

SUMQAYIT DÖVLƏT UNIVERSİTETİ
СУМГАЙЫТСКИЙ 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 14

2014

№3



Sumqayıt- 2014

Sumqayıt Dövlət Universiteti
Elmi Xəbərlər. Təbiət və texniki elmləri bölməsi

BAŞ REDAKTOR

Fəlsəfə elmləri namizədi, dos.

Elxan Hüseynov

BAŞ REDAKTOR MÜAVİNİ

Filologiya üzrə elmlər doktoru, prof.

Ramazan Məmmədov

MƏSUL KATİB

Fizika-riyaziyyat elmləri namizədi, dos.

Əkbər Məmmədov

REDAKSİYA HEYƏTİNİN ÜZVLƏRİ**Texnika elmləri üzrə**

Akademik, texnika elmləri doktoru, prof.

AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, prof.

Texnika elmləri doktoru, prof.

Texnika elmləri doktoru, prof.

Texnika elmləri doktoru, prof. (məsul redaktor)

Texnika elmləri doktoru, prof.

Telman Əliyev

Firudin Məmmədov

Məhəmməd Əhmədov

Nadir Kazımov

Fazil Ələkbərli

Cavanşir Məmmədov

Təbiət elmləri üzrə**Fizika və riyaziyyat elmləri üzrə**

AMEA-nın müxbir üzvü, fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Fizika - riyaziyyat elmləri doktoru, prof. (məsul redaktor)

Fizika - riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Fizika - riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Fizika - riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Fizika - riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Fizika - riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Fizika - riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Yusif Məmmədov

Məhəmmədəli Zərbəliyev

Fikrət Feyziyev

Polad Qəhrəmanov

Məmməd Yaqubov

Eldar Məsimov

Vaqif Salmanov

Həmdulla Aslanov

Kimya elmləri üzrə

Akademik, kimya elmləri doktoru, prof.

Akademik, kimya elmləri doktoru, prof.

Kimya elmləri doktoru, prof.

Kimya elmləri doktoru, prof. (məsul redaktor)

Kimya elmləri doktoru, prof.

Vaqif Abbasov

Akif Əzizov

Teymur İlyasov

Dursun Aşurov

Əkbər Ağayev

Biologiya elmləri üzrə

AMEA-nın müxbir üzvü, biologiya elmləri doktoru, prof.

Biologiya elmləri doktoru, prof.

Biologiya elmləri doktoru, prof.

Biologiya elmləri namizədi, dos. (məsul redaktor)

Elşad Qurbanov

Pənah Muradov

Əli Əliyev

Nizami Namazov

Сумгайытский государственный университет
Научные Известия. Серия: Естественные и технические науки.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Кандидат философских наук, доц.

Эльхан Гусейнов

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Доктор филологических наук, проф.

Рамазан Мамедов

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Кандидат физико-математических наук, доц.

Акбер Мамедов

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИИ

Технические науки

Академик, доктор технических наук, проф.

Член-корр. НАНА, доктор технических наук, проф.

Доктор технических наук, проф.

Доктор технических наук, проф.

Доктор технических наук, проф. (ответственный редактор)

Доктор технических наук, проф.

Тельман Алиев

Фирудин Мамедов

Магомед Ахмедов

Надир Кязимов

Фазиль Алекберли

Джаваншир Мамедов

Естественные науки

Физика и математика

Член-корр. НАНА, доктор физико-математических наук, проф.

Доктор физико-математических наук, проф.

(ответственный редактор)

Доктор физико-математических наук, проф.

Доктор физико-математических наук, проф.

Доктор физико-математических наук, проф.

Доктор физико-математических наук, проф.

Доктор физико-математических наук, проф.

Доктор физико-математических наук, проф.

Юсиф Мамедов

Магомедали Зарбалиев

Фикрат Фейзиев

Полад Гахраманов

Мамед Ягубов

Эльдар Масимов

Вагиф Салманов

Хамдулла Асланов

Химия

Академик, доктор химических наук, проф.

Академик, доктор химических наук, проф.

Доктор химических наук, проф.

Доктор химических наук, проф. (ответственный редактор)

Доктор химических наук, проф.

Вагиф Аббасов

Акиф Азизов

Теймур Ильясов

Дурсун Ашуров

Акбер Агаев

Биология

Член-корр. НАНА, доктор биологических наук, проф.

Доктор биологических наук, проф.

Доктор биологических наук, проф.

Кандидат биологических наук, доц. (ответственный редактор)

Эльшад Гурбанов

Панах Мурадов

Али Алиев

Низами Намазов

Sumgayit State University
Scientific News. Series for Natural and Technology Sciences.

EDITOR-IN-CHIEF**PhD, associate prof.****Elkhan Guseynov****ASSISTANT EDITOR****D.Sc. (Philology), prof.****Ramazan Mammadov****EXECUTIVE SECRETARY****PhD., associate prof.****Akber Mammadov****EDITORIAL BOARD****Technical Sciences**

Academician, D.Sc (Technikal), prof.

The member-corespondent NASA, D.Sc. (Technikal), prof.

D.Sc. (Technikal), prof.

D.Sc. (Technikal), prof.

D.Sc. (Technikal), prof. (executive editor)

D.Sc. (Technikal), prof.

Telman Aliyev

Firudin Mammadov

Magammad Akhmadov

Nadir Kazimov

Fazil Alakbarli

Dzhavanshir Mammadov

Natural Sciences**Physics and Mathematics**

The member-corespondent NASA, D.Sc. (Ph&M), prof.

D.Sc. (Ph&M), prof. (executive editor)

D.Sc. (Ph&M), prof.

D.Sc. (Ph&M), prof.

D.Sc. (Ph&M), prof.

D.Sc. (Ph&M), prof.

D.Sc. (Ph&M), prof.

D.Sc. (Ph&M), prof.

Yusif Mammadov

Mahammadali Zarbaliyev

Fikrat Feyziev

Polad Gahramanov

Mammad Yagubov

Eldar Masimov

Vagif Salmanov

Hamdulla Aslanov

Chemistry

Academician, D.Sc. (Chemistry), prof.

Academician, D.Sc. (Chemistry), prof.

D.Sc. (Chemistry), prof.

D.Sc. (Chemistry), prof. (executive editor)

D.Sc. (Chemistry), prof.

Vagif Abbasov

Akif Azizov

Teymur Ilyasov

Dursun Ashurov

Akber Agayev

Biology

The member-corespondent NASA, D.Sc. (Ph&M), prof.

D.Sc. (Biology), prof.

D.Sc. (Biology), prof.

PhD(Biology), associate prof. (executive editor)

Elshad Qurbanov

Panah Muradov

Ali Aliyev

Nizami Namazov

Təsisçi: Sumqayıt Dövlət Universiteti

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

Azərbaycan Respublikası Ədliyyə Nazirliyi tərəfindən qeydiyyatda alınmışdır.

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

Учредитель: Сумгайытский 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.

Constitutor: Sumqayıt State University

The Journal of "Scientific News" is published to order according to 991 Ministry of Education of the Azerbaijan Republic from 27.10.2000 year.

It is have been received to registration by The Ministry of Justices of the Azerbaijan Republic.

It is included to list of scientific publications of the Supreme Attestation Commission under the President of Azerbaijan Republic.

© Sumqayıt Dövlət Universiteti, 2014

УДК 519.95

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ДВОИЧНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КЛАССЕ $2D$ -МОДУЛЯРНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ФЕЙЗИЕВ ФИКРАТ ГЮЛЬАЛИ оглы

Сумгайытский государственный университет, профессор

МЕХТИЕВА МАРАЛ РЗАБАЛА кызы

Бакинский государственный университет, доцент

САМЕДОВА ЗАМИНА АГАШ кызы

Азербайджанский университет языков, ст. препод.

e-mail: FeyziyevFG@mail.ru

Ключевые слова: *Двухпараметрические двоичные динамические системы, $2D$ -модулярные динамические системы, модели в классе $2D$ -модулярных динамических систем.*

Рассматривается вопрос разработки алгоритма построения моделей двухпараметрических двоичных динамических систем, т.е. динамических систем над полем Галуа $GF(2)$, в классе $2D$ -модулярных динамических систем.

1. Введение. В системах автоматизации и управления объектов в различных областях для описания их поведения часто используются дискретные методы моделирования [1]. К таким объектам относятся конечные дискретные системы. Одним из дискретных методов для моделирования полной реакции двоичных дискретных систем является метод, основанный на полиноме Жегалкина [2]. Модель двоичных дискретных систем, полученная на основе полинома Жегалкина, представляет собой двоичную нелинейную последовательностную машину или модулярную динамическую систему (МДС) [3-5].

В работе [5] для описания полной реакции двоичных двухпараметрических и трехпараметрических динамических систем используются соответственно двухпараметрические и трехпараметрические нелинейные МДС ($2D$ -МДС и $3D$ -МДС). Однако формулы, полученные в этой работе, очень громоздки и поэтому их использование сталкивается с трудностями, связанными со сложностью обозначений. Поэтому для облегчения работы необходима разработка специального алгоритма, описывающего последовательность шагов построения моделей двоичных систем в классе $2D$ -МДС и $3D$ -МДС. В данной работе рассматривается вопрос разработки алгоритма построения моделей двухпараметрических двоичных динамических систем в классе $2D$ -МДС.

2. Постановка задачи. Рассмотрим двоичную систему, которая характеризуется следующим функциональным соотношением:

$$y[n, c] = G\{u[m, c + p] \mid n - n_0 \leq m \leq n, p \in P\}, GF(2). \quad (1)$$

Здесь $n \in T = \{0, 1, 2, \dots\}$, $c_i \in \{\dots, 1, 0, 1, \dots\}$, $j = \overline{1, 2}$; $y[n, c] \in GF(2)$ и $u[n, c] \in GF(2)$ суть выходная и входная последовательности системы; $P = \{p(1), \dots, p(r)\}$, $p(1) < \dots < p(r)$, $p(j) \in \{\dots, 1, 0, 1, \dots\}$, $j = \overline{1, r}$ и кроме того, $p(1)$ и $p(r)$ конечные целые числа ($i = \overline{1, 2}$).

Ясно, что (1) можно записать в виде $y[n, c] = f(x_{0,1}, \dots, x_{0,r}, \dots, x_{n_0,r}, \dots, x_{n_0,r})$, где $f(\dots)$ есть Булева функция и $x_{ij} = u[n - i, c + p(j)]$, $j = \overline{1, r}$, $i = \overline{0, n_0}$.

Пусть

$$X = \{u[n - i, c + p(j)] \mid i = 0, \dots, n_0; j = 1, \dots, r\},$$

$$F(i) = \{(\ell, \bar{m}) | \bar{m} = (m_1, \dots, m_\ell), \sum_{\alpha=1}^{\ell} m_\alpha = i, m_\alpha \in \{1, \dots, n_0 + 1\}, \alpha = \overline{1, \ell}, \ell \in \{1, \dots, r\}\}, \quad (2)$$

$$L(\ell) = \{(j_1, \dots, j_\ell) | 1 \leq j_1 < \dots < j_\ell \leq r\}, \quad (3)$$

$$\Gamma_1(m_\alpha) = \{\bar{n}'_\alpha = (n_1(\alpha, 1), \dots, n_1(\alpha, m_\alpha)) | 0 \leq n_1(\alpha, 1) < \dots < n_1(\alpha, m_\alpha) \leq n_0\}, \bar{n}_2 = (\bar{n}'_1, \dots, \bar{n}'_\ell), \quad (4)$$

а при $\bar{n}'_\alpha \in \Gamma_1(m_\alpha), \alpha = \overline{1, \ell}$ множество всех блочных векторов (наборов) \bar{n}_2 обозначено через $\Gamma(\ell, \bar{m})$, т.е.

$$\Gamma(\ell, \bar{m}) = \times_{\alpha=1}^{\ell} \Gamma_1(m_\alpha). \quad (5)$$

Здесь знак \times есть знак операции Декартового произведения множеств.

Теорема 1 [5]. Пусть 2D-НМДС с фиксированной памятью n_0 и ограниченной связью $P = \{p(1), \dots, p(r)\}$ описываются функциональным соотношением (1) и имеют место соотношения (2)-(5). Тогда (1) может быть представлено в виде полинома

$$y[n, c] = \sum_{i=0}^{(n_0+1)r} \sum_{(\ell, \bar{m}) \in F(i)} \sum_{\bar{j} \in L(\ell)} \sum_{\bar{n}_2 \in \Gamma(\ell, \bar{m})} h_{i, \ell, \bar{m}}[\bar{j}, \bar{n}_2] \prod_{\alpha=1}^{\ell} \prod_{\sigma=1}^{m_\alpha} u[n - n_1(\alpha, \sigma), c + p(j_\alpha)], GF(2). \quad (6)$$

Здесь в (6) при $i=0$ ясно, что $F(i) = \emptyset$, поэтому $h_{0, \ell, \bar{m}}[\dots]$ запишется в виде h_0 .

Полином (6) представляет собой двухзначный аналог полинома Вольтерры. Коэффициенты $h_0, h_{i, \ell, \bar{m}}[\bar{j}, \bar{n}_2], \bar{n}_2 \in \Gamma(\ell, \bar{m}), \bar{j} \in L(\ell), (\ell, \bar{m}) \in F(i), i \in \{1, \dots, (n_0 + 1)r\}$, полинома (7) есть неизвестные коэффициенты и при заданных входно - выходных значениях последовательностей системы (1) они определяются однозначно. Задача разработки алгоритма построения двухпараметрических двоичных систем, которая характеризуется функциональным соотношением (1), заключается в изложении последовательности вычислений, приводящих к определению неизвестных коэффициентов в (6)

3. Рекуррентные формулы для нахождения неизвестных коэффициентов полиномиальных представлений (6) для системы (1). Пусть, при заданных значениях входной последовательности $u[\gamma, c + p], n - n_0 \leq \gamma \leq n, p \in P$ известны значения выходной последовательности. В работе [5] предложены рекуррентные формулы для нахождения коэффициентов $h_0, h_{i, \ell, \bar{m}}[\bar{j}, \bar{n}_2]$, для всех $\bar{n}_2 \in \Gamma(\ell, \bar{m}), \bar{j} \in L(\ell), (\ell, \bar{m}) \in F(i), i \in \{1, \dots, (n_0 + 1)r\}$, в полиноме (6) соответствующие известным входной и выходной последовательностям. Эти рекуррентные формулы делятся на две группы. К первой группе относятся следующие формулы, которые можно называть начальными:

$$h_0 = f(0, \dots, 0, \dots, 0, \dots, 0) \quad (7)$$

$$h_{1,1,(1)}[(j_1), (i_1)] = h_0 + f(u[n - i_1, c + p(j_1)] = 1), GF(2). \quad (8)$$

$$h_{i,1,(i)}[(j_1), (\beta_1, \dots, \beta_i)] = f(u[n - \beta_\gamma, c + p(j_1)] = 1 | \gamma = \overline{1, i}) + \sum_{k=0}^{i-1} \sum_{(\sigma_1, \dots, \sigma_k) \in \Omega_k(i)} h_{k,1,(k)}[(j_1), (\beta_{\sigma_1}, \dots, \beta_{\sigma_k})], GF(2). \quad (9)$$

$$h_{i,i,(1, \dots, 1)}[(j_1, \dots, j_i), ((\beta_1), \dots, (\beta_i))] = f(u[n - \beta_t, c + p(j_t)] = 1 | t = \overline{1, i}) + \sum_{k=0}^{i-1} \sum_{(s_1, \dots, s_k) \in Q_k(i)} h_{k,k,(1, \dots, 1)}[(j_{s_1}, \dots, j_{s_k}), ((\beta_{s_1}), \dots, (\beta_{s_k}))], GF(2), \quad (10)$$

Здесь через $f(u[n - i_1, c + p(j_1)] = 1)$ обозначены значения функции $f(\dots)$, в случае, где из x только $u[n - i_1, c + p(j_1)]$ имеет значение 1. Через $f(u[n - \beta_\gamma, c + p(j_1)] = 1 | \gamma = \overline{1, i})$ и

$f(u[n - \beta_t, c + p(j_t)] = 1 | t = \bar{1}, i)$ обозначены значения функции $f(...)$, в случаях, где из множества X соответственно $u[n - \beta_\gamma, c + p(j_1)] (\gamma = \bar{1}, i)$ и $u[n - \beta_t, c + p(j_t)] (t = \bar{1}, i)$ имеют значения 1, а остальные переменные имеют значения 0. Множества $\Omega_t(m)$ и $Q_\eta(\ell)$ есть следующие множества

$$\Omega_t(m) = \{(\sigma_1, \dots, \sigma_t) | 1 \leq \sigma_1 < \dots < \sigma_t \leq m\}, \quad (11)$$

$$Q_\eta(\ell) = \{(s_1, \dots, s_\eta) | 1 \leq s_1 < \dots < s_\eta \leq \ell\}. \quad (12)$$

Ко второй группе относятся формулы, которые излагаются следующей теоремой:

Теорема 2 [5]. Пусть $\bar{n}_2 \in \Gamma(\ell, \bar{m})$, $\bar{j} \in L(\ell)$, $(\ell, \bar{m}) \in F(i)$, $i \in \{1, \dots, (n_0 + 1)r\}$ и они произвольные. Пусть через $f(u[n - n_1(\alpha, \sigma_\alpha), c + p(j_\alpha)] = 1 | \sigma_\alpha = \bar{1}, m_\alpha, \alpha = \bar{1}, \ell)$ обозначены значения функции $f(...)$, в случае, где из множества X элементы $u[n - n_1(\alpha, \sigma_\alpha), c + p(j_\alpha)]$, $\sigma_\alpha = \bar{1}, m_\alpha, \alpha = \bar{1}, \ell$, имеют значения 1, а остальные элементы имеют значения 0. Тогда для $h_{i, \ell, \bar{m}}[\bar{j}, \bar{n}_2]$ в (6) справедливо следующее соотношение:

$$h_{i, \ell, \bar{m}}[\bar{j}, \bar{n}_2] = f(u[n - n_1(\alpha, \sigma_\alpha), c + p(j_\alpha)] = 1 | \sigma_\alpha = \bar{1}, m_\alpha, \alpha = \bar{1}, \ell) + \sum_{k=0}^{i-1} \sum_{(\eta, \bar{v}) \in F_1(\ell, \bar{m}, k)} \sum_{\bar{s} \in Q_\eta(\ell)} \sum_{\bar{\sigma}' \in \Omega(\bar{v}, \bar{m})} h_{k, \eta, \bar{v}}[\bar{j}(\bar{s}), \bar{n}_3(\bar{\sigma}')], GF(2). \quad (13)$$

Здесь

$$F_1(\ell, \bar{m}, k) = \left\{ \left. \begin{aligned} &(\eta, \bar{v}) | \bar{v} = (v_1, \dots, v_\eta), v_1 + \dots + v_\eta = k, v_\alpha \in \{0, \dots, m_{s_\alpha}\}, \alpha = \bar{1}, \eta, \\ &\eta \in \{1, \dots, \ell\}, (s_1, \dots, s_\eta) \in Q_\eta(\ell) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$Q_\eta(\ell) = \{(s_1, \dots, s_\eta) | 1 \leq s_1 < \dots < s_\eta \leq \ell\}, \quad \bar{j}_1(\bar{s}) = (j_{s_1}, \dots, j_{s_\eta}), \quad (15)$$

$$\Omega'_{v_\alpha}(m_{s_\alpha}) = \{\bar{\sigma}_\alpha = (\sigma_{\alpha,1}, \dots, \sigma_{\alpha,v_\alpha}) | 1 \leq \sigma_{\alpha,1} < \dots < \sigma_{\alpha,v_\alpha} \leq m_{s_\alpha}\}, \quad (16)$$

$$\Omega(\bar{v}, \bar{m}) = \prod_{\alpha=1}^{\eta} \Omega'_{v_\alpha}(m_{s_\alpha}). \quad (17)$$

$$\bar{n}_3(\bar{\sigma}') = (\bar{n}_2(\bar{\sigma}_1), \dots, \bar{n}_2(\bar{\sigma}_\eta)), \quad \bar{n}_2(\bar{\sigma}_\alpha) = (n_1(\alpha, \sigma_{\alpha,1}), \dots, n_1(\alpha, \sigma_{\alpha,v_\alpha})), \quad \alpha = \bar{1}, \eta \quad (18)$$

4. Алгоритм построения моделей двоичных динамических систем в классе 2D-МДС. При заданных входно-выходных значениях последовательностей системы (1) последовательность вычислений, приводящих к определению неизвестных коэффициентов $h_0, h_{i, \ell, \bar{m}}[\bar{j}, \bar{n}_2]$ для всех $\bar{n}_2 \in \Gamma(\ell, \bar{m})$, $\bar{j} \in L(\ell)$, $(\ell, \bar{m}) \in F(i)$, $i \in \{1, \dots, (n_0 + 1)r\}$ в (6) можно осуществлять по следующему алгоритму:

Шаг 0. Для каждого $m \in \{1, \dots, n_0 + 1\}$ построить элементы множества

$$\Gamma_1(\omega) = \{\bar{n} = (n_1(\omega), \dots, n_1(\omega)) | 0 \leq n_1(1) < \dots < n_1(\omega) \leq n_0\}.$$

Шаг 1. Для каждого $\ell \in \{1, \dots, n_0 + 1\}$ на основе формулы (3) построить элементы множеств соответственно $L(\ell)$.

Шаг 2. Для каждого $t = 1, \dots, m$; $m = 1, \dots, n_0 + 1$ на основе формулы (11) построить элементы множеств $\Omega_t(m)$. Для каждого $\eta = 1, \dots, \ell$; $\ell = 1, \dots, \ell_1$ на основе формулы (12) построить элементы множеств $Q_\eta(\ell)$.

Шаг 3. $i = 1$.

Шаг 4. Построить элементы множества $F(i)$. Для каждой $(\ell, \bar{m}) \in F(i)$ построить элементы множеств $\Gamma(\ell, \bar{m})$ по формуле (5) (при построении элементов множеств $\Gamma(\ell, \bar{m})$)

для каждой $\alpha \in \{1, \dots, \ell\}$ в качестве множеств $\Gamma_1(m_\alpha)$ выбирается множество $\Gamma_1(\omega)$, которое построено в шаге 0 при $\omega = m_\alpha$.

Шаг 5. $i := i + 1$. Если $i \leq (n_0 + 1)r$, то перейти к шагу 4, иначе – к шагу 6.

Шаг 6. $h_0 = f(0, \dots, 0, \dots, 0, \dots, 0)$.

Шаг 7. Для каждого $j_1 \in \{1, \dots, r_1\}$ и $i_1 \in \{0, \dots, n_0 + 1\}$ вычислить $h_{1,1,(1)}[(j_1), (i_1)]$ по формуле (8).

Шаг 8. Для каждого $j_1 \in \{1, \dots, r_1\}$ и $(\beta_1, \dots, \beta_i)$ (где $0 \leq \beta_1 < \dots < \beta_i \leq n_0 + 1$) вычислить $h_{i,1,(i)}[(j_1), (\beta_1, \dots, \beta_i)]$ по рекуррентной формулы (7)-(9).

Шаг 9. Для каждого (j_1, \dots, j_i) (где $1 \leq j_1 < \dots < j_i \leq r_1$) и $\beta_\gamma \in \{0, \dots, n_0 + 1\}$, $\gamma = \overline{1, i}$ вычислить $h_{i,i,(1, \dots, i)}[(j_1, \dots, j_i), ((\beta_1), \dots, (\beta_i))]$ по формуле (7), (8), (10).

Шаг 10. $i = 1$.

Шаг 11. Выбрать первый (ℓ, \overline{m}) из $F(i)$.

Шаг 12. Выбрать первый \overline{j} из $L(\ell)$.

Шаг 13. Выбрать первый \overline{n}_2 из $\Gamma(\ell, \overline{m})$.

Шаг 14. $k = 0$.

Шаг 15. Принимать:

$$h_{i,\ell,\overline{m}}[\overline{j}, \overline{n}_2] = f(u[n - n_1(\alpha, \sigma_\alpha), c + p(j_\alpha)] = 1 | \sigma_\alpha = \overline{1, m_\alpha}, \alpha = \overline{1, \ell}), GF(2).$$

Шаг 16. Формировать элементы множеств $F_1(\ell, \overline{m}, k)$ по формуле (14). Для каждого $\alpha \in \{1, \dots, \eta\}$ на основе формулы (17) формировать элементы множеств $\Omega'_{v_\alpha}(m_{s_\alpha})$. Формировать элементы множеств $\Omega(\overline{v}, \overline{m})$ на основе формулы (16). Формировать векторы $\overline{n}_3(\overline{\sigma}')$ на основе формулы (18).

Шаг 17. Используя рекуррентные формулы (7)-(10) вычислить:

$$S = \sum_{(\eta, \overline{v}) \in F_1(\ell, \overline{m}, k)} \sum_{\overline{s} \in \Omega_\eta(\ell)} \sum_{\overline{\sigma}' \in \Omega(\overline{v}, \overline{m})} h_{k,\eta,\overline{v}}[\overline{j}(\overline{s}), \overline{n}_3(\overline{\sigma}')], GF(2).$$

Вычислить:

$$h_{i,\ell,\overline{m}}[\overline{j}, \overline{n}_2] = h_{i,\ell,\overline{m}}[\overline{j}, \overline{n}_2] + S.$$

Шаг 18. $k := k + 1$. Если $k \leq i - 1$, то перейти к шагу 16, иначе – к шагу 19.

Шаг 19. Если все элементы множества $\Gamma(\ell, \overline{m})$ выбраны, то перейти к шагу 20, иначе выбрать следующий элемент \overline{n}_2 из $\Gamma(\ell, \overline{m})$ и перейти к шагу 14.

Шаг 20. Если все элементы множества $L(\ell)$ выбраны, то перейти к шагу 21, иначе выбрать следующий элемент \overline{j} из $L(\ell)$ и перейти к шагу 13.

Шаг 21. Если все элементы множества $F(i)$ выбраны, то перейти к шагу 22, иначе выбрать следующий элемент (ℓ, \overline{m}) из $F(i)$ и перейти к шагу 12.

Шаг 22. $i := i + 1$. Если $i \leq (n_0 + 1)r$, то перейти к шагу 11, иначе – к шагу 23.

Шаг 23. Стоп.

5. Заключение. Таким образом изложен алгоритм построения моделей двухпараметрических двоичных динамических систем, т.е. динамических систем над полем Галуа GF(2), в классе 2D-модулярных динамических систем. Этот алгоритм может быть реализован на алгоритмических языках Pascal, Delphi и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блюмин С.Л., Корнеев А.М. Дискретное моделирование систем автоматизации и управления: монография. Липецкий эколого-гуманитарный институт. Липецк: ЛЭГИ, 2005. 124 с.
2. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Высшая школа, 2010, 384 с.
3. Фараджев Р.Г. Линейные последовательностные машины. М.: Сов.радио, 1975, 248 с.
4. Фейзиев Ф.Г., Фараджева М.Р. Модулярные последовательностные машины: Основные результаты по теории и приложению. Баку: Изд-во Элм, 2006, 234 с.
5. Ф.Г.Фейзиев, З.А.Самедова. Полиномиальное соотношение для представления полной реакции 3D - нелинейных модулярных динамических систем// г. Киев, Электронное моделирование. 2011, Т.33, №2, С. 33-50.

XÜLASƏ

İKİLİK DİNAMİK SİSTEMLƏRİN 2D – MODULYAR DİNAMİK SİSTEMLƏR SİNFİNDƏ MODELLƏRİNİN QURULMASI ALQORİTMİ

Fejziyev F.G., Mehdiyeva M.R., Samedova Z.A.

Açar sözlər: İkiparametrik ikilik dinamik sistemlər, 2D – modulyar dinamik sistemlər, 2D – modulyar dinamik sistemlər sinfində modellər.

İkiparametrik ikilik dinamik sistemlərin, yəni GF(2) meydanı üzərində dinamik sistemlərin, 2D – modulyar dinamik sistemlər sinfində modellərinin qurulması alqoritminin işlənməsi məsələsinə baxılır.

SUMMARY

THE ALGORITHM FOR CONSTRUCTION OF MODELS OF DYNAMIC BINARY SYSTEMS IN CLASS 2D - MODULAR DYNAMIC SYSTEMS

Fejziyev F.G., Mehdiyeva M.R., Samedova Z.A.

Key words: two dimensional binary dynamic systems, 2D - modular dynamic system, model in class 2D – nonlinear modular dynamical system.

The question of the development of an algorithm for constructing models of two dimensional binary dynamic systems, i.e. dynamical systems over Galois fields GF(2), in the class 2D - modular dynamic systems is considered.

Daxil olma tarixi: **ilkin variant: 13.10.2014**
 son variant: 30.10.2014

**Sumqayıt Dövlət Universitetinin Riyaziyyat fakültəsinin Elmi Şurasının
30.09.2014-cü il tarixli iclasının 01 sayılı protokolu**

UOT 532 (075.8)

ÖZÜLLÜ MAYENİN HƏRƏKƏT TƏNLIYİNİN DƏQIQ VƏ TƏQRİBİ HƏLLİ

QƏHRƏMANOV POLAD FƏRRUX oğlu*Sumqayıt Dövlət Universiteti, professor***QULIYEVƏ ÜLVİYYƏ RƏŞİD qızı***Sumqayıt Dövlət Universiteti, dissertant***BAĞIROVA GÜNEL HƏSƏN qızı***Sumqayıt Dövlət Universiteti, doktorant**e-mail: polad49@mail.ru***Açar sözlər:** özüllü, maye, sıxılmayan, sürtünmə qüvvəsi, ətalət qüvvəsi.

İşdə özüllü mayenin stasionar hərəkət tənliyinə baxılır. Mayeyə təsir edən xarici qüvvə nəzərə alınmadığına görə hərəkət tənliyi tam inteqrallanır və dəqiq həll alınır. Dəqiq həlli almaq mümkün olmadığı halda təklif olunan fərqlər üsulu ilə özüllü mayenin hərəkət tənliyinin təqribi həlli alınır və dəqiq həllə müqayisə olunur.

Özüllü mayenin hərəkət tənliyi kifayət qədər mürəkkəb formaya malikdir. Ona görə də onları tam inteqrallamaq çox az sayda hallarda mümkün olur. Özüllü mayenin hərəkət tənliyinin riyazi modeli bir neçə qüvvənin təsirinin nəticəsidir: 1) mayeyə təsir edən xarici qüvvə; 2) ətalət qüvvəsi; 3) təzyiq qüvvəsi; 4) daxili sürtünmə qüvvəsi. Aydın ki, bu qüvvələrin hamısını nəzərə almaq mümkün deyil, çünki onda hərəkət tənliklərini inteqrallamaq və dəqiq həlli almaq mümkün deyil, ona görə mayenin hərəkətinə az təsir edən qüvvələrin birini atmaq olar. Xarici qüvvəni ata bilmərik, çünki onun lazım olan vaxt daxil edirik. Eyni zamanda təzyiq qüvvəsini də ata bilmərik, çünki o da daxili qüvvəyə təsir edir ki, bununla da digər qüvvələrin tarazlaşmasını həyata keçirir. Əgər daxili sürtünmə qüvvəsini atıb ətalət qüvvəsini saxlasaq, ideal mayenin hidrodinamikasını alarıq. Əksinə ətalət qüvvəsini atıb sürtünmə qüvvəsini saxlasaq, özüllü mayenin hərəkətinin bir sıra təqribi həllinə yaxınlaşmaq olar. Özüllü mayenin əsas hidrodinamik tənliklərinin müxtəlif formulları və xassələri məlumdur. Lakin biz ayrıca konkret özüllü mayenin hərəkətini tədqiq edəcəyik. Belə ki, bu halda elə özüllü mayenin hərəkətinə baxacağıq ki, həmin hərəkət tənliyini dəqiq inteqrallamaq olsun. Bu halda sıxılmayan mayeyə baxacağıq.

Sıxılmayan özüllü mayenin hərəkət tənliklərinə baxaq:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\nu}{3} \frac{\partial \operatorname{div} v}{\partial x} + \nu \Delta v_x, \\ \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\nu}{3} \frac{\partial \operatorname{div} v}{\partial y} + \nu \Delta v_y, \\ \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\nu}{3} \frac{\partial \operatorname{div} v}{\partial z} + \nu \Delta v_z. \end{cases} \quad (1)$$

Bu tənliklərə kəsilməzlik tənliyini də, yəni

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + v_x \frac{\partial (\rho v_x)}{\partial x} + v_y \frac{\partial (\rho v_y)}{\partial y} + v_z \frac{\partial (\rho v_z)}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

tənliyini də əlavə etmək lazımdır. Çünki bu dörd tənlik, yəni (1), (2) tənlikləri beş naməlum p, ρ, v_x, v_y, v_z funksiyaların təyini üçün kifayət deyil, bu halda baxılan prosesin termodinamik xassəsini də nəzərə almaq lazımdır. Sıxılmayan özüllü mayenin hərəkət tənliyini müxtəlif formada vermək olar; bəzi vaxtlar bir formadan istifadə etmək olar, başqa vaxt isə başqa formadan. Aşağıdakı məsələyə baxaq.

İki hamar divar arasında sıxılmayan mayenin axınına baxaq. Tutaq ki, həmin müstəvilərin tənliyi

$$z = -h, \quad z = h$$

kimi verilib və fərz edək ki, xarici qüvvə yoxdur, hərəkət stasionardır və Ox oxuna paralel hərəkət edir, belə ki,

$$X = Y = Z = 0, \quad v_y = v_z = 0, \quad v_x = v(x, y, z) \quad (3)$$

Bu halda hidromexanikanın əsas tənliyi

$$\begin{cases} \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \Delta v_x, \\ \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \Delta v_y, \\ \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \Delta v_z, \\ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \end{cases} \quad (4)$$

(3) nəzərə alınmaqla çox dəyişəcəkdir:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right), \quad \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0, \quad (5)$$

Bu tənliklərin axıncısı göstərir ki, v funksiyası ancaq y və z -dən asılıdır. Ümumiyyətlə, tənlik göstərir ki, p ancaq x -dən asılıdır, belə ki, (5) tənliyinin sol tərəfi ancaq x -dən, sağ tərəfi isə y və z -dən asılıdır. Bu isə ancaq o vaxt mümkündür ki, tənliyin hər iki tərəfi sabit kəmiyyət olsun. Belə ki,

$$\frac{\partial p}{\partial x} = const$$

olmalıdır. v funksiyası isə

$$\Delta v \equiv \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dx} \quad (6)$$

tənliyinin $z = \pm h$ olanda tərənəmz divarlarla məhdudlanmış və mayenin yapışqanlıq tələbindən alınan

$$v = 0, \quad z = \pm h \quad (7)$$

sərhəd şərtindən təyin olunur.

Asanlıqla (6)-(7) məsələsinin z -dən asılı xüsusi həllini tapmaq olar:

$$\frac{d^2 v}{dz^2} = \frac{1}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x}$$

ifadəsini inteqrallasaq, alarıq:

$$v = \frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} z^2 + Az + B \quad (8)$$

burada A və B ixtiyari sabitlərdir və onları (7) ifadəsinin köməyi ilə tapırlar:

$$\begin{cases} \frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} h^2 + Ah + B = 0, \\ \frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} h^2 - Ah + B = 0. \end{cases}$$

buradan

$$A = 0; \quad B = -\frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} h^2$$

ifadələrini (8)-də yerinə yazsaq alarıq:

$$v = \frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} (z^2 - h^2).$$

Asanlıqla isbat etmək olar ki, aldığımız həll (6), (7) məsələsinin həllidir. Həqiqətən də, əgər

$$v = \frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} (z^2 - h^2) + u(x, y)$$

götürsək $u(x, y)$ funksiyası

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0. \quad (9)$$

Laplas tənliyini iki sərhəd

$$u = 0 \text{ və ya } z = \pm h \quad (10)$$

şərtləri daxilində ödəməlidir. Əgər tələb etsək ki, v həmçinin u funksiyaları baxılan oblastda məhdud olsunlar, onda (9) və (10) məsələsinin yeganə həlli $u \equiv 0$ olacaq. Əks halda sərhəd şərtlərinin göstərilən məhdudluqları daxilində u funksiyası özünün maksimum və ya minimum qiymətlərini ala bilər.

