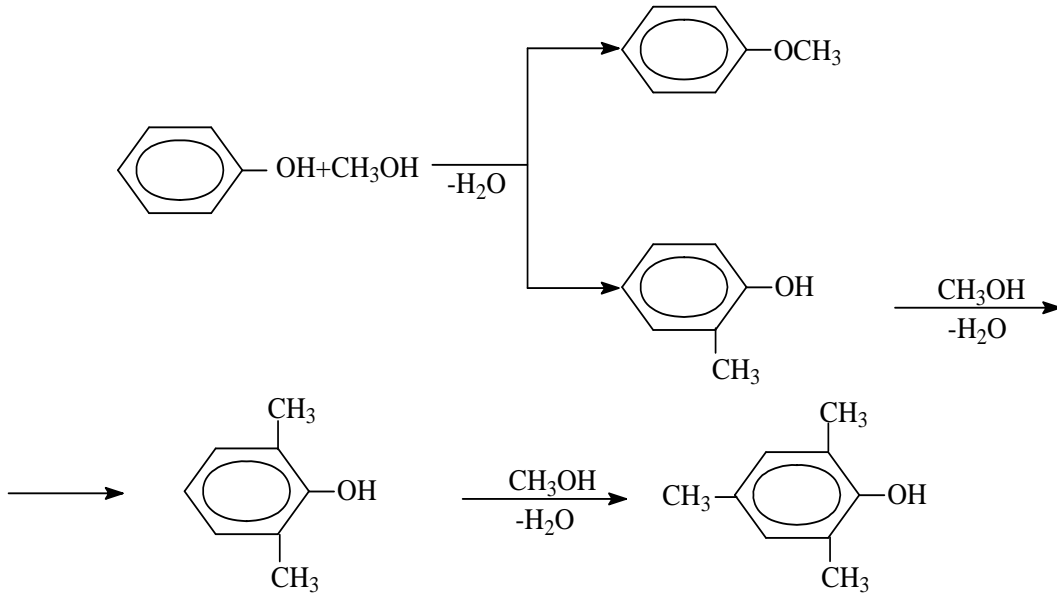
Zr, H-mordenit katalizatorunun istismar və katalitik xassələrini yaxşılaşdırmaq üçün onun bir sıra maddələrlə modifikasiyası aparılmışdır. Modifikator kimi sulfat turşusunun bəzi duzlarından (Co, Cr, Ni) istifadə olunmuşdur. İlk tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, hər üç sulfatla şəkil dəyişdirilmiş katalitik sistemlər istismar xassələrini xeyli artırır və 200-300 saat ərzində fasiləsiz rejimdə işləmək iqtidarında olur. Digər tərəfdən 0.1-0.3% Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> duz məhlulu ilə modifikasiya olunmuş sirkonium tərkibli mordenitlər moduldən (x=SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) asılı olaraq, müxtəlif təbiətli və quruluşlu efirlərin alınmasında müəyyən qədər universal xassələr göstərir.

Modifikasiya olunmuş Zr, H-mordenit katalizatorunun iştirakı ilə fenolun metanolla alkillaşma reaksiyasına temperatur (280-320<sup>0</sup>C), xüsusi yükləmə (0,3-0,9st<sup>-1</sup>) və xammal komponentlərinin mol nisbətinin (2-1:1-2) təsiri ətraflı öyrənilmiş və alınan nəticələr 1-ci cədvəldə verilmişdir. Göründüyü kimi, giriş parametrlərinin alınan alkilatların kimyəvi tərkibinə və əsas reaksiya göstəricilərinə təsiri böyükdür. Reaksiya nəticəsində alınan alkilatlar katalizatların 85.5 – 93.5 %-ni təşkil edir. Əsas reaksiya məhsulu anizoldur. Reaksiyanın tədqiq edilmiş şəraitində onun selektivliyi 71.2 – 94.5% təşkil edir. Digər məhsullara az miqdarda alınan 2-metilfenol, 2.6 – dimetilfenol və 2.4.6 – trimetilfenol aiddir. Mono-, di- və trimetilfenolların alkilatlardakı qatılığı aşağıdakı sıra üzrə azalır. 2.6-dimetilfenol>2-metilfenol>2.4.6-trimetilfenol. Çox güman ki, fenolun metanolla alkillaşma reaksiyasında iki paralel çevrilmə baş verir: 1) oksigenə görə alkillaşma; 2) karbona görə alkillaşma. Bu çevrilmələrdən ikincisi, yəni karbona görə alkillaşma ardıcılığı ilə fərqlənir, lakin oksigenə görə alkillaşma ilə müqayisədə çox aşağı paya malikdir.

Oksigenə görə alkillaşma tədqiq edilmiş reaksiya şəraitində üstünlük təşkil etməklə yanaşı, onun məhsulu olan anizol digər çevrilmələrə, xüsusən də izomerləşmə reaksiyasına praktiki olaraq məruz qalmır. Bu da Zr, H-mordenit katalizatorunun tərkibi və katalitik xassələri ilə izah olunur.

Orta turşu xassəli seolit katalizatorunun izomerləşmə, disproporsionlaşma və dealkillaşma kimi reaksiyaları sürətləndirmədiyi məlum olsa da, onun fenolun efirləşməsini daha selektiv həyata keçirdiyi maraqlı katalitik xassə kimi müəyyən edilmişdir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, silisium

oksidinin alüminium oksidinə olan mol nisbətinin müxtəlif nümunələrinin katalitik xassələri də müxtəlif olur.



Fenolun metil efiri, əsasən, aşağı temperaturda (280-300<sup>0</sup>C) əmələ gəlir və bu hal H-mordenitin bütün modullarına xasdır. Temperaturun artması ilə onun alınma selektivliyi azalır və karbona görə reaksiya məhsullarının qatılıqları artır. Maraqlısı odur ki, modifikasiya olunmuş Zr,H-mordenitdə bu dəyişiklik özünü çox da büruzə vermir. Belə ki, temperaturun 40<sup>0</sup>C artırılması anizola görə reaksiyanın selektivliyini cəmi 8,8% aşağı salır ( $v=0,5st^{-1}$ ,  $v=1:1$  mol/mol). Xüsusi yükləmənin 0,3st<sup>-1</sup> qiymətində bu azalma 11.1% olur.

Xüsusi yükləmənin artırılması anizola görə selektivliyi əksinə olaraq artırır. Məsələn: xüsusi yükləmənin 300<sup>0</sup>C-də 0,3-dən 0,9st<sup>-1</sup> qədər qaldırılması bu göstəricini 80.2%-dən 92.3%-ə artırır. Xammaldakı komponentlərin mol nisbətinin anizolun selektivliyinə təsiri daha çoxdur. Belə ki, 320<sup>0</sup>C temperaturda və xüsusi yükləmənin 0,5st<sup>-1</sup> qiymətində alkülləşməyə məruz edilmiş xammaldakı fenolun parsial təzyiği ekvimolyar nisbətlə müqayisədə iki dəfə artdıqda anizolun selektivliyi 91.2%, iki dəfə azaldıqda isə 71.2% təşkil edir. Temperaturun 320<sup>0</sup>C -dən yuxarı qaldırılması və xammaldakı metanolun parsial təzyiqinin artırılması (>2) bu qanunauyğunluqların pozulmasına və alınan katalizatorların tərkibinin mürəkkəbləşməsinə səbəb olur. Nəticədə, alkilatlarda alınan anizolun qatılığı xeyli azalır və 2-metilfenol ilə 2.6-dimetilfenol əsas reaksiya məhsullarına çevrilir.

Deməli, modifikasiya olunmuş Zr, H-mordenit katalizatoru anizolun fenol və metanol əsasında alınması üçün optimal turşu-əsasi xassələri müəyyən edilmiş temperaturda (280-300<sup>0</sup>C) xüsusi yükləmənin (0,5÷ 0,7st<sup>-1</sup>) və xammal komponentlərinin (fenol/metanol) mol nisbətinin ( $v=2-1:1$ ) qiymətində əldə edir.

Daha sonra modifikasiya olunmuş Zr, H-mordenit katalizatorunun katalitik xassələri 1-naftolun metanolla alkülləşmə reaksiyasında tədqiq edilmişdir.

Tədqiqatları aparmaqda əsas məqsəd 1-metaoksinaftalinin sintezini həyata keçirmək və alınan nəticələrin anizolun alınmasında əldə olunan nəticələrlə müqayisə edilməsi olmuşdur. Fenolun metanolla alkülləşmə reaksiyasında istifadə olunan reaksiya şəraiti, az dəyişikliklə 1-naftolun metanolla alkülləşmə reaksiyasında da tətbiq edilərsə, onda qoyulan məsələ, əsasən, öz həllini tapa bilər. Belə ki, 270-310<sup>0</sup>C temperaturda xüsusi yükləmənin 0,4-1,6 st<sup>-1</sup> və 1-naftolun metanola olan mol nisbətinin 1:6-8 qiymətlərində aparılmış təcrübələrin nəticələri ( cədvəl 2. dediklərimizi sübut edir.

Cədvəl 1.

*Temperatur, xüsusi yükləmə və komponentlərin mol nisbətinin alkiləşmə reaksiyası məhsullarının tərkibinə və çıxımlarına təsiri*

№	T <sup>0</sup> C	Reaksiyanın şəraiti		Alkilatın tərkibi kütlə %										Fenolun konver-siyası, %	Anizola görə prosesin selektivliyi, %
		v, st <sup>-1</sup>	PhOH/CH <sub>3</sub> OH mol/mol	metanol	Anizol	fenol	o-krezol	2,6-ksilenol	Digər ksilenol-lar	2,4,6-trimetil-fenol	su	Qaz + itki			
1	280	0.30	1:1	8.9	28.1	58.1	1.4	2.5	-	1.0	-	-	33.0	85.5	
2	280	0.5	1:1	12.3	20.4	62.8	1.1	2.2	-	1.1	-	-	25.0	89.3	
3	280	0.7	1:1	13.3	18.0	66.1	0.8	1.2	-	0.6	-	-	21.0	90.0	
4	280	0.9	1:1	13.7	17.5	67.7	0.6	0.5	-	-	-	-	19.6	92.3	
5	280	0.5	2:1	2.8	14.1	82.2	0.4	0.5	-	-	-	-	13.6	94.5	
6	280	0.9	1:2	17.8	23.8	54.8	1.0	2.3	-	0.4	-	-	30.3	87.0	
7	300	0.30	1:1	6.4	32.2	52.0	3.0	4.5	-	0.8	-	-	40.2	80.2	
8	300	0.5	1:1	7.8	29.1	54.4	2.8	4.3	-	1.6	-	-	34.8	87.2	
9	300	0.7	1:1	10.0	26.0	58.5	1.0	1.6	-	0.7	-	-	30.4	88.8	
10	300	0.9	1:1	12.0	23.2	62.5	0.9	1.1	-	0.3	-	-	26.7	90.7	
11	300	0.5	2:1	1.4	24.5	72.0	0.9	1.1	-	0.1	-	-	24.3	92.3	
12	300	0.5	1:2	19.4	31.1	40.2	3.0	4.8	-	1.5	-	-	46.7	77.0	
13	320	0.30	1:1	2.4	35.2	47.6	4.8	7.1	-	2.9	-	-	46.3	74.4	
14	320	0.5	1:1	5.0	31.0	50.0	4.4	6.6	-	3.0	-	-	41.0	80.5	
15	320	0.7	1:1	7.6	29.0	56.0	2.8	4.0	-	1.8	-	-	36.0	83.0	
16	320	0.9	1:1	11.0	26.2	60.0	1.4	1.9	-	0.4	-	-	30.0	88.7	
17	320	0.5	2:1	0.5	30.0	66.8	1.1	1.4	-	0.2	-	-	30.0	91.2	
18	320	0.5	1:2	13.2	35.8	35.8	5.3	8.0	-	2.0	-	-	55.0	71.2	

Cədvəl 2.

Zr, H-modernit katalizatorunun iştirakı ilə 1-naftolun metanolla alkiləşməsinin nəticələri

Çevrilmiş 1-naftola görə hesablanmış reaksiya məhsullarının çıxımı, %

T <sup>0</sup> C	Reaksiyanın şəraiti		Çevrilmiş 1-naftola görə hesablanmış reaksiya məhsullarının çıxımı, %									
	v, st <sup>-1</sup>	v, C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O/CH <sub>3</sub> OH mol/mol	1-metoksi-naftalın	2-metil 1-naftol	4-metil 1-naftol	Dimetil naftollar	Okso birləşmə	1,2-dimetil naftalın	Naftalın digər metil homoloqları	1-naftolun konversiyası, %		
270	0.8	1:6	70.3	60.5	25.5	-	-	5.4	8.0	-	24.5	
290	0.8	1:6	48.8	40.0	42.5	1.0	-	4.0	10.0	2.0	30.0	
310	0.8	1:6	23.0	18.0	60.0	2.0	0.5	2.0	12.5	4.0	36.0	
270	1.2	1:6	77.2	68.0	20.0	-	-	6.0	4.5	-	18.0	
270	1.6	1:6	81.4	70.0	16.0	-	-	9.5	3.0	-	11.5	
270	0.4	1:6	63.5	55.5	32.5	0.5	0.5	3.0	6.0	0.5	26.5	
290	1.6	1:6	63.0	57.0	33.0	-	-	3.0	5.0	1.0	24.5	
310	1.6	1:6	36.6	31.5	54.4	1.0	-	1.0	9.5	1.0	29.0	
290	1.2	1:8	55.8	48.0	38.0	1.0	2.0	2.0	6.0	1.5	28.5	

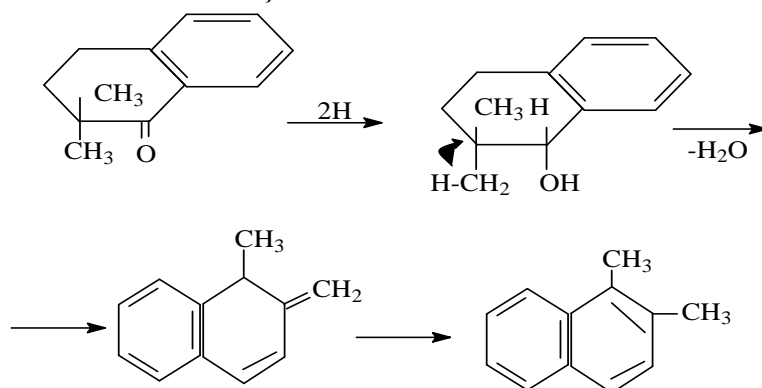
Alınan nəticələrin təhlili göstərir ki, 1-naftolun metanolla qarşılıqlı təsirindən, əsasən, 1-metoksinaftalin və 2-metil-1-naftol alınır. Bu məhsullara görə reaksiyanın ümumi selektivliyi 78.0-90% həddlərində dəyişir. Daha yüksək selektivlik əldə olunan reaksiya şəraiti:  $T=290^{\circ}\text{C}$ ,  $\nu=1,6 \text{ st}^{-1}$ ,  $\nu=1:6$  mol/mol aşağı selektivliklə (78.0%) alınan 1-metoksinaftalin və 2-metil-1-naftol qarışığı isə aşağıdakı rejimdə:  $T=310^{\circ}\text{C}$ ,  $\nu=0,8 \text{ st}^{-1}$ ,  $\nu=1:6$  mol/mol əldə olunur.

1-naftolun bu iki metil homoloqunun mol nisbəti də geniş həddə dəyişir və reaksiya şəraitindən asılı olaraq, bu və ya digər homoloqun daha çox əmələ gəlməsi ilə nəticələnir. Bu qarışıqlarda 1-metoksinaftalinin qatılığına gəldikdə, o, 23.0-81,4% həddlərində olur. Daha çox qatılıqla (81,4%) alınan 1-metoksinaftalinin sintezi şəraiti  $T=270^{\circ}\text{C}$ ,  $\nu=1,6 \text{ st}^{-1}$ ,  $\nu=1:6$  mol/mol olsa da, bu zaman naftolun birdəfəlik konversiyası ən aşağı qiyməti (11.5%) alır. 1-Naftolun göstərilmiş mono metil homoloqları qarışığında 1-metoksinaftalinin ən aşağı qatılığı (23.0) isə daha sərt şəraitdə ( $T=310^{\circ}\text{C}$ ,  $\nu=0,8 \text{ st}^{-1}$ ,  $\nu=1:6$  mol/mol) əldə olunur. Bu zaman 1-naftolun konversiyası ən yüksək qiymət (36.0%) alır. 1-metoksinaftalinin 2-metil-1 naftola görə ekvimolyar qatılığı (49.0%) isə  $290^{\circ}\text{C}$  temperaturda və xüsusi yükləmənin  $0,8 \text{ st}^{-1}$  qiymətində əldə olunur. Bu zaman 1-naftolun konversiyası 30.0% təşkil edir.

Anizolun fenol və metanol əsasında alınması ilə bağlı aparılmış tədqiqatlarda fenolun metil efininin 2-metil fenolla müqayisədə bir qədər yüksək çıxım və selektivliklə alındığı birmənalı təsdiq olunur. Deməli, Zr, H-mordenit katalizatorun daha iri molekullu birləşmə sayılan 1-naftolun katalitik alkiləşməsini fenolla müqayisədə aşağı sürətlə və selektivliklə aparmaqla, səth üzərində kimyəvi çevrilmənin baş verməsinə daha meyilli olur. Bu da katalizatorun xüsusi səthi, məsamələrinin ölçüləri və məsaməlik dərəcəsi ilə izah edilə bilər. Sirkoniumla və sulfat duzları ilə modifikasiya olunmuş mordenit katalizatoru fərqli turşu-əsas xassələr göstərməklə, fenolu və 1-naftolu müxtəlif dərəcədə oksigen atomuna görə alkiləşdirir.

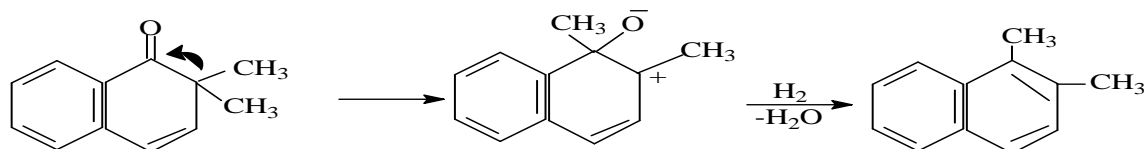
2-ci cədvəldə verilən nəticələrin təhlilindən görünür ki, 1-naftolun metanolla alkiləşməsində fenoldan fərqli olaraq dimetil naftollar praktiki olaraq alınmır. Bu da 1-naftolun metanolla qarşılıqlı təsirinin başqa mexanizm üzrə baş verdiyini göstərir. Alınmış katalizatlarda 1-okso-2,2-dimetil-1,2-dimetilnaftalinin, 1,2-dimetilnaftalinin və naftalinin digər metil homoloqlarının olması dediklərinizi sübut edir. Ona görə ki, bu katalizatorun iştirakı ilə fenolun metanolla qarşılıqlı təsirindən alınan alkilatlarla xionlara və metilbenzollara rast gəlinmir.

Güman olunur ki, 1-naftol metanol katalitik sistemində əmələ gələn oksobirləşmə (2,0-9,5%) aşağıdakı sxem üzrə 1,2-dimetil naftalinə çevrilir.



1,2-dimetilnaftalinin alınmasında təklif olunan digər yol da maraq doğurur. Bu mexanizm Marbel və Maqun tərəfindən sulfat turşusu –sirkə anhidridinin iştirakı ilə dienon-fenol üçün irəli sürülmüş yenidən qruplaşma ilə analogi sayıla bilər. Göründüyü kimi, prosesdə alınan 1,2-dimetil naftalinə görə reaksiyanın selektivliyi kifayət qədərdir (3.0-12.5%).

Alkilatlarla cüzi miqdarda tri- metil naftalinlərə gəldikdə, 1-okso-2,2-dimetil-1,2-dihidro-naftalin molekulunun iki metanol molekulu ilə eyni vaxtda qarşılıqlı təsirdə olması və sonradan suyun ayrılması ilə baş verən mərhələlərin gerçəkləşməsi güman edilir.



Beləliklə, Zr,H-mordenit iştirakı ilə 1-naftolun metanolla qarşılıqlı təsirindən 1-metoksinaftalinin kifayət qədər selektivliklə (60,5-70,0%)sintezinə nail olunmuş və aşağı temperaturda alınan 1-metoksinaftalinin 2-metil-1naftolla qarışığında efinin qatılığının 23,0-81,4% təşkil etdiyi müəyyən edilmişdir.

#### ƏDƏBİYYAT:

1. Индюков Н.М., Дадашев Б.А., Майстер Э.И., Агаев А.А. и др. Алкилирование фенола метиловым спиртом на Ni, H-мордените // Докл. АН Азербайджана, № 6, Баку: Елм, 1986, с.42-46.
2. Агаев А.А., Тагиев Д.Б., Муталлимова К.М. Алкилирование крезолов метанолом на Ni, H-мордените / Тез. докл. IV Всесоюз. конф. Применение цеолитов в катализе М.: Наука, 1989, с.125-127.
3. Tagiyev D.B., Agayev A.A. Methanol and ethanol alkylation phenol and cresols over zeolites / Abstr.Inter.Conf.Zeocat-90, part 2. Leipzig: 1990, pp.102-103.
4. Агаев А.А., Назарова М.К. Каталитическое алкилирование 1-нафтола метанолом // ЖПХ, 2003, 76, № 4, с. 579-581.
5. Агаев А.А., Мурадов М.М., Джавадова Ф.А. Получение моноэтильных гомологов 1-нафтола / Тез. докл. Междун. науч. практ. конф. Практические аспекты нефтепромысловой химии, посвящ. 25-летию Академии наук Республики Башкортостан, 25-26 мая 2016, Уфа: 2016, с.37-38.
6. Suleymanova P.V. Naftolun metanolla alkilləşməsi / Funksional monomerlər və xüsusi xassəli polimer materiallar: problemlər, perspektivlər və praktiki baxışlar. Beynəlxalq elmi konfransın materialları, 15-16 noyabr, 2017. Sumqayıt: SDU, 2017, s.98.
7. Agayev A.A., Muradov M.M., Shirinova X.M., Huseynova I.Q., Mustafayev N.M. Alkylation of 2methylphenol and 2.6-dimethylphenol by methanol in presence of ferrite catalyst // European Journal of Analytical and Applied Chemistry, Vienna, 2016, № 2, p.33-37.

#### РЕЗЮМЕ

##### ПОЛУЧЕНИЕ АНИЗОЛА И 1-МЕТОКСИНАФТАЛИНА В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО Zr, H-МОРДЕНИТА

*Агаев А.А., Сулейманова П.В., Назарова М.К., Рустамов К.М.*

**Ключевые слова:** фенол, 1-нафтол, метанол, модификация, цирконий, H-морденит, алкилирование, анизол, 1-метоксинафталин.

Приводятся сравнительные данные анизола алкилированием фенола метанолом и 1-метоксинафталена взаимодействием 1-нафтола метанолом в присутствии модифицированного цирконийсодержащего морденита, и выявлены близкие проявленные свойства катализатора в обеих реакциях.

#### SUMMARY

##### OBTAINING OF ANISOLE AND 1-METHOXYNAPHTHALENE WITH THE PARTICIPATION OF MODIFIED Zr, H-MORDENITE

*Aghayev A.A., Suleymanova P.V., Nazarova M.K., Rustamov K.M.*

**Key words:** phenol, 1-naphthol, methanol, modification, zirconium H-mordenite, alkylation, anisole, 1-methoxynaphthalene.

Comparative results of anisole are given by alkylation of phenol with methanol and 1-methoxynaphthalene interaction of naphthol with methanol in the presence of a modified zirconium-containing mordenite and a similar manifestation of the catalytic properties in both reactions is revealed.

Daxilolma tarixi: İlk variant 22.01.2018  
Son variant 28.09.2018

UOT 665.66

## АГКД-400, Seokar-600 və Ni,Co,Mo OKSİDLƏRİ İLƏ MODİFİKASIYA OLUNMUŞ HALLOİZİT NÜMUNƏSİ İLƏ HAZIRLANMIŞ YENİ KATALİZATOR NÖVÜNÜN HİDROTƏMİZLƏNMƏ PROSESİNDƏ TƏTBİQİ

<sup>1</sup>ABBASOV VAQİF MƏHƏRRƏM oğlu<sup>2</sup>ABBASOV MÜTƏLLİM MƏHƏRRƏM oğlu<sup>3</sup>MƏMMƏDOVA TƏRANƏ ASLAN qızı<sup>4</sup>HƏSƏNOVA AYNUR RÖVŞƏN qızı

Az.MEA Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, 1-akademik, 2-aparıcı elmi işçi,  
3-elmi işlər üzrə direktor müavini, 4- doktorant

**Açar sözlər:** hidrotəmizlənmə, dizel fraksiyası, halloizit, АГКД-400, Seokar-600, ultrasəsli kavitasiya

*Hidrotəmizlənmə prosesi 320-350 °C, xammalın verilməsi sürəti 0.5-1 s<sup>-1</sup>, hidrogen təzyiqi 3,5 MPa şəraitində ilkin emal dizel fraksiyasının 10 % (kütlə) pambıq yağı əlavə edilmiş qarışığı, АГКД-400, Seokar-600 və Ni,Co,Mo oksidləri ilə birgə modifikasiya olunmuş halloizit nümunəsi qarışığından hazırlanmış yeni katalizator növündən istifadə etməklə aparılmışdır.*

*Aşkar edilmişdir ki, bu katalizator növünün iştirakı ilə aparılan hidrotəmizlənmə prosesindən alınan dizel yanacağında ümumi kükürdün miqdarı 0,0090 və 0,0065 % (küt.)-dək azalır və kükürdsüzləşdirilmə dəriniyi 84-88 % (küt.) təşkil edir. Bu zaman aromatik karbohidrogenlərin miqdarı 14,4 və 10, 8% (küt.) təşkil edir.*

Dünya miqyaslı neft emalı sənayesinin inkişaf dövründə zamanla təsdiqlənmiş ənənəvi qanunauyğunluqlar vardır. Yüngül məhsulların çıxımını artırmaq məqsədi ilə neft emalının dərinləşdirilməsi, reaktiv və motor yanacaqları keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması müasir neft emalı sənayesinin inkişafında əsas istiqamət olaraq qalır. Bu axın neft emalının hidrogenləşmə proseslərinin gücünün artmasını və inkişafını stimullaşdırır, xüsusilə yaxın gələcəkdə hələ də öz aktuallığını saxlayan hidrotəmizlənmə, hidroriforminq və hidrokrekinq prosesləri.

Neft böhranının başlaması və hələ də davam etməsi səbəbi ilə neft emalı sənayesinin yenidən qurulması neftin ilkin emal proseslərinin gücünün azaldılması, dərin emal proseslərinin isə artması istiqamətinə yönəldilib. Bu da mövcud hidrogenləşmə proseslərinin inkişafı və müasirləşdirilməsi ilə nəticələnmişdir. Belə ki, hidrogenləşmə prosesləri bir-birilə müqayisədə mütləq üstünlüklərə malik deyildir. Prosesin seçilməsi xammalın emal xüsusiyyətlərindən, neft məhsullarının struktur tələbləri və digər amillərdən asılıdır. Bundan başqa, prosesin seçilməsi global bazar şəraitində istənilən nəticənin alınması əsasında müəyyən edilir.

Son dövrdə dünyanın bir çox ölkələrində yanacaqlara qoyulan ekoloji tələblər ciddiləşmişdir. Bu problemin həlli neft hasilatının, eyni zamanda yanacaqda kükürlü və parafinli birləşmələrin artmasını nəzərə alaraq, yüksəkkeyfiyyətli yanacaq almaq üçün neft emalı prosesi texnologiyasının yaxşılaşdırılması və ilk növbədə, hidrogenləşdirmə, hidrokrekinq, hidrotəmizlənmə proseslərinin inkişafıdır. Avro-4 və Avro-5 standartlarına cavab verən yanacaqlara olan tələbatı nəzərə alaraq, hidrotəmizlənmə prosesində müxtəlif modifikasiyalı katalizatorlardan istifadə edilir. Hal-hazırda yeni effektiv katalizatorların hazırlanması istiqamətində aparılan tədqiqatlar olduqca aktualdır və əhəmiyyətli elmi-texniki problemdir [1-6].

Son zamanlar digər neft-kimya proseslərində olduğu kimi, hidrotəmizlənmə prosesində də nanoölçülü katalizatorların istifadəsinə üstünlük verilir. Nanoölçülü hissəciklər lazım olmayan



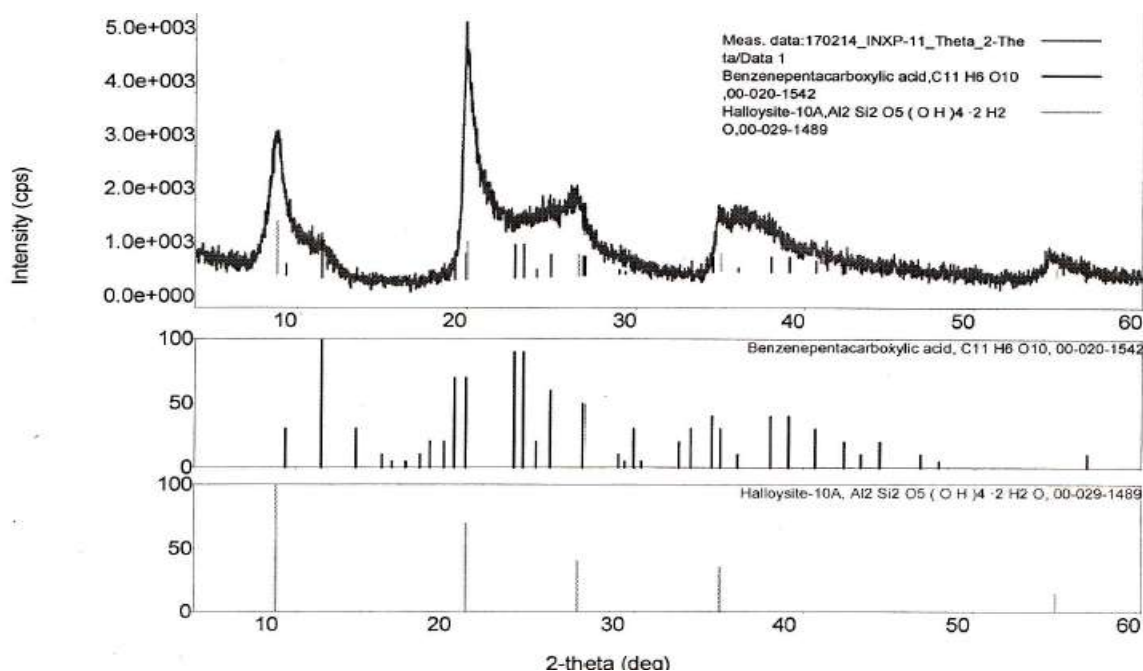
diffuzion halları və sterik effektləri aradan qaldırır və adi katalizatorlarla müqayisədə eyni xammal növlərindən fərqli tərkibli məqsədli məhsulların alınmasına səbəb olur. Bunları nəzərə alaraq, təbii nanoborular olan haloizitlərin müxtəlif proseslərə tətbiqi diqqət mərkəzindədir [7-15].

Halloizitlər ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O$ ), digər alümosilikatlarla müqayisədə yüksək Al/Si nisbətlili kaolinit minerallar ailəsinə aiddir və xaricdən silisium oksid, daxildən isə alüminium oksid qatlarından ibarət təbii strukturlu nanoborulardır. Kimyəvi tərkibinə görə haloizit və kaolinit ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot nH_2O$ ,  $n=4$  və  $2 < n < 4$  uyğun olaraq) bir-birinə yaxındır, fərqi isə birləşdiyi suyun miqdarındadır. Haloizitdə kaolinitə görə bir qədər çox su (dörd molekul) vardır. Haloizitdə suyun yarısı hidroksil şəklində, qalanı isə su molekulu ( $H_2O$ ) şəklindədir. Bu halda qatlar arasında su fiksasiya olunmuş vəziyyətdədir və qatlarda hidroksillər vasitəsilə əlaqəlidir. Hidratlaşmış mineralda qatların qalınlığı təxminən  $10\text{\AA}$  təşkil edir, dehidratlaşmış mineralda isə  $7,2\text{\AA}$  qədər azalır. Haloizit borularının uzunluqları  $0,5-2,0\ \mu m$  civarındadır [16-20].

Halloizit nanoborucuq boşluqları kimyəvi reaksiyaların sürətini və selektivliyini artırır [20-25].

Hal-hazırda haloizit nanoborucuqları ABŞ, Çin, Fransa və başqa dövlətlərin bir sıra firmaları tərəfindən istehsal edilir.

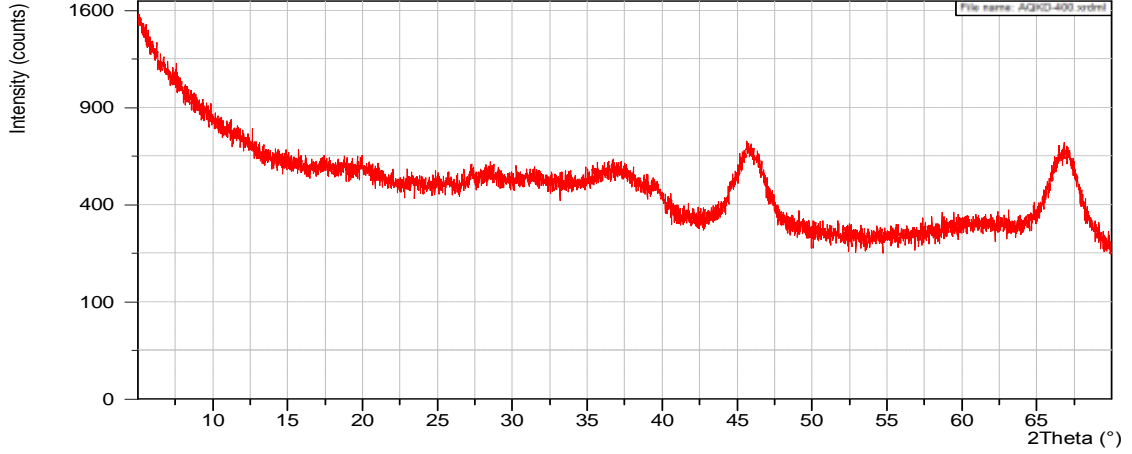
**Təcrübi hissə.** Nümunə kimi, Türkiyədən alınmış haloizit süxuru nümunəsi və həmin süxurun Ni, Co və Mo oksidləri ilə modifikasiya olunmuş nümunəsi və АГКД-400, Seokar-600 sənaye katalizatorlarının rentgen difraktometriya (XRD) üsulu ilə faza və element tərkibləri tədqiq edilmişdir. Termoqramimetriya (diferensial termiki analiz (TQ/DTA/DTQ) üsulları bu nümunələrin termiki xassələrini təyin etmək üçün istifadə edilmişdir.



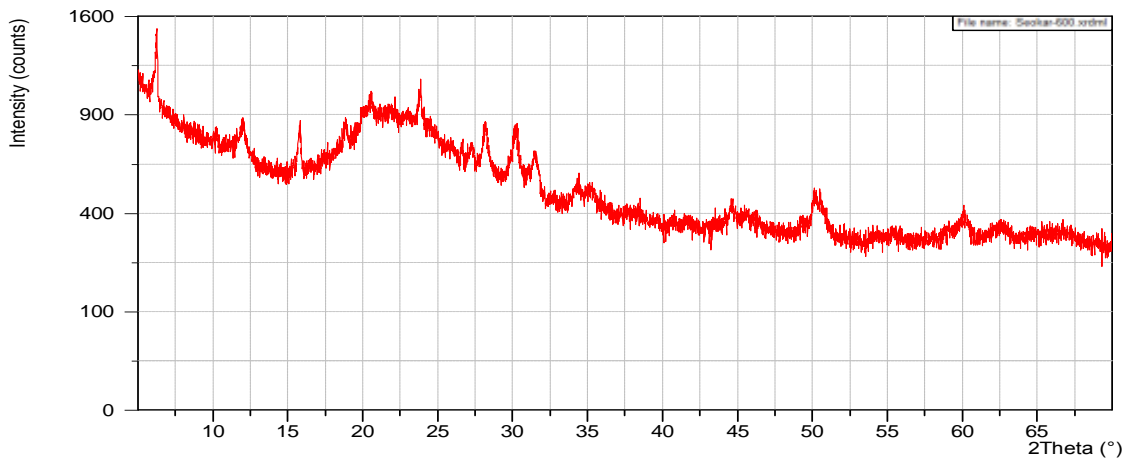
Şəkil 1. İlk haloizit nümunəsinin difraktoqramı

Şək.1-də təqdim edilmiş ilk haloizit süxurunun diftoqramı verilmişdir. Təqdim edilmiş nümunənin diftoqramında  $9,8(100\%)$ ,  $14,43(100\%)$ ,  $16,69(40\%)$ ,  $14,75(100\%)$ ,  $20,55(100\%)$ ,  $27,8(100\%)$ ,  $36,2(100\%)$ ,  $56,5(100\%)$  kənarlaşma bucaqlarında müşahidə olunan xarakterik zolaqları nümunəni haloizit kimi identifikasiya edir (şək. 1). Şəkil 2 və 3-də isə sənaye katalizatorları olan АГКД-400 və Seokar-600 katalizatorlarının diftoqramları verilmişdir. Difraktometrin nəticələrinə görə, təqdim olunmuş nümunələrin kristallılıığı  $52,2\%$ -dən çox təşkil edir. RF mikroskopik və termiki analizə görə tədqiq olunmuş haloizitin kimyəvi tərkibi (% küt.) belədir:  $SiO_2(56,0)$ ;  $Al_2O_3(42,3)$ ;  $P_2O_3(1,3)$ .

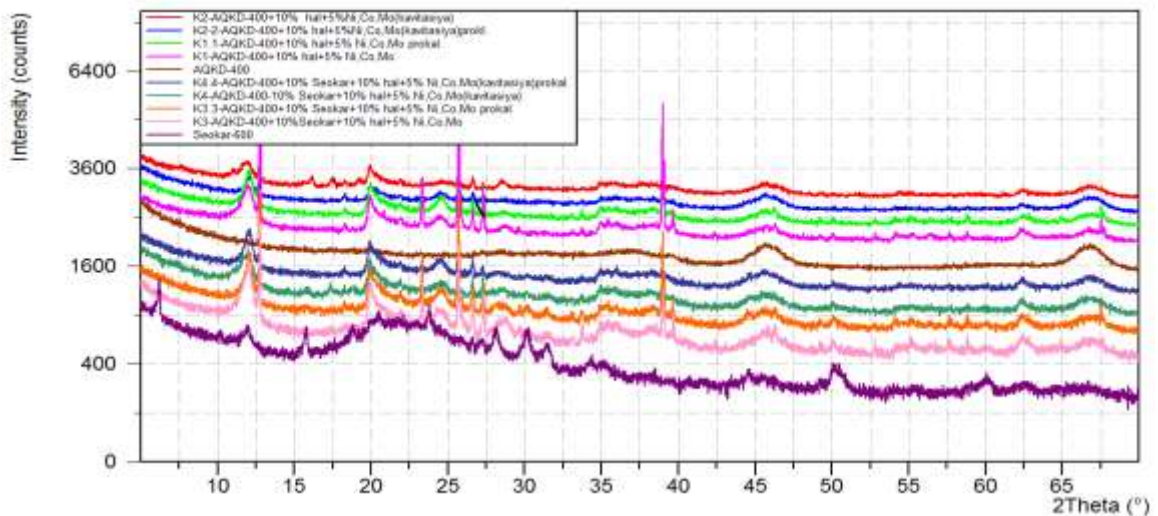
АГҚД-400, Seokar-600 və Ni,Co,Mo oksidləri ilə birgə modifikasiya olunmuş haloizit nümunəsi qarışığına əlaqələndirici kimi  $Al_2O_3$  əlavə etməklə hazırlanmış yeni katalizator nümunələrinin tədqiqi onlarda yeni mineral fazaların əmələ gəlməsini, lakin bütövlükdə rentgen difraktometrlerinin dəyişmədiyini göstərir (şək.4).



*Şəkil 2. АГҚД-400 katalizatorunun diftoqramı*



*Şəkil 3. Seokar-600 katalizatorunun diftoqramı*



*Şəkil 4. АQKD-400, Seokar-600 və Ni,Co,Mo oksidlərinin birgə modifikasiya olunmuş haloizit nümunəsi qarışığı ilə hazırlanmış yeni katalizator nümunələrinin difraktogramı*

АГКД-400, Seokar-600 və Ni, Co, Mo oksidləri ilə birgə modifikasiya olunmuş haloizit nümunəsi qarışığına əlaqələndirici kimi  $Al_2O_3$  əlavə etməklə hazırlanmış yeni katalizator nümunəsində 20-kənarlaşma bucağı  $25^\circ$ -də 3.56 intensivliyi ilə müşahidə olunan xarakterik zolaq modifikasiya nəticəsində haloizit nümunəsinin borularının qismən açılması ilə izah oluna bilər.

Digər bir üsul isə ondan ibarətdir ki, yuxarıda qeyd olunan duzların məhlulları haloizit nümunəsinin üzərinə əlavə olunduqda alınan qarışıq 20 kH tezliyində olan ultrasəs kavitasiyası vasitəsilə 10 dəq müddətində qarışdırılır və sonradan qurudulub, həb şəklinə salınır. Ənənəvi üsul ilə hazırlanmış nümunənin, eyni zamanda АГКД-400, Seokar-600 və Ni, Co, Mo oksidləri ilə modifikasiya olunmuş haloizit nümunəsinin ayrı-ayrılıqda və ultrasəsli kavitasiya üsulu ilə hazırlanmış yeni katalizator növünün termoqramları şəkil 4-də verilir.

Təqdim edilmiş nümunənin difraktoqramında görünən kənarlaşma bucaqlarında müşahidə olunan xarakterik zolaqlar nümunəni haloizit kimi identifikasiya edir və kristallik halda olduğunu sübut edir.