Beləliklə, mayenin axını aşağıdakı münasibətlə verilir:

$$v = -\frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} (h^2 - z^2). \quad (11)$$

Başqa sözlə, mayenin axın sürəti parabola qanununa əsasən paylanır.

Hamar divarlarla $y = 0$ və $y = b$ müstəviləri ilə əhatə olunmuş prizmadan vahid zamanda axan Q mayesinin miqdarını hesablamaq üçün (11) ifadəsini $[-h, h]$ -da inteqrallayaq

$$\int_{-h}^h v dv = -\frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \int_{-h}^h (h^2 - z^2) dz = -\frac{2h^3}{3\mu} \frac{\partial p}{\partial x}.$$

Onda

$$Q = -\frac{2h^3 b}{3\mu} \frac{\partial p}{\partial x}. \quad (12)$$

Bu ifadəni prizmanın $2hb$ en kəsiyi üçün vahid həcmi nəzərə alsaq mayenin \bar{v} orta sürəti üçün alarıq:

$$\bar{v} = -\frac{h^2}{3\mu} \frac{\partial p}{\partial x}.$$

Əgər Ox oxu üzərində bir-birindən l məsafəsində yerləşən iki M_0 və M_1 nöqtələri götürsək və həmin nöqtələrdəki təzyiqləri uyğun olaraq p_0 və p_1 ilə işarə etsək və nəzərə alsaq ki,

$$\frac{dp}{dx} = \frac{p_1 - p_0}{l},$$

onda (12) ifadəsindən təzyiqlərin düşməsi üçün aşağıdakı düsturunu alarıq:

$$\frac{p_0 - p_1}{l} = \frac{3\mu Q}{2bh^3}.$$

Buradan maye miqdarı üçün

$$Q = \frac{2bh^3(p_0 - p_1)}{3\mu l}.$$

düsturunu alarıq.

İndi (6), (7) məsələsini fərqlər üsulu ilə həll edib dəqiq həllə təqribi həllin müqayisəsini vermək olar. Çünki ikinci tərtib xüsusi törəməli tənliklərin dəqiq həllini tapmaq çox zaman çətinlik törədir. Ona görə də bu tip məsələlərin həllini ən səmərəli üsul olan fərqlər üsulu ilə həll edirlər.

Tutaq ki, hamar divarlar hər hansı D oblastında yerləşir. Həmin oblastı diskret nöqtələrə bölsək, həmin nöqtələrdə (6) tənliyinin fərqlər analoquunu yazmaqla bilərik:

$$L_h v_h \equiv v_{hyy} + v_{hzz} = \frac{1}{\mu} \frac{(p_0 - p_1)}{h} \quad (13)$$

Fərz etsək ki, $v \in C^{(u)}(\bar{D})$, $v_h = 0$, $z_h = \pm h$, onda Teylor düsturuna əsasən alarıq:

$$\Delta v - L_h v_h = O(h).$$

Runqe üsulunu tətbiq etməklə approksimasiya tərtibini artırmaq olar. (13) fərqlər sxemini kanonik şəkildə yazmaq olar

$$S v_h \equiv A(t) v_h(t) - \sum_{\xi \in u'(t)} B(t, \xi) v_h = f_h \quad (14)$$

$$v_h = 0, \quad z_h = \pm h.$$

Burada $III'(x) - (2p + 1)$ nöqtəli şəbəkənin mərkəzi x nöqtəsində olan $2p$ düyün nöqtəli xaç (krest), yəni x nöqtəsi istisna olmaqla, şəkilli şablondur və $\xi \neq x$. $III'(x)$ çoxluğunu x düyün nöqtəsinin ətrafı adlandıracağıq və $A(t) > 0$, $B(t, \xi) > 0$, $D(t) \equiv A(t) - \sum_{\xi \in u'(t)} B(t, \xi) \geq 0$ və f_h (13)

tənliyinin $v_h(n, m)$ -ə görə həllindən alınan əmsallardır [4]. Aydınır ki, bu əmsallar monotonluq şərtini ödəyir. Onda (14) sxemi üçün maksimum prinsipi doğrudur. Deməli, (13) və ya (14) sxeminin həlli var və yeganədir. Göstərmək olar ki, (13) və ya (14) sxemini Zeydel iterasiya vasitəsilə həll etmək olar. (13) tənliyini $v_{hm,m}$ -ə ($v_h(y, z) = v_h(n, m)$)-ə görə həll edək və OY oxuna paralel və ordinatı maksimum olan düz xətt üzərindəki düyün nöqtələrini aşağıdakı kimi nömrələyək:

$$v_{h1,1}, v_{h2,1}, \dots, v_{hN,1} \text{ birinci xətt üzərində}$$

Eyni qayda ilə ikinci xətt üzərində düyün nöqtələrini nömrələyək:

$$v_{hN_1+1,2}, v_{hN_1+2,2}, \dots, v_{hN_2,2} \text{ ikinci xətt üzərində.}$$

Fərz etsək ki, D_h oblastında cəmi P sayda paralel düz xətlər var, onda P -ci xətt üzərində alarıq:

$$v_{hN_{p-1},1}, v_{hN_{p-1},2}, \dots, v_{hN_p,p}$$

Nəticədə düyün nöqtələri üçün alarıq:

$$v_{h1,1}, v_{h2,2}, \dots, v_{hN_p,p}$$

Onda (13) tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$v_{hn,m} = \sum_{k=1}^{n-1} a_{nk} v_{hk,m} + \sum_{k=n+1}^{N_p} a_{nk} v_{hk,m} + f_{hn,m}$$

Beləliklə, Zeydel alqoritmi aşağıdakı kimi olar.

$$v_{hn,m}^{(i)} = \sum_{k=1}^{n-1} a_{nk} v_{hk,m}^{(i)} + \sum_{k=n+1}^{N_p} a_{nk} v_{hk,m}^{(i-1)} + f_{hn,m}.$$

Asanlıqla isbat etmək olar ki, ixtiyari $v_{k,m}^{(0)}$ harada ki, $k = \overline{1, N_p}$, $m = \overline{1, p}$ üçün $i \rightarrow \infty$

$$V_{hk,m}^{(i)} = v_{hk,m}^{(i)} - v_{hk,m}^{(i-1)} \rightarrow 0$$

Riyazi induksiya üsulu ilə isbat etmək olar ki, ixtiyari (k, m) düyün nöqtəsi üçün

$$|V_{hk,m}^{(i)}| \leq (1 - \rho)^i \cdot M \quad \text{☐} < \rho < 1 \text{ ☐}$$

qiymətləndirilməsi doğrudur. Belə ki, i artdıqca, yəni $i \rightarrow \infty$

$$\max |V_{hk,m}^{(i)}| \leq (1-\rho)^i \cdot M \rightarrow 0$$

Həllin verilmiş $\varepsilon > 0$ dəqiqliklə tapılması üçün iterasiyaların sayını hesablayaq:

$$|V_{hk,m}^{(i)}| \leq M \cdot (1-\rho)^i \leq \varepsilon$$

$$\ln(1-\rho)^i \leq \ln \frac{\varepsilon}{M}$$

$$i \geq \frac{\ln \frac{\varepsilon}{M}}{\ln(1-\rho)}$$

Deməli, həllin verilmiş dəqiqliklə tapılması üçün iterasiyaların minimum sayı $m_0(\varepsilon) = \left\lceil \frac{\ln \frac{\varepsilon}{M}}{\ln(1-\rho)} \right\rceil$

olmalıdır. Bu halda həllin verilmiş dəqiqliklə tapılması üçün əməliyyatların sayı $Q(\varepsilon) = \sum_{k=1}^{m_0(\varepsilon)} q_k$

düsturu ilə hesablanır, burada q_k – cı yaxınlaşma üçün ədədi əməliyyatların sayıdır.

Uyğun fərqlər məsələsi $h = 0,05$ addımı ilə kompüterdə həll etsək, alınan nəticə aşağıdakı cədvəldəki kimi olar:

<i>Şəbəkənin düyün nöqtələri</i>	<i>Dəqiq həll</i>	<i>Təqribi həll</i>	<i>Mütləq xəta</i>	<i>Nisbi xəta</i>
v_{15}	0,0400	0,0395	0,0005	1,2500
v_{17}	0,0900	0,0896	0,0004	0,4444
v_{19}	0,1600	0,1592	0,0008	0,5000
$v_{1,11}$	0,2500	0,2489	0,0011	0,4400
$v_{1,13}$	0,3600	0,3593	0,0007	0,1944
$v_{1,15}$	0,4900	0,0008	0,0008	0,1632
$v_{1,17}$	0,6400	0,6395	0,0005	0,0781
$v_{1,19}$	0,8100	0,8115	0,0015	0,1851
$v_{1,21}$	1,0000	0,9889	0,0111	1,1100
$v_{3,3}$	0,1639	0,1618	0,0021	1,2812
$v_{3,5}$	0,1586	0,1567	0,0019	1,1979
$v_{3,7}$	0,1901	0,1917	0,0016	0,8363

Ə D Ə B İ Y Y A T

1. Кочин М.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика, часть вторая. М. 1963.
2. Гахраманов П.Ф. Разностная схема для интегрирования систем уравнений пограничного слоя. Актуальные проблемы современной науки №5 (45). Москва 2009, стр. 153-158.
3. Qəhrəmanov P.F. Sonlu fərqlər sxemi. Bakı 2004.

4. Тагиев Ф.А., Гахраманов П.Ф. Вычислительные алгоритмы решения краевых задач для уравнения смешанного типа. Баку 1987.

РЕЗЮМЕ
ТОЧНОЕ И ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ
ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Гахраманов П.Ф., Гулиева У.Р., Багирова Г.Г.

Ключевые слова: вязкость, жидкость, несжимаемый, сила трения, сила инерции.

Работа посвящена получению точного и приближенного решения уравнения движения вязкой жидкости. Задача решается методом конечных разностей, и полученные результаты сравниваются с точным решением.

SUMMARY
EXACT SOLUTIONS OF THE EQUATIONS OF MOTION OF VISCOUS FLUID

Gakhramanov P.F., Guliyeva U.R., Bagirova G.G.

Keywords: viscosity, fluid, incompressible, force of a friction, force inertia.

The work is devoted to obtain exact solutions of the equations of motion of a viscous fluid. The problem is solved by finite difference method and the received results are compared with the exact solution.

Daxil olma tarixi: **ilkin variant: 29.10.2014**
 son variant: 14.11.2014

Sumqayıt Dövlət Universitetinin Riyaziyyat fakültəsinin Elmi Şurasının
30.09.2014-cü il tarixli iclasının 01 sayılı protokolu

УДК 517.5

О СТАТИСТИЧЕСКОЙ СХОДИМОСТИ

ГУСЕЙНОВ ЗАФАР ГАФАР оглы

Сумгайытский государственный университет, доцент

НАЗАРОВА ТУБУ ЮСИФ гызы

*Институт Математики и Механики НАН Азербайджана, диссертант**e-mail: huseynov_zq@mail.ru**tubunazarova@mail.ru*

Ключевые слова: статистическая сходимость, p -сильная сходимость, метрическое пространство, Тауберева теоремы.

Рассматривается статистическая сходимость в метрических пространствах. Доказана ее эквивалентность к статистической фундаментальности в полных метрических пространствах. Введено понятие p -сильной сходимости и доказана его эквивалентность к статистической сходимости. Приведены Тауберева типе теоремы относительно статистической сходимости в метрических пространствах.

1. Введение

Идея статистической сходимости видимо впервые была предложена в известной монографии А. Zygmund [1] под именем “almost convergence”. Само понятие статистической сходимости определено Н. Fast [2] и Н. Steinhaus [3]. В последующем это понятие было обобщено в различных направлениях многими математиками. Относительно этих сведений и применения этого понятия можно рассмотреть, например, работы авторов [4-9]. Следует отметить, что методы не сходящихся последовательностей давно известны, и им можно отнести, например: метод Чезаро, метод Абея и т.д. Эти методы используются в разных областях математики. Для применимости этих методов очень важно, чтобы рассматриваемое пространство имело линейную структуру. Поэтому изучение статистической сходимости в метрических пространствах имеет особый научный интерес. Разным аспектам этого вопроса посвящены работы [4;5]. Понятие статистической сходимости имеет приложения в разных областях математики как теория суммирования [9-11], теория чисел [12], тригонометрические ряды [1], теория вероятностей [13], теория мер [14], оптимизация [15], теория аппроксимации [16;17] и т.д..

Следует отметить, что понятие *statistical фундаментальности* впервые было введено в работе J.A. Fridy [9] для последовательности из действительных чисел. В этой работе доказано, что *stat-сходимость* эквивалентна *stat-фундаментальности*. Этот вопрос был поставлен в работе [6] относительно $uniform\ space\ (\mathbb{K}; U)$. В ней доказано, что если последовательность $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset X$ *stat-сходится*, то она *stat-фундаментальна*. В этой же работе, поставлен Problem 2.16 о том, верно ли обратное этому утверждение?

В данной работе рассматривается статистическая сходимость в метрических пространствах. Определена статистическая фундаментальность и доказано, что в полных метрических пространствах она эквивалентна статистической сходимости. Введено понятие p -сильной сходимости в метрических пространствах и доказана его эквивалентность статистической сходимости. Приведены также некоторые Тауберева типе теоремы относительно статистической сходимости в метрических пространствах.

2. Необходимые сведения

Пусть $(X; \rho)$ метрическое пространство с метрикой ρ . Через $O_\varepsilon(a)$ будем обозначать открытый шар в X с центром в точке $a \in X$ и радиусом $\varepsilon : O_\varepsilon(a) \equiv \{x \in X : \rho(x; a) < \varepsilon\}$. A^c означает дополнение множества $A \subset N$ до $N : A^c = N \setminus A$, где N – множество натуральных чисел. χ_A – характеристическая функция множества A ; \Rightarrow – квантор «следует»; \wedge – квантор «и». Пусть $A \subset N$ некоторое множество. Положим $\delta_n(A) \equiv \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \chi_A(k)$. Если $\exists \lim_{n \rightarrow \infty} \delta_n(A) \equiv \delta(A)$, то $\delta(A)$ называется статистической плотностью множества A . Примем

Определение 1. Предположим, что последовательность $\{x_n\}_{n \in N} \subset X$ статистически сходится (st-сходится) к $x \in X$, если $\delta(A_\varepsilon) \neq 0$, где $A_\varepsilon \equiv \{n \in N : \rho(x_n; x) \geq \varepsilon\}$, и это заключение будем обозначать как $st\text{-}\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$.

Положим

$$\mathcal{H} \equiv \{K \subset N : \delta(K) = 1\}.$$

Нам в дальнейшем понадобится следующая, легко доказуемая

Лемма 1. Пусть $K_j \in \mathcal{H}, j = \overline{1, 2} \Rightarrow K_1 \cap K_2 \in \mathcal{H}$.

3. Статистическая фундаментальность

Примем следующее

Определение 1. Предположим, что последовательность $\{x_n\}_{n \in N} \subset X$ статистически фундаментальна (st-фундаментальна) в $(X; \rho)$, если для $\forall \varepsilon > 0, \exists n_\varepsilon \in N : \delta(\Delta_{n_\varepsilon}) = 0$ где

$$\Delta_{n_\varepsilon} \equiv \{n \in N : \rho(x_n; x_{n_\varepsilon}) \geq \varepsilon\}.$$

Пусть $x_n \xrightarrow{st} x$ в X , и $\varepsilon > 0$ – произвольное число. Положим

$$A_\varepsilon \equiv \{n : \rho(x_n; x) \geq \varepsilon\}.$$

Совершенно очевидно, что $\delta(A_{\varepsilon/2}^c) = 1$. Возьмем $\forall n_\varepsilon \in A_{\varepsilon/2}^c : \rho(x_{n_\varepsilon}; x) < \frac{\varepsilon}{2}$. Имеем

$$\left\{n : \rho(x_n; x) \geq \frac{\varepsilon}{2}\right\} \subset \{n : \rho(x_n; x_{n_\varepsilon}) \geq \varepsilon\},$$

т.е. $A_{\varepsilon/2}^c \subset \Delta_{n_\varepsilon}^c$, где $\Delta_{n_\varepsilon} \equiv \{n \in N : \rho(x_n; x_{n_\varepsilon}) \geq \varepsilon\}$. Отсюда следует, что $\delta(A_{n_\varepsilon}^c) = 1 \Rightarrow \delta(A_{n_\varepsilon}) = 0$.

Таким образом, справедлива

Лемма 2. Пусть $x_n \xrightarrow{st} x$ в $(X; \rho)$. Тогда последовательность $\{x_n\}_{n \in N} \subset X$ st-фундаментальна в $(X; \rho)$.

Предположим, что $(X; \rho)$ полное метрическое пространство, и последовательность $\{x_n\}_{n \in N} \subset X$ st-фундаментальна в $(X; \rho)$. Доказана следующая

Теорема 1. Пусть $(X; \rho)$ полное метрическое пространство и $\{x_n\}_{n \in N} \subset X$ некоторая система. Тогда следующие утверждения эквивалентны.

- 1) $\exists st\text{-}\lim_{n \rightarrow \infty} x_n$;
- 2) $\{x_n\}_{n \in N}$ является st-фундаментальной;

3) $\exists \{n_k\}_{k \in \mathbb{N}} \subset \mathbb{N} : \exists \lim_{n \rightarrow \infty} y_n \wedge \{n_k\}_{k \in \mathbb{N}} \in N : x_{n_k} = y_{n_k} \in K$.

Из этой теоремы непосредственно следует следующее

Следствие 1. Пусть $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset X$ и $\exists st - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$. Тогда $\exists \{n_k\}_{k \in \mathbb{N}} \subset \mathbb{N} :$

$$n_1 < n_2 < \dots, \lim_{k \rightarrow \infty} x_{n_k} = x \wedge \delta(\{n_k\}_{k \in \mathbb{N}}) = 1.$$

4. p -сильная сходимость

Пусть $(X; \rho)$ метрическое пространство, и $p \in (0, +\infty)$ некоторое число. Следуя работе [7], примем следующее

Определение 2. Последовательность $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset X$ назовем p -сильно сходящейся к $x \in X$, если $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \rho^p(x_k; x) = 0$, и этот предел будем обозначать через $p - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$.

Справедлива следующая

Теорема 2. Имеют место: i) Если $p - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$ то $\exists st - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n \wedge st - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$; ii)

Если $\exists st - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$ и $\exists O_r \subset X : x_n \in O_r, \forall n \in \mathbb{N}$, то $\exists p - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$.

Определение 3. Функцию $\mu : [0, \infty) \rightarrow [0, \infty)$ назовем modulus, если: (i) $\mu(0) = 0 \Leftrightarrow x = 0$; (ii) $\mu(x+y) \leq \mu(x) + \mu(y), \forall x, y \in [0, \infty)$; (iii) μ является монотонно неубывающей; (iv) $\mu(0) = 0$.

В соответствии [8] примем следующее:

Определение 4. Пусть $(X; \rho)$ метрическое пространство и μ есть modulus. Последовательность $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset X$ назовем μ -сходящейся к $x \in X$, если

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \mu(\rho(x_k; x)) = 0,$$

и эту сходимость обозначим как $\mu - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$.

Совершенно аналогично Теореме 2 доказывается следующая

Теорема 3. Пусть $\exists \mu - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$. Тогда $\exists st - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n \wedge st - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$.

5. Тауберовы теоремы в метрических пространствах

Пусть $(X; \rho)$ метрическое пространство и $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset X$ некоторая последовательность.

Положим $\Delta \rho_n = \rho(x_n; x_{n+1}), \forall n \in \mathbb{N}$. Имеет место следующая

Теорема 4. Пусть $st - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$ и $\Delta \rho_n = o\left(\frac{1}{n}\right)$. Тогда $\exists \lim_{n \rightarrow \infty} x_n \wedge \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$.

Имеет место следующая Тауберова

Теорема 5. Пусть $\{k_i\}_{i \in \mathbb{N}} \subset \mathbb{N}$ возрастающая последовательность, такая что $\liminf_i \frac{k_{i+1}}{k_i} > 1$ и пусть $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset X$ соответствующая gap sequence: $\Delta \rho_n = 0$ if $k \neq k_i$ for $i \in \mathbb{N}$. Если $st - \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$, то $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$.

Авторы выражают глубокую благодарность профессору Б.Т.Билалову за внимание к работе.

LITERATURA

1. Zygmund A. *Trigonometric series*. Cambridge UK, 2nd edition, 1979.
2. Fast H. *Sur la convergence statistique*. Colloquium Mathematicum, vol. 2, pp. 241–244, 1951.
3. Steinhaus H. *Sur la convergence ordinaire et la convergence asymptotique*. Colloquium Mathematicum, vol. 2, pp. 73–74, 1951.
4. [Kuchukaslan M.](#), [Deger U.](#), [Dovgoshey O.](#) *On statistical convergence of metric valued sequences*. [arXiv:1203.2584](#) [math.FA] 12 Mar, 2012
5. [Kuchukaslan M.](#), [Deger U.](#) *On statistical boundedness of metric valued sequences*. European Journal of Pure and Applied Mathematics, vol. 5, No. 2, pp.174-186, 2012.
6. Maio G.D., Kocinac L.D.R. *Statistical convergence in topology*. Topology and its Applications, 156, pp.28–45, 2008.
7. Alotaibi A., Alroqi A.M. *Statistical convergence in a paranormed space*. Journal of Inequalities and Applications, 2012, 2012:39
8. Maddox I.J. *Statistical convergence in a locally convex space*. Math. Proc. of the Cambridge, Phil. Soc., 104, pp. 141-145, 1988.
9. Fridy J.A. *On statistical convergence*. Analysis 5, pp. 301-313, 1985.
10. Connor J. *The statistical and strong P -Cesaro convergence of sequences*, Analysis 8 (1988), 47-63
11. Freedman A.R., Sember J.J. *Densities and summability*. Pacific J. of Math., 95 (1981), no. 2, 293-305.
12. Erdős R., Tenenbaum G. *Sur les densites de certaines suites d'entiers*. Proc. London Math. Soc. 59 (3) (1989), 417–438
13. Fridy J.A., Khan M.K. *Tauberian theorems via statistical convergence*. J. of Math. Anal. and Appl., 228.1 (1998): 73-95.
14. Miller H.I. *A measure theoretical subsequence characterization of statistical convergence*. Transactions of the American Mathematical Society, v. 347, No. 5, May 1995, pp. 1811-1819
15. Pehlivan S., Mamedov M.A. *Statistical cluster points and turnpike*. Optimization, 48.1 (2000): 91-106.
16. Gadjiev A.D., Orhan C. *Some approximation theorems via statistical convergence*. Rocky Mountain Jour. of Math., v. 32, No.1, 2002, pp. 129-138
17. Gadjiev A.D. *Simultaneous statistical approximation of analytic functions and their derivatives by k -positive linear operators*. Azerb. J. of Math., v. 1, No. 1, (2011), pp. 57-66.

XÜLASƏ

STATİSTİK YIĞILMA HAQQINDA

Hüseynov Z.Q., Nəzərova T.Y.

Açar sözlər: statistik yığılma, p -güclü yığılma, metrik fəza, Tayber tip teoremlər.

Metrik fəzalarda statistik yığılma məsələlərinə baxılır. Statistik fundamentalıq daxil edilir və tam metrik fəzada onun statistik yığılma ilə ekvivalentliyi isbat edilir. Metrik fəzalarda p -güclü yığılma anlayışı daxil edilir və onun statistik yığılma ilə ekvivalentliyi göstərilir. Həmçinin metrik fəzalarda statistik yığılmaya nəzərən Tayber tip teoremlər göstərilir.

SUMMARY
ON STATISTICAL CONVERGENCE
Gusseynov Z.Q., Nazarova T.Y.

Key words: *statistical convergence, p - forced convergence, metric space, Tauberian-type theorems*

In the article the statistical convergence in metric spaces is considered. Its equivalence to the statistical fundamentality in complete metric spaces is proved. Introduced the concept of p -forced convergence in introduced and proved its equivalence to the statistical convergence in proved. Tauberian type theorems concerning statistical convergence in metric spaces are given

Daxil olma tarixi: **ilkin variant:** 12.11.2014
 son variant: 28.11.2014

Sumqayıt Dövlət Universitetinin Riyaziyyat fakültəsinin Elmi Şurasının
30.09.2014-cü il tarixli iclasının 01 sayılı protokolu

УДК 678.767.3;547.562

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА СТЕПЕНЬ
ХЛОРИРОВАНИЯ ОЛИГООКСИАРИЛЕНОВ****АГАЕВ АКПЕР АЛИ оглы***Сумгайытский государственный университет, профессор***МАМЕДОВА БАСИРА ГУМАЙ кызы***Сумгайытский государственный университет, доцент***БАЙРАМОВ ГОРХМАЗ КЕРИМ оглы***Сумгайытский государственный университет, доцент**e-mail: gorxmazbayramov@mail.ru*

Ключевые слова: олигооксиарилены, олиго α -нафтол, олиго- β -нафтол, олигохлоральфанафтол, олигохлорбетанафтол, олигохлорфенол

Создание новых полимерных материалов с такими важными техническими свойствами, как тепло-, термо- и огнестойкость, отвечающих высоким требованиям современных областей техники и промышленности (микроэлектроники, космической техники, электромеханики и т.д.), являются одной из движущих сил ускорения научно-технического процесса химии высокомолекулярных соединений.

Благодаря специфике химической структуры полимеры с системой ароматических сопряженных систем, например, олигоарилены занимают одно из ведущих мест в получении тепло- и термостойких композиционных материалов, смазок, покрытий, связующих, графитовых волокон, углепластиков и т.д. Введение в их состав функциональных групп значительно расширило круг их ценных технических характеристик и позволило применять для разработки тепло- и термостойких полиэпоксидов и их полимерных композиций, связующих, клеев антистатиков и др. [1,2]

В этой связи задача синтеза олигооксиариленов с новыми реакционноспособными заместителями в макромолекулярной цепи, например, такими как галогены, представляют неоспоримую актуальность [5].

В связи с тем, что состав, структура, а также основные физико-механические, тепло- и электрофизические свойства галоидированных олигооксиариленов и степень их галоидирования меняются в зависимости от условий проведения окислительного галоидирования, нами, в первую очередь, было изучено влияние условий окислительного хлорирования олигооксиариленов в присутствии гипохлорита натрия и соляной кислоты на степень хлорирования, состав, структуру и свойства полученных продуктов. Хлорирование олигооксиариленов осуществляли в температурном интервале 30-60⁰С. При этом, для выявления оптимальных параметров процесса, варьировали мольное содержание реакционных компонентов в достаточно широком интервале. Установлено, что выход хлорированных продуктов зависит от природы применяемого растворителя, что вероятно, определяется вкладом двух факторов: полярности растворителя и степени растворимости олигомеров в ней. Степень хлорирования олиго- α -нафтола при $[\text{ОНО}]_0 = 0,021$ моль.зв., $[\text{NaOCl}]_0 = 0,021$ моль и $[\text{HCl}]_0 = 0,023$ моля и 30⁰С в среде воды, водной щелочи, дихлорэтана и диоксана составляет 20,8; 22,4; 27,4 и 17,4%, соответственно. Следовательно, наиболее эффективным растворителем для данного процесса является дихлорэтан (табл. 1).

Увеличение мольного соотношения $[\text{ОНО}]_0 : [\text{NaOCl}]_0$ от 1 : 1 до 1 : 3 при 30⁰С приводит к росту степени хлорирования олиго- α -нафтола от 27,4 до 63,7%, а при

шестикратном избытке окислителя и HCl степень хлорирования достигает ~ 90,5%. При этом, наилучшие результаты получаются при мольном соотношении $[NaOCl]_0 [HCl]_0 = 1 : 1,1$. Уменьшение содержания олиго- α -нафта от 0,021 до 0,002 моля звено при $[NaOCl]_0=0,063$ моля и $[HCl]_0=0,069$ моля приводит к снижению степени хлорирования олигомера.

Увеличение температуры реакции до 50⁰C приводит к росту степени хлорирования олиго- α -нафта. Однако, зависимость степени хлорирования олигооксиариленов от температуры носит экстремальный характер. Данная зависимость особенно заметна при трехкратном избытке хлорирующей смеси. Степень хлорирования олиго- α -нафта при 30⁰; 40⁰; 50⁰ и 60⁰C составляет 63,7; 64,7; 82,6 и 59,7%, соответственно. Снижение степени хлорирования ОНО при 60⁰C, очевидно, обусловлено ускорением процесса образования атомарного хлора и проскока части его из реакционной зоны, что наблюдается даже визуально.

Из табл.1 видно, что время подачи HCl при постоянной скорости перемешивания также влияет на степень хлорирования олиго- α -нафта. Максимальное хлорирование при $[ОНО]_0=0,021$ моль звено, $[NaOCl]_0 -0,063$ моль, $[HCl]_0 - 0,069$ моль и 50⁰C достигается при ведении HCl в течение часа.

*Влияние условий окислительного хлорирования на выход олигохлоральфанафта.
Продолжительность реакции после добавки реагентов – 0,5 ч., растворитель – 10 мл*

Таблица 1.

№	ОНО моль звено	Среда	NaOCl моль	HCl моль	T, °C	Время добав. HCl, ч	Cl, %	Степ. хлорир%
1	0,021	Вода	0,021	0,023	30	1,0	4,2	20,8
2	0,021	Водн. щелочь	0,021	0,023	30	1,0	4,5	22,4
3	0,021	Диоксан	0,021	0,023	30	1,0	3,5	17,4
4	0,021	ДХЭ	0,021	0,023	30	1,0	5,5	27,4
5	0,021	ДХЭ	0,032	0,035	30	1,0	6,3	31,3
6	0,021	ДХЭ	0,042	0,047	30	1,0	8,7	43,3
7	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	30	1,0	12,8	63,7
8	0,021	Вода	0,063	0,069	30	1,0	7,4	36,8
9	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	40	1,0	13,0	64,7
10	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,0	16,6	82,6
11	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	60	1,0	12,0	59,7
12	0,021	ДХЭ	0,126	0,139	50	1,0	18,2	90,5
13	0,011	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,0	12,3	61,5
14	0,008	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,0	9,8	48,8
15	0,002	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,0	10,2	50,7
16	0,032	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,0	11,5	57,2
17	0,021	ДХЭ	0,063	0,084	50	1,0	8,6	42,9
18	0,021	ДХЭ	0,063	0,095	50	1,0	8,1	40,3
19	0,021	ДХЭ	0,063	0,107	50	1,0	7,3	36,3
20	0,021	Вода	0,063	0,069	50	1,0	15,2	75,6
21	0,021	ДХЭ	0,021	0,023	50	1,0	6,2	30,8
22	0,021	ДХЭ	0,021	0,023	50	1,0	6,9	34,3
23	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,5	9,8	48,8
24	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	50	2,0	9,8	48,8
25	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	50	005	11,0	54,7

Из табл.2 видно, что при постоянном мольном содержании олигонафтолов и гипохлорита натрия рост содержания HCl при одновременном увеличении времени ее подачи в реакционную зону до 4,0 часов приводит к увеличению содержания элементарного хлора в составе целевых продуктов.

Окислительное хлорирование олиго-β-нафтола в присутствии NaOCl + HCl имеет те же закономерности, как это имеет место при хлорировании олиго-α-нафтола. При этом, олиго-β-нафтол проявляет относительно низкую реакционную способность, чем олиго-α-нафтол (табл.3). Это возможно, обусловлено тем, что находясь в β-положении нафталинового кольца OH-группы в меньшей степени обогащают электронами реакционноспособных центров по сравнению с OH-группами в α-положении. Максимальное хлорирование олиго-β-нафтола достигается при температуре 50⁰С в трехкратном избытке окисляющей смеси по сравнению с олигомерами, времени подачи HCl в течении часа и использовании дихлорэтана в качестве растворителя.

Несмотря на то, что с увеличением содержания окисляющей смеси можно увеличивать степень хлорирования олигооксиариленов, но целесообразно использовать ее не более, чем в трехкратном избытке в отношении олигомера. Дальнейшее увеличение содержания окисляющей смеси приводит к изменениям в структуре, понижает растворимость и плавкость конечных продуктов. Кроме того, увеличение количества окисляющих компонентов приводит к снижению производительности процесса.

Влияние количества исходного HCl на степень хлорирования олигоальфа – (1-4) и олигобетанафтолов (5-8)

Таблица 2.

№	[ОНО] моль·зв	ДХЭ, моль	NaOCl, моль	HCl, моль	T, °C	τ, час	Cl, % в олигомере
1	0,021	0,126	0,063	-	50	4,0	2,70
2	0,021	0,126	0,063	0,139	50	4,0	17,85
3	0,021	0,126	0,063	0,208	50	4,0	18,84
4	0,021	0,126	0,063	0,277	50	4,0	20,54
5	0,021	0,126	0,063	-	50	4,0	2,51
6	0,021	0,126	0,063	0,139	50	4,0	17,11
7	0,021	0,126	0,063	0,208	50	4,0	18,32
8	0,021	0,126	0,063	0,277	50	4,0	19,60

Таким образом, оптимальными параметрами реакции окислительного хлорирования олигонафтолов в присутствии NaOCl + HCl являются: [ОНО]₀ 0,021 моль. звено [ДХЭ]₀ – 0,101 моль, [NaOCl]₀ – 0,063 моля, [HCl]₀ – 0,069 моля, температура – 50⁰С и время подачи HCl – 1,0 ч.

Установлено, что олигофенол при окислительном хлорировании в присутствии NaOCl + HCl проявляет относительно меньшую реакционную способность, чем олигонафтолы. Это, вероятно, связано с относительно высокой электроноакцепторностью нафталинового кольца, по сравнению с бензольным кольцом. Аналогичная закономерность была установлена при хлорировании нафталина и бензола [3,4]. Максимальная степень хлорирования олигофенола достигает 50,1%. Уменьшение содержания как NaOCl, так и HCl в реакционной среде сопровождается снижением степени хлорирования олигофенола, что, в свою очередь, связано с уменьшением концентрации образующегося хлора при их взаимодействии (табл.4). При этом увеличение содержания олигофенола до 0,022 моль. зв. приводит к росту степени хлорирования олигомера, а дальнейшее увеличение содержания олигомера, снижает ее. Как и в реакции окислительного хлорирования олигонафтолов,

максимальное хлорирование олигофенола достигается при подаче HCl в реакционную зону в течении часа.

Влияние условий окислительного хлорирования на выход олигохлорбетанафтола.

Продолжительность реакции после добавки реагентов – 0,5 ч. Растворитель – 10 мл

Таблица 3.

№	β -ОНО, моль.зв.	Среда	NaOCl, моль	HCl, моль	T, $^{\circ}$ C	Время добав. ч.	Cl, %	Степень хлорир., %
1	0,021	ДХЭ	0,021	0,023	30	1,0	3,7	18,4
2	0,021	ДХЭ	0,032	0,035	30	1,0	5,5	27,4
3	0,021	ДХЭ	0,042	0,046	30	1,0	7,2	35,8
4	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	30	1,0	10,5	52,2
5	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	40	1,0	12,1	60,2
6	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,0	15,8	78,6
7	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	60	1,0	12,2	60,7
8	0,021	ДХЭ	0,0126	0,014	50	1,0	17,8	88,6
9	0,011	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,0	11,5	57,2
10	0,006	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,0	7,3	36,3
11	0,003	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,0	4,5	22,4
12	0,032	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,0	11,9	59,2
13	0,021	ДХЭ	0,063	0,084	50	1,0	7,7	38,3
14	0,021	ДХЭ	0,063	0,095	50	1,0	8,1	40,3
15	0,021	ДХЭ	0,063	0,110	50	1,0	8,5	42,3
16	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	50	1,5	10,5	52,2
17	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	50	2,0	9,1	45,3
18	0,021	ДХЭ	0,063	0,069	50	0,5	9,8	48,8
19	0,021	Водн.щел.	0,063	0,069	50	1,0	14,1	70,1
20	0,021	Диоксан	0,063	0,069	50	1,0	10,8	53,7
21	0,021	Вода	0,063	0,069	50	1,0	12,3	61,2

Следовательно, оптимальными параметрами реакции окислительного хлорирования олигофенола являются: $[O\Phi]_0$ – 0,022 моля, $[ДХЭ]_0$ – 0,101 моля, $[NaOCl]_0$ – 0,063 моля, $[HCl]_0$ – 0,069 моля, температура – $50^{\circ}C$ и время подачи HCl – 1,0 ч.

При переходе от олигофенола к олигогидрохинону степень хлорирования олигомера в присутствии NaOCl + HCl снижается. Данный факт можно объяснить двумя причинами. Во-первых, электронодонорные гидроксильные группы взаимно дезактивируют реакционные центры в положениях относительно другой гидроксильной группы в гидрохинонных звеньях, во-вторых, число атомов водорода, способных замещаться хлором в олигогидрохиноне, меньше, по сравнению с олигофенолом. Тем не менее, степень хлорирования гидрохинонных звеньев в олигогидрохиноне в присутствии NaOCl + HCl в дихлорэтаноле колеблется в интервале 5,94-47,5% в зависимости от условий реакции (табл.5). Увеличение мольного содержания как NaOCl от 0,021 до 0,105, так и HCl от 0,035 до 0,139 моля сопровождается ростом степени хлорирования гидрохинонных звеньев от 8,47 и 22,6% до 47,5%, соответственно. Максимальное хлорирование олигогидрохинона достигается при содержании его 0,028 моль. зв. и приблизительно трехкратном избытке окисляющей смеси, а снижение его содержания до 0,009 моля сопровождается уменьшением степени хлорирования до 5,94%. Содержание растворителя также влияет на степень хлорирования олигогидрохинона; наилучшие результаты получаются при содержании дихлорэтанола – 0,303 моля. По-видимому, при таком соотношении

реакционного компонента и растворителя образуется наиболее концентрированный истинный раствор олигомера.

*Влияние условий окислительного хлорирования на выход олигохлорфенола.
Продолжительность реакции после добавки реагентов – 0,5 ч.*

Таблица 4.

№	ОФ, моль.зв.	ДХЭ, моль	NaOCl, моль	HCl, моль	T, °C	τ, час	Cl, %	Степень хлорир.зв., %
1	0,022	0,101	0,063	0,0695	30	1,0	7,51	26,8
2	0,016	0,101	0,063	0,0695	30	1,0	4,47	15,9
3	0,011	0,101	0,063	0,0695	30	1,0	3,21	11,4
4	0,027	0,101	0,063	0,0695	30	1,0	6,43	22,9
5	0,022	0,101	0,063	0,0695	30	1,0	5,16	18,4
6	0,022	0,101	0,063	0,0695	30	1,0	5,11	18,2
7	0,022	0,101	0,021	0,0695	30	1,0	2,53	9,02
8	0,022	0,101	0,044	0,0695	30	1,0	4,65	16,6
9	0,022	0,101	0,084	0,0695	30	1,0	7,83	27,9
10	0,022	0,101	0,126	0,0695	30	1,0	9,11	32,5
11	0,022	0,101	0,063	0,0695	40	1,0	9,03	32,2
12	0,022	0,101	0,063	0,0695	50	1,0	12,67	47,2
13	0,022	0,101	0,063	0,0695	50	1,0	10,32	36,8
14	0,022	0,101	0,063	0,0695	50	1,5	10,13	36,1
15	0,022	0,101	0,063	0,0695	50	2,0	8,56	30,5
16	0,022	0,101	0,063	0,0695	50	0,5	6,63	23,6
17	0,022	0,101	0,063	0,120	50	1,0	14,07	50,1
18	0,022	0,101	0,063	0,094	50	1,0	13,15	46,9
19	0,022	0,101	0,063	0,054	50	1,0	10,03	35,7
20	0,022	0,101	0,063	0,036	50	1,0	6,51	23,2

Таким образом, оптимальными параметрами окислительного хлорирования олигогидрохинона в присутствии NaOCl + HCl являются [ОГХ]₀ – 0,028 моль. зв., [ДХЭ]₀ – 0,303 моля, [NaOCl]₀ – 0,063 моля, [HCl]₀ – 0,069 моля, температура – 50°С и время подачи HCl – 1,0 ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степник Г.А. , Михайлов В.С. Самопроизвольное радикальное хлорирование ароматических углеводородов Материалы IV Всесоюзной конференции по хлорорганическому синтезу, Баку, 1985 г.
2. Пат. № 53-9723 (Япония). Хлорирование ароматических соединений в п-положении / Симидзу Масамати, Катаоке Кутно, Мацци Садаси, 1978 г.
3. Салахов М.С., Гусейнов М.М. Окислительное хлорирование этилбензола и изопропилбензола. Нефтехимия, 1975 г., Т.15, № 4, с.601-606
4. Гусейнов М.М., Чалабиев И.А. Окислительное хлорирование фенолов, Химическая промышленность, 1979, № 12, с.716-717
5. Аллахвердиева Б.Г., Мамедов Б.А. Получение хлорированных олигооксиариленов и изучение закономерностей их окисления. Материалы III Республиканской конференции по высокомолекулярным соединениям, г. Баку, 1989 г.

XÜLASƏ
OLİQOOKSIARİLLƏRİN XLORLAŞMA DƏRƏCƏSİNƏ
SİNTEZ ŞƏRAİTİNİN TƏSİRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ
Ağayev Ə.Ə., Məmmədova B.H., Bayramov Q.K.

Açar sözlər: oliqooksiarilenlər, oliqo- α -naftol, oliqo- β -naftol, oliqoxloral-fanaftol, oliqoxlorbettanaftol, oliqoxlorfenol.

Oliqooksiarilenlərin natrium hipoxlorit və hidrogen xlorid turşusu iştirakında xlorlaşma dərəcəsinə sintez şəraitinin təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, xlorlu məhsulların çıxımına həlledicinin təbiəti, temperaturu, oliqooksiarilenlərin miqdarı, qarışmanın sürəti və digər amillər təsir edir.

SUMMARY
INVESTIGATION OF THE SYNTHESIS CONDITION INFLUENCE
TO THE CLPRINATION DEGREE OF THE OLIGOOXIARILENS
Agaev A.A., Mammedova B.H., Bayramov G.K.

Key words: oligooxiarilens, oliqo- α -naphtol, oligo- β -naphtol, oligochloralphanaphtol, oligochlorinebettanaphtol, oligochlorinepfenol.

The synthesis condition influence to the oxidation degree in the participation of sodium hypochlorite and hydrochloride acid of oligooxiarilens is studied. It was determined that the character, temperature, number of oligooxia-rilens, mixture speed and other factors of the solvent influenced the output of chlorine products.

Daxil olma tarixi: **ilkin variant: 16.10.2014**
 son variant: 30.10.2014

Sumqayıt Dövlət Universitetinin Kimya və Biologiya fakültəsinin
Elmi Şurasının 30.09.2014-cü il tarixli iclasının 01 sayılı protokolu

УДК 661.632.2:631.841.1

ПРОЦЕСС РАЗЛОЖЕНИЯ АПАТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ С ЧАСТИЧНОЙ ЗАМЕНОЙ ЕЕ ГИДРОСУЛЬФАТОМ АММОНИЯ

САМЕДОВ МУХТАР МАМЕД оглы,
Сумгайытский государственный университет, доцент
ГАХРАМАНОВ РАШИД ФАРРУХ оглы,
Сумгайытский государственный университет, доцент
АДЫГЕЗАЛОВА ХАНУМ АЛИБАЛА кызы,
Сумгайытский государственный университет, ассистент
МАХМУДОВА РАГИЛЯ АМИРСУЛТАН кызы
Сумгайытский государственный университет, зав.лаб.
e-mail: samedov-muxtar@mail.ru

Ключевые слова: суперфосфат, интенсифицирующие добавки, разложение фторапатита, гидросульфат аммония

С целью получения суперфосфата, обогащенного дополнительным питательным элементом-азотом, разложение фторапатита серной кислотой осуществляли с добавкой гидросульфата аммония. Поэтому без снижения степени разложения апатита в готовом суперфосфате, заменили до 15% (от полной нормы) серную кислоту эквивалентным количеством гидросульфата аммония. В результате полученный суперфосфат обогащается дополнительным питательным элементом – азотом

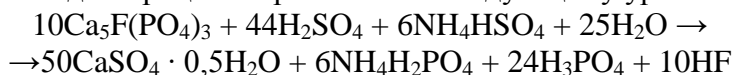
Имеющиеся в литературе сведения о влиянии гидросульфата аммония на процесс разложения природных фосфатов, ограничены. Проведенными ранее нами исследованиями было установлено, что при разложении фторапатита серной кислотой в процессе получения суперфосфата в качестве добавки можно применять сульфат аммония [1-4]. Однако, в этих работах не изучена возможность частичной замены серной кислоты раствором гидросульфата аммония при разложении природных фосфатов серной кислотой.

В связи с этим, целью настоящей работы является исследование процесса разложения фторапатита серной кислотой с частичной заменой ее раствором гидросульфата аммония.

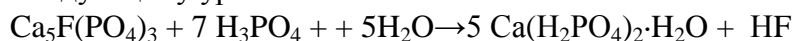
Эксперименты осуществляли на лабораторной установке. В условиях периодического смещения реагентов, требуемое количество кислоты помещали в фарфоровый стакан емкостью 0,4L подогревали ее до температуры 70⁰С, при достижении заданной температуры постепенно всыпали в стакан ранее приготовленный апатитовый концентрат в количестве 100г. Засыпку производили в течении 2-х минут при перемешивании смеси вертикальной двухлопастной мешалкой. По окончании засыпки в фарфоровый стакан добавляли рассчитанное количество 50%-го раствора гидросульфата аммония, предварительно разогретого до температуры 75⁰С. Далее процесс осуществляли по известной методике [5]. В качестве исходного сырья и реагентов использовали апатитовый концентрат стандартного состава, техническую серную кислоту (92,5% H₂SO₄) и 50%-ный раствор гидросульфата аммония. В лабораторных условиях изучали механизм взаимодействия фторапатита серной кислотой с частичной заменой ее раствором гидросульфата аммония. Предполагалось, что присутствие в реакционной зоне гидросульфата аммония будет действовать на апатит подобно серной кислоте, причем одновременно будет продуцироваться аммиак, необходимый на второй стадии процесса. В случае воздействия на Ca₅(PO₄)₃F раствором NH₄HSO₄ также в корне могут измениться условия использования фтора.

Реакция разложения фторапатита серной кислотой протекает в две стадии [6-8]. Такой же механизм предполагается и в процессе разложения природного фосфата серной кислотой в присутствии гидросульфата аммония. Однако, на первой стадии предложенного способа образуется свободная фосфорная кислота, сульфат кальция в форме полугидрата и аммонийдигидрофосфат.

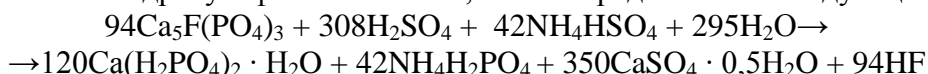
Реакция первой стадии процесса протекает по следующему уравнению



После полного израсходования серной кислоты начинается вторая стадия процесса, т.е. разложение оставшегося апатита накопившейся фосфорной кислотой. Реакция второй стадии процесса протекает по следующему уравнению:



Таким образом, суммарное уравнение взаимодействия фторапатита серной кислотой при частичной замене ее гидросульфатом аммония, можно представить в следующем виде:



С целью подтверждения вышеизложенных предположений, проводили серию лабораторных опытов получения суперфосфата с частичной заменой серной кислоты 50%-ным раствором гидросульфата аммония. Замену осуществляли в пределах 3-20% от массы серной кислоты. Показатели свежих суперфосфатов и зависимость степени разложения апатитового концентрата от величины замены серной кислоты раствором гидросульфата аммония представлены в табл. 1.

Данные о составе свежих суперфосфатов, полученных при частичной замене серной кислоты раствором гидросульфата аммония (норма 70 масс. ч. H₂SO₄ на 100 масс. ч. апатита)

Таблица 1.

Количество, % от полной нормы		Состав свежих суперфосфатов, масс. %					Степень разложения
H ₂ SO ₄	NH ₄ HSO ₄	P ₂ O ₅ общ.	P ₂ O ₅ общ.	P ₂ O ₅ общ.	N	H ₂ O	
100	0	20.29	16.95	12.01	-	14.02	83.54
97	3	20.23	16.89	11.92	0.62	14.08	83.49
94	6	20.19	16.87	11.85	1.18	14.19	83.55
91	9	20.12	16.75	11.69	1.53	14.25	83.26
88	12	20.05	16.69	11.41	1.75	14.36	83.24
85	15	19.93	16.52	11.23	2.00	14.54	82.89
82	18	19.78	15.83	11.07	2.15	14.50	80.13
80	20	19.69	15.57	10.90	2.27	14.82	79.08

Как видно из табл. 1 при замене серной кислоты гидросульфатом аммония в пределах 3-15% от полной нормы H₂SO₄, снижение степени разложения не происходит, т.е. в этих пределах замены, NH₄HSO₄ подобно серной кислоте, активно реагирует с фторапатитом. Однако, при увеличении замены серной кислоты более чем на 15%, наблюдается постепенное снижение степени разложения апатитового концентрата. Это объясняется тем, что увеличение замены серной кислоты на гидросульфат аммония более чем на 15% нецелесообразно, т.к. при этом понижается концентрация водородных ионов, а следовательно, понижается химическая активность фосфорной кислоты, образующейся на первой стадии реакции. Титрование ее щелочью по метилоранжу показывает, что свободная кислотность (т.е. титруемый первый водородный ион фосфорной кислоты) падает с повышением процента замены серной кислоты. Например, при 6%-ной замене H₂SO₄ раствором гидросульфата аммония 88-90% P₂O₅ находится в виде свободной фосфорной

кислоты, титруемой по метилоранжу, а при 18%-ной замене свободная кислотность падает до 70-73% (табл. 2).

Рассмотрение данных табл. 2 позволяет заключить, что 3-15%-ная замена серной кислоты 50%-ным раствором дигидросульфата аммония является вполне допустимой.

Экспериментальные данные показывают, что с увеличением замены серной кислоты гидросульфатом аммония, несколько падает степень разложения апатита. Данные по содержанию питательных элементов в готовом суперфосфате, в зависимости от количества замены серной кислоты гидросульфатом аммония, представлены на рис. 1

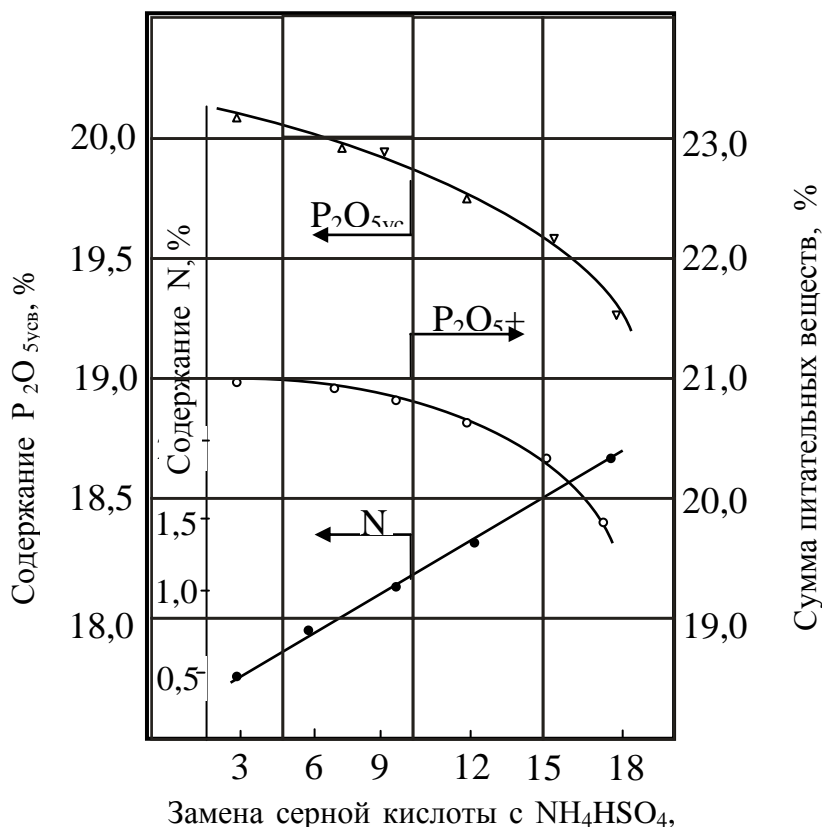


Рис.1. Содержание питательных элементов в суперфосфате после 12-ти суточного дозирования в зависимости от количества замены серной кислоты раствором гидросульфата аммония. (Концентрация серной кислоты 63% H₂SO₄; t=70⁰C, n=70)

Показатели по титрованию фосфорной кислоты в жидкой фазе пульпы при замене серной кислоты гидросульфатом аммония. (концентрация серной кислоты: 63% H₂SO₄ начальная температура: 70⁰C; норма: 70 масс. ч. на 100 масс. ч. апатита)

Таблица 2.

Количество серной кислоты в % от полной нормы в виде:		Общее содержание P ₂ O ₅ в жидкой фазе пульпы в %	Нейтрализация первого водородного иона H ₃ PO ₄ в %
H ₂ SO ₄	NH ₄ HSO ₄		
97	3	26.87	10.02
94	6	25.63	11.34
91	9	25.05	14.89
88	12	24.69	15.73
85	15	24.23	15.25
82	18	22.78	26.78
80	20	21.03	32.46

Как видно из рис.1, несмотря на то, что при 10-15%-ной замене серной кислоты гидросульфатом аммония степень разложения апатита в готовом суперфосфате несколько падает, но сумма питательных веществ ($P_2O_{5\text{св.}}+N$) составляет 20,65%, что больше чем в суперфосфате, полученном обычным способом. Увеличение суммы питательных веществ в продукте при 10-15%-ной замене серной кислоты 50%-ным раствором гидросульфата аммония обусловлено образованием не только монокальцийфосфата, но и моноаммонийфосфата.

Таким образом, для разложения апатитового концентрата серной кислотой в процессе получения суперфосфата, оптимальной величиной замены серной кислоты 50%-ным раствором гидросульфата аммония следует считать 10-15%-ную замену от полной нормы серной кислоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самедов М.М. Исследование процесса получения суперфосфата с применением промышленных отходов Сумгаитского химического комплекса// Хим. пром.2002, №6, с. 18-20.
2. Самедов М.М. Интенсификация и математическое описание процесса производства суперфосфата// Азерб. хим. журнал. 2006, № 3, с. 85-88.
3. Самедов М.М. Особенности процесса получения суперфосфата сернокислотным разложением природных фосфатов с применением интенсифицирующих добавок// Научные известия. СГУ, 2008, том 8, №4, с. 57-78.
4. Patent İ20050053. Azərbaycan Respublikası. Bül. №3, 25.04.2005.
- 5.Руководство к практическим занятиям по технологии неорганических веществ. / Под ред. проф. М.Е.Позина, Л., «Химия», 1985. С. 301.
6. Чепелевецкий М.Л., Бруцкус Е.Б. Суперфосфат. Физикохимические основы производства. М: Химия, 1978, 283 с.
7. Datin P.C., Wotthington E.A., Ponodriov G. Phosphorus pentoxide reversion of ammoniated superfosfate// Ind.Eng.chem., 1982, 44,4, p.903-905.
8. Орехов И.И., Власова Т.Л. Влияние сульфат-иона на механизм взаимодействия природных фосфатов с фосфорной кислотой //Химическая промышленность, 1985, №2, с.755-757.

XULASƏ

SULFAT TURŞUSUNUN QİSMƏN AMMONİUM HİDROSULFATLA ƏVƏZ ETMƏKLƏ APATİT KONSENTRATININ SULFAT TURŞUSUNDA PARÇALANMASI PROSESİ

Səmədov M.M., Qəhrəmanov R.F., Adıgözəlova X.Ə., Mahmudova R.Ə.

Açar sözlər: superfosfat, intensivləşdirici əlavələr, flüorapatitin parçalanması, ammonium-hidrosulfat.

Məqalədə flüorapatitin sulfat turşusunda parçalanmasından superfosfatın alınması prosesi tədqiq edilmişdir. Klassik üsuldən fərqli olaraq, sulfat turşusu qismən 50%-li NH_4HSO_4 məhlulu ilə əvəz olunmuşdur.

Aparılan tədqiqatlarla müəyyənləşdirilmişdir ki, apatitin parçalanma dərəcəsini aşağı salmadan sulfat turşusunun parçalanma reaksiyasına sərf olunan miqdarın 10-15%-ni ekvivalent miqdarda NH_4HSO_4 məhlulu ilə əvəz etmək mümkündür. Bu halda alınan superfosfatın tərkibində monokalsiumfosfatla yanaşı monoammoniumfosfat da iştirak etdiyindən alınan məhsul əlavə qida elementi azotla zənginləşir.

SUMMARY

**THE DECOMPOSITION PROCESS OF APATITE CONCENTRATION IN THE
SULPHURIC ACID SUBSTITUTING THE SULPHURIC ACID PARTY BY AMMONIUM
HYDROSULPHATE**

Samedov M.M., Gakhramanov R.F., Adiqezalova Kh.A., Makhmudova R.A.

Key words: *superphosphate, sulphuric, ammonium, hydrosulphate.*

In the article the process of obtaining superphosphate due to the decomposition of fluorapatite in the sulphuric acid was investigated. Differing from the classic way? The sulphuric acid was party substituted by the solution of 50% NH_4HSO_4 .

According to the carried out investigations, it was determined that without reducing the decomposition degree of apatite, out of the amount spent on the decomposition reaction of sulphuric acid one can substitute 10-15% by NH_4HSO_4 in the equivalent amount.

Daxil olma tarixi: **ilkin variant: 14.10.2014**
 son variant: 30.10.2014

**Sumqayıt Dövlət Universitetinin Kimya və Biologiya fakültəsinin
Elmi Şurasının 30.09.2014-cü il tarixli iclasının 01 sayılı protokolu**

UOT 547.35+547-372

**NORBORNENKARBON TURŞUSUNUN 2-[TRIALKİL(XLOR)SİLİL]ETİL
EFİRLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ KİMYƏVİ ÇEVRİLMƏLƏRİ**

CAVADOVA SADƏGÜL HƏSƏN qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, b/m

DÜNYAMALIYEV ƏHMƏD DÜNYAMALI oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

MUSTAFAYEV MUSA MUSA oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

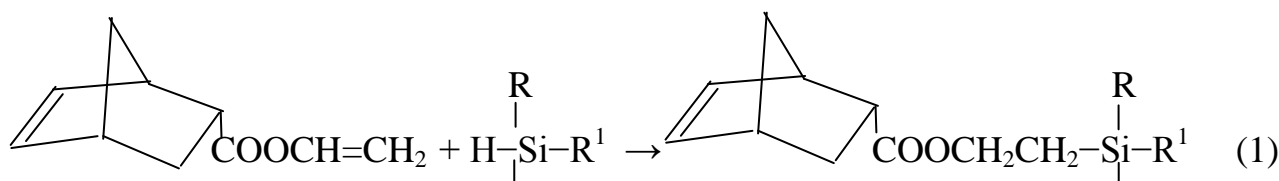
E-mail: *mustafayev-62@mail.ru*

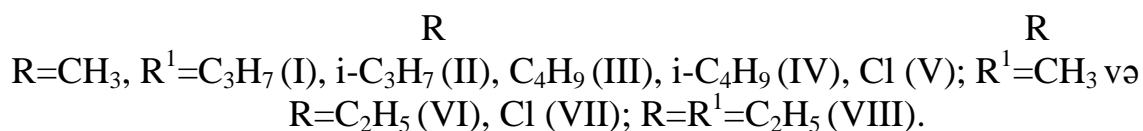
Açar sözlər: *norbornenkarbon turşusunun vinil efiri, trialkil(xlor)silan, hidrosililləşmə, katalizator, Farmer qaydası.*

Təqdim edilən məqalə norbornenkarbon turşusunun 2-[trialkil(xlor)silil]etil efirlərinin sintezinə və kimyəvi çevrilmələrinin tədqiqinə həsr edilmişdir. Tədqiqat işində norbornenkarbon turşusunun vinil efiri rodium dikarbonil-asetilasetonat katalizatoru iştirakında trialkil(xlor)silanlarla hidrosililləşdiril-mişdir. Müəyyən edilmişdir ki, trialkil(xlor)silanlar tədqiq olunan doymamış mürəkkəb efirə yalnız –OCH=CH₂ qrupu üzrə Farmer qaydası ilə birləşirlər. Reaksiya nəticəsində norbornenkarbon turşusunun 2-[trialkil(xlor)silil]etil efirləri sintez edilərək kimyəvi çevrilmə reaksiyaları öyrənilmişdir.

Məlumdur ki, silisiumun hidridlərinin doymamış karbohidrogenlərin karbo- və heterofunksional törəmələrinə katalitik birləşmə reaksiyasının istiqaməti həm substratın və reagentin tərkib və quruluşundan, həm də istifadə edilən katalizatorun və katalitik sistemlərin təbiətindən asılıdır. Belə ki, trialkil(aril)silanlar platin katalizatorları iştirakında qoşulmuş əlaqəli karbonilli birləşmələrə, məsələn, akril turşusunun alkil efirlərinə 1,4-vəziyyətdə birləşirlər. Bu zaman elektrofil həmlə karbonil qrupunun oksigeninə, nukleofil həmlə isə CH₂=CH- qrupunun kənar karbon atomuna yönəlir. Odur ki, trialkil(aril)silil qrupu karbonil qrupunun oksigen atomuna birləşir və doymamış siloksitörəmələr alınır. Bundan fərqli olaraq, trialkil(aril)silanların ikiqat əlaqələri təcrid olunmuş doymamış mürəkkəb efirlərə birləşmə reaksiyaları yalnız 1,2-vəziyyətdə gedir və silisiumüzvi mürəkkəb efirlərin alınması ilə nəticələnir [1-4].

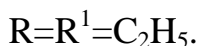
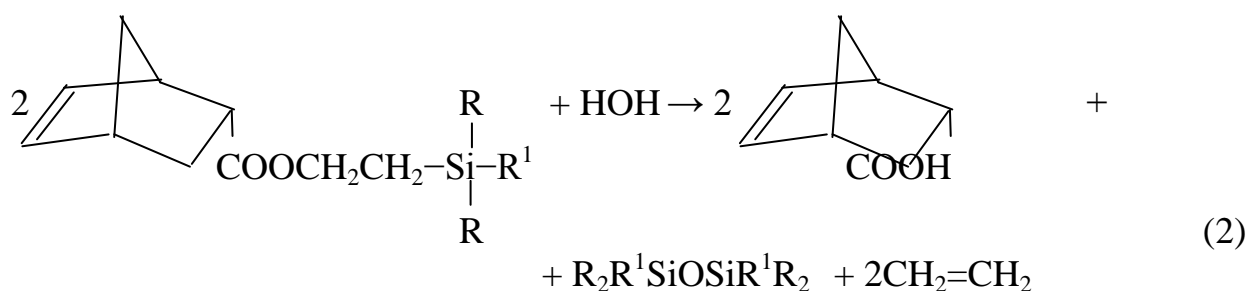
Yuxarıda deyilənlər nəzərə alınaraq, mövcud tədqiqat işində tədqiq olunan reaksiyanın quruluş istiqamətini təyin etmək, həmçinin –OCH=CH₂, –CH=CH– və >C=O qruplarının birgə iştirak etdiyi hidrosililləşmə şəraitində nisbi fəallıqlarını təyin etmək məqsədilə trialkil-, dialkilxlor- və alkildixlor-silanların norbornenkarbon turşusunun vinil efirinə katalitik birləşmə reaksiyası ətraflı tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, rodium dikarbonilasetilasetonat katalizatoru iştirakında və reaksiyaya daxil olan komponentlərin ekvimolyar nisbətində trialkil(xlor)silanlar silisium atomu ilə birləşmiş əvəzləyicilərin təbiətindən və quruluşundan asılı olmayaraq tədqiq olunan doymamış mürəkkəb efirə yalnız –OCH=CH₂ qrupu üzrə Farmer qaydası ilə birləşirlər. Reaksiya nəticəsində norbornenkarbon turşusunun 2-[trialkil(xlor)silil]etil efirləri əmələ gəlir:





Reaksiya məhsullarının (I-VIII) tərkibi elementlərin analizi ilə, göstərilən quruluşları isə kimyəvi və fiziki-kimyəvi analiz metodlarının köməyi ilə təyin edilmişdir. Belə ki, fərdi təmiz maddə olması naziktəbəqəli xromatoqrafiya (benzol:heptan:metanol=10:4.5:3 sistemi; adsorbent-II dərəcəli aktivliyə malik Al_2O_3 ; aydınlaşdırıcı-yod buxarları; $R_f=0.87$) metodunun köməyi ilə təyin olunan VIII birləşmənin İQ-spektrində $\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{Si}$ - qruplaşmasının $>\text{C}=\text{O}$ əlaqəsinin valentlik rəqslərinə məxsus, rəqs tezliyi 1735 cm^{-1} olan son dərəcə intensiv udma zolağı aydın müşahidə edilir [5]. Vinil radikalının $-\text{OCH}=\text{CH}_2$ qrupunun valentlik rəqslərini səciyyələndirən udma zolağı isə araşdırılan spektrin $1680\text{-}1640 \text{ cm}^{-1}$ sahəsində müşahidə edilmir. VIII birləşmənin molekulunda $-\text{CH}=\text{CH}-$ qrupunun olmasını spektrdə 1620 cm^{-1} sahəsində müşahidə olunan aşağı intensivlikli udma zolağı, həmçinin həmin birləşmənin PMR-spektrində müşahidə olunan norbornen həlqəsinin $-\text{CH}=\text{CH}-$ qrupunun protonlarına məxsus kimyəvi sürüşməsi $\delta=5.76\text{-}6.15$ olan multiplet siqnallar təsdiq edir [6].

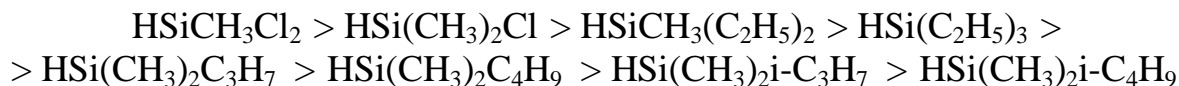
Tədqiq edilən reaksiyanın istiqaməti kimyəvi yolla da təyin edilmişdir. Belə ki, VIII birləşmənin turş mühitdə hidroliz reaksiyası aparılmış və reaksiya nəticəsində quruluşu ədəbiyyatdan məlum olan heksaetildisiloksan və norbornenkarbon turşusu alınmışdır:



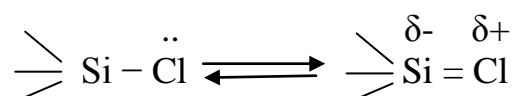
Qeyd edək ki, heksaetildisiloksan hidroliz reaksiyası şəraitində əmələ gələn 2-trietilsililetanolun “β-parçalanmaya” məruz qalması nəticəsində alınır.

Beləliklə, həm spektral analizin nəticələri, həm də norbornenkarbon turşusunun 2-trietilsililetetil efirinin turş mühitdə hidrolizindən ədəbiyyatdan məlum olan heksaetildisiloksan və norbornenkarbon turşusunun alınması trialkil(xlor)silanların rodium dikarbonilasetilasetonat katalizatoru iştirakında norbornenkarbon turşusunun vinil efirinə yalnız $-\text{OCH}=\text{CH}_2$ əlaqəsindən Farmer qaydası üzrə birləşdiyini söyləməyə imkan verir. Bu onu göstərir ki, göstərilən şəraitdə trialkil(xlor)silanlarla reaksiyada norbornenkarbon turşusunun vinil efirinin molekulundakı $-\text{OCH}=\text{CH}_2$ qrupu $-\text{CH}=\text{CH}-$ qrupuna nisbətən daha yüksək reaksiya qabiliyyətinə malikdir.

Müəyyən edilmişdir ki, reaksiya məhsullarının çıxımı trialkil(xlor)silan molekulunda silisium atomu ilə birləşmiş əvəzləyicilərin təbiətindən və quruluşundan nəzərəcarpacaq dərəcədə asılıdır. Belə ki, dimetilxlorasilan və metildixlorasilan norbornenkarbon turşusunun vinil efirinə birləşərək müvafiq olaraq, 71.1 və 68.2% çıxımla hidrosililləşmə məhsulları əmələ gətirdikləri halda, dimetilpropil-, dimetilbutil-, metildietil- və trietilsilanlar götürüldükdə reaksiya məhsullarının çıxımı müvafiq olaraq 56, 55.2, 57.7 və 57.6% təşkil edir. Dimetildiizopropil- və dimetildiizobutilsilanlar isə cəmi 51.3 və 52.3% çıxımla birləşmə məhsulu əmələ gətirirlər. Beləliklə, tədqiq olunan reaksiyada trialkil(xlor)silanların fəallıqlarının aşağıdakı sırası təyin edilmişdir:



Tədqiq olunan reaksiyada dimetilxlorosilan və metildixlorosilanın nisbi reaksiya qabiliyyətinin yüksək olmasını fikrimizə, xlor atomunun elektronlarının silisium atomunun 3d-orbitalları ilə qoşulma effekti ilə izah etmək olar. Belə ki, xlorosilanlarda silisium atomu 3d-orbitallarından istifadə etməklə valent imkanlarını artırır və xarici enerji səviyyəsində 10 elektron yerləşdirə bilər. Belə birləşmələrdə xlor atomunun p-elektronları elə yerləşir ki, onların silisium atomunun elektronlarla tamamlanmamış 3d-orbitalları ilə örtülməsi mümkün olur. Bunun nəticəsində silisium atomu ilə xlor atomu arasındakı kimyəvi əlaqə qismən ikiqat əlaqə xarakteri daşıyır. Belə kimyəvi əlaqə $d_{\pi}-p_{\pi}$ tipinə aid edilir və onun əmələgəlmə mexanizmini aşağıdakı rezonans quruluşlarının köməyi ilə təsvir etmək olar:

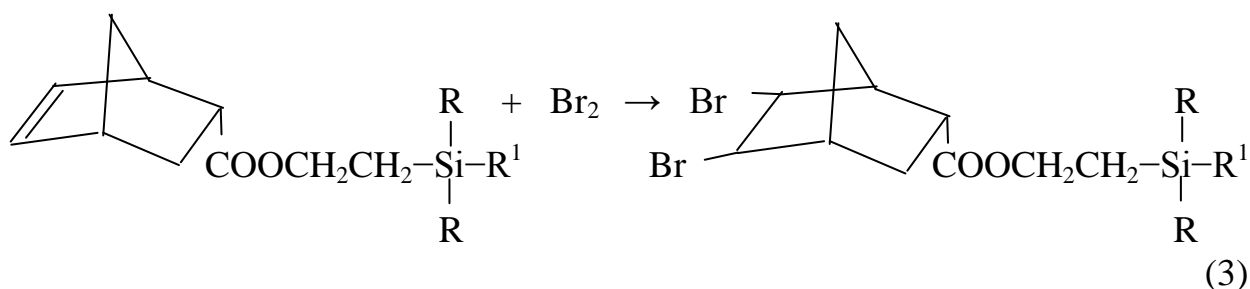


Belə qoşulma effekti Si-H əlaqəsini əlavə olaraq polyarlaşdırır və silanı aktivləşdirir [7].