Tədqiqatlar üçün ilkin emal dizel fraksiyasının 10%-li bitki yağı qarışığı götürülmüşdür. Hidrotəmizləmə prosesi  $320-350^\circ C$ , xammalın verilməsi sürəti  $0.5-1 s^{-1}$ , hidrogen təzyiqi 3,5 MPa şəraitində ilkin emal dizel fraksiyasının 10 % (kütlə) pambıq yağı əlavə edilmiş qarışığı АГКД-400, Seokar-600 və Ni, Co, Mo oksidləri ilə birgə modifikasiya olunmuş haloizit nümunəsi qarışığına əlaqələndirici kimi  $Al_2O_3$  əlavə etməklə hazırlanmış yeni katalizator növündən istifadə etməklə aparılmışdır. Bu proseslərin material balansı cədvəl 1-də verilmişdir.

**Cədvəl 1.**

*Dizel distillatının 10 % kütlə pambıq yağı əlavə edilmiş qarışığın АГКД-400, Seokar-600 və Ni, Co, Mo oksidləri ilə birgə modifikasiya olunmuş haloizit nümunəsi qarışığına əlaqələndirici kimi  $Al_2O_3$  əlavə etməklə hazırlanmış yeni katalizator növündən istifadə etməklə hidrotəmizləmə proseslərinin material balansı ( $P=3,5 MPa, T=320-350^\circ C$ )*

Göstəricilər	Katalizator				
	Halloizit	AQKD-400+ Halloizit+ NiO+CoO+ MoO <sub>3</sub>	AQKD-400+ Halloizit+ NiO+CoO+ MoO <sub>3</sub> (ultrasəsli)	AQKD-400+ Seokar-600+ Halloizit+ NiO+CoO+Mo O <sub>3</sub>	AQKD-400+ Seokar-600+ Halloizit+ NiO+CoO+Mo O <sub>3</sub> (ultrasəsli)
<b>Götürülüb, % küt.</b>					
İlkin emal dizel fraksiyası	88,8	88,8	88,8	88,8	88,8
Pambıq yağı	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
Hidrogen	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
<b>Alınıb, % küt.</b>					
dizel fraksiyası 180-350 °C	91,7	92,6	93,1	90,8	89,9
Benzin fraksiyası q.b.- 180 °C	2,4	2,2	2,0	3,0	4,9
Qazlar C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	3,5	2,3	2,6	2,7	2,7
Koks	0,9	0,8	0,6	0,7	0,8
Su	0,5	0,8	0,6	0,6	0,6
İtki	1,0	1,3	1,1	1,2	1,1

Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi, haloizit süxurundan katalizator kimi istifadə etdikdə ilkin emal dizel fraksiyasının 10% (küt) pambıq yağı ilə qarışıqlarının hidrotəmizlənməsi nəticəsində alınan dizel fraksiyasının çıxımı 91,7% təşkil edir. Hazırlanmış yeni katalizator növündən istifadə etdikdə prosedən alınan dizel fraksiyasının çıxımı 90,0-93,1% küt. təşkil edir və bu da katalizatorun tərkibinə keçid metalların daxil edilməsindən onun hidrogenləşdirmə funksiyasının

*АГҚД-400, Seokar-600 və Ni,Co,Mo oksidləri ilə modifikasiya olunmuş halloizit nümunəsi ilə hazırlanmış yeni katalizator növünün hidrotəmizlənmə prosesində tətbiqi*

artması və eyni zamanda Seokar-600 katalizatorunun tətbiqi ilə bitki yağlarının kreking reaksiyalarının artması səbəbindən ola bilər.

İlkin emal dizel fraksiyasının 10% pambıq yağı ilə qarışığının yuxarıda sadalanan katalizator nümunələri ilə hidrotəmizlənmə prosesindən alınan dizel fraksiyalarının keyfiyyət göstəriciləri cədv.2-də verilmişdir.

**Cədvəl 2.**

*İlkin emal dizel fraksiyasının 10% pambıq yağı ilə qarışığının АГҚД-400, Seokar-600 və Ni,Co,Mo oksidləri ilə birgə modifikasiya olunmuş halloizit nümunəsi qarışığına əlaqələndirici kimi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> əlavə etməklə hazırlanmış yeni katalizator növündən istifadə etdikdə alınan dizel fraksiyalarının keyfiyyət göstəriciləri*

Göstəricilər	Katalizator				
	Halloizit	AQKD-400+ Halloizit+ NiO+CoO+ MoO <sub>3</sub>	AQKD-400+ Halloizit+ NiO+CoO+ MoO <sub>3</sub> (ultrasəsli)	AQKD-400+ Seokar-600+ Halloizit+ NiO+CoO+Mo O <sub>3</sub>	AQKD-400+ Seokar-600+ Halloizit+ NiO+CoO+Mo O <sub>3</sub> (ultrasəsli)
Sıxlıq 15 °C, kq/m <sup>3</sup>	838,7	841,9	844,1	842,9	836,8
Fraksiya tərkibi, °C					
Qaynama başlanğıcı	182	186	194	197	190
10% qaynayır	216	217	221	223	233
50 % qaynayır	278	280	286	289	291
Qaynama sonu	362	365	368	370	350
Alışma temperaturu, bağlı putada, °C	70	72	71	71	70
Kinematik özlülük, 20°C-də, mm <sup>2</sup> /s	2,94	3,11	3,23	3,25	2,89
Bulanma temperaturu, °C, yuxarı olmamalı	-28	-28	-27	-30	-10
Donma temperaturu, °C, yuxarı olmamalı	-36	-38	-39	-40	-40
Turşuluq, mq KOH/100 sm <sup>3</sup> yanacaq	1,53	0,95	0,85	0,85	0,51
Yod ədədi, qJ <sub>2</sub> /100q yan, çox olmamalı	2,36	1,4	1,9	1,6	1,50
Ümumi kükürdün miqdarı, % küt.	0,0538	0,0090	0,0070	0,0075	0,0065
10 % li qalığın kokslaşması, % kütlə, çox olmamalı	0,0018	0,0021	0,0020	0,0018	0,0019
Karbohidrogen tərkibi, küt. %					
Aromatik	16,2	14,4	14,6	11,0	10,8
Doymamış	2,4	0	0	0	0
parafin -naften	86,2	85,6	85,4	85,0	85,2

Cədvəl 2-dən görüldüyü kimi, hidrogen təzyiqi 3,5 MPa, temperatur 350 °C və XVKS 0.5-1 s<sup>-1</sup> olduğda ilkin halloizit süxurundan katalizator kimi istifadə etdikdə ilkin emal dizel fraksiyasının 10%-li bitki yağı qarışığının hidrotəmizlənməsi nəticəsində ümumi kükürdün miqdarı 0,0855% küt-dən 0,0538%-dək azalır. Bu zaman kükürdsüzləşdirilmə dərinliyi 37,07 (küt) təşkil edir.

İlkin haloizit süxuru istifadəsində hidrogen qazının təzyiqini 5,0 MPa-dək qaldırdıqda kükürdsüzləşdirilmə dəriniyi artır və 41,87 % küt. təşkil edir.

Hidrogen təzyiqi 3,5 MPa, temperatur 350 °C və XVKS 0.5-1 s<sup>-1</sup> olduqda АГКД-400, Seokar-600 və Ni, Co, Mo oksidləri ilə birgə modifikasiya olunmuş haloizit nümunəsi qarışığına əlaqələndirici kimi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> əlavə etməklə hazırlanmış yeni katalizator növlərinin iştirakında hidrotəmizlənmə prosesi aparıldıqda isə ümumi kükürdün miqdarı 0,0090-0.0065 % (küt.) təşkil edir. Bu zaman kükürdsüzləşdirilmə dəriniyi müvafiq olaraq 84-88 % (küt) təşkil edir.

**Nəticə.** Alınan nəticə sənaye hidrotəmizlənmə katalizatorlarında alınan nəticələr ilə müqayisəlidir və bir sıra göstəricilərə görə onlardan üstündür.

Eyni zamanda bu katalizator üçün sadalanan şəraitdə alınan dizel fraksiyasında aromatik karbohidrogenlərinin miqdarının aşağı olması nəzəri cəlb edir. Belə ki, aromatik karbohidrogenlərinin miqdarı 3,5 MPa təzyiqində 10,8 və 14,4 % küt arasında dəyişilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, pambıq yağı əlavə olunmasına baxmayaraq, bu zaman alınan dizel fraksiyalarının aşağı temperatur xassələri pisləşmir və qış növü dizel yanacaqlarına uyğun gəlir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Мамедова Т.А., Андрющенко Н.К., Аскерова Э.Н. и др. Получение дизельных топлив нового поколения гидроочисткой смеси нефтяного и растительного сырья // Химия и технология топлив и масел, №3. М.: ООО Стринг, 2010, с.8.
2. Алиев Р.Р., Резниченко И.Д., Целютина М.И. Экологические проблемы в производстве алюмоникель(кобальт)молибденовых катализаторов // Катализ в промышленности, №2, Уфа: 2005, с.33-39.
3. Целютина М.И., Резниченко И.Д., Алиев Р.Р., Трофимова М.В. Синтез катализаторов гидропроцессов переработки нефти // Экология и промышленность России, 2005, с. 14-17.
4. Алиев Р.Р., Елшин А.И., Резниченко И.Д. Проблемы и критерии выбора катализаторов для гидроочистки нефтяных фракций // Химия и технология топлив и масел, 2001, №2, с.16-18.
5. Резниченко И.Д., Алиев Р.Р., Елшин А.И., Куке И.В. Промышленный опыт эксплуатации катализаторов гидроочистки нефтяных фракций // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, № 4. М.: РГУНГ, 2005, с.58-64
6. Патент 2286846.РФ. 2005
7. Скорникова С.А., Белоногова Л.Н., Посохова О.М., и др. Синтез цеолита бета в промышленных условиях. // Научные основы приготовления и технологии катализаторов. Тезисы докладов 5-ой Всероссийской науч.-практ. конф. Омск: 2004, с.124.
8. Singer A., Zarei M., Lange F.M., Stahr K. Halloysite characteristics and formation in the northern Golan Heights, Geoderma, 2004, vol.123, pp.279-295.
9. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства // Успехи физических наук. т.172, №4. М.: 2002, с.402-438.
10. Joussein E., Petit S., Churchman J. et al., Halloysite clay minerals a review, Clay minerals, 2005, Vol.40, pp.383-426.
11. Klopogge T. J., Frost R.L. Raman microprobe spectroscopy of hydrated halloysite from a neogene cryptokarst from southern Belgium, J. Raman Spectrosc, 1999, Vol. 30, pp. 1079-1085.
12. Singh B. Experimental transformation of kaolinite to halloysite clays. Clays and Clay Minerals, 1996, vol. 44. No. 6, pp. 825-834.
13. Abdullayev E., Joshi A., Wei W., Zhao Y., Lvov Y. [Enlargement of halloysite clay nanotube lumen by selective etching of aluminum oxide](#). ACS Nano, 2012, vol. 6, pp.7216-7226,
14. Cavallaro G., Lazzara G., Milioto S., J. Phys. Chem. C 116, 21 932 (2012).
15. Wang L., Chen J.L., Ge L., Zhu Z.H., Rudolph V. Halloysite-nanotube-supported Ru nanoparticles for ammonia catalytic decomposition to produce CO x-free hydrogen. Energy Fuels. Vol.8, pp. 3408-3416. ISSN 0887-0624 (2011).
16. Liu M.X., Guo B.C., Du M.L., Chen F., Jia D.M. Halloysite nanotubes as a novel β-nucleating agent for isotactic polypropylene. Polymer, [Vol. 50, Issue 13](#), 2009, pp.3022-3030.

17. Третьяков Ю.Д., Лукашин А.В., Елисеев А.А. Синтез функциональных наноконпози- тов на основе твердофазных нанореакторов // Успехи химии, т.73, № 9. М.: 2004, с.974-998.
18. Колесник И.В., Елисеев А.А., Гаршев А.В., Лукашин А.В., Третьяков Ю.Д. // Изв. АН. Сер. хим. 53, 2391 (2004).
19. Abdullayev E., Sakakibara K., Okamoto K., Wei W., Ariga K., Lvov Y. ACS Appl. Mater. Interfaces 3, 4040 (2011).
20. Yuan P., Tan D., Annabi-Bergaya F., Appl. Clay Sci. pp.112–113, 75 (2015).
21. Rawtani D., Agrawal Y.K., Rev. Adv. Mater. Sci. 30, 282 (2012).
22. Jiang Y.Y., Wu X.J., Li Q., Li J.J., Xu D.S. Nanotechnology 22, 385 601 (2011).
23. Zieba M., Hueso J.L., Arruebo M., Martinezab G., Santamaria J. New J. Chem. 38, 2037 (2014).
24. Zhu H., Du M.L., Zou M.L., Xua C.S., Fu Y.Q. Dalton Trans. 41, 10 465 (2012).
25. Jana S., Das S., RSC Adv. 4, 34 435 (2014).

#### РЕЗЮМЕ

**ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО КАТАЛИЗАТОРА, ПОЛУЧЕННОГО ОБРАЗЦОМ ГАЛЛУАЗИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ОКСИДАМИ Ni, Co, Mo И АГКД-400, Seokar-600 В ПРОЦЕССЕ ГИДРООЧИСТКИ**  
*Аббасов В.М., Аббасов М.М., Мамедова Т.А., Гасанова А.Р.*

**Ключевые слова:** гидроочистка, дизельная фракция, галлуазит, АГКД-400, Seokar-600 , ультразвуковая кавитация

Исследован процесс гидроочистки при температуре 320-350°C, давление водорода 3,5МПа с использованием в качестве сырья прямогонной дизельной фракции и смеси прямогонной дизельной фракции с 10% хлопкового масла с использованием в качестве катализатора галлоизитов, обогащенных оксидами Ni, Co, Mo и АГКД-400, Seokar-600.

Выявлено, что при использовании катализаторов, полученных образцом галлуазита модифицированного оксидами Ni, Co, Mo и АГКД-400, Seokar-600 с использованием ультразвука, общее содержание серы в составе дизельных фракций уменьшается от 0,0090 до 0,0065 % масс., при этом глубина обессеривания составляет 84-88 % масс., а количество ароматических углеводородов 14,4 и 10,8% масс.

#### SUMMARY

**THE APPLICATION OF THE NEW CATALYST TYPE PREPARED BY THE HALLOYSITE SAMPLE MODIFIED WITH АГКД-400, Seokar-600 AND THE OXIDES OF Ni, Co, Mo IN THE HYDROTREATING PROCESS**

*Abbasov V.M., Abbasov M.M., Mammadova T.A., Hasanova A.R.*

**Key words:** hydrotreating, diesel fraction, halloysite, АГКД-400, Seokar-600, ultrasound cavitation.

The hydrotreating process of the pure initial refining diesel fraction and the mixture of it with cottonseed oil of 10% (by mass) have been operated at 320-350°C with hydrogen pressure of 3.5 MPa by using halloysite that enriched with transition metal oxides Ni, Co, Mo and АГКД-400, Seokar-600 as catalyst.

It has been observed that, the new catalyst prepared by the halloysite sample modified with АГКД-400, Seokar-600 and the oxides of Ni, Co, Mo by ultrasound cavitation is used, the total sulphur content decreases from 0.0090 to 0.0065 (by mass) and the desulphurization depth is 84.0-88,0 %. Meantime, the amount of aromatic hydrocarbons was 14,4 and 10,8% (by mass).

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	02.05.2018
	Son variant	28.09.2018

УДК 547.569+547.311+678.045

## АДДУКТЫ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ АЦЕТАЛЕЙ С ТИОФЕНОЛОМ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВОК К БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОМУ КАУЧУКУ

<sup>2</sup>ЮСИФЛИ ФАРИДА ХАЛАДДИН ГЫЗЫ<sup>1</sup>РАМАЗАНОВ ГАФАР АБДУЛАЛИ ОГЛУ<sup>1</sup>ГУЛИЕВ АБАСГУЛУ МАМЕД ОГЛУ

Сумгаитский государственный университет, 1-профессор, 2-диссертант  
[gafar.ramazanov@gmail.com](mailto:gafar.ramazanov@gmail.com)

**Ключевые слова:** циклический ацеталь, тиофенол, аддукт, бутадиен-стирольный каучук, преждевременная вулканизация.

Свободнорадикальным присоединением тиофенола к непредельным циклическим ацетальным были синтезированы и охарактеризованы моноаддукты, которые затем были использованы в качестве замедлителя преждевременной вулканизации бутадиен-стирольного каучука. Показано, что введение в состав резиновой смеси на основе СКС-30-АРКМ-15 синтезированных тиофенольных аддуктов приводит к повышению физико-механических свойств вулканизатов.

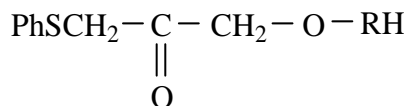
Бутадиен-стирольный каучук, благодаря доступности и дешевизне исходных компонентов для его производства, а также хорошим рабочим свойствам, и сегодня остается ценнейшим продуктом среди синтетических эластомеров. Несмотря на то, что удельный вес его в общем выпуске синтетических каучуков падает, тем не менее, абсолютное количество его продолжает увеличиваться. Наряду с этим резины же, изготовленные на основе бутадиен-стирольного каучука, имеют хорошие эксплуатационные свойства. Основным назначением его является производство автомобильных шин, различных резинотехнических и кабельных изделий [1].

Бутадиен-стирольный каучук, хотя и обладает соответствующими физико-механическими свойствами, тем не менее, он не удовлетворяет сегодняшним требованиям, предъявляемым к резинам, изготовленным на его базе. Следовательно, требуется модификация его с различными низко- и высокомолекулярными соединениями или же олигомерами, содержащими в своем составе функционально-активные, т.е. реакционно-способные группы.

Следует также подчеркнуть, что бутадиен-стирольный каучук в отличие от других натуральных и синтетических каучуков характеризуется большей склонностью к преждевременной вулканизации [2].

Причем, как известно, процесс подвулканизации резиновых смесей является одним из основных явлений, препятствующих нормальному производству резинотехнических изделий. Обычно для подавления скорости преждевременной вулканизации в резиновую композицию добавляют специальные вещества из класса органических соединений – так называемые замедлители подвулканизации. Имея в своем составе различные функциональные группы и атомы серы, и учитывая протекание процесса вулканизации по радикальному механизму, в качестве замедлителя мы использовали моноаддукты непредельных циклических ацеталей с тиофенолом.

Испытанию подвергались соединения общей формулы:

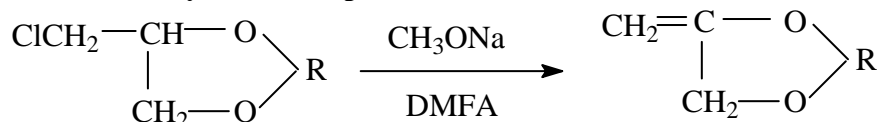


Эти соединения были получены по реакции непредельных циклических ацеталей с тиофенолом.

**Экспериментальная часть.** ИК-спектры снимались на приборе UR-20 в области призм KBr, NaCl, LiF в виде тонких пленок. ПМР-спектры снимались на спектрометре BS 487 В фирмы "Tesla" (ЧССР) в растворе CCl<sub>4</sub>, внутренний-стандарт-гексаметилдисилоксан, δ-шкала. Чистоту синтезированных соединений определяли методом ГЖХ-анализа на хроматографе ЛХМ-8 МД, модель-3. Неподвижная фаза карбовакс и ХЕ-60 на хроматоне N-AW-DMCS. Температура 110-200<sup>0</sup>С, газ-носитель-гелий, V<sub>He</sub> = 50-60 мл/мин.

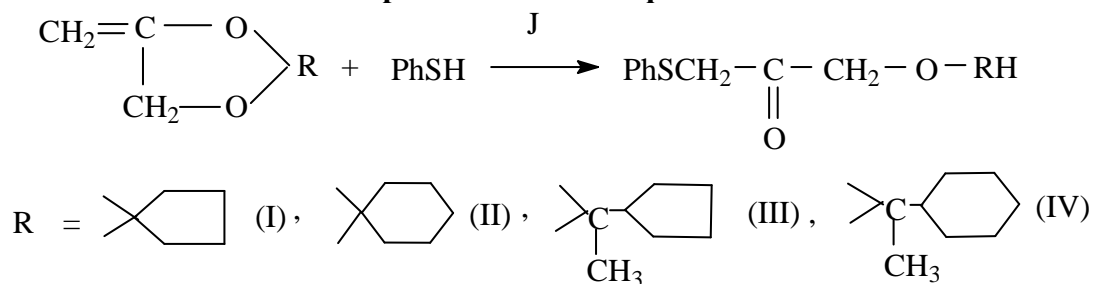
Непредельные циклические ацетали были получены из соответствующих хлорметилциклических ацеталей, которые в свою очередь были синтезированы реакцией циклических кетонов с ЭХГ согласно методики, описанной в [3].

#### Получение непредельных циклических ацеталей



К раствору 0.2 моль соответствующего хлорметилдиоксолана в 200 мл ДМФА при перемешивании по каплям добавляли раствор 0.5 моль метилата натрия в 100 мл ДМФА при комнатной температуре. Смесь перемешивали 4 часа при той же температуре и вливали в 150 мл воды, после чего экстрагировали эфиром. Органический слой отделяли и сушили над MgSO<sub>4</sub>. Эфирные вытяжки выпаривали, а остаток перегоняли в вакууме.

#### Присоединение тиофенола



Присоединение ТФ к непредельным циклическим ацеталам проводилось следующим образом: в ампулу емкостью 20 мл поместили 0.02 моль 2-замещенного 4-метилен-1,3-диоксолана, 2.32 г (0.021 моль) ТФ и 0.5 вес.% ДАК. Ампулу запаивали и нагревали в термостате при 80<sup>0</sup>С в течение 4-х часов. По окончании реакции смесь охлаждали, 3-4 раза промывали 10%-ным раствором соды (для удаления избытка ТФ) и экстрагировали эфиром. После сушки над Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> эфир отгоняли, а продукт реакции перегоняли в вакууме.

Резиновую смесь готовили на лабораторных вальцах последовательным введением ингредиентов. Состав резиновой смеси масс.ч: бутадиен стирольный каучук марки СКС-30-АРКМ-15 – 100; стеариновая кислота – 2.0; окись цинка – 5.0; каптакс – 2.0; дифенилгуанидин – 0.3; сажа ДГ-100 – 50.0; сера – 2.0; модификаторы-аддукты – 1.0-6.0.

Вулканизацию каучук-модификаторных композиций, полученных путём смешения



на вальцах бутадиен-стирольного каучука, соответствующих ингредиентов и взятых аддуктов осуществляли при 143°C в течение 40,60 и 80 минут при давлении прессы не менее 12.0 МПа.

Таблица 1.

Состав резиновых смесей с добавкой аддуктов I-IV

Ингредиенты	Резиновая смесь, масс.ч.												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
СКС	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Стеариновая кислота	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Окись цинка	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0
Капкак	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Дифенилгуанидин	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Сажа Д5-100	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Сера	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Аддукт- I	-	1,0	3,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Аддукт- II	-	-	-	-	1,0	3,0	6,0	-	-	-	-	-	-
Аддукт- III	-	-	-	-	-	-	-	1,0	3,0	6,0	-	-	-
Аддукт- IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	3,0	6,0

**Обсуждение результатов.** В технологии производства резин в настоящее время используются многочисленные соединения – добавки как замедлители преждевременной вулканизации. Причем применяемые соединения не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к резине. Следовательно, требуются новые аддукты с оригинальными структурными единицами и придающие резинам улучшенные свойства.

Учитывая вышеизложенное, вновь синтезированные нами тиофенольные аддукты (I-IV) непредельных циклических ацеталей были использованы в качестве замедлителя преждевременной вулканизации композиций на основе бутадиен-стирольного каучука.

Эффективность используемых соединений I-IV в качестве замедлителя подвулканизации оценивали как по изменениям вязкости по Муни резиновых смесей в процессе прогрева при 130°C, так и по данным физико-механических показателей резин.

Эксперименты показали, что при введении в состав резиновых композиций 3.0 масс.ч. аддукта, время подвулканизации возрастает с 25 до 46 мин. При этом оптимальное время вулканизации уменьшается с 60 до 15-20 мин, улучшаются также физико-механические показатели вулканизатов. Оптимальное количество замедлителя составляет 3.0 масс.ч. на 100 масс.ч. БСК. Дальнейшее увеличение количества замедлителя не приводит к существенному изменению прочностных показателей. Процесс сопровождается либо ингибированием, (преждевременной подвулканизацией), либо сшивкой под действием аддуктов.

Из данных таблицы 1 видно, что физико-механические показатели резин при оптимальном количестве модифицирующих соединений возрастают до 35-40%, а относительное удлинение увеличивается в 1.16-1.25 раза, по сравнению со свойствами резин, изготовленных без участия модификаторов. К тому же изготовленная резиновая смесь имеет высокую стойкость к тепловому старению. Так, коэффициент сопротивления тепловому старению возрастает по пределу прочности от 0.61 до 0.98, по относительному удлинению от 0.73 до 0.93 по сравнению с композицией на основе только бутадиен-стирольного каучука.

В таблице 2 представлены некоторые свойства полученных композиций и резин на основе синтезированных тиофенольных аддуктов I-IV.

**Таблица 2.**

*Свойства вулканизатов на основе бутадиен-стирольного каучука*

№	Показатели	без доба- вок	Резиновые смеси с добавками			
			2-4	5-7	8-10	11-13
1	Вязкость по Муни при 130°C	25	21*	22	22,5	20
2	Время до начала вулканизации при 130°C, мин	25	46	40	36	45
3	Сопротивление разрыву, МПа до старения** после старения**	25.6	34.7	33.6	33.1	37.0
		15.6	29.4	25.3	26.6	37.5
4	Относительное удлинение, % до старения после старения	650	738	720	710	790
		475	592	552	686	718
5	Остаточное удлинение, % до старения после старения	16	31	29	24	20
			17	14	17	
6	Модуль при 300% удлинении, МПа	8.9	7.1	7.2	5.4	4.9
7	Твёрдость по ТМ-2	60	54	56	57	59
8	Коэффициент сопротивления тепловому старению: по сопротивлению разрыву по относительному удлинению	0.61	0.98	0.94	0.93	0.95
		0.73	0.92	0.93	0.90	0.92

\*значение при содержании аддуктов количестве 3.0 масс.ч.

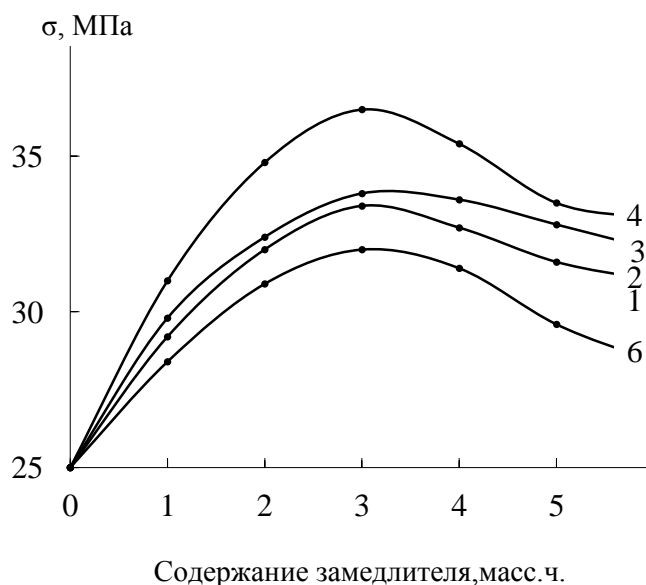
\*\* Условия старения – 100°C в течение 72 часов.

Замедлительное действие аддуктов связано, вероятно, присутствием в их молекулах атомов серы и лучшей совместимостью их с резиновой смесью.

Благодаря своей структурной близости, моноаддукты были использованы в качестве модифицирующей добавки к БСК. Результаты эксперимента показали, что введение в состав резиновой смеси, приготовленной на основе БСК, аддуктов непредельных циклических ацеталей с тиофенолом повышает прочностные показатели, относительное удлинение и уменьшает склонность композиции к преждевременной вулканизации. При этом также несколько улучшается модуль при 300 %-ном удлинении. Повышение модуля вулканизатов при добавлении аддуктов свидетельствует об участии используемых аддуктов в процессе образования пространственно сетчатых структур.

Для выяснения влияния содержания замедлителя на прочностные свойства резиновой композиции исследовали зависимость предела прочности при растяжении от количества аддуктов-замедлителей (рис.1).

Из рисунка 1 видно, что эта зависимость имеет экстремальный характер. При введении в бутадиен-стирольный каучук до 3.0 масс.ч. аддукта-замедлителя преждевременной вулканизации прочностные свойства резин возрастают. Однако, «избыток» модификатора-замедлителя (содержание больше 3.0 масс.ч.) в композиции приводит к некоторому ухудшению её свойств по сравнению со свойствами резин, изготовленных в сопоставимом режиме. Эти результаты свидетельствуют о том, что при соблюдении оптимальных соотношений ингредиентов и модификатора-замедлителя достигается максимальная прочность.



**Рис.1.** Зависимость сопротивления разрыву вулканизатов на основе БСК от содержания замедлителя преждевременной вулканизации (кривые 1–4)

Таким образом, комплекс проведенных исследований показал, что успешное применение аддуктов, содержащих в своем составе атомы в качестве замедлителей преждевременной вулканизации для бутадиен-стирольного каучука связано с образованием вулканизатов с высокой степенью сшивки. При этом аддукты, химически связанные с макромолекулами каучука, выполняют роль усиливающего наполнителя. В результате повышается концентрация поперечных связей, что и способствует возрастанию прочностных свойств [4].

Из данных таблицы 2 также следует, что физико-механические показатели резин, полученных введением в состав резиновой композиции моноаддуктов, превосходят соответствующие показатели резин, изготовленных без модифицирующих добавок.

Следовательно, используемые аддукты могут быть использованы в качестве замедлителей преждевременной вулканизации резиновых смесей на основе бутадиен-стирольного каучука с одновременным улучшением их эксплуатационных свойств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гулиев А.М., Гульвердашвили Ц.Д., Рамазанов Г.А. Аддукты винилциклопропанов с тиофенолом – замедлители преждевременной вулканизации резиновых смесей // Азерб. Хим. Журн., №4. Баку: Елм, 2001, с.58-61.
2. Машьянова И.М., Сидорович Б.А., Курлянд С.К., Петрова Г.П. Влияние состава каучук-олигомерных композиций на их релаксационные и прочностные свойства // Каучук и резина, №1, 1991, с.14-16
3. Рамазанов Г.А. Синтез циклопропансодержащих-4-метилена-1,3-диоксоланов // Научные известия, №2, 2003. Сумгаит: СГУ, 2003, с.30-33.
4. Рудаков А.П., Семенов Н.А. Механика полимеров. 1965, №3, 135 с.

**XÜLASƏ**  
**DOYMAMIŞ TSİKLİK ASETALLARIN TİOFENOL ADDUKTLARI BUTADİEN-STİROL**  
**KAUÇUKUNA ƏLAVƏ KİMİ**

*Yusifli F.X., Ramazanov Q.Ə., Quliyev A.M.*

*Açar sözlər: tsiklik asetal, tiofenol, addukt, butadien-stirol kauçuku, vaxtından əvvəl vulkanlaşma*

Tiofenolun doymamış tsiklik asetallara sərbəst radikal birləşdirilməsi ilə monoadduktlar sintez edilərək xarakterizə olunmuş və butadien-stirol kauçukunun vaxtından əvvəl vulkanlaşmasına qarşı yavaşdırıcı kimi istifadə edilmişdir.

Göstərilmişdir ki, BSK-30-APKM-15 əsaslı rezin qarışığının tərkibinə sintez edilmiş tiofenol adduktlarının əlavə edilməsi vulkanizatların fiziki-mexaniki xassələrini yüksəldir.

**SUMMARY**  
**THIOPHENOL ADDUCTS OF UNSATURATED CYCLIC ACETALS**  
**AS THE ADDITIVE TO BUTADIENE-STYRENE RUBBER**

*Yusifli F.Kh., Ramazanov G.A., Guliyev A.M.*

*Key words: cyclic acetal, thiophenol, adduct, butadiene-styrene rubber, premature vulcanization*

By free-radical addition of thiophenol to unsaturated cyclic acetals there have been synthesized and characterized the monoadducts, which then have been used as the decelerator of premature vulcanization of butadiene-styrene rubber.

It has been shown that an introduction of the synthesized thiophenol adducts into composition of rubber mixture on the basis of SRS-30-ARKM-15 leads to the increase of the physical-mechanical properties of vulcanizates.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	27.02.2018
	Son variant	28.09.2018

UOT 574

## 1. DIALKİL (ARİL) SİLANLARIN 1-FENİL-4-QLİSİDİLOKSİBUTİN-1-Ə KATALİTİK BİRLƏŞDİRİLMƏSİ

<sup>1</sup>TARVERDİYEV ŞƏMSƏDDİN ƏBİL oğlu

<sup>2</sup>NƏSİROVA İRADƏ MƏMMƏD qızı

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

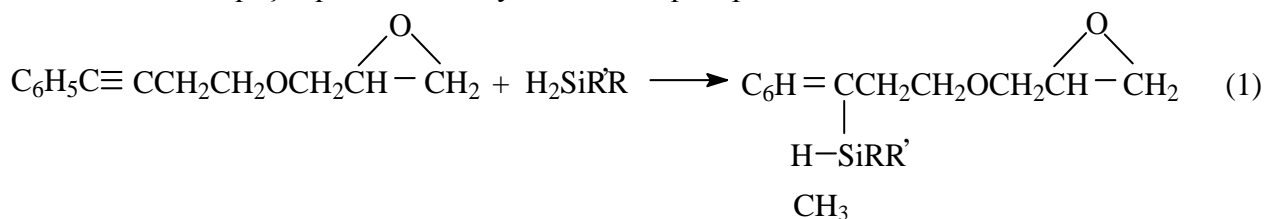
[nesirova264@gmail.com](mailto:nesirova264@gmail.com)

*Açar sözlər:* epoksibirləşmə, epoksisilan, hidrosililəşmə, dialkil (aril) silanlar, platinohidrogenxlorid turşusu, oksiran halqası, dietilsilan, spektr, valentlik rəqsi.

Dialkil-(aril)-silanların platinohidrogenxlorid turşusunun iştirakı ilə 1-fenil-4-qlisidil-oksibutin-1 ilə katalitik birləşmə reaksiyası tədqiq edilir. Müəyyən edilmişdir ki, silisium atomu ilə birləşmiş əvəzləyicilərin təbiətindən və quruluşlarından asılı olmayaraq, istifadə olunan bütün dialkil-(aril)-silanlar asətilen sırası doymamış epoksibirləşməyə selektiv olaraq üçqat karbon-karbon əlaqəsi üzrə birləşir. Reaksiya nəticəsində aktiv Si-H əlaqəsi saxlayan müvafiq etilen sırası epoksisilanlar alınır.

Aromatik radikal tərəfindən aktivliyi müəyyən qədər məhdudlaşdırılmış  $C\equiv C$  əlaqəsinin

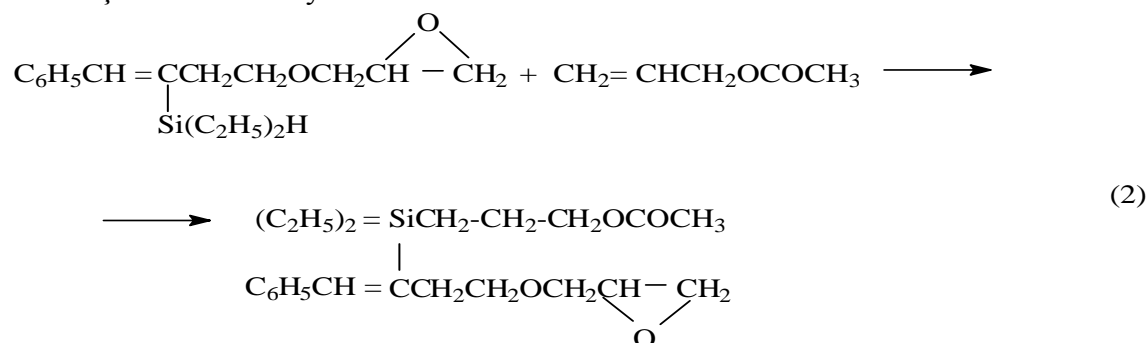
hidrosilanlarla reaksiyada  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2 - \text{CH} \end{array}$  - qrupuna nisbətən aktiv olması/1-2/ özünü dihidrosilanlarla da büruzə verir. Belə ki, 1-fenil-4-qlisidiloksibutin-1-in platinohidrogenxlorid turşusunun iştirakı ilə dihidrosilanlarla qarşılıqlı təsiri reaksiyası Si-H əlaqəli epoksidlər alınması ilə nəticələnir:



$R=CH_3$ ,  $R'=C_6H_5$ ,  $CH_2C_6H_5$ ,  $(CH_2)_2C_6H_5$ ,  $(CH_2)_3C_6H_5$ ,  $CH-CH_2C_6H_5$ ,  $C_7H_{15}$ ,  $i C_7H_{15}$ ;  $R=R'=C_2H_5$

Təmizliyi QMX ilə sübut edilmiş epoksisilanın I/ $R=R'=C_2H_5$ / İQ- spektrində  $1610\text{sm}^{-1}$

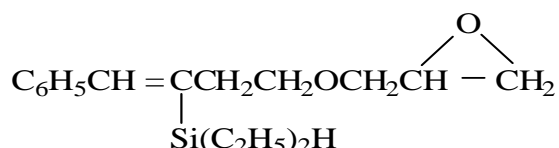
$/C=C/$ ,  $3065\text{sm}^{-1}$  /  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2 - \text{CH} \end{array}$  /,  $1245\text{sm}^{-1}$  /  $\text{Si-C}_{alk}$  /,  $2120\text{sm}^{-1}$  /  $\text{Si-H}$  /, tezlikli udulmaların olması reaksiyanın  $C=C$  əlaqəsində getməsinə dəlalət edir/3-4/. Molekulunda Si-H əlaqəsindən birinin saxlanması və həmçinin onun hidrosililəşdirməyə aktiv olması I maddəsinin allilasetatla həmin katalizatorun iştirakı ilə reaksiyasında sübut olunur:



Epoksiasetatın XI İQ – spektrində karbonil  $1740\text{cm}^{-1}$  rəqsinin əks olunması deyilənləri təsdiq edir.

Beləliklə, spektral məlumatlar və xromatik analiz nəticələri göstərir ki, aromatik əvəzli asetilen sırası epoksidin dialkilsilanlarla reaksiyaları sxeminə müvafiq olaraq, bir izomer alınması ilə gedir və silil radikalı çox ehtimal ki,  $\text{C}\equiv\text{C}$  rabitəsinin aromatik nüvədən uzaqda yerləşən karbonuna birləşir. Qeyd etmək lazımdır ki, (2) sxemli reaksiyadan həmçinin hər iki Si–H əlaqəsi iştirak edən diepoksid də alınır, lakin qaynama temperaturlarının yüksək olması, onları ayıraraq tədqiq etməyə imkan vermir.

**I-Fenil -2- dietilsilil -4- qlisilokcibuten –I**



Birboğazlı, yumrudibli 250 ml-lik kolbaya 40, 4 q(0,2q-mol) təzə qovulmuş I-fenil-4-qlisilokcibuten –I, 16,6q(0,2q-mol) dietilsilan, 70 ml benzol və 0,05ml Spejera katalizatoru qarışığı yerləşdirib, üzərinə əks soyuducu keçirdərək 18 saat qaynadılır. Göstərilən müddət qurtardıqdan sonra müvafiq emal əməliyyatları ilə aşağıdakı fraksiyalar ayrılır:

I, / 3,6q/ - xammal dietilsilan,  $t_{\text{qay.}} 56-58^0 / 760\text{mm/}$ ,  $n_d^{20}$  I, 3929,  $d_4^{20}$  0.6817.

II, /8,2q/ - xammal I-fenil -4- qlisiloksibuten –I,  $t_{\text{qay.}} 142^0 / \text{Imm/}$ ,  $n_d^{20}$  I.5405,  $d_4^{20}$  I.0651.

III, /29,2q/ -  $t_{\text{qay.}} 157-158^0 / 0,5\text{mm/}$ ,  $n_d^{20}$  I.5170,  $d_4^{20}$  I.0007,  $\text{MR}_{\text{tap.}}$  87.67, hesab. 87.89. Reagentlərə görə çıxım 49%.

Tapılmışdır, %:  $\text{C}_{70.26}^{70.26}$ ;  $\text{H}_{8.63}^{8.63}$ ;  $\text{Si}_{9.72}^{9.54}$ .

$\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{SiO}_2$ . Hesablanmışdır, %: C 70.20; H 9.01; Si 9.67.

Si-H-in miqdarı, %: tap. 10.19; hesab. 10.02.

IV, /II,2q/ - di-I-fenil-4-qlisidiloksibutenilen – I/- dietilsilan,  $T_{\text{qay.}} 263-265^0 / 0,5\text{mm/}$ ,  $n_d^{20}$  1.5540,  $d_4^{20}$  1.0798,  $\text{MR}_{\text{tap.}}$  146.06, hesab. 145.22. Çıxım 14%.

Tapılmışdır, %:  $\text{C}_{73.02}^{72.71}$ ;  $\text{H}_{8.24}^{8.08}$ ;  $\text{Si}_{6.16}^{5.93}$ ;  $\text{C}_{30}\text{H}_{40}\text{SiO}_4$ . Hesablanmışdır, %: C 73.12; H 8.18; Si 5.70.

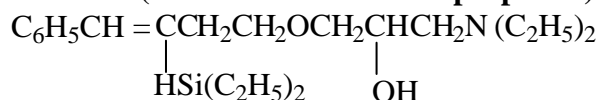
Epoksid ədədi, %: tap. 17.1; hesab. 17.5. Diepoksidin İQ spektri /  $\theta$ ,  $\text{sm}^{-1}$ : 705/7.6/, 765/6.0/, 815/8.3/, 910/3.1/, 975/4.0/, 1010/4.3/, 1015/7.0/, 1250/6.9/, 1340/3.2/, 1390/3.3/, 1410/3.4/, 1465/4.8/, 1495/4.1/, 1600/5.3/, 2880/8.6/, 2910/7.6/, 2930/7.9/, 2970/8.6/, 3065/3.1/.