Tədqiq olunan reaksiyada şəxəli quruluşlu üçüzvisilanların aktivliyinin aşağı olması isə sterik effektlə əlaqədardır ki, bu da dimetilizopropil- və dimetilizobutilsilil qruplarının reaksiya mərkəzinə həmləsini çətinləşdirir.

Sintez edilmiş silisiumüzvi mürəkkəb efirlərin bəzi kimyəvi çevrilmələri öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, bu efirlər kifayət qədər yüksək reaksiya qabiliyyətli birləşmələrdir. Onlar asanlıqla müxtəlif kimyəvi çevrilmələrə məruz qalırlar. Bu reaksiyalar nəticəsində silisiumun yeni sinif üzvi birləşmələri əmələ gəlir.

Müəyyən edilmişdir ki, yeni sintez edilmiş silisiumüzvi mürəkkəb efirlərin molekulunda olan norbornen həlqəsindəki ikiqat əlaqə asanlıqla elektrofil birləşmə və epoksidləşmə reaksiyalarına daxil olur. Bundan istifadə edərək norbornenkarbon turşusunun 2-dimetilpropilsililetil efirinin (I) bromla qarşılıqlı təsirindən 98.3% çıxımla IX silisiumüzvi bromid alınmışdır:



$\text{R}=\text{CH}_3$, $\text{R}^1=\text{C}_3\text{H}_7$ (IX).

TƏCRÜBİ HİSSƏ

İlkin maddə olan norbornenkarbon turşusunun vinil efiri məlum metodika üzrə [8] tsiklopentadienin akril turşusunun vinil efiri ilə dien kondensləşməsindən alınmışdır: $T_{\text{qay.}} 61-62^\circ\text{C}$ (0.5 mm c.süt.), $n_D^{20} 1.4882$, $d_4^{20} 1.0573$. Çıxım 72%.

Trialkilsilanlar isə dialkilxlorosilanların müvafiq alkilmaqneziumbromidlərlə qarşılıqlı təsirindən alınmışdır.

Sintez edilmiş silisiumüzvi birləşmələrin İQ-spektrləri ikişüalı UR-20 spektrofotometrində $700-2400\text{ cm}^{-1}$ (NaCl prizması) və $2400-3600\text{ cm}^{-1}$ (LiF prizması) sahələrində çəkilmişdir.

Norbornenkarbon turşusunun 2-(dimetilpropilsilil)etil efiri (I). Yeni qovulmuş 16.4 q (0.1 mol) norbornenkarbon turşusunun vinil efiri və 10.2 q (0.1 mol) dimetilpropilsilandan ibarət qarışıq ağzına əks soyuducu keçirilmiş birboğazlı reaksiya kolbasında 0.05 q rodium dikarbonilasetilasetonat katalizatoru iştirakında tiofendən təmizlənmiş 50 ml susuz benzol mühitində 18 saat müddətində qaynadıldı. Reaksiya kütləsindən həlledici və aşağı temperaturda qaynayan maddələr qovularaq ayrıldıqdan sonra qalan hissədən vakuum altında distillə ilə 14.9 q I alındı və fiziki sabitləri təyin edildi: $T_{\text{qay.}}$ 107-108 °C (0.5 mm c.süt.), n_D^{20} 1.4839, d_4^{20} 0.9848. Çıxım 56%. Tapıldı: C 67.42, 67.71; H 9.72, 9.65; Si 10.22, 10.09%; MR_D 77.40. R_f 0.81. $C_{15}H_{26}SiO_2$. Hesablandı: C 67.61; H 9.84; Si 10.54%; MR_D 77.80.

Norbornenkarbon turşusunun 2-(dimetilpropilsilil)etil efirinin (II) İQ-spektrinin nəticələri (ν , cm^{-1}): 730 (3.1), 780 (3.5), 830 (2.2), 895 (2.2), 930 (3.6), 1005 (2.3), 1050 (4.8), 1100 (2.6), 1140 (1.2), 1170 (1.3), 1240 (4.5), 1320 (1.1), 1380 (1.0), 1405 (2.3), 1425 (2.6), 1625 (3.0), 1735 (5.0), 2880 (2.3), 2910 (2.2), 2935 (3.0).

Norbornenkarbon turşusunun aşağıdakı 2-[tialkil(xlor)silil]etil efirləri də eyni metodika üzrə sintez edilmişdir.

Norbornenkarbon turşusunun 2-(dimetilzopropilsilil)etil efiri (II). $T_{\text{qay.}}$ 108-109 °C (0.5 mm c.süt.), n_D^{20} 1.4832, d_4^{20} 0.9836. Çıxım 51.3%. Tapıldı: C 67.68, 67.52; H 9.86, 10.05; Si 10.37, 10.49%; MR_D 77.40. $C_{15}H_{26}SiO_2$. Hesablandı: C 67.61; H 9.84; Si 10.54%; MR_D 77.80.

Norbornenkarbon turşusunun 2-(dimetilbutilsilil)etil efiri (III). $T_{\text{qay.}}$ 121-122 °C (0.5 mm c.süt.), n_D^{20} 1.4822, d_4^{20} 0.9761. Çıxım 55.2%. Tapıldı: C 68.42, 68.75; H 10.23, 10.02; Si 9.89, 9.35%; MR_D 81.95. $C_{16}H_{28}SiO_2$. Hesablandı: C 68.51; H 10.06; Si 10.02%; MR_D 82.80.

Norbornenkarbon turşusunun 2-(dimetilzobutilsilil)etil efiri (IV). $T_{\text{qay.}}$ 138-139 °C (1.0 mm c.süt.), n_D^{20} 1.4818, d_4^{20} 0.9741. Çıxım 52.3%. Tapıldı: C 68.64, 68.55; H 9.89, 10.07; Si 10.08, 9.94%; MR_D 82.06. $C_{16}H_{28}SiO_2$. Hesablandı: C 68.51; H 10.06; Si 10.02%; MR_D 82.80.

Norbornenkarbon turşusunun 2-(dimetilxlorsilil)etil efiri (V). $T_{\text{qay.}}$ 97-98 °C (0.5 mm c.süt.), n_D^{20} 1.4894, d_4^{20} 1.0817. Çıxım 64.6%. Tapıldı: C 55.79, 55.71; H 7.33, 7.48; Si 10.62, 10.71%; MR_D 69.10. $C_{12}H_{19}SiClO_2$. Hesablandı: C 55.69; H 7.40; Si 10.85%; MR_D 68.62.

Norbornenkarbon turşusunun 2-(metildietilsilil)etil efiri (VI). $T_{\text{qay.}}$ 106-107 °C (0.5 mm c.süt.), n_D^{20} 1.4888, d_4^{20} 0.9911. Çıxım 57.7%. Tapıldı: C 67.72, 67.53; H 9.91, 9.98; Si 10.34, 10.46%; MR_D 77.56. $C_{15}H_{26}SiO_2$. Hesablandı: C 67.61; H 9.84; Si 10.54%; MR_D 78.01.

Norbornenkarbon turşusunun 2-(metildixlorsilil)etil efiri (VII). $T_{\text{qay.}}$ 113-114 °C (0.5 mm c.süt.), n_D^{20} 1.4964, d_4^{20} 1.1842. Çıxım 66.8%. Tapıldı: C 47.23, 47.39; H 5.82, 5.94; Si 9.86, 9.94%; MR_D 68.93. $C_{11}H_{16}SiCl_2O_2$. Hesablandı: C 47.31; H 5.78; Si 10.06%; MR_D 68.25.

Norbornenkarbon turşusunun 2-(trietilsilil)etil efiri (VIII). $T_{\text{qay.}}$ 116 °C (0.5 mm c.süt.), n_D^{20} 1.4868, d_4^{20} 0.9760. Çıxım 57.6%. Tapıldı: C 68.64, 68.73; H 10.12, 10.19; Si 9.78, 9.91%; MR_D 82.62. $C_{16}H_{28}SiO_2$. Hesablandı: C 68.51; H 10.06; Si 10.02%; MR_D 82.52.

Norbornenkarbon turşusunun 2-(trietilsilil)etil efirinin (VIII) hidrolizi. Birboğazlı, yumrudibli reaksiya kolbasına 14.0 q (0.05 mol) yeni distillə edilmiş norbornenkarbon turşusunun 2-(trietilsilil)etil efiri (VIII), 40 ml su və 0.1 ml qatı sulfat turşusu yerləşdirildi. Kolbanın boğazına əks soyuducu keçirilərək 9 saat müddətində qaynadıldı. Reaksiya başa çatdıqdan sonra üzvi hissə su təbəqəsindən ayrıldı və su təbəqəsi bir neçə dəfə efirlə ekstraksiya edildi. Üzvi hissələr birləşdirilərək közərdilmiş $MgSO_4$ üzərində quruduldu. Reaksiya kütləsindən həlledici qovulduqdan sonra qalan hissədən vakuumda distillə ilə 5.7 q heksaetildisiloksan - $T_{\text{qay.}}$ 83-84 °C (4.0 mm c.süt.), n_D^{20} 1.4356, d_4^{20} 0.8583, ədəbiyyat göstəriciləri: $T_{\text{qay.}}$ 233 °C (758 mm c.süt.), n_D^{20} 1.4380, d_4^{20} 0.8590 [9] və 6.4 q norbornenkarbon turşusu - $T_{\text{qay.}}$ 105-106 °C (0.5 mm c. süt.), n_D^{20} 1.4960, d_4^{20} 1.1399 alındı.

2-(2¹-Dimetilpropilsilil)etoksikarbonil-5,6-dibrombitsiklo[2.2.1]heptan (IX). Mexaniki qarışdırıcı və damcı qıfı ilə təchiz olunmuş reaksiya kolbasına 6.7 q (0.025 mol) yeni qovulmuş norbornenkarbon turşusunun 2-(dimetilpropilsilil)etil efiri (I) və 30 ml susuz dietil efiri yerləşdirildi. İntensiv qarışdırılmaqla və duz-buz soyuducu qarışığı ilə soyudulmaqla üzərinə asta damcılarla 4.0 q (0.025 mol) brom axıdıldı. Bromun hamısı reaksiya zonasına verildikdən sonra kütlə otaq temperaturunda 0.5 saat müddətində qarışdırıldı. Reaksiya kütləsindən həlledici qovulduqdan sonra qalan hissədən vakuumda distillə ilə 10.5 q IX silisiumüzvi dibromid alındı və fiziki sabitləri təyin edildi. T_{qay} 179-180 °C (0.5 mm c.süt.), n_D^{20} 1.5151, d_4^{20} 1.3595. Çıxım 98.3%. Tapıldı: C 42.37, 42.49; H 6.21, 6.33; Si 6.64, 6.39%; MR_D 94.61. $C_{15}H_{26}SiBr_2O_2$.

Hesablandı: C 42.25; H 6.14; Si 6.59%; MR_D 93.69.

ƏDƏBİYYAT

1. Пухнаревич В.Б., Лукевиц Э.Я., Копылова Л.И., Воронков М.Г. Перспективы гидросилилирования. – Рига, Зинатне, 1992. -383 с.
2. Лукевиц Э.Я., Воронков М.Г. Гидросилилирование, гидрогермилирование и гидростанилирование. - Рига, «Зинатне», 1964. –371 с.
3. Петров А.Д., Миронов В.Ф., Пономаренко В.А., Чернышев Е.А. Синтез новых видов кремнийсодержащих мономеров. //Изв. АН СССР, ОХН, 1958, № 8, с. 954-963.
4. Мустафаев М.М., Сарыев Г.А., Тарвердиев Ш.А. Синтез и химические свойства кремнийорганических сложных эфиров, содержащих Si-H связи. // Научные Известия СГУ, Сумгаит, 2005, т. 5, № 1, с. 56-58.
5. Ахрем А.А., Кузнецов А.И. Тонкослойная хроматография. – М.: Наука, 1964. – 174 с.
6. Казицына Л.А., Куплетская И.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. - М.: «Высшая школа», 1971. - 263 с.
7. Робертс Дж., Касерио М. Основы органической химии. Ч. 1. –М.: Мир, 1968. - 592 с.
8. Онищенко А.С. Диеновый синтез. – М.: Издательство АН СССР, 1963. – 651 с.
9. Андрианов К.А. Кремнийорганические соединения. - М.: Госхимиздат, 1955. – 520 с.

РЕЗЮМЕ

СИНТЕЗ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ 2-[ТРИАЛКИЛ(ХЛОР)СИЛИЛ]ЭТИЛОВЫХ ЭФИРОВ НОРБОРНЕНКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ Джавадова С.Г., Дунямалыев А.Д., Мустафаев М.М.

Ключевые слова: виниловый эфир норборненкарбонической кислоты, триалкил(хлор)силан, гидросилилирование, катализатор, правило Фармера.

Статья посвящена синтезу и исследованию химических превращений 2-[триалкил(хлор)силан]этиловых эфиров норборненкарбонической кислоты. Исследована реакция каталитического присоединения триалкил(хлор)силанов к виниловому эфиру норборненкарбонической кислоты в присутствии ацетилацетонатдикарбонила родия. Установлено, что при эквимолярном соотношении реагирующих компонентов, независимо от природы и строения заместителей, связанных с атомом кремния, использованные триалкил(хлор)силаны селективно присоединяются исключительно к $-OCH=CH_2$ связи винильного радикала и образуют 2-[триалкил(хлор)силан]этиловые эфиры норборненкарбонической кислоты. Показано, что продуктом бромирования полученного неопределённого кремнийорганического эфира является соответствующий бромид.

SUMMARY
SYNTHESIS OF NORBORNENCARBON ACID
2-[THRIALKYL(CHLORINE)SILILA]ETHYL ETHERS
AND CHEMICAL TRANSFORMATIONS
Cavadova S.H., Dunyamaliev A.D., Mustafaev M.M.

Key words: *vinyl ether of norbornencarbon acid, thrialkyl(chlorine)silanes, hydrosilylation, catalyst, Farmer rule.*

Introduced article was dedicated to the synthesis of norbornencarbon acid 2-[thrialkyl(chlorine)silila]ethyl ether and investigation of chemical transformations. In the research work the vinyl ether of norbornencarbon acid was hydrosilylated with thrialkyl(chlorine)silanes in the presence of rhodium dicarbonylacetylacetonat catalyst. It was determined that, thrialkyl(chlorine)silanes are joined to researched unsaturated complex ether only by $-\text{OCH}=\text{CH}_2$ group with Farmer rule. As a result of the reaction with the synthesis of norbornencarbon acid 2-[thrialkyl(chlorine)silila]ethyl ether chemical transformation reactions were studied.

Daxil olma tarixi: **ilkin variant: 08.12.2014**
 son variant: 19.12.2014

**Sumqayıt Dövlət Universitetinin Kimya və Biologiya fakültəsinin
Elmi Şurasının 27.11.2014-cü il tarixli iclasının 03 sayılı protokolu**

UOT 541.138+542.995

**TULLANTI ABQAZ XLORİD TURŞUSU VƏ 1,2,3-TRİXLORPROPAN
ƏSASINDA 1,3-DİXLORASETONUN SİNTEZİ**

AŞUROVA NƏRGİZ DURSUN qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

ƏHMƏDOVA RƏHİLƏ RZA qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

MURADOV MAHAL MAIL oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

e-mail: nara_76.76@mail.ru

Açar sözlər: *trixlorpropan, 2,3-dixlorpropen-1, hipoxlorlaşma, oksixlorlaşma, abqaz xlorid turşusu, hidrogen-peroksid, 1,3-dixloraseton.*

1,2,3-Trioxlorpropandan alınan 2,3-dixlorpropen-1-in abqaz xlorid turşusu əsasında hidrogen-peroksid və natrium hipoxlorid iştirakında hipoxlorlaşdırılması prosesinin aparılması öyrənilmişdir. Bu zaman 1,3-dixlorasetonun çıxımı 70-75 % təşkil edir.

Epixlorhidrin (EXH) istehsalının çox tonnajlı tullantılarından biri 1,2,3-trioxlorpropandır (TXP). Bu birləşmə allil xloridin (AX) xlorlu su ilə hipoxlorlaşdırılması prosesində dixlorhidrin qliserin (DXQ) ilə yanaşı alınır [1]. AX-ə görə onun çıxımı bir qayda olaraq 10-12 % təşkil edir. Onun istifadə sahəsi olmadığından ekoloji baxımdan zərərli tullantılardan hesab olunur.

Digər tərəfdən, TXP və digər xlor-üzvi birləşmələr həmin istehsalın çox tonnajlı tullantısı kimi praktiki olaraq istifadəsiz qalır. Odur ki həmin xlorlu birləşmələr ətraf mühit üçün ekoloji təhlükə yaradır. Təəssüflə qeyd olunmalıdır ki, TXP-nin istifadə sahəsi olmadığından yandırılır.

Əlbəttə, bu çıxış yolu deyil, çünki xlor tərkibli üzvi birləşmələrin yandırılması olduqca təhlükəli bir əməliyyatdır. Burada əvvəlkindən daha təhlükəli birləşmələrin alınması mümkündür. Bir sıra xarici mənbələrə əsasən xlor-üzvi birləşmələrin oksigendə yandırılması nəticəsində ekoloji cəhətdən daha dəhşətli olan dioksin maddəsinin əmələ gəlməsi baş verir [2]. Bu faktor nəzərə alınmır. Nəzərə alınmalıdır ki, dioksin maddəsi hiss olunmadan ətraf mühitə yayılır. Torpağa, suya və yaşıllıqların üzərinə düşən və eyni zamanda havanın tərkibində yayılan dioksin canlı orqanizmə daxil olduqda immun sistemini pozur və bir sıra dəhşətli xəstəliklərin, o cümlədən xərçəng xəstəliyinin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Çünki dioksin yanmayan və təbiətin təsirinə qarşı olduqca davamlı birləşmədir. Onun təbiətdə və canlı orqanizmdə yaşama müddəti 10-50 ildir [3].

Bütün bunları nəzərə alaraq, xlor tərkibli üzvi birləşmələri (tullantıları) utilizə etmək üçün onların təkrar emal olunması daha məqsədəuyğun hesab edilir. Bu məqsədlə tədqiqat obyektini kimi epixlorhidrin istehsalında əlavə məhsul kimi alınan TXP-ni təkrar emal etmək üçün onun istifadə olunma biləcəkdir sahələrdən birini müəyyən etməkdir. Odur ki, əvvəlcə onu monomer şəklində salmaq lazımdır.

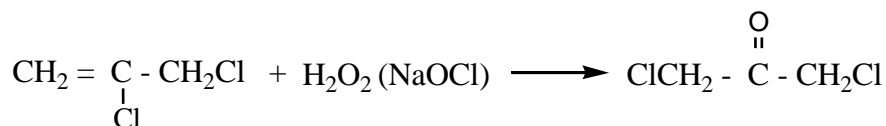
Müəyyən edildiyinə görə, TXP hər hansı qələvi reagentlərin təsirindən asanlıqla HCl itirir və tərkibində ikiqat rabitəsi olan birləşməyə - 2,3-dixlorpropen-1-ə çevrilir.



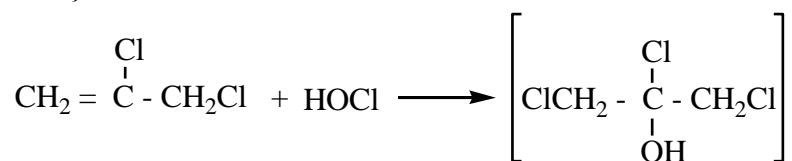
Müəyyən edildiyinə görə, 2,3-dixlorpropen-1-in və digər çox tonnajlı tullantılar əsasında alınan doymamış birləşmələrin xlorid turşusunda oksixlorlaşdırılması reaksiyası həmin tullantıların utilizə olunması baxımından perspektivli hesab olunur.

Xlorlu olefinlərin oksixlorlaşdırılmasında oksidləşdirici kimi hidrogen-peroksid və yaxud natrium hipoxloridin sulu məhlullarından istifadə edilmişdir [4,5]. Bu üsulun əsas mahiyyəti onunla əlaqədardır ki, oksidləşdirici iştirakında xlorid tursusundan molekulyar xlor regenerasiya olunur və onun alınması anında xlorolefinlə reaksiyaya girərək onu sulu mühitdə oksixlorlaşdırır. Həmin reaksiya bir qayda olaraq nisbətən aşağı temperatur şəraitində aparılır.

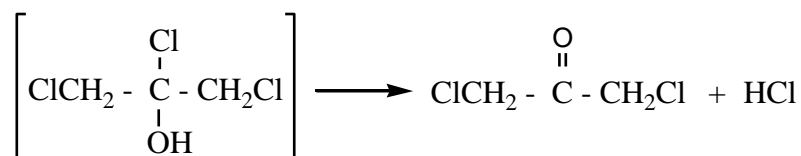
Müəyyən edildiyinə görə, 2,3-dixlorpropenin oksixlorlaşdırılması zamanı xlorhidrin əvəzinə dixloraseton alınır.



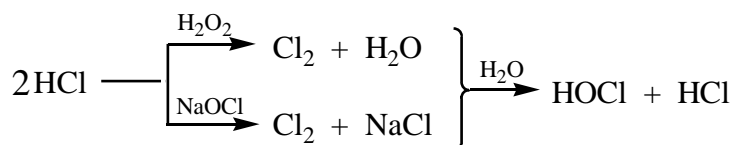
Hesab etmək olar ki, 2,3-dixlorpropen-1-in oksixlorlaşması AX-in həmin şəraitdə oksixlorlaşması mexanizmi üzrə baş verir. Daha doğrusu, hipoxlorid turşusu ikiqat rabitəyə aşağıdakı kimi birləşir:



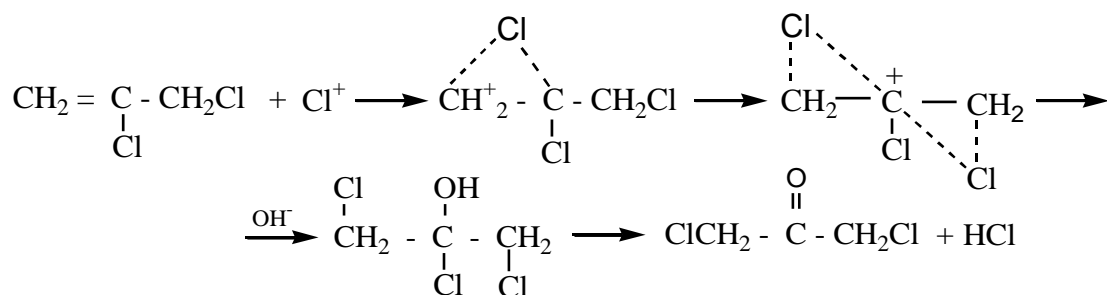
Aralıq kompleks davamsız olduğundan parçalanır və nəticədə xlor-keton əmələ gətirir:



Bu birləşmələrin əmələ gəlməsinin ilkin mərhələsində xlorid turşusu ilə hidrogen-peroksid və yaxud natrium hipoxlorid arasındakı reaksiya nəticəsində molekulyar xlor alınır, o da su mühitində hipoxlorid turşusuna çevrilir:



Sonrakı mərhələdə hipoxlorid turşusu ilə doymamış rabitə arasında elektrofil reaksiya nəticəsində əvvəlcə “хлорониевый комплекс” əmələ gəlir:



УДК 528.88.041:519.24:630.114.445

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ, ПОСТРОЕННОЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ СНИМКОВ, В ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ ЗАСОЛЕНИЙ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА**АХУНДОВА ТЕРАНЕ АЗИЗ кызы***Институт Космических исследований им.Т.К.Исмайлова НАНА, гл.н.с.***ГАДЖИВЕРДИЕВ АДІЛЬ ЗІЯБЕК оглы***Института Космических исследований им.Т.К.Исмайлова, НАНА, нач.отд.***ЮРЬЕВА ЭЛИНА ЛЕОНИДОВНА***Института Космических исследований им.Т.К.Исмайлова, НАНА, вед.н.с.***КНЯЗЕВА ВАЛЕНТИНА ГРИГОРЬЕВНА***Института Космических исследований им.Т.К.Исмайлова, НАНА, вед.н.с.***ЗАКИРДЖАНОВА ЛАРИСА ФЕДОРОВНА***Института Космических исследований им.Т.К.Исмайлова, НАНА, вед.н.с.**E-mail: creola33@mail.ru*

Ключевые слова: ирригация, спектр, солончак, математическая модель, ареал, рельеф, ландшафт, цветовая гамма, дисбаланс.

По данным ФАО (Food Agriculture Organization) за последние годы население Земли выросло почти на 1/3, что потребовало увеличения биологической продуктивности планеты. В то же время, начало 21-го века ознаменовалось большими природными катаклизмами, которые привели к экономическому кризису. Ученые всего мира достигли больших успехов в химизации продуктов питания, пытаясь достичь изобилия в обеспечении населения планеты продуктами питания. Появилась необходимость ирригации посевных почв [2].

В странах с сухим климатом ирригация дает возможность орошения достаточно больших пахотных земель. При этом следует учесть, что поступление большого количества воды, которая используется при ирригации на территориях со сложившимся водно-солевым балансом, ведет к повышению уровня грунтовых вод и вторичному засолению. Отметим, что при орошении посевов водой с повышенной концентрацией солей, происходит повышение содержания легкорастворимых минеральных солей, за счет которых происходит вторичное засоление. Учитывая это, вопросы правильного выбора территории под орошение, прогнозирования и предотвращения вторичного засоления, рационального использования почв имеет большое значение.

Засоление почв является одной из основных проблем, решением которых заняты ученые всего мира в различных областях науки. Борьба с засолением требует тщательного изучения происхождения ландшафта, историю его развития и структуру взаимосвязи почв и форм рельефа[1,2].

Наиболее доступным для современной науки являются предупредительные меры на орошаемых почвах и предотвращение вторичного засоления.

Работы в этом направлении большей частью проводятся на основе обработки спутниковых и самолетных снимков[2,3].

По спутниковым и самолетным снимкам, методом цифрового дешифрирования, составляются карты форм рельефа, литологии и почв изучаемого района. Полученные карты вводятся в ГИС и используются в качестве базовой информации для выработки многоуровневой схемы сбора дополнительных наземных данных и в качестве маски в процессе классификации изображений[2].

Спутниковые снимки могут использоваться на любой территории. Данный снимок (рис.1) является более конкретным т.к. здесь территория Азербайджана видна в наилучшем ракурсе, как часть береговой зоны Каспийского моря.

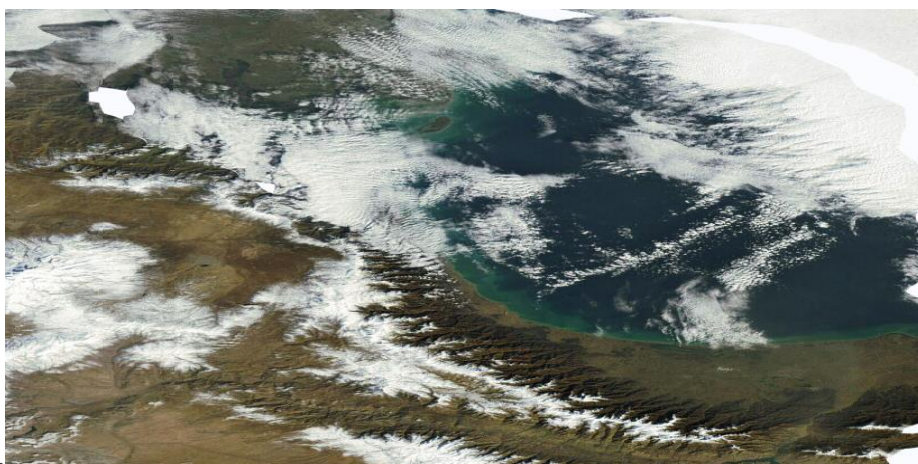


Рис.1 Спутниковый снимок Каспийского моря.

В работах, проведенных (2012-2014г.г.) ИКИПР НАНА по изучению засоления пахотных земель на территории Азербайджана, использовались разновременные аэрокосмические снимки, полученные с Landsat TM. Коррекция и классификация этих снимков проводилась в системе ERDAS IMAGINE с учетом характеристик почв и форм рельефа, данных полевых и лабораторных исследований, привязанных к географическим координатам с использованием системы GPS. По данным обработки соответствующих снимков были составлены карты засоленных почв конкретных территорий Азербайджана (Ширванская степь, Агджебединский район, Карабахская степь, Шеки – Закатальская зона). Визуальное сравнение полученных карт и результатов анализа почвенных проб с участков с определенным временным интервалом, а также визуальное сравнение спектральных снимков дает приблизительное понятие об изменениях засоленности.

Преимуществом этого способа является то, что изменения почвенных компонентов выделяются своей яркой окраской. Восприятие цвета и его яркости зависит от индивидуального восприятия индивидуума. Для более точного определения цвета (отражательная способность) используются цветовые шкалы и атласы, составленные по длинноволновым показателям химических элементов.

Оценка прироста засоления путем сравнения является довольно неточным. Для предупреждения засоления почв, следует прибегнуть к более точным методам [2,4].

Засоление обуславливает резкое изменение свойств почв и вызывает обеднение или перерождение растительного покрова, что вызывает изменение яркостно - спектрального отражения данного участка. По степени прироста засоленности почв цвет(длина волны) меняется доходя до красного (рис.2). Следует отметить, что растительность лугов на цветном синтезированном снимке так же имеет красный цвет. [2].

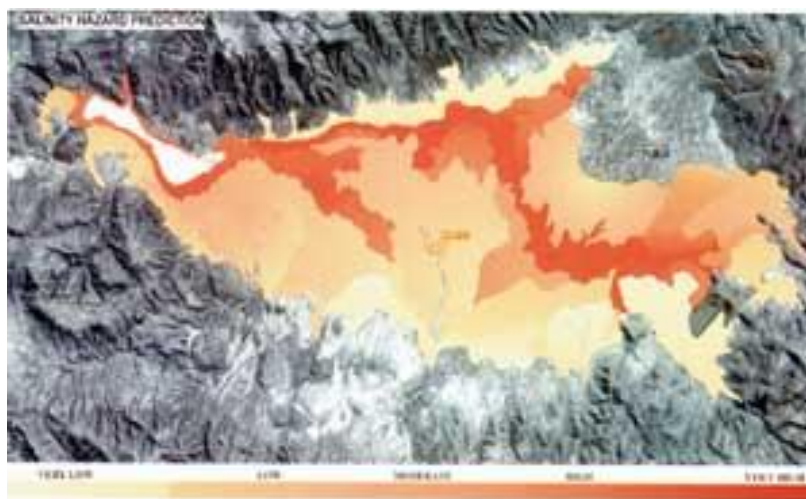


Рис.2 Карта опасности засоления почв

Опыт стран со схожими с Азербайджаном климатическими условиями показывает, что изучение почвенного покрова дистанционными методами основываются на различии спектрального диапазона отражения, поглощения и излучения электромагнитных волн почв различного происхождения и степени вторичных изменений. Различные зоны спектра соответствуют различным солям, содержащимся в почве[1,4,5,6]. Применяя различные методы обработки аэрокосмических снимков, можно идентифицировать различные почвы и их отдельные характеристики.

Работы, проведенные в ИКИПР НАНА по сравнению карт, составленных во временном интервале (1998 – 2012 г.г.) растительности Шеки - Закатальского и Гебелинского районов Азербайджана на карте почв Азербайджана (рис.3). составленной по спутниковым снимкам выделен изучаемый участок.

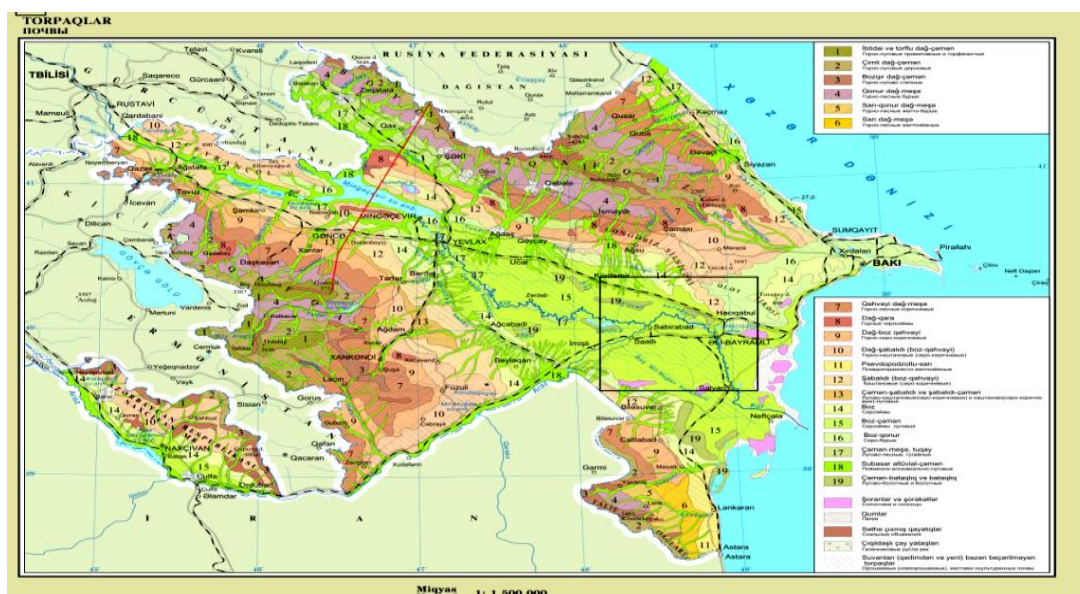
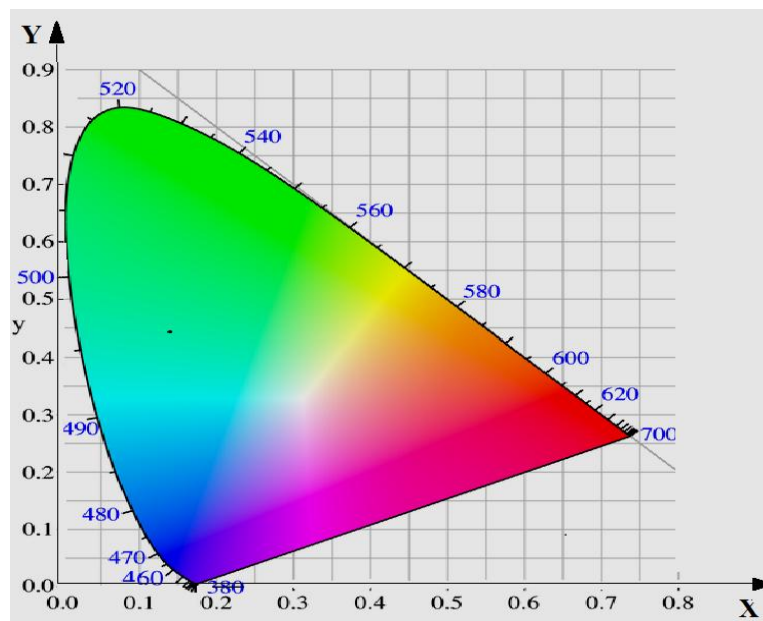


Рис.3 Карта почв Азербайджана

Наземные исследования, проведенные на исследуемых почвах, показывают, что в растительности, свойственной изучаемой территории, постепенно начинает преобладать (1996-2012 гг.) растительность солончаковых почв. Растительность (естественная или культурная) является индикатором дешифрирования.

Спектральные снимки, сделанные во временном интервале, отражают вариации излучения растительного покрова, вызванные изменением экологических условий (освещения, увлажнения, засоления, почвенного покрова, форм рельефа, подстилающих пород, грунтовых вод, засоления и т.д.) [2,7]

По изменениям длин волн в спектре отражения растительности нетрудно судить о изменении засоленности почв.



OX – изменение концентрации; OY – высота растений;

Рис.4 Изменение яркостно - спектрального диапазона с изменением солевого состава почвы.

Результаты лабораторных анализов проб почв с разной степенью засоленности, показывают, что с изменением степени засоленности почвы меняются виды растительности, свойственные данной местности. Другими словами - увеличение концентрации солей Ca, Na, Mg, Cu, Zn и некоторых других металлов, приводит к изменению вида почв[6]. Диаграмма (рис.4) построена по длинам волн излучения (длина волны указана на диаграмме) солей, свойственных солончакам. Растворимые соли, присутствующие в геологических породах и есть основная причина вторичного засоления, что является следствием антропогенного вмешательства (строительные работы, отходы производства, и.т.д.), которое приводит к экологическому дисбалансу

С учетом физических, химических, биологических исследований, обработки аэрокосмических снимков, а также анализов проб, взятых непосредственно с исследуемых районов, можно только предупредить засоление пахотных земель [4,6,7].

Космические снимки с разрешением более 10 м передают 100% информации о формах элементарных почвенных структур. На фотоснимках с более низким разрешением (20–30 м) изображаются не более 80% почвенных ареалов.

Для предотвращения засоления почв следует применять модели, построенные по результатам анализов наземных опытов и обработке космических снимков.

Из множества математических, физических, химических, биологических моделей, пригодным к засоленным почвам, считаются математические модели.

Среди рассмотренных математических моделей [4,6,7] приемлемым в исследуемых районах Азербайджана, с учетом климатических условий, является модель, которая включает химическую и физическую составляющие, которые строятся по результатам обработки космических спектральных снимков.

Использование модели заключается в замене изучаемого объекта его аналогом, полученным на основе результата совмещения теоретических исследований и анализов практических работ.

Применение математических моделей дает возможность частичного предотвращения распространения засоления. [9]

Визуальный просмотр космических снимков, на которых видны изменения цветовой гаммы, что является следствием изменения длин волн излучения, были составлены математические модели, с учетом результатов обработки спутниковых и наземных данных [7].

Наиболее приемлемым для климатических условий Азербайджана, является модель эмпирической группы, которая основывается на определении связующего фактора окружающей среды и получения аналитического выражения для связи с изучаемым свойством объекта [10,11].

$$X = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i v_i \quad (1)$$

X – исследуемое свойство; a_i – коэффициент регрессии; v_i – фактор среды; n – количество анализируемых факторов [8].

Выражение (1) можно назвать простейшей математической моделью.

Например, в почвах Ширванской степи причиной засоления является увеличение солей таких металлов как Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , следовательно, объектом изучения (X) являются свойства данных металлов.

Для оценки точности вычислений используем коэффициент Тейла (U), который вычисляется по формуле:

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_{pi} - Y_{Mi})^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{pi}^2} + \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{Mi}^2}} \quad (2)$$

где Y_{pi} и Y_{Mi} – реальные и модельные значения соответственно; N – количество опробований.

Коэффициент Тейла изменяется от нуля до единицы. При полном совпадении реальных и модельных значений $U = 0$, а при больших расхождениях - $U = 1$

Отметим, что увеличение числа показателей усложняют расчеты, при этом увеличивается их точность (рис5).

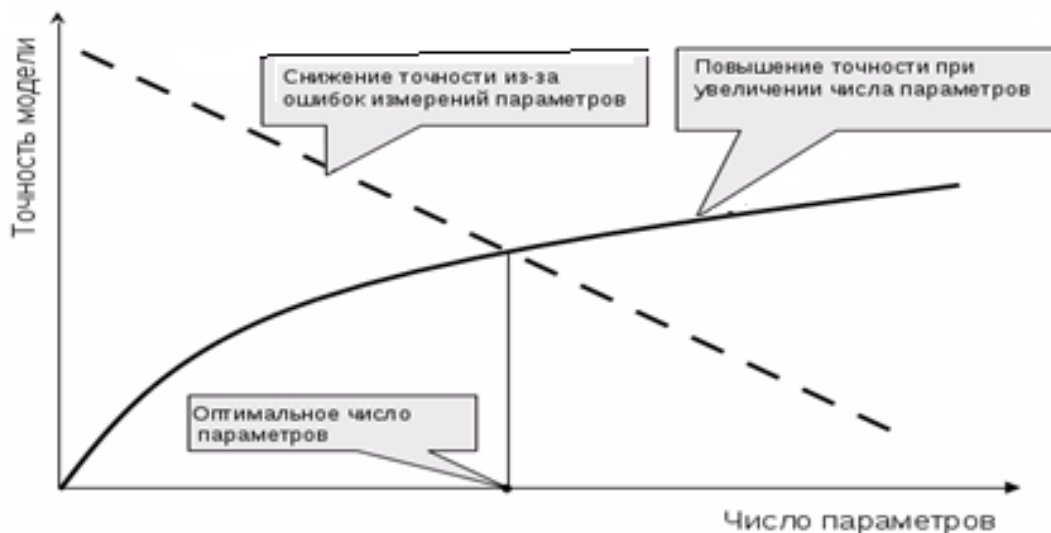


Рис.5. Зависимость точности модели от числа параметров

Проведенные наземные исследовательские работы, а также результаты сравнения спектров полученных по аэрокосмическим снимкам во временном интервале, дает основание использовать простейшую математическую модель для предупреждения, засоления почв. Также следует отметить, что своевременное прогнозирование может дать большую экономическую выгоду в сельском хозяйстве и экономии затраты на мелиоративные работы, проводимые по улучшению химического состава почв используемых в сельском хозяйстве.

«Диагностика» почв необходима при долгосрочном использовании почв для выращивания определенных сельскохозяйственных культур или же пастбищных площадей для животноводства.

Путем определения предрасположенности выбранных почв к определенным химическим изменениям состава, легко определить под какие посевные полезнее использование данного участка. Используя математическую модель, можно применить и обратное – до посева провести необходимое обогащение почвы в нужном направлении, что даст эффект в экономике народного хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цвет и диагностика почв (Орлов Д.С. , 1997), Науки о Земле.
2. Клочко Т.А. Исследование современного состояния проблем выявления засоленных почв по данным космических съемок. Государственное предприятие научно-исследовательский и проектный институт «Союз», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.
3. Грациэлы Меттернихт и Серджио Гонзалес в журнале Modern Agriculture (Современное сельское хозяйство), осень 1998, т. 1, выпуск 7.
4. Андроников В. Л. Дистанционный мониторинг почв и посевов / Валерий Львович Андроников // Применение аэрокосмических методов для изучения и контроля состояния земной поверхности. – М.: МФГО АН СССР, 1986. С. 24-35.
5. Бернштейн М.Н. Методы автоматизированной обработки аэрокосмических изображений. М. Н. Бернштейн, Д. Е. Минский, Ю. А. Старостин, М. М. Фейгин, А. М. Чижевский // Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг динамики

- почвенного покрова / Борис Вениаминович Виноградов // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – С. 55-60.
6. Рациональное использование водных ресурсов. М.: Наука, 1984. Вып. 1. С. 62-70
 7. Головина Я. Я. Применение машинного дешифрирования аэрофотоснимков для картографирования засоления почв хлопкосеющей зоны / Я. Я. Головина, Д. Е. Минский, Е. И. Панкова, Д. А. Соловьев // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – С. 226-232.
 8. Карманов И.И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств. /И.И. Карманов. М.: Колос, 1974. 351 с.
 9. Я.А. Пачепский. - Математические модели физико-химических процессов в почвах .М.: Наука, 1990.
 10. Варалля Д., Мироненко Е.В. Влага в почвах, подверженных засолению и осолонцеванию // Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв. М.: Наука, 1980. С. 39-107.
 11. Вышпольский Ф.Ф., Бекбаев Р.К., Марьина Г.П. Моделирование процесса солеотдачи почв и расчета промывных норм при изменении технологии промывок // Повышение эффективности и технического уровня оросительных систем Казахстана. Ташкент, 1987.С. 91-101.
 12. Рожков В.А. Применение математических методов в почвоведении // 100 лет генетического почвоведения. М.: Наука, 1986. С. 194-203.
 13. Рыжова И.М. Математическое моделирование почвенных процессов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987.- 82 с.

XÜLASƏ

AEROKOSMİK SPEKTRAL ÇƏKİLİŞLƏR ƏSASINDA QURULMUŞ RİYAZİ MODELİN AZƏRBAYCAN TORPAQLARINDA GEDƏN ŞORANLAŞMANIN QARŞISININ ALINMASINDA İSTİFADƏSİ

Axundova T.Ə., Haciverdiyev A.Z., Yuryeva E.L., Knyazeva V.Q., Zakircanova L.F.

Açar sözlər: irriqasiya, spektr, şoranlıq, riyazi model, areal, relyef, landşaft, rəng qamması, disbalans.

Məqalədə aerokosmik spektral təsvirlərə əsasən, Yer Kürəsinin müəyyən rayonlarında torpaqların və bitkilərin şüalanma spektrindəki dəyişmələrin əsasında tədqiq olunan torpaqların tərkibindəki duzların qatılığının dəyişmə istiqamətinin təyinetmə yolları araşdırılır.

Hər kimyəvi element özünə məxsus dalğa uzunluğuna (müxtəlif rənglər) malik olduğundan, spektral təsvirlərdə duzların qatılığından asılı olaraq, rənglər, yəni dalğa uzunluqları dəyişir. Spektral diapazon dəyişməsində müəyyən duzların dəyişmə spektri onların dəyişmə istiqamətini təyin etməyə imkan verir.

Zaman intervalında (3-5 il) torpaq nümunələrinin laboratoriya analizlərinin tədqiqinin nəticələri və eləcə də, aerokosmik təsvirlərin emalının nəticələri əsasında tərtib olunmuş xəritələrin müqayisəsinin nəticələri əsasında alınmış hesablamalar sadə riyazi modelin qurulmasına imkan verir. Bu modellər Azərbaycanın rayonlarının şorlaşmaya meyilli torpaqlarında istifadə oluna bilər.

Aerokosmik spektral təsvirlər əsasında qurulmuş modelin istifadəsi təkrar duzlaşmanın və əkin sahələrinin qısa müddətdə yarırsızlaşmasının qarşısını almağa xidmət edir. Bununla bərabər, bir çox hallarda fayda verməyən drenaj xətlərinin qarşısı da alınır.

Использование математической модели, построенной по результатам аэрокосмических спектральных снимков, в предупреждении засоления почв Азербайджана.

SUMMARY
USING OF MATHEMATICAL MODEL CONSTRUCTED BY RESULTS
OF AEROSPACE SPECTRAL IMAGES FOR PREVENTION OF SOILS
SALINIZATION OF AZERBAIJAN

Akhundova T.A., Hajiverdiyev A.Z., Yuryeva E.L., Knyazeva V.G., Zakirjanova L.F.

Key words: *irrigation, spectrum, saline, mathematical model, areal, relief, landscape, color scale, disbalance.*

In the article changes of vegetation and soil cover of certain territories of Earth, fixed on aerospace spectral images, are described. Color on images is changed as result of changing of salts in composition of soil.

It is known that each chemical element corresponds with certain range of wavelengths of rays, which corresponds with certain color. Increase of the concentration of salts on given territory is determined by color scale of spectral images.

Change of composition of the soils is registered by carrying out of ground surface research for definite period of time (with interval 3-5 year) and analysis of obtained samples of soil. Also aerospace spectral images in the same interval of time are compared.

On the basis of the obtained numerical values, simple mathematical model is constructed for using on areas under crops of Azerbaijan, which predisposed to salinization and resalinization. Using a mathematical model, constructed on the basis of aerospace spectral images, will help to avoid superfluous expenses for drainage, that doesn't give positive result always.

Daxil olma tarixi: **ilkin variant: 04.12.2014**
 son variant: 19.12.2014

MAKA Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqat İnstitutunun Elmi-Texniki Şurasının 03.07.2014-cü il tarixli iclasının 04 sayılı protokolu

UOT 6219

**ÇEVİK İSTEHSAL SİSTEMLƏRİNİN İDARƏ EDİLMƏSİNİN AVTOMATLAŞDIRILMIŞ
PROQRAMLAŞDIRMA SİSTEMİNİN ARXİTEKTURASININ İŞLƏNMƏSİ****HÜSEYNOV AQİL HƏMİD oğlu***Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent**e-mail: aqil.55@mail.ru*

Açar sözlər: *Çevik istehsal sistemi, idarəetmə sistemi, avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sistemi, produksiya sistemi, qərar qəbulu.*

Məqalədə çevik istehsal sistemlərinin (ÇİS) idarəetmə sistemlərində çevikliyi təmin etmək məqsədilə idarəetmə sistemlərinin avtomatlaşdırılması məsələsinə baxılmışdır. İdarəetmə sistemlərinin təşkili üçün müxtəlif yanaşmalar analiz edilir və ÇİS-lərin və onun elementlərinin idarə prosesinin sürətli reallaşdırılması üçün avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sistemi təklif edilir və onun arxitekturası işlənir.

Müxtəlif ölçülü və müxtəlif təyinatlı məhsul istehsalı müasir çevik istehsal sistemlərinin əsas məqsədi olub, onların istehsalatlara və texnoloji proseslərə tətbiq olunmasını gündən-günə aktualaşdırır. İstehsalatın çevikliyinə artırmaq üçün müxtəlif intellektual vasitələrdən, o cümlədən, intellektual və mobil robotlardan, manipulyatorlardan, texniki görmə sistemlərindən, yüksək informasiya emalı qabiliyyətinə malik müasir kompüterlərdən və s. qurğulardan geniş istifadə edilir. İstehsal prosesinin səmərəliliyini və dayanıqlılığını artırmaq məqsədi ilə, həmçinin bir məhsul növündən digərinə keçid prosesinə sərf olunan müddətin azaldılması üçün ÇİS-lərin idarəetmə sistemlərində çevikliyi təmin etmək zərurəti mütəxəssislər qarşısında duran əsas məsələlərdən biridir. ÇİS-lərin idarəetmə sistemlərinin təşkili üçün müxtəlif yollar və yanaşmalar mövcuddur. Ənənəvi idarəetmə sistemlərinin təşkili və onlardan istifadə etmə müasir, geniş imkanlı qurğuların bir istehsalat və ya texnoloji proses çərçivəsində koordinasiyasını həll edə bilmir. Ona görə texnoloji proseslərin idarəetmə sistemlərinin özünün çevikliyi təmin edilməlidir ki, o idarə olunan qurğuların vəziyyətinə uyğun adaptasiya olunsun, idarəetmə sistemi texnoloji prosesin vəziyyətinə uyğun qəbul edilsin. Texnoloji prosesdə baş verən istənilən dəyişikliyə uyğun həmin prosesi idarə edə bilsin [1, 2].

Bu problemin həll edilməsi üçün idarəetmə sistemlərinin özlərinin avtomatlaşdırılması, yəni texnoloji prosesin mövcud vəziyyətinə uyğun idarəedici proqramların alınması prosesinin avtomatlaşdırılması olduqca zəruri məsələdir və yüksək əhəmiyyətə malikdir. İdarə edici proqramların avtomatlaşdırılmış işlənməsi və ya alınması məsələlərinə ədədi proqramlarla idarə olunan dəzgahların idarə edilməsi üçün baxılmışdır və bu sahə kifayət qədər öyrənilmişdir və çoxlu miqdarda işlər vardır [3, 4]. Ancaq qeyd etmək lazımdır ki, ÇİS-lərin idarə sistemlərinin avtomatlaşdırılması məsələsi, o cümlədən idarəetmənin avtomatlaşdırılmış sistemlərinin işlənməsi məsələləri lazımi səviyyədə öyrənilməmiş və tədqiq edilməmişdir. Baxılan işdə ÇİS-lərin idarə sistemlərinin avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sisteminin işlənməsi məsələləri öyrənilir, tədqiq edilir və ÇİS-lərin idarəetmə sistemi üçün avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sisteminin arxitekturası qurulur.

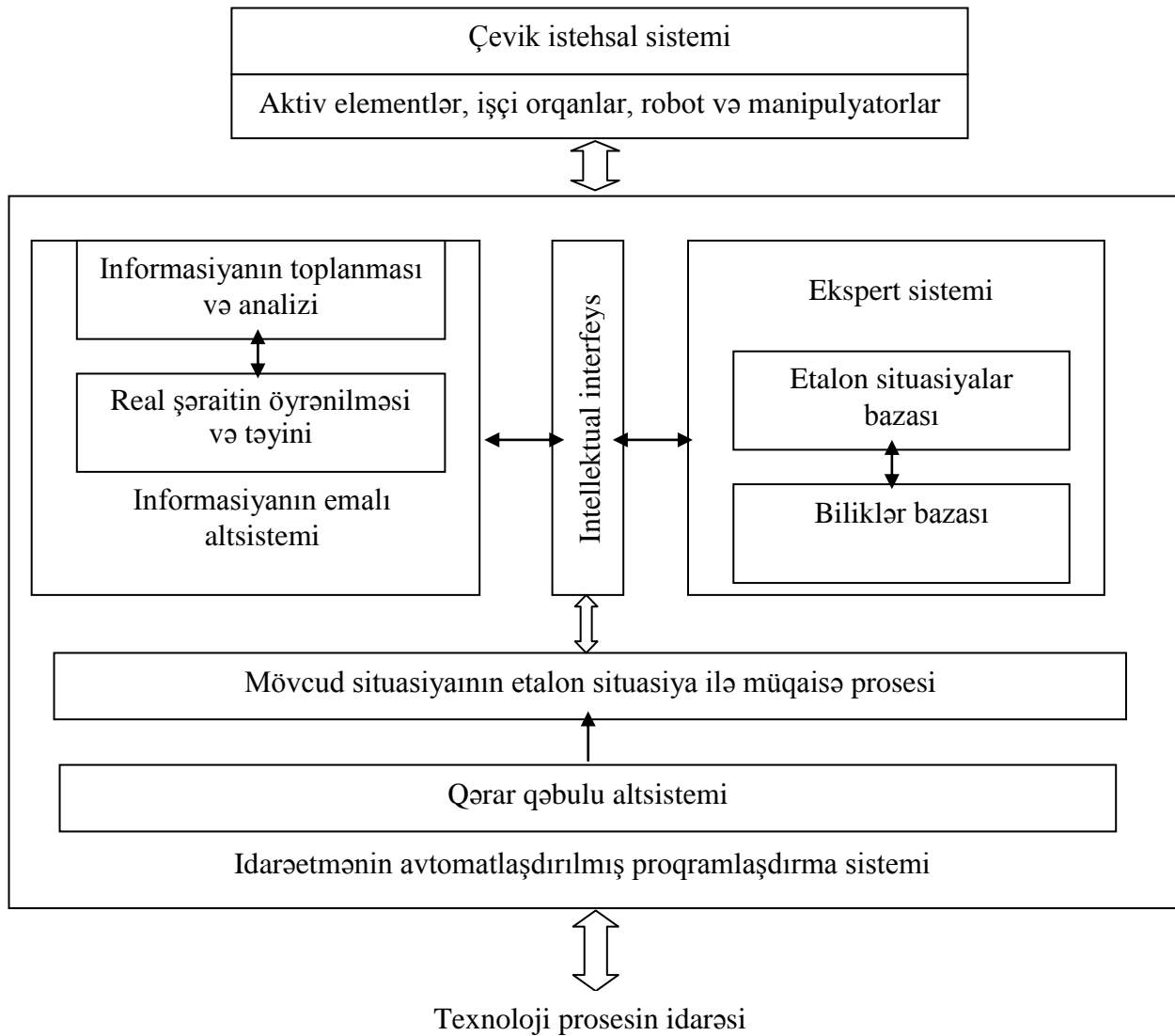
ÇİS-lərin idarəetmə sisteminin avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sisteminin (İS APS) arxitekturası şəkil 1-də verilmişdir və arxitekturaya əsasən informasiya emalı altsistemi, ekspert sistemi, situasiyaların analizi altsistemi, qərar qəbulu altsistemi və intellektual interfeys daxildir. Arxitekturadan göründüyü kimi sistem modulluluq prinsipinə uyğun təşkil edilmişdir və müxtəlif modullar (altsistemlər) arasında informasiya mübadiləsinin yerinə yetirilməsi mümkündür. İnformasiyanın emalı altsistemi çevik istehsal sisteminin tərkib hissəsi olan işçi orqanlardan, o

cümlədən aktiv elementlərdən, robot və manipulyatorlardan, nəqliyyat sistemlərindən, qeyri-standart qurğulardan, müxtəlif texnoloji proseslərdən və s. qurğulardan informasiya qəbul edir. Qəbul olunmuş informasiyalar toplanaraq analiz edilir. Bu informasiyaların bir-birini inkar etməməsi xüsusi alqoritmlər vasitəsilə yoxlanılır. Informasiyanın emalı altsistemi, həmçinin, analiz edilmiş məlumatlar əsasında çevik istehsal sahəsinin tam halda və ayrılıqda ayrı-ayrı müxtəlif qurğuların vəziyyətini öyrənir və istehsalatın və texnoloji prosesin mövcud real şəraitini təyin edir. Yəni, yerinə yetirilən işlər və analiz nəticəsində texnoloji prosesin və ona daxil olan müxtəlif qurğuların işgörmə qabiliyyətləri, müxtəlif çatışmamazlıqlar, texnoloji prosesdə olan problemlər və məhsul istehsalının mümkün olması ilə əlaqəli digər məsələlər aydınlaşdırılır. Emal prosesinin nəticəsində qurğuların və ümumilikdə texnoloji prosesin idarəsini təşkil edən əsas parametrlər real şəraitə uyğun qiymətləndirilir. Bu parametrlər idarəedici parametrlərdir ki, onların aldığı qiymətlər əsasında texnoloji proses idarə olunur, qurğuların yoxlanması prosesi yerinə yetirilir, test proqramları yoxlanılır, texnoloji prosesin və ayrı-ayrı qurğuların monitorun ekranında imitasiya və qrafik təsvirləri canlandırılır. APS-nin arxitekturasına daxil olan əsas komponentlərdən biri də ekspert sistemidir. Ekspert sisteminin əsas məqsədi ÇİS-in və ona aid olan aktiv elementlərin idarəsini təşkil edən biliklər bazasının yaradılmasıdır. ÇİS-lərin idarəsi üçün təşkil olunan ekspert sistemlərinin örtüyünü əsasən produksiya təsvir modeli biliklər, qaydalar ardıcılığı təşkil edir. ÇİS-lərin idarə sistemini yaxşı bilən yüksək ixtisaslı mütəxəssislərin biliyi produksiyalar şəklində formalaşdırılır, ekspert sistemə daxil edilir. Bu zaman produksiyaların adının, şərt və nəticənin sistemə daxil edilməsi vacib məsələlərdəndir.

Produksiyalar idarəetmə sistemindəki müxtəlif vəziyyətləri özündə əks etdirir. ÇİS-in idarə olunması üçün zəruri olan bütün produksiyalar və parametrlər, onlar arasındakı münasibətlər əvvəlcədən ekspertin imkanları daxilində öyrənilir və dəqiqləşdirilir. Ekspert sisteminin produksiyalarla doldurulması, produksiyalarda düzəlişlərin, o cümlədən redaktə işlərinin aparılması, yeni produksiyaların bazaya daxil edilməsi, mənəvi köhnəlmiş produksiyaların bazadan çıxarılması və digər oxşar işlər ekspert sisteminin xüsusi proqramlarının köməyi ilə yerinə yetirilir. Ekspert sistemə daxil olan digər əsas komponent etalon situasiyalar bazasıdır. Bu bazaya daxil olan informasiyalar bir qədər fərqli xarakter daşıyır. Etalon situasiyalar bazası biliklərin ümumiləşdirilmiş forması olub ekspert tərəfindən biliklər bazasından seçilən produksiyalar çoxluğu əsasında texniki sistemin, texnoloji prosesin və ayrılıqda aktiv elementlərin əvvəlcədən nəzərdə tutulmuş reallığa uyğun idarə sisteminin müxtəlif variantıdır. Bu bazanı alternativ həllər bazası da hesab etmək olar. Hər bir idarəetmə variantının özünə aid produksiyalar çoxluğu bu bazada saxlanır və ya idarəetmənin quruluşuna (tərkibinə) uyğun produksiyalar biliklər bazasından tərkibə uyğun ardıcılıqla seçilir və nizamlanır. Qeyd etmək lazımdır ki, etalon situasiyalar bazasında saxlanılan nizamlanmış biliklər ardıcılığı və ya variantlar qərar qəbulu prosesinin yerinə yetirilməsi üçün əhəmiyyətli rol oynayır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, biliklər bazasında biliklər iyerarxik səviyyələrə malik quruluşda təsvir edilə bilər. Bu zaman ierarxiyanın ən aşağı səviyyəsində ancaq bir aktiv elementin idarəsi üçün zəruri olan bilik, yuxarı səviyyələrdə isə aktiv elementlərdən təşkil olunmuş qovşaqların və yaxud texnoloji prosesin ayrı-ayrı müxtəlif işlər yerinə yetirən hissələrinin idarəsini təşkil edən biliklər, ən yuxarı səviyyədə isə texnoloji prosesin və ya ÇİS-in tam idarəsini təmin edən biliklər, produksiyalar yerləşdirilir. İyerarxik quruluşlu produksiyalar bazasının təşkili texnoloji prosesin analizini eyni zamanda produksiyalarla işləmə prosesini asanlaşdırır [5].

İS APS-nin ən əsas altsistemlərindən biri də qərar qəbulu altsistemidir. Bu sistemin yerinə yetirdiyi işlərin nəticəsində ÇİS-in qurğuları və texnoloji proses idarə olunur. İşçi orqanlardan, aktiv elementlərdən qəbul edilən informasiyalar emal prosesinə daxil olduqdan sonra texniki sistemin və onun ayrı-ayrı tərkib hissələri olan aktiv elementlərin real vəziyyəti təyin edilir. Real vəziyyət əsasında idarəetmənin ardıcılığı müəyyənləşir və bu ardıcılıq etalon situasiyalar bazasındakı variantlarla müqaisə olunur. Etalon situasiyalar bazasından real vəziyyətə uyğun gələn variantlardan biri seçilir. Variantlardan birinin seçilməsi, həmin idarəetmə variantına uyğun produksiyaların biliklər bazasından seçilməsi, produksiyaların müəyyən olunması nəticəsində başa

çatır. Produksiyaların bilikli bazasından seçilməsi və idarəetmə prosesinə uyğun olaraq produksiyalar ardıcılığının müəyyənləşdirilməsinin avtomatlaşdırılmış yerinə yetirilməsi idarə sisteminin avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırılması hesab oluna bilər. Produksiyaların özlərində saxladığı parametrlərin qiymətləri müəyyən olunmuş və ya qəbul edilmiş ardıcılıq əsasında ÇİS-in elementlərinin idarəsi üçün ötürülür.



Şəkil 1. İdarəetmənin avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sisteminin arxitekturası

Qeyd etmək lazımdır ki, bəzi hallarda sistemin real vəziyyətinə uyğun idarə strukturu etalon situasiyalar bazasında olmaya bilər. Bu zaman, bazada yerləşdirilmiş etalon idarəetmə strukturlarının müxtəlif modifikasiyalarına, və yaxud yeni idarə strukturunun işlənmə məsələlərinə baxıla bilər. İkinci halda ekspert biliyindən istifadə zərurəti qarşıya çıxır və yeni işlənmiş struktur etalon situasiyalar bazasına daxil edilir. Göründüyü kimi, ÇİS-lərin idarəsi üçün variantların seçilməsi prosesi mürəkkəb prosesdir və idarəetmə prosesi zamanı qarşıdurmaların yaranması probleminin yüksək dəqiqliklə həll olunmasını tələb edir. Bunun üçün seçilmiş variantların qiymətləndirilməsi yerinə yetirilməlidir ki, bu da, qərar qəbulu altsisteminin əsas funksiyalarından biridir. Seçilmiş variantların qiymətləndirilməsi, həmin variantlara daxil olan parametrlərin çəki

funksiyalarının və eyni zamanda, səmərəlilik kriteriyalarının qiymətləndirilməsi nəticəsində yerinə yetirilir.

Texnoloji prosesin, texnoloji qurğuların və onların yerinə yetirdikləri işlər ardıcılığının təsvirləri qrafik elementlərin köməyi ilə ekranda modelləşdirilir. İmitasiya modellərinin köməyi ilə seçilmiş variantın əsasında texnoloji prosesin idarəsi izlənilir, texnoloji qurğuların işlərindəki çatışmamazlıqlar, bir-birini inkar etmə halları öyrənilir və sinxronizasiya və kordinasiya məsələləri kompüter modelləşdirilməsinin köməyi ilə həll edilir. Qərar qəbulu prosesinin yerinə yetirilməsi zamanı kompüter modelləşdirilməsinin tətbiqi ÇİS-in və onun ayrı-ayrı qurğularının etibarlı idarəsinə zəmin yaradır.

APS-nə daxil olan əsas vasitələrdən biri də intellektual interfeysdir ki, informasiyanın qəbulu və ötürülməsini, altsistemlər arasındakı qarşılıqlı əlaqəni, bazalara müraciəti, istifadəçi ilə ünsiyyətini və s. işləri yerinə yetirir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev R.Ə., Əliyev R.R. Soft Computing. Bakı, Çapaşoğlu, 2004, 624 s.
2. Əliyev R.Ə., Cəfərov S.M., Babayev M.S., Hüseynov B.Q. İntellektual sistemlərin qurulma prinsipləri və layihələndirilməsi. Bakı, Nərgiz, 2005, 368 s.
3. Əliyev R.Ə., Cəfərov S.M., Babayev M.S., Zeynalova L.M. Müasir idarəetmə nəzəriyyəsi. Bakı, ADNA, 2002, 231 s.
4. Əhmədov M.A., Məmmədov C.F., Hüseynov A.H., Məmmədov S.V. Çevik istehsalat modulunun funksional təşkili. // AzTU, Elmi xəbərlər, XI cild, № 1, Bakı, 2002, səh. 12-18.
5. Алексеев А.В., Борисов А.Н. и др. // Интеллектуальные системы принятия проектных решений. Рига: Знание, 1987.

РЕЗЮМЕ

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Гусейнов А.Г.

Ключевые слова: *гибкая производственная система, система управления, автоматизированная программируемая система, производственная система, принятие решения.*

В статье рассматривается автоматизация системы управления с целью обеспечения гибкости в системах управления гибких производственных систем. Для организации систем управления анализируются различные подходы и для реализации процесса управления гибких производственных систем, и его элементов. Предлагается автоматизированная программируемая система и разрабатывается его архитектура.

ABSTRAKT
DEVELOPMENT OF ARCHITECTURE OF SOFTWARE FOR AUTOMATION
OF CONTROL SYSTEM OF FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM

Hüseynov A.H.

Keywords: *Flexible manufacturing system, management system, automated programming systems, production systems, the adoption of the solution.*

In the paper for supporting flexibility of control system of flexible manufacture system the problem of automation schema of control system is conciedered. For organization of control system different ways are analyzed and realization of control process of flexibility manufacture system and its elements computing software system is proffered and its arcitecture is worked out.

Daxil olma tarixi: **ilkin variant: 15.10.2014**
 son variant: 30.10.2014

Sumqayıt Dövlət Universitetinin Mühəndislik fakültəsinin
Elmi Şurasının 27.11.2014-cü il tarixli iclasının 03 sayılı protokolu

UOT 621.58.372.632

SÜRÜŞƏN REJİMDƏ İŞLƏYƏN MÜŞAHİDƏÇİNİN TƏTBİQİ İLƏ BENZİNİN PİROLİZİ QOVŞAĞINDA TEMPERATURUN TƏNZİM SİSTEMİNİN SİNTEZİ**AĞAYEV ULDUZ XEYRULLA oğlu***Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent***ATAYEV QAFAR NƏRİMAN oğlu***Sumqayıt Dövlət Universiteti,**qiyabi, distant və əlavə təhsil üzrə prorektor, f.r.e.n.***TALİBOV NATİQ HƏSƏN oğlu***Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent***XƏLİLOV SABİR AĞAKİŞİ oğlu***Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent**e-mail: Ulduz1969@mail.ru****Açar sözlər:** etan, etilen, piroliz, fraksiya, utilizator, alqoritm, konveksiya, forsunka**Şürüşən rejimli müşahidəçinin tətbiqi ilə benzinin pirolizi qovşağında sobanın çıxış temperaturunun tənzimləmə sisteminin sintezinə baxılır.*

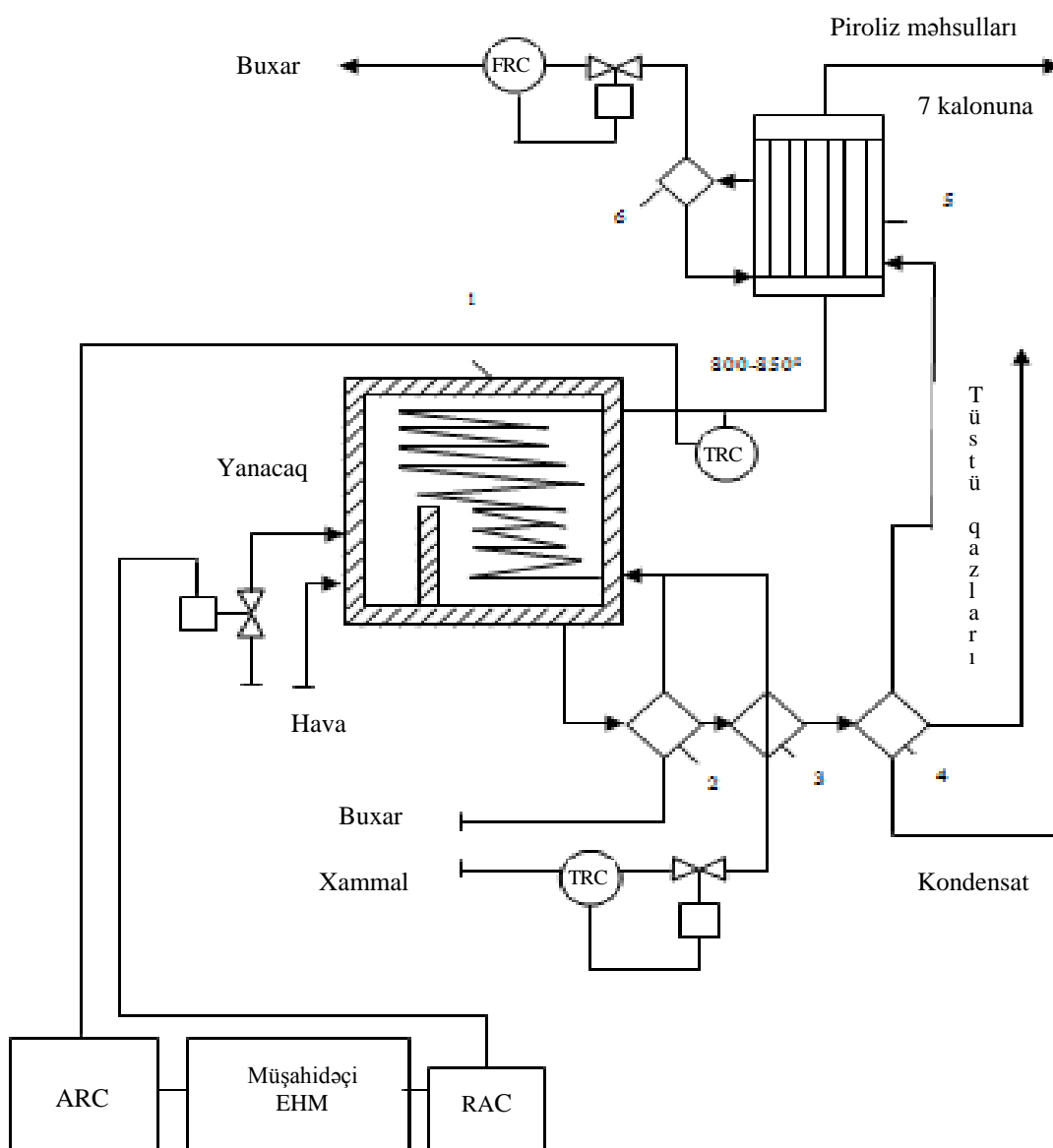
Texnoloji proseslərin idarə olunmasında istifadə olunan icra orqanları və habelə obyektlərin özləri ətalətli olduğundan tənzimləyicinin nöqtəvi sürüşən rejimdə işləməsini nəzərdə tutan qiymətləndirmə alqoritmlərinin sənaye tətbiqi məhduddur. Buna səbəb nöqtəvi sürüşən rejimdə adi sürüşən rejimə nisbətən idarə siqnalının sıçrayışlar tezliyi aşağı olsa da (1 khers tərtibində), hər halda texnoloji proseslərin idarəsində realizasiya olan deyil. Bu səbəbdən sənaye tətbiqlərində tənzimləyicisi finit rejimində, müşahidəedicisi isə sürüşən rejimdə işləyən sistemlərdən istifadə olunmuşdur. Müşahidəedicidə vəziyyət siqnalının yüksək tezlikli dəyişmələri idarə konturundan kənarda baş verdiyindən və bu səbəbdən obyektədən keçmədiyindən obyektin yüksək tezliklərə meyilli olan elementlərinin dinamikasının oyadılması təhlükəsi yaranmır.