Qalıq, /4,4q/ - qovulmayan, tünd rəngli özlü maye.

İtki, /1,2q/.

Analoji şəraitdə fiziki-kimyəvi xassələri cədvəldə göstərilən I-fenil-2-metilfenilsilil-4-qlisidiloksibuteni-I(II), I-fenil-2-metilbenzilsilil- 4-qlisidiloksibuten-I(III), I-fenil-2-metil/  $\beta$ -feniletıl/ silil-4-qlisidiloksibuten-I(IV), I-fenil-2-metil/ $\gamma$ -fenilpropil/silil-4-qlisidiloksibutenilen-I(V), I-fenil-2-metil/  $\beta$ -fenilpropil/ silil-4-qlisidiloksibuten-I (IV), I-fenil-2-metilheptilsilil-4-qlisidiloksibuten-I(VII), I-fenil-2-metilizoheptilsilil-4- qlisidiloksibuten-I(VIII) sintez olunur.

**I-Fenil-2-dietilsilil -4- (3<sup>1</sup>-dietilamino-2<sup>1</sup>- oksipropokcil) buten-I (IX)**



26,1q(0.09q-mol)I-fenil-2-dietilsilil-4-qlisidiloksibuten-I, 14,6(0,22q-mol) dietilamin və 0,1 ml su əks soyuducu ilə təchiz olunmuş yumrudibli kolbada 50 saat qarışdırıldıqdan sonra dietilefiri ilə ekstraksiya edilir. Ekstraktdan əvvəlcə efir qovularaq ayrılır və qalıq alçaq təzyiq altında fraksiyalaşdırılmaqla 28,3 q aminospirt ayrılır IX.  $T_{\text{qay.}} 183^0 / 0,5\text{mm/}$ ,  $n_d^{20}$  I.5140,  $d_4^{20}$  0.9703,  $\text{MR}_{\text{tap.}}$  112.83, hesab. 112.13. Epoksisilana görə çıxım 86%.

Cədvəl

*1-fenil-2-dialkil (aril) silil-4-qlisidiloksibuten –İ<sup>A</sup>-lərin xassələri*

Birləşmə №	Çıxım, %	T <sub>qay</sub> , °C (P, mm)	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	MRD		Element tərkibi, %						Si-H-in miqdarı, %	
					Tap	Hesab.	tapılmışdır			hesablanmışdır			Tap.	Hesab.
							C	H	Si	C	H	Si		
II	30	194-195	1.5620	1.0613	99.25	98.65	74.24	7.58	8.82	74.02	7.45	8.65	8.47	8.99
		0,5					74.42	7.82	8.49					
III	35	203-205	1.5575	1.0459	104.22	103.50	74.62	7.88	8.08	74.50	7.74	8.29	8.29	8.62
		0,5					74.75	7.99	8.38					
IV	41	209-211	1.5555	1.0437	108.50	107.74	74.65	8.06	7.63	74.95	8.00	7.96	7.96	8.28
		0,5					75.12	8.15	7.54					
V	40	220-222	1.5470	1.04000	111.79	112.37	75.42	-	7.43	75.56	7.99	7.68	7.68	7.96
		0,5					75.63	7.29						
VI	54	199-201	1.5435	1.0324	111.93	112.37	75.65	8.21	8.01	75.56	7.99	7.68	8.37	7.96
		0,5					75.41	8.43	7.77					
VII	21	191-192	1.5070	0.9609	107.34	106.65	72.31	10.01	8.31	72.98	9.63	8.13	8.69	8.42
		0,5					72.59	9.79	8.53					
VIII	12	187-189	1.5080	0.9592	107.14	106.65	-	-	7.88	72.98	9.63	8.13	8.73	8.42
		0,5					7.71							

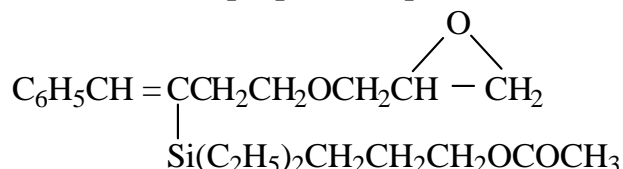
\*Bütün hallarda monobirləşmə ilə yanaşı, dibirləşmə də alınır, lakin yüksək temperaturda parçalanır deyə, qovub çıxartmaq olmur

Tapılmışdır, %: C  $\frac{69.04}{69.26}$ ; H  $\frac{10.26}{10.45}$ .

C<sub>21</sub>H<sub>32</sub>SiO<sub>2</sub>N .Hesablanmışdır, %; C 69.36; H10.25; Si 7.75.

Aminospirtin IX İQ– spektri /  $\vartheta$ , sm<sup>-1</sup>/: 716/7.3/, 740/7.2/, 790/3.1/, 890/8.1/, 1005/3.6/, 1050/3.8/, 1130/8.6/, 1170/5.2/, 1265/5.1/, 1318/4.9/, 1340/4.2/, 1400/I.I/, 1445/5.1/, 1600/6.2/, 2120/9.2/, 2800/6.1/, 2880/8.7/, 2940/9.6/, 3445/5.2/.

### I-Fenil-2-dietilasetoksipropilsilil-4-qlisidiloksibuten-I (X)

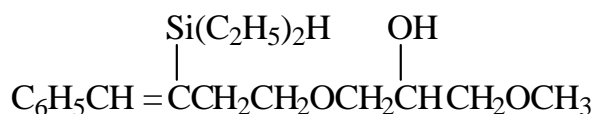


Əks soyuducu ilə təchiz edilmiş kolbada təzə qovulmuş 29,1q(0,1q-mol) I-fenil-2-dietilsilil-4-qlisidiloksibuten – 1 (I), 20,0q-mol allilasetat, 100ml tiofensiz benzol və 0,05ml platinohidrogenxlorid turşusu qarışığı 18 saat qaynadıldıqdan sonra qovulur və, 23,1q epoksiasetat alınır (X). T<sub>qay.</sub>202-204<sup>0</sup>(0.5mm), 1.5075, d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1.0406, MR<sub>tap.</sub> 111.72, hesab.112.55. Epoksisilana görə çıxım 59%.

Tapılmışdır, %; C67.07;H8.60;Si 7.34.C<sub>12</sub>H<sub>24</sub>SiO<sub>4</sub>.

Hesablanmışdır, %: C67.64; H 8.77; Si 7.19.

### I-Fenil-2-dietilsilil-4- (3<sup>1</sup>-metoksi-2<sup>1</sup> - oksipopoksi/buten-I (XI)



Mexaniki qarışdırıcı, əks soyuducu, damcı qıfı və termometrə təchiz edilmiş reaksiya kolbasına 26,6q (0.9q-mol) 1-fenil-2-dietilsilil-4-qlisidiloksibuten-1(I),20q yenicə təmizlənmiş metanol və 2damcı üçflüorluborefiratı yerləşdirilir. Qarışdırıcı işə salınır və 25<sup>0</sup>Ctemperaturda 5 saat qarışdırılır.Sonra aşağı temperaturda qaynayan qarışıqlar ayrılır və qalıq vakum altında qovularaq 62% çıxımla metoksispirt (XI) alınır.

T<sub>qay.</sub>168-172<sup>0</sup>/0,5mm/, n<sub>d</sub><sup>20</sup> 1,5150, d<sub>4</sub><sup>20</sup> 0.9985, MR<sub>tap.</sub> 97.49, hesab.96.20.

Tapılmışdır, %; C  $\frac{67.34}{67.67}$ ; Si  $\frac{9.03}{9.33}$ .

C<sub>18</sub>H<sub>30</sub>SiO<sub>3</sub>. Hesablanmışdır, %; C67,03; Si8.71.

Efirospirtin(XI) İQ –spektri  $\vartheta$ , sm<sup>-1</sup>/: 725/7.2/, 760/6.3/, 805/8.8/, 955/3.2/, 985/3.4/, 1020/5.2/, 1125/6.4/, 1155/6.6/, 1256/4.2/, 1370/4.2/, 1425/4.3/, 1465/5.0/, 1495/4.7/, 1605/5.2/, 2868/7.8/, 2975/8.4/, 2992/8.6/, 3455/5.6/.

### ƏDƏBİYYAT

1. Благонравова А.А., Непомнящий А.И. Лаковые эпоксидные смолы. М.: Химия, 1970, 248 с.
2. Юрьев В.П., Салимгареева И.М. Реакция гидросилилирования олефинов. М.: Наука, 1982, 233 с.
3. Казыцина Л.А., Куплетская Н.Б.. Применение УФ-, ИК- и ЯМР – спектроскопии в органической химии. М.: Высшая школа, 1971, 263 с.
4. Tarverdiyev Ş.Ə., Məmmədova R.İ., Nəsirova İ.M., Şirinov P.M.. Si-H əlaqəli doymamış epoksisilanlar // Elmi xəbərlər, cild 15, №1. Sumqayıt: SDU, 2015, s.29-32.



**РЕЗЮМЕ**  
**КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ ДИАЛКИЛ (АРИЛ) СИЛАНОВ К 1- ФЕНИЛ -4- ГЛИЦИДИЛОКСИБУТИНУ-1**  
*Tarverdiyev Ш.А., Насирова И.М.*

**Ключевые слова:** *эпоксисоединения, эпокисилан, гидросилилирование, диалкил(арил)силан, платинохлористоводородная кислота, оксирановое кольцо, диэтилсилан, спектр, валентное колебание.*

Исследована реакция взаимодействия диалкил(арил)силанов с 1-фенол-4-глицидил-оксибутином-1 в присутствии платинохлористо-водородной кислоты. Установлено, что все исследованные диалкил(арил)силаны независимо от заместителей атома кремния селективно присоединяются только по ацетиленовой связи с сохранением эпокси групп и образуются соответствующие эпокисиланы со связью Si-H.

**SUMMARY**  
**CATALYTIC CONNECTION OF DIALKYL(ARIL) SILANES WITH 1- PHENOL-4- GLYCIDYLOXYBUTINE-1**  
*Tarverdiyev Sh.A., Nasirova İ.M.*

**Key words:** *epoxsubstituents, epoxysilane, hydrosililation, dialkyl(aryl) silane, platinichydrochloricacid, oxsirane cycle, dietilsilane, spectrum, valence vibration.*

Investigated the reaction between dialkyl(aryl)silanes with 1-phenol-4-glycidyl-oxybutynin-1 in the presence of platinochloride-hydrogen acid. It is established that all investigated dialkyl(aryl)silanes regardless of the substituents of the silicon atom selectively join only acetylene conservation apachegroup and formed corresponding epoxysilane with the bond Si-H.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	14.12.2017
	Son variant	28.09.2018

УДК 66.012/66.095.253.8:547.533

## МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДЕАЛКИЛИРОВАНИЯ ТОЛУОЛА ВОДЯНЫМ ПАРОМ

<sup>1</sup>АЛИЕВ АГАДАДАШ МАХМУД оглу  
<sup>2</sup>ОСМАНОВА ИЛЬХАМА ИСЛАМ ГЫЗЫ  
<sup>3</sup>БАЛАЕВ ИЛЬХАМ ВАГИФ оглу  
<sup>4</sup>ГУСЕЙНОВА АЛЛА МИХАЙЛОВНА  
<sup>4</sup>САФАРОВ АДиль РАФИГ оглу

*Институт катализа и неорганической химии им. акад. М.Ф.Нагиева  
1-академик, 2-диссертант, 3-доцент, 4-вед.н.с.  
[agil\\_s@mail.ru](mailto:agil_s@mail.ru)*

**Ключевые слова:** метод, деалкилирование, водород, управление.

*В статье предлагается метод управления процессом деалкилирования толуола водяным паром, заключающийся в добавках водорода к реакционной смеси (толуол+водяной пар) и имеющий целью сохранить выход бензола на оптимальном уровне.*

**Введение.** Наблюдаемый в настоящее время возрастающий спрос на бензол обусловлен интенсивным развитием потребляющих его отраслей химической промышленности в производстве полимерных, лакокрасочных материалов, синтетического каучука и прочих видов продукции.

Среди основных процессов получения бензола, базирующихся на переработке целого ряда сырьевых источников: нефти, тяжелой фракции пиролиза прямогонных бензиновых фракций, смолы коксования угля, в плане сырьевого обеспечения представляет промышленный интерес гетерогенно-каталитического гидродеалкилирования менее дефицитного углеводорода – толуола и деалкилирование толуола водяным паром.

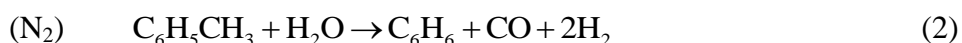
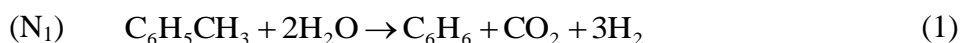
Значительный эндотермический эффект реакций, а также затраты тепла на нагрев исходных компонентов характеризуют процесс деалкилирования толуола водяным паром как высокоэнергоемкий, для интенсификации которого целесообразно привлечение новых, более перспективных, способов энергообмена. Такой способ интенсификации гетерогенно-каталитических реакций предложен в Институте катализа и неорганической химии им. акад. М.Нагиева. Он заключается в воздействии на реакцию электромагнитного поля СВЧ (сверхвысокочастотного) и отличается от традиционных методов термической активации значительным ускорением превращений, отсутствием необходимости предварительного разогрева сырья за счет практически мгновенного пространственного распределения температуры в объеме при значительно меньших энергетических затратах. Кроме того, используемый в реакции деалкилирования толуола катализатор  $[Ni-Co-Cr/Al_2O_3/Al]$  синтезирован также под действием СВЧ-излучения, поэтому он активно поглощает СВЧ-излучение, трансформирует его в теплоту и обеспечивает нагрев реактора до температуры 450-475<sup>0</sup>С, достаточной для протекания реакции с высокой конверсией толуола [1].

### Математическая модель и результаты расчета процесса

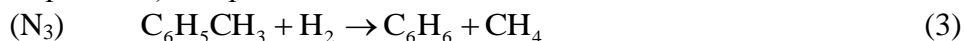
Реакция проводилась в проточном реакторе смешения на катализаторе  $[Ni-Co-Cr/Al_2O_3/Al]$  под действием СВЧ в интервалах изменения параметров: объемной скорости – (850-3600 ч<sup>-1</sup>), температуры – (400-550<sup>0</sup>С), мольного соотношения толуол:водяной пар –

1:(2-6) [1]. При проведении экспериментов было установлено, что при максимальной мощности магнетрона 1000 Вт увеличение нагрузки на реактор сырьевого потока выше  $3600 \text{ ч}^{-1}$  приводит к нежелательному росту времени достижения стационарной температуры, а увеличение мольного отношения воды к толуолу за пределами 6:1 осложняет поддержание теплового баланса в зоне реакции. Кроме того, при фиксированных значениях температуры реакции и мольного соотношения  $\text{C}_7\text{H}_8:\text{H}_2\text{O}$  с ростом степени превращения толуола суммарная скорость реакции и селективность по целевому продукту – бензолу монотонно снижается. Наблюдаемый при этом рост селективности по сумме изомеров ксилола связан с увеличением степени превращения толуола по реакционному маршруту диспропорционирования (4). Подобный характер превращения толуола проявляется во всей исследуемой области температур. Зависимость выхода водорода, согласно реакциям (1) и (2), от условного времени контакта имеет экстремальный характер с максимумом объемного содержания 60-65%. Снижение концентрации водорода в контактном газе при возрастании времени контакта обусловлено протеканием вторичной реакции гидродеалкилирования толуола (3). Некоторое приращение содержания в контактном газе метана и снижения концентрации диоксида углерода также свидетельствует об интенсификации превращения толуола по реакции (3) в области больших времен контакта.

На основании экспериментальных кинетических исследований получено, что деалкилирование толуола с водяным паром описывается следующей стехиометрической схемой [2]:



За счет образующегося в реакциях водорода возможны также вторичные превращения толуола (гидродеалкилирование) с образованием бензола и метана:



а также диспропорционирования толуола с образованием изомеров ксилола:



Здесь  $N_i$  – базисные реакционные маршруты.

На основании результатов проведенных экспериментов и алгоритма, предложенного М.И.Темкиным [3], осуществляли вывод уравнений скоростей по базисным маршрутам, как функций парциальных давлений участников реакций.

При выводе кинетических уравнений предполагалось, что адсорбция участников реакции подчиняется изотерме Ленгмюра [4].

С учетом выражения для эффективной константы скорости по соответствующему реакционному маршруту:

$$k_{\text{эфф}}^{N_i} \rightarrow \sigma_i \cdot k_{N_i} \cdot K_i, \quad (5)$$

где  $k_{N_i}$  – константа скорости лимитирующей стадии в маршруте  $N_i$ ;  $K_i$  – константа адсорбционного равновесия  $i$ -го компонента;  $\sigma_i$  – стехиометрические коэффициенты по реакционным маршрутам, уравнения для наблюдаемых скоростей расходования, образования и накопления ключевых компонентов реакции деалкилирования толуола с водяным паром в присутствии  $Ni-Co-Cr/Al_2O_3/Al$  – катализатора запишутся как [5]:

$$\begin{aligned}
 -W_{\text{ТОЛ}}^{\Sigma} &= \frac{k_{\text{ЭФФ}}^1 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}} + \frac{k_{\text{ЭФФ}}^2 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}} + \frac{k_{\text{ЭФФ}}^3 P_{\text{ТОЛ}} P_{\text{H}_2}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}} + K_{\text{H}_2} P_{\text{H}_2}} + \frac{k_{\text{ЭФФ}}^4 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}}; \\
 W_{\text{БЕНЗ}} &= \frac{k_{\text{ЭФФ}}^1 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}} + \frac{k_{\text{ЭФФ}}^2 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}} + \frac{k_{\text{ЭФФ}}^3 P_{\text{ТОЛ}} P_{\text{H}_2}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}} + K_{\text{H}_2} P_{\text{H}_2}}; \\
 W_{\text{КСИЛ}} &= \frac{k_{\text{ЭФФ}}^4 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}}; \\
 W_{\text{H}_2} &= \frac{k_{\text{ЭФФ}}^1 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}} + \frac{k_{\text{ЭФФ}}^2 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}} - \frac{k_{\text{ЭФФ}}^3 P_{\text{ТОЛ}} P_{\text{H}_2}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}} + K_{\text{H}_2} P_{\text{H}_2}}; \\
 W_{\text{CO}_2} &= \frac{k_{\text{ЭФФ}}^1 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}}; \\
 W_{\text{CO}} &= \frac{k_{\text{ЭФФ}}^2 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}}; \\
 W_{\text{CH}_4} &= \frac{k_{\text{ЭФФ}}^3 P_{\text{ТОЛ}} P_{\text{H}_2}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}} + K_{\text{H}_2} P_{\text{H}_2}},
 \end{aligned} \tag{6}$$

где  $W_{\text{ТОЛ}}^{\Sigma}$  – скорость суммарного превращения толуола;  $W_{\text{БЕНЗ}}$ ,  $W_{\text{КСИЛ}}$ ,  $W_{\text{CO}_2}$ ,  $W_{\text{CO}}$ ,  $W_{\text{CH}_4}$  – скорости образования бензола, изомеров ксилола, диоксида углерода, окиси углерода, метана,  $W_{\text{H}_2}$  – скорость накопления водорода.

Оценка параметров системы кинетических уравнений (6) проводилась в предположении об аррениусовской зависимости значений эффективных констант скоростей и констант адсорбционного равновесия от температуры:

$$k_{\text{ЭФФ}}^j = k_0^i \exp\left(-\frac{E_{\text{ЭФФ}}^i}{RT}\right) \tag{7}$$

$$K_i = K_0^i \exp\left(\frac{Q_i}{RT}\right), \tag{8}$$

где  $k_0^i$  и  $K_0^i$  предэкспоненциальные множители реакционных констант и констант адсорбционного равновесия;  $E_{\text{ЭФФ}}^i$  и  $Q_i$  – кажущиеся значения энергии активации наблюдаемых превращений и теплоты адсорбции компонентов, осуществлялась на персональном компьютере с применением оптимизационных методов «скользящего допуска» и Пауэлла [6].

Стабилизации стационарного значения температуры в зоне реакции определяется балансом теплоты, генерируемой при поглощении энергии поля СВЧ слоем катализатора с учетом энергозатрат на протекание эндотермических реакций (1) и (2), потери тепла в окружающую среду и оттока теплоты с продуктами реакции на выходе из контактной зоны.

В качестве критерия оптимизации применялась функция среднеквадратичных отклонений между экспериментально наблюдаемыми  $W_{ij}^{\text{ЭК}}$  и рассчитанными по уравнениям предложенной кинетической модели  $W_{ij}^{\text{РАСЧ}}$  значениями скоростей превращения и накопления ключевых компонентов реакции:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[ \frac{W_{ij}^{\text{экс}} - W_{ij}^{\text{расч}}}{W_{ij}^{\text{экс}}} \right]^2 \rightarrow \min \quad (9)$$

Результаты расчета параметров кинетической модели приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты расчета параметров кинетической модели.

Константы	Размерность	$\text{Ln}k_0$	E, кДж/моль	Q, кДж/моль
$k_{\text{ЭФФ}}^1$	$\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{М}^2 \cdot \text{Ч} \cdot \text{АТМ}}$	9.878	118.7	-
$k_{\text{ЭФФ}}^2$	$\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{М}^2 \cdot \text{Ч} \cdot \text{АТМ}}$	10.213	122.3	-
$k_{\text{ЭФФ}}^3$	$\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{М}^2 \cdot \text{Ч} \cdot \text{АТМ}^2}$	11.435	134.5	-
$k_{\text{ЭФФ}}^4$	$\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{М}^2 \cdot \text{Ч} \cdot \text{АТМ}}$	12.141	140.0	-
$K_{\text{ТОЛ}}$	$\text{АТМ}^{-1}$	-0.832	-	182.2
$K_{\text{Н}_2}$	$\text{АТМ}^{-1}$	-1.233	-	134.5

Показано, что разработанная кинетическая модель адекватно описывает экспериментальные данные в изученных интервалах варьирования режимных параметров.

Для оценки эффективности воздействия поля СВЧ на протекание реакции сопоставлялись кинетические закономерности превращений толуола в условиях обычного нагрева и нагрева в поле СВЧ в присутствии катализаторов с идентичным составом активной массы, приготовленных традиционной термообработкой и термообработкой в поле СВЧ [5].

Установлено, что наиболее вероятной причиной, обуславливающей положительный эффект воздействия поля СВЧ на скорость протекания реакции деалкилирования толуола с водяным паром, является рост величины предэкспоненциального множителя в уравнении аррениусовской зависимости реакционной константы от температуры.

Найдены оптимальные условия реакции под действием СВЧ: объемная скорость подачи реакционной массы – 1800 ч<sup>-1</sup>; мольное соотношение толуол:водяной пар – (1:4), температура – 500<sup>0</sup>С; степень превращения толуола – 56.8%; избирательность по бензолу – 76.6%; по окиси и диоксиду углерода – 12.5%, по метану – 3.4%, по ксилолам – 7.5% [5]. Оптимальные значения параметров представлены в первой строке таблицы 3.

Используя оптимальные условия процесса в печи СВЧ, проследим за поведением процесса в пилотной установке в течение 1000 часов работы катализатора.

С течением времени активность неподвижного катализатора медленно снижается в результате реакции из-за накопления по реакции диспропорционирования толуола (4) нежелательных полиалкилбензолов, блокирующих и отравляющих активные центры катализатора. Вследствие этого избирательность по бензолу падает, что видно из табл. 2.

Для учета влияния изменения активности катализатора со временем  $\tau$  на производительность процесса нами предложено следующее уравнение скорости этого изменения

$$\frac{d\theta}{d\tau} = -k_A \cdot \theta \cdot \alpha,$$

откуда после интегрирования получим:

$$\theta = e^{-k_A \cdot \alpha \cdot \tau}, \quad (10)$$

где  $\theta$  – доля свободной поверхности катализатора;  $k_A$  – константа скорости адсорбции ядов,  $\text{час}^{-1}$ ;  $k_0$  – её предэкспонента,  $\text{час}^{-1}$ ;  $E_A$  – энергия активации адсорбции ядов кДж/моль,  $\alpha$  – мольная доля полиалкилбензолов в реакторе.

Таблица 2.

Результаты работы катализатора в течение 1000 часов (без добавок водорода).

Время работы катализатора, ч	200	400	600	800	1000
Избирательность по бензолу, %	76.6	75.8	75.0	74.4	73.2
Избирательность по полиалкилбензолам, %	1.2	2.3	8.4	9.9	11.2

Так как модель (6) отражает протекание процесса в стационарных условиях, не учитывающих изменение активности катализатора со временем, то, включая функцию нестационарности  $\theta$  в уравнение скорости образования бензола:

$$W_{\text{БЕНЗ}} = \left[ \frac{k_{\text{ЭФФ}}^1 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}} + \frac{k_{\text{ЭФФ}}^2 P_{\text{ТОЛ}}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}}} + \frac{k_{\text{ЭФФ}}^3 P_{\text{ТОЛ}} P_{\text{H}_2}}{1 + K_{\text{ТОЛ}} P_{\text{ТОЛ}} + K_{\text{H}_2} P_{\text{H}_2}} \right] \times \theta, \quad (11)$$

получим совместно с остальными уравнениями системы (6) динамическую кинетическую модель процесса. По системе "Поиск" [6] найдены:  $k_0=0.683 \cdot 10^{-6}$  час/кмоль,  $E_A=19679$  кДж/моль.

**Управление процессом в нестационарных условиях.** Для сохранения избирательности по бензолу на оптимальном уровне (76.6%) мы предлагаем разбавлять реакционную смесь на входе в реактор водородом, добавляя его к смеси толуола с водяным паром. Для выявления влияния добавок водорода с пилотной установки были собраны данные по изменению избирательностей по бензолу и полиалкилбензолам со временем. Для этого весь интервал работы катализатора (1000 ч) разбивали на временные участки по 200 часов и на каждом из них с учетом добавок водорода к реакционной смеси ( $\text{T}+\text{H}_2\text{O}$ ) в интервале [0.1-1.75] на единицу массы толуола определяли избирательности по бензолу и полиалкилбензолам.

В результате обработки полученных данных были получены регрессионные зависимости избирательностей по бензолу  $S_B$  и по полиалкилбензолам  $S_{\text{пол}}$  от управляющих параметров – добавок водорода  $M$  и времени работы катализатора  $\tau$  по которым в любой момент времени и при любой степени разбавления водородом сможем проследить за ходом процесса:

$$S_B = 73.0071 + 0.5068M + 0.003\tau \quad (12)$$

$$S_{\text{пол}} = -0.2770 - 0.1354M + 0.0082\tau \quad (13)$$

Система уравнений (6) с учетом (10-13) составит математическое описание процесса в нестационарных условиях.

Таблица 3.

Наилучшие выходы бензола при указанных добавках водорода к реакционной смеси на входе в реактор

Объемная скорость подачи $\text{T}+\text{H}_2\text{O}+\text{H}_2$ , $\text{ч}^{-1}$	Соотношения			Избирательность по бензолу, %	Избирательность по полиалкил-бензолам, %
	T	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>		
1800 <sup>опт</sup>	1	4	-	76.6 <sup>опт</sup>	7.5 <sup>опт</sup>
1835	1	4	0.1	75.6	7.5
1872	1	4	0.2	76.0	7.4
1980	1	4	0.5	76.2	7.1
2070	1	4	0.75	76.5	6.9
2160	1	4	1	77.0	6.6
2250	1	4	1.25	77.1	6.5
2340	1	4	1.50	77.3	6.3
2430	1	4	1.75	75.5	8.4

Вычисляя по полученной математической модели избирательности по бензолу, фиксировали те из них, которые отличались от оптимальной не более, чем на 1%. Результаты расчетов после 1000 часов работы катализатора представлены в таблице 3, из которой видно, что этому условию соответствуют случаи добавок водорода в интервале [0.2-1.5] – избирательности по бензолу сохраняются близкими к оптимальной.

Также незначительно отличаются от оптимальной и объемные скорости подачи реакционной смеси  $T+H_2O+H_2$ . При соотношениях  $T:H_2=1:1.75$  и  $T:H_2=1:0.1$  избирательности по бензолу не соответствуют принятому условию. Поэтому ограничиваемся интервалом степеней разбавления толуола водородом [0.2-1.5]. Добавки водорода в этом интервале изменения степени разбавления смеси (толуол+водяной пар) способствуют снижению интенсивности реакции образования полиалкилбензолов и, следовательно, увеличению избирательности по бензолу.

Из всех полученных результатов в таблице 4 для сокращения объема статьи выбираем только один – с добавкой водорода  $T:H_2=1:0.75$  и представляем экспериментальные и рассчитанные по модели зависимости избирательностей по бензолу и полиалкилбензолам, а также функции управления  $\theta$  от времени работы катализатора. Как видим из таблицы 4, модель адекватно описывает процесс, а  $\theta$  в течение всего времени работы катализатора находится в пределах 1.

Таблица 4.

Временная зависимость избирательностей по бензолу и полиалкилбензолам при добавке водорода 0,75.

Об. скорость подачи $T+H_2O+H_2$ , ч <sup>-1</sup>	M, T:H <sub>2</sub>	Время, ч	S <sub>Б</sub> , %		Относ. погреш., %	$\theta$	S <sub>пол</sub> , %		Относ. погреш., %
			Эксп.	По модели			Эксп.	По модели	
2070	0.75	200	74.0	73.9872	0.0173	0.97	1.1	1.26145	-14.68
		400	74.8	74.5872	0.2845	0.95	2.2	2.90145	-31.88
		600	75.4	75.1872	0.2822	0.91	5.6	4.54145	18.90
		800	76.0	75.7872	0.2800	0.90	6.7	6.18145	7.739
		1000	76.5	76.3872	0.1475	0.87	6.9	7.82145	-13.35

**Заключение.** Таким образом, используя при расчетах процесса нестационарную математическую модель с учетом функции управления  $\theta$ , а также предлагаемый метод добавок водорода к реакционной смеси (Толуол+H<sub>2</sub>O) в найденном интервале их изменения, сможем сохранять производительность по бензолу на нужном, оптимальном, уровне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Литвишков Ю.Н., Третьяков В.Ф., Тальшинский Р.М. и др. Микроволновое стимулирование реакции деалкилирования толуола с водяным паром в присутствии Ni-Co-Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al-катализатора // Нефтехимия, № 3, т. 52, 2012, с. 211-214.
2. Мурадова П.А., Литвишков Ю.Н., Зулфугарова С.М., Шакунова Н.В., Абдуллаева Ф.А. Кинетические закономерности стимулированной микроволновым излучением реакции деалкилирования толуола водяным паром в присутствии Ni-Co-Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al-катализатора // Национальная Ассоциация Ученых (НАУ). Химические науки, №5, Екатеринбург: НАУ, 2014, с. 87-91.
3. Темкин М.И. Кинетика стационарных сложных реакций. В кн. Механизм и кинетика сложных реакций. М.: Наука, 1970, с. 57-72.

4. Карнаухов А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов. Новосибирск: Наука, 1999, 470 с.
5. Мурадова П.А., Литвишков Ю.Н. Кинетические закономерности стимулированной микроволновым излучением реакции dealкилирования толуола с водяным паром в присутствии Ni-Co-Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al-катализатора. Сборник материалов международной научной конференции. Россия, Москва, 14-15 сентября, 2015 г., с. 27-37.
6. Шахтактинский Т.Н., Бахманов М.Ф., Келбалиев Г.И. Методы оптимизации процессов химической технологии с программами для ЭВМ. Баку: ЭЛМ, 1985, 260 с.

**TOLUOLUN SU BUXARI İLƏ DEALKİLLƏŞMƏSİ  
PROSESİNİN İDARƏETMƏ METODU**

*Əliyev A.M., Osmanova İ.İ., Balayev İ.V., Hüseynova A.M., Səfərov A.R.*

**Açar sözlər:** metod, dealkilləşmə, hidrogen, idarəetmə

Məqalədə su buxarı ilə dealkilləşmə prosesinin idarəetmə metodu təklif olunub. Burada əsas məqsəd benzolun çıxışının optimal səviyyədə saxlanılması məqsədilə reaksiya qarışıqına (toluol+su buxarı) hidrogenin əlavə olunmasıdır.

**THE METHOD FOR CONTROL THE PROCESS OF DEALKYLATION  
OF TOLUENE WITH WATER STEAM**

*Aliyev A.M., Osmanova I.I., Balayev I.V., Huseynova A.M., Safarov A.R.*

**Key words:** method, dealkylation, hydrogen, control

The paper proposes a method for controlling the process of dealkylation of toluene with water steam, consisting in the addition of hydrogen to the reaction mixture (toluene + water steam) and aimed at maintaining the benzene yield at the optimum level.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	01.05.2018
	Son variant	28.09.2018



UOT 661.16

## NATRIUM HIPOKLORİTİN ALINMASI ÜÇÜN AVTOMATLAŞDIRILMIŞ “HIPONAT” ELEKTROLİZ QURĞUSU

<sup>1</sup>HƏTƏMOV MƏTLƏB MURTUZ oğlu

<sup>2</sup>MƏNSUROV QADİR MƏMMƏD oğlu

<sup>3</sup>BAYRAMOV AYSƏF ASLAN oğlu

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1- Tətbiqi kimya ETL rəhbəri, t.e.n., 2-dosent, 3-k.f.d.  
bilalqizi@mail.ru*

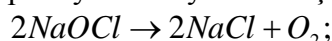
*Açar sözlər: natrium hipoxlorit, elektroliz, Hiponat qurğusu, oksidləşdirici, reduksiyaedici, turş mühit, neytral və qələvi mühit.*

Natrium xlorid məhlulunun elektrolizinin texniki –iqtisadi göstəricisini təyin edən faktorlara texnoloji prosesdə hipoxlorit məhlulunun qatılığı, elektroliz prosesinin davam etmə müddəti, elektrolitin elektroliz qurğusunda saxlanma müddəti, katodda əmələ gələn çöküntülərin təsiri, cərəyanın sıxlığı və prosesin temperatur rejimi aiddir. Avtomatlaşdırılmış diafraqmasız elektroliz qurğusunda, elektroliz prosesində xlor qaz halında ayrılır, elektrolitdə tamamilə həll olaraq, davamlı və uzun müddət saxlanıla bilən natrium hipoxlorit məhlulunun alınmasını təmin edir.

Hiponat-elektrolizer (bundan sonra qurğu) - elektroliz üsulu ilə müxtəlif qatılığa malik natrium hipoxlorit məhlulunun alınması üçün istifadə olunan portativ məişət qurğusudur. Məhlul məişətdə istifadə olunan dezinfeksiyaedici və ağardıcı vasitə kimi digər analoqlarını (xlorlu su, xlorlu əhəng, xloramin və s.) əvəz edir.

Məlumdur ki, natrium hipoxlorit məhlulunun dezinfeksiyaedici və ağardıcı keyfiyyəti zaman keçdikcə azalır. Keyfiyyətin azalmasına çoxlu sayda faktorlar təsir göstərir. Əsas faktorlara məhlulun qatılığını, hidrogen göstəricisini ( $pH$ ), temperaturu, işığın təsirini, məhlulda ağır metal ionlarının olmasını aid etmək olar.

Aparılan araşdırmalar göstərir ki, natrium hipoxloritin daha davamlı forması olan  $NaOCl \cdot 5H_2O$  otaq temperaturunda qırx sutka ərzində təqribən 30%-ə qədər aktiv xlor itirir, qızdırıldıqda isə paralel olaraq disproporsiya reaksiyası da baş verir [1]:

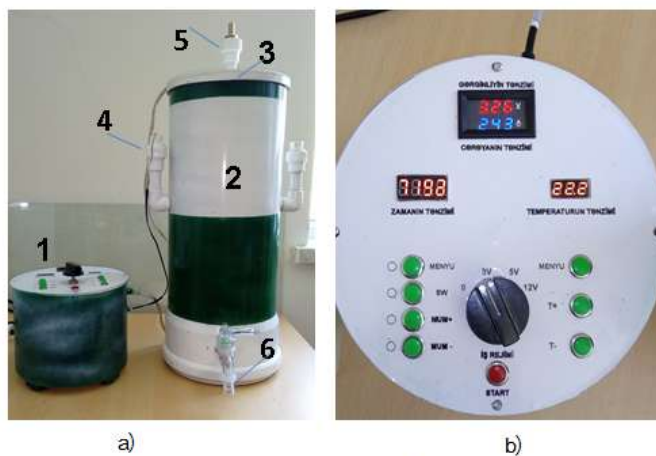


Temperatur artdıqca suda həllolma dərəcəsi artır, yarımparçalanma dövrü isə azalır. Məsələn:  $10^{\circ}C$  temperaturda həllolma  $\approx 27.5\%$  təşkil edirsə,  $30^{\circ}C$ -də  $\approx 50\%$  təşkil edir. Qatılığı 15% olan məhlul üçün  $25^{\circ}C$ -də yarımparçalanma dövrü 144 sutka təşkil edirsə,  $35^{\circ}C$ -də 39 sutka təşkil edir. Yarımparçalanma dövrü, həm də məhlulun qatılığından asılıdır,  $25^{\circ}C$  temperaturda 3% -li məhlul üçün yarımparçalanma dövrü 720 sutka təşkil edirsə, 15% -li məhlul üçün 144 sutka təşkil edir.

Məhlulda aktiv xlorun forması ( $Cl_2$ ,  $HClO$ ,  $ClO$ ) məhlulun hidrogen göstəricisinin qiymətindən asılıdır. Təcrübələr göstərir ki, məhlulda  $pH > 11$  olduqda natrium hipoxlorit daha stabil qalır və daha uzun müddətdə saxlanıla bilər [1, 2]. Məhlulun işığın təsirindən mühafizə olunması tövsiyə olunur. Məhlul təhlükəli sayılmır, ancaq göz ətrafına və ya gözə düşdükdə qıcıqlandırıcı təsir göstərir, həmin sahənin su axını vasitəsi ilə yuyulması məsləhət görülür. Əşyalar üzərinə düşdükdə aşındırıcı və ağardıcı təsirlərin olması nəzərə alınmalıdır.

Qeyd olunan faktorlara münasib şəraitlərin təşkil olunması və saxlanılma müddətinin məhdud olması məhlulun konservasiyasının və daşınmasının səmərəli olmadığını göstərir. Bu

səbəbdən məhlulun deyil, qurğunun özünün məişət qurğusu tələblərinə cavab verən portativ variantda işlənməsi və bazara təklif olunması daha əlverişlidir. Belə qurğunun istismarı bilavasitə istehlakçı tərəfindən aparılır və alınan məhlul təyinatı üzrə yerində istifadə oluna bilər.



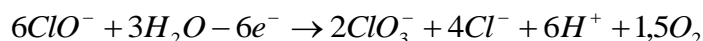
Şəkil 1. Hiponat elektrolizer: a) qurğunun görünüşü; b) istifadəçi interfeysi

Təklif olunan hiponat-elektroliz qurğusu (şəkil 1a) elektron blokdan (1), elektrodlar daxil edilmiş çəndən (2) və elektrodlar blokundan (3) ibarətdir.

Elektron blok (1) vasitəsi ilə elektroliz prosesi üçün işçi rejim seçilir. Blokun istifadəçi interfeysinin görünüşü şəkil 1b-də göstərilib. İşçi rejim ilkin məhlulda natrium xloridin qatılığından asılı olaraq aktiv xlorun miqdarını tənzim etmək üçündür. Aktiv xlorun miqdarı cərəyanın sıxlığından, elektroliz prosesinin davam müddətindən və məhlulun temperaturundan asılıdır. Tələb olunan elektroliz prosesini təmin etmək məqsədi ilə qida gərginliyi, məhlulun hazırlanma müddəti və temperatur göstəricisi istifadəçi interfeysi vasitəsi ilə daxil edilir. İşçi rejim elektron blokla tənzimlənir. Bu məqsədlə, çənə temperatur sensoru (4) quraşdırılıb. Elektrodlar bloku (3) xüsusi konstruksiyaya malikdir. Elektrodların və cənin aqressiv mühitə davamlı olmağı təmin olunub. Qaz şəklində ayrılan maddələr (hidrogen, xlor və s.) elektrodlar blokuna quraşdırılmış çıxışla (5) xaric olunur. Hazır məhlul ventillə (6) boşaldılır.

Qurğunun iş prinsipi natrium xlorid düzünün (4÷5)%-li məhlulunun elektrolizi vasitəsi ilə natrium hipoxloritli məhlula çevrilməsinə əsaslanır. Elektroliz prosesi zamanı elektrodlarda oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları baş verir. Oksidləşmə prosesində anodda ayrılan xlor məhlulda həll olaraq xlorid və hipoxlorit turşularını əmələ gətirir. Katotda reduksiya prosesində hidrogen qaz halında məhluldan ayrılır, katod ətrafında  $OH^-$  ionları  $Na^+$  ionları ilə qələvi əmələ gətirir. Məhlulda anolitin katolitlə qarışması nəticəsində - hipoxlorit turşusunun qələvi ilə qarşılıqlı təsirindən natrium hipoxlorit əmələ gəlir.

Məhlulda natrium hipoxlorit dissosiasiya edərək  $ClO^-$  ionu əmələ gətirir ki, onun da sonrakı anod oksidləşməsindən  $ClO_3^-$  ionu əmələ gəlir:



Elektroliz prosesində xlor ionunun ( $Cl^-$ ) yüksüzləşməsi hipoxloritin əmələ gəlməsinə (qatılığın artmasına),  $ClO^-$  ionunun yüksüzləşməsi isə xloratın əmələ gəlməsinə (qatılığın azalmasına) səbəb olur. Elektroliz prosesi kifayət qədər uzun müddət davam etdikdə bu iki prosesin dinamik tarazlıq halı yaranır və natrium hipoxloritin qatılığının artması dayanır. Ona görə də, natrium hipoxloritin alınmasını elektroliz prosesinin tarazlıq qatılığının gec başladığı şəraitdə keçirilməsi vacibdir. Bu şəraitdə,  $Cl^-$  ionlarının yüksüzləşməsini asanlaşdıran və  $ClO^-$  ionunun yüksüzləşməsini çətinləşdirən bütün faktorlar əhəmiyyətlidir [3,4]. Nəzərə alınmalıdır ki,  $ClO^-$  ionu  $Cl^-$  ionuna nisbətən daha az anod potensialında ayrılır ki, bu da natrium

hipoxlorit məhlulunun az qatılığında anodda  $ClO^-$  və  $Cl^-$  ionlarının birgə yüksüzləşməsinə və xloratın əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Qeyd olunanlara əsasən, elektroliz şəraiti və elektrodların konstruksiyası elə seçilir ki, katodda əmələ gələn qələvinin bütün miqdarı anoda daxil olsun, onda elektroliz prosesində yalnız natrium hipoxlorit əmələ gələ bilər. Münasib şərait, məhlulda  $20^{\circ}C$ -dən çox olmayan temperatur rejimi, işığın təsiri və ağır metal ionlarının olmaması hidrogen göstəricisinin  $pH > 11$  olması təmin edilərsə, natrium-hipoxlorit məhlulu kifayət qədər davamlı olar və uzun müddət saxlanıla bilər.

Hiponat elektroliz qurğusu tələb olunan şəraitlə təmin edilmiş, işçi rejimin tənzimlənməsi avtomatlaşdırılmışdır. Qurğu vasitəsi ilə aparılan elektroliz prosesində xaric edilən qazın tərkibində 10% -ə qədər oksigen, 90% -ə qədər hidrogen olur, xlorun isə izi qalır. Alınan məhlul özünün bakterisid effektivinə görə maye xlor, xlorlu əhəng və uyğun xloragentlərlə bərabər səviyyədə təsir göstərir.

Ənənəvi dezinfektərlə: xlor, dioksid xlor və javel suyu ilə müqayisədə hiponat elektroliz qurğusu ilə alınan məhlulun istehsalı ekoloji təhlükəsizdir (xlor 100% -ə qədər udulur) və ətraf mühitin qorunması sahəsində yüksək standartlara cavab verir. Məhlulun təhlükəli maddə kimi saxlanılma tələbatı yoxdur və istehsal xərcləri maye xlorun təqribən 1,5 dəfə azdır. Qurğunun quraşdırılması və istismarı məişət texnikası tələblərinə cavab verən təhlükəsizlik qaydalarına (IEC 60335-2-108-2014) uyğundur.

**Konstruktiv parametrləri:** boş çənin bloklarla birlikdə kütləsi  $\sim 6kq$ ; maye tutumu  $\sim 12l$ .

**Texniki göstəriciləri:** şəbəkədən tələb olunan güc  $\sim 130Vt$ ; işçi temperatur intervalı  $(20 - 35)^{\circ}C$ ; ilkin məhlulda natrium xloridin konsentrasiyası  $(40 - 50) \frac{q}{l}$ ; məhlulun hazırlanma müddəti  $\approx 160$  dəq; məhlulda aktiv xlorun miqdarı  $(4 - 10) \frac{q}{l}$ ; qurğunun fasiləsiz iş rejimi 6 saata qədər.

Hiponat elektroliz qurğusu istifadə olunması istiqamətindən asılı olaraq müxtəlif qatılıqlı natrium hipoxlorit məhlullarının alınması üzrə sınaqdan keçirilmiş və alınan nümunələrin analizi aparılmışdır. Xəzər dənizi və Masazır gölü sularından və təmiz natrium xloridin özündən istifadə edilməklə, optimal şəraitə uyğun sınaqlar aparılmışdır. Alınan məhlullar yodometrik üsulla analiz edilmişdir [5]. Analiz olunan məhluldan 1,0 ml götürülüb 250ml-lik kolbaya tökülür, üzərinə 30-40 ml distillə suyu, 0,5q KJ və 1,0 ml 4N  $H_2SO_4$  əlavə edildikdən sonra natrium tiosulfat vasitəsilə titrlənir. Natrium hipoxloritin məhluldakı qatılığı aşağıdakı formula əsasən hesablanır:

$$C_{NaOCl} = \frac{T \cdot V_{Na_2S_2O_8} \cdot g_x \cdot 1000}{V}$$

burada, T – natrium tiosulfat məhlulunun titri;

$V_{Na_2S_2O_8}$  - titrləməyə sərf olunan tiosulfatın həcmi;

$g_x$  – natrium hipoxloritin kimyəvi ekvivalenti;

V - analiz üçün götürülən məhlulun həcmi.

Xlorit və xloratların qatılıqları da bu metodika ilə təyin olunur.

Müəyyən olunmuşdur ki, natrium xloridin elektrolizi şəraitində əmələ gələn xlor tamamilə elektrolitdə həll olaraq natrium hipoxloritin əmələ gəlməsinə sərf olunur.

**Nəticə.** Natrium hipoxloritin alınması məqsədi ilə yaradılan avtomatlaşdırılmış Hiponat elektroliz qurğusunda natrium xlorid məhlulunun elektrolizinin texniki-iqtisadi göstəriciləri çoxlu sayda faktorlarla müəyyən olunur. Belə faktorlara texnoloji prosesdə hipoxlorit məhlulunun qatılığı, elektroliz prosesinin davam etmə müddəti, elektrolitin elektroliz qurğusunda saxlama müddəti, katodda əmələ gələn çöküntülərin təsiri, cərəyanın sıxlığı və prosesin temperatur rejimi aiddir. Avtomatlaşdırılmış Hiponat elektroliz qurğusu elektroliz prosesində xlorun tam olaraq elektrolitdə həll olmasını, qaz halında ayrılmasını, davamlı və uzun müddət saxlanıla bilən natrium hipoxlorit məhlulunun alınmasını təmin edir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Черкасов С.В. Гипохлорит натрия. Свойства, теория и практика применения. <http://wwtec.ru/index.php?id=410>
2. Новиков О.Н. Установки по производству гипохлорита натрия серии Альфа. <http://ecoalfa.ru/hipochlorid.html>.
3. Любушкин В.И. Электросинтез гипохлорита натрия оксиднорутениевотитановых анодов в растворе хлорида натрия / В.И.Любушкин, М.Г.Смирнова, Е.Т.Любушкина // Изв.вузов. Химия и химич.технология.1980. т.ХХІІІ. №8. с.1016-1018.
4. Гиренко Д.В., Пилецкая А.А., Величенко А.Б. Влияние условий получения на образование гипохлорита и хлората при электролизе низкоконцентрированных растворов хлорида натрия // Вопросы химии и химической технологии, 2014, №1, с.138-144.
5. Величенко А.Б., Плакенико И.Л., Лукьяненко Т.В. и др. Определение кислородсодержащих соединений хлора (I,III,V) в препаратах ветеринарного и медицинского назначения на основе гипохлорита натрия // Вопр. Химии и хим.технологии. 2006, №6, с.14-18.

## РЕЗЮМЕ

### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ЭЛЕКТРОЛИЗНОЕ УСТРОЙСТВО «ГИПОНАТ» ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

*Атамов М.М., Мансуров Г.М., Байрамов А.А.*

**Ключевые слова:** гипохлорит натрия, электролиз, установка «Гипонат», окислитель, восстановитель, кислая среда, нейтральная и щелочная среда

В статье показано, что к факторам, определяющим технико-экономические показатели технологического процесса получения гипохлорита натрия, относятся: концентрация раствора хлоридов, продолжительность электролиза, время пребывания электролита в электролизере, действие образующихся осадков на катоде, плотность тока и температурный режим процесса.

Экспериментально установлено, что при любых условиях электролиза хлоридных растворов хлор не выделяется с газами, а полностью растворяется в электролите и участвует в образовании гипохлорита натрия.

## SUMMARY

### AUTOMATED ELECTROLYSIS DEVICE «HYPONATE» FOR OBTAINING SODIUM HYPOCHLORITE

*Hatamov M.M., Mansurov G.M., Bayramov A.A.*

**Key words:** sodium hypochlorite, electrolysis, Hyponade device, oxidative, reductive, acidic medium, neutral and alkaline medium

The article shows that the factors determining the technical and economic indicators of the technological process for the production of sodium hypochlorite are: the concentration of the chloride solution; duration of electrolysis; the residence time of the electrolyte in the cell, the effect of the precipitates forming on the cathode; the current density and the temperature regime of the process.

It has been experimentally established that under all conditions of electrolysis of chloride solutions, chlorine is not released with gases, but is completely dissolved in the electrolyte and participates in the formation of sodium hypochlorite.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	30.11.2017
	Son variant	28.09.2018

UOT 541.64:678.046.3:677.861

## TURŞ XASSƏLİ KÜKÜRDÜ QAZLARIN UTİLİZASIYA PROSESİNİN TƏDQIQI

<sup>1</sup> ƏHMƏDOVA RƏHİLƏ RZA qızı

<sup>1</sup> AŞUROVA NƏRGİZ DURSUN qızı

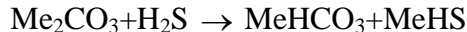
<sup>2</sup> BABAYEVA TÜNZALƏ MƏMMƏD qızı

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-dosent, 2-assistent*

[ahmedova.rahila@mail.ru](mailto:ahmedova.rahila@mail.ru)

*Açar sözlər: kükürlü qazlar, hidrogen-sulfid, utilizasiya, xemosorbsiya, fosfat üsulu, arsenli-qələvili üsul (xemosorbsiya), kalium karbonatla udma üsulu.*

Məlumdur ki, hər il atmosfərə müxtəlif mənbələrdən müxtəlif yanacaq yandırılan zamanı 300-350 mln.ton kükürd tərkibli turş qazlar daxil olaraq ekoloji gərginliyə səbəb olur. Bu qazların əmələgəlmə mənbələri tərkibində kükürd olan üzvi maddələrin (neftin tərkibində olan sulfidlər, merkaptanlar, bitkilərdəki ksantogenatlar, mellitin zülalı, kömürün tərkibindəki sulfidlər) və qeyri-üzvi proseslərdə metalların sulfidlərindən metal emalı zamanı əmələ gəlir. Hələlik bu turş qazlar utilizasiya olunmadan tüstü qazları şəklində ətraf mühitə atılır. Mövcud metodlarla kükürd qazı az miqdarda hidrogen sulfid qazı ilə birlikdə əhəng daşı ilə, ammonium hidrosidlə neytrallaşdırılaraq aşağıdakı reaksiyalarla zərərsizləşdirilir. Hidrogen-sulfid isə aşağı temperaturda kalsium karbonatla reaksiyaya girmədiyindən kükürd qazından ayrıldıqdan sonra birvalentli metalların karbonatları ilə ( $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ) xemosorbsiyaya uğradılaraq tutulur:



Bu reaksiyalarda natrium karbonatın, natrium hidrokarbonatın, kalium karbonatın və kalium hidrokarbonatın suda məhlulları müxtəlif qatılıqda həll olduğundan, analiz üçün hazırlanan məhlulların qatılıqları da fərqli olur. Potaş ( $K_2CO_3$ ) suda yaxşı həll olduğundan qatı məhlulunu hazırlamaq mümkündür. Bu isə az məhlul istifadə olunmasına və prosesin intensiv getməsinə şərait yaradır. Bu üsulun çatışmayan cəhəti onun bahalı olmasıdır. Buna görə çox vaxt soda məhluluna üstünlük verirlər. Əgər hidrogen-sulfid rekuperasiya edilərək faydalı birləşməyə çevrilmərsə, onda məhlul- 100°C qızdırılır. Bu zaman məhluldakı kükürlü birləşmə natrium tiosulfata ( $Na_2S_2O_3$ ) çevrilir, qalanı isə hidrogen-sulfid şəklində qovulur.

Hidrogen-sulfidi neytrallaşdırmaq üçün müxtəlif absorbent və adsorbent təklif olunmuş və sınaqdan keçirilmişdir. Bu prosesdə istifadə olunan maddələrin suda qatılıqları və udulma faizi cədvəldə verilmişdir (cədvəl).

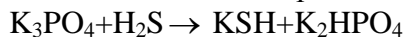
**Cədvəl 1**

*H<sub>2</sub>S uducularının xarakteristikası, udma şəraiti və çıxımı*

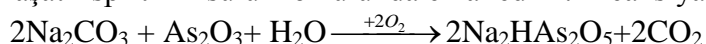
Absorbent	Uducunun qatılığı,%	Sulu məhlulda absorbentin miqdarı	Udma temperaturu,°C	Udma dərəcəsi, %
Arsenli-sodali birləşmə	17,38	--	20-45	92-98
Arsenli-potaşlı birləşmə	--	16-18	35-55	94-99
Etanol-amin	--	10-15	20-55	96-98
N-metilpirolidon	15-8	--	40	90
Soda	20-25	--	40-50	90-98
Potaş	--	150-200	30-45	98-99
Kalsium sianid	--	150	30-40	95-97
Soda və nikel sulfat məhlulu	15-20	--	30-45	95-97
Kalium fosfat məhlulu	40-50	--	20-40	92-97
Ammonium hidrosid	10-15	2	20-30	85-90

Cədvəldən göründüyü kimi, ən yüksək udma dərəcəsinə kalium karbonatla (potaşla) nail olmaq mümkündür.

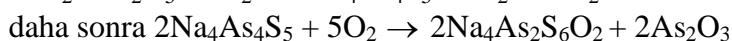
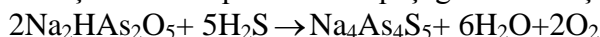
Son zamanlar hidrogen-sulfidi tutmaq üçün fosfat turşusunun duzlarından istifadə etmək geniş tətbiq olunur. Fosfat metodu ilə udma prosesində 40-50%-li kalium fosfat məhlulundan istifadə olunur. Udma prosesi aşağıdakı reaksiya ilə başa çatır.



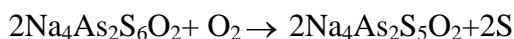
Məhluldan hidrogen-sulfidi 105-107°C qızdırmaqla qovurlar. Bu prosesin üstünlüyü ondan ibarətdir ki, qaz mühitində olan kükürd qazı prosesin selektivliyinə mane ola bilmir. Prosesin çatışmayan cəhəti qaynadıcı aparatı korroziyaya uğratmasıdır. Hidrogen-sulfidi zərərsizləşdirmək üçün ikinci geniş yayılan metod arsenli-qələvili metoddur. Burada iki cür məhlul-absorbent hazırlanır: arsen üçoksidi natrium karbonatı və naşatır spirtinin sulu məhlulları. Absorbentləri hazırlamaq üçün arsen üçoksidi natrium karbonatın ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) sulu məhlulunda və yaxud naşatır spirtinin sulu məhlulunda emal edilir. Reaksiya aşağıdakı kimidir:



Sonra bu natriumlu birləşmə sulfid qazını udaraq aşağıdakı birləşməyə çevrilir.

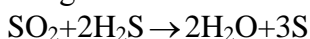


Sonuncu birləşməni ( $\text{Na}_4\text{As}_2\text{S}_6\text{O}_2$ ) oksigen mühitində 50-60°C-də qızdırmaqla kükürd alınır.



Məhluldan kükürd ayrıldıqdan sonra natriumlu birləşmə yenidən hidrogen-sulfid qazını udmağa yararlıdır. "Stretfod" prosesində hidrogen-sulfid əsas xassəli birləşmələr qarışığı ilə (pH= 8,5-9,5) udulur.

Araşdırılan ədəbiyyat icmallarından görünür ki, aparılan işlərdə hidrogen-sulfid qazı ya kükürdə çevrilir, ya da məhluldan davamsız kükürlü birləşmələr şəklində ayrılır. Sonra həmin birləşmələri qızdırmaqla hidrogen-sulfidə və götürülən adsorbentə parçalayırlar və bu şəkildə ətraf mühitə atırlar. Turş qazları neytrallaşdırmaq üçün ən çox istifadə edilən birləşmə kalsium karbonat və kalsium hidroksid qarışığıdır. Bu neytrallaşdırıcıların mənfi cəhəti odur ki, burada sulfatlardan və sulfiddən ibarət şlam alınır. Əhəng daşı suda pis həll olduğundan çox miqdarda tələb olunur. Odur ki, son zamanlar Klaus reaksiyası kükürd almaq üçün daha faydalıdır. Bu prosesdə reaksiya aşağıdakı kimi gedir:



Bu reaksiya 200-250 °C temperaturda yaxşı gedir, 130°C-dən aşağı temperaturda reaksiyanı aparmaq mümkün deyil. Bu proseslərdə çətinliklər ondan ibarətdir ki, bu qazlardan əlavə, tüstü qazlarının tərkibində xeyli miqdarda toz, su buxarı, azot və başqa qazlar olur. Turş qazların həmin qarışıqlardan ayrılması xeyli problem törədir. Bununla bərabər, Klaus metodu inkişaf etmiş ölkələrdə geniş tətbiq olunur. Kükürd qazının hidrogen sulfidlə reaksiyası 2 qrupa bölünür: üzvi həlledicilərdən və sudan istifadə etməklə; qeyri-üzvi duzların sulu məhlulundan istifadə etməklə. Hər iki halda məhlul çox tələb olunur, bu da iqtisadi cəhətdən çox da əlverişli deyildir.

İstilik-elektrik stansiyalarının tüstü qazlarının təmizləmək üçün yeni üsul 1970-ci illərdə yapon alimləri tərəfindən yaradılan radiasiya üsuludur. Bu üsulla A.P.Voronin və başqaları tüstü qazlarını əvvəlcə elektrosüzgəclərdə mexaniki qarışıqlardan (tozdan) təmizləyərək, sonra turş qazları, karbon qazı, su buxarı, oksigen qazı qarışığı elektron şüa dəstəsi ilə bombardman edir. Bu zaman plazma (ion) halına keçən hissəciklər qüclü oksidləşdirici sistem yaradır, belə mühitdə kükürdqazı sulfat anhidridinə  $\text{SO}_2 + \text{O}^* \rightarrow \text{SO}_3$ , azot (II) oksid, azot (IV) oksidə çevrilir, sonra  $\text{NO}^* + \text{O}^* \rightarrow \text{NO}_2$  bu yüksək valentli turş qazlara naşatır spirti və ya kalsium hidroksid əlavə etməklə ammonium nitrat, ammonium sulfat, kalsium sulfat və kalsium nitrat kimi qiymətli gübrələr əmələ gəlir.

Təcrübələrə əsasən, qeyd etmək olar ki, istilik elektrik stansiyalarında, metallurgiyada və kimya sənayesində əmələ gələn zərərli turş xassəli qazlarının ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}_x$ ) aşağı temperaturda perhidrolla, natrium hidroxloridlə, hava-ozon qarışığı ilə oksidləşməsi prosesləri tədqiq edilmişdir. Bu zaman məlum olmuşdur ki, göstərilən perhidrolla, natrium hipoxloridlə, ekzotermik oksidləşərək sulfat turşusuna çevrilir.

Oksidləşmə prosesini dolomit unu kalsium hidrokسيد, kalsium karbonat, naşatır spirtinin iştirakı ilə aparılmaqla kənd təsərrüfatı üçün qiymətli gübrə qarışığı sintez etmək mümkündür ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ). Bu komponentlərin həm gübrə, həm də şoranlığı azaltmaq və yox etmək üçün kimyəvi meliorant kimi tətbiq olunması mümkündür.

### ƏDƏBİYYAT

1. Аникеев В.А. Технологические аспекты охраны окружающей среды. М.: Гидрометиздат, 1992, 143с.
2. Родионов А.И. и др. Техника защиты окружающей среды. М.: Химия, 1989, с.88.
3. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. / Справочник. перевод с англ. под редакцией С.Колверверта М.: Мет, 1998, с.134
4. Анализ методов очистки газовых выбросов от сернистого ангидрида и сероводорода в химической промышленности. Обзорная информация. Сера и серная промышленность М.: НИИТехим, 1991.
5. Ахмедова Р.Р., Исрафилов Я.М., Магеррамова М.Я. Получение хлорангидридов нафтеновых кислот. Химические проблемы, №4. Баку: 2008.
6. Həsənov H.M., Səfərəliyev M.C., Məmmədov B.A. İstilik elektrik mərkəzindən ətraf mühitə atılan turş qazların utilizasiyasının tədqiqi. // Azərbaycan şimal regionunda energetikanın inkişafı Respublika elmi konfransının materialları, SDU, 30-31 oktyabr. Sumqayıt, 2008.
7. Əhmədova R.R., Quliyeva A.A., Əhmədova A.M. Mazutun yanma prosesinin intensivləşdirilməsi. // Azərbaycan şimal regionunda energetikanın inkişafı Respublika Elmi konfransının materialları. SDU, 30-31 oktyabr. Sumqayıt, 2008.

### РЕЗЮМЕ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ СЕРНИСТЫХ КИСЛОТНЫХ ГАЗОВ

*Ахмедова Р.Р., Ашурова Н.Д., Бабаева Т.М.*

**Ключевые слова:** сернистые газы, сероводород, утилизация, хемосорбция, фосфорный метод, арсений-щелочной метод (хемосорбция), метод поглощения карбонатом кальция

В статье было исследовано применение фосфорного метода, арсенно-щелочного метода (хемосорбция), метода поглощения с карбонатом кальция и т.д. для утилизации кислотных сернистых газов (сероводород). Выявлено, что разработаны методы для очистки отходящих газов электростанций. Проведенные через электрофильтр дымовые газы очищаются от пыли, а затем от кислотного газа, диоксида углерода, водяного пара, кислородного газа, рассеивающегося электронным пучком. Таким образом, образуется оксидная система, оксид азота (II) превращается в оксид азота(IV). Добавив к кислотным газам нашатырный спирт или гидроксид кальция, получают также ценные удобрения как нитрат аммония, сульфат аммония, сульфат кальция и нитрат кальция.

**SUMMARY**  
**STUDY OF THE PROCESS OF UTILIZATION OF ACID GASES**  
*Ahmedova R.R., Ashurova N.D., Babayeva T.M.*

*Key words: sulphurous gases, hydrogen-sulfide, utilization, chemisorption, phosphate method, arsenic-alkaline method, absorption method with calcium carbonate*

In the article the application of the following methods for utilization of acid sulfur gases (hydrogen sulphide) were researched: the application of the phosphorous method, arsenic-alkaline method (chemisorption), absorption method with calcium carbonate, etc. The methods have been developed for the purification of waste gases from power plants. The flue gases passing through an electrostatic precipitator are cleaned from dust, and then from acid gas, carbon dioxide, water vapor, oxygen gas, dissipating electron beam. Accordingly, an oxide system is formed, the nitrogen oxide (II) is converted to nitrogen oxide (IV), then by adding ammonia or calcium hydroxide to the acid gases, such valuable fertilizers as ammonium nitrate, ammonium sulfate, calcium sulphate and calcium nitrate are formed.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	01.11.2017
	Son variant	28.09.2018



UOT 619:616.9-036.22

## PARAZİT–SAHİB MÜNASİBƏTLƏRİ ZAMANI CANLI ORQANİZMDƏ BAŞ VERƏN DƏYİŞİKLİKLƏR

<sup>1</sup>BAXŞALIYEV ARZU YELMAR oğlu

<sup>2</sup>AĞAYEVA ZƏRBAB TƏVƏKKÜL qızı

<sup>3</sup>BƏDİROVA ARZU İNŞALLA qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-dosent, 2- assistent, 3-laborant

[bedirova88@mail.ru](mailto:bedirova88@mail.ru)

*Açar sözlər:* parazit, sahib, orqanizm, təsir mexanizmi və dəyişikliklər.

*Parazit–sahib münasibətləri zamanı parazitə zərərli təsiri nəticəsində sahib orqanizmdə patofizioloji, biokimyəvi və funksional dəyişikliklər baş verir. Bu isə sahib orqanizmin parazitə qarşı müəyyən cavab reaksiyası yaratmağına səbəb olur.*

İnvazion xəstəliklərin əmələ gəlməsi üçün müvafiq şərait, hər şeydən əvvəl canlıların invazyaya həssaslığı olmalıdır. Bizi əhatə edən ətraf mühitin hər yerində qurd (helmit) yumurtasına rast gəlinir. Bu yumurtalar ağızdan həzm sisteminə daxil olduğu zaman həzm sistemində yaşayacaq bir məkan tapmazsa, xaricə atılır. Çünki orqanizm sağlam həzm sisteminə malikdirsə, parazitlərin inkişaf etməsinin qarşısını alır. Əgər metabolik proseslər zamanı bağırsaqlarda və qaraciyərdə zərərli maddələr toplanarsa, bu zaman parazitlərin çoxalması üçün mühit yaranacaqdır [1, s.72-73].

GMO-lu qida, çirkli su və qida məhsullarından istifadə, xəstəliklərdə işlədilən dərmanlar bağırsaqların və qaraciyərin normal fəaliyyətinin qarşısını alaraq biokimyəsini pozur. Alınan bu təhlükəli kimyəvi maddələr bağırsağ toxumasını qıcıqlandırır. Parazitlərin həzm sistemindəki səyahəti zamanı zədələnmiş bağırsağ toxumaları olarsa, parazitlər həmin yerlərdə yerləşərək yumurtalarını qoyub qana keçirlər və öz inkişafını davam etdirmək üçün digər orqanlara baş çəkirlər. Beləliklə, parazitlər özləri və yumurtaları müxtəlif orqanlara travmatik təsir göstərir.

Əgər orqanizm sağlam və immunitet güclü olarsa, bu zaman orqanizm parazit yumurtalarının ətrafında qoruyucu təbəqə (kapsula) əmələ gətirib yumurtanı zərərsizləşdirir və orqanizm məhv olana qədər parazit yumurtası orada qalır. Ancaq ətrafında qoruyucu təbəqə yaranmış parazit yumurtaları yığılaraq ciddi problemlərə yol açır. Araşdırmalarda sestod yumurtaları şizofrenə, depressiyaya və asmaya, qıl qurdlarının yumurtaları isə miqrenə səbəb olur [3, s.25-26].

Həzm sistemi çökmüş, toxuması kimyəvi zədələnmələrə məruz qalmış orqanizmlər parazit yumurtalarını kapsula ala bilmir. Nəticədə, parazit yumurtaları larvaya çevrilərək, orqanların toxumalarına yayılaraq burada çoxalır. Bu təsir amilin patogenlik (zərərlik) dərəcəsi, sahibin növündən, yaşından və orqanizmin vəziyyətindən asılı olaraq ya gizli olur, ya da özünü xarakterik əlamətlərlə göstərir. Helmitlərin vurduğu zərər müxtəlif formada olur. Məsələn, askarid və monieziya qurdları ilə şiddətli yoluxma zamanı bağırsağ boşluğunun tamam tıxanmasına, keçməzliyinə, hətta onun partlamasına səbəb olur. Ağciyərin qurd xəstəliyi zamanı qırtlaq və bronxlara külli miqdarda qurd tıxandığı üçün sahib orqanizm boğularaq məhv olur. Exinokokk qovluqları ağciyərin parenximasını şiddətli surətdə zədələyərək onların fəaliyyətini pozur. Onxoserka qurdları boyun bağına dolaşaraq onun iltihabına, telyaziya qurdları gözün iltihabına və korluğuna səbəb olur. Qongilonema qurdları qida borusunun daxili selik pərdəsini zədələyir. Fassiola və dikroselium sorucu qurdları qaraciyərin parenximasını, öd yollarının

divarını zədələyərək iltihablaşdırır və kirəcləşdirirlər. Triponosomlar cinsindən olan Trypanosoma brucei tərəfindən səbəb olduğu yuxu xəstəliyi və Trypanosoma cruzi tərəfindən yaranan Chagas xəstəliyi ölümcül xəstəliklər sırasındadır. Sahib orqanizmdə qurdlarla yoluxmaya qarşı müəyyən davamlılıq, yəni təbii immunitet olur. Bu immunitet sahib orqanizmlərin qurdlarla yoluxmasının qarşısını tamamilə almasa da, xəstəliyin gedişini bir qədər yüngülləşdirir. Hər hansı bir qurda qarşı olan təbii immunitet həmin qurd növü ilə yoluxub sağalmış orqanizmdə daha da möhkəmlənir. Ümumiyyətlə, istər birinci (təbii) və istərsə də ikinci (qazanılmış) immunitet sahib orqanizmi parazitlərlə təkrar yoluxmadan tam qorumur [2.s.10; 4. s.194-205].

Parazitlər həyat fəaliyyətini davam etdirə bilmək, eləcə də özlərinə lazım olan enerji və tikinti materiallarına ehtiyacını ödəmək üçün sahib orqanizmdən aldıkları maddələri həzm edirlər. Belə orqanizmlərə heterotroflar deyilir. Proteinin bütün heterotrofik orqanizmlərin əsas və əvəzəlməz tərkib hissələrinə aid olduğunu inkar etmək mümkün deyil, bununla əlaqədar olaraq, parazit orqanizmin sahib orqanizmdə məskunlaşması və parazit orqanizmlərin inkişaf mərhələsində zülalın rolu böyükdür. Sahib orqanizmdə olan zülalların, aminturşuların, yağların, vitaminlərin parazit tərəfindən mənimsənilməsi baş verir ki, bunun nəticəsində qan azlığı, inkişafında və böyüməsində geriləmə müşahidə olunur. Parazitlərin qan sorması, həzm olunmuş qidaların orqanizmdən absorbsiya yolu ilə və ya ağız vasitəsilə alınması sahib orqanizmin düzgün qidalanmamasına gətirib çıxarır. Məsələn, Hemonxus qurdları qurdağın divarını zədələyərək çıxan qanın bir hissəsini sormaqla, Triponosomlar cinsindən olan Trypanosoma lewisi isə qan plazması ilə qidalanır. Bəzi parazit növlərinin bağırsaqlarda inkişafı zamanı tutulmalar əmələ gəlir [ 5, s.253-261].

Parazitin özünün və ya ifraz etdiyi maddələrin hüceyrədə və ya toxumada yerləşməsi burda qıcıqlanmaya səbəb olur və nəticədə, bəzi cavab reaksiyalarına yol açır. Eləcə də parazitlərin orqanizmə daxil olmaq, daxil olduqdan sonra toxumalarda irəliyə getmək üçün ifraz etdikləri kollogenaz, mukopolisaxaridoz və proteolitik enzimlərin təsiri ilə mümkün olur. Parazitlərin endo və ekzo toksinləri hüceyrə və toxumalarda təsirini göstərir. Bioloji zəhərlər adlandırdığımız toksinlərin ortaya çıxması üçün parazitlər bəlli bir inkubasiya dövrü keçməlidir. Bəzi toksinlərdə bu müddət çox qısadır, dozanı artırmaqla inkubasiya dövrünü qısaltmaq mümkündür, amma aradan qaldırmaq mümkün deyil. Bəzi parazitlər sahib orqanizmdə iltihabi proseslərə səbəb olur. Bu proseslər həyati önəm daşıyan orqanlara da mənfi təsir göstərə bilər. Məsələn, Entamoeba histolytica qaraciyərdə və ya beyin toxumasında abses və meninqoensefalir şəklində iltihabi proseslərə səbəb ola bilər və hətta ölümlə nəticələnər. Müxtəlif parazitlər qan laxtalanmasının qarşısını alan, eritrositlərin sayını azaldan, eozinofilin və leykositlərin artmasına səbəb olan kimyəvi maddələr ifraz edirlər. Bəzən sahib orqanizmin toxumalarında propil alkol, formaldehid kimi əridici maddələr olur ki, bu zaman orqanizm trematodların ətrafında qoruyucu təbəqə yarada bilmir. Bu maddələrin sahib orqanizmə keçməsi isə hazır qida məhsulları vasitəsilə, şəkərlə, kosmetik məhsullarla baş verir (Cədvəl 1).

*Cədvəl 1.*

*Parazitlərin sahib orqanizmə təsiri*

<b>№</b>	<b>Parazitlərin sahib orqanizmə təsir növləri</b>	<b>Təsir növləri nəticəsində sahib orqanizmdə yaranan fəsadlar</b>
1	Mexaniki təsir	Ascaris və Taenia fərdlərinin bir yumaq şəklində bağırsağı tutaraq bağırsağ keçməzliyinə səbəb olması
2	Toksiki təsir	Helmintlərin ifraz etdiyi toksinlər nəticəsində mərkəzi sinir sisteminin zəifləməsi, qaraciyər və beyində iltihabi proseslərə səbəb olması
3	Qidalanmaya mənfi təsiri	Strogloides stercoralis fərdinin özündə B <sub>12</sub> vitaminini toplaması və avitaminozun yaranması

*Cədvəl 1. (ardı)*

4	Qıcıqlandırıcı təsir	Schistosoma yumurtalarının, Trichinella spiralis larvalarının ətrafında yaranan kapsula, sidik kisəsində, düz bağırsaqlarda şişlərin əmələ gəlməsi
5	Əridici təsir	Sestod larvasının dəridən daxil olması, toxumalarda mukopolisaxaridoz və proteolitik əridici enzimlər sayəsində yayılması
6	Allergik təsir	Helmintlərin bağırsaqlarda yerləşərək səbəb olduğu qanaxmalar zamanı baş vermiş zülal itkisi
7	Travmatik təsir	Antropodların xortumları, tikanlı yumurtası olan trematodların toxumalarda yırtılma və qanaxmalara səbəb olması

Ümumiyyətlə, parazitlərin hərtərəfli mexaniki və toksiki təsirindən sahib orqanizmin daxili parenximatöz orqanlarında, qan–limfa damar sistemində, mədə-bağırsaqlarında müxtəlif patofizioloji, biokimyəvi və funksional dəyişikliklər yaranır. Bunun da nəticəsində sahib orqanizmin müqavimət qüvvəsi azalır, yoluxucu xəstəliklərin baş verməsi üçün əlverişli şərait yaranır. Lakin vaxtında və düzgün aparılan mübarizə tədbirləri nəticəsində parazitər xəstəliklərin vurduğu zərərin qarşısını almaq mümkündür [2, s.11].

### ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov Q., Mahmudov X. Ekologiya, ətraf mühit və insan. Bakı: Elm, 2006, s.72-73.
2. Məmmədov A.Q., Hacıyev Y.H., Şirinov N.M., Ağayev Ə.Ə. Baytarlıq parazitologiyası. Bakı: Azərneşr, 1986, s.10-11.
3. Altıntaş K. Tibbi Parazitoloji. İstanbul, 2002, s.25-26.
4. Бессонов А.С. Цистный эхинококкоз и гидатидоз. М.: Наука, 2017, с.194-205.
5. Theodor Von Brand Biochemistry of Parasites Second edition // New York, London: Academic Press, 1973, pp. 253-261.

### РЕЗЮМЕ

#### ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ЖИВОМ ОРГАНИЗМЕ ВО ВЗАИМООТНОШЕНИЯХ ПАРАЗИТ-ХОЗЯИН

*Бахшалиев А.Е., Агаева З.Т., Бадирова А.И*

**Ключевые слова:** *паразит, хозяин, организм, механизм воздействия и изменения*

Во время взаимоотношений паразит-хозяин в организме хозяина под влиянием вредного воздействия паразита происходят патофизиологические, биохимические и функциональные изменения. Это приводит к тому, что в организме хозяина возникает определенная ответная реакция против паразита.

### SUMMARY

#### CHANGES IN THE ORGANISM IN HOST-PARASITE RELATIONSHIPS

*Bakhshaliyev A.Y., Aghayeva Z.T., Badirova A.I.*

**Key words:** *parasite, host, organism, impact mechanism and changes.*

Pathophysiological, biochemical and functional changes occur in the organism in parasite-host relationships as a result of harmful impact of parasite. This leads to certain reaction of the host organism to the parasite.

Daxilolma tarixi: İlkin variant 04.01.2018  
Son variant 28.09.2018

УДК 62-50

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА ДЕГИДРИРОВАНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА

<sup>1</sup>БАЛАЕВ ВАГИФ АГАРЗА оғлу

<sup>2</sup>МАМЕДОВ ВАЛЕХ ГЮЛЬМАМЕД оғлу

Сумгаитский государственный университет, 1,2 - доцент

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

**Ключевые слова:** дегидрирование, адиабатический, этилбензол, технико-экономический, траектория, дифференциальные уравнения.

*Рассмотрено определение оптимального режима процесса дегидрирования этилбензола, найдены оптимальные значения каждого параметра, используется метод динамического программирования, рассматривается оптимальная задача происходящего в реакторе процесса.*

Одной из важнейших задач в управлении технологических процессов является его приведение с одного начального состояния в другое конечное состояние. Во многих случаях из-за неизвестности закона, по которому изменяется тепловой агент, подающийся в аппарат, в конечном итоге температура процесса оказывается больше или меньше регламентного значения. А это, в свою очередь, является причиной увеличения времени введения его в нормальный рабочий процесс и в то же время ухудшения технико-экономических показателей. Следует отметить что, процесс дегидрирования этилбензола в производстве стирола в основном происходит в двухступенчатом реакторе адиабатического типа. Поэтому, как объект исследования, выбирается этот реактор. С этой целью, исследуется динамика процесса, протекающего в реакторе. С использованием метода динамического программирования, рассматривается оптимальная задача происходящего в реакторе процесса. Объект характеризуется следующим дифференциальным уравнением,

$$\frac{dx}{dt} = u - 0.5x = f(x, u) \quad (1)$$

Требуется найти оптимальное управление  $u^*(t)$ , при котором объект переходит из состояния  $x(0) = 0$  в состояние  $x(T) = 12$  за время  $T=1,25$  сек., причём функционал

$$J = \int_0^T (x^2 + k^2 u^2) dt = \int_0^T [x^2 + (1.20u)^2] dt$$

принимает минимальное значение.

Разбиваем  $T$  и  $x_N = x(T) - x(0)$  на пять интервалов;

$$t = 0; t_1 = 0.25; t_2 = 0.50; t_3 = 0.75; t_4 = 1.0; t_5 = T = 1.25 \quad (2)$$

На каждом из  $t_i$  величина  $x^i$  может принимать также множество значений, среди которых следует искать оптимальные значения.

Для упрощения разбиваем  $x_N$  лишь на четыре равных интервала, тем самым считаем, что  $x^i$  может принимать одно из следующих значений:

$$x_i^0 = 0; x_1^i = 3.0; x_2^i = 6; x_3^i = 9.0; x_4^i = 12 = x_N$$

Дифференциальные уравнения заменяем разностными:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_k &= x_{k+1} - x_k = f(x_k, u_k) \Delta t_k \\ \Delta J_k &= F(x_k, u_k) \Delta t_k \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

В рассматриваемом случае

$$\left. \begin{aligned} \Delta t_k &= 0.25 \\ \Delta x_k &= (u_k - 0.5x_k)\Delta t_k \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \Delta J_k &= (x_k^2 + 1.44u_k^2)\Delta t_k = \{x_k^2 + 1.44(x_k + 0.5x_k^2)\}\Delta t_k = \\ &= \left\{x_k^2 + 1.44\left(\frac{\Delta x_k}{\Delta t_k} + 0.5x_k\right)^2\right\}\Delta t_k \end{aligned} \quad (5)$$

Нанесём точки, соответствующие разным значениям  $x^i$  и  $t_i$ , на график и построим в этих точках окружности (рис.1), в которые будем вписывать значения приращения функционала  $\Delta J$  при перемещении из этой точки к следующей по приближённой условно-оптимальной траектории.

Решение задачи в методе динамического программирования можно начинать от одной из заданных точек: начальной или конечной. Начнём, как это чаще всего делается, с последнего этапа: найдём приближённые условно-оптимальные траектории, ведущие в конечную точку  $x_4^5$ .

Величины приращений  $\Delta J$   $x_j^4$  для этих траекторий, вычисленные по формуле (5), приведены в табл.1.

В этой таблице к вычислению приращений на последнем этапе относятся строки 1, 3, 6, 10 и 15. Переходим к следующему шагу – предпоследнему этапу (четвёртому), на котором траектории исходят из точек  $x_j^3$  и входят в точки  $x_k^4$  (рис.1). Расчёт ведём так:

$$\Delta J^*(x_i^3) = \min \left\{ (x_i^3)^3 + 1.44\left(\frac{\Delta x}{\Delta t} + 0.5x_i^4\right)^2 + \Delta J^*(x_i^4 + \Delta x) \right\} \quad (6)$$

В соответствии с требованиями задачи вместо максимума ищется минимум и вместо абсолютного значения  $J^*$  – его приращение. Расчёт ведём по такой схеме:

$$\begin{aligned} \Delta J(x_4^3) &= \Delta J(x_4^4) = 48,96 + 48,96 = 97,92 \\ \Delta J(x_3^3) &= \min \left\{ \begin{array}{l} k_{11} + k_{12} \\ k_{12} + F_{11} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 27,54 + 118,26 \\ 118,26 + 48,96 \end{array} \right\} = 145,80 \\ \Delta J(x_2^3) &= \min \left\{ \begin{array}{l} x_{11} + x_{13} \\ x_{12} + k_{12} \\ x_{13} + F_{11} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 27,54 + 271,44 \\ 90 + 118,26 \\ 271,44 + 48,96 \end{array} \right\} = 208,26 \\ \Delta J(x_1^3) &= \min \left\{ \begin{array}{l} M_{11} + M_{14} \\ M_{12} + x_{13} \\ M_{13} + k_{12} \\ M_{14} + F_{11} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3,06 + 508,5 \\ 67,86 + 271,44 \\ 326,25 + 118,26 \\ 508,5 + 48,96 \end{array} \right\} = 339,30 \\ \Delta J(x_0^3) &= \min \left\{ \begin{array}{l} H_{11} + H_{15} \\ H_{12} + M_{14} \\ H_{13} + x_{12} \\ H_{14} + k_{12} \\ H_{15} + F_{12} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0 + 829,44 \\ 51,84 + 508,5 \\ 207,36 + 271,44 \\ 466,56 + 118,26 \\ 829,44 + 48,96 \end{array} \right\} = 478,80 \end{aligned}$$

Приведём вычисления для последующих шагов.