Hazırda texnoloji proseslərin tənzimlənməsində standart P, Pİ və funksional imkanları daha geniş olan PİD tənzimləyicilərindən istifadə olunur. Lakin küylənmiş tənzimlənmə kəmiyyət halında PİD tənzimləyicinin tətbiqi məhduddur. Buna əsas səbəb PİD tənzimləyicinin tərkibində differensiallayıcı qurğunun olmasıdır. Differensiallayıcıdan keçən küylənmiş siqnalın tərkibində olan küylər «gücləndirilərək» tənzimləyicinin yekun siqnalını idarə üçün yararsız edir. Bu çatışmazlığı meyl $\varepsilon = g - y$ siqnalının $d\varepsilon/dt$ törəməsinin bilavasitə diferensiallayıcı qurğunun köməyi ilə deyil, müşahidəedicinin köməyi ilə qiymətləndirmək yolu ilə alınması nəticəsində aradan qaldırmaq olar. Ümumiyyətlə, bu problem xəta siqnalının törəmələrindən istifadə edən bütün idarə qanunlarının realizasiyasına xasdır.

Piroliz sobası etilen-propilen istehsalının (EP-300) ən vacib obyektlərindəndir. Çıxış məhsulunun tərkibində etilenin və ya propilenin qatılığının üstünlük təşkil etməsi əsas etibarə ilə sobanın temperatur rejimindən asılıdır. Obyektin sadələşdirilmiş avtomatlaşdırma sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir. Benzinin pirolizi forsunkalarına yanacaq və hava verilən 1 sobasında aparılır. Ocaq qazları konveksiya kamerasından çıxdıqdan sonra öz istiliyini 2,3 və 4 istilikdəyişdiricilərinə verir. Piroliz məhsulları borulu sobadan 850-870⁰S temperaturda çıxır. Olefinlərin polimerləşməsinin qarşısını almaq üçün məhsulu 500-700⁰S-yə qədər soyutmaq lazımdır. Bu əməliyyat qazoturbin tipli 5 qazan-utilizatorunda aparılır. Piroliz məhsulları böyük xətti sürətə malik olduğundan bərk hissəciklərin borularda çökməsinin qarşısı alınır, istilikkeçirmə əmsalı artır və 350-400⁰S temperatura qədər tez soyuyur. Ayrılan istilik hesabına su kondensatından yüksək təzyiqli (11-13

MPa) buxar alınır. Buxar 6 buxarlayıcısında ayrılır və 1 sobasının seksiyalarının birində 450⁰S-yə qədər qızaraq, trubokompressorun intiqalını hərəkətə gətirmək üçün istifadə edilir.

Qismən soyudulmuş piroliz məhsulları 7 ilkin fraksiyalaşdırma kalonuna verilir. Sobada temperatur aşırım divarının üstündə və çıxışda tənzimlənir. Sobanın çıxışında məhsulun temperaturunu tənzimləmək üçün aşırım divarının üzərindəki temperaturun dəyişməsinə korreksiya alan kaskad sxeminin tətbiqi daha yaxşı tənzimləmə keyfiyyəti göstərir. Sobanın çıxışında temperaturu ölçmək üçün TXA-0279 tipli ikiqat termocütdən istifadə edilmişdir. Burada müşahidə alqoritmi kompüterin resursunun bir hissəsini məşğul edir. Pnevmatik siqnala çevrilən $\hat{x}_2 = d\varepsilon/dt$ törəmə siqnalı PİD tənzimləyicinin diferensial blokuna verilir. Bu vaxt mövcud blok diferensiallama vaxtını $T_D=0$ (dəyişən drosseli bağlamaq yolu ilə) qəbul etməklə sxemdən kənar edilir. Lakin hazırda temperaturu tənzimləmək üçün pnevmatik ПП 3.35 tipli PİD tənzimləyicidən istifadə edirlər. Tədqiqatlar göstərir ki, bu birkonturlu tənzimləmə sisteminin çatışmayan cəhəti ondan ibarətdir ki, keçid prosesinin ətalətliyini azaltmaq məqsədi ilə diferensiallama sabitini artırıqda qərarlaşmış rejimdə məhsulun temperaturunun küylənməsi artır.



Şəkil 1. Sobanın avtomatlaşdırma sxemi

Tənzimləmə keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə obyektin çıxış kəmiyyəti olan küylənmiş temperaturun törəməsini tənzimləyicinin tərkibində olan diferensiator vasitəsilə deyil, müşahidəedicidə qiymətləndirmə yolu ilə alıb tənzimləyicinin girişinə vermək olar. Müşahidəedicinin əsas moduluna obyektin modeli daxil olduğundan obyektin modeli məlum olmalıdır. Bu məqsədlə sobanın «yanacaq qazı-məhsulun temperaturu» kanalı üzrə ötürmə funksiyası aktiv təcrübə üsulu əsasında alınmışdır.

Yanacağın sərfinin nominal ($16 \text{ nm}^3/\text{saat}$) qiymətin $0,15\%$ -i qədər artırılması nəticəsində alınmış işəburaxma əyrisini qrafoanalitik üsulla işləyərək approksimasiyaedici ötürmə funksiyası aşağıdakı şəkildə alınmışdır.

$$W(p) = \frac{K_0}{T_1 T_2 p^2 + (T_1 + T_2)p + 1} \quad (1)$$

Burada zaman sabitləri $T_1 = 3,2$ dəq., $T_2 = 1,8$ dəq., gücləndirmə əmsalı $K_0 = 48,75$ $^0S/(\text{nm}^3/\text{saat})$.

Ötürmə funksiyası (1) -ə aşağıdakı natural miqyasda olan diferensial tənlik uyğun gəlir:

$$T_1 T_2 \ddot{y} + (T_1 + T_2) \dot{y} + y = K_0 u + \eta \quad (2)$$

Burada y - tənzimlənən kəmiyyət, temperatur, 0C ; u - idarə təsiri, yanacağın sərfi, (nm^3/saat); $\eta(t)$ - riyazi gözləməsi $M[\eta(t)] = 0$, $M[\eta^2(t)] = D = 4,2$ olan mərkəzləşdirilmiş küydür.

Dispersiya

$$D_\eta = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y_0)^2}{N-1}$$

düsturunun əsasında $N = 100$ qiyməti üçün hesablanmışdır. Burada $y_0 = 780$ 0S temperaturun nominal qiymətidir. Tənlik (2)-ni ölçüsüz miqyasa gətirmək üçün yeni dəyişənlər

$$y^* = \frac{y - y_0}{\Delta y}, \quad u^* = \frac{u - u_0}{\Delta u}, \quad \eta^* = \frac{\eta - \eta_0}{\Delta \eta}$$

daxil edək. Burada

$$760 \leq y \leq 800 \text{ } ^0C, \quad y_0 = 780 \text{ } ^0C, \quad \Delta y = 20 \text{ } ^0C;$$

$$12 \leq u \leq 20 \text{ nm}^3/\text{saat}, \quad u_0 = 16 \text{ nm}^3/\text{saat}, \quad \Delta u = 4 \text{ nm}^3/\text{saat};$$

$$-2 \leq \eta \leq +2 \text{ } ^0C, \quad \Delta \eta = 2 \text{ } ^0C;$$

y_0, u_0 -nominal qiymətlərdir.

Parametrlərin ədədi qiymətlərini nəzər ə alaraq yazmaq olar:

$$111,6 \ddot{y}^* + 98,0 \dot{y}^* + 20 y^* = 195 u^* + 2 \eta^* \quad (3)$$

Burada bütün kəmiyyətlər $[-1, +1]$ intervalında dəyişir.

$$D_{\eta^*} = D_\eta / \Delta \eta^2 = 1,05.$$

İstehsalatda idarə təsirini formalaşdırmaq məqsədi ilə ölçülən yeganə kəmiyyət temperaturdur. Deməli, müşahidə tənliyi $y_1 = y$.

Yeni dəyişənlər $x_1 = y_1^*$, $x_2 = \dot{y}^*$ qəbul edərək (3) tənliyini vəziyyətlər koordinatlarında yazaq:

$$\dot{x}_1 = x_2,$$

$$\dot{x}_2 = -0,179 x_1 - 0,878 x_2 + 1,75 u + 0,018 \eta^*, \quad (4)$$

$$y_1 = x_1 + \xi.$$

Burada sadəlik üçün u və η işarələrində «*» buraxılmışdır. Təsadüfi ξ kəmiyyətinin statistik xarakteristikaları $M[\xi] = 0$, $M[\xi^2] = D_\xi = 0,2$.

PİD - tənzipləmə qanunu

$$u = K_T \varepsilon + \frac{1}{T_u} \int_0^t \varepsilon dt + T_D d\varepsilon/dt \quad (5)$$

$\varepsilon = g - x_1$ tənzipləmə xətası; $g = \text{const} - [1, +1]$ intervalında dəyişən tapşırıq siqnalıdır.

Xətanın ifadəsini (7.5)-də nəzərə alıb $z = \int_0^t (g - x_1) dt$ inteqral vəziyyəti daxil etsək, yazmaq olar:

$$\begin{cases} u = -K_i x_1 + K_i z - K_d x_2 + K_t g \\ \dot{z} = g - x_1, \quad z(0) = 0, \end{cases} \quad (6)$$

Burada $K_i = 1/T_i$, $K_d = T_d$.

İfadə (6)-nı obyektin (4) tənliyində yerinə yazsaq, qapalı tənzipləmə sisteminin tənliyini almış olarıq:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -0,179 + 1,75 K_i x_1 - 0,878 + 1,75 K_d x_2 + 1,75 K_i z + 1,75 K_t g + 0,018 \eta, \quad (7) \\ \dot{z} &= g - x_1, \\ y_1 &= x_1 + \xi, \\ x_1(0) &= x_2(0) = z(0) = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Burada K_t, K_i, K_d -tənzipləmə sisteminin sazlama parametrləridir.

Yazılış forması (7)-də inteqral vəziyyətinin hesabat sisteminin tərtibi bir vahid artdığından ($n=3$) müşahidəedicini sintez etmək üçün tərtibi $n=2$ olan sistemdən istifadə etmək əlverişlidir:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -0,179 x_1 - 0,878 x_2 + 1,75 \hat{u} + 0,018 \eta \\ y_1 &= x_1 + \xi \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \hat{u} = -K_t \hat{x}_1 + K_d \hat{x}_2 - K_i \hat{z} + K_t g \\ \dot{\hat{z}} = g - \hat{x}_1, \end{cases} \quad (10)$$

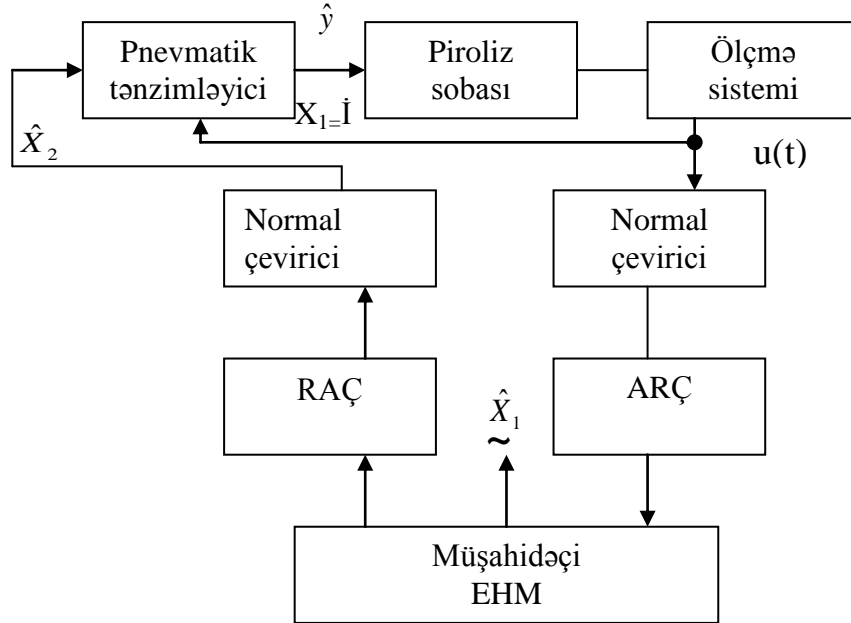
$$d\hat{x}/dt = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -0,179 & -0,878 \end{pmatrix} \hat{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1,75 \end{pmatrix} \hat{u} + \begin{pmatrix} k_{11} \\ k_{21} \end{pmatrix} \text{sign} \hat{L}_1, \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \hat{L}_1 &= y_1 - \hat{x}_1 \\ x_1(0) &= 1, x_2(0) = z(0) = 0, \hat{x}_1(0) = \hat{x}_2(0) = 0. \end{aligned}$$

Burada $x = (x_1, x_2)^T$ -vəziyyət vektorudur.

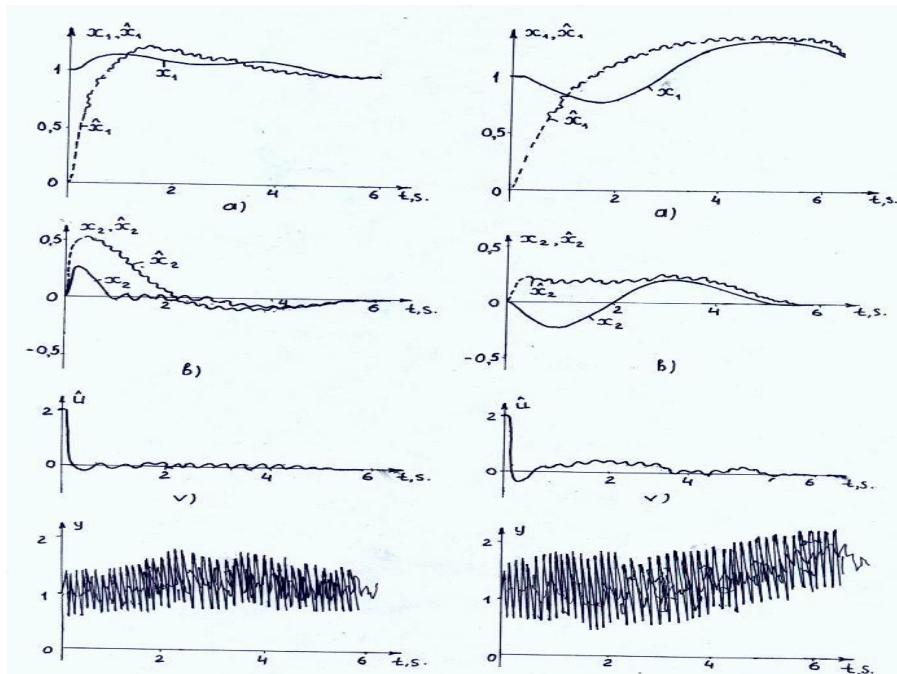
Müşahidəedici (11) idarəedici kompüterdə realizasiya edilərək, küydən təmizlənmiş $\hat{x}_2 = \dot{\hat{x}}_1$ törəmə siqnalı RAÇ çeviricisindən keçərək, 20÷100 kPa unifikasiya olunmuş pnevmatik siqnal şəklində mövcud tənzipləyiciyə verilir. Bu tənzipləyicinin əsas girişinə ölçülən $x_1 = y_1 + \varepsilon$ temperatur siqnalı verilir. Şəkil 2-də kompüterdə realizasiya olunan müşahidəçi olan tənzipləmə sisteminin texniki strukturu göstərilmişdir. Müşahidəçi (11)-in k_{11}, k_{21} sazlama parametrlərini verilmiş metodika əsasında tapaq. Əvvəlcə $c_{12} = 0 \Rightarrow c \rightarrow \infty$ olduğundan $q = 0,878c - c^2 - 0,179 \rightarrow -\infty$ tapırıq. $c > 0$ halında $ck_{11} + k_{21} > -\infty |e_1|$. Sürüşmə xətti $L_1 = e_1 = 0$

olduğundan bu xəttin üzərində $ck_{11} + k_{21} > 0$, $c \rightarrow \infty$, şərti istənilən $k_{11} > 0, k_{21} > 0$ qiymətləri üçün ödənilir. $k_{11} = k_{21} = 1$ seçirik. Kompüterdə realizasiya zamanı sazlama parametrləri: $K_i = 2, K_d = 5; K_d = 15$.



Şəkil 2. Tənzimləmə sisteminin texniki strukturu

Tapşırıq signalı $g=1$ qəbul olunmuşdur. Şəkil 3, a-d-də $K_d=4$, şəkil 4, a-d-də isə $K_d=15$ qiymətində müşahidəçidə və tənzimləyicidə baş verən keçid prosesləri göstərilmişdir



Şək. 3. Sistemin keçid prosesi
($K_d=4$) olduqda

Şək. 4. Sistemin keçid prosesi
($K_d=15$) olduqda

ƏDƏBİYYAT

1. Алиев Т.А. Робастная технология статистического анализа., М., Машиностроение, 2000, 193 с.
2. Болнокин В.Е., Чинаев П.И. Анализ и синтез систем автоматического управления на ЭВМ., Справочник, М., Радио и связь, 1991, 256 с.
3. Рустамов Г.А., Агаев У.Х. Стабилизация неустойчивых колебательных объектов с применением финитного управления, АМЕА-нын Хябярляри, Информатика ва идаряетмя проблемляри, ыилд XX, 2000, №2-3, с. 81-84.
4. Сейдж Э.П., Уайт Ч., Оптимальные управление системами, М., Радио и связь, 1982, 392 с.

РЕЗЮМЕ**СИНТЕЗ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ УЗЛА ПИРОЛИЗА БЕНЗИНА С ПРИМЕНЕНИЕМ НАБЛЮДАТЕЛЯ РАБОТАЮЩЕГО В СКОЛЬЗЯЩЕМ РЕЖИМЕ**

Агаев У.Х., Атаев Г.Н., Талыбов Н.Г., Халилов С.А.

Ключевые слова: этан, этилен, пиролиз, фракции, алгоритм восстановления, конвекция, форсунки

В статье рассматривается синтез системы регулирования температуры узла пиролиза бензина, с применением наблюдателя состояния, работающего в скольльзящем режиме.

SUMMARY**SYNTHESIS OF TEMPERATURE REGULATION SYSTEM OF PYROLYSIS PETROL UNIT OBSERVER USE WORKING IN ZERO-OVERSHOOT RESPONSE**

Agayev U.Kh., Atayev Q.N., Talibov N.H., Khalilov S.A.

Key words: ethane, ethylene, pyrolysis, fractions, recovery algorithm, convection, injectors

In the article the sunthesis of temperature regulation system of pyrolysis petrol unit with observer use working in zero-ivershoot response is studied.

Daxil olma tarixi: **ilkin variant: 02.12.2014**
son variant: 19.12.2014

**Sumqayıt Dövlət Universitetinin Mühəndislik fakültəsinin
Elmi Şurasının 27.11.2014-cü il tarixli iclasının 03 sayılı protokolu**

UOT 681

RƏQƏMSAL İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNİN DAYANIQLIĞININ TƏDQIQI ALQORİTMLƏRİ

ƏLƏKBƏRLİ FAZİL HƏZİN oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, prof

HACIYEVA ESMİRA MƏMMƏD qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, b/lab

QULİYEVA NÜBAR ƏLİMURAD qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, b/lab

ƏSGƏROVA SAHİLƏ FAIQ qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, b/lab

e-mail: n.quliyeva@mail.ru

Açar sözlər: Rəqəmsal idarəetmə sistemləri, dayanıqlıq kriteriləri, Raus dayanıqlıq kriterisi, Hurvis dayanıqlıq kriterisi, Mixaylov dayanıqlıq kriterisi, Naykvist dayanıqlıq kriterisi, qeyri-xətti çevirmə.

Giriş. Kompüter texnikasının meydana gəlməsi rəqəmsal idarəetmə (tənzimləmə) sistemlərinin (RİS) yaranmasına səbəb oldu və uyğun olaraq RİS-in nəzəriyyəsi, o cümlədən dayanıqlığın tədqiqi üsulları hazırlandı [1-3]. RİS-in dayanıqlığının tədqiq edilməsi məqsədi ilə həm fasiləsiz xətti tənzimləmə sistemlərinin mövcud, həm də məxsusi rəqəmsal sistemlər üçün işlənmiş dayanıqlıq kriterilərindən istifadə edilir. Birinci halda müxtəlif çevirmələrdən istifadə edilir. İkinci halda isə heç bir çevirmədən istifadə etmədən RİS-in diskret ötürmə funksiyası və ya xarakteristik tənliyindən istifadə etməklə onun dayanıqlığı tədqiq olunur. Məlum olduğu kimi, [4] fasiləsiz xətti tənzimləmə sistemlərinin dayanıqlığının tədqiqində əsasən Raus, Hurvis, Mixaylov və Naykvist dayanıqlıq kriterilərindən istifadə edilir. Raus, Hurvis və Mixaylov dayanıqlıq kriterilərində dayanıqlığın tədqiqi üçün onların xarakteristik tənliyi, Naykvist dayanıqlıq kriterisində isə açıq sistemin ötürmə funksiyası ilkin məlumat kimi götürülür. Məqalədə RİS-in diskret ötürmə funksiyasına və ya xarakteristik tənliyinə qeyri-xətti (Myöbius) çevirmə tətbiq etməklə onun dayanıqlığının həmin kriterilərin vasitəsilə MATLAB proqramlar paketi mühitində tədqiqi alqoritmləri və proqramlarına baxılır.

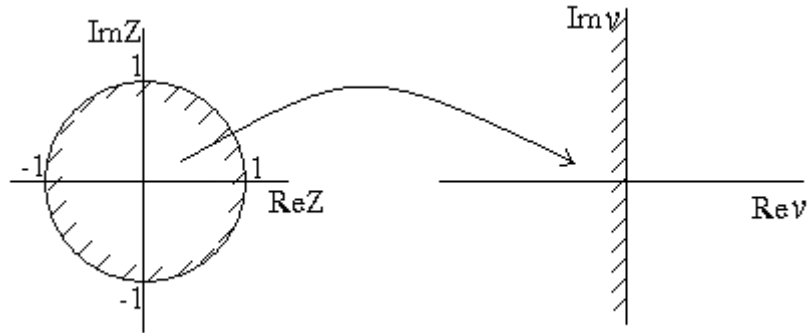
Qeyri-xətti çevirmənin mahiyyəti. Məlum olduğu kimi, RİS-in dayanıqlığının zəruri və kafi şərti onun xarakteristik tənliyinin köklərinin vahid radiuslu çevrə daxilində, fasiləsiz xətti tənzimləmə sistemlərinin dayanıqlığının kafi şərti isə xarakteristik tənliyin köklərinin sol yarımmüstəvidə yerləşməsidir. RİS-in

$$D(z) = a_0 z^n + a_1 z^{n-1} + a_2 z^{n-2} + \dots + a_{n-1} z + a_n = 0 \quad (1)$$

xarakteristik tənliyində və ya diskret ötürmə funksiyasında

$$z = \frac{1+v}{1-v} \quad (2)$$

əvəzləməsi z oblastındakı vahid radiuslu çevrənin daxilini v oblastında sol yarımmüstəviyə inikas etdirir (Şəkil 1).



Şəkil 1. Qeyri-xətti çevirmənin həndəsi təsviri

Beləliklə, qeyri-xətti çevirmədən sonra alınan v -dən asılı ifadəyə xətti tənziqləmə sisteminin dayanıqlıq şərtlərini və kriterilərini tətbiq etmək olur.

RİS-in dayanıqlığının Raus kriterisi ilə tədqiqi alqoritmi. Fərz edək ki, RİS-in $D(v)$ ifadəsi

$$D(v) = d_r v^r + d_{r-1} v^{r-1} + \dots + d_1 v + d_0 = 0 \quad (3)$$

şəklindədir. Dayanıqlığın zəruri şərtinə görə $d_r > 0$, $d_{r-1} > 0, \dots, d_1 > 0$, $d_0 > 0$ olmalı və (1.3) ifadəsinin əmsallarından tərtib edilmiş Raus cədvəlinin birinci sütununun bütün elementləri sıfırdan böyük olmalıdır.

Raus kriterisinin alqoritmi aşağıdakı kimidir:

1. (3) xarakteristik tənliyinin əmsalları xüsusi birölçülü massivə daxil edilir

$$D = d_r, d_{r-1}, \dots, d_1, d_0$$

2. Cədvəlin sütunlarının sayı

$$k = \begin{cases} \frac{n+1}{2}, & \text{əgər } n \text{ tək ədəddirsə} \\ \frac{n}{2} + 1, & \text{əgər } n \text{ cüt ədəddirsə} \end{cases}$$

ifadəsi ilə, sətirlərin sayı isə $n+1$ -ə bərabər təyin edilir. Cədvəli ifadə edən massiv $R(n+1, k)$ kimi təyin edilir;

3. R massivinin birinci və ikinci sətir elementləri D massivinin elementlərindən cədvələ uyğun olaraq düzəldilir. Üçüncü və növbəti sətirlərin elementləri isə

$$R(i, j) = R(i-2, j+1) - r(i)R(i-1, j+1)$$

$$r(i) = R(i-2, 1) / R(i-1, 1), \quad i = 3, 4, \dots$$

ifadələri vasitəsilə doldurulur;

4. R massivinin birinci sütununda işarə dəyişmələrinin sayı

$$m = \sum_{i=1}^n m_i, \quad m_i = \begin{cases} 1, & R(i, 1) \cdot R(i+1, 1) < 0 \\ 0, & R(i, 1) \cdot R(i+1, 1) > 0 \end{cases}$$

ifadələri ilə təyin edilir. Eyni zamanda cədvəlin birinci sütununda qiyməti “sıfır” olan elementlərin sayı kn müəyyən edilir.

5. m və kn kəmiyyətlərinə görə sistemin vəziyyəti haqqında məlumat aşağıdakı kimi təyin edilir:

$m > 0$, sistem dayanıqsızdır və xarakteristik tənlik m ədəd sağ kökə malikdir;

$m = 0$ və $kn > 0$, sistem neytraldır;

$m = 0$ və $kn = 0$, sistem dayanıqlıdır.

Raus kriterisinin MATLAB proqramı aşağıdakı kimidir.

```

% Raus kriterisi ilə dayanıqlığın təyini
n=3; %xarakteristik tənliyin tərtibi
a=[1 2.0 1.1 2.2];%xarakteristik tənliyin əmsalları;
sa=0; as=0;
for i1=1:n+1
    sa=sa+abs(a(i1));
    as=as+a(i1);
end
if sa==abs(as)
    if as<0
        for i1=1:n+1
            a(i1)=abs(i1);
        end
    end
end
k=fix(n/2);
if n==2*k
    m=k+1;
else
    m=(n+1)/2;
end
n1=n+1;
r=zeros(n1,m);
for i1=1:m
    r(1,i1)=a((i1-1)*2+1);
    if 2*i1<=n+1
        r(2,i1)=a((i1-1)*2+2);
    end
end
for j1=3:n1
    for i1=1:m
        if i1+1<=m
            r(j1,i1)=r(j1-2,i1+1)-r(j1-1,i1+1)*r(j1-2,1)/r(j1-1,1);
        end
    end
end
disp(['Raus cedveli'],r)
pk=0;nk=0;
for i1=1:n
    if r(i1,1)*r(i1+1,1)<0
        pk=pk+1;
    end
end
nk=0;
for i1=1:n1
    if r(i1,1)==0
        nk=nk+1;
    end
end
end

```



```

if pk>0
    disp(['Sistem dayanıqsızdır.Sağ köklərin sayı=',num2str(pk)])
end
if pk==0
    if nk>0
        disp(['Sistem neytraldır'])
    end
end
if pk+nk==0
    disp(['Sistem dayanıqlıdır'])
end

```

RİS-in dayanıqlığının Hurvis kriterisi ilə tədqiqi algoritmi. RİS-in (1.3) ifadəsinin əmsallarından Hurvis matrisi tərtib edilir:

$$H = \begin{vmatrix} d_{r-1} & d_{r-3} & d_{r-5} & d_{r-7} & \dots & 0 \\ d_r & d_{r-2} & d_{r-4} & d_{r-6} & \dots & 0 \\ 0 & d_{r-1} & d_{r-3} & d_{r-5} & \dots & 0 \\ 0 & d_r & d_{r-2} & d_{r-4} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & d_{r-1} & d_{r-3} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & d_0 \end{vmatrix}.$$

RİS-in dayanıqlı olması üçün

$$d_r > 0, d_{r-1} > 0, \dots, d_1 > 0, d_0 > 0$$

şərtləri ödənməli və Hurvis matrisindən tərtib edilmiş bütün baş diaqonal minorları (təyinediciləri) sıfırdan böyük olmalıdır.

Minorların qiymətini hesablamaq üçün MATLAB-ın **det** funksiyasından istifadə etməklə Hurvis kriterisinin MATLAB proqramı verilmişdir.

```

% Hurvis kriterisi ilə dayanıqlığın təyini
n=3; %Xarakteristik tənliyin tərtibi
a=[-0.1 -0.6 -1.8 -2.2];%Xarakteristik tənliyin əmsallari
sa=0; as=0;
for i1=1:n+1
    sa=sa+abs(a(i1));
    as=as+a(i1);
end
if sa==abs(as)
    if as<0
        for i1=1:n+1
            a(i1)=abs(a(i1));
        end
    end
end
h=zeros(n,n);
%determinantin qurulmasi
for i1=1:n
    for j1=i1:n

```

```

k1=i1+1+2*(j1-i1);
if k1<=n+1
    h(i1,j1)=a(k1);
end
end
end
for i1=2:n
    for j1=i1:-1:1
        k1=i1+1+2*(j1-i1);
        if k1>=1
            h(i1,j1)=a(k1);
        end
    end
end
end
[h] %Hurvis cədvəli
%Minorların qurulması və hesabi
pk=0;
nk=0;
for i1=1:n
    di1=zeros(i1,i1);
    for j1=1:i1
        for k1=1:i1
            di1(j1,k1)=h(j1,k1);
        end
    end
    d1=det(di1);
    if d1<0
        pk=pk+1;
    end
    if d1==0
        nk=nk+1;
    end
end
if pk>0
    disp(['Sistem dayanıqsızdır'])
end
if nk>0
    disp(['Sistem neytraldır'])
end
if pk+nk==0
    disp(['Sistem dayanıqlıdır'])
end
end

```

RİS-in dayanıqlığının Mixaylov kriterisi ilə tədqiqi alqritmi.

Mixaylov kriterisi ilə

RİS-in dayanıqlığını tədqiq etmək üçün alqoritm aşağıdakı kimidir.

1. (2) ifadəsində $\nu = j\omega$ əvəzlənməsi edilir ;
2. Alınan ifadənin cüt qüvvətli toplananlarından ibarət həqiqi hissə $R(\omega)$ və tək qüvvətli toplananlarından ibarət xəyali hissə $I(\omega)$ alınır;
3. ω - ya sıfırdan sonsuzluğa qədər qiymətlər verilərək $(R(\omega), jI(\omega))$ koordinat sistemində hodoqraf qurulur.

Mixaylov hodoqrafına görə sistemin dayanıqlığı belə təyin edilir: hodoqraf $\omega = 0$ qiymətində həqiqi oxun müsbət tərəfində a_0 nöqtəsindən başlayaraq, müsbət (saat əqrəbinin əksi) istiqamətində növbə ilə xəyali və həqiqi oxları kəsərək, $n-1$ rübü tam keçib, n -ci rübdə sonsuzluğa ($\omega = \infty$ qiymətində) getməlidir.

MATLABın nyquist funksiyasından istifadə etməklə Mixaylov hodoqrafını qurmaq olar. Həmin funksiya sistemin (mənzilin, obyektin) verilmiş ötürmə funksiyasına görə onun amplitud-faz-tezlik xarakteristikasını (AFTX) qurmaq üçündür. Xarakteristik çoxhədliliyə görə, Mixaylov hodoqrafını qurmaq üçün onu (xarakteristik çoxhədlini) MATLABın tf funksiyası vasitəsilə ötürmə funksiyasının surəti, məxrəc kimi isə "1" (vahid) vermək lazımdır:

$$W = tf([d_n \ d_{n-1} \ \dots \ d_1 \ d_0], 1)$$

$$nyquist(W)$$

RİS-in dayanıqlığının Naykvist kriterisi ilə tədqiqi algoritmi. Naykvist kriterisini qeyri-xətti çevirməyə tətbiq etmək üçün əvvəlcə açıq RİS-in $W(z)$ ötürmə funksiyasında $z = \frac{1+v}{1-v}$ əvəzləməsi apararaq $W(v)$ ifadəsi alınır, sonra isə $W(v)$ ifadəsində $v = j\omega$ əvəzlənməsi edilir. $W(j\omega)$ ifadəsi həqiqi $R(\omega)$ və xəyali $I(\omega)$ hissələrə ayrılaraq, ω -ya 0-dan ∞ -dək qiymət verərək, ω -dan asılı xarakteristika qurulur.