Третий этап:

$$\begin{aligned} \Delta J(x_4^2) &= F_{11} + \Delta J(x_4^3) = 48,96 + 97,92 = 146,88 \\ \Delta J(x_3^2) &= \min \left\{ \begin{array}{l} k_{11} + \Delta J(x_3^3) \\ k_{12} + \Delta J(x_4^2) \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 27,54 + 145,80 \\ 118,26 + 97,92 \end{array} \right\} = 173,34 \\ \Delta J(x_2^2) &= \min \left\{ \begin{array}{l} x_{11} + \Delta J(x_2^3) \\ x_{12} + \Delta J(x_3^2) \\ x_{13} + \Delta J(x_4^2) \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 12,24 + 208,26 \\ 90 + 145,80 \\ 271,44 + 97,92 \end{array} \right\} = 220,50 \end{aligned}$$

$$\Delta J(x_1^2) = \min \begin{Bmatrix} M_{11} + \Delta J(x_1^3) \\ M_{12} + \Delta J(x_2^3) \\ M_{13} + \Delta J(x_3^3) \\ M_{14} + \Delta J(x_4^3) \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 3,06 + 339,80 \\ 67,86 + 208,26 \\ 326,25 + 145,80 \\ 508 + 97,92 \end{Bmatrix} = 276,12$$

$$\Delta J(x_0^3) = \min \begin{Bmatrix} H_{11} + \Delta J(x_0^3) \\ H_{12} + \Delta J(x_1^3) \\ H_{13} + \Delta J(x_2^3) \\ H_{14} + \Delta J(x_3^3) \\ H_{15} + \Delta J(x_4^3) \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 0 + 478,8 \\ 51,84 + 339,3 \\ 207,36 + 208,26 \\ 466,56 + 145,8 \\ 829,44 + 97,92 \end{Bmatrix} = 391,14$$

Второй этап:

$$\begin{aligned} \Delta J(x_4^1) &= F_{11} * 4 = 48,96 * 4 = 195,84 \\ \Delta J(x_3^1) &= \min \begin{Bmatrix} k_{11} + \Delta J(x_3^2) \\ k_{12} + \Delta J(x_4^2) \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 27,54 + 173,34 \\ 118,26 + 25,46 \end{Bmatrix} = 220,88 \\ \Delta J(x_2^1) &= \min \begin{Bmatrix} x_{11} + \Delta J(x_2^2) \\ x_{12} + \Delta J(x_3^2) \\ x_{13} + \Delta J(x_4^2) \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 12,24 + 220,5 \\ 90 + 25,46 \\ 271,44 + 146,88 \end{Bmatrix} = 215,46 \\ \Delta J(x_1^1) &= \min \begin{Bmatrix} M_{11} + \Delta J(x_1^2) \\ M_{12} + \Delta J(x_2^2) \\ M_{13} + \Delta J(x_3^2) \\ M_{14} + \Delta J(x_4^2) \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 3,06 + 276,12 \\ 67,86 + 220,5 \\ 326,25 + 125,46 \\ 508,5 + 146,88 \end{Bmatrix} = 279,18 \end{aligned}$$

$$\Delta J(x_0^1) = \min \begin{Bmatrix} H_{11} + \Delta J(x_0^2) \\ H_{12} + \Delta J(x_1^2) \\ H_{13} + \Delta J(x_2^2) \\ H_{14} + \Delta J(x_3^2) \\ H_{15} + \Delta J(x_4^2) \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 0 + 391,14 \\ 51,84 + 276,12 \\ 207,36 + 220,50 \\ 466,56 + 125,46 \\ 829,44 + 146,88 \end{Bmatrix} = 327,96$$

Начальный этап: так как на этом этапе оптимальная траектория должна исходить из начальной точки  $x_0^0$ , мы и здесь сужаем область вычислений, ограничиваясь расчётами только для этой точки:

$$\Delta J(x_0^0) = \min \begin{Bmatrix} H_{11} + \Delta J(x_0^1) \\ H_{12} + \Delta J(x_1^1) \\ H_{13} + \Delta J(x_2^1) \\ H_{14} + \Delta J(x_3^1) \\ H_{15} + \Delta J(x_4^1) \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 0 + 327,96 \\ 51,84 + 279,18 \\ 207,36 + 215,46 \\ 466,56 + 200,88 \\ 829,44 + 195,84 \end{Bmatrix} = 327,96 \approx 328$$

Идя от начальной точки по отрезкам условно-оптимальных траекторий, т.е. по линиям, отмеченным стрелками, находим приближённую оптимальную траекторию в виде ломаной жирной линии, показанной на рис.1.

Таблица 1.

Величины приращений для этих траекторий, вычисленные по формуле (5).

№	$x_k$	$x_k^2$	$\Delta x_k$	$a = \frac{\Delta x_k}{\Delta t}$	$b = 0,5x_k$	$c = a + b$	$c^2$	$d = 1,44c^2$	$e = x_k^2 + d$	$\Delta J = 0,25e$	КОД
1	12	144	0	0	6	36	51,84	185,84	48,96	F <sub>11</sub>	
2	9	81	0	0	4,5	20,25	29,16	110,16	27,54	K <sub>11</sub>	
3	9	81	33	12	4,5	272,25	392,04	473,04	118,26	K <sub>12</sub>	
4	6	36	0	0	3	9	12,96	48,96	12,24	X <sub>11</sub>	
5	6	36	3	12	15	225	324	360	90	X <sub>12</sub>	
6	6	36	6	24	27	729	1049,76	1085,76	271,44	X <sub>13</sub>	
7	3	9	0	0	1,5	2,25	3,24	12,24	3,06	M <sub>11</sub>	
8	3	9	3	12	13,5	182,25	262,44	271,44	67,86	M <sub>12</sub>	
9	3	9	6	24	3,0	900	12,96	1305	326,65	M <sub>13</sub>	
10	3	9	9	36	37,5	1406,25	20,25	2034	508,5	M <sub>14</sub>	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	H <sub>11</sub>	
12	0	0	3	12	12	144	207,36	207,36	51,84	H <sub>12</sub>	
13	0	0	6	24	24	576	829,44	829,44	207,36	H <sub>13</sub>	
14	0	0	9	36	36	1295	1866,24	1866,24	466,56	H <sub>14</sub>	
15	0	0	12	48	48	2304	3317,76	3317,76	829,44	H <sub>15</sub>	

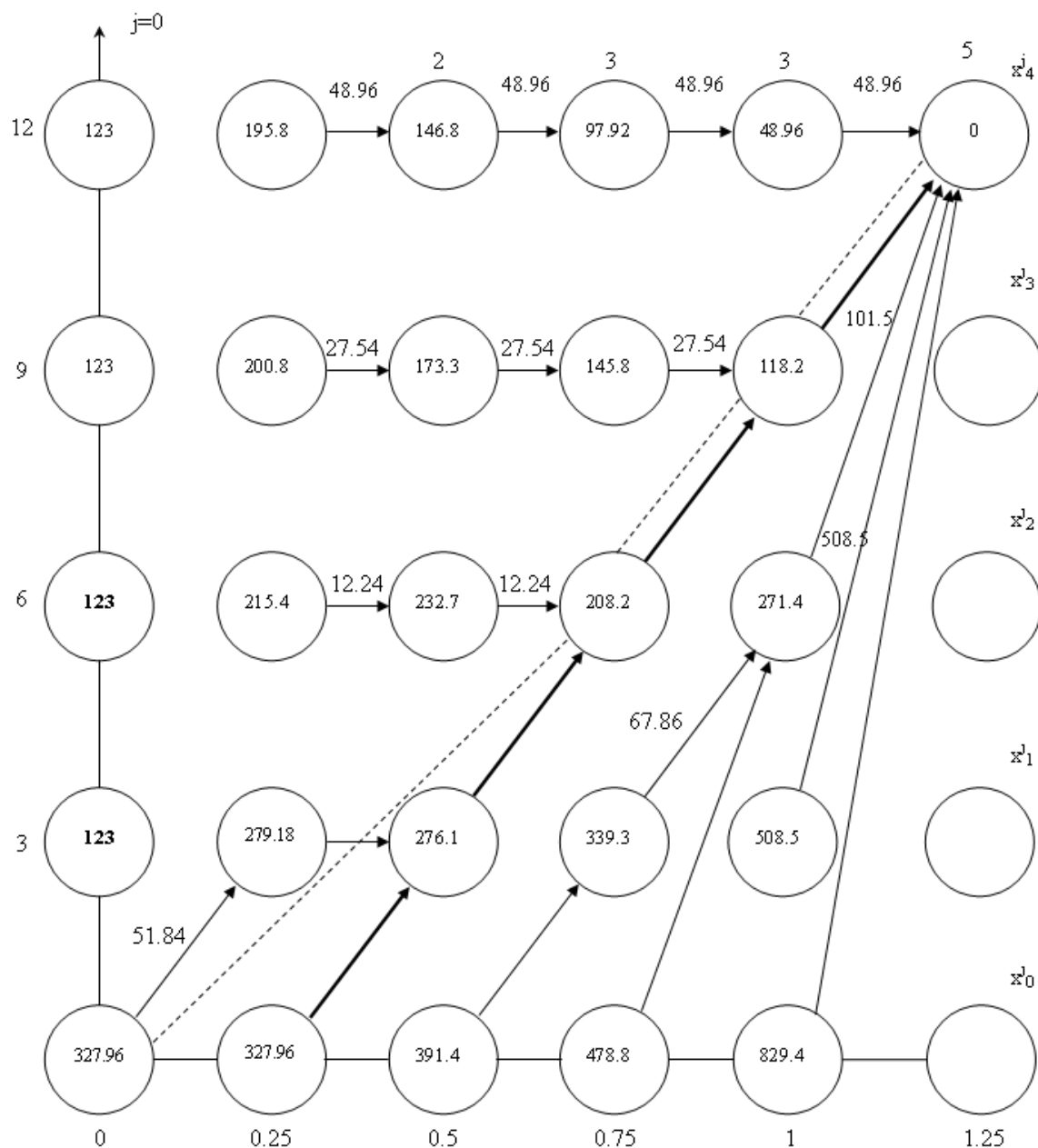


Рис.1. Движение по оптимальной траектории

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акулич И.А. Математическое программирование в примерах и задачах. М.: Высшая школа. 1986, 319 с.
2. Хедли Д.Ж. Нелинейное и динамическое программирование. М.: Мир, 1967, 508 с.
3. Вентцель Е.С. Элементы динамического программирования. М.: Наука, 1964, 173 с.
4. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. М.: Наука, 1965, 465 с.



**XÜLASƏ**  
**ETİLBENZOLUN DEHİDROGENLƏŞMƏ PROSESİNİN OPTİMAL REJİMİNİN TƏYİNİ**  
*Balayev V.A., Məmmədov V.G.*

*Açar sözlər: dehidrogenləşmə, adiabatik, etilbenzol, texniki-iqtisadi, trayektoriya, diferensial tənliklər.*

Verilmiş məqalədə etilbenzolun dehidrogenləşməsi prosesinin optimal məsələsinə baxılmışdır. Dinamik proqramlaşdırma metodundan istifadə edərək reaktorda gedən prosesin optimal parametrləri təyin edilmişdir.

**SUMMARY**  
**DETERMINATION OF THE OPTIMAL REGIME OF THE DEHYDROGENATION**  
**PROCESS OF ETHYLBENZENE**  
*Balayev V.A., Mammadov V.G.*

*Key words: dehydrogenation, adiabatic, ethylbenzene, technical and economic, trajectory, differential equations*

The optimal issue of process ethylbenzene dehydrogenation is studied in the article. Optimal parameters of process occurring in the reactor are determined using the dynamic programming method.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	02.05.2017
	Son variant	28.09.2018

УДК 62-5

## РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ МОДЕЛИ ЭВОЛЮЦИОННОГО НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ CPN TOOLS

<sup>1</sup>ГУСЕЙНЗАДЕ ШАХЛА СУРХАЙ ГЫЗЫ<sup>2</sup>КУРБАНОВА САБИНА ИЛГАР ГЫЗЫ

Сумгаитский государственный университет, 1-доцент, 2-ассистент  
[shahla.huseynzade@gmail.com](mailto:shahla.huseynzade@gmail.com)

**Ключевые слова:** нечеткий регулятор, эволюционные алгоритмы, сети Петри, начальная маркировка, анализ модели, кортеж срабатываемых переходов, функции принадлежности, лингвистические переменные.

*В статье рассмотрены перспективы алгоритмической реализации адаптивной эволюционной нечеткой системы регулирования. Описаны принципы организации и предложены алгоритмы эволюционной части системы. Разработана отмоделированная структура эволюционного нечеткого регулятора на сетях Петри (СП). На основе результатов симуляции на CPN TOOLS произведен анализ.*

**Введение.** Интеллектуализация компьютерных систем делает необходимым разработку и развитие новых методов и средств обработки информации, базирующихся в частности на аппарате нечеткой логики (НЛ) или использующих эволюционные алгоритмы (ЭА) [1]. Если аппарат НЛ является основой экспертных систем (ЭС), в которых могут аккумулироваться и использоваться слабо формализованные, неполные, либо частично недостоверные экспертные знания (ЭЗ), то ЭА позволяют оптимизировать поведение систем в условиях изменяющейся среды.

Развитие теории автоматического управления характеризовалось разработкой и исследованием новых способов проектирования регуляторов. Каждый из методов имеет определенные достоинства и недостатки, выражающиеся в качестве обеспечиваемого регулирования. Для некоторых из них, в большей степени для нечетких регуляторов, существует сложность адаптации параметров к изменяющимся условиям окружающей среды [2]. Применения генетических алгоритмов с параллельно функционирующим нечетким регулятором позволяет в значительной степени решать эту проблему [3].

Сопряжение локально параллельного алгоритма нечеткого регулирования с эволюционной процедурой является ключевым моментом при реализации функционирования эволюционного нечеткого регулятора (НР).

Вариант введения адаптивности – комбинирование нечетких систем с эволюционным алгоритмом, который подключается к контуру нечеткого управления и модифицирует функции принадлежности (ФП) в лингвистических переменных (ЛгП) или решающие правила (РП) [4].

Моделирование и исследование функционирования эволюционного НР связаны со следующими действиями: описание элементов системы, ее структуры, основных подсистем, функций, информационных потоков; построение пространства состояний и возможных переходов состояний; составление схем функциональных взаимодействий; анализ причинно – следственных связей.

Для построения моделей систем в виде СП моделируемые процессы (явления), совершающиеся в системе, описываются множеством событий и условий, а также причинно-следственными отношениями, устанавливаемыми на множестве “события-

условия” [5,6].

Особенную роль СП играют при моделировании параллельных процессов. Здесь это едва ли не самый удобный и многообещающий инструмент исследований. На СП реализуется полный набор логических операций, следовательно, моделируется синхронная система на уровне двоичной логики.

На основе вышеуказанных свойств можно утверждать что, применительно к эволюционным НР СП является удобным аппаратом моделирования и система со структурой эволюционным НР может быть реализована на СП.

**Локально-параллельный эволюционный нечеткий регулятор.** Эволюционный нечеткий регулятор состоит из следующих блоков [7]: управляющее устройство (УУ), объект управления (ОУ), датчик регистрации (ДР), преобразователь входного сигнала из четкой формы в нечеткую (ЧН) (fuzzifier), блок нечеткой обработки (НО) (fuzzy inference engine), преобразователь выходного сигнала из нечеткой формы в четкую (НЧ) (defuzzifier), блок оценки качества (ОК), регистрация результатов (РР), блок методов изменения параметров (ИП), блок лучших вариантов (ЛВ).

Процедуры блоков ЛВ и РР с точки зрения локально параллельной реализации, сложностей не представляют, а процедура, выполняемая в блоке ОК, может становиться локально параллельной только на этапе помещения значения в блок РР.

Рассмотрим алгоритмическую реализацию сопряжения для случая изменения параметров типа сдвига.

Как следует из представленного выше описания, последовательность блоков ЛВ-ИП-РР реализует цикл эволюционного алгоритма. Исходная популяция хромосом создается с помощью генератора случайных чисел. Исходная популяция хромосом (конкатенаций значений сдвигов профилей функции принадлежности (ФП)) порождается в ИП и подается на один из блоков НР и в РР, куда по цепи ОУ- ОК поступают также соответствующие хромосомам значения функции соответствия (ФС). Далее информация обрабатывается в ЛВ (выборка в соответствии со значениями ФС, скрещивание, мутация) и новая популяция, полученная из прежней, подается из ЛВ через ИП.

**Описание модели эволюционного нечеткого регулятора сетями Петри.** Блоки эволюционного нечеткого регулятора в роле состояний среды описаны позициями  $p_1, p_2, \dots, p_{10}$  СП [8]. События между состояниями обозначены переходами  $t_1, t_2, \dots, t_{14}$ . Пред и пост состояния событий описываются соответственно матрицами входных и выходных инцидентов переходов:  $F(n \times m), H(n \times m), n=10, m=14$ . Матрица инцидентов сети  $D(n \times m)$  определяется как  $D=H-F$ . Дуги описывают поток обрабатываемой информации.

Значение элемента матрицы входных инцидентов  $f_{ij}$  равно числу дуг от  $i$ -ой позиции к  $j$ -му переходу  $\#(p_i, I(t_j))$ ; значение элемента матрицы выходных инцидентов  $h_{ij}$  равно числу дуг от  $j$ -го перехода к  $i$ -ой позиции  $\#(p_i, O(t_j))$ ; Значение элемента матрицы инцидентов  $d_{ij} = h_{ij} - f_{ij}$ .

Начальное состояние среды описывается начальной маркировкой  $\mu^0 = (\mu_1^0, \mu_2^0, \dots, \mu_n^0)$ . Искомое состояние среды будет определяться маркировкой  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ .

Позиции СП:  $p_1$ - блок УУ,  $p_2$ - блок ОУ,  $p_3$ - блок ДР,  $p_4$ - блок ЧН,  $p_5$ - блок НО,  $p_6$ - блок НЧ,  $p_7$ - блок ОК,  $p_8$ - блок РР,  $p_9$ - блок ИП,  $p_{10}$ - блок ЛВ.

Переходы СП:  $t_1$ - регулирование входных параметров,  $t_2$ - регистрация выходных параметров,  $t_3$ - преобразование входного сигнала из четкой формы в нечеткую,  $t_4$ - нечеткая обработка,  $t_5$ - преобразование выходного сигнала из нечеткой формы в четкую,  $t_6$ - формирование соответствующего управляющего воздействия для входного параметра,  $t_7$ - изменение профиля ФП входных термов ЛгП,  $t_8$ - изменение профиля ФП выходных термов ЛгП,  $t_9$ - изменение решающих правил,  $t_{10}$ - независимое наблюдение за работой

системы,  $t_{11}$ – определение целевых характеристик функционирования системы,  $t_{12}$ – накопление опыта для каждого варианта ИИ,  $t_{13}$ – отбор лучших вариантов изменений параметров,  $t_{14}$ – установка наилучших изменений параметров.

**Анализ модели эволюционного нечеткого регулятора на основе симуляции в системе CPN TOOLS.**

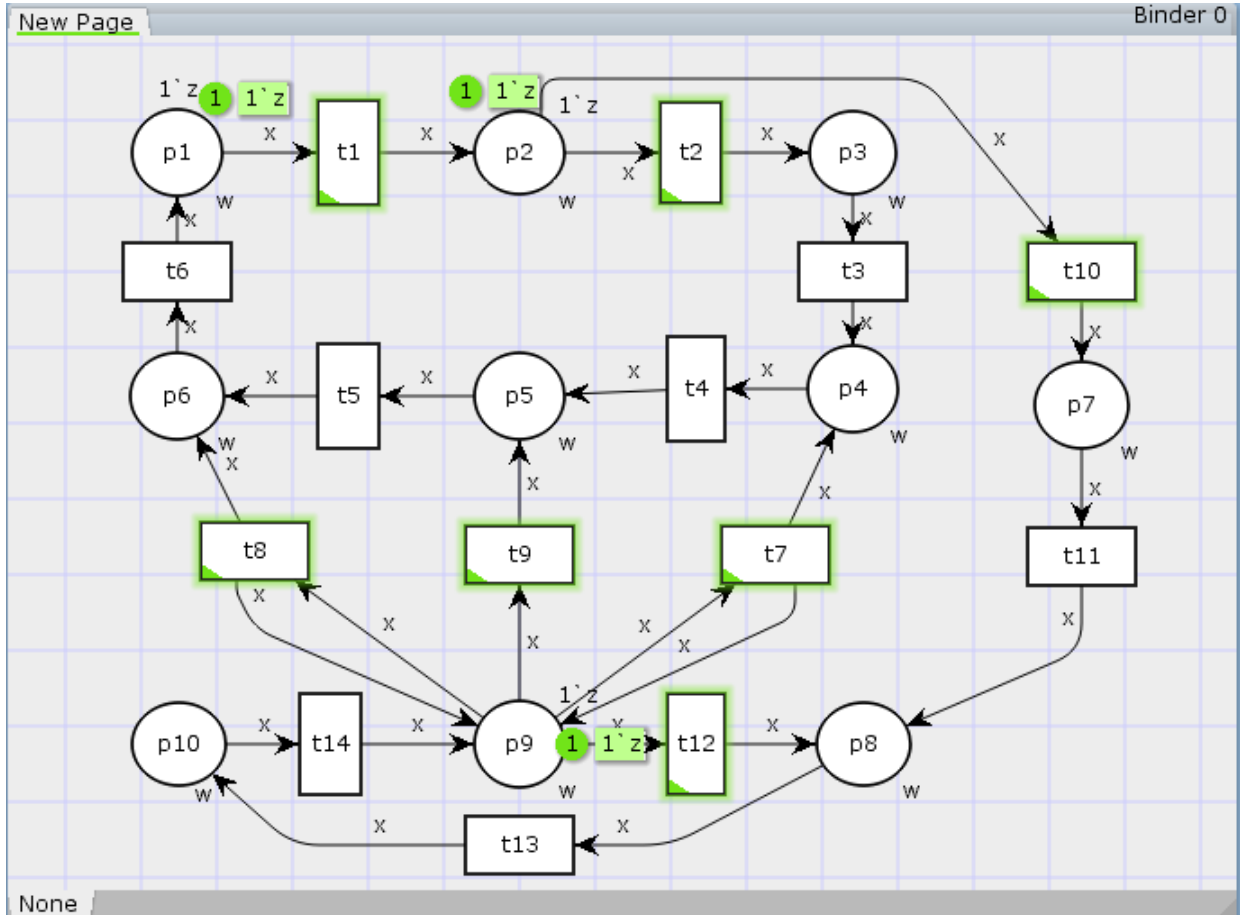


Рис.1. Граф-модель эволюционного нечеткого регулятора на CPN Tools.

$P=\{p_1, p_2, \dots, p_{10}\}$  и переходами  $T=\{t_1, t_2, \dots, t_{14}\}$ . Функции входной и выходной инцидентности представляются соответственно матрицами F и H:

$$F = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$H = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Начальная маркировка  $\mu_0$  представляется вектором:

$$\mu_0 = (1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0).$$

Разработанная модель на СП обеспечивает наглядность, концептуальную прозрачность и удобство отладки, что первоначально важно при проведении исследований применительно к эволюционному нечеткому регулятору. Во время симуляции графа при каждом срабатывании переходов происходят изменения маркировки графа. Маркировка определяет общее состояние системы. Дерево достижимых маркировок дает возможности анализа системы.

В результате симуляции последовательность запусков срабатываемых переходов имеет вид:  $t_1, t_2, t_3, t_{10}, t_{11}, t_{13}, t_{12}, t_{14}, t_4, t_5, t_6, t_7, t_4, t_5, t_6, t_1, t_1, t_2, t_3, t_{10}, t_{11}, t_{13}, t_{14}, t_4, t_5, t_6, t_9, t_5, t_6, t_6, t_1, t_2, t_3, t_{10}, t_{11}, t_{13}, t_{14}, t_4, t_5, t_6, t_8, t_6, t_1$ . По кортежу выполняемых переходов данная СП не имеет тупиков, так как все переходы были запущены. Задача достижимости для данной СП тоже решена, после 43 шага все переходы выполняются, и СП приводится в начальное состояние. Сеть периодична и все маркировки достижимы.

**Заключение.** Перспективной областью применения ЛП алгоритмов применительно к системам с нечетким регулированием и эволюционной адаптацией могут стать распределенные сетевые экспертные системы с децентрализованным обновлением. Диапазон их использования в условиях быстро изменяющегося информационного пространства может стать задачей обслуживания массового пользователя. Последние могут быть оптимизированы методами эволюционной адаптации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976.
2. Белоглазов Д.А., Евтушенко В.Ю. Автоматизация синтеза регуляторов с применением генетических алгоритмов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014, 5(154), с.24-29.
3. Бураков М.Б., Коновалов А.С., Яковец О.Б. Эволюционный синтез нечетких регуляторов // Информационно-управляющие системы, №6, СПб.: 2015, с.28-33.
4. Желтов П.В. Лингвистический процессор в системах искусственного интеллекта: Конспект лекций. Чебоксары: Чуваш. ун-т, 2004, 80 с.
5. Котов В.Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984, 160 с.
6. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984, 264 с.

7. Михаль О.Ф., Руденко О.Г. Принципы организации систем нечеткого регулирования на однородных локально-параллельных алгоритмах // Управляющие системы и машины, 2001, № 3, с.3-10.
8. Гусейнзаде Ш.С., Дадашова И.Б. Моделирование адаптивных эволюционных нечетких систем регулирования с применением сетей Петри. Актуальные проблемы математики и смежные вопросы / Материалы международной научной конференции «Мухтаровские чтения», Махачкала: 2014, с.36-40.

**XÜLASƏ**  
**QEYRİ-SƏLİS TƏKAMÜL TƏNZİMLƏYİCİSİNİN MODELİNİN**  
**CPN TOOLS-DA İŞLƏNMƏSİ VƏ ANALİZİ**

*Hüseynzadə Ş.S., Qurbanova S.İ.*

*Açar sözlər: qeyri-səlis tənzimləyici, təkamül alqoritmləri, Petri şəbəkələri, başlanğıc markerləşmə, modelin analizi, keçidlərin yerinə yetirilməsi korteji, mənsubluq funksiyaları, linqvistik dəyişənlər.*

Məqalədə qeyri-səlis təkamül tənzimləyicinin Petri şəbəkəsinin tətbiqi ilə modelləşdirilməsi və tədqiqi məsələsinə baxılmışdır. Təkamül alqoritmı əsasında tənzimləyicinin paralel və asinxron fəaliyyəti Petri şəbəkələrinin tətbiqi ilə təsvir edilmiş, CPN tools sistemində qeyri-səlis adaptiv təkamül tənzimləyicisinin modeli işlənmişdir. Modelin imitasiyasının nəticələri əsasında modelin analizi aparılmışdır.

**SUMMARY**  
**DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF MODEL OF FUZZY EVOLUTIONARY**  
**REGULATOR BY USE OF CPN TOOLS**

*Huseynzade Sh.S., Gurbanova S.I.*

*Key words: fuzzy controller, evolutionary algorithms, Petri nets, initial marking, model analysis, triggered transitions, membership functions, linguistic variables.*

In the article, prospects of algorithmic realization of adaptive evolutionary fuzzy control system are considered. The principles of organization are described and algorithms of the evolutionary part of the system are proposed. A modeled structure of the evolutionary fuzzy controller is developed on Petri nets. Based on the simulation results, a CPN TOOLS analysis is performed.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	07.02.2018
	Son variant	28.09.2018

UOT 004.7

## YENİ NƏSİL ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ İNFORMASIYA AXINLARININ STATİSTİK XARAKTERİSTİKALARI VƏ ONLARIN XİDMƏT PROSESLƏRİNİN RİYAZİ MODELƏRİ

<sup>1</sup>MƏMMƏDOV FAMIL HÜSEYN oğlu,

<sup>2</sup>QARAYEV NİCAT ÇİNGİZ oğlu

*Azərbaycan Texniki Universiteti, 1- t.e.d., professor, 2- dissertant*

[famil\\_mammadov@mail.ru](mailto:famil_mammadov@mail.ru), [nijatgv@gmail.com](mailto:nijatgv@gmail.com)

*Açar sözlər:* yeni nəsil şəbəkələri, statistik xarakteristika, puasson axını, yaradıcı funksiya, yaradıcı funksiyanın orta qiyməti, giriş məlumat axınları, təsadüfi zaman intervalları, riyazi gözləmə, dispersiya, hipotez, eksponensial paylanma.

**Məsələnin qoyuluşu.** Yeni nəsil şəbəkələrində (NGN) müxtəlif növ informasiya xidmətinin ehtimal proseslərini tədqiq etmək üçün, onların giriş məlumat axınlarının xarakterini bilmək lazımdır. Bu informasiyaların paylanma qanunlarını və onların düşmə anlarını, eləcə də şəbəkə üzrə keçməsi vaxtlarını qiymətləndirməyə imkan verir. Giriş kordinatları təsadüfi olan NGN şəbəkələri mürəkkəb bir sistem olduğu üçün onların daxili strukturunu və onlarda xidmət proseslərinin parametrlərinin dəyişməsinə öyrənmək vacibdir.

Xidmət proseslərinin tədqiq olunmasının əsas məsələlərindən biri NGN şəbəkələrinin müxtəlif abonentlərindən (telefoniya, video, verilənlər) düşən giriş məlumat axınlarının xarakterini təyin etməkdir. Giriş məlumat axınlarının xarakterini bilmək, onların xidmət proseslərinin ehtimal xarakteristikalarını təyin etməyə imkan verir.

Bunlarla əlaqədar olaraq, eksperimental ölçmələr əsasında NGN şəbəkəsinə düşən giriş məlumat axınlarının xarakteri təyin olunur. Bu məqsədlə Bakı şəhərinin rabitə qovşaqlarının birində NGN şəbəkəsinin bir istiqamətdə olan iki ATS arasında ən böyük yük saatında giriş məlumat axınları üzərində müşahidələr aparılmışdır. Müşahidələrin gedişində məlum olmuşdur ki, informasiyaların düşməsi intensivliyi bir saat ərzində praktiki olaraq dəyişməmişdir və eyni zamanda aşağıdakı şərtlərin yerinə yetirilməsi müşahidə olunmuşdur:

1. Şəbəkənin girişinə düşən məlumatlar biri-birindən asılı olmayaraq düşür;
2. İstənilən  $(0, t)$  zaman intervalında şəbəkənin girişinə  $\lambda$  intensivliyi ilə düşən məlumatların düşmə ehtimalı yalnız bu intervalın uzunluğundan asılıdır və onun  $t_0$  başlanğıc anından asılı deyil, bu da vahid zamanda şəbəkənin girişinə düşən məlumatların orta sayından danışmağa imkan verir;
3. İstənilən zaman anında şəbəkənin girişinə yalnız bir məlumat düşür, eyni zamanda iki və daha artıq məlumatların düşmə ehtimalı əhəmiyyətsiz dərəcədə kiçikdir.

Bu şərtlərin yerinə yetirilməsi NGN şəbəkələrinin giriş məlumat axınlarının Puasson axınına yaxın olması haqda hipotez irəli sürməyə imkan verir. Puasson axını zamanı şəbəkənin girişinə  $(0, t)$  intervalında  $R$  sayda məlumatların düşməsi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur [1]:

$$P_R(t) = ((\lambda t)^R / R!) e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

burada  $\lambda$  - giriş məlumatlar axınının orta intensivliyidir, yəni vahid zamanda şəbəkənin girişinə düşən məlumatların orta sayıdır,  $e$  - iki ardıcıl məlumatların arasında təsadüfi zaman intervalının eksponensial qanunla paylanmasını göstərir.

Puasson axını üçün məlumatların düşmə anları arasındakı zaman intervallarının paylanma funksiyalarının sıxlığı aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur [1]:

$$a(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Axıncı (2) ifadəsi NGN şəbəkəsinin girişinə məlumatların düşmə anları arasındakı zaman intervallarının eksponensial qanunla dəyişməsinə göstərir.

Puasson axınının xarakteristik xüsusiyyətlərindən biri məlumatların düşmə anları arasındakı təsadüfi zaman intervallarının  $\eta$  riyazi gözləməsinin, onun dispersiyasına bərabər olmasıdır [2], yəni:

$$m_\eta = D_\eta = 1/\lambda \quad (3)$$

Qəbul olunmuş hipotezi yoxlamaq üçün şəbəkədə aparılan müşahidələri  $\alpha$  sayda intervallara bölünür və bu intervalların sayı aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur [2]:

$$\alpha \leq 5 \log N, \quad (4)$$

burada  $N$ - şəbəkədə məlumat axınlarının gedişində aparılan müşahidələrin sayıdır.

Əgər hər hansı bir  $i$  intervalında müşahidələrin sayını  $m_i$  ilə işarə etsək, bu intervala uyğun olan tezliyi aşağıdakı ifadə ilə tapmaq olar:

$$p_i^* = m_i/N \quad (5)$$

Təbiidir ki, bütün intervallar üçün tezliklərin cəmi vahidə bərabər olmalıdır, yəni:

$$\sum_{i=1}^{\alpha} p_i^* = 1. \quad (6)$$

İndi də NGN şəbəkəsi üçün giriş məlumatının xarakterini təyin edək. Giriş məlumatının statistik ölçmələrinin nəticəsi cədvəl 1-də göstərilib. Statistik paylanma sırası ayrı-ayrı düzbucaqlardan ibarət olan histqram şəklində təsvir edilib. Bu düzbucaqların əsası ədədə intervalların eninə, hündürlüyü isə onların  $p_i^*$  tezliyinə bərabərdir. Bu halda hər bir intervalın uzunluğu vahidə bərabərdir, onda düzbucaqların hündürlüyü onların uyğun tezliklərinə proporsional olur. Buna görə düzbucaqların sahəsi ədədi olaraq uyğun intervalların tezliyinə bərabər olacaq.

Cədvəl 1-ə uyğun olaraq qurulmuş histqram şəkil 1-də göstərilib. Histqramın tam sahəsi vahidə bərabərdir. NGN şəbəkələrinin girişinə düşən məlumat axınının Puasson axını olması haqqında olan hipotezi yoxlamaq üçün təsadüfi  $\eta$  intervalının riyazi gözləmə və dispersiya kimi statistik xarakteristikalarını təyin edək.

Təsadüfi  $\eta$  kəmiyyətinin riyazi gözləməsi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur [2]:

$$m_\eta^* = \sum_{i=1}^{\alpha} x_i p_i^*, \quad (7)$$

statistik dispersiya isə bərabərdir:

$$D_\eta^* = \sum_{i=1}^{\alpha} (x_i - m_\eta^*)^2 p_i^* \quad (8)$$

*Cədvəl 1.*

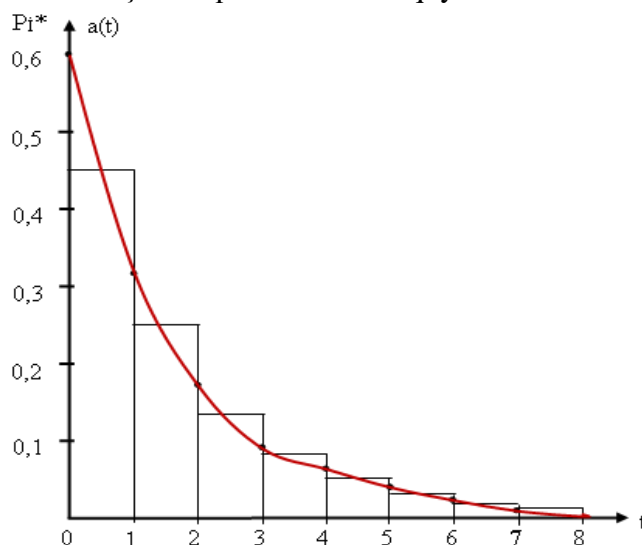
Məlumatlar arasındakı intervalın uzunluğu	$\Delta t_i$ intervalı üçün tezlik	Tezlik	Nəzəri ehtimal	Nəzəri paylanmanın statistik paylanma ilə uyğunluğu
$\Delta t_i (d\alpha q)$	$m_i$	$p_i^*$	$p_i$	$\chi^2$
0 ÷ 1,0	226	0,478	0,451	0,7646
1,0 ÷ 2,0	113	0,239	0,247	0,1230
2,0 ÷ 3,0	61	0,129	0,137	0,2210
3,0 ÷ 4,0	34	0,072	0,074	0,0256
4,0 ÷ 5,0	18	0,038	0,041	0,1038
5,0 ÷ 6,0	13	0,028	0,023	0,5141
6,0 ÷ 7,0	5	0,011	0,012	0,0390
7,0 ÷ 8,0	3	0,006	0,0068	0,0445
	$\sum m_i=473$	$\sum p_i^*=1,000$	$\sum p_i=1,000$	$\sum \chi^2=1,8353$

Riyazi gözləmənin və dispersiyanın hesablamalarının nəticələri göstərir ki, təsadüfi  $\eta$  kəmiyyətinin göstəriciləri biri-birindən çox az fərqlənir. Bu da NGN şəbəkələrinin giriş məlumat axınlarının Puasson qanunu ilə paylanması haqqında hipotezin təsdiqini göstərir. Real məlumat



axınlarının statistik qiymətləndirilməsi üçün təsadüfi  $\eta$  kəmiyyətinin eksponensial qanuna tabe olması haqqında qəbul olunmuş hipotezdən istifadə edək.

Ölçmələrin ilkin emalından alınan nəticələrdən istifadə edərək, (2) ifadəsi əsasında nəzəri əyri qurulub və o şəkil 1-də verilmiş histografin üzərinə qoyulub.



**Şəkil 1.** Yeni nəsil şəbəkələrində səs xidməti nümunəsində müxtəlif növ məlumatların düşmə tezliklərinin paylanması

Təsadüfi  $\eta$  kəmiyyətinin paylanma qanununun eksponensial qanuna tabe olması haqqında olan hipotezi təsdiq etmək üçün nəzəri və statistik paylanmaların uyğunluğunu yoxlayaq. Yoxlamamı  $\chi^2$  kriteriyası üzrə apararaq:

$$\chi^2 = N \sum_{i=1}^{\infty} ((p_i^* - p_i)^2) / p_i \quad (9)$$

burada  $p_i$ - təsadüfi kəmiyyətin  $\Delta t_i$  intervalına düşməsinin nəzəri ehtimalıdır.

Eksponensial paylanma qanunu üçün bu ehtimal aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$p_i = \int_{\Delta t_i}^{\Delta t_{i+1}} a(t) dt, \quad (10)$$

burada  $\Delta t_i$  və  $\Delta t_{i+1}$  - uyğun olaraq intervalın aşağı və yuxarı sərhədləridir.

Əgər (2) ifadəsini (10)-da nəzərə alıb həll etsək, təsadüfi kəmiyyətin  $\Delta t_i$  intervalına düşməsinin nəzəri ehtimalının hesablanması üçün son ifadəni alarıq, yəni:

$$p_i = e^{-\lambda \Delta t_i} - e^{-\lambda \Delta t_{i+1}}. \quad (11)$$

Məlumdur ki,  $\chi^2$  kəmiyyəti azad dərəcələrin  $r$  sayından asılıdır [2], hansı ki, aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$r = \varkappa - s$$

burada  $s$ - asılı olmayan şərtlərin sayıdır.

Təsadüfi  $\eta$  kəmiyyətinin eksponensial qanunla paylanma qanunu üçün yuxarıda göstərilən şərt ödənilməyindən intervallardan hər birinə təsadüfi  $\eta$  kəmiyyətinin düşmə ehtimallarının cəmi vahidə bərabərdir və onun riyazi gözləməsi dispersiyaya yaxındırsa, onda asılı olmayan şərtlərin sayı  $s=2$  olur [2].

Məlumatların düşmə anları arasında təsadüfi  $\eta$  kəmiyyətinin eksponensial qanuna tabe olması haqqında olan hipotezin yoxlanılmasının nəticələrini özündə əks etdirən 1 cədvəli üzrə  $r = 6$  qiymətində [2]-dən  $P=0,95$  qiymətini tapırıq. Alınan nəticələrin əsasında demək olar ki, tədafi  $\eta$  kəmiyyətinin paylanmasının eksponensial qanuna tabe olması haqqında hipotez öz-özünə oxşardır, yəni NGN şəbəkələrində bütün növ giriş məlumat axınları Puasson axınlarıdır.

İndi də yeni nəsil şəbəkələrinin informasiya xidməti proseslərinin riyazi modellərinin işlənməsi məsələsinə baxaq. Yeni nəsil şəbəkələri NGN müəyyən zaman göstəricilərinə malikdir, yəni bu və ya digər informasiya, onların girişinə müəyyən gecikmələrlə düşür. Bu

şəbəkələrin əsas xüsusiyyətlərindən biri ondan ibarətdir ki, informasiyalar onların girişinə təsadüfi zaman anlarında düşür. NGN şəbəkələrinin daxili strukuruları da stoxastik olduğundan, onlarda informasiya xidməti zamanı yaranan ehtimal proseslərinin tədqiq olunması vacibliyi yaranır. Ona görə də NGN şəbəkələrində informasiyaların xidmət proseslərinin riyazi modellərinin işlənməsi vacib məsələlərdən biridir. Bu şəbəkələrin girişinə düşən müxtəlif növ informasiya xidmətinə müəyyən təsadüfi uzunluqlu vaxt sərf olunur. Ümumi halda NGN şəbəkəsinin girişinə E sayda müxtəlif növ (nitq, video, verilənlər) informasiyalar düşən zaman onu M/M/1-birkanallı kütləvi xidmət sistemi kimi təsvir etmək olar [1]. Bu zaman hər bir informasiyanın xidmət vaxtının diferensial paylanma qanunu  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_E$ , onların düşmə ehtimalı isə  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_E$  olacaq. Onda bu xidmət sisteminin yaradıcı funksiyası aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$f_{NGN}(x) = \sum_{j=1}^E P_j f_j(x), \quad (12)$$

burada  $f_j(x)$ - j-ci informasiyanın xidmət prosesinin yaradıcı funksiyasıdır, x- xidmət cihazıdır,  $P_j$ -ci informasiyanın düşmə ehtimalıdır ki, onu da eksperiment vasitəsilə təyin etmək olar.

Məlumdur ki, xidmət sisteminə düşən hər bir informasiya məşğul kanala rast gəlirsə, novbəyə dayanmır və imtina olunaraq uzunluğu  $a_i$  intervalına bərabər olan sistemi tərk edir, əgər məşğul olmayan kanala rast gəlirsə, onda uzunluğu  $a_k$  - bərabər olan intervalda xidmət göstərir. Onda hər iki intervalı nəzərə alsaq, j-ci informasiyanın yaradıcı funksiyası aşağıdakı şəkli alar:

$$f_j(x) = (\sum_i P_{ij} x^{a_i}) / (1 - \sum_k P_{jk} x^{a_k}). \quad (13)$$

Bu (13) ifadəsini x dərəcəli sıra şəkilində təsvir etsək [ ], onda alarıq:

$$f_j(x) = \sum_L P_{jL} x^{a_L}. \quad (14)$$

Bu ifadədə L işarəsi onu göstərir ki, cəmləmə  $P_{jL}$  ehtimalı ilə yaranan  $a_L$  dövrü üzrə həyata keçirilir.

Axıncı (14) ifadəsində  $a_L$  kəmiyyəti təsadüfi olan  $a_i$  və  $a_k$  kəmiyyətləri ilə bağlı olduğu üçün, o da təsadüfi kəmiyyət sayılır. Bu halda informasiyanın paylanma qanununu yaxud onun ədədi xarakteristikalarını təyin etmək çətin olur. Ona görə də bu məsələni həll etmək üçün  $a_i$  və  $a_k$  kəmiyyətlərini sabit kəmiyyət hesab etməklə və onların uyğun olaraq  $m_{a_i}$  və  $m_{a_k}$  riyazi gözləmələrinə bərabər götürməklə təqribi üsuldən istifadə edəcəyik. Bu mülahizədə (14) ifadəsindəki x -in qarşısındakı əmsal j-ci informasiya üçün diferensial paylanma qanunu olacaq, yəni:

$$f_j(a_L) = P_{jL}. \quad (15)$$

Beləliklə, (12) və (14) ifadələri NGN şəbəkələrində məlumatların xidmət proseslərini təsvir edir.

(12) və (14) ifadələrinin digər təqribi həlli aşağıdakı şərtlər zamanı mümkündür:

1.  $a_i$  kəmiyyəti təsadüfi kəmiyyətdir;
2.  $a_i$  və  $a_k$  kəmiyyətləri biri-birindən asılı deyil;
3.  $a_i$  və  $a_k$  kəmiyyətləri normal qanuna yaxın olan bir qanunla paylanır.

Bu şərtləri nəzərə almaqla, NGN şəbəkələrinin yaradıcı funksiyasının orta qiymət anlayışını daxil edək, hansı ki, (12) ifadəsinə və cəmin orta qiymətinin hesablanması xüsusiyyətinə uyğun olaraq bərabər olacaq:

$$\bar{f}_{NGN}(x) = \overline{\sum_{j=1}^E P_j(x)} = \sum_{j=1}^E P_j \bar{f}_j(x). \quad (16)$$

Axıncı (16) ifadəsindən görüldüyü kimi, baxılan şəbəkələrin yaradıcı funksiyalarının orta qiymətini tapmaq üçün  $a_i$  və  $a_k$  təsadüfi kəmiyyətlərinin yaradıcı funksiyalarının orta qiymətlərini bilmək vacibdir. Bu ifadə NGN şəbəkəsində informasiyaların xidmət vaxtının paylanma qanununu təqribi olaraq tapmağa imkan verir. Məlumdur ki, bu məsələnin həll olunması  $\bar{f}_j(x)$  funksiyasını sıraya ayırmaqla, yəni şəbəkədə baş verən hər bir informasiyanın

xidmət vaxtının paylanma qanununu təyin etməklə mümkündür.  $a_i$  və  $a_k$  kəmiyyətləri normal paylanma təsadüfi kəmiyyətlər olduqları üçün, onlarla xətti olaraq əlaqəli olan  $a_L$  kəmiyyəti də  $m_{a_L}$  riyazi gözləmə və  $\sigma_{a_L}^2$  dispersiyası ilə normal qanunla paylanan təsadüfi kəmiyyət olacaq.

İndi də (14) ifadəsinin orta qiymətini hesablayaq. Onda alarıq:

$$\bar{f}_j(x) = M \{ \sum_L P_{jL} x^{a_L} \} = \sum_L P_{jL} M \{ x^{a_L} \}. \quad (17)$$

burada  $M \{ x^{a_L} \}$ - aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$M \{ x^{a_L} \} = \int_{-\infty}^{\infty} x^{a_L} f(a_L) da_L, \quad (18)$$

burada  $f(a_L)$ -  $a_L$  təsadüfi kəmiyyətinin diferensial paylanma qanunudur.

Axırıncı (18) ifadəsinin sağ hissəsini  $a_L$  kəmiyyətinin aşağıdakı normal qanunla paylanmasını nəzərə alsaq:

$$\varphi(a_L) = (1/\sqrt{2\pi} * \sigma_{a_L}) e^{(-1/2)((a_L - m_{a_L})/\sigma_{a_L})^2} \quad (19)$$

Onda alarıq:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * \sigma_{a_L}^2 \right) e^{(-1/2)((a_L - m_{a_L})/\sigma_{a_L})^2} x^{a_L} da_L = (1/\sqrt{2\pi} * \sigma_{a_L}^2) \int_{-\infty}^{\infty} e^{(-1/2)((a_L - m_{a_L})/\sigma_{a_L})^2 + a_L \ln x} da_L \quad (20)$$

Burada  $x^{a_L} = e^{a_L \ln x}$ .

Axırıncı ifadənin sağ hissəsindəki inteqralı həll etmək üçün aşağıdakı çevirmələri həyata keçirək:

$$-(a_L - m_{a_L})^2 / 2\sigma_{a_L}^2 + a_L \ln x = -(a_L^2 - 2a_L m_{a_L} + m_{a_L}^2) / 2\sigma_{a_L}^2 + a_L \ln x = -1/2 \sigma_{a_L}^2 + (2a_L(m_{a_L} + \sigma_{a_L}^2 \ln x)) / 2\sigma_{a_L}^2 - m_{a_L}^2 / 2\sigma_{a_L}^2.$$

Əgər axırıncı ifadəyə aşağıdakıları əlavə etsək :

$$(\sigma_{a_L}^2 \ln x m_{a_L}) / \sigma_{a_L}^2 \text{ və } (\sigma_{a_L}^4 \ln^2 x) / 2\sigma_{a_L}^2$$

və ondan bu kəsləri çıxsaq, onda bir neçə çevirmələrdən sonra aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$-(a_L - m_{a_L})^2 / 2\sigma_{a_L}^2 + a_L \ln x = - [ -(m_{a_L} + \sigma_{a_L}^2 \ln x) + a_L ]^2 / 2\sigma_{a_L}^2 + \ln x m_{a_L} + (\sigma_{a_L}^2 * \ln^2 x) / 2.$$

Alınan qiymətləri (20) ifadəsində yerinə yazıb həll etsək, aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * \sigma_{a_L}^2 \right) * e^{(-1/2)(a_L - m_{a_L})^2 / \sigma_{a_L}^2} * x^{a_L} da_L = (1/\sqrt{2\pi} * \sigma_{a_L}^2) * x^{(2m_{a_L} + \sigma_{a_L}^2 \ln x) / 2} * \int_{-\infty}^{\infty} e^{-y^2 / 2\sigma_{a_L}^2} dy = x^{(2m_{a_L} + \sigma_{a_L}^2 \ln x) / 2}.$$

İnteqralın həllindən alınan qiymətləri və (18) ifadəsini (17) ifadəsində nəzərə alıb həll etsək, təsadüfi  $a_L$  kəmiyyətinin normal qanunla paylanması N şəbəkələrində j-ci informasiyanın yaradıcı funksiyasının orta qiymətinin hesablanması üçün son ifadəni alarıq:

$$\bar{f}_j(x) = \sum_j P_{jL} * x^{(2m_{a_L} + \sigma_{a_L}^2 \ln x) / 2}. \quad (21)$$

İndi də NGN şəbəkəsində informasiyaların xidmət intervallarının yaranma ehtimallarının  $P_{jL}$ -ə, intervalların özlərinin isə təsadüfi  $a_L$  intervallarının riyazi gözləməsinə bərabər olmasını göstərək. Bu məqsədlə (21) ifadəsini sıra şəklində yazmaq [3]:

$$\bar{f}_j(x) = \sum_L P_{jL} x^{m_{a_L}} \exp \{ \sigma_{a_L}^2 \ln^2 x / 2 \} = \sum_L P_{jL} x^{m_{a_L}} \sum_l (\sigma_{a_L}^{2l} / 4^l l!) \ln^{2l} x = \sum_L P_{jL} x^{m_{a_L}} \sum_{l=0}^{\infty} (\sigma_{a_L}^{2l} / 4^l l!) [ \sum_{l=0}^{\infty} ((-1)^l (x-1)^{l/l}) ]^{2l}. \quad (22)$$

Axırıncı (22) ifadəsində  $l$  üzrə daxili cəm vahidə bərabər olduğu üçün NGN şəbəkəsində informasiyaların xidmət intervallarının yaranma ehtimalı  $\sigma_{a_L}$ -dən asılı olmayaraq  $P_{jL}$  olacaq.  $P_j(x=1) = 1$  şərtində  $P_{jL}$  NGN şəbəkələrində informasiyaların xidmət intervallarının diferensial paylanma qanunu olacaq. Lakin  $x = 1$  olan zaman  $l$  üzrə daxili cəm (22) ifadəsində vahidə bərabər olacaq, buna görə də paylanma qanunu  $P_{jL}$  olan xidmət intervallarının tək qiyməti  $m_{a_L}$  riyazi gözləmə olacaq.

Beləliklə, (14) ifadəsində  $a_L$  kəmiyyətinin, özünün  $m_{a_L}$  riyazi gözləməsi ilə əvəz olunması zamanı məsələlərin həllinin hər iki üsulu eyni bir xidmət modelinə gətirib çıxarır.

İndi də təsadüfi  $a_L$  kəmiyyətinin diferensial qanununun normal qanundan fərqli olması zamanı yaradıcı funksiyanın daxil edilmiş orta qiymətinin alınmış nəticəyə gətirib çıxarmaması halına baxaq. Bu məqsədlə (18) ifadəsində olan inteqralı  $a_L$  kəmiyyətinin aşağıdakı normal qanundan fərqli olan qanunla paylanmasını nəzərə alıb həll edək:

$$f_X(x) = (1/\sigma_X^2) [\varphi(X_0) - (1/3^1) \gamma_{1X} \varphi^{(3)}(X_0) + (1/4^1) \gamma_{2X} \varphi^{(4)}(X_0)].$$

$$\varphi(X_0) = (1/\sqrt{2\pi}) e^{X_0^2}, \quad X_0 = (x - m_1^*(X)) / \sigma^*(X)$$

Onda alarıq:

$$\begin{aligned} I = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma_{a_L}} & [\varphi((a_L - m_{a_L})/\sigma_{a_L}) + (1/3^1) \gamma_{1a_L} \varphi^{(3)}((a_L - m_{a_L})/\sigma_{a_L}) + (1/4^1)^* \\ & * \gamma_{2a_L} \varphi^{(4)}((a_L - m_{a_L})/\sigma_{a_L})] da_L = (1/\sigma_{a_L}) [(1/ \\ & \sqrt{2\pi})^* \int_{-\infty}^{\infty} e^{-(a_L - m_{a_L})^2 / 2\sigma_{a_L}^2 + a_L \ln x} da_L] + (1/3^1) \gamma_{a_L} * \\ & * (\sqrt{2\pi}/2\pi\sigma_{a_L}^4) \int_{-\infty}^{\infty} (a_L - m_{a_L})^2 e^{-(a_L - m_{a_L})^2 / 2\sigma_{a_L}^2 + \ln x} da_L + (1/3^1) \gamma_{1a_L} (1/\sigma_{a_L}^6 \sqrt{2\pi}) \int_{-\infty}^{\infty} (a_L - m_{a_L})^3 * \\ & * e^{-((a_L - m_{a_L})^2 / 2\sigma_{a_L}^2) + a_L \ln x} da_L - (1/4^1) \gamma_{2a_L} (\sqrt{2\pi}/2\pi\sigma_{a_L}^4) \int_{-\infty}^{\infty} e^{-(a_L - m_{a_L})^2 / 2\sigma_{a_L}^2 + \ln x} * da_L + \\ & + (4/4^1) \gamma_{2a_L} (\sqrt{2\pi}/2\pi\sigma_{a_L}^6) \int_{-\infty}^{\infty} (a_L - m_{a_L})^2 e^{-(a_L - m_{a_L})^2 / 2\sigma_{a_L}^2 + \ln x} da_L - \\ & (1/4^1) \gamma_{2a_L} (1/2\pi\sigma_{a_L}^8) * \int_{-\infty}^{\infty} (a_L - m_{a_L})^4 e^{-(a_L - m_{a_L})^2 / 2\sigma_{a_L}^2 + a_L \ln x} da_L. \quad (23) \end{aligned}$$

Axırıncı ifadədə birinci inteqralı yuxarıda göstərilən metodika ilə, yerdə qalan digər inteqralları isə  $y = a_L - m_{a_L} - \sigma_{a_L}^2$  şərtini nəzərə almaqla həll edəcəyik.

Bu şərtədən  $a_L$  kəmiyyətini tapıb onu (23) ifadəsində nəzərə almaqla hər bir inteqralı həll etsək, onda aşağıdakı şəkildə son ifadəni alarıq:

$$I = \Omega_{a_L} x^{(2m_{a_L} + \sigma_{a_L}^2 \ln x)/2} \quad (24)$$

Burada

$$\Omega_{a_L} = [2 * 4^1 * \sigma_{a_L}^4 \{ 3^1 \sigma_{a_L}^2 + \ln x [1 + \sigma_{a_L}^2 (\ln^2 x + 3) \gamma_{1a_L}] \} + \{ 2 * 3^1 \sigma_{a_L}^2 [1 + 4(\sigma_{a_L}^2 + 1) + \sigma_{a_L}^2 \ln^2 x (6 + \sigma_{a_L}^2 \ln^2 x)] + 3 \} / (2 * 3^1 * 4^1 * \sigma_{a_L}^6)]$$

Axırıncı (24) ifadəsini (17) –də nəzərə alsaq, aşağıdakı son ifadəni alarıq:

$$\bar{f}_j(x) = \sum_L^{\infty} P_{jL} * \Omega_{a_L} x^{(2m_{a_L} + \sigma_{a_L}^2 \ln x)/2} \quad (25)$$

Axırıncı ifadədən görünür ki, NGN şəbəkələrində informasiyaların xidmət intervallarının paylanma qanunu normal qanundan fərqlənən zaman onların yaradıcı funksiyanının orta qiyməti  $\Omega_{a_L}$  kəmiyyətindən, yəni yüksək dərəcəli paylanma anlarından asılıdır. Beləliklə, NGN şəbəkələrində informasiyaların xidmət proseslərinin tədqiqi zamanı sabit uzunluqlu xidmət intervallı modellərdən istifadə olunması daha əlverişlidir.

### **Nəticə**

1. Yeni nəsillə şəbəkəsinin giriş axınlarının xarakterinin təyin olunması üçün onun üzərində eksperimental ölçmələr aparılmış, bu ölçmələr ərzində Puasson axınına xas olan ordinarlıq, stasionarlıq və hərəkətdən sonrakı kimi üç əsas şərtlərin yerinə yetirilməsi müşahidə olunmuşdur. Şəbəkənin girişinə düşən məlumat axınlarının paylanma funksiyası təyin olunmuş, onun əsasında düzbucaqlar şəklində histogram qurularaq, baxılan şəbəkənin girişinə düşən məlumat axınlarının Puasson axını olması haqqında hipotez qəbul olunmuşdur.

2. NGN şəbəkələrinin girişinə düşən məlumat axınlarının Puasson axını olması haqqında olan hipotezi yoxlamaq üçün təsadüfi düşmə intervallarının riyazi gözləməsi və dispersiyasının hesablanması aparılmışdır. Riyazi gözləmənin və dispersiyanın qiymətlərinin biri-birindən çox az fərqlənməsi sayəsində NGN şəbəkələrinin giriş məlumat axınlarının Puasson qanunu ilə paylanması haqda qəbul olunmuş hipotezin təsdiq olunması göstərilmişdir.

3. Məlumatların yeni nəsillə şəbəkəsinin girişinə düşmə anları arasındakı təsadüfi zaman intervallarının eksponensial qanunla paylanması haqqında hipotez qəbul olunmuşdur. Bu hipotezin təsdiq olunması üçün ölçmələrin ilkin emalından alınan nəticələrdən istifadə edərək

nəzəri əyri qurularaq histqramın üzərinə qoyulmuşdur. Xi kvadratından istifadə etməklə nəzəri və statistik paylanmaların uyğunluq ehtimalının  $P=0,95$ -ə bərabər olması göstərilmişdir.

4. Yeni nəsil şəbəkəsinin girişinə düşən məlumat axınlarının Puasson axını olması və məlumatlararası təsadüfi zaman intervallarının eksponensial qanuna tabe olması haqqında qəbul olunmuş hipotezlərin öz-özünə oxşar olması, yəni NGN şəbəkəsinin girişinə düşən məlumat axınlarının Puasson qanununa tabe olması göstərilmişdir.

5. Yeni nəsil şəbəkələrində informasiyaların xidmət proseslərinin riyazi modellərinin işlənməsi məsələsinə baxılmışdır. Bu məqsədlə yeni nəsil şəbəkəsi birkanallı xidmət sistemi kimi təsvir edilərək onun yaradıcı funksiyası təyin edilmişdir. Bununla bərabər, şəbəkənin girişinə düşən məlumatların imtina və xidmət intervallarının uzunluqlarını və onların normal qanuna yaxın bir qanunla, eləcə də onların normal və normal qanundan fərqli bir qanunla paylanmasını nəzərə almaqla, NGN şəbəkələrinin uyğun olaraq yaradıcı funksiyalarının orta qiymətləri tapılmışdır.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. Ложковский А.Г. Теория массового обслуживания в телекоммуникациях: учебник. Одесса: ОНАС им. А.С.Попова, 2012, 112 с.
2. Колемаев В.А., Калинина В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник. М.: КноРус, 2013, 376 с.
3. Краснов М.Л., Киселев А.И., Г.И. Макаренко и др. Вся высшая математика. т.5. Теория вероятностей. Математическая статистика. Теория игр: Учебник. М.: ЛКИ, 2013, 296 с.

### **РЕЗЮМЕ**

#### **СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКОВ ИНФОРМАЦИИ В СЕТЯХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ИХ ОБСЛУЖИВАНИЯ**

*Мамедов Ф.Г., Гараев Н.Ч.*

**Ключевые слова:** *сети нового поколения, статистическая характеристика, пуассоновский поток, производящая функция, среднее значение производящей функции, входящий поток сообщения, случайный интервал времени, математическое ожидание, дисперсия, гипотеза, экспоненциальное распределение.*

Рассматриваются вероятностные процессы обслуживания различных видов информации (речь, видео, передача данных). С этой целью для определения статических характеристик и характера входящих потоков проведены экспериментальные исследования в сетях нового поколения. На основе экспериментальных исследований определены статистические характеристики и показана истинность информации, поступающая на входы, а также подчинения их пуассоновскому закону. Наряду с этим, уделено внимание также разработке математических моделей процессов обслуживания в сетях нового поколения. Для этого сети нового поколения представлены в виде одноканальной системы массового обслуживания, по которой определены производящие функции данных сетей. Кроме того, учитывая длительности интервалов отказа и обслуживания, а также распределения их по законам близким к нормальному, нормальному и отличающемуся от нормального, определены соответствующие средние значения производящих функций сетей нового поколения.

**SUMMARY**  
**STATISTICAL CHARACTERISTICS OF INFORMATION MOVEMENTS IN NEW  
GENERATION NETWORKS AND MATHEMATICAL MODELS OF THEIR SERVICE  
PROCESSES**

*Mammadov F.H., Garayev N.Ch.*

**Key words:** *new generation networks, statistical characterization, poisson flow, creative function, average value of creative function, input data streams, random time intervals, mathematical waiting, dispersion, hypothesis, exponential distribution.*

Probable processes for the provision of new types of information (voice, video, data) on new generation networks (NGN) were considered. For this purpose, experimental studies have been conducted to determine the nature of the new generation networks and the characteristics of the input streams. Based on experimental studies, the statistical characteristics of the new generation networks have been identified and shown the self-similarity of the information falling on them and their compliance with the law of the poisson. At the same time, attention was paid to the development of mathematical models of information service processes on new generation networks. For this purpose, new generation networks have been described as a one-channel public service system and their creative function has been designated. In addition, the average NGN networks' creative functions have been found to be based on the rejection of the information entering the network and the length of the service intervals, as they are distributed by a law other than normal law, normal and close to normal law.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	03.04.2018
	Son variant	28.09.2018

UOT 612.

## ÇEVİK İSTEHSALAT MÜƏSSİSƏSİNİN İDARƏETMƏ SİSTEMİNİN VERİCİLƏRİNİN SEÇİLMƏSİ VƏ MODELLEŞDİRİLMƏSİ ALQORİTMİ

MƏMMƏDOVA ŞƏFAQƏT TELMAN qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, baş metodist

[shafa0977@gmail.com](mailto:shafa0977@gmail.com)

*Açar sözlər:* idarəetmə sistemi, çevik istehsalat, elektromaqnit verici, idarəetmə alqoritm.

*Məqalədə çevik istehsalat sisteminin idarəetmə elementlərinin seçilməsi alqoritmünün işlənməsi və idarəetmə alqoritmünün yaradılmasından bəhs edilir. Çevik istehsalat sisteminin idarəetmə elementi kimi elektromaqnit vericinin seçilməsi alqoritmü təklif edilir. ÇİS-ə daxil olan texnoloji avadanlıqlar, sənaye robotları və manipulyatorların əməliyyatlarından asılı olaraq və seçilən idarəetmə elementləri əsasında çevik istehsalat modulunun idarəetmə alqoritmü işlənmişdir.*

İnkişaf edən ölkələrin iqtisadi yüksəlişini təmin edən amillərdən biri güclü sənayenin olması, müasir informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının və innovativ layihələndirmə prinsiplərinin tətbiq edilməsidir. Maşınqayırma, metallurgiya və digər sənaye sahələrinin səmərəli və məhsuldar işlərini həyata keçirən istehsalat müəssisələri çevik istehsalat sistemləridir (ÇİS). Bu növ istehsalat müəssisələrinin fərqləndirici cəhətlərindən biri onların çevik prinsiplərlə işləyən idarəetmə proqramının istifadə edilməsi, müxtəlif keçidli məhsulların bir müəssisədə texnoloji prosesi dayandırmadan istehsal edilməsi, tətbiq olunan texnoloji avadanlıqların, sənaye robotlarının, çox funksional və istehsal növünə uyğun olan idarəetmə sistemlərinin və onun elementlərinin olmasıdır. ÇİS-in avtomatlaşdırma funksiyalarının yüksək etibarlılığının, məhsuldarlığının təmin edilməsi məqsədi ilə idarəetmə sisteminin əsas elementlərinin düzgün seçilməsi və idarəetmə alqoritmünün və proqramının işlənməsi vacib elmi-tədqiqat məsələlərindən biri hesab olunur [1]. Bununla əlaqədar olaraq, məqalədə baxılan məsələ ÇİS-in idarəetmə elementlərinin seçilməsi alqoritmünün işlənməsi və idarəetmə alqoritmünün yaradılmasına həsr edilir.

ÇİS-in funksional vəzifələrindən və həll olunan problemlərin xarakterindən asılı olaraq, məlumat sistemləri şərti olaraq daxili (vericilər və sonlu avtomatlar) və xarici (icra mexanizmləri) məlumat altsistemlərinə bölünür. Vericilər ÇİS-ə daxil olan aktiv elementlərinin hər an hərəkət edən hissələrinin faktiki vəziyyətlərinin qeydiyyatını, tələb olunan yerdəyişmə parametrlərinin mövqeləşdirilməsini, xüsusi modullarda temperatur, rütubətlik, təzyiq və digər istehsal parametrlərinin ölçülməsini təmin edir [2].

ÇİS-in əsas aktiv elementləri hesab olunan sənaye robotlarında, manipulyatorlarda vericiləri seçmək üçün bu elementlərin mövqeləşdirmə xətası və sərbəstlik dərəcəsi kimi parametrlər əsas götürülür. Əgər texnoloji avadanlıqlara xidmət edən sənaye robotunun sərbəstlik dərəcəsi  $S_d = 3$  olarsa, onda sənaye robotlarının cədvəl tipli verilənlər bazasından «Brig-10» tipli sənaye robotu seçilir (cədvəl 1). Sənaye robotunun qolunun xətti, bucaq yerdəyişmələrinin və sənaye robotunun tutqacının bağlanılıb açılması texnoloji əməliyyatların mövqeləşdirilməsini təmin edən vericilərin seçilməsi aşağıdakı şərtə uyğun olmalıdır [3]:

$$\frac{S_{JK}}{D} \leq U \quad (1)$$

burada  $S_J = \{S_{JG}, S_{YA}, \varphi_B\}$  - sərbəstlik dərəcəsinin yerdəyişmələr;  $D$  - diskret çevirmədə impulsaların sayı;  $K$  - 1.5...3- keyfiyyət əmsalı;  $U$  - sənaye robotunun mövqeləşdirmə xətasıdır.

Əgər qəbul etsək ki, sənaye robotunun texniki xarakteristikalarına uyğun olaraq, irəli və ya geri xətti hərəkəti  $S_{JG} = 600$  mm, yuxarı və ya aşağı xətti hərəkəti  $S_{YA} = 100$  mm;  $z$  oxu ətrafında

bucaq yerdəyişməsi  $\varphi_B = \pi / 2$ , sənaye robotunun mövqeləşdirmə xətası  $U = 0.3$  mm, keyfiyyət əmsalı  $K=2$  isə, onda intellektual məlumat-axtarış sistemindən və (1) ifadəsindən istifadə edərək sənaye robotunun  $dx(S_{IG})$ ,  $dy(S_{IG})$ ,  $dz(S_{YA})$ ,  $\varphi(\varphi_B)$  yerdəyişmələrini mövqeləşdirmək üçün vericilər aşağıdakı kimi seçilir [6]:

**Cədvəl 1.**

<b>SR-in texniki xarakteristikaları</b>	<b>Brig-10</b>	<b>Senior-415</b>	<b>PUMA</b>	<b>PANTERA</b>
Sərbəstlik dərəcəsi ( $S_d$ )	3	4	5	5
İrəli və yaxud geri xətti yerdəyişmə (mm) ( $S_{IG}$ )	600	1000	750	300
Yuxarı və yaxud aşağı xətti yerdəyişmə (mm) ( $S_{YA}$ )	100	500	200	300
z oxu ətrafında bucaq yerdəyişməsi ( $\varphi_B^0$ )	90	180	180	140
x oxu ətrafında bucaq yerdəyişməsi ( $\alpha_B^0$ )	-	180	180	100
y oxu ətrafında bucaq yerdəyişməsi ( $\beta_B^0$ )	180	-	90	-
Mövqeləşdirmə xətası (mm) (U)	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 2$

Əgər sənaye robotunun irəli və yaxud geri xətti hərəkəti  $S_{IG} = 600$  mm və «BE51M» tip üçün diskret çevirmədə impulsların sayı  $D = 5400$  impuls/dəq olarsa, (cədvəl 2)

$$\frac{S_{IG}K}{D} \leq U$$

onda «BE51M» tip impulsu verici sənaye robotunun qolunun irəli və yaxud geri hərəkətlərini mövqeləşdirmək üçün seçilir [7].

Əgər sənaye robotunun yuxarı və yaxud aşağı xətti hərəkəti  $S_{YA} = 100$  mm və «BE51M» tip üçün diskret çevirmədə impulsların sayı  $D = 5400$  impuls/dəq,

$$\frac{S_{IG}K}{D} \leq U \Rightarrow 0.04 \leq 0.3,$$

onda «BE51M» tip impulsu verici sənaye robotunun qolunun yuxarı və yaxud aşağı hərəkətlərini mövqeləşdirmək üçün seçilir.

Əgər z oxu ətrafında bucaq yerdəyişməsi  $\varphi_B = \pi / 2$  mm və «BE51M» tip üçün diskret çevirmədə impulsların sayı  $D = 5400$  impuls/dəq olarsa

$$\frac{S_{\varphi}K}{D} \leq U, \quad S_{\varphi} = l \varphi_B$$

burada  $l$ - sənaye robotunun sərbəstlik dərəcəsinin şarnir oxundan sənaye robotunun tutqacına qədər olan məsafədir.

Əgər qəbul etsək ki,  $l = S_{IG} = 600$  mm-dir, onda

**Cədvəl 2.**

<b>Vericinin tipi</b>	<b>Yerdəyişmə diapazonu (dövr)</b>	<b>Sürət (dəq<sup>-1</sup>)</b>	<b>İstismar müddəti (saat)</b>	<b>Diskret çevirmədə impulsların sayı</b>
<b>Kodlu verici</b>				
AD-15 B	16	900	$10^4$	$2^{15}(32768)$
FEP-15	16	600	$10^9$	$2^{15}(32768)$
<b>İmpulsu verici</b>				
BE51M	90	3000	$10^4$	1000...5400
BE106	80	3000	$10^4$	1000;1024;1250

$S_{\varphi} = l \times \varphi_B = 600 \times 3.14 / 2 = 942$  mm,  $S_{\varphi} \times K / D \leq U \Rightarrow 0.35 \geq 0.3$  olarsa, onda «BE51M» tipli impulsu verici sənaye robotunun qolunun z oxu ətrafında bucaq yerdəyişməsinin mövqeləşdirilməsini təmin etmir.



Əgər «FEP-15» tip üçün diskret çevirmədə impulsların sayı  $D = 32768$  impuls/dəq olarsa,

$$\frac{s_{\varphi}^K}{D} \leq U \Rightarrow 0.06 \leq 0.3$$

onda «FEP-15» tip kodlu verici sənaye robotunun qolunun bucaq yerdəyişməsinin mövqeləşdirilməsi üçün seçilir.

Məlumat-axtarış alqoritmi əsasında seçilmiş vericilər «BE51M» və «FEP-15» çevik istehsalat modulunun aktiv elementi olan «Brig-10» sənaye robotunun idarəetmə alqoritminin qurulması üçün istifadə olunurlar. «Brig-10» sənaye robotunun idarəetmə alqoritmini layihələndirmək məqsədilə onun texnoloji əməliyyatlarına uyğun olaraq, vericilər çoxluğu təşkil olunur [4, 5].

*Cədvəl 3.*

Vericilər	Texnoloji əməliyyatların növləri
<b><i>Mövqeləşdirici manipulyatorun (MM) vericiləri</i></b>	
$V^1_1$	MM-də manipulyasiya obyektinin mövqeləşdirilməsi
$V^2_1$	MM-in yuxarı vəziyyətdə mövqeləşdirilməsi
$V^3_1$	MM-in aşağı vəziyyətdə mövqeləşdirilməsi
<b><i>Sənaye robotunun (SR) vericiləri</i></b>	
$V^1_2, V^1_2$	SR-in tutqacının uyğun olaraq bağlı və yaxud açıq vəziyyətdə mövqeləşdirilməsi
$V^2_2$	SR-in qolunun aşağı vəziyyətdə mövqeləşdirilməsi
$V^3_2$	SR-in qolunun yuxarı vəziyyətdə mövqeləşdirilməsi
$V^4_2$	SR-in qolunun irəli hərəkətinin mövqeləşdirilməsi
$V^5_2$	SR-in qolunun geri hərəkətinin mövqeləşdirilməsi
$V^6_2$	SR-in qolunun $90^0$ dönmə hərəkətinin mövqeləşdirilməsi
<b><i>Texnoloji avadanlığın (TA) vericiləri</i></b>	
$V^1_3$	TA-da manipulyasiya obyektinin mövqeləşdirilməsi
$V^2_3$	TA-nın yuxarı vəziyyətdə mövqeləşdirilməsi
$V^3_3$	TA-nın aşağı vəziyyətdə mövqeləşdirilməsi
$V^4_3$	TA-da texnoloji əməliyyatın başlanğıcının mövqeləşdirilməsi
$V^5_3$	TA-da texnoloji əməliyyatın sonunun mövqeləşdirilməsi

ÇİS-in idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsində determinasiya tipli produksiya modelləri istifadə olunur. Belə ki, idarəetmə sisteminin proqram təminatını tərtib etmək üçün produksiya modeli əsasında biliklər bazası və idarəetmə alqoritmi işlənməlidir. ÇİS-in aktiv elementlərinin hərəkətlərini, onların vericilərini və icra mexanizmlərini formal təsvir etmək üçün produksiya modeli əsasında biliklər bazası təşkil edilir (cədvəl 3, cədvəl 4).

ÇİS-in aktiv elementlərinin seçilmiş vericiləri və icra mexanizmləri əsasında onun idarəetmə alqoritmi tərtib edilir. Produksiya modelinin köməyi ilə qurulmuş idarəetmə alqoritmi produksiya nüvəsinin tətbiq şərtlərinin ( $P_i$ )-i elementlərindən ibarətdir:

$$P_i = \{ P_1, P_i, \dots, P_n \},$$

burada  $n$  - şərtlərin sayını bildirir.

**Cədvəl 4.**

<b>İcra mexanizmləri</b>	<b>Texnoloji əməliyyatların növləri</b>
<b>Mövqələşdirici manipulyatorun (MM) icra mexanizmləri</b>	
$\dot{IM}_1^1$	MM-də mövqələşdirilmənin icrası
$\dot{IM}_1^2$	MM-in yuxarı və aşağı vəziyyətlərinin mövqələşdirilməsi
<b>Sənaye robotunun icra mexanizmləri</b>	
$\dot{IM}_2^1, \neg \dot{IM}_2^1$	SR-in tutqacının uyğun olaraq bağlı və yaxud açıq vəziyyətdə mövqələşdirilməsinin icrası
$\dot{IM}_2^2, \neg \dot{IM}_2^2$	SR-in qolunun yuxarı və yaxud aşağı vəziyyətdə mövqələşdirilməsinin icrası
$\dot{IM}_2^3, \neg \dot{IM}_2^3$	SR-in qolunun irəli və yaxud geri hərəkətinin mövqələşdirilməsinin icrası
$\dot{IM}_2^4$	SR-in qolunun $90^\circ$ dönmə hərəkətinin mövqələşdirilməsinin icrası
<b>Texnoloji avadanlığın icra mexanizmləri</b>	
$\dot{IM}_3^1$	TA-da manipulyasiya obyektinin mövqələşdirilməsinin icrası
$\dot{IM}_3^2, \neg \dot{IM}_3^2$	TA-nın yuxarı və yaxud aşağı vəziyyətdə mövqələşdirilməsinin icrası
$\dot{IM}_3^3, \neg \dot{IM}_3^3$	TA-nın texnoloji əməliyyatının başlanğıc və yaxud son vəziyyətlərinin mövqələşdirilməsinin icrası

- P1: əgər MM-də manipulyasiya obyektini varsa, onda SR-in qolu aşağı hərəkət edir;  
 P2: əgər SR-in qolu aşağı hərəkət edibsə və SR-in tutqacı açıqdırsa, onda SR-in tutqacı manipulyasiya obyektini tutur;  
 P3: əgər SR-in tutqacı manipulyasiya obyektini tutubsa, onda SR-in qolu yuxarı hərəkət edir;  
 P4: əgər SR-in qolu yuxarı hərəkət edibsə, onda SR-in qolu geri hərəkət edir;  
 P5: əgər SR-in qolu geri hərəkət edibsə, onda SR-in qolu aşağı hərəkət edir və SR-in tutqacı açılır;  
 P6: əgər SR-in qolu aşağı vəziyyətdədirsə və onun tutqacı açıqdırsa, onda manipulyasiya obyektini TA-1 və ya TA-2-də mövqələşdirir və SR-in qolu yuxarı hərəkət edir.  
 Yuxarıda göstərilmiş produksiya şərtlərinə uyğun olaraq, məntiqi işarələrin köməyi ilə idarəetmə alqoritmi qurulur (Cədvəl 5).

**Cədvəl 5.**

<b>Predikatlar</b>	<b>Məntiqi ifadələr</b>
<b>P1</b>	$V_1^1 \Rightarrow \neg \dot{IM}_2^2$
P2	$V_2^2 \& V_2^1 \Rightarrow \dot{IM}_2^1$
P3	$V_2^1 \Rightarrow \dot{IM}_2^2$
P4	$V_2^3 \Rightarrow \neg \dot{IM}_2^3$
P5	$V_2^5 \Rightarrow \neg \dot{IM}_2^2 \& \neg \dot{IM}_2^1$
P6	$V_2^2 \& \neg V_2^1 \Rightarrow \dot{IM}_3^1 \& \dot{IM}_2^2$

Cədvəl 5-də göstərilən implikasiyalar aşağıdakı məntiqi simvoldan istifadə olunmuşdur  
 $\Rightarrow$  – sekvensiya (məntiqi çıxarış);  
 $\&$  – məntiqi və;  
 $\neg$  – məntiqi inkar.

### ƏDƏBİYYAT

1. Oteniy Y.N., Olshtinsky P.V. Choice and calculation of capture devices of industrial robots: Train aid. Volgograd State Technical University, 2000, 64 p.
2. Moskvichov A.A., Kvartalov A.R., Ustinov B.V.. Grippers devises of industrial robots and manipulators. Train aid. M: FORUM, 2015,176 p.
3. Mammadov J.F., Huseynov A.H. Application of the intelligence and mathematical models for computing design of the flexible manufacturing module. // Applied and computational mathematics, An International Journal, 2003, Vol. 2, № 1.
4. Petrukhin A.V., Uvarova T.V. Design automation of industrial robot grippers. // News of Volgograd State Technical University. Producing № 22 (125)/volume 18/2013.
5. Sabunin A.E. Altium Designer. New solutions in designing of electron equipments. // Publication: Solon-Press, 2009, pp. 15-35.
6. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1988, 392 с.

### РЕЗЮМЕ

#### АЛГОРИТМ ВЫБОРА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ДАТЧИКОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИБКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Мамедова Ш.Т.*

**Ключевые слова:** система управления, гибкое производство, электромагнитный датчик, алгоритм управления.

Статья посвящена разработке алгоритма выбора элементов гибкой производственной системы и созданию алгоритма управления. В качестве элемента гибкой производственной системы, предлагается алгоритм выбора электромагнитного датчика. В зависимости от операций технологического оборудования, промышленных роботов и манипуляторов, а также отдельных элементов управления, входящих в гибкую производственную систему, был разработан алгоритм управления гибкого производственного модуля.

### SUMMARY

#### ALGORITHM OF SELECTION AND MODELING OF SENSORS OF CONTROL SYSTEM OF FLEXIBLE MANUFACTURING ENTERPRISE

*Mammadova Sh.T*

**Key words:** control system, flexible manufacture, electromagnetic sensor, management algorithm.

The paper is devoted to development of the algorithm for option of the elements of flexible manufacture system and creation of its control algorithm. As an element of flexible manufacture systems, selection algorithm of electromagnetic sensor is offered. Depending on the operations of technological equipments, industrial robots, manipulators and also control elements which are included in the flexible manufacture system, algorithm of control of the flexible manufacture module is developed.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	04.05.2018
	Son variant	28.09.2018

UOT 621.311

## GƏRGİNLİYİ 10/0,4 KV OLAN ÜÇFAZALI PAYLAYICI ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ GÜC TRANSFORMATORU DOLAQLARININ QOŞULMA SXEMLƏRİNİN TƏTBİQİ SAHƏLƏRİ HAQQINDA

<sup>1</sup>BALAMETOV ƏSRƏF BALAMET oğlu

<sup>2</sup>HACIYEV NAİB İSMİXAN oğlu

1-Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu, professor

2-Sumqayıt Dövlət Universiteti, baş müəllim

[balametov.aznie@gmail.com](mailto:balametov.aznie@gmail.com)

**Açar sözlər:** orta gərginlik, paylayıcı şəbəkə, güc transformatorunun birləşmə sxemi, qeyri-simmetrik rejim, güc itkiləri.

Üç fazlı 10/0.4 kV transformatorun dolaqlarının  $Y/Z_0$  və  $Y/Y_0$  dövrə ilə birləşmiş halları üçün 0.4 kV tərəfində yüklərin qeyri-simmetrikliliyindən yaranan güc itkiləri araşdırılmışdır. Şəbəkənin birfazlı, ikifazlı və üçfazlı qeyri-simmetrik yüklənmə rejimləri üçün tədqiqatlar aparılmışdır. Alınmış məlumatlara əsasən yüklərin qeyri-simmetrikliliyindən transformatorlarda yaranan güc itkilərinin analizi aparılmışdır. Şəbəkədə itkilərin müqayisəsi transformator dolaqlarının  $Y/Y_0$  birləşmə sxemindən  $Y/Z_0$  sxeminə keçidin üstünlüyü göstərilmişdir.

Üç fazlı transformatorlarda qeyri-simmetrik rejimlər güclü birfazlı yük qoşulanda yaranır: yarımstansiyalarda elektrotermik sobalar, işıqlandırma yükləri və s. eləcə də bir və iki fazlı qısa qapanmalar zamanı. Bu rejimlərdə cərəyanların qeyri-bərabər paylanması nəticəsində gərginliklər təhrif olunur və qoşulmuş qonşu tələbatçıların işinin pisləməsinə gətirib çıxarır. Xüsusilə təhlükəni yaradan gərginliyin artmasıdır. Mövcud standartlar, nominal gərginliyin 10%-dən çox olmamasını tələb edir.