Naykvist kriterisinə görə, qapalı RİS-in dayanıqlıq şərti aşağıdakı kimi ifadə edilir:

Açıq sistem dayanıqsızdır və onun xarakteristik tənliyinin r ədəd kökündən m ədədi vahid radiuslu çevrə daxilində yerləşir. Qapalı sistemin dayanıqlı olması üçün açıq sistemin $W(j\omega)$ xarakteristikasının həqiqi oxu $(-\infty, -1)$ intervalında müsbət (yuxarıdan aşağı) və mənfi (aşağıdan yuxarı) istiqamətlərdə kəsmə saylarının fərqi $m/2$ -yə bərabər olmalıdır.

$W(j\omega)$ xarakteristikasını qurmaq üçün MATLABın **nyquist** funksiyasından istifadə etmək olar.

Nəticə. Təklif edilən alqoritmlər və proqramlardan rəqəmsal tənzimləmə sistemlərinin dayanıqlığının tədqiqi üçün elmi axtarışlarda istifadə edilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Rüstəmov Q.Ə. Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsi. II hissə. Bakı, "Nasir", 2006
2. Джури Э. Импульсные системы автоматического регулирования. -М.: ГИФМЛ, 1963
3. Изерман Р. Цифровые системы управления. -М.: Мир, 1984
4. Rüstəmov Q.Ə. Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsi: Matlab/Simulinkdə modelləşdirmə. I hissə. 2-ci nəşr. Bakı: "Elm və təhsil" nəşriyyatı, 2012.

РЕЗЮМЕ

АЛГОРИТМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Алекперли Ф.А., Гаджиева Э.М., Кулиева Н.А., Аскерова С.Ф.

Ключевые слова: Цифровые системы управления, критерии устойчивости, критерий устойчивости Рауса, критерий устойчивости Гурвица, критерий устойчивости Михайлова, критерий устойчивости Найквиста, нелинейные преобразования.

В статье рассматриваются алгоритмы исследования устойчивости цифровых систем регулирования в среде пакета прикладных программ MATLAB с применением нелинейного преобразования.

SUMMARY
THE ALGORITHMS OF STABILITY ANALYSIS OF DIGITAL
CONTROLLING SYSTEM

Alekberli F.H., Hajiyeva E.M., Guliyeva N.A., Asgerova S.F.

Key words: *digital control systems, the stability criterion, the Raus criterion, the Hurvis criterion, the Mikhailov criterion, the Naykvist criterion.*

In this article the algorithms of investigation of stability of digital controlling systems in surroundings of packet applied programs MATLAB with application of nonlinear transformation are considered.

Daxil olma tarixi: **ilkin variant: 03.12.2014**
 son variant: 19.12.2014

Sumqayıt Dövlət Universitetinin Mühəndislik fakültəsinin
Elmi Şurasının 27.11.2014-cü il tarixli iclasının 03 sayılı protokolu

УДК 621.3; 681.5 004

УПРАВЛЕНИЕ МГНОВЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ФРИКЦИОННОГО ИЗНАШИВАНИЯ В МЕХАНИЗМАХ С ВАРИАТОРОМ**НАГИЕВ АЛИ ГАСАН оглу***Сумгаитский государственный университет, профессор***САДЫХОВ ВУГАР ВАГИФ оглу***Институт Математики и Механики НАНА, к.т.н.***ГАМИДОВ НАМИК РАГИБ оглу***Институт Математики и Механики НАНА, к.т.н.**e-mail: svugars@gmail.com*

Ключевые слова: Системы с бесступенчатыми передачами, математическое моделирование динамики переходных режимов механических систем, трибологические требования.

На основе метода математического моделирования исследованы динамические характеристики механических систем с вариатором. Показано, что применением упреждающей обратной связи можно улучшить управляемость приводов, включающих фрикционные передачи с точки зрения трибологических требований.

1. Введение. В последнее время в области проектных решений конструкций управляемых механических систем стала заметной тенденция широкого использования бесступенчатых передач - вариаторов (рис.1). Вариаторы являются исполнительными органами целого ряда систем управления движением в различных областях машиностроения, робототехники и других средств автоматизации [1,с.61; 2,с.101; 3, с.42]. Системы, использующие вариаторы в качестве элемента передачи управляемого движения в различных механизмах, часто обладая лучшими характеристиками управляемости, в то же время лишены высоких показателей износостойкости (основной трибологический показатель). Причем, известно, что номинальные режимы работы механизмов с вариатором допускают кратковременные проскальзывания фрикционных колес, а управляющие функции современных механизмов довольно разносторонние.

Интенсивность износа поверхностей фрикционного контакта зависит от обширного количества факторов, но главными среди них, несомненно, являются динамические условия эксплуатации управляемого механизма. Их определяет ряд параметров кинетики, таких как моменты инерции валов, скоростные (рабочие) характеристики серводвигателя и нагрузки. Решение компромисса между величиной прижимного усилия – основным конструкционным параметром систем с вариаторами – и увеличением износостойкости механизмов связано с исследованиями динамических характеристик при импульсном управлении. Привлекает особое внимание система, в которой вариатор является исполнительным узлом автоматического регулирования скорости вращения привода.

В настоящем модельном исследовании механической системы основной целью являлось получение переходных характеристик, отражающих снижение интенсивности фрикционного проскальзывания в зависимости от прижимного усилия на фрикционные колеса при различных глубинах применяющейся обратной связи.

2. Разработка модели. Ранее нами было проведено модельное исследование механических характеристик механизма с вариатором, модель, которой представлялась следующей системой дифференциальных уравнений [4,с.363-370]:

$$\begin{aligned} I_1 \frac{d\omega_1}{dt} &= M_g - \text{sign}(\eta_1) a_2 P_N \varepsilon_1^u r_1 - a_2 P_N \varepsilon_1^{u+1} \omega_1^{-1} \\ I_p \frac{d\omega_p}{dt} &= \text{sign}(\eta_2) a_2 P_N \varepsilon_2^u r_p - \text{sign}(\eta_1) a_2 P_N \varepsilon_1^u r_p \\ I_2 \frac{d\omega_2}{dt} &= \text{sign}(\eta_2) a_2 P_N \varepsilon_2^u r_2 - a_2 P_N \varepsilon_2^{u+1} \omega_2^{-1} - M_n \end{aligned} \quad (1)$$

где, $\eta_1 = \omega_1 r_1 - \omega_p r_p$; $\eta_2 = \omega_p r_p - \omega_2 r_2$, $\varepsilon_i = |\eta_i|$; $\omega_p, \omega_1, \omega_2, r_p, r_1, r_2$ – соответственно угловые скорости и радиусы центрального, ведущего и ведомого дисков; P_N – соответственно прижимное усилие на вал, a, u – параметры конструкции и материалов вариатора.

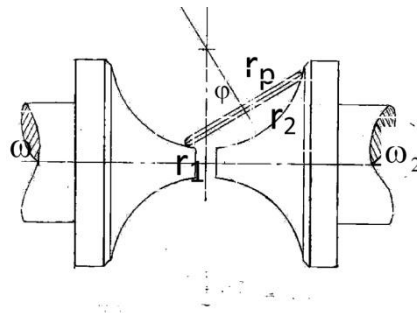


Рис. 1. Принципиальная схема торового вариатора.

В системе (1) учитывая пренебрежительно малую величину момента инерции центрального диска I_p (ролика) по сравнению с инерционными свойствами механизмов, сочлененных с валами вариатора I_1, I_2 , т.е. принимая $I_p \approx 0$, можно написать:

$$\text{sign}(\eta_2) a_2 P_N \varepsilon_2^u r_p - \text{sign}(\eta_1) a_2 P_N \varepsilon_1^u r_p = 0 .$$

из которого следует соотношение:

$$\omega_p = \frac{\omega_1 r_1 + \omega_2 r_2}{2r_p} . \quad (2)$$

В настоящем исследовании динамических режимов при учете трибологических показателей обращено внимание на то, что соотношение (2) следует учитывать как необходимое кинематическое соотношение при решении системы (1), которая после сокращения будет содержать лишь два уравнения. С другой стороны, следует также принимать во внимание то, что выражение для коэффициента передачи вариатора $k_\varphi = \frac{\omega_2}{\omega_1}$ исходя из расчета его конструкции (рис.1), может определяться в виде [7, С.167-370]:

$$k_\varphi = 0.87 \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} . \quad (3)$$

Тогда, учитывая (3), для режима с отсутствием проскальзывания можно перейти к модели с одним уравнением:

$$\left(I_1 - 0.87 \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} I_2 \right) \frac{d\omega_1}{dt} = M_g - F_c (r_1 + r_2) + M(t) \quad (4)$$

Механическая система, находясь в состоянии, когда динамические усилия не превосходят силы фрикционного сцепления, движение описывается дифференциальным уравнением (4), а силы сцепления рассчитываются по следующему соотношению:

$$F_C = \text{sign}(\eta) a_2 P_N \varepsilon^u \quad .$$

В момент нарушения условия $F_C < \text{sign}(\eta) a_2 P_N \varepsilon^u$ происходит срыв сцепления и наступает проскальзывание. В этой ситуации система приобретает мягкость в переходной характеристике (плавность в управлении), однако растет интенсивность износа. Эта особенность является важным преимуществом применения вариаторов, следовательно, возникает необходимость в поисках альтернативных решений смягчения переходного режима [5, с.29].

3. Применение регенеративной обратной связи. Одним из решений задачи может быть применение обратной связи по каналу «коэффициент передачи – вращательный момент».

Реализация данной регенеративной схемы решается путем установления каким-либо образом связи между вращательным моментом и углом поворота рычага вариатора. В ряде приводов такое управление потоком мощности можно реализовать воздействием на напряжение питания. В другом случае, если привод оснащен двигателем постоянного тока, то управление вращательным моментом осуществляют путем воздействия на магнитный поток в цепи возбуждения. На рис 2. представлена структура замкнутой системы управления потоком мощности в связи с функцией управления скоростью ведомого вала привода. Назовем регенеративной схему, которая построена с введением обратной связи.

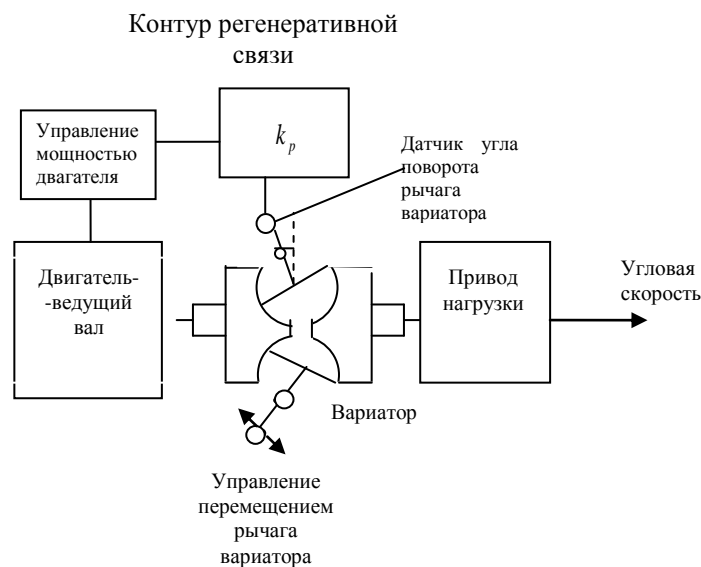


Рис.2. Регенеративная связь «коэффициент передачи – вращательный момент», применяющийся для улучшения управляемости привода.

Возмущение, действующее в данном случае в виде дефицита мощности, можно компенсировать за счет увеличения силы тока обмотки возбуждения. Воспользуемся пропорциональностью в малом интервале зависимости вращательного момента от глубины обратной связи по рычагу управления вариатора k_φ , т.е.

$$M_g(\omega_1, \varphi) = M_g(\omega_1)(1 + k_\varphi), \quad -\varphi_{\max} < \varphi < \varphi_{\max} \quad (5)$$

Принимая зависимость вращательного момента двигателя от скорости вращения линейно-убывающей функцией при неизменном значении тока возбуждения (управление) [6, с.432], т.е.

$$M_g(\omega_1) = M_{g0} - k_g \omega_1 \quad (6)$$

можно, пользуясь формулой (6), выразить (5) в виде:

$$M_g(\omega_1, \varphi) = (M_{g0} - k_g \omega_1)(1 + k_\varphi) \quad (7)$$

Данное структурное изменение позволяет заметно улучшить управляемость приводов с вариаторами. Количественному анализу таких улучшений посвящена данная работа на модельном исследовании при различных значениях параметров.

Рассмотрим два управляемых электропривода, в одном из которых, момент вращения, развиваемый двигателем, не связан с величиной динамического сопротивления, т.е. не включена обратная связь по коэффициенту передачи вариатора. Очевидно, в этом случае вращательный момент двигателя является функцией только скорости вращения, т.е. имеет место только функция $M_g \equiv M_g(\omega_1)$. Другой привод охвачен обратной связью $M_g = (1 + k_\varphi \varphi) M_g(\omega_1)$.

Предположим, оба привода с состояния равновесия $\omega_2 : \frac{d\omega_2}{dt} = 0, \varphi = 0, k = 1, t = t_0$ под воздействием программы управления $k(t) = k_\varphi \varphi(t); 0 < t < t_u$ находят свою конкретную реализацию в течение времени t_n в виде функций $\omega_2^*(\varphi(t)), \omega_2(\varphi(t))$, которые являются реализациями программы управления по угловым скоростям в соответствии приводам, охваченным обратной связью и без нее.

Введем функционалы $\delta^*[\varphi(t)], \delta[\varphi(t)]$ в качестве показателя управляемости, которые ориентированы на указанные две структуры:

$$\delta^*[\varphi(t)] = \int_0^{t_u} \left(\frac{\omega_2^*(\varphi(t)) - \omega_0(1 + k_\varphi \varphi(t))}{\omega_0(1 + k_\varphi \varphi(t))} \right)^2 dt; \quad \delta[\varphi(t)] = \int_0^{t_u} \left(\frac{\omega_2(\varphi(t)) - \omega_0(1 + k_\varphi \varphi(t))}{\omega_0(1 + k_\varphi \varphi(t))} \right)^2 dt \quad (8)$$

где $\omega_0(1 + \varphi(t))$ – заданная программа управления в интервале $0 < t < t_u$.

Можно выдвинуть следующую задачу оптимизации: Исходя из конструктивных параметров вариатора (P_N, u), кинетического параметра механической системы (φ), а также электромеханических (M_{g0}, k_g) и нагрузочных характеристик двигателя $M_H(\omega_2)$, требуется определить оптимальную величину k_φ , которая позволит минимизировать при заданной программе управления величину $\delta[\varphi(t)]$. Решение этой задачи может быть получено на основе вычислительного эксперимента, на модели механической системы (1).

4. Полученные результаты. На основе указанной модели получен ряд характеристик, позволяющих оценить некоторые показатели управляемости электроприводов с вариаторами для двух, сильно различающихся нагрузочных характеристик, $M_H = k_H^1 \omega_2$ и $M_H = k_H \omega_2^2$ (нагрузки сухого и вязкого трения соответственно). В качестве программы был использован синусоидальный закон, т.е. $\varphi(t) = \varphi_m \sin vt$.

По рис.3 видно, что в целом с увеличением коэффициента обратной связи k_φ , имеет место улучшение показателя качества управляемости механической системы с вариатором относительно критерия δ . Несмотря на нелинейность нагрузочной характеристики привода, в случае нагрузки типа вязкое трение ($M_H = k_H \omega_2^2$), именно в этом случае более широким диапазоном варьирования обладает коэффициент k_φ .

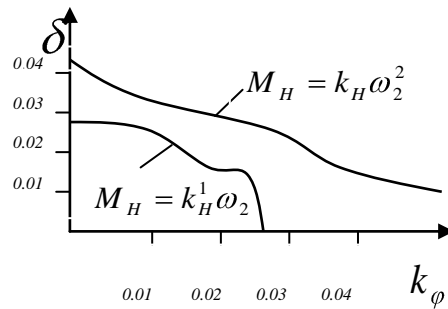


Рис. 3. Зависимость параметра δ от k_φ при различном характере нагрузки привода.

В режиме работы привода на нагрузку с линейным законом изменения от скорости, при достижении определенного значения ($k_\varphi = 0.04 - 0.05$) наблюдалось нарушение устойчивости вычислительного процесса, который имитировал механическую систему, использующую регенеративную схему управления мощностью двигателя.

Применение регенеративной схемы управления мощностью двигателя заметно повлияло на частотные характеристики механической системы с вариатором. Прежде всего, это сказывалось на реакции системы на высокочастотные гармонические управляющие воздействия, оказываемые со стороны рычага управления передаточным отношением вариатора. Максимальная частота управляющего сигнала, при котором в системе не наблюдается потеря управляемости, в режиме отсутствия указанной регенеративной связи, составляло $\nu = 0.85 \text{ c}^{-1}$. На рис. 4. показана реакция системы на возмущение при отсутствии регенеративной связи при частоте $\nu = 1.1 \text{ c}^{-1}$, которая характеризуется тем, что синусоидальные управляющие воздействия, сильно искажены, передаваясь на скорость вращения ведомого вала. Та же частотная характеристика представлена на рис. 5, которая отличается от предыдущей лишь тем, что в ней отражен случай с наличием той самой регенеративной связи (величина $k_\varphi = 0.022$).

По рисунку видно, что реакция системы на гармоническое управляющее воздействие терпит лишь незначительные искажения, которыми практически можно пренебречь.

При изучая приведенных частотных характеристик, обращает на себя внимание то, что в подавляющем большинстве случаев в системе наблюдаются высокочастотные осцилляции срывов фрикционного контакта. Причиной периодической смены режимов чистого качения дисков фрикционной передачи с режимом качения со скольжением является скрытый резонанс, возникающий вследствие упругого консерватизма, имеющего место в математической модели механической системы. Он проявляет себя как эффект накапливания кинетической энергии вращающихся механических частей системы после срыва контакта.

При наличии регенеративной связи управления мощностью двигателя привода, проявление подобных эффектов заметно снижено.

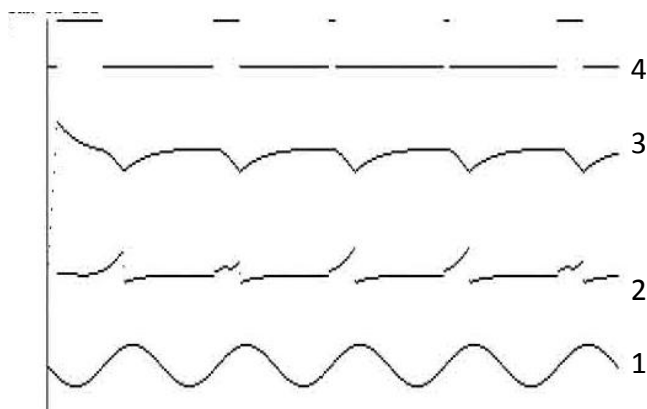


Рис.4. Характеристика управляемости системы при отсутствии регенеративной связи, т.е. $k_{\phi} = 0$, $\nu = 1.1 \text{ c}^{-1}$.

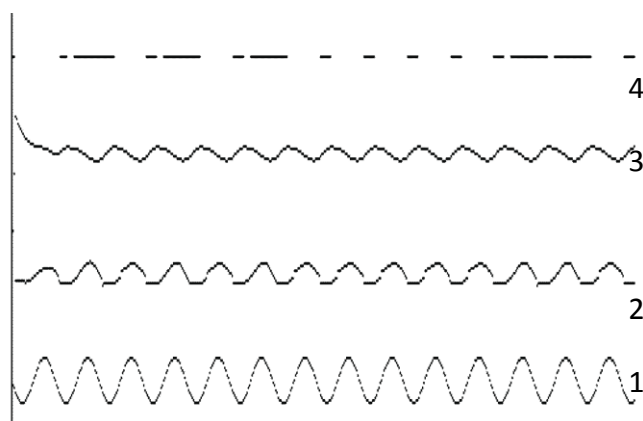


Рис.5. Характеристика управляемости системы в случае использования регенеративной связи относительно угла поворота рычага вариатора при $k_{\phi} = 0.022$, $\nu = 1.1 \text{ c}^{-1}$.

Таким образом, судя по полученным данным вычислительного эксперимента, можно с уверенностью заключить, что применение регенеративной связи в управляемом приводе с вариаторами существенно улучшает механические показатели системы.

5. Основные выводы: Применяя метод вычислительного эксперимента, можно исследовать различные структуры для синтеза систем управляемых приводов. В частности, лучшими механическими характеристиками обладают системы, если в цепи замкнутого контура управления включить регенеративную связь момента сопротивления с потоком мощности, направляющегося от сети к электродвигателю.

UOT 621.311.24(06)

MÜASİR KÜLƏK ENERJETİK QURĞULARINDA İSTİFADƏ OLUNAN İKİ TƏRƏFDƏN QİDALANAN ASINXRON MAŞINLARI

ƏMRƏLİYEV ASƏF BAYRAM oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

HƏŞİMOVA AŞURA RZA qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

ABDULLAYEVA SEVİL CAMAL qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, e.i.

MƏMMƏDOVA ŞƏFAQƏT TELMAN qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, k.e.i.

HƏSƏNOVA ÜLVİYYƏ ELXAN qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, b.l.

e-mail: abdullayeva.64@mail.ru

Açar sözlər: *Külək energetik qurğuları, Qobustan və Yeni Yaşma, sinxronlaşdırılmış asinxron generator.*

Bərpa olunan enerji mənbələri arasında külək energetikası dünya elektroenergetikasında ən geniş inkişaf edən sahədir. 2011-2013-cü illər ərzində bütün külək energetik qurğuların (KEQ) istismara buraxılması 45 GVt-dan çox güc olmaqla ən yüksək səviyyəyə çatdırılmışdır.

Bu gün dünyada qeyri-ənənəvi bərpa olunan enerji mənbələrindən, o cümlədən külək enerjisindən istifadə sənaye səviyyəsinə çatmışdır və enerji balansında külək enerjisindən alınan elektrik enerjisinin istehsalında payı hiss olunacaq dərəcədədir, gələcəkdə onun daha da artırılması proqnozlaşdırılır (cədvəl 1).

Cədvəl 1.

İllər	KEQ-in qoyuluş gücü	Istehsal olunan elektrik enerjisində payı, %	Istehsal olunan elektrik enerjisi ilə əlaqədar CO ₂ tullantıların azalması %
2008	122000	1,5	2,2
2013	350000	3,35	4,3
2018	820000	8	11,0

Wind Force Qlobal Beynəlxalq layihə çərçivəsində qəbul edilmiş plana görə, 2020-ci ilə kimi elektrik enerjisinin istehsalı 12% artmalıdır ki, bu da kifayət qədər planı qabaqlamaqla yerinə yetirilir. Məsələn, Danimarkada istehsal olunan bütün elektrik enerjisinin 20%-i bilavasitə KEQ-lər vasitəsilə istehsal olunur. Danimarkada 2050-ci ilə kimi külək enerjisinin istehsal olunan ümumi elektrik enerjisində payının 50%-ə çatdırılması planlaşdırılır [1,3].

“Azərbaycanda alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə perspektivləri” mövzusunda Bakıda keçirilən Beynəlxalq Konfransda [2] qeyd edilmişdir ki, hazırda dünyada iki növ alternativ enerjiden istifadə olunur. Bunlardan biri təbii, digəri isə süni yolla alınır: “Təbii yolla alternativ enerji günəş və küləkdən, süni yolla isə sözü gedən enerji əsaslı kənd təsərrüfatı məhsullarından alınır. Hazırda dünyada süni yolla alınan alternativ enerjinin payı ümumi enerji sektorunda 17% təşkil edir və bu rəqəm getdikcə artmaqda davam edir .

Külək enerjisindən ən çox istifadə edən 10 ölkə - ABŞ, Almaniya, Hindistan, Fransa, Böyük Britaniya, İspaniya, Çin, İtaliya, Danimarka və Portuqaliyadır. Dünya külək energetikasının bu çür sıçrayışla artması, əsasən, bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı, KEQ-in xüsusi maya dəyərini

fasiləsiz azaldılması və onların istehsal etdiyi elektrik enerjisinin orta maya dəyərinin (qiymətinin) azaldılması ilə bağlıdır [1]. 2004-cü ildən başlayaraq. ABŞ-da valyutanın qiymətinin düşməsi səbəbindən elektrik enerjisinin və KEQ-ni qiymət göstəricilərinin artması müşahidə olunur.

Elektrik enerjisinin və KEQ-ın qiymət göstəricilərinin dinamikası

Cədvəl 2.

İllər	1981	1985	1989	1994	2000	2004	2008	2012
EEQ $\frac{\text{sent}}{\text{kVt} \cdot \text{saat}}$	38	18	8	5	4	3,8	4	3,8
KEQ $\frac{\text{doll}}{\text{kVt}}$	4000	2640	1520	1100	980	900	1300	900

“Caspian Technology” şirkəti özünün ilk pilot layihəsini yeni Yaşma qəsəbəsi ərazisində həyata keçirmişdir. Ümumi gücü 1,7 MVt olan parkda hər birinin gücü 850 kVt olan külək turbini quraşdırılmışdır və hasil olunan elektrik enerjisi Sumqayıt elektrik şəbəkəsinə ötürülür.

Qobustanda 30 MVt-lıq və Şurabad qəsəbəsində (Yeni Yaşma ərazisi) 48 MVt gücündə KES-nin tikilməsi və istismara buraxılması nəzərdə tutulur.

Hesablamalara görə, Azərbaycan Respublikası özünün coğrafi vəziyyətinə, təbii şəraitinə və iqtisadi infrastrukturuna görə 800 MVt-a yaxın illik külək enerjisi ehtiyatına malikdir. Bu ehtiyat ildə təxminən hesablamalara görə, 2,4 milyard kVt/saat elektrik enerjisi hasil edilməklə ildə 1 milyon tona yaxın şərti yanacağa qənaət etməkdir. Ən əsası isə üzvi yanacaqdan istifadə etməklə elektrik enerjisinin alınması zamanı külli miqdarda tullantıların, o cümlədən, azondağıdıçı karbon dioksidin atmosferə atılmasının qarşısının alınması deməkdir.

Rusiya Federasiyası (RF) da həddən artıq külək potensialına malikdir. Bunu qeyd etmək maraqlı olardı ki, Rusiyada külək enerjisinin ehtiyatı, o cümlədən, istifadəyə yeraltı texniki ehtiyatı müxtəlif müəlliflər tərəfindən müxtəlif dərəcədə qiymətləndirilmişdir: [1]-də RF-da elektrik enerjisinin illik istehsalı 916 milyard kVt/saat olarkən külək enerjisindən istehsal olunan elektrik enerjisinin payı 52181 milyard kVt/saat olduğu göstərilir.

Rusiya Federasiyasında KEQ-in nəticəvi qoyuluş gücü 2012-ci ilə kimi 14,1 Mvt olmuşdur ki, bunun 5,1 Mvt-ı Kalininqrad vilayətinin payına düşür.

Qeyd etmək lazımdır ki, keçən əsrin 50-ci illərin sonunda keçmiş Sovetlər İttifaqında KEQ-nın qoyuluş gücü 100 Mvt-dan çox olmuşdur.

Müasir KEQ-i konstruktiv olaraq iki yerə bölmək olar: üfüqi fırlanma oxu ilə və şaquli fırlanma oxu ilə. Üfüqi fırlanma oxuna malik KEQ dünyada geniş yayılmışdır. Hazırda Azərbaycanda müxtəlif gücə malik heç bir KEQ-i istehsal olunmur. Lakin gələcəkdə STP-də (Sumqayıt Texnologiyalar Parkı) KEQ-in hissələrinin buraxılması nəzərdə tutulur. Lakin Rusiya kimi nəhəng ölkədə ancaq kiçik güclü KEQ buraxılır, buna görə də həm Azərbaycanda həm də Rusiyada xarici firmaların istehsal etdiyi orta və güclü KEQ-dən istifadə olunur. [1;3] Keçən əsrin 80-ci illərinin ortalarından indiyə kimi dünyada üfüqi fırlanma oxuna malik 8 nəsil olmaqla KEQ-lər istehsal olunmuşdur. Nəslin hər biri növbəti nəsildən aşağıdakı amillərə görə fərqlənmişdir: 20-30 kVt-dan 4500 kVt-a kimi vahid qoyuluş gücünə görə; -avtomatlaşdırma dərəcəsinə görə; texniki və iqtisadi problemlərin həllinə görə; -daha yüksək məhsuldarlıq və istehsal olunan elektrik enerjisinin daha az maya dəyərinə görə.

Hazırda aparıcı firmalar – istehsalçılar KEQ-lərdə asinxron (Vestas, GE Wind və başqaları) və ya sinxron (Enercon) maşınlarından istifadə edirlər.

Vestas firmasının istehsal etdiyi ilk nəsil KEQ-də qısa-qapalı rotorlu asinxron maşından və generatorun yüksüz işləməyə tələb etdiyi reaktiv gücü kompensasiya etmək üçün kondensatorlardan istifadə olunmuşdur. Bu da öz növbəsində qidalandırıcı şəbəkədə elektrik enerjisinin keyfiyyətini təhrif etməklə əlaqədar bir sıra problemlər yaratmışdır.

KEQ-in gücünün artması ilə onların elektrik şəbəkəsinə olan təsiri də artmaqdadır. Müasir KES-də, adətən, iki tip KEQ-dən istifadə olunur: iki tərəfdən qidalanan asinxron generatorlu və səliss işəburaxma; reaktiv gücün tələbatı və ya verilməsi (ötürülməsi), gərginliyin stabilləşdirilməsi problemləri həll olunan sinxron generatorları əsasında reduktorsuz KEQ-1.

Hər iki tip KEQ-in özlərinin üstün və çatışmayan cəhətləri vardır. Belə ki, sinxron generatorlu KEQ-in start sürəti, asinxron generatorlu KEQ-ə nəzərən bir qədər aşağıdır ki, bu da bir qədər elektrik enerjisinin istehsalını artırır, həm də ağır (nəhəng) reduktor mövcud olmur. KEQ-in nominal gücünə bərabər gücə malik çeviricidən istifadə edərkən iki tərəfdən qidalanan AG-dən istifadə etməklə müqayisədə sinxron generatorlu KEQ-də daha geniş hədlərdə reaktiv gücü tənzimləmək mümkündür [5].

İki tərəfdən qidalanan asinxron generatorlu KEQ-in aşağıdakı üstünlüyü, yəni daha kiçik güclü yarımkeçirici çeviricilərdən (KEQ-in gücün 30% qədər) istifadə olunması, onun maya dəyərinin və itkilərinin kifayət qədər azalmasına səbəb olur. Aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, küləyin kifayət qədər orta külək sürətindən (7,5 m/s-dən) böyük sürətlərdə iki tərəfdən qidalanan asinxron generatorlu KEQ-i az da olsa, daha effektivdir. Qeyd etmək lazımdır ki, KEQ-in sonrakı inkişafı, yeni materialların istifadə olunması ilə yeni profilli pərlərin, mövcud işlənmələrinin optimallaşdırılması yolu ilə gedir. İxtisaslaşdırılmış KEQ anlayışı daxil edilir, məsələn, Vestas firması tərəfindən V100 markalı KEQ küləyin orta illik sürəti aşağı olan yerlərdə quraşdırmaq üçün nəzərdə tutulur.

Daha sadə konstruksiyaya və külək çarxının daha geniş sürət hədlərinə malik, sabit maqnitli sinxron generatorlar əsasında yaradılan KEQ-in inkişaf konsepsiyası daha perspektivlidir. Windfomer adlanan bu konsepsiyanın həyata keçirilməsini AAB firması təklif edir. KEQ-ın elektrik sxemi əvvəlkilərlə analojidir, yalnız fərq ondan ibarətdir ki, burada gərginliyi 20 kV-dan böyük olan yüksək gərginlikli generator istifadə olunur, bir neçə KEQ-u bir qrupa (klaster) birləşdirilir və onlardan sabit cərəyan enerjisi sabit cərəyan kabeli ilə dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşulmuş ümumi çeviriciyə daxil edilir. Bu KEQ-də reduktor və transformator mövcud deyil. Bütün bunlar gövdənin örtüyünün ölçülərini azaldır, KEQ-ın etibarlılığını artırır, səs küyün səviyyəsini azaldır.

Respublikamızda pilot layihələrdə istifadə olunmuş külək energetik qurğularının gücü 850 kVt və 3000 kVt olan Vestas firmasının külək energetik qurğularıdır. Bunlarda iki tərəfdən qidalanan asinxron generatoru qoyulmuşdur. KEQ-in elektroenergetik sistemin (EES) tərkibinə qoşulması və birlikdə işləməsi mümkünlüyünü qiymətləndirmək üçün asinxron maşını bazasında yaradılmış bu cür KEQ-ın riyazi modelindən istifadə olunur.

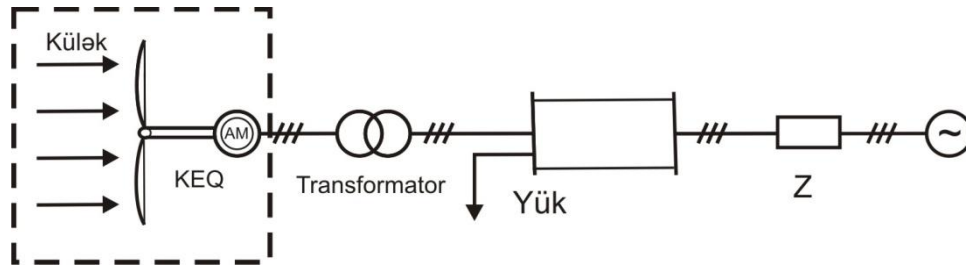
KES-in gücü EES-in gücü ilə ölçülə bilən səviyyəsinə gətirilir, bununla əlaqədar olaraq, elektrik şəbəkələrinin və sistemlərin işlərinə KEQ-in işi aşağıdakı göstəricilərə təsir edir.

1. Elektrik enerjisinin keyfiyyətinə (norma və şərtlər)
2. Şəbəkə avadanlığının yüklənməsinə (texniki məhdudiyət)
3. Qısa qapanma zamanı yüklənməsinə
4. Güc və enerji balansına

Beləliklə, KEQ və KES-lər şəbəkə ilə paralel işləyərkən onun texnika imkanları arta bilər, buna görə də layihələndirmə qabağı mərhələdə statiki və dinamik iş rejimlərində KEQ və KES-ın EES-in tərkibinə qoşulması və birlikdə işləməsinin qiymətləndirilməsi aparılmalıdır. Avropa ölkələrində və Şimali Amerikada bu cür qiymətləndirməni aparmaq üçün aşağıdakı amillərə əsaslanan normativ sənədlər işlənilib hazırlanmışdır; SBEU və SK3 nisbəti, ($SBEU/SK3 \geq 0,02$), güc axınının kompleks hesabata, kommutasiyalar zamanı gərginliyin dəyişməsi, qısa-qapanma cərəyanlarının hesabata, flüger və yüksək harmonikaların qiymətləndirilməsi.