Güç transformatorlarının dolaqlarının birləşməsinin müxtəlif sxemlərinin xüsusiyyətləri və əsaslı fərqləri haqqında dəqiq məlumatların nəzərə alınmaması paylayıcı elektrik şəbəkənin (PEŞ) texniki iqtisadi göstəricilərini pisləşdirir, elektrik enerjisinin keyfiyyətini aşağı salır və ciddi qəzalara gətirə bilər.

**Dolaqların birləşmə sxemləri və transformatorların xüsusiyyətləri.** Standarta uyğun olaraq, 11677-85 [1-5] 10 (6) kV güc transformatorları 25 kVA -dan 250 kVA -yə qədər hədləri üçün dolaqların birləşməsi “ulduz/ulduz” –  $Y/Y_0$ ; - “üçbucaq – ulduz” –  $\Delta/Y_0$ ; - “ulduz – dolanbac” –  $Y/Z_0$  sxemləri ilə hazırlana bilər.

Dolaqları müxtəlif sxemlərlə birləşdirilmiş transformatorların texniki xarakteristikalarının prinsipial fərqi qeyri-simmetrik rejimlərdə sıfır ardıcılıqlı cərəyanlara müxtəlif reaksiyanın olmasıdır. Bu fərqlər bir- və ikifazlı qısaqapanmalarda, həmçinin fazalarda yüklərin qeyri-simmetrikliliyə malik işçi rejimlərində özünü göstərir.

Üç fazlı transformatorlarda və 0.38 kV-luq dörd məftilli şəbəkənin qeyri-simmetrik rejimlərinin fiziki modeli nümunəsində eksperimental tədqiqatlar [4] aparılmışdır. PEŞ 0.38 kV-luq  $Y/Y_0$  sxemli transformatorların istifadəsi iqtisadi göstəriciləri pisləşdirən hallara gətirilməsi göstərilmişdir.

Məlum olduğu kimi, 6 (10) /0,4 kv güc transformatorları polad çubuqlu içliyə malikdir ki, hər çubuqda uyğun olan fazanın – A, B, C ilkin və ikinci dolaqları yerləşir. Üç fazanın maqnit sellərinin axınları simmetrik iş rejimlərində transformatorun polad içliyində dövr edir və onun həddlərindən kənarında səpələnirlər.

Transformatorlarda 0,4 kv tərəfdə fazalarda yüklənmənin simmetrikliliyinin pozulmasını araşdıraraq. Belə, iş rejimləri simmetrik təşkilədicilər [2] nəzəriyyəsiindən istifadə etməklə tədqiq olunur. Bu nəzəriyyəyə əsasən üçfazlı şəbəkənin istənilən qeyri-simmetrik iş rejimi cərəyanının və gərginliyin üç simmetrik təşkil edicisinin həndəsi cəmi şəklində təqdim edilir: bu düz, əks və sıfır ardıcılıqlı təşkil ediciləridir.

Transformatorun maksimal birfazlı qeyri-simmetrik rejiminə baxaq. Bir fazlı qısaqapanma (BQQ) rejimi 0,4 kV tərəfdə dolaqların sxemi  $\Delta/Y_0$  və 0,4 kV tərəfdə zədələnməmiş fazalarda simmetrik cərəyanların həndəsi cəmi sıfır bərabərdir (fazaların işçi yüklənməsi nəzərə alınmır). Zədələnməmiş fazada bu cəm maksimaldır və BQQ cərəyanına bərabərdir. Onun qiyməti məlum düsturla təyin edilir:

$$I_{BQQ} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_x}{\sqrt{(2R_1 + R_0)^2 + (2X_1 + X_0)^2}} \quad (1)$$

burada  $U_x$  – şəbəkənin xətti gərginliyidir;  $R_1, R_0, X_1, X_0$  – müvafiq olaraq düz və sıfır ardıcılığın aktiv və reaktiv müqavimətləridir.

**Düz ardıcılığın müqaviməti.**  $R_1$ -in və  $X_1$ -in düz ardıcılığının müqavimətləri eyni düsturlarla təyin edilir və az fərqlənir:

$$R_1 = \frac{P_{qq}}{3I_n^2}; X_1 = \sqrt{Z^2 - R_1^2}; Z = \frac{U_q \cdot U_n^2}{100 \cdot S}$$

Bu düsturlara daxil olan transformatorun dolaqlarının birləşmə sxemlərindən  $P_{qq}$ -inin və  $U_q$ -nin məlum qiymətləri praktik olaraq asılı deyildir, buna görə də düz ardıcılığın müqavimətləri onlardan asılı deyil. Bu müqavimətlərdən fərqli olaraq, dolaqların birləşməsinin müxtəlif sxemləri ilə transformatorların sıfır ardıcılığının müqavimətləri prinsipial olaraq fərqlənir.

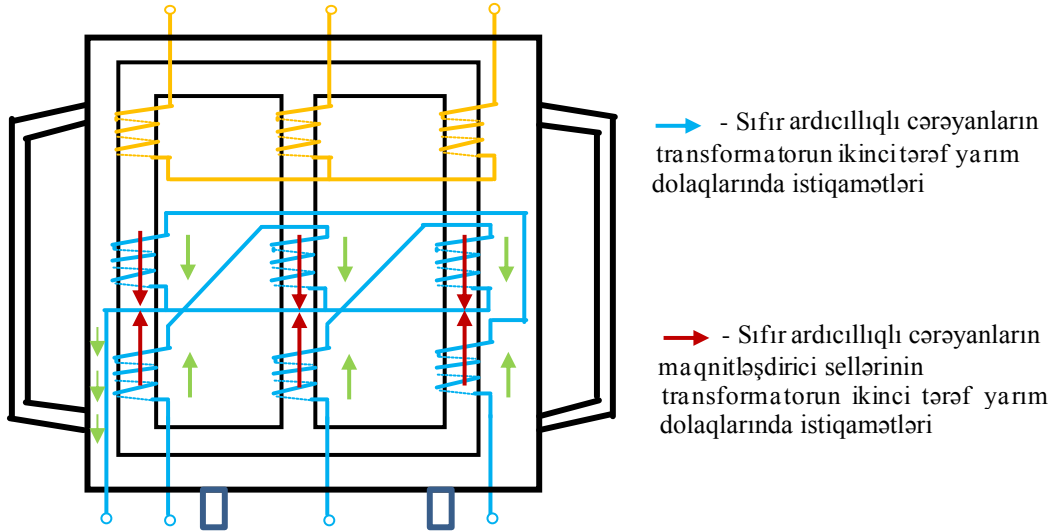
Dolaqları  $Y/Z_0$  birləşmə sxemli transformatorlarda cərəyanların və maqnit axınlarının vektorlarının vəziyyətinə (şəkil. 1) baxaq. Analoji rejimdə - BQQ rejimi sıfır ardıcılığın cərəyanları yalnız transformatorun ikinci dolağından axır. Bu halda transformatorun hər maqnitləndirici çubuğunda iki müxtəlif fazanın bir ikinci yarım dolağı yerləşdirilmişdir (şəkil. 2). BQQ rejimində bu yarım dolaqlarda sıfır ardıcılığın cərəyanları ilə yaradılan maqnitləndirici qüvvələr qarşılıqlı yönəlmişdir və bir-birini kompensasiya edir. Bu halda yüksək gərginlikli dolaqda sıfır ardıcılığın cərəyanları yoxdur. Sıfır ardıcılığın müqavimətinin belə transformatorlarda düz ardıcılığın müqavimətindən daha az olur:  $R_0 < R_1; X_0 < X_1$ .

(1) ifadəsindən göründüyü kimi, bu  $Y/Y_0$  sxemli transformatorlarla müqayisədə  $Y/Z_0$  sxemi olan transformatorlarda böyük BQQ cərəyanı yaradır. Məlum olduğu kimi, sıfır nöqtəsi çıxarılmamış ulduz birləşdirilmiş dolaqlarda sıfır ardıcılığın cərəyanları axa bilmir. Buna görə BQQ rejimində bu ardıcılığın cərəyanları yalnız transformatorun ikinci dolağından axır.

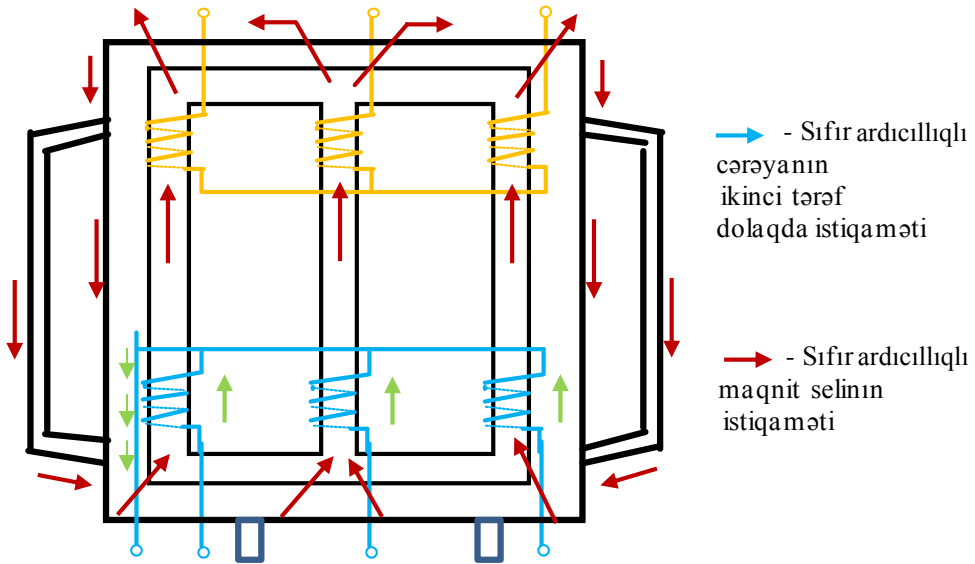
Transformatorlarda sıfır ardıcılığın maqnit axınları maqnit içliyi sərhəddini aşır və transformatorun metal örtüyü vasitəsilə qapanırlar (şəkil. 4). Bu belə transformatorların sıfır ardıcılığının müqavimətlərinin qiymətinin əhəmiyyətli dərəcədə böyük olmasını müəyyən edir:  $R_0 \gg R_1; X_0 \gg X_1$ .

Qeyd etmək lazımdır ki, dolaqları  $y/y_0$  sxemi ilə birləşmiş transformatorların sıfır ardıcılıqlı müqavimətini hesablamaq mümkün olmur. Adətən bu transformatorların sıfır ardıcılıqlı müqaviməti  $Z_0 = (9 \div 12) Z_{qq}$  həddlərində dəyişir.

Onları yalnız eksperimental üsulla müəyyən etmək olur. Bu müqavimətlərin səviyyəsi transformatorun örtüyünün konstruksiyasından, içliyi və örtüyü isə arakəsmənin vəziyyətindən asılıdır.



Şəkil. 1. Dolaqları Y/Z<sub>0</sub> birləşmə sxemli transformatorunda sıfır ardıcılıqlı maqnit axınlarının və cərəyanların istiqamətləri.



Şəkil. 2. Dolaqları Y/Y<sub>0</sub> birləşmə sxemli transformatorunda sıfır ardıcılıqlı maqnit axınlarının və cərəyanların istiqamətləri.

Son vaxtlar sıfır ardıcılığın müqavimətləri ölçülmür. Nəticədə, hesablamaların icra edilməsi üçün köhnə sorğu məlumatlarından istifadə olunur. Ancaq köhnəlmiş informasiyadan istifadə edildikdə çox ehtiyatlı olmaq lazımdır. Müasir transformatorların konstruksiyaları, örtüyü və həmçinin materialları əhəmiyyətli dərəcədə dəyişmişdir.

Bundan başqa, transformatorların sıfır ardıcılığının müqavimətləri üzrə məlumatlar son dərəcə azdır və ziddiyətlidir. Əvvəllər transformator hazırlayan zavodlarının ölçü göstəricilərinə əsasən dolaqları Y/Y<sub>0</sub> birləşdirilmiş transformatorların sıfır ardıcılığının reaktiv müqavimətləri orta hesabla düz ardıcılığın müqavimətlərindən 10 dəfə çoxdur. Eyni zamanda Standartda bu haqda deyilir ki, bu müqavimətlər 20 dəfə fərqlənə bilər.

Sıfır ardıcılığın müqavimətlərinin real qiymətlərini bilmək lazımdır, çünki onlar BQQ cərəyanının qiymətini müəyyən edir. Daha çox müqavimətə malik bir o qədər BQQ cərəyanı daha az olan transformatorun mühafizəsini həyata keçirtmək çətinləşir.

Transformatorun fazalarında yüklərin qeyri-simmetrik rejimlərində sıfır ardıcılıqlı müqavimətlərin böyük qiymətləri 0.4 kV tərəfində tələbatçıların EEKG pisləməsinə gətirir.

DY sxemli  $\Delta/Y_0$  transformatora xas olan  $R_1 = R_0$ ,  $X_1 = X_0$  şəraitdə alırıq:

$$I_{BQQ} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_x}{\sqrt{(2R_1 + R_0)^2 + (2X_1 + X_0)^2}} = \frac{3 \cdot U_f}{\sqrt{9(R_1^2 + X_1^2)}} = \frac{U_f}{Z_1} \quad (2)$$

Odur ki, transformatorun 0.4 kV sıxaclarında BQQ cərəyanı üçfazlı QQ cərəyanına bərabərdir. Lakin Y/Y<sub>0</sub> sxemli transformatora xas olan  $R_0 \gg R_1$  və  $X_0 \gg X_1$  şəraitində BQQ cərəyanı çox kiçik alınır. Bu halda transformatorun yüksək gərginlik tərəfində qoruyucu vasitəsilə mühafizəsində çətinliklər yaranır. Mühafizənin etibarlılığını dolaqların sxemi Y/Z<sub>0</sub> olan 10/0,4 kV transformatorları ilə təmin etmək mümkündür. Bu halda qoruyucularda QQ cərəyanı artır və açılma vaxtı 0.6 san. qədər azalır ki, bu da mühafizəni kifayət qədər etibarlı edir.

Dolaqların birləşmə sxemi Y/Z<sub>0</sub> olan transformatorlar konstruksiya cəhətdən mürəkkəbdir və Y/Y<sub>0</sub> sxemi ilə müqayisədə 8% qədər artıq naqıl sərfini tələb edir.

İkidüynlü, qeyri-simmetrik dördnaqilli sıfır məftilli elektrik şəbəkəsinin neytral məftillərin arasındakı düyün gərginliyi düstur ilə hesablanır:

$$U_N = \frac{U_A Y_A + U_B Y_B + U_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_N}$$

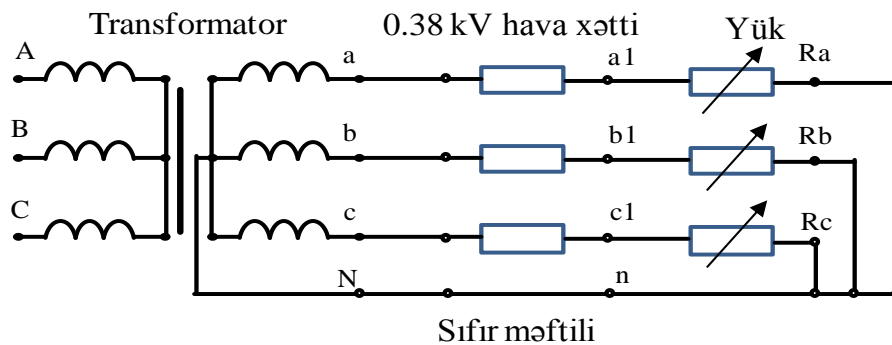
Burada  $Y_A$ ,  $Y_B$ ,  $Y_C$ ,  $Y_N$  - müvafiq budaqların keçiriciləridir.

#### **Dörd naqilli, sıfır məftilli elektrik şəbəkəsinin qeyri-simmetrik rejimlərinin hesabı.**

Qeyri-müntəzəm yüklənmiş üçfazlı sistemlərdə işlədiciyə fazalarından keçən cərəyanlar, müxtəlif fazalar üçün müxtəlif qiymətlər alır. Belə hallarda rejim parametrlərini təyin etmək üçün simvolik metoddan istifadə edilir.

Qeyri-müntəzəm yüklənmiş 0.38 kV-luq üçfazlı dörd naqilli sistemlər üçün güc itkilərin hesabı metodikası və MAHTCAD-da proqram işlənmişdir. Proqram qondarma metodu (superpozisiya prinsipi) mürəkkəb dövrəni parçalamağa və növbə ilə ayrı-ayrı mənbələrin təsirini qiymətləndirən prinsipə əsaslanmışdır.

Nümunə üçün şəkil 3-də göstərilmiş elektrik sxeminin qeyri-simmetrik birfazlı, ikifazlı və üçfazlı qeyri-müntəzəm yük rejimləri üçün hesablar yerinə yetirilmişdir.



Şəkil 3. Transformator, 0.38 kV hava xətti, yük.

Gücü 25 kVA olan transformatorun müqavimətləri 0.4 kV gərginliyə gətirilmişdir (cədvəl 1).

**Cədvəl 1.**

*Transformatorun 0.4 kV gərginliyə gətirilmiş müqavimətləri*

Parametr	$u_k$ , %	$r_1$ , Om	$x_1$ , Om	$Z_1$ , Om	$r_0$ , Om	$x_0$ , Om
Transformator Y/Y <sub>0</sub>	4.5	0.154	0.244	0.287	1.650	1.930
Transformator Y/Z <sub>0</sub>	4.7	0.177	0.243	0.302	0.073	0.0354
EVX 4 məftilli	-	0.24	0.077	0.252	0.762	0.308

0.38 kV hava xəttinin və sıfır məftilinin en kəsiyi 25 mm<sup>2</sup>, xüsusi müqaviməti 1.2 Om/km, uzunluğu 0.2 km-dir. Sıfır məftilin en kəsiyi 35 mm<sup>2</sup>, xüsusi müqaviməti 0.87 Om/km-dir. Transformatorun yüksüz iş itkiləri sorğu materiallarına əsasən 135 Vt təşkil edir.

Simmetrik yük müqavimət şəklində verilib  $Z_A=Z_B=Z_C=7+j3$  Om. Qeyri-simmetrik rejimlərdə fazalarda yük müqaviməti  $Z=10^6$  Om verilib. Qeyri-simmetrik rejimdə A fazasında yük  $Z_A=7+j3$  Om, digər B və C fazalarında yük yoxdur. Hesabatlar simmetrik transformator, hava xətti, yük, qeyri-simmetrik bir fazlı, iki fazlı və üç fazlı qeyri-simmetrik yük rejimləri üçün yerinə yetirilmişdir.

Dolaqlarının birləşmə sxemi Y/Y<sub>0</sub> və Y/Z<sub>0</sub> olan transformatorları qeyri-simmetrik bir fazlı yük rejimləri üçün hesabların nəticələri müvafiq olaraq cədvəl 2 və cədvəl 3-də verilmişdir.

**Cədvəl 2.**

*Birləşmə sxemi Y/Y<sub>0</sub> olan transformatorlu PEŞ-nin bir fazlı qeyri-simmetrik rejiminin hesablarının nəticələri*

№	Transformator, EVX	Parametr	Ölçü vahidi	Qeyri-simmetrik bir fazlı	Qeyd
1	Transformator, EVX	Z <sub>a</sub>	Om	$Z_v=7+j3$ Om	
2		Z <sub>b</sub>	Om	0	
3		Z <sub>c</sub>	Om	0	
4		I <sub>A</sub>	A	20.23	
5		I <sub>B</sub>	A	0	
6		I <sub>C</sub>	A	0	
7		I <sub>1</sub>	A	9.45	
8		I <sub>2</sub>	A	9.45	
9		I <sub>0</sub>	A	9.45	
10		K <sub>2</sub>		1	
11		K <sub>0</sub>		1	
12	Transformator Y/Y <sub>0</sub>	$\Delta P_1$	Vt	54.11	R <sub>1</sub> =0.23 R <sub>0</sub> =0.076
13		$\Delta P_2$	Vt	54.11	
14		$\Delta P_0$	Vt	728.54	
15		$\Delta P_\epsilon$	Vt	782.65	
16		K <sub><math>\epsilon</math></sub>	n.v.	14.46	
17	EVX 0.38 kV	$\Delta P_1$	Vt	64.28	R <sub>1</sub> =0.24 R <sub>0</sub> =0.762
18		$\Delta P_2$	Vt	64.28	
19		$\Delta P_0$	Vt	204.10	
20		$\Delta P_\epsilon$	Vt	332.67	
21		K <sub><math>\epsilon</math></sub>	n.v.	4.175	



Birləşmə sxemi  $Y/Z_0$  olan transformatorlu PEŞ-nin bir fazlı qeyri-simmetrik rejiminin hesablarının nəticələri

№	Transformator, EVX	Parametr	Ölçü vahidi	Qeyri-simmetrik bir fazlı	Qeyd
1	Transformator, EVX	$Z_a$	Om	$Z_v=7+j3$ Om	
2		$Z_b$	Om	0	
3		$Z_c$	Om	0	
4		$I_A$	A	25.82	
5		$I_B$	A	0	
6		$I_C$	A	0	
7		$I_1$	A	9.42	
8		$I_2$	A	9.42	
9		$I_0$	A	9.42	
10		$K_2$	n.v.	1	
11		$K_0$	n.v.	1	
12	Transformator $Y/Z_0$	$\Delta P_1$	Vt	61.21	$R_1=0.23$ $R_0=0.076$
13		$\Delta P_2$	Vt	61.21	
14		$\Delta P_0$	Vt	20.23	
15		$\Delta P_\epsilon$	Vt	81.44	
16		$K_\epsilon$	n.v.	1.33	
17	EVX 0.38 kV	$\Delta P_1$	Vt	63.88	$R_1=0.24$ $R_0=0.762$
18		$\Delta P_2$	Vt	63.88	
19		$\Delta P_0$	Vt	202.80	
20		$\Delta P_\epsilon$	Vt	266.68	
21		$K_\epsilon$	n.v.	4.175	

Dolaqların birləşmə sxemi  $Y/Z_0$  olan transformatorların bir fazlı QQ zamanı zədələnməmiş fazların gərginliyinin kəskin artmasının qarşısı alınır və  $Y/Y_0$  birləşmə sxemli transformatorlardan xeyli dərəcədə fərqlənir.

Tədqiq olunan PEŞ nümunəsində  $Y/Y_0$  dövrə ilə birləşmiş transformatorlu sxem bir fazanın yükünün qiyməti 2200 kVt-dan çox olduğu hallarda, həmin fazanın yükündə gərginlik 180V səviyyəsindən kiçik və digər fazlarında isə gərginliyin səviyyələri 250V-dan böyük qiymətlər alır. Yəni gərginliyin buraxıla bilən qiymətləri (10%-dən) artıq olur.

$Y/Z_0$  dövrə ilə birləşmiş transformatorlu sxemdə isə bir fazanın yükünün qiyməti 8000 kVt-dan az (transformatorun nominal gücün 30%) olduğu hallarda belə, gərginliyin maksimal buraxıla bilən qiymətləri (10%-dən) artıq olur.

Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, dolaqlarının birləşmə sxemi  $Y/Z_0$  olan transformatorlarda itkilər qeyri-müntəzəm yüklü paylayıcı şəbəkələrdə,  $Y/Y_0$  birləşmə sxeminə malik transformatorlara nisbətən dəfələrlə azdır; uyğun olaraq bir fazlı yükə 11-dəfə və iki fazlı yükə 8-dəfə. Odur ki, qeyri-simmetrik yüklü 0.38kV paylayıcı şəbəkələrdə  $Y/Z_0$  sxeminə malik transformatorların təcibi üstünlüklərə malikdir.

**Nəticələr.** Paylayıcı elektrik şəbəkələrində gücü 25÷100kVA hədlərində dəyişən və dolaqlarının birləşmə sxemi  $Y/Y_0$  olan transformatorların birləşmə sxemi  $Y/Z_0$  olan transformatorlarla əvəz olunması məqsədəuyğundur.

Transformatorların istehsalçı müəssisələrinə sıfır ardıcılıqlı müqavimətlərin ölçülməsi zərurəti haqqında tələb qoyulmalıdır. Birfazlı yüklərə malik məişət və digər tələbatçıları olan şəhər və kənd paylayıcı elektrik şəbəkələrində EE itkilərinin azaldılması və EKG yüksəldilməsi şəbəkənin layihələndirilməsi mərhələsindən başlanılmalıdır.

Gücü 20 kVt və daha çox olan birfazlı tələbatçılar üçfazlı şəbəkəyə simmetrikləşdirici qurğularla qoşulmalıdır ki, həm də reaktiv gücü kompensasiya etsin.

0.38 kV şəbəkələr yükün qeyri-simmetrikliliyini nəzərə alaraq, EE itkiləri, EKG proqram təminatı ilə hesablamalıdır və nəticələrdən asılı olaraq, Y/Z<sub>0</sub> sxeminə malik transformatorlar tətbiq olunmalıdır. Dolaqlarının birləşmə sxemi Y/Y<sub>0</sub> olan transformatorları dəyişmək mümkün olmadıqda üçfazlı şəbəkəyə simmetrikləşdirici qurğularla qoşulmalıdır ki, həm də reaktiv gücü kompensasiya etsin. Bu tədbirlərin görülməsi nəticəsində 0.38 kV qeyri-simmetrik yüklü PEŞ-də EE itkilərinin əhəmiyyətli dərəcədə azaldılmasına və EKG yüksəldilməsinə nail olmaq olar.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия.
2. Ульянов С. А. Короткие замыкания в электрических системах. М.: Госэнергоиздат, 1952, 280 с.
3. ГОСТ 3484.1-88 (СТ СЭВ 1070-78). Трансформаторы силовые. Методы электромагнитных испытаний.
4. Косоухов Ф.Д., Васильев Н.В., Петров В.Ф., Криштопа Н.Ю. Экспериментальное исследование потерь мощности от несимметрии токов в трехфазных трансформаторах и четырехпроводных линиях 0.38 кВ // Электротехника, № 2, 2018, с.47-51.
5. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчёта в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.

### **РЕЗЮМЕ**

#### **ОБ ОБЛАСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ СХЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ОБМОТОК СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ТРЕХФАЗНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 КВ**

*Баламетов А.В., Гаджиев Н.И.*

*Ключевые слова: среднее напряжение, распределительная сеть, схема соединения силового трансформатора, несимметричный режим, потери мощности.*

Анализируются потери мощности трансформаторов 10/0.4 кВ со схемами соединения Y/Z<sub>0</sub> и Y/Y<sub>0</sub> при несимметричных нагрузках на стороне 0,4 кВ. Исследования проводились для разных несимметричных режимах нагрузки сети. На основании полученных данных был проведен анализ потерь мощности трансформатора при несимметричных нагрузках. Сравнением потерь мощности в электрической сети 0.38 кВ показаны существенные преимущества перехода от схемы соединений обмоток трансформатора Y/Y<sub>0</sub> на Y/Z<sub>0</sub>.

### **SUMMARY**

#### **ON THE APPLICATION FIELDS OF CONNECTION SCHEMES OF POWER TRANSFORMER WINDINGS IN THREE-PHASE IN DISTRIBUTIVE ELECTRICAL NETWORKS WITH VOLTAGE OF 10/0,4 KV**

*Balametov A.B., Hajiyev N.I.*

*Key words: medium voltage, distribution network, transformer connection scheme, non-symmetric regime, power losses*

Power losses of 10/0.4 kV transformers with Y/Z<sub>0</sub> and Y/Y<sub>0</sub> connection circuits are analyzed for asymmetric loads on the 0.4 kV side. The studies were carried out for various unbalanced network load regimes. Based on the obtained data, an analysis was made of the power losses of the transformer under asymmetrical loads. Comparison of the power losses in the 0.38 kV electric network shows the significant advantages of the transition from the Y/Y<sub>0</sub> transformer to Y/Z<sub>0</sub> transformer.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	17.09.2018
	Son variant	28.09.2018

UOT 621.311.24(06)

## KÜLƏK ENERJETİK QURĞULARINDA TƏTBİQ OLUNAN SİNHRONLAŞDIRILMIŞ ASİNHRON MAŞININ TƏSİRLƏNMƏ SİSTEMİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ

<sup>1</sup>HACIBALAYEV NADİR MİRZƏBALA oğlu<sup>2</sup>QULİYEV ZAHİD AĞAQULU oğlu<sup>3</sup>HƏŞİMOVA AŞURA RZA qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti 1,2,3-dosent.

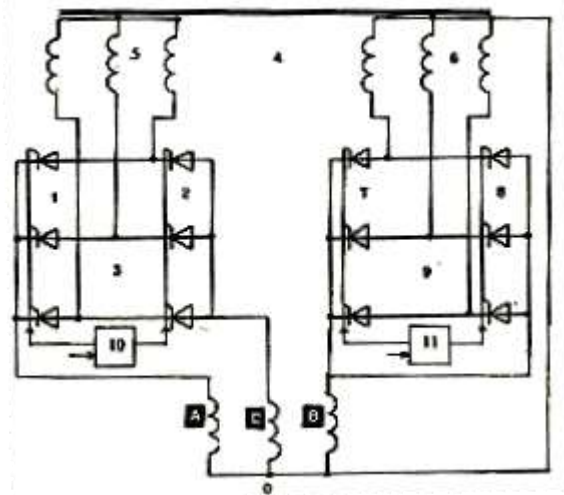
[n.hacibalayev@mail.ru](mailto:n.hacibalayev@mail.ru)

*Açar sözlər:* sinxronlaşdırılmış asinxron maşın, rotor, uzununa-eninə təsirlənmə sistemi, faza dolağı, tiristor.

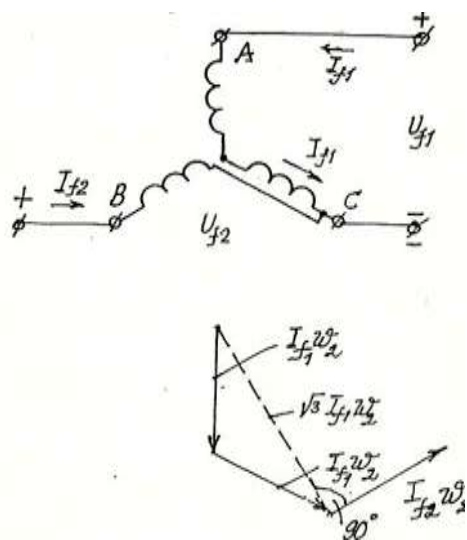
İnkişaf etmiş bir sıra dünya ölkələrinin enerji sturukturunda bu və ya digər bərpa olunan enerji növlərindən istifadə daha çox üstünlük təşkil edir. Azərbaycanda da həm kommertiya, həm də məişət məqsədləri üçün istifadəsi mümkün olan bərpa olunan enerji potensialı mövcuddur. Müəyyən olunmuşdur ki, maya dəyərində, ekoloji təmizliyinə və tükənməzliyinə görə külək enerjisi digər alternativ enerji mənbələri olan günəş, hidroenergetika, geotermal və biokütlə enerjilərindən daha sərfəlisidir. Təcrübələr göstərir ki, Azərbaycanın bir çox rayonlarında külək enerjisi qurğularının tətbiqinin böyük perspektivi vardır. Hesablamalara görə, Azərbaycan coğrafi relyefinə, təbii şəraitinə və iqtisadi infrastrukturuna görə 800 Mvt-a yaxın illik külək enerjisi ehtiyatına malikdir.

Hal-hazırda külək elektrik stansiyalarında quraşdırılan külək energetik qurğularında iki tərəfdən qidalanan sinxronlaşdırılmış asinxron maşınları istifadə olunur. Sinxronlaşdırılmış asinxron maşınlarında aktiv və reaktiv gücün tənzimlənməsi üçün uzununa-eninə təsirlənmə sistemi tətbiq olunur. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində sinxronlaşdırılmış asinxron maşının bazasında uzununa-eninə təsirlənmənin universal sistemi yaradılmışdır (şəkil 1). Bu təsirlənmə sistemi maşının asinxron rejimdə işləməsinə də maneə törətmir və buna görə də verilmiş sistem universal adlanır [1]. Bununla yanaşı, bu təsirlənmə sistemi mühüm bir çatışmazlığa malikdir, yəni rotorda əlavə bir kontakt halqasının yerləşdirilməsini tələb edir. Standart maşınlarda belə imkan olmadığı üçün verilmiş sxemin praktiki yerinə yetirilməsi maşının hazırlanması mərhələsində rotorda konstruktiv dəyişiklik olunmasını tələb edir.

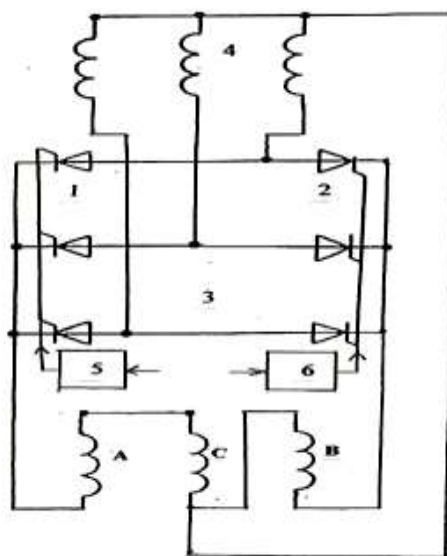
Beləliklə, yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq uzununa-eninə təsirlənmənin universal sistemində təkmilləşdirmələr aparılmış və asinxron maşının rotor faza dolaqlarının yeni birləşmə sxemi işlənilib hazırlanmışdır. Bu zaman rotorda əlavə kontakt halqasının yerləşdirilməsinə ehtiyac qalmır. Standart asinxron maşının rotor dolaqlarının yeni birləşmə sxemi şəkil 2-də verilmişdir.



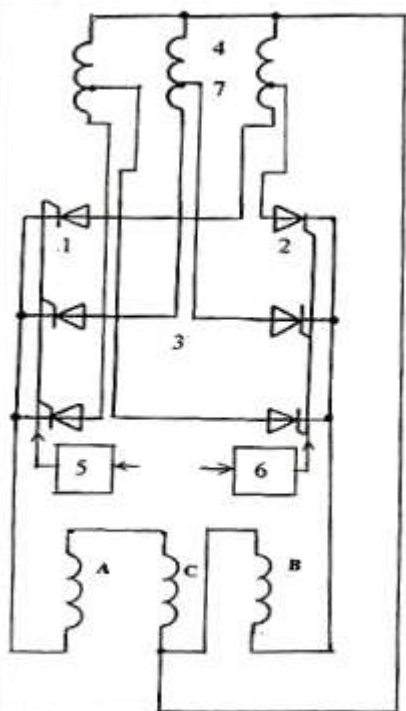
*Şəkil 1. Sinxronlaşdırılmış asinxron maşını bazasında uzununa-eninə təsirlənmənin universal sistemi.*



Şəkil 2. Sabit cərəyanla qidalanmada asinxron maşının rotor dolağının birləşmə sxemi və maqnit hərəkət qüvvəsinin vektor diaqramı



Şəkil 3. Sinxronlaşdırılmış asinxron maşını bazasında daha praktiki uzununa-eninə təsirlənmə sistemi.



Şəkil 4. Sinxronlaşdırılmış asinxron maşını bazasında uzununa-eninə təsirlənmənin təkmilləşdirilmiş sistemi.

Qeyd etmək lazımdır ki, istismar şəraitində belə dəyişməni real maşınlarda yerinə yetirmək asan və kifayət qədər sadə başa gəlir. Bunun üçün CZ fazasının sonluğu (Z sıxacı) ümumi birləşmə nöqtəsindən çıxarılır, AX və ya BY fazasının başlanğıcına birləşdirilir. CZ fazasının Z sonluğunun AX və ya BY fazalarından hansına birləşdirilməsinin prinsipial əhəmiyyəti yoxdur [2,3].

Asinxron maşının rotorunun faza dolaqlarının sıxaclarına  $U_{f1}$  və  $U_{f2}$  gərginlikli sabit cərəyan mənbələrinin birləşdirilməsi də Şəkil 2 - də göstərilmişdir. Bu şəkildə verilmiş vektor diaqramından görüldüyü kimi, AX və BY fazalarının kombinasiyasıyla  $\sqrt{3}I_{f1}W_1$  maqnit hərəkət qüvvəsi yaranır, CZ fazası isə  $I_{f2}W_2$  maqnit hərəkət qüvvəsini yaradır. Burada  $W_2$ -rotorun faza dolağının sarğılar sayıdır. Göstərilən maqnit hərəkət qüvvəsi vektorları bir-birinə nəzərən  $90^\circ$  el.dər. qədər sürüşmüş olurlar. Bu isə uzununa-eninə təsirlənmə sisteminin yaradılmasını göstərir [2,3].

Baxılan variant üçün təsirlənmənin tiristor sistemi Şəkil 3-də verilmişdir. Verilmiş şəkildə 1-ci tiristorlar qrupu asinxron maşının rotorunun AX və BY fazalarını, 2-ci tiristorlar qrupu isə CZ fazasını qidalandırır. Qeyd olunan tiristor qruplarıyla yaranan düzləndirici-3; 1 və 2-ci qrupların faza idarə sistemləri-4,5; uzlaşdırıcı güc transformatorunun ikinci tərəf dolağı -6 kimi işarələnmişdir.

1 və 2-ci tiristor qruplarının 3 düzləndiricisinə birləşdirilməsinə baxıldıqda belə birləşmənin göstərilən tiristor qruplarının bir-birinə qarşılıqlı təsirlərini tam yox etdiyini görmək olar.

Əgər 2-ci qrup tiristorlar adi üçfazlı körpü düzləndiricisində olduğu kimi birləşdirilsəydi (katodları 1-ci qrup tiristorların anodlarına),  $U_{d1} \neq 2U_{d2}$  olduqda bütün hallarda qarşılıqlı təsir və bərabərləşdirici cərəyanın axması olardı. Burada  $U_{d1}$  və  $U_{d2}$  1 və 2-ci tiristor qruplarının düzləndirilmiş gərginlikləridir. [1,2,3]

CZ faza dolağında cərəyanın döyüntüsünü azaltmaq üçün 2-ci tiristor qrupunu transformatorun ikinci tərəf dolağının lehimlənmiş 7 nöqtəsinə şəkil 4-də göstəriləyi kimi qoşmaq olar. 2-ci tiristor qrupunun anod gərginliyinin azaldılması idarə bucağının, həm də göstərilən fazada cərəyanın döyünməsinin azalmasıyla (digər bərabər şəraitlərdə) nəticələnir.

Beləliklə, 7 birləşmə nöqtəsinin ikinci dolaq gərginliyinin yarısına uyğun gələn 4 nöqtəsində yerləşdirilməsi baxılan məsələni tam həll etmiş olur.

### ƏDƏBİYYAT

1. Абдулкадыров А.И. Новый принцип синхронизации асинхронного двигателя // Электротехника. (РФ), 1998, №4, с.17-20.
2. Абдулкадыров А.И., Гаджибалаев Н.М. Системы возбуждения синхронизированной асинхронной машины // Труды Азерб. Гос. Морской Академии, 2008, № 7, с. 66-68.
3. Абдулкадыров А.И., Алиев Н.А., Османов С.Д., Гаджибалаев Н.М. Принцип регулирования фазы магнитного поля возбуждения в синхронной машине // Труды Кременчугского политехнического университета. Украина. Кременчуг 2008, №3, с.172-174.

### РЕЗЮМЕ

#### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОНИЗИРОВАННОЙ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

*Гаджибалаев Н.М., Кулиев З.А., Гашимова А.Р.*

**Ключевые слова:** синхронизированная асинхронная машина, ротор, продольно-поперечная система возбуждения, фазовая обмотка, тиристор.

В статье рассмотрены вопросы усовершенствования системы продольно-поперечного возбуждения и разработки схем соединения фазовых обмоток ротора для регулирования активной и реактивной мощности в синхронизированных асинхронных машинах, применяемых в ветроэнергетических установках.

### SUMMARY

#### EXCITATION SYSTEM DEVELOPMENT OF SYNCHRONIZED ASYNCHRONIC MACHINE APPLIED IN WIND-DRIVEN ELECTRIC PLANT

*Hajibalayev N.M., Guliyev Z.A., Hashimova A.R.*

**Key words:** synchronized asynchronous machine, rotor, longitudinal-cross excitation system, faze winding, thyristor.

In the article the problems of the improvement of longitudinal - cross excitation system and the development of connection scheme of rotor phase winding for the regulation of active and reactive power in synchronized asynchronous machines, used in wind-driven electric plant are considered.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	12.03.2018
	Son variant	28.09.2018

УДК 629.563.21

**УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ  
СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА  
ПОЛУПОГРУЖНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ  
ИМ. ГЕЙДАРА АЛИЕВА**

**<sup>1</sup>ТИТОВ АЛЕКСЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ**

**<sup>2</sup>АЛИЕВ СЕЙФУЛЛА ГЮЛЬМАМЕД оглу**

*Астраханский государственный технический университет,*

*Институт морских технологий, энергетики и транспорта,*

*1-профессор, директор института, 2-магистрант*

**ИСМАЙЛОВ АЗЕР РАГИМ оглу**

*Азербайджанская государственная морская академия, докторант*

[astu@astu.org](mailto:astu@astu.org)

[azer\\_ismayil@mail.ru](mailto:azer_ismayil@mail.ru)

**Ключевые слова:** *полупогружная буровая установка, жизненный цикл строительства буровых установок, шельфовые проекты Азербайджана.*

**Введение.** Мировой опыт показывает, что решение задач освоения шельфа на порядок сложнее и дороже, чем выполнение подобных задач в обычных материковых условиях. Реализация подобных проектов – это качественно новые задачи, требующие пересмотра большинства подходов, сформировавшихся к настоящему времени в проектировании, строительстве и эксплуатации сложных инженерно-технических сооружений в условиях континентального шельфа [1]. Азербайджан является одним из участников освоения шельфовых нефтегазовых месторождений Каспийского моря. На сегодняшний день он обладает буровыми установками, способными работать на глубинах в море до 1 км.

**Постановка задачи.** На рисунке 1, приведена общая схема расположения месторождений нефти и газа в прибрежной и шельфовой части Азербайджана [2].