EES-in tərkibində KEQ-in birlikdə işləməsi zamanı statiki rejimlərin qiymətləndirilməsini aparmaq imkanı verən standart üsullar məsələn, güc axınlarının hesabata işlənilib hazırlanmışdı. Bununla belə, qeyd olunur ki, bir sıra rejimləri, məsələn, kommutasiyalı rejimləri qiymətləndirərkən standart üsullardan istifadə etmək olmaz və EES-in tərkibində KEQ-in uyğun dinamik

modellərindən istifadə olunması tələb olunur ki, hazırda bu məsələ aktual elmi-texniki məsələdir. Bu cür model, bir qayda olaraq, onun elementlərinin riyazi modellərindən ibarətdir: EEŞ, transformator, elektrik veriliş xətti, tələbatçılar və asinxron bazasında qurulmuş KEQ (şəkil 1)



Şəkil 1. Tərkibində KEQ-i olan EES-in riyazi modelinin sadələşdirilmiş struktur sxemi

KEQ kompleks qarşılıqlı sistemdən ibarət olan riyazi modelin d-q koordinat sistemində tənlikləri aşağıdakı kimi ifadə olunur:

1. $U_{d2} = -r_2 i_{d2} - \omega_2 \psi_{qz} + \frac{d\psi_{dz}}{dt}$
2. $U_{q2} = -r_2 i_{qz} + \omega_z \psi_{qz} + \frac{d\psi_{qz}}{dt}$
3. $U_{dsz} = -r_r i_{dr} - \omega_r \psi_{qr} + \frac{d\psi_{dr}}{dt}$
4. $U_{qr} = -r_r i_{qr} + \omega_r \psi_{ds} + \frac{d\psi_{qr}}{dt}$ (1)
5. $\psi_{dz} = -(L_z + L_m) i_{dz} - L_m i_{dr}$
6. $\psi_{qz} = -(L_z + L_m) i_{qs} - L_m i_{qr}$
7. $\psi_{dr} = -(L_r + L_m) i_{dr} - L_m i_{dsz}$
8. $\psi_{qr} = -(L_r + L_m) i_{qs} - L_m i_{qs}$
9. $i_{dc} = C \frac{dU_d}{dt} - \omega_s C U_q$
10. $i_{qc} = C \frac{dU_q}{dt} + \omega_z C U_d$
11. $U_m = \frac{0,5}{\omega_r} C_p (\lambda, \beta) p A V_c^3$
12. $M_{gen} - M_m = J_{ekv} \frac{d\omega_r}{dt}$

Burada, $U_{ds}, U_{qs}, U_{dr}, U_{qr}, i_{ds}, i_{qs}, i_{dr}, i_{qr}, \psi_{ds}, \psi_{qs}, \psi_{dr}, \psi_{qr}$ - uyğun olaraq d və q oxları üzrə stator və rotor dolaqlarının gərginliyi, cərəyanı və maqnit ilişmələridir.

$r_2, r_r, L_2, L_z, L_r, L_m$ - uyğun olaraq stator və rotor dolaqlarının aktiv müqaviməti, xüsusi və qarşılıqlı induktivliyi;

ω_z, ω_r - uyğun olaraq stator və rotorun elektromaqnit sahəsinin fırlanma bucaq sürəti;

U_m - KEQ-in rotor valındakı ekvivalent mexaniki momenti;

M_{gen} - KEQ generatorunun elektromaqnit momenti;

J_{ekv} - KEQ-in ekvivalent ətalət momenti;

- C – KEQ kommutasiya qurğusunun tutumu;
 C_p – KEQ-in məhsuldarlıq əmsalı;
 ρ – hava sıxlığı;
 A – KEQ rotor səthinin axma sahəsi;
 λ – pərin sopunun fırlanma xətti sürətinin külək sürətinə olan nisbəti;
 β – KEQ pərlərinin dönmə bucağı.

KEQ-in generatorunun aktiv və reaktiv gücü, həmçinin elektromaqnit momenti aşağıdakı ifadələrdən təyin oluna bilər.

$$p_z = \left(\frac{L_m}{L_r + L_m} \right) v_{qs} i_{qr}; \quad Q_2 = -\omega_s (L_m i_{dr} + (L_z + L_m) i_{dr}) i_{dz} \quad (2)$$

$$M_{gen} = p(\psi_{dr} i_{qs} - \psi_{qr} i_{ds}) \quad (3)$$

Qısa qapalı rotorlu AG bazasında qurulan KEQ-in işəburaxma rejimlərinin adekvat yazılışı üçün modelə, verilmiş səviyyədə işəburaxma cərəyanının hesabat qiymətini məhdudlaşdırmaq formasında KEQ-in işi sadələşdirilmiş şəkildə daxil edilmişdir. 0,6 san.ərzində açar vasitəsilə KEQ-in kommutasiyasından sonra olan müddət, iki tərəfdən qidalanan asinxron generator bazasında yaradılan KEQ üçün rotorun tezlik çeviricisinin nəzərə alınması vacibdir. Asinxron generatorun rotor dövrəsində gərginliyin idarəsi üçün onun yarımkeçirici elementlərinin və konstruksiyalarının parametrlərini yerinə yetirilən alqoritmləri nəzərə almadan analitik modelləşdirilməsindən istifadə etmək olar. [2,4]

Elektrik veriliş xətti (EVX), transformator və müqavimətləri nəzərə almaqla elektrik sistemin d-q koordinat sistemində tənlikləri aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$\begin{aligned} v_{dE1} &= r_t i_{dt} + L_t \frac{di_{dt}}{dt} - \omega_s L_t i_{qt} - k_t v_{dt2} \\ v_{dt1} &= r_t i_{qt} + L_t \frac{di_{qt}}{dt} + \omega_s L_t i_{dt} - k_t v_{qt2} \\ v_{dt1} &= r_s i_{dt} + L_s \frac{di_{dt}}{dt} - \omega_s L_s i_{qt} - v_{ds} \\ v_{qs1} &= r_s i_{qt} + L_s \frac{di_{qt}}{dt} + \omega_s L_s i_{dt} - v_{qs2} \\ \Delta U_{dt} &= U_{d2} - U_{d1} = r_a i_d + L_a \frac{di_d}{dt} - \omega_s L_a i_q \\ \Delta U_{qt} &= U_{q2} - U_{q1} = r_a i_q + L_a \frac{di_q}{dt} + \omega_s L_a i_d \end{aligned} \quad (4)$$

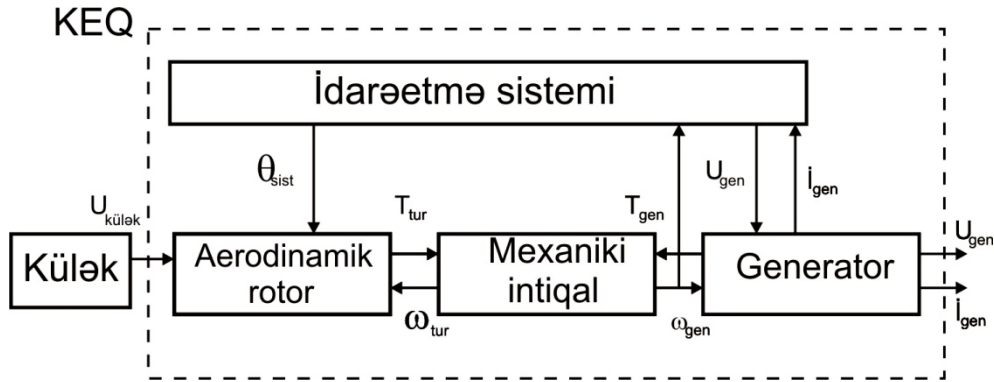
Burada $r_t, r_s, r_a, L_t, L_a, L_s$ transformatorun xəttin və sistemin əvəz sxeminin aktiv müqaviməti və induktivliyidir. K_t – transformasiya əmsalı.

Beləliklə, alınan diferensial tənliklər (1,2,3), qısaqapalı rotorlu asinxron mühərrikli rotorun bazasında qurulan riyazi modeldir.

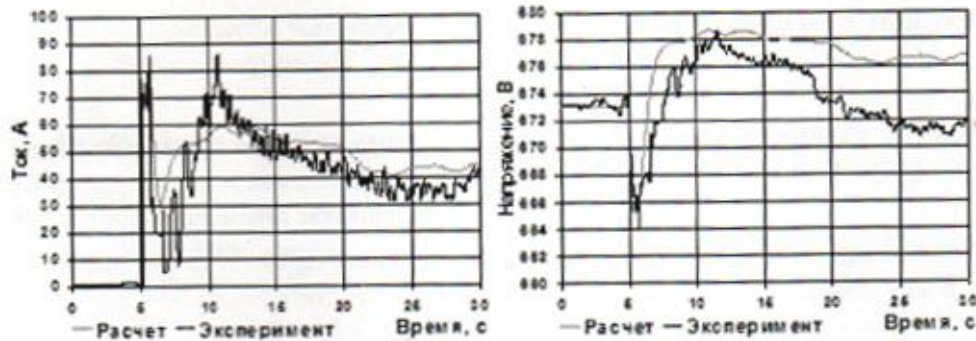
Tərkibində külək energetik qurğuları olan elektroenergetik sistemin d-q koordinat sistemində riyazi modeli (4) tənliklər sistemində verilmişdir. Bu cür oxşar tənliklər sistemini həll etmək kifayət qədər çətin də olsa, onun üçün [1]-də verilmiş modeldə istifadə olunmuşdur. Küləyin gücünü, rotorun aerodinamikasını, KEQ-in mexaniki intiqalını ifadə etmək üçün WIND Turbine Blokset-in qoşma bloklarından istifadə olunur. Asinxron generatorun işini və onun reaktiv gücünün kompensasiya sistemini ifadə edən bir sıra bloklar işləməsi sonradan tamamlanmışdır. Şəkil 2-də külək energetik qurğusunun blok sxemi verilmişdir. KEQ-in blok sxeminə generator, mexaniki intiqal və idarə sistemi daxildir.

KEQ-in işəburaxma qurğusu və idarə bloku yaradılmışdır. Bu bloklar vasitəsilə KEQ-in rotorun verilmiş fırlanma sürəti anında şəbəkəyə qoşulmasını həyata keçirir.

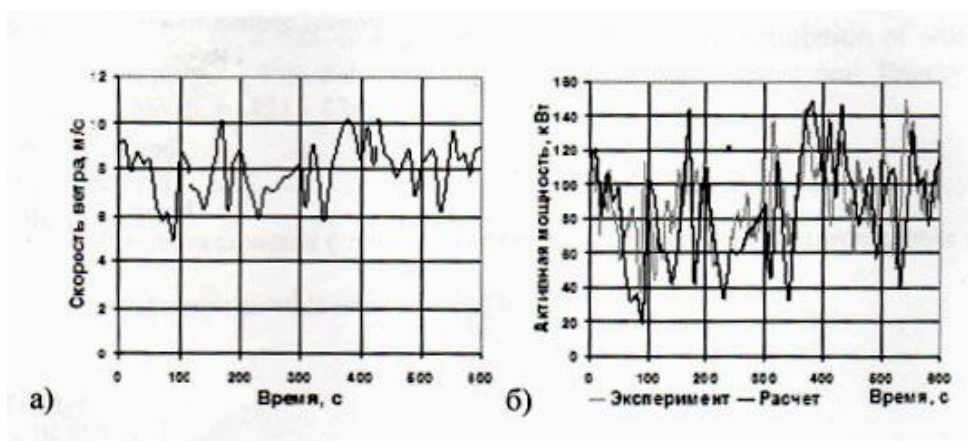
Asinxron maşınlar bazalı KEQ-ləri olan elektroenergetik sistemlərin işlənmiş riyazi modeli onların nəzdində KEQ-lərin və KES-lərin birgə işini və qoşulma imkanlarının qiymətləndirilməsinə şərait yaradır



Şəkil 2. KEQ –un blok sxemi



Şəkil 3. 225 kVt KEQ-i zamana görə işəburaxarkən qoşulma müddətində gərginliyin və cərəyanın asılılıqları.



Şəkil 4. Küləyin sürəti (a) KEQ 225 kVt-ın uyğun aktiv güc asılılıqları.

Yaşma zonasında istismarda olan külək energetik qurğularında isirifadə olunan 850 kVt-lıq gücündə iki tərəfdən qidalanan asinxron mühərriki ilə təchiz olunmuşdur . Külək çarxının diametri 52 m (pərlərin radiusu $R=26m$), fırlanma tezliyinin tənzimlənmə həddi (900-1900) dövr/dəq.,

reduktorun ötürmə həddi isə 1:61.74 . Bu qurğuda külək enerjisindən maksimal istifadə əmsalı $C_v = 0,452$. Bu küləyin sürəti 8,53 m/san olduqda əldə olunur və 362 kVt gücə uyğundur. Elektrik energetik sistemin modeldən alınan şəkil 3 və 4-də göstərilən ayrılarə uyğundur. Bütün bunlar nəzərə alınmaqla aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar.

NƏTİCƏ

1. Azərbaycan Respublikasında Yeni Yaşma ərazisində, Qobustanda 30 mVt-lıq, Şurabad qəsəbəsində 48 mVt-lıq KES-nin tikilməsinə istismara buraxılması nəzərdə tutulur və gələcəkdə bu gün artırılması proqnozlaşdırılır.
2. Külək elektrik stansiyalarında hasil edilən elektrik enerjisinin qiyməti, adi ənənəvi yanacaq ilə işləyən elektrik stansiyalarında hasil edilən enerjinin qiymətinə yaxındır və bəzi hallarda ondan ucuzdur, baxmayaraq ki, 1 kVt qoyuluş gücünə qoyulan xüsusi xərc nisbətən böyükdür. Gələcəkdə KES-dan alınan enerjinin qiymətinin aşağı düşəcəyi proqnozlaşdırılır.
3. Müasir KES-də çox zaman iki tərəfdən qidalanan sinxronlaşdırılmış asinxron və sinxron generatorlardan istifadə olunması zamanı onların üstün və çatışmayan cəhətlər araşdırılmış və iki tərəfdən qidalanan sinxronlaşdırılmış asinxron generatorlu KEQ-in az da olsa effektivliliyi müəyyən olunmuşdur.
4. Daha sadə konstruksiyaya və külək çarxının geniş sürət hədlərinə malik sabit maqnitli sinxron generatorlarda gərginlik 20 kV-dan böyük olması səbəbindən reduktor və transformatorlardan istifadə olunmur, bunlar isə gövdənin ölçülərini və səs küyü azaldır, KEQ-in etibarlılığını artırır.
5. Qısaqapalı rotorlu AG bazasında qurulan KEQ-in EVX, transformator daxil olmaqla sistemin təhlükələri verilmiş, təhlükələr həllinin kifayət qədər çətinliyini nəzərə alaraq riyazi modeli hazırlamaq üçün Matlab paketindən istifadə olunmuş və KEQ-in blok sxemi yaradılmışdır. KEQ-i zamana görə işə buraxarkən qoşulma müddətinə gərginliyin və cərəyanın asılılıqları qurulmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Никишин А.Ю., Казаков В.П. Современные ветроэнергетические установки на базе асинхронных машин // Современные проблемы науки и образования. 2012 № 6, стр.8-14
2. Концепция использования ветровой энергии в России/под.ред.Безруких –П.П.- М.6:Изд-во «Книга–Пента», 2005-128с.
3. Белей В.Ф. Выбор виброустановок на основе опыта эксплуатации ветропарка в Калининградской области М.–Электрика–2003–№2 ст.3-7
4. Современная ветроэнергетика тенденции развития, проблемы некоторые пути их решения /В.Ф.Белей, А.Ю.Никишин// М–Электрика–2006–№8, с.19-22. Библиар.с.22.(17 назв.) Ил. 3 рис.,2 табл.
5. Ганага С.В., Кудряшов Ю.И., Николаев В.Г. Ветроэнергетические ресурсы России и перспективы их основания// Малая энергетика.-2006 -№1-2 с.2-13
6. Akhmatov V., Knudsen H., Hielsen A.H., Advanced simulation of windmills in the electrical power supply. –International Journal of Electrical Power and Energy Systems, July 2002, Vol.22, №6,p.421-434
7. Əmrəliyev A.B., Abdullayeva S.C., Abdulova N.A., Məmmədova Ş.T. “Azərbaycanda qeyri-ənənəvi enerji mənbələri və onların istifadəsi imkanlarını “Energetikanın problemləri” Fevral 2012 № 2 ,səh. 79-87

РЕЗЮМЕ

ПРИМЕНЕНИЕ АСИНХРОННЫХ МАШИН С ДВУХСТОРОННИМ ПИТАНИЕМ В СОВРЕМЕННЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Амралиев А.Б., Гашимова А.Р., Абдуллаева С.Дж., Мамедова Ш.Т., Гасанова У.Э.

Ключевые слова: Ветровые электрические установки зоны Гобустана и Ени Яшмы, синхронизированный асинхронный генератор.

В статье рассматривается строительство ВЭС в зоне Ени Яшма и Гобустан мощностью 30 мВт и в поселке Шурабад мощностью 48 мВт, с дальнейшей эксплуатацией и увеличением их мощности.

Разработана математическая модель синхронизированного асинхронного и синхронного генератора с двухсторонним питанием, применяемая в ВЭУ. В этой модели учитываются параметры ВЭУ, в том числе, параметры трансформаторов, ЛЭП и сети.

Стоимость электроэнергии, вырабатываемой в ВЭС-е близка к стоимости электроэнергии, вырабатываемой электростанцией с традиционным топливом, а в некоторых случаях, даже дешевле.

А в будущем ожидается снижение стоимости электроэнергии вырабатываемой в ВЭС.

SUMMARY

USE OF ASYNCHRONIZED INSTALLATIONS WITH TWO-SIDED SUPPLY IN UP-TO-DATE WIND-DRIVEN ELECTRIC PLANT

Amraliyev A.B., Hashimova A.R., Abdullayeva S.J., Mammedova Sh.T., Hasanova U.E.

Key words: Wind-driven electric plant, Gobustan and New Yashma zones, synchronized induction.

The construction of wind-driven electric plant (WEP)-in New Yashma and Gobustan territory with power 30 mVt, and in Shurabad settlement with 48 mVt power with further maintenance and their power increase is considered in the article.

Mathematical model of synchronized asynchronous and synchronous generator with two-sided supply used in WEP is investigated. WEP parameters, at the same time, transformer parameters and networks are taken into consideration.

In the nearest future the cost decrease of the electric power generated in WEP is expected.

Daxil olma tarixi: **ilkin variant: 09.10.2014**
 son variant: 24.10.2014

**Sumqayıt Dövlət Universitetinin Fizika və Elektroenergetika fakültəsinin
Elmi Şurasının 27.11.2014-cü il tarixli iclasının 03 sayılı protokolu**

MÜNDƏRİCAT

Riyaziyyat

1. *Feyziyev F.G., Mehdiyeva M.R., Səmədova Z.A.* İkili dinamik sistemlərin 2d – modulyar dinamik sistemlər sinfində modellərinin qurulması algoritmi 6
2. *Qəhrəmanov P.F., Quliyeva U.R., Bağırova G.H.* Özüllü mayenin hərəkət tənliyinin dəqiq və təqribi həlli 11
3. *Hüseynov Z.Q., Nəzərova T.Y.* Statistik yığılma haqqında..... 17

Kimya

4. *Ağayev Ə.Ə., Məmmədova B.H., Bayramov Q.K.* Oxiqooksiasarillərin xlorlaşma dərəcəsinə sintez şəraitinin təsirinin öyrənilməsi 22
5. *M.M.Səmədov, R.F.Qəhrəmanov, X.Ə.Adiğözəlova, R.Ə.Mahmudova.* Sulfat turşusunun qismən ammonium hidrosulfatla əvəz etməklə apatit konsentratının sulfat turşusunda parçalanması prosesi 28
6. *Cavadova S.H., Dünyamaliyev Ə.D., Mustafayev M.M.* Norbornenkarbon turşusunun 2-[trialkil(xlor)silil]etil efirlərinin sintezi və kimyəvi çevrilmələri..... 33
7. *Aşurova N.D., Əhmədova R.R., Muradov M.M.* Tullanti abqaz xlorid turşusu və 1,2,3-trixlorpropan əsasında 1,3-dixlorasetonun sintezi 39
8. *Axundova T.Ə., Hacıverdiyev A.Z., Yuryeva E.L., Knyazeva V.Q., Zakircanova L.F.* Aerokosmik spektral çəkilişlər əsasında qurulmuş riyazi modelin Azərbaycan torpaqlarında gedən şoranlaşmanın qarşısının alınmasında istifadəsi 43

Texnika

9. *Hüseynov A.H.* Çevik istehsal sistemlərinin idarə edilməsinin avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sisteminin arxitekturasının işlənməsi 51
10. *Agayev U.X., Atayev Q.N., Talibov N.H., Xalilov S.A.* Sürüşən rejimdə işləyən müşahidəçinin tətbiqi ilə benzinin pirolizi qovşağında temperaturun tənzim sisteminin sintezi..... 56
11. *Ələkbərli F.H., Hacıyeva E.M., Quliyeva N.Ə., Əsgirova S.F.* Rəqəmsal idarəetmə sistemlərinin dayanıqlığının tədqiqi alqoritmləri 62
12. *Nağıyev Ə.H., Sadıxov V.V., Həmidov N.R.* Variatorlu friksion sistemlərin mühərriklə qabaqlayıcı rabitələrin yaradılması hesabına idarə xassələrinin yüksəldilməsi 69
13. Əmrəliyev A.B., *Həşimova A.R., Abdullayeva S.C., Məmmədova Ş.T., Həsənova Ü.E.* Müasir külək energetik qurğularında istifadə olunan iki tərəfdən qidalanan asinxron maşınları 76

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

1. *Фейзиев Ф.Г., Мехтиева М.Р., Самедова З.А.* Алгоритм построения моделей двоичных динамических систем в классе $2D$ - модулярных динамических систем 6
2. *Гахраманов П.Ф., Гулиева У.Р., Багирова Г.Г.* Точное и приближенное решения уравнения движения вязкой жидкости 11
3. *Гусейнов З.Г., Назарова Т.Ю.* О статистической сходимости..... 17

Химия

4. *Агаев А.А., Мамедова Б.Г., Байрамов Г.К.* Изучение влияния условий синтеза на степень хлорирования олигооксиариленов 22
5. *Самедов М.М., Гахраманов Р.Ф., Адыгезалова Х.А., Махмудова Р.А.* Процесс разложения апатитового концентрата серной кислотой с частичной заменой ее гидросульфатаммония 28
6. *Джавадова С.Г., Дунямалыев А.Д., Мустафаев М.М.* Синтез и химические превращения 2-[триалкил(хлор)силил]этиловых эфиров норборненкарбоновой кислоты 33
7. *Н.Д.Ашурова, Р.Р.Ахмедова, М.М.Мурадов.* Синтез 1,3-дихлорацетона на основе отходов абгазной соляной кислоты и 1,2,3-трихлорпропана 39
8. *Ахундова Т.А., Гаджигвердиев А.З., Юрьева Э.Л., Князева В.Г., Закирджанова Л.Ф.* Использование математической модели построенной по результатам аэрокосмических спектральных снимков в предупреждении засоления почв Азербайджана..... 43

Техника

9. *Гусейнов А.Г.* Разработка архитектуры системы автоматизированного программирования для управления гибких производственных систем..... 51
10. *Агаев У.Х., Атаев Г.Н., Талыбов Н.Г., Халилов С.А.* Синтез системы регулирования температуры узла пиролиза бензина с применением наблюдателя работающего в скользящем режиме..... 56
11. *Алекперли Ф.А., Гаджиева Э.М., Кулиева Н.А., Аскерова С.Ф.* Алгоритмы исследования устойчивости цифровых систем управления..... 62
12. *Нагиев А.Г., Садыхов М.М., Гамидов Н.Р.* Управление мгновенной мощностью двигателей по критерию минимума фрикционного изнашивания в механизмах с вариатором 69
13. *Амралиев А.Б., Гашимова А.Р., Абдуллаева С.Дж., Мамедова Ш.Т., Гасанова У.Э.* Применение асинхронных машин с двухсторонним питанием в современных ветроэнергетических установках 76

CONTENTS

Mathematics	
1. F.G. Feyziyev, M.R.Mehdiyeva, Z.A.Samedova. The algorithm for construction of models of dynamic binary systems in class 2d -modular dynamic systems	6
2. <i>Qakhramanov P.F., Quliyeva U.R., Baqirova G.H.</i> Exact solutions of the motion of viscous fluids.....	11
3. <i>Guseynov Z.Q., Nazarova T.Y.</i> on statistical convergence	17
 Chemistry	
4. <i>A.A.AqaeV, B.H.Mammedova, Q.K.Bayramov.</i> Investigation of the synthesis condition influence to the oxidation degree of the oligooxiarilens	22
5. <i>M.M.Samedov, R.F.Gakhramanov, Kh.A.Adiqezalova, R.A.Makhmudova</i> The decomposition process of apatite concentration in the sulphuric acid substituting the sulphuric acid party by ammonium hydrosulphate	28
6. <i>Cavadova S.H., Dunyamaliev A.D., MustafaeV M.M.</i> Synthesis of norbornencarbon acid 2-[thrialkyl(chlorine)silila]ethyl ethers and chemical transformations	33
7. <i>N.D.Ashurova, R.R.Akhmedova, M.M.Muradov.</i> Sintesis of 1,3-dichlorine-asetone on the basis waste of abgaz hydrochloric acid and 1,2,3-trichlorinpropane	39
8. <i>Akhundova T.A., Hajiverdiyev A.Z., Yuryeva E.L., Knyazeva V.Q., Zakirjanova L.F.</i> Using of mathematical model constructed by results of aerospace spectral images for prevention of soils salinization of Azerbaijan	43
 Technics	
9. <i>Huseynov A.H.</i> Development of architecture of software for automation of control system of flexible manufacturing system	51
10. <i>Agayev U.Kh., Atayev Q.N., Talibov N.H., Khalilov S.A.</i> Synthesis of temperature control unit using pyrolysis Gasoline observers worked in the sliding mode	56
11. <i>Alekberli F.H., Hajiyeva E.M., Guliyeva N.A., Asgerova S.F.</i> The algorithms of analysis of stability of digital system control	62
12. <i>Nagiev A.G., Sadykhov V.V., Hamidov N.R.</i> Increasing friction handling systems with variator based on proactive communication with the engine	69
13. <u>Amraliyev A.B.</u> , <i>Hashimova A.R., Abdullayeva S.J., Mammedova Sh.T., Hasanova U.E.</i> Use of asynchronies installations with two-sided supply in up-to-date wind-driven electric plant	76

MƏQALƏLƏRİN TƏRTİBATI QAYDALARI

Dərc olunacaq məqalə redaksiyaya həm kağız, həm də elektron formada təqdim olunmalıdır.

Məqalə hazırlanarkən aşağıdakı tələblər nəzərə alınmalıdır:

1. Məqalə azərbaycan, rus və ingilis dillərində hazırlanmalıdır.
2. Məqalənin adı, xülasə və açar sözlər hər üç dildə təqdim olmalıdır.
3. Məqalə Microsoft Word mətn redaktorunda A4 formatda (soldan, yuxarıdan, aşağıdan və sağdan – 2 sm), Times News Roman şrifti ilə 12 pt. ölçüdə, vahid sətərası intervala və mətn daxili yazıda 1 sm. abzas buraxmaqla hazırlanmalı və 8 səhifədən artıq olmamalıdır.
4. Məqalənin mətninin aşağıdakı bölmələrdən ibarət olması tövsiyyə olunur:
 - Giriş (məsələnin aktuallığı, problemin hazırkı vəziyyəti);
 - Tədqiqatın məqsədi, məsələnin qoyuluşu;
 - Məsələnin həlli üsulları və aprobeiasiyası;
 - Alınan nəticələrin tətbiqi;
 - Nəticə.
5. Məqalə aşağıdakı ardıcılıqla hazırlanmalıdır:
 - UOT – soldan, böyük hərflərlə, qalın şriftlə, sonda 6 pt. interval;
 - məqalənin adı – ortadan, böyük hərflərlə, qalın şriftlə, sonda 6 pt. interval;
 - müəlliflərin inisialları və soyadı – ortadan, böyük hərflərlə, qalın şriftlə;
 - müəlliflərin iş yeri, şəhər, ölkə və e-poçt ünvanı – ortadan, 6 pt. interval;
 - xülasə (mətn təqdim olunan dildə) – sonda 6 pt. interval;
 - açar sözlər – kursivlə, sonda 6 pt. interval;
 - giriş və digər alt başlıqlar – soldan qalın şriftlə, əvvəlində və sonunda 6 pt. interval.
6. Ədəbiyyat siyahısı: hər bir istinad olunan mənbənin adı tərcümə olunmadan, məqalədə istifadə ardıcılığına uyğun olaraq nömrələnir.
7. Ədəbiyyat siyahısından sonra məqalənin hazırlandığı dildən fərqli digər 2 dildə məqalənin adı, müəllifin soyadı, atasının adı, müəlliflərin iş yeri, şəhər, ölkə və e-poçt ünvanı, xülasə və açar sözlər təqdim olunur.
8. Məqalədə cədvəl və şəkillər nömrələnir: cədvəl – cədvəlin yuxarisında kursivlə, ortadan, (məs., *cədvəl 1.*), şəkil – şəkilin altında, kursivlə, ortadan (məs., *şəkil 1.*) və mətn hissədən (yuxarıdan və aşağıdan) 1 boş sətir buraxmaqla göstərilməlidir. Cədvəllər bilavasitə məqalənin mətnində yerləşdirilməlidir.
9. Düsturlar Microsoft Equation-də standart parametr ilə yığılır. Mətnə ancaq istifadə olunan düsturlar nömrələnir. Düsturun nömrəsi sağda mötərizədə yazılır.
10. Müəssisədə yerinə yetirilən tədqiqatın nəticələrini açıqlayan məqalənin çap edilməsi üçün müvafiq yazılı razılıq olmalıdır.
11. Məqalədə göstərilən məlumat və faktlara görə müəllif məsuliyyət daşıyır.
12. Redaksiya məqalədə əsas məzmununa xələl gətirməqən redaktə dəyişiklikləri və ixtisarlari etmək hüququnu özündə saxlayır.
13. Məqalə çapa tövsiyyə edildikdə redaksiya heyətinin qərarı barədə müəllifə məlumat verilir.
14. Məqalə sadalanan tələblərə cavab verməzsə baxılmaq üçün qəbul edilmir və müəllifə qaytarılır. Əlyazmanın daxil olduğu vaxt mətnin son variantının redaksiyaya daxil olduğu gündən sayılır.
15. Redaksiyanın ünvanı : **Sumqayıt Dövlət Universiteti**

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Публикуемая статья должна быть представлена в редакцию в бумажном и в электронном виде. При подготовке статьи должны быть выполнены следующие требования:

1. Статья должна быть подготовлена на одном из языков – азербайджанском, русском или английском.
2. Название статьи, аннотация и ключевые слова должны быть представлены на трех языках.
3. Электронный вариант статьи должен выполняться в текстовом редакторе MicrosoftWord в формате А4 (поля: левое, правое, верхнее и нижнее – 2 см), шрифтом TimesNewsRoman размером 12 пт. Межстрочный интервал – одинарный, абзацный отступ – 1 см, размер статьи не должен превышать 8 страниц.
4. Текст статьи рекомендуется составлять из нижеследующих разделов:
 - введение (актуальность проблемы, нынешнее состояние проблемы);
 - цель исследования, постановка задачи;
 - методы решения и апробация задачи;
 - внедрение полученных результатов;
 - результат.
5. Статья должна быть подготовлена в следующей последовательности:
 - УДК – слева жирным шрифтом, в конце интервал 6 пт;
 - название статьи – в центре, прописным и жирным шрифтом, в конце интервал 6 пт;
 - инициалы и фамилии авторов в центре прописным и жирным шрифтом;
 - место работы авторов, страна, город и адрес электронной почты – по центру, в конце интервал 6 пт;
 - аннотации (на языке представленного текста) – в конце интервал 6 пт; ключевые слова – курсивом, в конце интервал 6 пт;
 - введение и другие подзаголовки – слева, жирным шрифтом. В начале и конце интервал 6 пт.
6. Список литературы: название каждого источника не переводится и нумеруется в статье в соответствии с последовательностью использования.
7. После списка литературы название статьи, инициалы и фамилия авторов, место работы авторов, страна, город и адрес электронной почты, аннотация и ключевые слова представляются также на двух других языках.
8. В статье нумеруются таблицы и рисунки: таблица – верхней части таблицы, курсивом, в центре (например, *таблица 1*), рисунок – под рисунком, курсивом, в центре (например, *рисунок 1*) и, пропуская одну пустую строку от текста (из верхней и нижней частей).
9. Формулы набираются стандартными параметрами в MicrosoftEquation. Номер формулы пишется в скобках с правой стороны. В тексте нумеруются только использованные формулы.
10. Статьи, излагающие результаты, исследований выполняемых в учреждениях, должны иметь соответствующие разрешения и опубликование.
11. Автор несет ответственность за информацию и факты, указанные в статье.
12. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения, не искажающие основное содержание статьи.
13. В случае отклонения статьи редакция сообщает автору решение редколлегии.
14. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются и возвращаются авторам. Датой поступления рукописи считается день получения редакцией окончательного текста.
15. Адрес редакции: **Сумгаитский государственный университет**

RULES OF ARTICLE FORMATION

The article being published must be submitted to the editorship in paper or electron form/. In preparing the article the following requirements must be accomplished|:

1. An article must be prepared in one of the languages – Azeri, Russian or English.
2. The title, the summary and the key words must be submitted in there languages.
3. The electron variant of an article must be performed in the text-editor Microsoft Word in A4 format (margins: left side, right side, top, bottom – 2 cm), in Times News Roman type of size 12 pt. The vertical spasing is unary, paragraph indention – 1 cm, the article must not surpass 8 pages.
4. The text of an article is recommended to be prepared of the divisions mentioned below:
 - introduction (problem actuality, present state of the problem);
 - the aim of the investigation, task statement;
 - solution methods and task approbation;
 - introduction of the received results;
 - result.
5. An article must be prepared in the following sequence:
 - UDK – left-side – with extra bold type, at the end – the interval 6 pt;
 - The title of an article must be in the center, in a capital letter with extra-bold type, at the end the interval 6 pt;
 - Authors' initials and last names – in the center, in a capital letter with extra-bold type;
 - Authors' work places country, city and e-mail towards the center, at the end the interval 6 pt;
 - Summaries (in the language of the submitted text) – at the end the interval 6 pt; key words in italic type, at the end the interval 6 pt;
 - Introduction and other subtitles – on the left-side with extra-bold type, at the beginning and at the end the interval 6 pt.
6. Literature list: the title of each source isn't translated and is numbered in the article in correspondence with the usage sequence.
7. After the literature list, the title of the article, initials and authors' last names, their work places, the country, the city, e-mail, summary and key words are presented in two other languages.
8. In the article tables and drawings are numbered: the table – in the upper part of the table, italicized, in the center (for example: *table 1*), the drawing – below the center (for example: *drawing 1*) and missing one blank line of the text (of upper and lower parts).
9. The formulas are collected in standard parameters in Microsoft Equation. The number of the formula is written in brackets on the right-side. In the text only used formulas are numbered.
10. The articles given account of results of the investigations realized in the enterprises must have corresponding permission and publication.
11. The author is responsible for the information and facts, given in the text.
12. The editorship reserves the right to make editorial changes and abbreviations not distorting the main contents of the article.
13. In case of article deflection the editorship informs the author about the decision of the editorial board.
14. The articles, not meeting the above mentioned requirements, aren't taken into consideration and are returned to their authors. The date of the manuscript accession is considered the day of getting the completed text.
15. Editorship address: **SumqaitStateUnivesity**

Üzqabıgınındizaynı – **S.Şahverdiyeva**
Kompüterıyıgını – **S.Şahverdiyeva**
Korrektorlar: **B.Eminli**
Ş.Nəcəfova
G.Hüseynova
Texnikiredaktor – **E.Həsəratova**

Yıgılmağa verilmişdir: 20.11.2014- cü il
Çapa imzalanmışdır: 25.11.2014-cü il
Mətbəə kağızı, kağızın formatı: 70*108 ¼

Yüksək çap üsulu

Şerti çap vərəqi 5,937.

Sifariş 25.

Tiraj 250 nüsxə.

Qiyməti müqavilə yolu ilə.

Sumqayıt Dövlət Universitetinin mətbəəsində çap olunmuşdur.

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.az

E-mail: sdu@sdu.az