Большинство морских буровых установок (МБУ), эксплуатируется в условиях экстремальных технологических и природных нагрузок. Это привело к появлению конструктивных решений для МБУ, отличающихся максимально высокой плотностью компоновки оборудования, а также применением при их эксплуатации вахтового метода работы персонала (на платформе может одновременно работать около 200 человек). Помимо этого, к объектам морской нефтегазодобычи предъявляются высокие требования в отношении пожара и взрывобезопасности. Кроме этого МБУ относятся к экологически опасным объектам, требующим больших затрат на экологическую проработку и сопровождение проекта.

В этой связи, затраты на строительство современного морского стационарного или плавучего сооружения для бурения скважин, добычи и хранения нефти может достигать 3-4 млрд долларов США [1].

На Каспийском море для Азербайджана в 2000 г. была собрана из импортированных узлов новая самоподъемная буровая установка (СПБУ) Trident-20 ценою 175 млн. долларов, способная функционировать на глубине до 115 м и бурить скважины длиной до 7925 м. Её собственником числилась зарегистрированная в Швейцарии компания Transocean Sedro Forex, с 2003 г. – просто Transocean [4]. С учётом советско-иранских

договоров на платформе был поднят флаг Азербайджана, а сама она переименована в «Гуртулуш» («Возрождение»). СПБУ «Гуртулуш» первоначально была спроектирована для работы в Северном море. Стальные конструкции для нее завезены из Японии, Франции и Украины. Талевая система закуплена во Франции, лебедка - в США.

В рамках работы по проекту блока каспийских месторождений Азери – Чираг – Гюнешли (АЧГ), которые начались уже в 1995 г., для бурения оценочных и опережающих скважин иностранные инвесторы модернизировали под западные стандарты две советские полупогружные буровые установки (ППБУ) серии «Шельф», принадлежащие ГНКАР. Первая из них была названа «Деде Горгуд» (работа при глубине моря до 475 м), вторая – «Истиглал» (до 700 м). Протяжённость скважин, которые можно бурить с этих платформ, была увеличена до 7620 м.

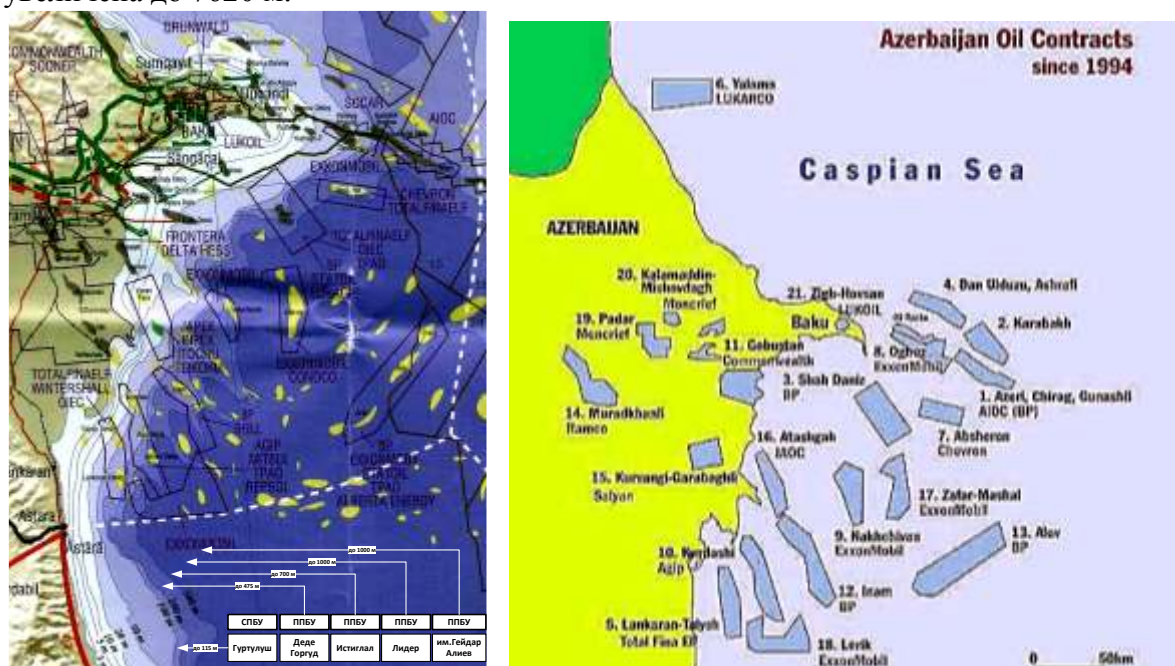


Рисунок 1. Структура расположения месторождений нефти и газа Азербайджана [2,3]

В феврале 2001 года Keppel FELS и CSC выиграли контракт в размере 167 миллионов долларов США от Maersk Contractors на строительство платформ типа DSS с Exxon Azerbaijan Operating Company LLC и Chevron Overseas Petroleum Azerbaijan Limited на трехлетнюю программу бурения [5]. Суммарная стоимость строительства полупогружной буровой установки (ППБУ) «Лидер» («Maersk Explorer») составила 260 млн долларов.

ППБУ типа DSS представляет собой серию проектов полупогружной платформы от Keppel FELS и Marine Structure Consultants. Конструкция состоит из двух понтонов с двумя колоннами каждая и прямоугольной палубы [6].

В 2002 году Keppel FELS Limited (Keppel FELS) досрочно построил и доставил водным транспортом части полупогружной буровой платформы Maersk DSS-20-CAS-M, состоящий из двух понтонов, четырех колонн и опорной части бурового пола в адрес дочерней компании Caspian Shipyard Company Ltd (CSC), расположенной в г.Баку, Азербайджан [5], где был произведен окончательный монтаж основных элементов конструкции в 2003 году.

Буровая установка, разработанная Keppel FELS и Marine Structure Consultants, на тот момент являлась технологически самой передовой и экономичной буровой установкой действующей в Каспийском регионе, которая может работать на глубинах шельфа до 1000 метров и бурить до 9140 метров.

В 2013 году, государственной нефтяной компанией Азербайджанской Республики SOCAR был заключен договор на строительство ППБУ 6-го поколения DSS-38М (ППБУ им. Гейдара Алиева) с Caspian Drilling Company Limited LLC (Азербайджан), Keppel Offshore & Marine LTD (Сингапур). В рамках реализуемого проекта Caspian Rig builders PTE LTD (Сингапур) должен будет выполнить проектирование и компоновку ППБУ, а Caspian Shipyard Company LLC (г.Баку, Азербайджан) построить ППБУ за 41 месяцев. Буровая установка может работать на глубинах шельфа до 1000 метров и бурить до 12192 метров [7]. В отличие от проекта 2002 года (ППБУ Лидер), данный проект был реализован полностью за счет производственных возможностей Caspian Shipyard Company LLC. Строительство ППБУ было полностью завершено в 2017 году, а его стоимость составила 1 млрд 116,7 млн долларов США [7].

В этой связи, проект строительства ППБУ им. Гейдара Алиева – это первый проект, где реализация всего жизненного цикла объекта капитального строительства (ЖЦ ОКС) при обустройстве и эксплуатации месторождения осуществляется заказчиком/оператором по месту строительства ППБУ. В среднем, проект сооружения ППБУ насчитывает от 20 до 100 отдельных направлений взаимодействий, которыми необходимо оперативно управлять. Учитывая то, что каждое из таких направлений включает в себя сотни технических вопросов, требующих урегулирования или внесения изменений, для реализации проектов в установленные временные и финансовые рамки необходимо рассматривать в рамках всего жизненного цикла инженерного сооружения.

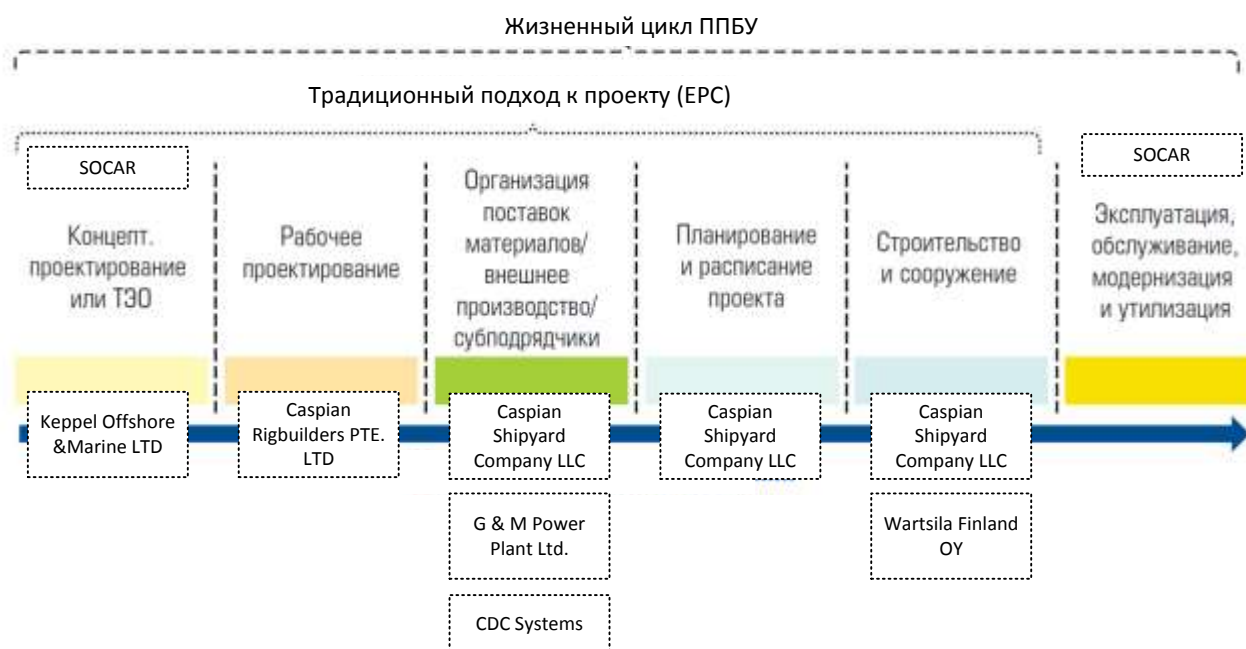


Рисунок 2. Управление взаимодействиями на всех этапах жизненного цикла

Структура реализации проектов по освоению нефтегазовых месторождений состоит из SOW (совокупный объем работы), что подразумевает наличие следующих видов работ: инженерных (E), закупок (P), строительства (C) и установки (I) - проект EPCI [8]. Для крупных проектов EPCI, может быть использовано разделение на EPC и I или T&I (транспортировка и установка). При строительстве ППБУ (рис. 2), управление ЖЦ должно обеспечивать поддержку и решение ключевых задач в рамках EPCI, необходимых для успешной реализации проекта. Данные процессы включают в себя [9]:

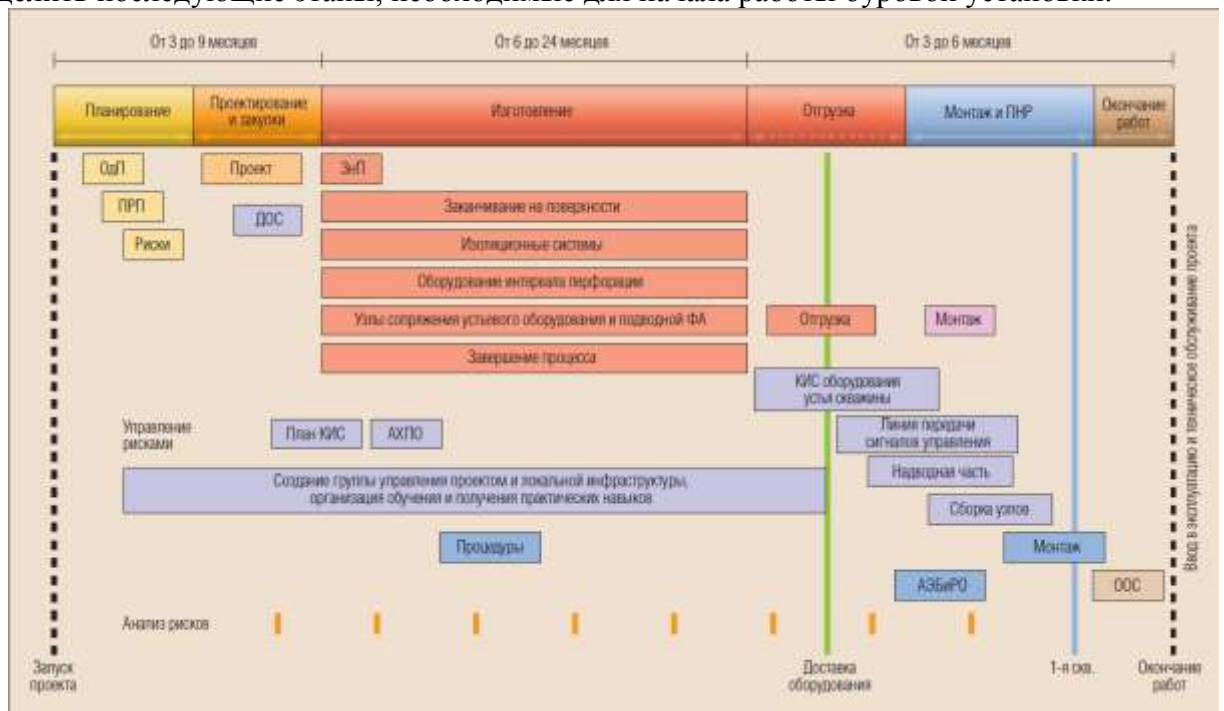
- управление изменениями (Management of change);
- управление техническими запросами (Technical queries/site queries);
- управление несоответствиями (Nonconfirmative management);



–управление взаимодействиями (Interface management).

При реализации проекта строительства ППБУ им. Гейдара Алиева было организовано взаимодействие четырех компаний и группы поставщиков оборудования. В рамках одного проекта взаимодействие определялось из перечня технических вопросов, которые должны были согласоваться между компаниями.

На рисунке 3, типовая схема ЖЦ буровой установки при освоении нефтегазового месторождения, разработанная специалистами компании Schlumberger [11], позволяющая определить последующие этапы, необходимые для начала работы буровой установки.



**Рисунок 3.** Типовая организация ЖЦ буровой установки при освоении нефтегазового месторождения: АХПО — анализ характера и последствий отказов; АЭБиРО — анализ эксплуатационной безопасности и работоспособности оборудования; ДОС — документальное оформление скважины; ЭнП — заказ на поставку; КИС — комплексные испытания систем; НП — независимые поставщики; ОдП — основание для проектирования; ООС — окончательный отчет по скважине; ПНР — пуско-наладочные работы; ПРП — план реализации проекта; ПУТ — приглашение на участие в тендере.

Реализацию всего проекта можно разбить на 9 отдельных этапов (рис. 4) – от этапа планирования до ввода в эксплуатацию и организацию технического обслуживания. После завершения каждого этапа проводится анализ проделанных работ, в результате которого участникам проекта необходимо добиться согласования проделанной работы, чтобы перейти к реализации следующего этапа.

Кроме организационных этапов реализации ЖЦ ППБУ, существуют элементы технического взаимодействия, которые, в основном, являются типовыми при реализации подобных проектов. Например, для любого проекта разработки морского нефтегазового месторождения характерно возникновение технического взаимодействия между следующими участниками: инженерами, отвечающими за технологию разработки месторождения, проектной командой подводно-добычного комплекса и инженерами, отвечающими за буровые работы.



Рисунок 4. Основные этапы реализации ЖЦ ПББУ

На рисунке 5, типовая структура технического взаимодействия в рамках инженерного цикла, рассматривает ЖЦ буровой установки с позиции выполнения следующих операций: морские, надводные и подводные. Следует отметить, что строительство ПББУ является только начальной стадией ЖЦ (рис. 3), т.к. после ввода в эксплуатацию буровая установка может работать 15-20 лет, периодически проходя модернизацию.

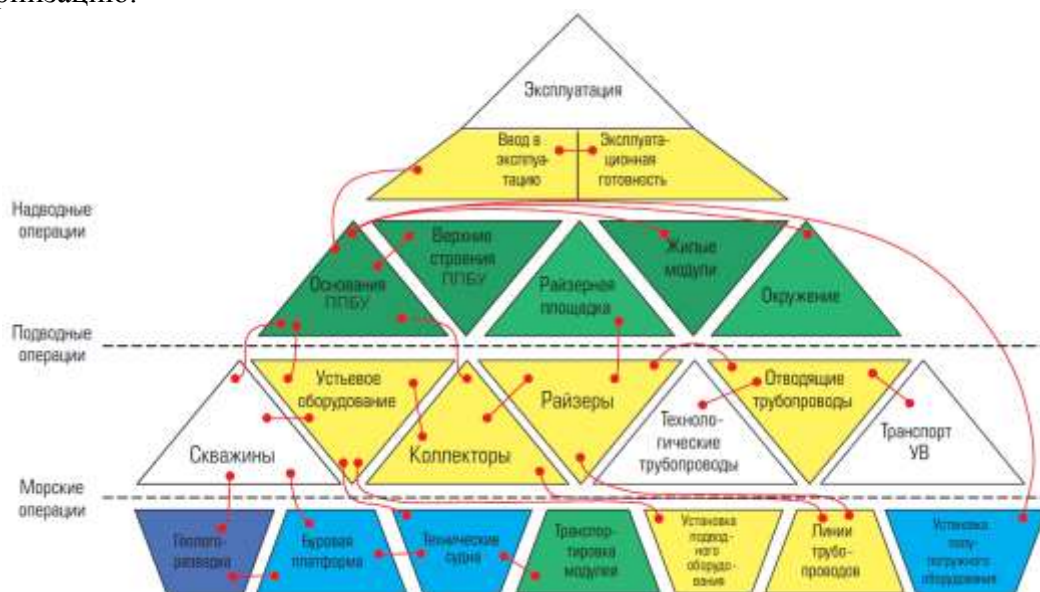


Рисунок 5. Типовые технические взаимодействия, возникающие в процессе освоения морских нефтегазовых месторождений [9]

**Анализ полученных результатов.** Реализованный в 2003 году проект сборки ПББУ Лидер, позволил получить необходимый опыт для реализации проекта строительства ПББУ им.Гейдара Алиева на базе Caspian Shipyard Company LLC (г.Баку, Азербайджан) в полном объеме с соблюдением сроков строительства. С учетом увеличения масштаба и сложности, а также количества сторон, участвующих в современных нефтегазовых проектах, управление взаимодействиями в рамках ЖЦ строительства ПББУ при освоении является одним из наиболее актуальных вопросов, решение которого должно в значительной степени повысить качество реализуемых проектов. Использование опытов крупных компаний по производству буровых установок позволил Caspian Shipyard

Company LLC реализовать дополнительные возможности по планированию и координации деятельности значительного числа специалистов и организаций, а также оперативного принятия взаимоувязанных решений в контексте постоянного изменения проектных условий, сокращения сроков реализации проектов и ужесточения требований к качеству выпускаемой документации.

**Выводы.** В индустриальных проектах задействовано значительное количество сторон: проектная команда заказчика (владельца/будущего оператора), различные отделы и департаменты заказчика, не участвующие в проекте напрямую; подрядчик по управлению проектом; различные ЕРС-подрядчики, поставщики материалов и оборудования, а также проектные институты. Эффективная организация управления взаимодействием (Interface Management) позволяет обеспечить контроль над возникающими организационными коллизиями и конфликтами технического характера между различными участниками проекта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Опыт реализация концепции управления жизненным циклом морских нефтегазовых сооружений в среде Smart Marine Enterprise корпорации Intergraph [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.remmag.ru/admin/upload\\_data/remmag/13-3/Intergraph-ESG1.pdf](http://www.remmag.ru/admin/upload_data/remmag/13-3/Intergraph-ESG1.pdf)
2. OGPSS - Looking at Azerbaijan future fuel production [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bittooth.blogspot.ru/2011/12/ogpss-looking-at-azerbaijan-future-fuel.html>
3. Hydrocarbon Province Maps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.blackbourn.co.uk/databases/hydrocarbon-province-maps.html>
4. Нефть каспийская, сервис европейский. Нефтяной сервис 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.oilru.com/files/service\\_2012.pdf](http://www.oilru.com/files/service_2012.pdf)
5. Keppel FELS delivers structures for Caspian Shipyard's first semi-submersible in Azerbaijan ahead of schedule. 22-August-2002 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.keppelom.com/en/news\\_item.aspx?sid=2605&aid=505](http://www.keppelom.com/en/news_item.aspx?sid=2605&aid=505)
6. DSS-serie [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nl.wikipedia.org/wiki/DSS-serie>
7. Azerbaijan rigs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://azrigs.com/en/>
8. Offshore Platform Integration and Floatover Technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.springer.com/us/book/9789811036163>
9. Решение задач управления взаимодействиями в проектах создания морских нефтегазовых сооружений с использованием информационной системы Intergraph SPO Project Execution [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.inteergaph.name/global/eu/assets/pdf/korneev\\_AutomatizationandITinoilandgas-June-2014.pdf](http://www.inteergaph.name/global/eu/assets/pdf/korneev_AutomatizationandITinoilandgas-June-2014.pdf)
10. Keppel to deliver new generation semi-submersible rig to Maersk. 25-July-2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.keppcorp.com/en/news\\_item.aspx?sid=656](http://www.keppcorp.com/en/news_item.aspx?sid=656)
11. Project Management of Offshore Well Completions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield\\_review/ors07/spr07/p4\\_13.pdf](https://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/ors07/spr07/p4_13.pdf)

**XÜLASƏ**  
**HEYDƏR ƏLİYEV ADINA QURĞULARI YARIMDALMA QAZMA QURĞUSUNUN**  
**TİKİNTİSİ TİMSALINDA DƏNİZ NEFT-QAZ TİKİLİLƏRİNİN HƏYAT DÖVRÜNÜN**  
**İDARƏ OLUNMASI**

*Titov A.V., Əliyev S.G., İsmayilov A.R.*

**Açar sözlər:** *yarımyüklənmiş qazma qurğuları, qazma qurğularının tikintisinin həyat dövrü, Azərbaycanın dəniz layihələri*

Yarımyüklənmiş qazma qurğuları dənizdə iş üçün nəzərdə tutulan daha böyük tikinti konstruksiyalarına aid edilir. Konstruksiyanın tikintisinin realizasiyası üçün layihənin bütün iştirakçıları arasında razılaşdırılmış iş tələb olunur. Məqalədə Xəzər dənizində Azərbaycanın dəniz layihələrinin mənimsənilməsi üçün tikilən DSS-38M tipli (Heydər Əliyev adına yarımyüklənmiş qazma qurğuları) yarım yüklənmiş qazma qurğuları tikintisinin həyat dövrünün idarə edilməsinin əsas aspektlərinə baxılır.

Heydər Əliyev adına üzən yarımqazma qurğunun (ÜYQ) inşaat layihəsinin reallaşdırılması zamanı dörd şirkətin və avadanlıq tədarük edən qrupun qarşılıqlı əməkdaşlığı təşkil edilmişdi. Vahid layihə çərçivəsində qarşılıqlı əməkdaşlıq şirkətlər arasında razılaşdırılmalı olan texniki məsələlər siyahısından müəyyən edilirdi.

“Lider” üzən yarımqazma qurğusunun 2003-cü ildə reallaşdırılmış layihəsi Caspian Shipping Company Heydər Əliyev adına ÜYQ inşaat layihəsinin reallaşdırılması üçün zəruri təcrübənin toplanmasına imkan verdi.

**SUMMARY**  
**MANAGEMENT OF THE LIFE CYCLE OF MARINE OIL AND GAS FACILITIES ON THE**  
**EXAMPLE OF CONSTRUCTION OF THE SEMI-LOADED DRILLING UNIT**

**NAMED AFTER HEYDAR ALIYEV**

*Titov A.V., Aliyev S.G., Ismayilov A.R.*

**Key words:** *semi-submersible drilling rig, life cycle of construction in drilling rigs, shelf projects in Azerbaijan.*

Semi-submersible drilling rigs are among the most large-scale construction structures intended for work in the sea. Realization of construction requires coordinated work between all projects participants at all stages of the life cycle of the drilling rig.

The article considers the main aspects of life cycle management of construction of semi-submersible drilling rigs of QSS38 type (Semi-submersible drilling rig named after Heydar Aliyev), built for development of Azerbaijan offshore projects in the Caspian Sea.

In the process of the construction project of sailing half drilling ring the mutual cooperation of the four companies and equipment supplying group was organized.

In the frame of the unique project, the mutual collaboration was defined from the schedule of technical issues that had to be agreed among the companies. The realized project of “Lider” floating half drilling ring completely following the period of construction in the base of Caspian Shipyard Company LLC (Baku, Azerbaijan) in 2003, gave the opportunity to collect the significant experience to realize the construction project of (FHDR) named after Heydar Aliyev.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	09.01.2018
	Son variant	28.09.2018

UOT 665.65:622.276.5

## İSTİSMAR ZAMANI QAZMA BORULARININ ETİBARLILIĞININ YÜKSƏLDİLMƏSİNDƏ YARANAN PROBLEMLƏR VƏ ONLARIN ARADAN QALDIRILMASI

<sup>1</sup>ABDULLAYEV QURBAN SADIX oğlu

<sup>2</sup>RZAYEVA TAMELLA İBAD qızı

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-dosent*

*Sumqayıt Dövlət Universiteti nəzdində Sumqayıt Dövlət Texniki Kolleci, 2-müəllim*

[abdullayev.qs@bk.ru](mailto:abdullayev.qs@bk.ru)

*Açar sözlər: qazma borusu, qəza sonluğu, mufta, dodaqcıq, tutucu, elektromaqnit.*

Neft sənayesində istifadə olunan avadanlıqların uzunömürlülüyünün yüksəldilməsində başlıca məqsəd bu prosesdə tətbiq olunan avadanlıqların təkmilləşdirilməsi istiqamətində fundamental tətqiqatların aparılmasıdır. Maşın və mexanizmlərin etibarlılığı təsir yükünün xarakteri və qiymətindən, qovşaq hissələrinin material və konstruksiyalarından, hazırlanma keyfiyyətindən, istismar şəraitindən və s. asılıdır. Bu faktorların əksəriyyətinin təsiri təsadüfi xarakter daşıyır (təsadüfi əlavə yüklənmələr, metalda defektlər və s.) elə bu səbəbdən də baş verən dayanmalar öz təbiəti etibarlı ilə təsadüfi olur.

Etibarlılığın qiymətləndirilməsində istifadə olunan kəmiyyətlər də təsadüfi xarakter daşıyır. Buna görə də qazma borularının etibarlılığını xarakterizə edən əsas qanunauyğunluqlar da statistik verilənlərə əsasən ehtimal və riyazi statistika qanunları nəzəriyyəsi əsasında aparılır [1, s.12].

**Məqalənin məqsədi:** qazma borularının istismarı zamanı yaranan problemlərin aradan qaldırılmasıdır.

Məlumdur ki, bir çox işlək quyuların sıradan çıxarılmasının əsas səbəbləri məhsuldar layda və istismar olunan quyularda baş verən müxtəlifkateqoriyalı mürəkkəbləşmiş qəzalar olur. Quyularda baş vermiş qəzaların ləğvində müxtəlif tutucu alətlərlə yanaşı, borututan alətlərdən də istifadə olunur. Borututanların iki növü olur: daxili və xarici borututanlar. Hər bir qəzanın başvermə şəraiti qəza sonluğunun vəziyyətindən asılı olaraq yaranır.

Borututan sağ və sol yivli olur. Neft və qaz borularının əsaslı təmirində tutma əməliyyatları yerinə yetirilən zaman ölçü və xassələrinə görə müxtəlif təyinatlı tutucu alətlərdən istifadə edilir. Bu alətlər quyuda qəzaya uğramış boruların xaricindən və daxilindən yiv açmaqla, eyni istiqamətlər üzrə borulara pərçimləməklə birləşir. Qəza sonluğu normal vəziyyətdə olarkən borularla rahat işləmək olur [2, s.194]. Lakin çox hallarda baş vermiş qəzada müxtəlif səbəblərdən qəza sonluğu dağılır. Qəza sonluğu 50 sm bəzən aşağıya doğru gövdəsində kəsiklər əmələ gəlir. Belə hallarda mövcud borututanlarla qəza borusunu tutub qaldırmaq mümkün olmur. Qəza borusunun müxtəlif səbəblərdən gövdəsindəki yaranmış kəsiklər, onun gövdəsinin genişlənməsinə gətirib çıxarır. Qəza borularını quyuya ağzına qaldırmaq üçün, borututanlar mövcuddur. Çünki, mövcud borututanın ştokunun uzunluğu azdır. Bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün daxildən tutan dodaqcıqların üzərində iti və çox möhkəm dişliklər açmaq lazımdır və bu dişlikləri qarmaq şəklində hazırlamaq lazımdır ki, borunu yuxarı qaldırıqda sürüşmələr baş verməsin.

Təklif olunur ki, bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün dodaqcıqlar üzərində hazırlanmış dişliklərin iç tərəfindən elektromaqnit tutucudan istifadə edilsin. Elektromaqnit tutucu dişliklərin daxili səthində yerləşdirilir və izolyasiya edilmiş naqillə borututucunun daxilindən üst səthədək çəkilir, həmin naqil elektrik mənbəyinə qoşulur. Qəza borunu tutucu

vasitəsilə tutduqdan sonra dodaqcıq sürüşməsin deyə, naqilə elektrik cərəyanı verilir və burada elektromaqnit işə düşür. Sıxılan hissədə maqnitlənmə alınır. Bu da borututanın dişlərinin sürüşməsinin qarşısını alır.

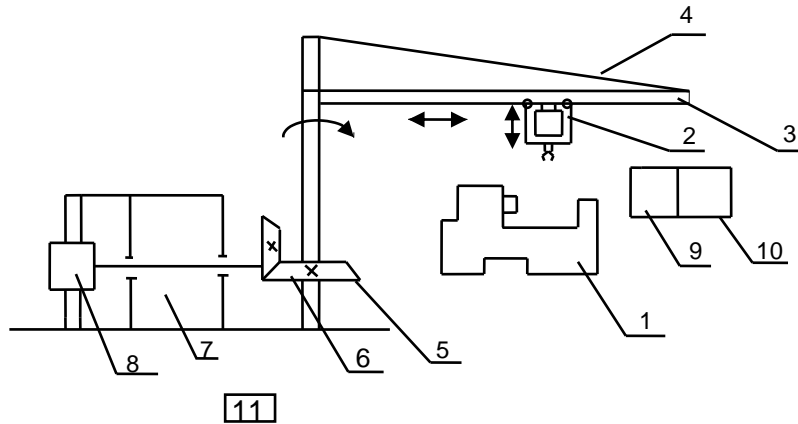
Maşınqayırma müəssisələri neft hasilatını müxtəlif avadanlıqlarla: qazma, nasos kompressor və qoruyucu borular; baltalar; birləşdirici elementlər ilə təchiz edir. Belə hissələrdən biri də neft-mədən təyinatlı muftalardır. Konik yivlərə malik muftalardan neft-mədən təyinatlı boruların və müxtəlif təyinatlı hissələrin birləşdirilməsində geniş istifadə edilir. Muftaların konstruktiv və texnoloji özəllikləri onların hər iki tərəfdən muxtəlifönlü eyni və ya müxtəlifkonstruksiyalı (qıfıl muftaları) konik yivlərə malik olmasıdır. Hər iki tərəfdən eyni konstruksiyalı yivlərə malik muftalar daha geniş istifadə edilir. Məlumdur ki, respublikamızın müəssisələrində bu cür muftalarda konik yivlərin emalı hər iki tərəfdən muftanın iki nöqtəsində aparılır. Lakin bu hallarda konik yivlərin biroxluluqdan sapma xətalı yaranır və nəticədə, muftaların iş prosesində yükötürmə qabiliyyəti azalır [2, s. 271].

Bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün muftaya yiv açan dəzgahların yanında muftaları bazalaşdıran manipulyatorlardan istifadə edilməsi məqsədə uyğun sayılır.

Bildiyimiz kimi, hal-hazırda boruyayma zavodlarında muftalarda yivkəsən dəzgahlarda mənəvi cəhətdən köhnəmiş köməkçi avadanlıqlardan istifadə edilir. Bunlarda yüksək keyfiyyət alınmır. Bu da istismar zamanı bəzi xoşagəlməz hallara səbəb olur.

Misal üçün muftalar əl ilə dəzgahın patronuna qoyulduqda muftanın xarici səthi üzrə bazalaşma düzgün getmir. Nəticədə, muftanın daxili səthinə yiv açdıqda düzoxluluq pozulur.

Təklif olunan manipulyatorla muftalar patrona qoyulduqda sanqa mexanizmi muftanı oxa nəzərən paralel sıxdığına görə qeyri-oxluluq alınmır. Bu zaman yivlərin kəsilməsi standartı uyğun gedir. Muftaları dəzgahın patronuna verən manipulyatorun sxemi şəkil 1-də verilib.



**Şəkil 1.** Muftaları dəzgahın patronunda bazalaşdıran manipulyator.

1) muftakəsən dəzgah; 2) manipulyator; 3) monorels; 4) kanat; 5) konik dişli çarxlar; 6) kalon; 7) reduktor; 8) elektrik mühərriki; 9) hazır detal stul; 10) pəstah stulu; 11) idarəetmə pultu.

Muftaların daxili səthlərinin, o cümlədən konik yivlərin bir tərəfdən emal üsulu təklif edilmişdir [2, s. 271; 3, s.4,5].

Bu zaman yüksək emal dəqiqliyi və səmərəliliyi təmin etmək üçün emalın şpindel oxu ilə yönəldici arasında çarpazlıq bucağı konik yivlərin mailik bucağına  $\phi$  bərabər olan xüsusi dəzgahlarda aparılması və xüsusi təchizat vasitələrindən istifadə olunması tövsiyə edilir [6]. Bu təklif olunan metodun çatışmazlığı ondan ibarətdir ki, maili bucaq altında yivaçma əmliyyatları yerinə yetirdikdə sapma səthlərində xətalər çoxalmaqla yanaşı, istismar zamanı eyni oxluluq pozulur. Bu da fırlanma zamanı dibalansın alınmasına gətirib çıxarır. Bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün borştaqaların kəskin tutqacının üzərində sürətçıxaran

kapirlərin qoyulması muftaların həm qabaq, həm də arxa səthlərinin xətasız yiv emalına imkan verir.

**Nəticə.** Aparılmış tədqiqatlardan belə nəticəyə gəlmək olar ki, istismar zamanı qazma borularının etibarlılığını yüksəltmək və qarşıya çıxan problemləri aradan qaldırmaq üçün əvvəlcədən aşağıdakı tədbirləri görmək lazımdır:

1. Qazma borularını quyu ağzına qaldırmaq üçün daxildən tutan dodaqcıqların üzərində iti və çox möhkəm dişlikləri açmaq və bu dişlikləri qarmaq şəklində hazırlamaq lazımdır ki, borunu yuxarı qaldırıqda sürüşmələrə yol verilməsin. Əlavə olaraq elektromaqnitdən istifadə olunsun ki, o etibarlılığını yüksəltsin;
2. Muftaların daxili səthindəki oxa paralelliyini saxlamaq üçün onları manipulyatorlar vasitəsilə eyni bazada emal edilməsini təmin etməli.  
Bu dəyişikliklərin edilməsi ucuz başa gəlir və iqtisadi cəhətdən əlverişli üsul sayılır.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. Məmmədov V.T., Mirzəyev O.H. Neft mədən texnikasının təmiri və bərpaı. Bakı: ADNA, 2012. 300 s.
2. Hüseynov H.Q. Quyuların əsaslı təmirində istifadə edilən alət və avadanlıqların səmərəliliyinin artırılması / Maşınqayırmada intellektual texnologiyalar. Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları. 28-30 sentyabr. Bakı: 2016, s.194; 271.
3. Rəsulov N.M., Həsənov S.S. Muftaların müxtəlif yivli daxili səthlərinin bir tərəfdən emalının mütərəqqi texnologiyası // Elmi əsərlər, Fundamental əsərlər. Bakı: AMİU, 2010.
4. Расулов Н.М. Способ обработки двух разнонаправленных конических резьб. А.С. № 1662776 изобретений, Баку, 1991.
5. Расулов Н.М. Управление технологическими размерными связями и эффективность обработки деталей машин. М. : Техника машиностроения, 2003.
6. Abdullayev Q.S., Əliyev Q.C. Boruların soyuq emalı üçün manipulyator // Elmi əsərlər. Azər. tna, № 4. Bakı: 1999, s.107-110 .

### **РЕЗЮМЕ**

#### **ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Абдуллаев К.С., Рзаева Т.И.*

**Ключевые слова:** бурильная труба, окончание аварий, муфта, держатель, электромагнит, губки.

В статье рассматриваются вопросы устранения проблем, возникающих в процессе бурения. Здесь предлагается использовать электромагнит в случае аварии в трубах (окончаниях труб) на буровых скважинах и поднятия их на поверхность скважины.

При переработке муфты для труб вне оси предлагаются манипуляторы для их устранения. С помощью указанных манипуляторов базовая погрешность снижается на нулевой уровень. В это время, чтобы обеспечить высокую точность и эффективность, рекомендуется использовать специальные снабжения, угол уклона  $\phi$  которых равен углу уклона между осью шпинделя и направляющей.

**SUMMARY**  
**PROBLEMS THAT INCREASE THE RELIABILITY OF DRILLING PIPES DURING  
OPERATION AND THEIR ELIMINATION**

*Abdullayev G.S., Rzayeva T.I.*

**Key words:** *drilling pipe, accident ending, muff, keeper's tip, catcher, electromagnetic.*

The article deals with the issues of elimination of problems arising in the process of drilling. Here it is proposed to use an electromagnet in the event of an accident in the pipes (pipe ends) on the drill wells and lifting them to the surface of the well.

In the processing of couplings for tubing off-axis positioners are available to overcome them. With the help of these manipulators, the basic error is reduced to zero. At this time, to ensure high accuracy and efficiency, it is recommended to use special supplies, the angle of inclination  $\varphi$  which is equal to the angle of inclination between the spindle axis and the guide .

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	13.03.2018
	Son variant	28.09.2018



---

## MÜNDƏRİCAT    СОДЕРЖАНИЕ    CONTENTS

### ***Fizika və riyaziyyat***

- 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 4
- Курбанов Н.Т., Алиева У.С.* Исследование изгиба деформируемого стержня с учетом свойства ползучести 14

### ***Kimya***

- Ağayev Ə.Ə., Süleymanova P.V., Nəzərova M.K., Rüstəmov K.M.* Modifikasiya olunmuş Zr, H-mordenitin iştirakı ilə anizolun və 1-metoksinaftalinin alınması 19
- Abbasov V.M., Abbasov M.M., Məmmədova T.A., Həsənova A.R.* АГКД-400, Seokar-600 və Ni,Co,Mo oksidləri ilə modifikasiya olunmuş haloizit nümunəsi ilə hazırlanmış yeni katalizator növünün hidrotəmizlənmə prosesində tətbiqi 24
- Юсифли Ф.Х., Рамазанов Г.А., Гулиев А.М.* Аддукты непредельных циклических ацеталей с тиофенолом в качестве добавок к бутадиен-стирольному каучуку 31
- Tarverdiyev Ş.Ə., Nəsirova İ.M.* 1-dialkil(aril)silanların 1-fenil-4-qlisidiloksibutin-1-ə katalitik birləşdirilməsi 37
- Алиев А.М., Османова И.И., Балаев И.В., Гусейнова А.М., Сафаров А.Р.* Метод управления процессом dealкилирования толуола с водяным паром 42
- Hətəmov M.M., Mənsurov Q.M., Bayramov A.A.* Natrium hipoxloritin alınması üçün avtomatlaşdırılmış “hiponat” elektroliz qurğusu 49
- Əhmədova R.R., Aşurova N.D., Babayeva T.M.* Turş xassəli kükürlü qazların utilizasiya prosesinin tədqiqi 53

### ***Biologiya***

- Baxşaliev A.Y., Ağayeva Z.T., Bədirova A.İ.* Parazit-sahib münasibətləri zamanı canlı orqanizmdə baş verən dəyişikliklər 57

### ***Texnika***

- Balaev B.A., Mamedov B.G.* Определение оптимального режима процесса дегидрирования этилбензола 60
- Гусейнзаде Ш.С., Курбанова С.И.* Разработка и анализ модели эволюционного нечеткого регулятора с применением CPN TOOLS 66
- Məmmədov F.H., Qarayev N.Ç.* Yeni nəsil şəbəkələrində informasiya axınlarının statistik xarakteristikaları və onların xidmət proseslərinin riyazi modelləri 71
- Məmmədova Ş.T.* Çevik istehsalat müəssisəsinin idarəetmə sisteminin vericilərinin seçilməsi və modelləşdirilməsi alqoritmi 79
- Balametov Ə.B., Hacıyev N.İ.* Gərginliyi 10/0,4 kv olan üçfazlı paylayıcı elektrik şəbəkələrdə güc transformatoru dolaqlarının qoşulma sxemlərinin tətbiqi sahələri haqqında 84
- Hacıbalayev N.M., Quliyev Z.A., Həşimova A.R.* Külək energetik qurğularında tətbiq olunan sinxronlaşdırılmış asinxron maşının təsirlənmə sisteminin təkmilləşdirilməsi 91
- Tımov A.B., Aliyev S.G., İsmailov A.P.* Управление жизненным циклом морских нефтегазовых сооружений на примере строительства полупогружной буровой установки им. Гейдара Алиева 94
- Abdullayev Q.S., Rzayeva T.İ.* İstismar zamanı qazma borularının etibarlılığının yüksəldilməsində yaranan problemlər və onların aradan qaldırılması 101

---

Kompüter yığımı *S.Şahverdiyeva*  
Texniki redaktor *E.Həsəratova*  
Dil dəstəyi *Linqvistik mərkəz*

Çapa imzalanmışdır: 2018-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) 644-88-10  
Faks: (0-18) 642-02-70

**Web: [www.sdu.edu.az](http://www.sdu.edu.az)**  
**E-mail: [sdu.elmixeberler@mail.ru](mailto:sdu.elmixeberler@mail.ru)**